

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA Y APLICADAS**



**TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO ELÉCTRICO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS
DE POTENCIA**

TEMA:

**“FACTIBILIDAD DE UNA MICROCENTRAL HIDRAÚLICA
EN EL RIO MANGAYACU DEL CANTÓN MERA,
PROVINCIA DE PASTAZA Y SU APROVECHAMIENTO EN
EL MARCO DEL ECOTURISMO APLICADO AL PROYECTO
LAS CASCADAS DE MANGAYACU”**

POSTULANTES:

Edwin René Pacheco Mena

Marco Vinicio Pallo Bustillos

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Iván Naranjo

2010

AUTORÍA

Nosotros, Edwin René Pacheco Mena, portador del número de cédula 0501385975, y Marco Vinicio Pallo Bustillos portador del número de cédula 0501539878 declaramos que la presente Tesis de Grado, es fruto de nuestro esfuerzo, responsabilidad y disciplina, logrando que los objetivos propuestos se culminen con éxito.

A través de la presente declaración concedemos los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica de Cotopaxi, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional Vigente

Edwin René Pacheco M.

C.I. 0501385975

Marco Vinicio Pallo B.

C.I. 0501539878

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.

Latacunga, 13 de Junio del 2010

En mi calidad de Director de Tesis presentada por los Sres.: Edwin René Pacheco Mena y Marco Vinicio Pallo Bustillos, Egresados de la Carrera de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, previa a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia, cuyo tema es “FACTIBILIDAD DE UNA MICROCENTRAL HIDRAÚLICA EN EL RIO MANGAYACU DEL CANTÓN MERA, PROVINCIA DE PASTAZA Y SU APROVECHAMIENTO EN EL MARCO DEL ECOTURISMO APLICADO AL PROYECTO LAS CASCADAS DE MANGAYACU”

Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador.

Atentamente

MBA. Ing. Iván Naranjo Proaño.

DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

Agradezco por todas las cosas a Dios que me guía en todos los actos de mi vida.

Mi más sincero agradecimiento a mi bella esposa y a mis hijas que supieron comprender mi ausencia del hogar por mis estudios.

Agradezco también a la Dra. Teresa Medina que con un discurso que nos brindó, me impulsó en los momentos de flaqueza.

Edwin

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la memoria de mis padres, mi hermano político Manoli y a mi primo Luis, que siempre les tengo en mi corazón.

A Yoli, mi bella esposa que no duda en ningún momento en apoyarme en todos los proyectos que emprendo.

A mis hijas, Pam, Pao y Mishell que son la razón de mi existencia

Edwin.

AGRADECIMIENTO

Agradezco muy especialmente a Dios por darme la oportunidad de vivir.

A toda mi familia, en especial a mi madre abnegada y a la memoria de mi padre por ser los mejores y por apoyarme incondicionalmente en mis estudios,

A mi bella, hermosa esposa e hijos por ser quienes me dieron apoyo y comprensión incondicional.

Mi más sincero agradecimiento a los Ingenieros. Ernesto Abril e Iván Naranjo, mis maestros que en las aulas y fuera de ellas, me ha inculcado moralmente y con sus sabios conocimientos para alcanzar a culminar mi profesión de Ingeniero Eléctrico.

Marco.

DEDICATORIA

Hoy que he obtenido mi primera y tan anhelada profesión quiero dedicar con todo mi corazón a Dios, a mi familia quienes han sido mis pilares fundamentales para lograr el éxito.

Marco.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁG.
AUTORÍA	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
INDICE GENERAL.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN EJECUTIVO.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xix
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	21
1.1. MICROHIDROGENERACIÓN.....	21
1.1.2. ENERGÍA A PARTIR DEL AGUA.....	26
1.1.3. DISEÑO DE UN SISTEMA DE MICROHIDROGENERACIÓN.....	33
1.2. MICROCENRALES DE GENERACIÓN HIDRÁULICA	36
1.2.1. TIPOS DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS.....	37
1.2.2. TIPOS DE TURBINAS.....	43
1.2.3. GENERADOR	52
1.2.4. OBRAS CIVILES.....	55
1.2.4.1. AZUDES Y PRESAS.....	56
1.2.4.2. BOCATOMA.....	57
1.2.4.3. CANAL DE DERIVACIÓN	57
1.2.4.4. CÁMARA DE CARGA O DESARENADOR.....	58
1.2.4.5. TUBERÍA FORZADA.....	60
1.2.4.6. EDIFICIO O CASA DE MÁQUINAS.....	61
1.2.4.7. CANAL DE SALIDA	62
1.3 SISTEMAS DE PROTECCIÓN.....	62

2.	DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	70
2.1.	RECURSO HIDROENERGÉTICO.....	71
2.1.1.	MEDICIÓN DEL SALTO	71
2.1.2.	MEDICIÓN DEL CAUDAL	73
2.1.2.1.	CAUDAL DE EQUIPAMIENTO	73
2.1.2.1.1	DETERMINACIÓN DEL CAUDAL Q.....	74
2.1.2.2.	MÉTODO DEL LLENADO DE UN DEPÓSITO:.....	74
2.1.3.	SITUACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL DEL PROYECTO ECOTURÍSTICO.	78
2.1.3.1.	COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO EN EL AÑO 2007.	82
2.1.4.	PROYECCIÓN DE LA CARGA INSTALADA DEL PROYECTO ECOTURÍSTICO.	83
2.2.	OBRAS CIVILES.....	85
2.2.1.	ESQUEMA PARA UNA MICRO CENTRAL HIDRÁULICA.....	85
2.2.2.	BOCATOMAS.....	87
2.2.3.	CANAL DE CONDUCCIÓN.....	96
2.2.4.	TUBERÍA DE PRESIÓN	100
2.2.5.	EL DESARENADOR Y LA CÁMARA DE CARGA (TANQUE DE PRESIÓN)	106
2.2.6.	CASA DE MÁQUINAS	108
2.2.7.	CANAL DE SALIDA	110
2.3.	GENERADORES	113
2.3.1.	GENERADOR SÍNCRONO.....	113
2.3.2.	GENERADOR ASÍNCRONO.....	114
2.4.	UBICACIÓN DE LA MICRO CENTRAL HIDRÁULICA	116
2.5.	ANÁLISIS FINANCIERO	118
2.5.1.	EL VALOR ACTUAL NETO (VAN).....	119
2.5.2.	LA RELACION BENEFICIO/COSTO (B/C).....	119
2.5.3.	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	120

2.5.4. DATOS PARA LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE LA MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA “LAS CASCADAS DE MANGAYACU”.....	120
2.5.5. INGRESO POR VENTA DE ENERGÍA.....	121
2.5.6. VALOR RESIDUAL.....	122
2.5.6.1. VALOR RESIDUAL DE LAS OBRAS CIVILES.....	123
2.5.6.2. VALOR RESIDUAL DE LA MAQUINARIA Y EQUIPO ELECTROMECAÁNICO.....	124
2.5.6.3. ELABORACION DEL CUADRO DE FLUJO DE CAJA INTERNO.....	124
2.5.7. COSTO ANUAL.....	125
2.5.7.1. COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO:.....	125
2.5.8. PREVISIÓN DE VENTA DE ENERGÍA.....	126
2.5.9. CALCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN).....	129
2.5.10. CÁLCULO DE LA TASA DE RETORNO (TIR).....	130
2.5.11. CÁLCULO DEL COSTO DEL KWH.....	131
2.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS A LOS MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA.....	132
2.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	141
3. PROPUESTA.....	144
3.1. INTRODUCCIÓN.....	144
3.2. OBJETIVOS.....	145
3.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	145
3.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	145
3.3. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA.....	145
3.4. MANUAL DESCRIPTIVO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MICRO CENTRAL HIDRÁULICA.....	146
3.4.1. PROPUESTA DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN.....	147
3.5. PROCESO DE OPERACIÓN.....	148
3.5.1. PUESTA EN MARCHA DE LA TURBINA EN CONDICIONES NORMALES.....	148

3.5.2. LIBRO DE REGISTRO DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO.....	150
3.5.3. DIAGNÓSTICO DE FALLAS	153
3.5.3.1. DIAGNÓSTICO DE FALLA EN LAS OBRAS CIVILES	154
3.5.3.2. DIAGNÓSTICO DE FALLA EN LA TURBINA	155
3.5.3.3. DIAGNÓSTICO DE FALLA EN EL GENERADOR.....	157
3.5.3.4. DIAGNÓSTICO DE FALLA DEL TABLERO DE CONTROL	160
3.6. MANTENIMIENTO DEL EQUIPO ELECTROMECAÍNICO.....	161
3.6.1. ACCIONES DE MANTENIMIENTO DE LA TURBINA.....	162
3.6.2. ACCIONES DE MANTENIMIENTO DE LOS RODAMIENTOS	163
3.6.3. ACCIONES DE MANTENIMIENTO DE LOS ACOPLER, CUÑAS Y DEL VOLANTE DE INERCIA	165
3.6.4. ACCIONES DE MANTENIMIENTO DEL GENERADOR.....	166
3.6.5. ACCIONES DE MANTENIMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL	168
3.6.6. ACCIONES DE MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA DE ALARMA	168
3.6.7. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	169
RECOMENDACIONES GENERALES.....	172
BIBLIOGRAFIA	173

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1. 1 SISTEMA DE DERIVACIÓN	24
Figura 1. 2. SISTEMA DE EMBALSE	24
Figura 1. 3. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE MICROHIDROGENERACIÓN	25
Figura 1. 4. ESQUEMA DE UNA INSTALACIÓN HIDROELÉCTRICA	27
Figura 1. 5. ESQUEMA DETALLADO.....	28
Figura 1. 6. EL SALTO ES LA DISTANCIA VERTICAL A LO LARGO DE LA CUAL CAE EL AGUA	28
Figura 1. 7. EFICIENCIAS TÍPICAS DEL SISTEMA PARA UNA MICROCENTRAL OPERANDO A PLENA CARGA.	31
Figura 1. 8 TURBINA Y ALTERNADOR	33
Figura 1. 9 CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE MONTAÑA	37
Figura 1. 10 CENTRALES DE AGUA CORRIENTE.....	40
Figura 1. 11 CENTRAL DE AGUA EMBALSADA	41
Figura 1. 12 CENTRALES DE BOMBEO.....	42
Figura 1. 13 TURBINA PELTON (CORTESÍA DE VOITH).....	45
Figura 1. 14 TURBINA TURGO.....	46
Fig. 1. 15 TURBINA DE FLUJO CRUZADO.....	47
Figura 1. 16 TURBINA FRANCIS CON CÁMARA ESPIRAL	48
Figura 1. 17 TURBINA KAPLAN DE EJE HORIZONTAL, TIPO S.....	50
Figura 1. 18 RODETE	50
Figura 1. 19 TURBINA DE HÉLICE.....	51
Figura 1. 20 ÁBACO DE SELECCIÓN DEL TIPO DE TURBINA. (CORTESÍA DE VOEST-ALPINE).....	52
Figura 1. 21 ESQUEMA DE UN GENERADOR SINCRÓNICO MONOFÁSICO	54

Figura 1. 22 OBRAS CIVILES.....	55
Figura 1. 23 OBRA DE TOMA	56
Figura 1. 24 CANAL DE DERIVACIÓN	57
Figura 1. 25 CÁMARA DE CARGA Y/O DESARENADOR.....	59
Figura 1. 26 CÁMARA DE CARGA	59
Figura 1. 27 TUBERÍA FORZADA	60

CAPITULO II

Figura 2. 1 MEDICIÓN DEL SALTO.....	72
Figura 2. 2 MÉTODO DEL DEPÓSITO	75
Figura 2. 3 ESQUEMA PARA UNA MICRO CENTRAL HIDRÁULICA	86
Figura 2. 4 BOCATOMA	88
Figura 2. 5 DESARENADOR, DETALLE EN CORTE	95
Fig. 2. 6 VISTA ISOMÉTRICA DEL DESARENADOR.....	95
Figura 2. 7 CERCHA Y CANAL DE CONCRETO REVESTIDO POR EL MÉTODO DE LAS CERCHAS	96
Figura 2. 8 TUBERÍA DE PRESIÓN	101
Figura 2. 9.1 TUBERÍA DE PRESIÓN	105
Figura 2. 10 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA MICRO CENTRAL HIDRÁULICA	117
Figura 2. 11. CÁLCULO DE LA TASA DE RETORNO (TIR).....	130
Figura 2. 12 VOLTÍMETRO, FRECUENCÍMETRO Y AMPERÍMETRO ...	151
FIGURA 2. 13 MANTENIMIENTO DE LA TURBINA	162

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- MEDICIÓN DE LOS CAUDALES DE LAS FUENTES DEL AGUA DEL RÍO MANGAYACU	75
Tabla 2. CUADRO DE CONSUMO DE POTENCIAS DE ELECTRODOMÉSTICOS DE LA RESIDENCIA ACTUAL	79
Tabla 3. CUADRO DE CONSUMO DE POTENCIAS DE ELECTRODOMÉSTICOS DEL RESTAURANTE	80
Tabla 4. CUADRO DE CONSUMO DE POTENCIAS DE ELECTRODOMÉSTICOS DEL PARADERO	81
Tabla 5 . CUADRO DE RESUMEN DEL CONSUMO DE POTENCIAS DEL PROYECTO ECOTURÍSTICO	82
Tabla 6 . CONSUMO ENERGÉTICO POR MES EN EL AÑO 2007 DEL PROYECTO ECOTURÍSTICO	82
Tabla 7 CUADRO DE CONSUMO DE POTENCIAS DE LAS 4 CABAÑAS .	84
Tabla 8 RESUMEN DE LA PROYECCIÓN ESTIMADA DEL CONSUMO DE POTENCIA ANUAL DEL PROYECTO ECOTURÍSTICO EN Kwh.	85
Tabla 9 COMPARACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	100
Tabla 10. PROGRAMA DE ENERGÍA DE ITDG. UNIDAD TÉCNICA	102
Tabla 11. RESUMEN DEL COSTO DE INVERSIÓN.....	121
Tabla 12. CÁLCULO DE LA GENERACIÓN ANUAL	122
Tabla 13. INVERSIONES EN LA MCH DE 6 KW.....	125
Tabla 14. COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL	126
Tabla 15. RESUMEN DE LA VENTA DE ENERGÍA	127
Tabla 16. FLUJO DE CAJA INTERNO.....	128
Tabla 17. CALCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)	129
Tabla 18. CÁLCULO DEL COSTO DEL KWH.....	131
Tabla 19 LECTURA DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO	152
Tabla 20 REGISTRO DE MANTENIMIENTO Y FALLAS DE EQUIPO.....	153
Tabla 21. ENGRASE DE RODAMIENTOS	163
Tabla 22. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	171

RESUMEN EJECUTIVO.

La crisis energética hoy en día, es un tema primordial de todos los países, por esta razón se ve en la necesidad de incursionar en nuevas tecnologías que nos permitan obtener energía barata y que no aporte al calentamiento global, y de forma directa queremos disminuir la contaminación y dar un mejor porvenir a nuestros hijos, es por eso que nuestro país Ecuador ha tomado con seriedad la creación de nuevos proyectos energéticos como son la hidráulica, eólica, solar, etc. con mínimos efectos a la naturaleza.

En los últimos días, el Ecuador ha sentido con fuerza el déficit energético por ende se han producido los apagones con más intensidad que años atrás, produciendo pérdidas económicas para todo el país, este déficit de energía eléctrica lo hemos sustituido en parte con la importación de energía de Colombia y Perú, por esta razón no podemos desviar los fondos que nos servirían para otros proyectos en la compra de energía.

El tema de investigación “FACTIBILIDAD DE UNA MICROCENTRAL HIDRAÚLICA EN EL RIO MANGAYACU DEL CANTÓN MERA, PROVINCIA DE PASTAZA Y SU APROVECHAMIENTO EN EL MARCO DEL ECOTURISMO APLICADO AL PROYECTO LAS CASCADAS DE MANGAYACU”, es importante ya que es un proyecto que está al alcance de las comunidades o personas que están alejados y cuentan con los recursos necesarios para invertir en la instalación de micro centrales hidráulicas, que en muchos casos por su desconocimiento de los requisitos necesario para su ejecución, dejan pasar la oportunidad de invertir en estos proyectos hidráulicos.

La investigación comprende los temas específicos el lo que se refiere al estudio, planificación, diseño, ejecución y mantenimiento de la micro central hidráulica

El temario compuesto por tres capítulos, presenta al lector información básica de centrales hidroeléctricas, la situación y ubicación del proyecto, diseño de obras civiles, costos de inversión, así como la propuesta más viable para su instalación favorable de la micro central.

El **CAPÍTULO I**, muestra en síntesis información elemental de las la micro central hidráulico, sus ventajas y sus inconvenientes, partiendo desde el estudio del lugar, medición de caudales disponibles, disponibilidad de la altura, esto para encontrar de una forma certera el cálculo de la potencia a producir, como también información de turbinas y generadores que el interesado tenga a mano una guía en la cual podrá basarse de acuerdo a las características del lugar. Además información generalizada de las obras civiles necesarias para la instalación de micro central hidráulicas.

El **CAPÍTULO II**, hace referencia al estudio de las obras civiles a realizar en el lugar en donde se va instalar la micro central hidráulica, esto es en las riveras del rio Mangayacu de la provincia del Pastaza, como son: costos, diseño.

Además se realiza un estudio del análisis financiero de los costos de las obras civiles, equipo electromecánico y red de distribución. Conjuntamente con la interpretación de las encuestas realizadas a los residentes del lugar cercano al lugar del estudio de factibilidad del proyecto.

El **CAPÍTULO III**, está dedicado a la propuesta, esto es en la forma en que se debería realizar las distintas obras civiles, sus materiales adecuados y su diseño optimo para una mejor optimización de los recursos a invertir

En los anexos se incluye dibujos, diagramas, tablas del proyecto de investigación y los formularios de encuesta.

EXECUTIVE SUMMARY

The electric crisis of today is a very important topic in every country, for this reason there is a great need to consider new technologies that allow us to obtain cheap energy and that does not contribute to global warming. In direct way, we want to decrease pollution and to give a better future for our children; that are the reason that Ecuador has considered the creation of new energy projects such as the hydraulic, wind and solar energy, which have fewer effects for the nature.

In the last days, Ecuador has undergone a severe energy crisis therefore there are have been some electric shortages even worse than in the past, this shortage has been overcome due to the importation of energy from Colombia and Peru, for this reason, we cannot deviate the funds that will be used for other projects based on buying energy.

The topic of the investigation is “FEASIBILITY OF A HYDROELECTRIC POWER STATION IN THE RIVER MANGAYACU OF THE MERA COANTON, PASTAZA PROVINCE AND TAKING ADVANTAGE OF IT FOR ECOTOURISM APPLIED TO THE MANAYACU WATERFALLS PROJECT”. This project is very important since it is reachable for the local communities and people who are far and they have the resources to invest in the installation of hydroelectric micro power stations, these people, by not being aware of it, do not take advantage to invest in these kinds of hydroelectric projects.

The investigation is made up of specific topics on the study of planning, design, execution and maintenance of the hydroelectric micro power station.

The investigative work is made up of three chapters; it shows the reader the basic information on hydroelectric power stations, the location and situation of the project, design of civil work, costs of investment as well as the feasible proposal for the installation of the power station in the sector.

CHAPTER I, shows in summary the elemental information of the hydroelectric power station, its advantages and disadvantages, starting from the analysis of the area, measurements of the water flow available, altitude facilities, that is to find a certain calculation way of the power to generate, as well as to get information of turbines and generators which the reader may have a useful guide book at his hands, in which he could turn to according to the characteristics of the place. Besides, the general information of the civil work necessary for the installation of hydroelectric power stations

CHAPTER II, focuses on the study of civil work to be carried out in the area where the micro power station is going to be installed, which is on the banks of the Mangayacu river located in the province of Pastaza cost and design will be discussed.

Besides, a study of the financial analysis will be done of the costs of the civil work, electronic equipment and distribution net, along with the interpretation of the survey carried out to inhabitants of the place near of the sopt of the feasibility study of the project.

CHAPTER III is dedicated to the proposal that is the way in which the different civil works must be done, their proper material and optimum design for a better utilization of the resources to be invested.

The annexes include drawings, diagrams, investigation project tables and the survey forms.

INTRODUCCIÓN.

Nuestro país a través de los años ha estado inmerso en una serie de problemas económicos, ideológicos, políticos y ecológicos por todos los gobiernos de turno, ya que no se han tomado unas verdaderas políticas de desarrollo, especialmente en lo que se refiere a la inversión energética, por lo que el presupuesto destinado para este tipo de obras ha sido restringido originando así una crisis energética.

En 1995 la ley de régimen del sector eléctrico dividió al EX INECEL en empresas de generación, transmisión y distribución teniendo como objetivo buscar la eficiencia en el sector energético del país, con estas medidas se trató de buscar la privatización, por lo que todo el país se opuso rotundamente quedando en la nada dicha privatización.

El gobierno del economista Rafael Correa ha decidido emprender el Plan de Soberanía Energética”, dicho plan tiene varios puntos a favor de la ciudadanía, uno de los cuales son la construcción de nuevas centrales hidroeléctricas, pero dicho planes son a largo plazo.

Nuestro país no se abastece con la generación actual de electricidad, por lo que se importa a los países vecinos como lo son Colombia y Perú, se calcula que dicha importación asciende al 11% del total requerido, este porcentaje es muy elevado y por ende los costos son considerables.

Tomando este preámbulo nos hemos interesado en realizar esta investigación que vendría a suplir en parte el abastecimiento de la electricidad ya que su construcción estaría al alcance en comparación a las grandes obras que el gobierno está planificando realizar.

Por esta razón hemos decido en desarrollar el tema: “FACTIBILIDAD DE UNA MICROCENTRAL HIDRAÚLICA EN EL RIO MANGAYACU DEL CANTÓN MERA, PROVINCIA DE PASTAZA Y SU APROVECHAMIENTO

EN EL MARCO DEL ECOTURISMO APLICADO AL PROYECTO LAS
CASCADAS DE MANGAYACU”

Se ha decidido por el Río Mangayacu porque es un río que está en un sitio estratégico para las investigaciones respectivas, el cual tiene las condiciones favorables para el estudio y la realización de este tipo de micro central.

De los resultados obtenidos se vendría a considerar una serie de programas que impulse la creación y el desarrollo de estos tipos de micro centrales ya que en nuestro país las condiciones hidrológicas que se requieren son aptas, obteniendo así resultados que beneficien tanto a la comunidad como a los inversionistas.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. MICROHIDROGENERACIÓN.

1.1.1. INTRODUCCIÓN

La Conferencia de Kyoto obliga a todos los Países a desarrollar el uso de fuentes energéticas renovables, para reducir el consumo de combustibles fósiles y reducir las emisiones contaminantes en la atmósfera, que provocan el peligroso efecto invernadero.

Ya desde la Revolución Industrial, la utilización de la fuerza del agua para producir energía ha sido considerada un medio seguro y fiable. Piénsese en los molinos de agua utilizados para moler los cereales, para mover serrerías o bastidores, o para exprimir el aceite, etc.

Actualmente la fuerza hidráulica se utiliza sobre todo para la producción de energía eléctrica. Desde hace casi un siglo y medio las presas y las centrales hidroeléctricas son parte del paisaje de nuestras montañas, contribuyendo a consolidar en nuestra mente la idea de que el hidroeléctrico es un recurso energético limpio, disponible y renovable.

Pero las instalaciones de grandes dimensiones con embalses para millones de metros cúbicos de agua, aunque utilicen una fuente de energía renovable, tienen también un efecto negativo sobre el medio ambiente. Pueden provocar trastornos en los ecosistemas preexistentes, modificando los flujos de los cursos de agua, dejando secos los ríos en largos tramos y

por muchos meses al año, con graves daños para el patrimonio. Pueden modificar las capas acuíferas, empeorar la calidad de las aguas por el menor poder de dilución de los contaminantes y, a veces, pueden llegar a causar catástrofes geológicas.

Las consideraciones medio ambientales sobre las grandes instalaciones hidroeléctricas cambian radicalmente para las instalaciones hidroeléctricas de tamaño pequeño (micro-hidro), por debajo de los 100 Kw. de potencia.

Los beneficios medioambientales derivados de las instalaciones micro-hidráulicas son considerables: pueden proporcionar energía eléctrica a zonas que de otra manera estarían aisladas o alcanzables solo con obras de mayor impacto medioambiental; permiten realizar una política de distribución sobre el territorio de la producción de energía eléctrica; utilizan el recurso agua de manera equilibrada y controlada por las comunidades interesadas; ayudan a reducir la dependencia energética de los combustibles fósiles y además no producen emisiones de gas con efecto invernadero, ni otras sustancias contaminantes.

Las instalaciones hidroeléctricas de pequeño tamaño representan por lo tanto una importante fuente energética renovable y pueden contribuir activamente al desarrollo sostenible del territorio en el que se implantan.

Los sistemas de energía eléctrica en pequeña escala se clasifican en tres rangos de potencia: en gran escala, mini y micro generación.

Los de gran escala producen energía eléctrica suficiente para abastecer a grandes ciudades y a redes extensas, por ejemplo la Central de Paute, Agoyán, etc.

Estos sistemas producen más de 10MW de potencia.

Los sistemas de mini generación son una pequeña contribución en el suministro a la red, particularmente en el rango de 300KW a 10 MW.

Los sistemas de micro generación son aún más pequeños y por lo general no suministran energía eléctrica a las redes nacionales. Se usan en áreas apartadas en donde no llega la red. Su rango de potencia varía desde 200 watts hasta 300 Kw.

Los sistemas de micro generación pueden ser diseñados y construidos por personal local y organizaciones más pequeñas cumpliendo con requisitos menos estrictos

Es muy útil distinguir entre los sistemas “DERIVACION” y los de “EMBALSE”. Ver figura 1.1 y figura 1.2

SISTEMA DE DERIVACION.

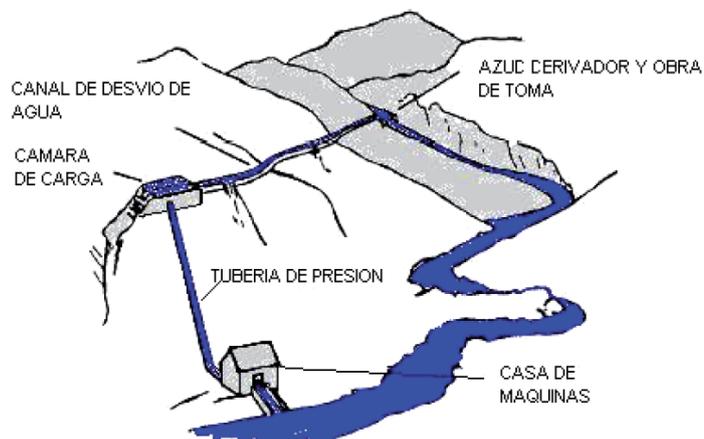
Un sistema de Derivación no detiene el caudal del río sino que desvía parte del caudal a un canal y a una tubería y luego hacia una turbina. La gran mayoría de los sistemas de micro generación son del tipo de Derivación. La desventaja de este método es que el agua no se puede almacenar de una estación de lluvias a una estación seca del año.

La ventaja es que el sistema se puede construir localmente a un bajo costo y su simplicidad proporciona una mejor confiabilidad a largo plazo. Los sistemas de derivación son preferibles desde el punto de vista de daños ambientales, dado que las características estacionales del flujo aguas debajo de la instalación no son afectadas y tampoco hay necesidad de inundar los valles ubicados aguas arriba de la instalación.

En los micros hidrosistemas, a pesar de que no existe un gran dique, en algunos casos se cuenta con un pequeño reservorio para acumular agua.

Este reservorio es, por lo general, una versión agrandada de una “cámara de carga” (fig. 1.1) en los sistemas que usan un canal.

Figura 1.1 SISTEMA DE DERIVACIÓN



FUENTE: MANUAL DE MINI Y MICROCENTRALES HIDRAULICAS ITDG.
http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/archivos_grandes/002_microhidrocentrales.pdf

SISTEMA DE EMBALSE.

Un sistema de embalse hace uso de un dique para detener el caudal del río, formándose un reservorio de agua desde donde fluye el agua hacia las turbinas cuando se necesita energía. La ventaja de este método es que el agua puede acumularse durante la estación de lluvias y luego generar potencias durante los períodos secos del año.

Figura 1.2. SISTEMA DE EMBALSE



FUENTE: MANUAL DE MINI Y MICROCENTRALES HIDRAULICAS ITDG.
http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/archivos_grandes/002_microhidrocentrales.pdf

LOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE MICROHIDROGENERACIÓN

La fig. 1.3 nos muestra los componentes principales de un sistema de micro generación.

El azud desvía el caudal del agua a través de una abertura al costado del río hacia un canal abierto. Para separar las partículas de arena del agua se usa un desarenador. El canal sigue los contornos del cerro con el fin de mantener la elevación del agua derivada. A continuación el agua ingresa a un depósito, “cámara de carga” y luego pasa a una tubería cerrada, “tubería forzada”, la cual está conectada a una máquina hidráulica conocida como turbina. La rotación del eje del rodete puede usarse para mover un artefacto mecánico o también para accionar un generador eléctrico. La maquinaria y artefactos que van a ser abastecidos de energía por el sistema son conocidos como la “carga”.⁽¹⁾

Figura 1.3. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE MICROHIDROGENERACIÓN



FUENTE: MANUAL DE MINI Y MICROCENTRALES HIDRAULICAS ITDG.
http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/archivos_grandes/002_microhidrocentrales.pdf

⁽¹⁾ FUENTE: MANUAL DE MINI Y MICROCENTRALES HIDRAULICAS ITDG.
http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/archivos_grandes/002_microhidrocentrales.pdf

1.1.2. ENERGÍA A PARTIR DEL AGUA

Primero quisiera presentar el agua desde el punto de vista de recurso renovable.

El agua sigue el llamado ciclo hidrológico conocido por todos.

El ciclo consiste en la evaporación del agua del mar que o bien se transporta hacia la tierra en forma de nubes o bien cae de nuevo al mar mediante lluvias.

Si el agua es transportada a la tierra en forma de nubes tarde o temprano cae en forma de agua o nieve.

Y de nuevo volverá al mar a través de ríos o a través de percolación como agua subterránea o bien volverá al aire por evapotranspiración. Y bien, como todo ciclo se irá repitiendo y repitiendo y repitiendo... con lo cual la masa total de agua del planeta se conserva y sus flujos pueden considerarse constantes.

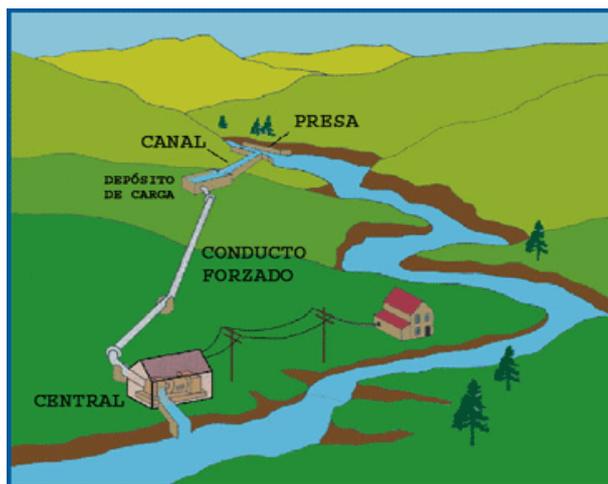
Es por eso que el agua es un recurso renovable. Aunque sujeto a muchos problemas debido al repartimiento desigual por regiones y al uso excesivo de aguas de calidad.

DEL AGUA A LA ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía que desarrolla el agua en el momento del salto entre su nivel superior (canal a cielo abierto superior) e inferior (canal a cielo abierto inferior), la aprovechan las turbinas hidráulicas, activadas por la masa de agua que pasa en su interior, y que transforman la energía potencial del agua en energía mecánica

La potencia mecánica de la turbina normalmente se utiliza para producir energía eléctrica, conectando el eje de la turbina con un generador de electricidad (alternador), que transforma la energía mecánica en energía eléctrica.

Figura 1. 4. ESQUEMA DE UNA INSTALACIÓN HIDROELÉCTRICA



ESQUEMA DE UNA INSTALACIÓN HIDROELÉCTRICA

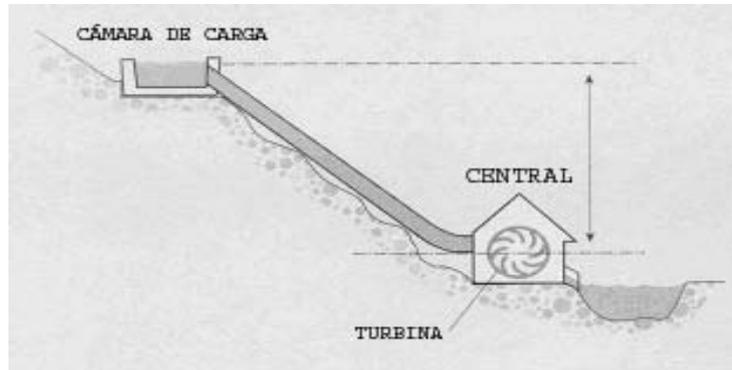
FUENTE: Energía Mini-Hidráulica- Proyecto RES & RUE
Dissemination <http://www.ceu.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/guia/minidraulica.htm>

En una central hidroeléctrica el agua se canaliza a la cámara de carga colocada en el nivel superior: desde este punto, a través de conductos forzados, el agua se canaliza a la turbina que se encuentra más abajo. La energía del agua, pasando a través de la turbina, determina la rotación del rotor de la turbina misma.

El eje del rotor que gira está conectado al alternador que produce la energía eléctrica. La potencia eléctrica que se puede obtener de una central hidroeléctrica depende de la cantidad de agua canalizada en la turbina, de la altitud del salto, y además del rendimiento eléctrico del generador.

El agua que sale de la turbina es devuelta a su curso original a un nivel más bajo respecto al que fue recogida.

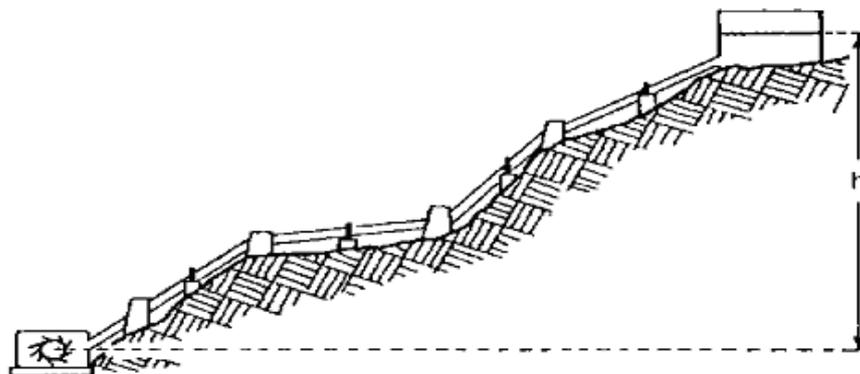
Figura 1. 5. ESQUEMA DETALLADO



FUENTE: Energía Mini-Hidráulica- Proyecto RES & RUE
<http://www.cecua.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/guia/minidraulica.htm>

Un hidrosistema requiere de un caudal de agua y una diferencia de altura conocida como “SALTO”, para producir potencia útil. Se trata de un sistema de conversión de energía, es decir, se toma energía en la forma de caudal y salto y se entrega energía en forma de electricidad o energía mecánica en el eje. Ningún sistema de conversión puede entregar la misma cantidad de energía útil como la que absorbe, pues una parte de la energía se pierde en el sistema mismo en forma de fricción, calor, ruido, etc.

Figura 1. 6. EL SALTO ES LA DISTANCIA VERTICAL A LO LARGO DE LA CUAL CAE EL AGUA



FUENTE: MANUAL DE MINI Y MICROCENTRALES HIDRAULICAS ITDG.
http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/archivos_grandes/002_microhidrocentrales.pdf

ALTURA NETA.

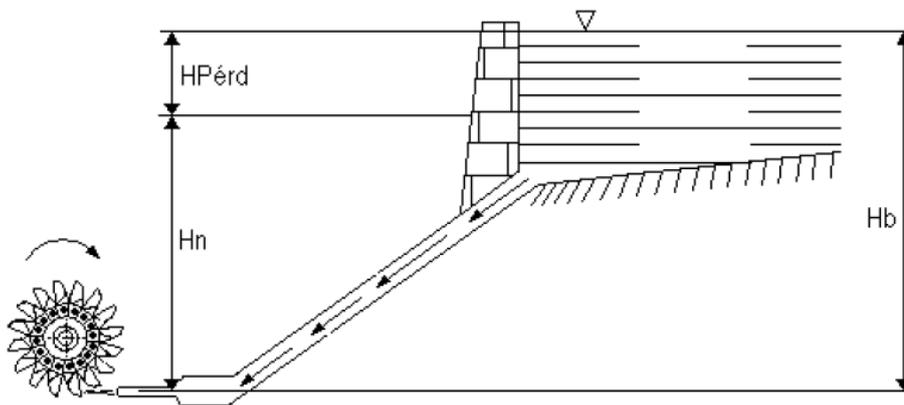
Es la altura de salto puesta a disposición de la turbina. Se deduce del salto total, restando la altura debida a todas las pérdidas de carga sufridas en todo el proceso.

El salto total es la diferencia de cotas entre el inicio del salto y la zona de desagüe.

Consideraremos salto neto, como el que disponemos desde la cámara de presión hasta el final del tubo de aspiración. El salto útil corresponde a un valor menos que el salto neto, ya que se obtiene restando de éste todas las pérdidas de carga que se originan en el camino.

A continuación adjuntamos un dibujo para hacerlo lo más entendible posible

GRAFICO DE LA ALTURA NETA



http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/263/4/Capitulo2_Disenio_construccion_e_implementation_de_una_Microcentral_Hidroelectrica.pdf

AUTOR: GUZMAN PEREZ WILSON

De acuerdo con lo dicho, tendremos:

Altura neta:

$H' = H - (h_1 + h_2 + h_3 + h_7)$, pero en nuestro caso la pérdida de carga debida al remanso (h_1) no es de nuestra incumbencia, ya que es en la entrada del canal donde se nos hace la concesión de aguas y por lo tanto contaremos las pérdidas de carga a partir de aquí:

$$H' = H - (h_2 + h_3 + h_7), \quad (1)$$

Altura de salto útil

$$H' = H' - (h_4 + h_5 + h_6), \quad (2)$$

Cabe destacar la importancia de la altura neta, ya que, más que ninguna otra característica, es el que determina tanto la obra civil (presa, canal de derivación, conducto forzado, central) cuanto el tipo de turbina, así como la velocidad del grupo y el tipo de alternador

LA CONVERSIÓN ES:

POTENCIA DE ENTRADA = POTENCIA DE SALIDA + PERDIDAS

O también.

POTENCIA DE SALIDA = POTENCIA DE ENTRADA * EFICIENCIA DE CONVERSION

Por ejemplo si el sistema recibe 200 Kw y entrega 120 Kw entonces la pérdida es de 80 Kw. La eficiencia es 60% ($120 = 200 \times 60\%$).

La ecuación de arriba se expresa por lo general de una manera ligeramente diferente. La potencia de entrada, o potencia total disponible, P_{disp} . La potencia útil entregada es la potencia Neta, P_{neta} . La eficiencia total del sistema (figura 1.7) se representa por η_o .

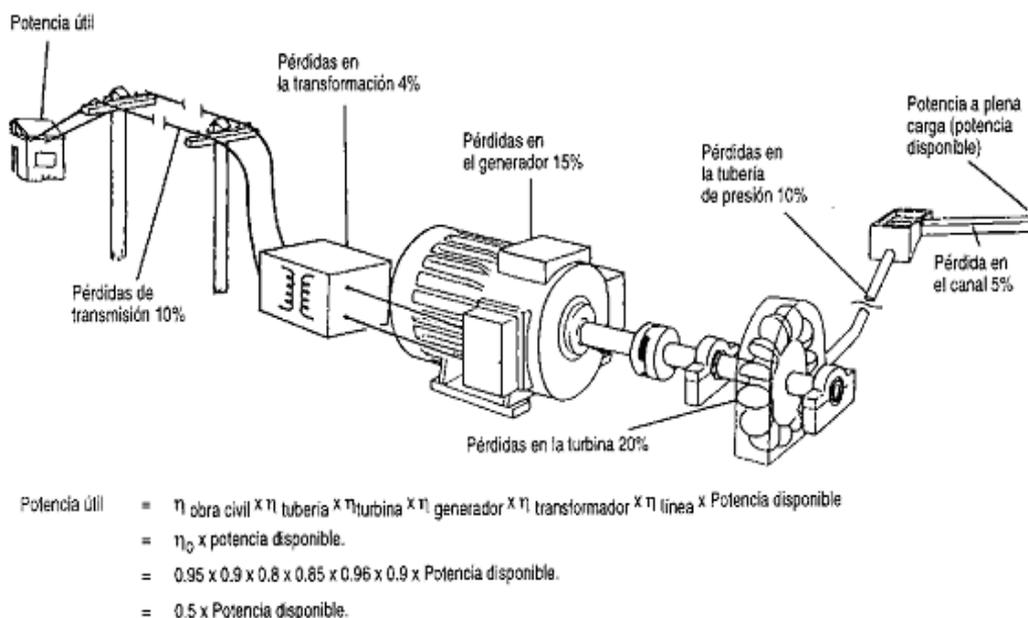
$$P_{\text{neta}} = P_{\text{disp}} \times \eta_o \quad [\text{Kw}]$$

La potencia disponible (P_{disp}) es igual al salto disponible (h_{disp}) multiplicado por el caudal (Q) y también multiplicado por un factor de 10. Obteniéndose la ecuación fundamental de potencia hidráulica.

$$P_{\text{neta}} = 10 \times h_{\text{disp}} \times Q \times \eta_o \quad [\text{Kw}]$$

Donde el salto esta dado en metros y el caudal en metros cúbicos por segundo. Esta simple ecuación es la base de todo trabajo de diseño de sistemas hidroenergéticos

Figura 1. 7. EFICIENCIAS TÍPICAS DEL SISTEMA PARA UNA MICROCENTRAL OPERANDO A PLENA CARGA.



FUENTE: MANUAL DE MINI Y MICROCENTRALES HIDRAULICAS ITDG.
http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/archivos_grandes/002_microhidrocentrales.pdf

RAZONAMIENTO DE LA FÓRMULA DE POTENCIA

La energía liberada de un cuerpo que cae es su peso multiplicado por la distancia vertical recorrida. La fuerza que ejerce el agua es el producto de su masa (m) y la aceleración de la gravedad (g) La distancia vertical es el salto (h_{disp})

$$\text{ENERGIA LIBERADA} = m \times g \times h_{disp} \quad [\text{joules}]$$

La masa de agua es su densidad (ρ) por su volumen (v), de modo que:

POTENCIA DISPONIBLE

$$(\mathbf{P}_{disp}) = \rho \times Q \times g \times h_{disp} \quad [\text{joules/seg o watts}]$$

Se considera que el agua tiene una densidad de 1000 kg/m^3 y la aceleración de la gravedad es de 9.8 m/s^2 . La potencia producida en la turbina será mucho menor que la potencia disponible debido a las pérdidas por fricción de la tubería y en la turbina.

La potencia de salida del generador es menor nuevamente debido a la ineficiencia del sistema de transmisión y generador, más aun, las pérdidas en el transporte de la energía harán al final que el usuario reciba alrededor de la mitad de la potencia disponible del sistema. La eficiencia total del sistema (η_o) en realidad varía entre 0.4 y 0.6 .la potencia recibida por el consumidor, o potencia neta P_{neta} es:

$$P_{neta} = \eta_o \times \rho \times Q \times g \times h_{disp} \quad [W]$$

$$P_{neta} = \eta_o \times 1000 \times Q \times 9.8 \times h_{disp} \quad [W]$$

$$P_{neta} = \eta_o \times Q \times 9.8 \times h_{disp} \quad [KW]$$

La potencia neta se estima a menudo en forma rápida asumiendo que η_o es 0.5, de modo que redondeando:

$$P_{\text{neto}} (\text{estimada}) = 5 \times Q \times h_{\text{disp}} \quad [\text{Kw}]$$

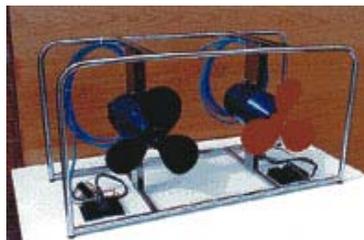
1.1.3. DISEÑO DE UN SISTEMA DE MICROHIDROGENERACIÓN.

Los sistemas micro hidráulicos encuentran su aplicación allá donde haya un suministro de energía que satisfacer y esté disponible un curso de agua, aunque limitado, con un salto incluso de pocos metros. En estas circunstancias las centrales micro hidráulicas tienen un impacto reducido y no modifican el curso de agua. ^[1]

La mayor difusión de las centrales de tamaño muy pequeño se encuentra en áreas montañosas no servidas por la red nacional. En estas zonas se pueden realizar microcentrales en cursos de agua de régimen torrencial o permanente para el suministro de pequeñas comunidades locales o granjas y hoteles aislados, como en nuestro caso del proyecto “Las Cascadas de Mangayacu”.

Cuando hacen falta solo algunos Kw para alimentar una nevera, una radio o la iluminación de un refugio o de una cabaña, se puede insertar directamente en el cauce de un pequeño curso de agua una turbina y un alternador impermeables, con el cable de la energía eléctrica que llega directamente al refugio o a la cabaña, como se indica en la Figura (1.8).

Figura 1. 8 TURBINA Y ALTERNADOR



^[1] FUENTE: MANUAL DE MINI Y MICROCENTRALES HIDRAULICAS ITDG.
http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/archivos_grandes/002_microhidrocentrales.pdf

El procedimiento para diseñar un sistema tiene cuatro etapas:

a) CAPACIDAD Y ESTUDIO DE LA DEMANDA

Es esencial establecer exactamente cuanta energía se necesita para un propósito dado, cuándo se necesita y dónde se necesita.

Es necesario evaluar la capacidad organizativa de los usuarios del sistema. Con frecuencia las microgeneraciones están pensadas para las comunidades rurales donde la mayoría de la gente no usa máquinas complejas. El sistema tenderá a abarcar grandes cantidades de capital y algunas contribuciones de mano de obra de la población local, la que tendrá grandes expectativas por los beneficios que les traerá la nueva tecnología. Para evitar desilusiones debido al mantenimiento irregular y a las dificultades del flujo de caja, es mejor asegurar un “buen sistema de administración” antes de iniciar el proyecto.

b) ESTUDIO HIDROLOGICO E INSPECCION DEL LUGAR.

Esta etapa permite establecerle potencial hidroenergético del lugar escogido.

Muestra como el caudal del agua varía a lo largo del año y donde se debe tomar el agua para obtener el sistema más barato y efectivo. Nos muestra además cuanta es la potencia disponible y cuando está disponible.

c) ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

Consiste en un rápido estudio de costos de un rango de opciones de diseño y fuentes de energía rurales. El diseñador de un sistema hidráulico por lo general identificará tres o cuatro diferentes opciones para satisfacer la demanda del consumidor. El estudio de pre-factibilidad compara esas opciones y presenta sus

principales características. Los interesados desearán conocer esas opciones y sus costos comparativos para de este modo obtener la financiación.

La pre-factibilidad compara también los resultados de los estudios de la demanda de energía con los resultados del estudio hidrológico. El estudio de la demanda nos dice como varía la demanda de energía, mientras que el estudio hidrológico nos dice como varía el suministro de energía.

d) ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FINAL

Si el análisis realizado después del estudio de pre-factibilidad indica que una de las opciones propuestas es la mejor, se procede entonces a los cálculos de ingeniería y de costos, se incluye también un estudio financiero.

Es importante no omitir un estudio de Operación Total y de Mantenimiento (O+M).

La regla de oro del estudio de factibilidad es: “Primero Operación + Mantenimiento, en segundo lugar economía y factor de planta, diseño de ingeniería al final”

Es esencial seguir esta regla debido a que el éxito del sistema dependerá al final de los procedimientos correctos de operación y de la administración efectiva del sistema cuando esté operando.

Es importante adaptar el diseño técnico para adecuar el nivel de las fuentes de operación y organización (técnica, finanzas, accesibilidad, técnicas de taller de operaciones y herramientas) a la región. De igual modo, el diseño técnico debe ser adaptado a las condiciones económicas locales, tales como los recursos financieros de los usuarios, cuánto dinero están en condiciones de pagar por la instalación hidráulica y cuanto tiempo pueden dedicar a la administración en los años futuros.

Así mismo, la factibilidad señalará también en detalle la estructura de las tarifas del sistema y como será implementada. También puede incluir medidas para el bienestar, medidas para la acumulación de fondos de desarrollo de nuevos usos finales de la hidroenergía, planes de contingencia en caso de dificultades técnicas y administrativas o en caso de de problemas con la recaudación de tarifas.

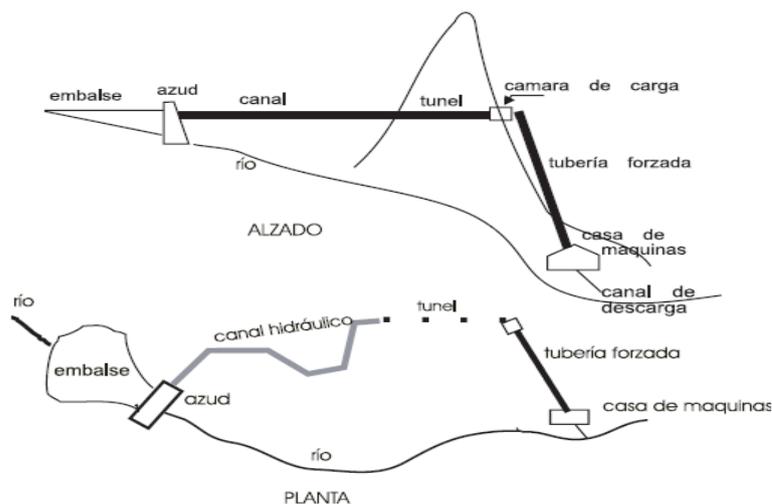
1.2. MICROCENTRALES DE GENERACIÓN HIDRÁULICA

DEFINICIÓN DE PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA

No existe un consenso, en la definición de pequeña central hidroeléctrica. Se consideran como pequeñas plantas hidroeléctricas (PPH) las que se encuentran en un rango de potencia menor a los 10 Mw por unidad. Así en este rango se pueden ubicar las pequeñas centrales (1 MW a 10 MW), las mini-centrales (100 Kw a 1 Mw), las microcentrales (10 Kw a 100 Kw), las nano-centrales (1 Kw a 10 Kw) y las pico-centrales (100W a 1 Kw).⁽¹⁾

El objetivo de una central hidroeléctrica es convertir la energía potencial de una masa de agua situada en el punto más alto del aprovechamiento, donde se ubica el embalse, en energía eléctrica, disponible en el punto más bajo, donde está ubicada la casa de máquinas, estos puntos se muestran en la Figura 1.9. La potencia eléctrica que se obtiene en una central es proporcional al caudal utilizado y a la altura del salto (también llamado caída).

⁽¹⁾ FUENTE: MANUAL DE MINI Y MICROCENTRALES HIDRAULICAS ITDG.
http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/archivos_grandes/002_microhidrocentrales.pdf

Figura 1. 9 CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE MONTAÑA

FUENTE: MANUAL DE PEQUEÑA HIDRAULICA
<http://ec.europa.eu/energy/library/hydro/manual2.pdf>

Se pueden clasificar según varios argumentos, como: características técnicas, peculiaridades del asentamiento y condiciones de funcionamiento.

Inicialmente hay que distinguir las que utilizan el agua según circula normalmente por el cauce de un río, y aquellas otras a las que ésta llega, convenientemente regulada, desde un lago o pantano.

1.2.1. TIPOS DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA ENERGÍA HIDROELÉCTRICA

Ventajas.-

Una central hidroeléctrica a pesar de aprovechar los recursos naturales que ofrece un río, si su sistema de explotación es adecuadamente gestionado, no tiene porqué causar ningún cambio en la calidad y cantidad de agua, siendo una de las más baratas en cuanto a explotación.

La calidad del agua puede, incluso, verse mejorada gracias a los procesos de sedimentación que se producen en los embalses, donde también se favorecen las funciones de autodepuración.

Otros aspectos favorables son la eliminación de avenidas e inundaciones; los grandes embalses permiten abastecimiento en épocas de sequía, tanto para la población como para los ríos o regadíos, acelera el desarrollo del turismo por usos recreativos, etc.

Inconvenientes

Se puede provocar inundación de tierras, con el consiguiente impacto visual, o desplazamiento de núcleos habitados, efectos sobre las especies piscícolas al reducir el caudal en ciertas zonas e incrementarlo en otras, etc. Estos aspectos quedan minimizados en el caso de pequeños aprovechamientos, donde no sea necesario realizar grandes infraestructuras.

Sin embargo y a pesar de estos aspectos, el balance global es claramente positivo.

Otros

En un modelo energético sostenible es prioritario avanzar en el camino del fomento de las energías renovables de manera sincronizada con una estrategia de ahorro y eficiencia energética ya que estos ámbitos son complementarios. Es decir, se ha de impulsar las fuentes energéticas renovables hasta su máximo potencial pero, al mismo tiempo, reducir las necesidades energéticas de la sociedad a unos valores que permitan que las energías renovables sean componente principal.

Las energías renovables son la apuesta estratégica de futuro; son limpias, se restituyen gratuitamente y pueden ser parte de la solución al problema energético a largo término.

CENTRALES DE ALTA PRESIÓN

Aquí se incluyen aquellas centrales en las que el salto hidráulico es superior a los 200 metros de altura. Los caudales desalojados son relativamente pequeños hasta 20 m³/s por máquina.

Se encuentran situadas en zonas de alta montaña, y aprovechan el agua de torrentes, por medio de conducciones de gran longitud. Utilizan turbinas Pelton y Francis.

CENTRALES DE MEDIA PRESIÓN

Son aquellas que poseen saltos hidráulicos de 20 y 200 m aproximadamente. Utilizan caudales de 200 m³/s por turbina, generalmente están situadas en valles de media montaña y dependen de embalses.

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

CENTRALES DE BAJA PRESIÓN

Sus saltos hidráulicos son inferiores a 20 m. Cada máquina se alimenta de un caudal que puede superar los 300 m³/s. Además las turbinas utilizadas son de tipo Francis y especialmente Kaplan.

CENTRALES 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. No cuentan prácticamente con reserva de agua, oscilando el caudal suministrado según las estaciones del año.

Figura 1. 10 CENTRALES DE AGUA CORRIENTE



Los sistemas de agua que fluye no tienen porque ser de derivación, pueden ser centrales directamente situadas en el mismo cauce del río que aumentan el salto de agua mediante un azud.

En ninguno de los dos casos existe la posibilidad de regular el caudal turbinado siendo éste dependiente del caudal del río.

CENTRALES DE AGUA EMBALSADA DE REGULACIÓN

Se alimenta del agua de grandes lagos o de pantanos artificiales, conseguidos mediante la construcción de presas. El embalse es capaz de almacenar los caudales de los ríos afluentes. Esta agua es utilizada según la demanda, a través de conductos que la encauzan hacia las turbinas.

Un sistema de embalse hace uso de un dique para detener el caudal del río, formándose un reservorio desde donde fluye el agua hacia las turbinas cuando se necesita energía. La ventaja de este método es que el agua puede acumularse durante la estación de lluvias y luego generar potencia durante

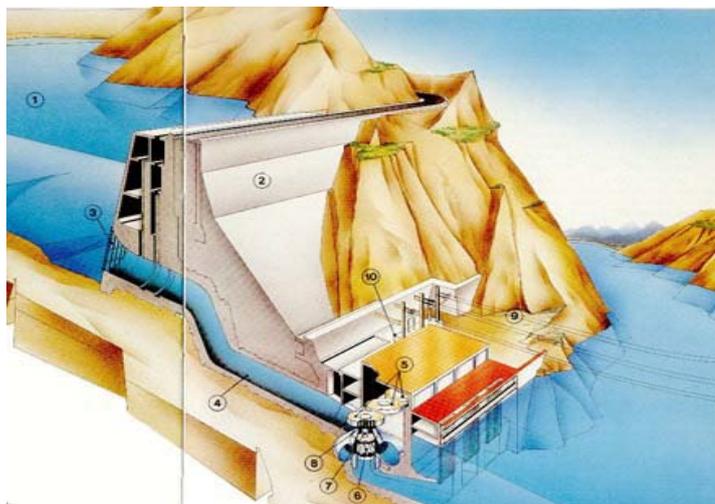
los períodos secos del año. Estos sistemas con diques tienen la desventaja de ser más costosos y ambientalmente peores. A parte en ellos se puede encontrar problemas muy serios, por ejemplo, los reservorios se pueden llenar de sedimentos después de algunos años.

Cuando esto sucede se encuentra a menudo que el dragado del reservorio es demasiado caro y el sistema termina por generar menos energía que la esperada.

Tienen la posibilidad de almacenar volúmenes de agua en el embalse, que representan períodos más o menos prolongados de aportes de caudales medios anuales.

Prestan un gran servicio en situaciones de bajos caudales, ya que el almacenamiento es continuo, regulando de modo conveniente para la producción.

Figura 1. 11 CENTRAL DE AGUA EMBALSADA



En la Figura (1.11) vemos una central de agua embalsada de regulación donde:

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

CENTRALES DE BOMBEO

Otro tipo de centrales de embalse son las Centrales de bombeo como la que aparece en la diapositiva.

Acumulan caudal mediante bombeo, con lo que su actuación consiste en acumular energía potencial. Pueden ser de dos tipos, de turbina y bomba, o de turbina reversible.

Figura 1. 12 CENTRALES DE BOMBEO



Son instalaciones que elevan agua en momentos de baja demanda energética (horas valle) acumulándola en un embalse y turbinándola en momentos de elevada demanda energética (horas punta).

En la Fig. (1.12) vemos una central de agua embalsada de regulación donde:

1. Embalsamiento superior
2. Galería de conducción
3. Cañería forzada
4. Central
5. Turbinas y generadores
6. Desagües
7. Líneas de transporte de energía eléctrica
8. Embalsamiento inferior o río

PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

Los sistemas de microgeneración son una pequeña contribución en el suministro a la red, particularmente en el rango de 300 KW a 10 MW. Algunas veces los valores extremos de este rango suelen recibir el nombre de generación a pequeña escala suficiente para la provisión de iluminación doméstica o un grupo de 50 casas, hasta 300 KW; se usa en pequeños talleres y para el abastecimiento de una mini red de energía.

Una Microcentral está dentro de las tecnologías alternativas de generación eléctrica ya que su diseño y construcción ocasionan bajos impactos ambientales.

1.2.2. TIPOS DE TURBINAS.

Las turbinas son máquinas capaces de transformar la energía hidráulica en energía mecánica en su eje de salida.

La turbina hidráulica es el principal componente de una central hidroeléctrica y donde se produce la transformación de la energía contenida en el agua, energía de presión, principalmente, en trabajo en el eje que acciona el rotor del generador. Hay dos tipos de turbinas: turbinas de acción y turbinas de reacción

TURBINAS DE ACCIÓN.

Las turbinas de acción utilizan únicamente la velocidad del flujo de agua para girar, mientras que las turbinas de reacción emplean tanto la presión como la velocidad del agua.

Este tipo de turbina consta de dos partes principales, el estator y el rotor.

El estator es el que transforma la energía de presión del agua en energía cinética.

Este componente forma parte de la estructura externa y fija de la máquina.

“El estator está constituido por conductos convergentes por los que circula el agua, acelerándose a costa de disminuir su energía de presión. Los conductos están delimitados por álabes, denominados toberas, que descargan el agua sobre los álabes del rotor, que suelen tener forma de cucharón.

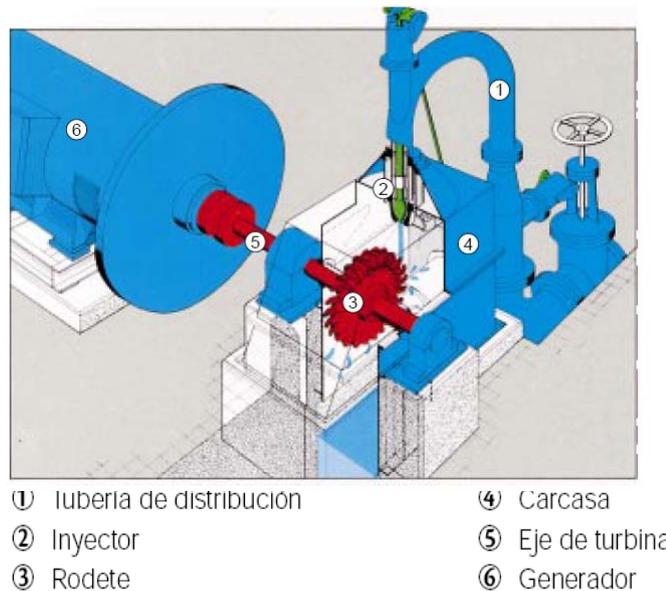
En el rotor de la máquina, llamado más comúnmente rodete, es donde se produce la transformación de la energía cinética del agua en el trabajo en el eje de la turbina.

Entre las turbinas de acción más comunes se encuentran la turbina Pelton, la turbina Turgo y las turbinas de flujo cruzado o también llamadas Michell-Banki. A continuación se detallan sus características.

TURBINAS PELTON

Las turbinas Pelton son de acción más utilizadas y están recomendadas en aquellos aprovechamientos caracterizados por grandes saltos y caudales relativamente bajos.

Figura 1. 13 TURBINA PELTON (CORTESÍA DE VOITH).



Este tipo de turbina permite una gran flexibilidad de funcionamiento, al ser capaz de turbinar hasta el 10% de su caudal nominal con rendimientos óptimos.

Las posibilidades de montaje son múltiples, siendo posible su instalación con eje horizontal o vertical, con uno o varios inyectores y con uno o dos rodetes.

En general, en las mini centrales se implantan turbinas Pelton con uno o dos inyectores que actúan sobre un único rodete.

CARACTERÍSTICAS

- Más robustas y duraderas
- Menos peligro que se dañen las cucharas

- Reparaciones más sencillas
- Regulación más fácil
- Mejores rendimientos trabajando a caudales más pequeños
- Instalación sencilla

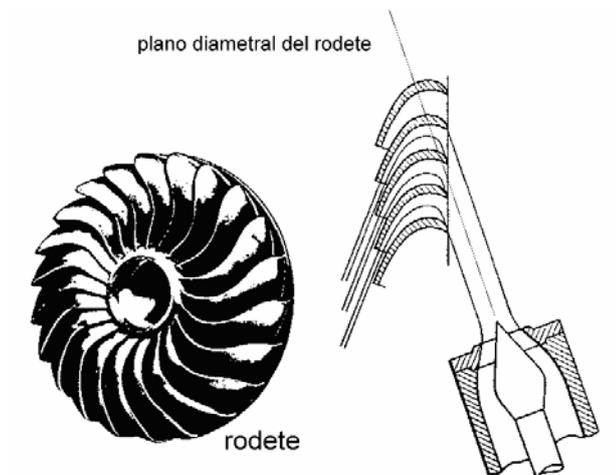
TURBINA TURGO

Como la Pelton, se trata de una turbina de acción, con la distinción de que sus álabes tienen una distinta forma y disposición, tal y como se ve en la Figura 1.14

El chorro incide con un ángulo de 20° respecto al plano diametral del rodete, entrando por un lado del disco y saliendo por el otro. Y a diferencia de la Pelton, en la turbina Turgo el chorro incide simultáneamente sobre varios álabes, de forma semejante a como lo hace el fluido en una turbina de vapor.

En esta turbina el rodete tiene un menor diámetro que en una turbina Pelton, lo cual la hace tener una mayor velocidad angular, y esto facilita el acoplamiento directo con el generador, con lo que al eliminar el multiplicador de velocidad (sistema de fajas, cadenas o engranes que transmiten la potencia de la turbina al generador) se reduce el precio del grupo y aumenta su fiabilidad

Figura 1. 14 TURBINA TURGO

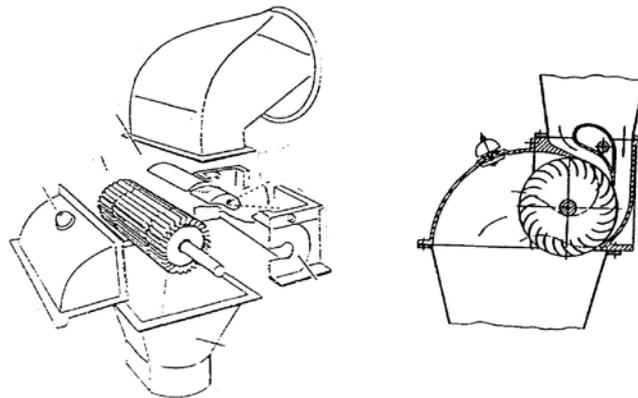


FUENTE: MANUAL DE PEQUEÑA HIDRAULICA
<http://ec.europa.eu/energy/library/hydro/manual2.pdf>

TURBINA MICHELL – BANKI (TURBINA DE FLUJO RADIAL O CRUZADO)

La Turbina Michell – Banki es una turbina de acción de flujo transversal, de admisión parcial y de doble efecto, que posee como elementos principales un inyector o tobera, que regula y orienta el flujo de agua que ingresa a la turbina; y un rodete que genera potencia al eje de la turbina al recibir el impulso del flujo de agua que circula por la misma. “El rendimiento de las turbinas de flujo cruzado es menor que el de las turbinas Pelton, pero tienen una mayor facilidad constructiva y una mejor adaptabilidad a los pequeños saltos.”

Fig. 1. 15 TURBINA DE FLUJO CRUZADO



FUENTE: MANUAL DE PEQUEÑA HIDRAULICA
<http://ec.europa.eu/energy/library/hydro/manual2.pdf>

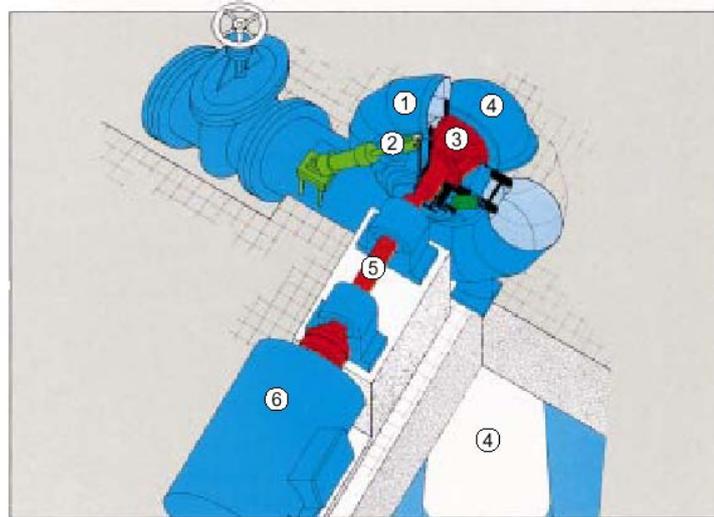
TURBINAS DE REACCIÓN

En este tipo de turbina, no toda la energía de presión del agua se transforma en energía cinética en el estator. El rotor está diseñado para que, además de producirse la transformación de la energía cinética en trabajo, también se produzca la transformación de la energía de presión que aún le queda al agua en la entrada, en energía cinética. En este caso el agua sale del rotor con una presión por debajo de la atmosférica.

TURBINAS FRANCIS

Las turbinas Francis son turbinas de reacción caracterizadas por incidir el agua sobre el rodete, al que atraviesa, en dirección radial siendo descargada en paralelo al eje de rotación, en dirección axial, mediante su orientación en un ángulo de 90° . En la figura 13 se representa una turbina Francis con cámara de entrada cerrada en forma espiral.

Figura 1. 16 TURBINA FRANCIS CON CÁMARA ESPIRAL



- | | |
|------------------|---------------------------|
| ① Cámara espiral | ④ Codo y tubo de descarga |
| ② Alabe móvil | ⑤ Eje de turbina |
| ③ Rodete | ⑥ Generador |

La admisión del agua es regulada por el distribuidor que, conjuntamente con la cámara espiral (1), tiene la misión de dar al agua la velocidad y orientación más adecuadas para entrar en el rodete (3).

El distribuidor puede ser de álabes orientables o fijos. El más utilizado es el de álabes orientables.

El rodete (3) es una pieza troncocónica formada por un conjunto de paletas fijas, denominadas álabes, cuya disposición da lugar a la formación de unos canales hidráulicos por los que se descarga el agua turbinada.

Las turbinas Francis pueden ser instaladas en una amplia gama de aprovechamientos, abarcando caudales desde 150 l/s hasta 40.000 l/s en saltos entre 2 y 250 m.

CARACTERISTICAS

De grandes saltos:

- Menor peso
- Mayor rendimiento
- Aprovechan más la energía de caída del agua
- Generador de electricidad más barato
- Dimensiones de la central más reducidas

De saltos medios:

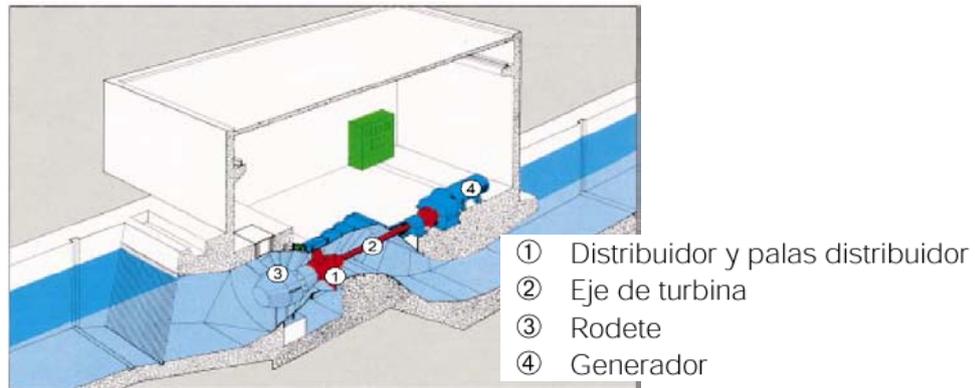
- Se puede obtener más potencia
- Menos costos en la instalación inicial.

TURBINAS KAPLAN

Las turbinas Kaplan se adaptan óptimamente a los aprovechamientos caracterizados por pequeños saltos, en general inferiores a 30 m, y caudales altos.

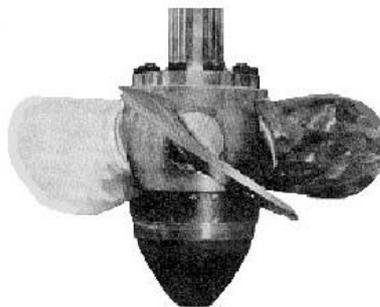
La gama de funcionamiento es muy amplia siendo capaz de turbinar hasta el 25% del caudal nominal de la turbina.

No admite muchas posibilidades de instalación reduciéndose, en la práctica, a turbinas con eje vertical u horizontal.

Figura 1. 17 TURBINA KAPLAN DE EJE HORIZONTAL, TIPO S

La admisión del agua es regulada por un distribuidor (1) con funcionamiento idéntico al instalado en las turbinas Francis.

El rodete (3) tiene forma de hélice siendo orientables los álabes mediante un servomotor gobernado por un grupo oleohidráulico.

Figura 1. 18 RODETE

FUENTE: MANUAL DE PEQUEÑA HIDRAULICA
<http://ec.europa.eu/energy/library/hydro/manual2.pdf>

CARACTERÍSTICAS

- Mejores rendimientos cuando trabaja a caudales más pequeños
- Mejores rendimientos con saltos variables.
- Generador de electricidad más barato.

TURBINAS DE HÉLICE

La turbina de hélice es una variante de la turbina Kaplan, pues posee un rodete con los álabes fijos. Con ello se abarata el rodete Figura 1.19

Esta turbina se caracteriza porque tanto los álabes del rodete como los del distribuidor son fijos, por lo que solo se utilizan cuando el caudal y el salto son prácticamente constantes.

Figura 1. 19 TURBINA DE HÉLICE



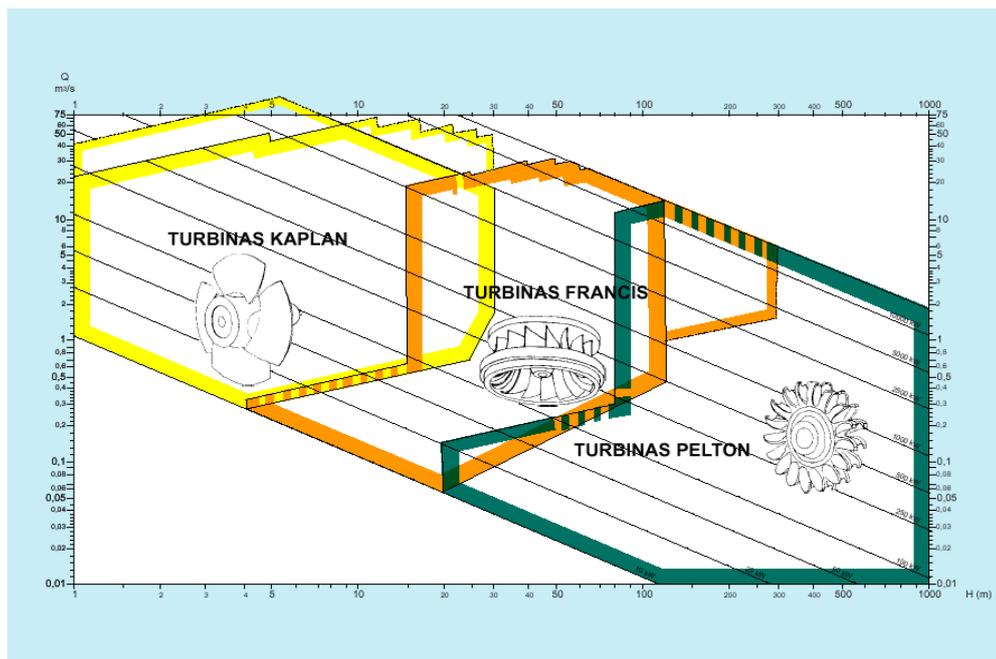
FUENTE: MANUAL DE PEQUEÑA HIDRAULICA
<http://ec.europa.eu/energy/library/hydro/manual2.pdf>

SELECCIÓN DEL TIPO DE TURBINA

Para preseleccionar el tipo de turbina a instalar en una micro central, se utilizan unos ábacos que suelen facilitar los fabricantes de turbinas. Y, se determina el tipo de turbina a partir de los parámetros de salto y caudal.

Tal y como puede verse en la Figura 1.20, entrando en abscisas con el salto en m y en ordenadas en el caudal de agua en m^3/s , se obtendría el tipo de turbina más adecuado para la instalación.

**Figura 1. 20 ÁBACO DE SELECCIÓN DEL TIPO DE TURBINA.
(CORTESÍA DE VOEST-ALPINE).**



No obstante, para elegir la turbina definitiva garantizando la máxima rentabilidad de la mini central, se deberán tener en cuenta la curva de caudales clasificados, imprescindible para determinar el caudal de equipamiento, y la infraestructura existente del aprovechamiento.

1.2.3. GENERADOR

Estas máquinas transforman la energía mecánica de rotación que suministran las turbinas en energía eléctrica en sus bornes o terminales. Pueden ser de dos tipos: síncronos y asíncronos.

Los generadores síncronos suelen emplearse en centrales con potencia superior a 2.000 KVA conectadas a la red, o en centrales de pequeña potencia que funcionan en isla (sin estar conectadas a la red).

El generador asíncrono, por el contrario, debe estar siempre conectado a la red eléctrica, de la que toma la energía necesaria para producir su magnetización. Es usual emplearlos en centrales de menos de 500 KVA, siempre acopladas a la red.

Para centrales con potencia aparente entre 500 y 2.000 KVA la elección de un generador síncrono o asíncrono, depende de la valoración económica, del sistema de funcionamiento y de los condicionantes técnicos exigidos por la compañía eléctrica.

MÁQUINA ASÍNCRONA (INDUCCIÓN)

Al ser conectada una máquina de inducción a un sistema de alimentación C.A. se establece un campo magnético rotatorio en los arrollados del estator. Este campo gira a la velocidad sincrónica de la máquina la cual está determinada por la frecuencia de la red de alimentación y el número de polos del motor. La ecuación para calcular esta velocidad es la siguiente:

$$N_s = \frac{120 \times f}{N^\circ \text{ Polos}}$$

Donde:

Ns: velocidad sincrónica en r.p.m.

f: frecuencia de la red de alimentación.

El flujo magnético a través del entrehierro de la máquina induce una fuerza electromotriz en el rotor, el cual provocará una corriente con su campo desarrollándose una fuerza tangencial en el rotor provocando su rotación. De esta forma la máquina de inducción trabaja como motor.

La ecuación para calcular la velocidad del rotor es la siguiente:

$$N_r = \frac{120 \times f}{N^\circ \text{ Polos}} \times (1 - s)$$

Donde:

Nr: velocidad del rotor en r.p.m.

s: deslizamiento de la máquina.

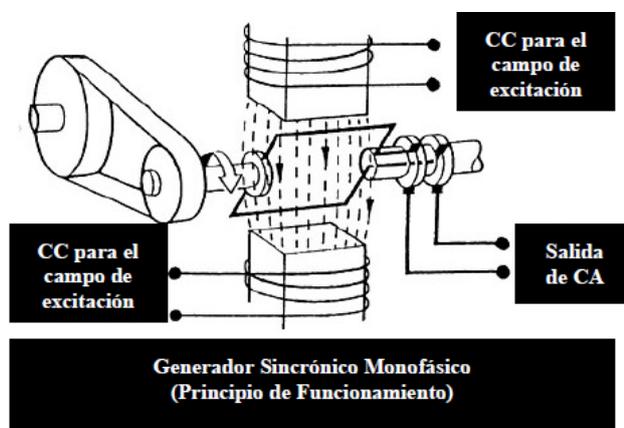
Si el rotor de la máquina de inducción se hace girar con la ayuda de un primotor a una velocidad superior a la sincrónica también se inducirá una fuerza electromotriz en el rotor, pero con sentido inverso que en el caso anterior de forma tal que se entrega potencia a la red. La máquina de inducción trabaja en este caso como un generador.

Aunque se encuentre trabajando como generador, la máquina de inducción requiere para su funcionamiento energía reactiva, la cual es suplida típicamente por la red en la que se encuentra conectado el generador. Aunque en el caso de que el generador se encuentre aislado (sin estar conectado a una red) se deben adicionar capacitores que suplan la energía reactiva que el mismo requiere para trabajar.

GENERADOR SINCRÓNICO

El generador sincrónico ha sido el más ampliamente utilizado para la generación de electricidad. Su construcción es similar al de inducción, en el estator se encuentran se encuentran los arrollados trifásicos (o monofásicos) que se conectan a la red, su rotor es devanado y por él circula la corriente de excitación o de campo que debe ser suministrada por una fuente C.C., tal y como se esquematiza en la Figura 1.21

Figura 1. 21 Esquema de un generador sincrónico monofásico



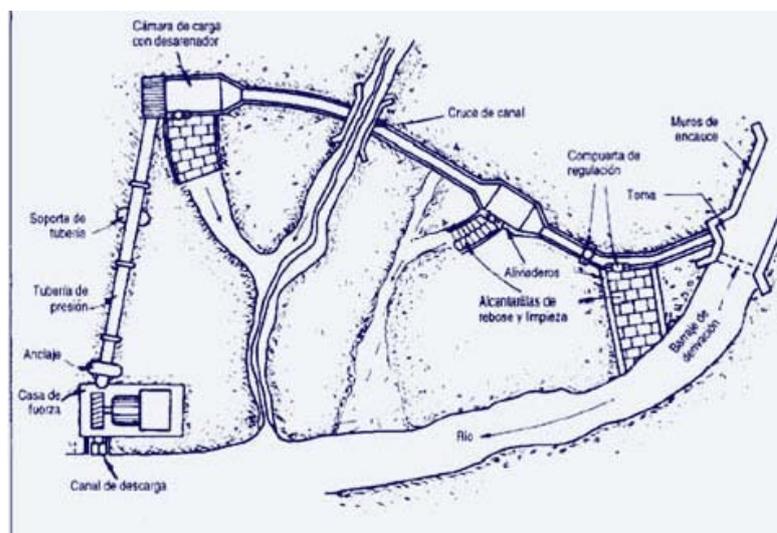
“Su principio de funcionamiento consiste en que unas bobinas corten las líneas de un campo magnético, induciéndose de esta forma una fuerza electromotriz en las bobinas y teniendo capacidad para suministrar corriente si se le conectan cargas.”^[1]

Existen actualmente dos diferentes sistemas de excitación del campo magnético: estático y rotatorio. El sistema de excitación estática consiste en rectificar una tensión C.A., por medio de tiristores de potencia, obteniéndose una tensión C.C. El sistema de excitación rotatorio consiste en colocar una máquina C.C. unida al eje del generador.

1.2.4. OBRAS CIVILES.

La obra civil engloba aquellas obras e instalaciones necesarias para derivar, conducir y restituir el agua turbinada, así como para albergar y proteger los equipos electromecánicos.

Figura 1. 22 OBRAS CIVILES



FUENTE: MICRO CENTRALES HIDROELECTRICAS / Daniel Muguerra
<http://exa.unne.edu.ar/fisica/maestria/modulo2/microturbinas/apuntemch.pdf>

^[1] FUENTE: MICRO CENTRALES HIDROELECTRICAS / Daniel Muguerra
<http://exa.unne.edu.ar/fisica/maestria/modulo2/microturbinas/apuntemch.pdf>

- Azudes y presas
- Obra de toma
- Canal de derivación
- Cámara de carga
- Tubería forzada
- Edificio o Casa de máquinas
- Canal de salida

1.2.4.1. AZUDES Y PRESAS

Son las obras que se construyen en el curso del agua, transversalmente al mismo, para la retención y desviación hacia la toma del caudal que se deriva hacia la minicentral.

En los azudes se produce una retención del agua sin que haya una variación importante del nivel de agua.

En las presas, el muro se construye para elevar la superficie libre del curso de agua creando un embalse.

Figura 1. 23 OBRA DE TOMA



FUENTE: MANUAL DE PEQUEÑA HIDRAULICA
<http://ec.europa.eu/energy/library/hydro/manual2.pdf>

1.2.4.2. BOCATOMA.

Es una estructura que permite captar el agua de la fuente hídrica y derivarla hacia el canal de acceso. Debe disponer de componentes que permitan el ingreso del agua sin presencia de elementos extraños, asimismo debe permitir regular el caudal de ingreso tanto en épocas de estiaje y avenidas

Las obras de toma derivan el agua hacia las conducciones que la transportarán a la mini central.

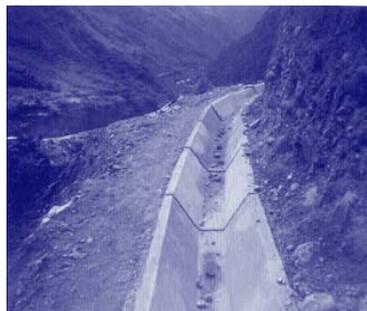
Generalmente, en la toma se instala una reja, para impedir el paso de peces y material sólido.

1.2.4.3. CANAL DE DERIVACIÓN

Es la conducción que transporta el agua que se deriva hacia la minicentral desde la toma hasta la cámara de carga. A lo largo del canal, dependiendo de su longitud, puede haber varias compuertas para limpieza y vaciado del canal en caso necesario.

Al final del canal, antes de la cámara de carga, suelen instalarse una reja de finos con su correspondiente máquina limpia rejas, así como una compuerta de seguridad.

Figura 1. 24 CANAL DE DERIVACIÓN



Los canales conducen el agua a la cámara de carga. Es muy importante elegir correctamente el tipo de canal para cada parte de la ruta. Una vez que se ha elegido el tipo de canal y el revestimiento adecuado, es posible calcular las dimensiones adecuadas y el desnivel real entre el inicio y final del canal.

Por lo general, es necesario examinar el suelo a lo largo de la ruta del canal proyectado.

Si el suelo es muy arenoso, puede que sea necesario revestir o sellar el canal para evitar la pérdida de agua por filtración. Pero puede ser muy costoso hacer una evaluación completa de la ruta del canal así que una buena solución es mirar el resto de canales en el área y consultar a agricultores de la zona que tengan experiencia en canales de irrigación.

Otra cosa a tener muy en cuenta son los cruces de canal.

Hay que tomar todas las medidas que sea necesario y más, puesto que un día de tormenta un arroyo insignificante se convierte en un torrente capaz de arrasar fácilmente lo que encuentre y, en concreto, nuestro canal.

1.2.4.4. CÁMARA DE CARGA O DESARENADOR.

Depósito que alimenta con agua a la Tubería de Presión, evita el ingreso de materiales extraños que puedan perturbar el funcionamiento de la turbina.

Consiste en un depósito situado al final del canal de derivación del que parte la tubería forzada.

Esta cámara es necesaria para evitar la entrada de aire en la tubería forzada, que provocaría sobrepresiones.

Se equipa con: compuertas de derivación y limpia, rejillas, rebose y canal lateral para conectar al Canal de Demasías.

Figura 1. 25 CÁMARA DE CARGA Y/O DESARENADOR



Los aliviaderos son elementos principales del sistema, que tiene como misión liberar parte del agua retenida.

Se encuentran en la pared principal de la presa o del azud. Para evitar que el agua pueda producir desperfectos al caer desde gran altura, los aliviaderos se diseñan para que la mayoría de la energía se pierda en el pie de la presa, mediante un cuenco llamado amortiguación.

La cámara de carga, que y se ha dicho que es un depósito tiene la función de suministrar el volumen necesario para el arranque de las turbinas sin intermitencias.

Figura 1. 26 CÁMARA DE CARGA



FUENTE: MANUAL DE PEQUEÑA HIDRAULICA
<http://ec.europa.eu/energy/library/hydro/manual2.pdf>

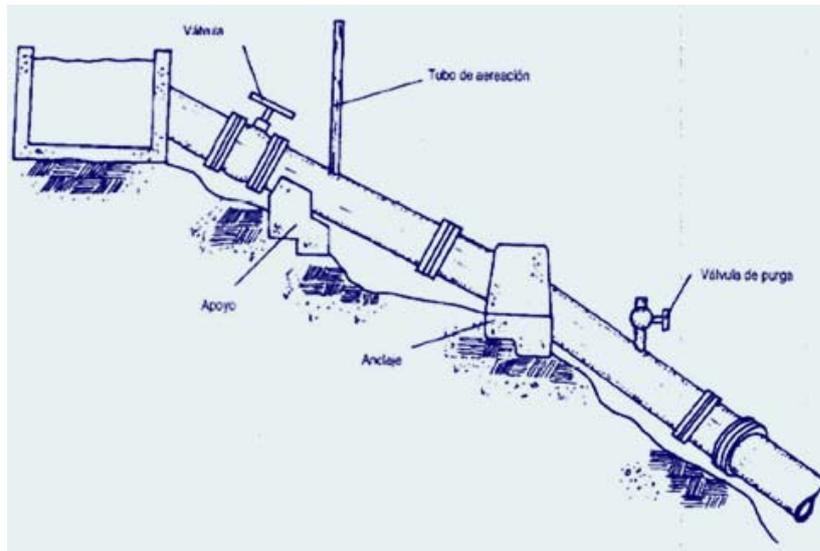
1.2.4.5. TUBERÍA FORZADA

La tubería forzada conduce el agua desde la cámara de carga hasta la turbina.

Generalmente la tubería es de acero.

Al inicio de la tubería se instala un órgano de cierre que permite evitar el paso de agua y vaciar la tubería poco a poco.

Figura 1. 27 TUBERÍA FORZADA



FUENTE: MICRO CENTRALES HIDROELECTRICAS / Daniel Muguerra
<http://exa.unne.edu.ar/fisica/maestria/modulo2/microturbinas/apuntemch.pdf>

Aquí se ve una tubería de presión que ya se ha dicho que debe estar preparada para soportar la presión producida por la columna de agua y la sobrepresión por el golpe de ariete en caso de parada brusca de la central.

1.2.4.6. EDIFICIO O CASA DE MÁQUINAS

En el edificio se albergan los equipos electromecánicos de la mini central.

Se puede considerar como el corazón de la micro central hidráulica. En ella se alojará prácticamente todo el equipamiento electromecánico que conforma el proyecto y dependiendo de las características y dimensiones de los mismos se tendrán establecidas la estructuración y arquitectura de aquella. En muchos casos, también alojará la subestación transformadora o deberá prever áreas para futuras ampliaciones o instalación de equipos que en algún momento trabajarán en paralelo.

Es frecuente el uso de micro central hidráulica en el medio rural para el procesamiento agro-industrial.

Para estos casos, la concepción de la casa de máquinas deberá prever los espacios necesarios para tales equipos en mérito a sus características físicas y de funcionamiento o accionamiento a través del sistema de transmisión desde la turbina.

Complementos fundamentales de la casa de máquinas son la ubicación y concepción de los fundamentos o apoyos del equipamiento (turbina, generador, regulador, etc.) para los cuales el dimensionamiento debe ser el más exacto posible que facilite el proceso de montaje de aquellos. Estos deberán ser diseñados para absorber durante su vida útil sollicitaciones de vibración y de impacto que pudieran originarse por el funcionamiento deficiente del equipamiento (golpe de ariete, por ejemplo).

Es práctica frecuente y recomendable que la ubicación y emplazamiento para la casa de máquinas, se determine muy cercana al lugar de descarga

de las aguas turbinadas, por tanto es importante estudiar seriamente la capacidad portante del suelo de cimentación en zonas muy cercanas a quebrada o cauces de ríos que sirvan para tal fin

1.2.4.7. CANAL DE SALIDA

Es la conducción a través de la que se restituye el agua al cauce.

Se constituye en el último componente de la obra civil. Su característica más importante es la de servir de desfogue o conducción de las aguas turbinadas hacia el punto de descarga, que por lo general es el mismo cauce del recurso utilizado como fuente energética para la micro central hidráulica.

1.3 SISTEMAS DE PROTECCIÓN

Las micro centrales hidráulicas deben contar con cierto tipo de protecciones que ayuden a resguardar la integridad de los aparatos conectados al sistema. Usualmente se cuenta con tres tipos de protecciones que son básicas:

Alta frecuencia

Un exceso en la frecuencia del sistema puede ser dañino para aparatos que son accionados con motores ya que éstos consumen más potencia entre mayor sea su velocidad de giro (por ejemplo los ventiladores o las bombas centrífugas). Este tipo de fallas suele ocurrir si falla la conmutación de las cargas balasto o si la turbina se desboca.

Sobretensión

Esta es una condición que puede dañar la mayoría de aparatos, se puede dar si falla el sistema de conmutación de cargas o también se puede deber a una falla en el AVR del generador.

Baja tensión

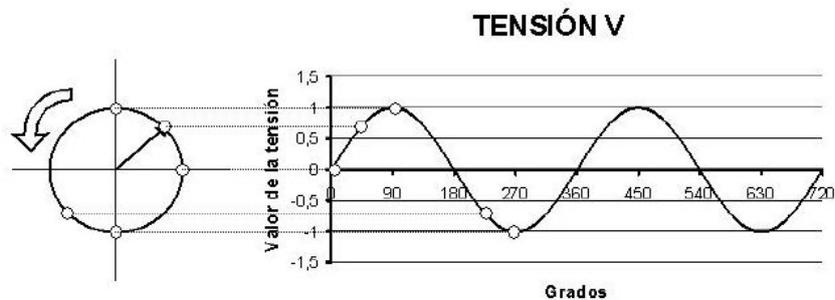
Ante una condición de baja tensión, se puede dar que los motores no arranquen o que se sobrecalienten tratando de arrancar.

Carga de Baterías

La carga de baterías puede ser la única y excluyente función de la MCH o puede integrarse como un suministro más dentro del conjunto de cargas que serán abastecidos por la micro central hidráulica.

Generación Alterna

La generación alterna y transmisión de la energía eléctrica mediante sistemas de corriente alternativa involucra la presencia conjunta de energía y potencia activa (que produce trabajo) y energía y potencia reactiva que circula dentro del sistema eléctrico pero que no sirve en términos de energía útil en la carga del sistema.

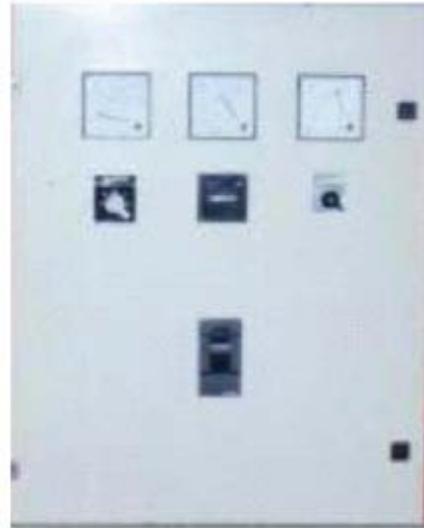


Reguladores y tableros de control

Se encargan de mantener constante el voltaje de trabajo. Evitan las subidas y bajadas de voltaje que puedan dañar a los artefactos o equipos de los usuarios.

- Los reguladores pueden ser de velocidad (electromecánicos) o de carga

- Los reguladores electrónicos de carga son los más utilizados en la micro central hidráulica por su bajo costo, fácil operación y mantenimiento.
- En el tablero se encuentran los instrumentos de control y protección: voltímetro, amperímetro, medidor de frecuencia y medidor de potencia y energía.



Protecciones eléctricas

Estas se pueden dividir en dos grupos: primarias y secundarias.

Protecciones primarias

Son aquellas protecciones que serán las responsables de minimizar cualquier falla que pueda provocar daños de consideración al generador.

Uno de los principales daños a detectar en el generador son los daños en los aislamientos de los devanados, tanto del estator como del rotor. Entre las principales protecciones primarias, se encuentran los siguientes relés:

Relé térmico (Código ANSI: 49)

Controla y detecta las elevaciones de las temperaturas de los devanados tanto del rotor como del estator.

Relé de protección de puesta a tierra (Código ANSI: 64)

Detecta cualquier puesta a tierra en alguna de las espiras ya sea del rotor (ANSI 64F) o del estator (ANSI 64G).

Relé de protección diferencial (Código ANSI: 87)

Se activa al alcanzar un cambio porcentual o de fase o de corriente o cualquier otra cantidad eléctrica.

Relé de potencia inversa (Código ANSI: 32)

Esta protección actúa cuando corto circuitos entre espiras provocan disminuciones en la tensión

Relé de sobretensión (Código ANSI: 59)

Funciona cuando la tensión sobrepasa un nivel determinado

Relé de pérdida de excitación (Código ANSI: 40)

Es una protección que se utiliza en generadores sincrónicos. Funciona cuando se alcanza una determinada tensión o un valor muy por debajo de lo normal, debido a una falla de la corriente de excitación de la máquina, la cual produce un rápido sobrecalentamiento en el rotor.

Relé de sobreexcitación (Código ANSI: 24)

Es una protección que se utiliza en generadores sincrónicos.

Actúa si la excitación supera los rangos normales de operación, lo cual produce un sobrecalentamiento en los devanados del rotor debido al aumento de la corriente que los circulará.

Relé de sobrecorriente instantáneo (Código ANSI: 50)

Se activa instantáneamente cuando se sensa un valor excesivo de la corriente o una razón de crecimiento muy alta, indicando así una falla en el generador.

Relé de sobrecorriente temporizada (Código ANSI: 51)

Tiene ya sea una característica de magnitud o de tiempo inversa que activa el aparato cuando la corriente en el circuito excede un valor predeterminado.

Relé de sobrevelocidad (Código ANSI: 12)

Cuando la velocidad del rotor esté alrededor de un 5 a 10% arriba de la velocidad sincrónica. El relé de sobrevelocidad se encarga de detectar esta condición y proteger al generador en caso de presentarse.

Protecciones secundarias

Son aquellas protecciones que tienen la función de servir como respaldo a algunas de las protecciones primarias o que no cumplen una función principal.

Relé de sobrecorriente dependiente de tensión (Código ANSI: 51V)

Sensa dos variables que son tensión y corriente.

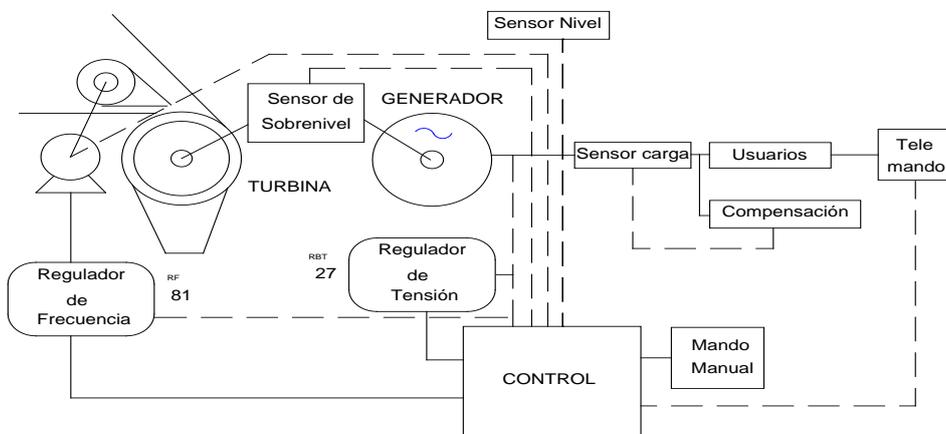
Relé de baja tensión (Código ANSI: 27)

Funciona cuando el nivel de tensión sobrepasa un nivel determinado, esta condición se puede dar cuando el generador intente entregar más potencia de la que es capaz, disminuyendo la tensión en sus terminales y consecuentemente incrementando el nivel de corriente entregada.

Relé de frecuencia (Código ANSI: 81)

Funciona cuando se alcanza un valor determinado de frecuencia (ya sea inferior o superior) o una magnitud en el cambio de frecuencia.

Protecciones mínimas requeridas en la micro central de 6 kw



Ahora, si se considera que la planta puede ser conectada a la red de distribución, la Tabla siguiente, indica las protecciones mínimas con las que debe contar el sistema de generación, junto con su respectivo código ANSI.

Nombre del equipo	Código según ANSI/IEEE
Relé de sobrevelocidad	12
Relé de sobreexcitación	24
Relé de baja tensión	27
Relé de potencia inversa	32
Relé de pérdida de excitación	40
Relé térmico	49
Relé de sobrecorriente instantáneo	50
Relé de sobrecorriente temporizada	51
Relé de sobrecorriente dependiente de tensión	51V
Relé de sobretensión	59
Relé de protección puesta a tierra	64
Relé de pérdida de sincronismo	78
Relé de frecuencia	81
Relé de protección diferencial	87
Relé de enclavamiento por presencia de tensión en la línea	C

Válvulas en la tubería de presión

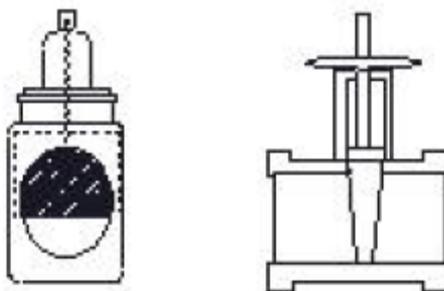
Generalmente se instalan antes de la turbina, sin embargo también suele instalarse al inicio de la tubería de presión. El propósito de su instalación es controlar el paso de agua en la tubería. Existen diferentes tipos, pero las más utilizadas son las de mariposa y de compuerta:

Válvulas de compuerta.

Estas válvulas consisten de un disco metálico que sube y baja y está ubicado en el cuerpo de la válvula. La válvula de compuerta es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento.

Cuando se trabaja con presiones elevadas se necesita una fuerza importante para operarla y vencer la fuerza de fricción existente. Es por esta razón que cuando se instala una válvula de compuerta al final de una tubería de presión, se instala además un bypass para conectar el lado de baja presión con el de alta.

Válvula de compuerta

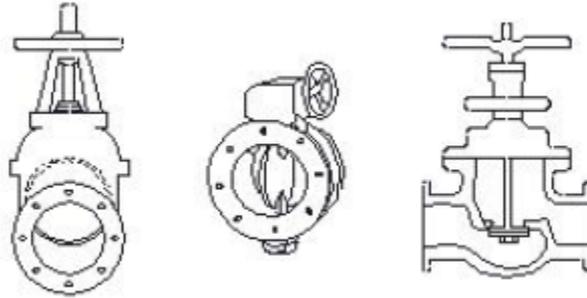


Válvulas de mariposa

Una válvula tipo mariposa es un dispositivo para interrumpir o regular el flujo de un fluido en un conducto.

Es importante que sea cerrada lentamente, a fin de no originar un golpe de ariete en la tubería.

Válvula de mariposa



Se recomienda poner la válvula de mariposa por su costo y tamaño de la micro central.

CAPITULO II

2. DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

En el presente capítulo se detalla las condiciones actuales en que está el proyecto ecoturístico, ya que es importante conocer el estado actual tanto del sistema general eléctrico del proyecto ecoturístico como de los recursos disponibles para la realización de la micro central hidroeléctrica.

El proyecto turístico “Las Cascadas de Mangayacu”, empezó a funcionar aproximadamente hace 10 años, cuyo principal objetivo es la de prestar un servicio de turismo de paso. Tiempo en el cual ha obtenido la acogida necesaria para que los turistas se sientan a gusto cada vez que visitan el lugar. Por esta razón la hostería se ve en la necesidad de expandirse para brindar un mejor servicio a los turistas, ya no solo de paso sino brindándoles una atención permanente con el alquiler de cabañas del lugar.

Es así como nace la idea de la creación de una micro central hidráulica, para minimizar los costos que conllevan en la utilización de la energía eléctrica, aprovechando que por los terrenos del lugar existen las condiciones ideales para la creación de la micro central hidráulica.

La hostería cuenta con un pequeño río que atraviesa el lugar, este río es alimentado por tres vertientes que se pueden aprovechar para la captación del recurso hidroenergético.

Posteriormente se realizará un análisis de los resultados obtenidos en las mediciones realizadas al río Mangayacu a lo largo de todo el año de seguimiento.

Al finalizar, se llega a un conjunto de conclusiones obtenidas mediante el proceso investigativo, las mismas que a la vez conllevan a la presentación de una propuesta alternativa para superar el problema.

2.1. RECURSO HIDROENERGÉTICO

El siguiente paso consiste en realizar una evaluación del potencial de generación de energía en la zona tratándose de que la casa de máquinas se encuentre lo más próxima a la carga a servir.

La capacidad de generación de energía mediante el empleo de agua está determinada por el Salto o Caída (energía potencial) que se pueda obtener y del Caudal disponible.

El Salto depende de la topografía del terreno, y el Caudal de las características del río que se va a utilizar, en nuestro caso es el Río Mangayacu

2.1.1. MEDICIÓN DEL SALTO

Es la altura de Salto puesta a disposición de la turbina. La denominada altura útil se deduce del salto total, restando la altura debida a todas las pérdidas de carga sufridas en todo el proceso. El salto total es la diferencia de cotas entre el inicio del salto y la zona de desagüe.

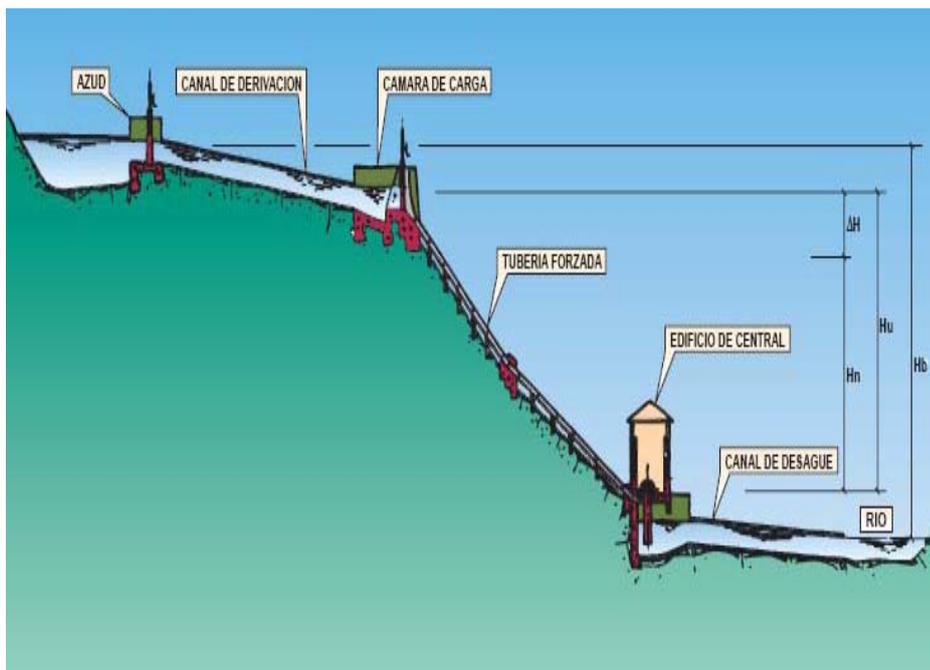
Consideraremos salto neto, como el que disponemos desde la cámara de presión hasta el final del tubo de aspiración. El salto útil corresponde a un valor menor que el salto neto, ya que se obtiene restando de éste todas las pérdidas de carga que se originan en el camino. Dichas pérdidas se deben a las turbulencias y rozamientos del agua en las entradas de las tuberías,

paredes de todo tipo de conducción, válvulas, codos, ángulos, cambios de sección y orificios de salida

Un hidrosistema requiere de un caudal de agua y una diferencia de altura conocida como “SALTO” para producir potencia útil. Se trata de un sistema de conversión de energía, es decir, se toma energía en forma de caudal y salto y se entrega energía mecánica en el eje para transformar la en electricidad.

Ningún sistema de conversión puede entregar la misma cantidad de energía útil, pues una parte de la energía se pierde en el sistema mismo en forma de fricción, calor, ruido, etc.

Figura 2. 1 MEDICIÓN DEL SALTO



Para nuestra investigación tenemos que el salto óptimo ideal se encuentra a 40 metros de altura medidos desde la casa de máquinas hasta el tanque de presión.

Salto bruto (**H_b**): Distancia vertical, medida entre los niveles de la lámina de agua en la toma y en el canal de descarga

Salto útil (**H_u**): Distancia vertical, medida entre los niveles de la lámina de agua en la cámara de carga y el nivel de desagüe de la turbina.

Salto neto (**H_n**): Conocido el salto útil, y restándole las pérdidas de carga (**ΔH**) debidas del rozamiento del agua con las paredes de la turbina y a las turbulencias, obtenemos el salto neto.

Cada tipo de turbina tiene un rango de valores de salto neto en los cuales puede trabajar, produciéndose solapamientos, que dan lugar a emplearse varios tipos de turbina para un mismo salto neto.

La medición del salto lo hemos realizado con el método de la manguera el cual consiste en medir cada cierto tramo las alturas correspondientes utilizando una manguera transparente de 10 metros de longitud, la cual nos facilita para medir la altura de pequeños tramos y al final realizar la respectiva suma de todas las medidas, el resultado total nos da un idea general de que altura bruta disponemos desde la bocatoma hasta la casa de máquinas.

Pero para estar más seguros de la altura neta, la hemos medido directamente utilizando una cuerda de determinada longitud desde la base de la cámara de carga hasta la casa de máquinas dándonos un resultado real de la altura la cual es de 40 metros.

2.1.2. MEDICIÓN DEL CAUDAL

2.1.2.1. CAUDAL DE EQUIPAMIENTO

Para determinar la potencia a instalar y la energía producible a lo largo del año en una micro central hidroeléctrica, es imprescindible conocer el caudal circulante por el río en la zona próxima la toma de agua.

2.1.2.1.1. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL Q

Este valor suele variar en algunas regiones de acuerdo a las estaciones, y a otros fenómenos climáticos. Generalmente se necesita saber el valor medio, o normal, del caudal de un arroyo a los fines de poder dimensionar los equipos y demás instalaciones. Es importante establecer que la medición del caudal sea representativa del valor medio.

En obras de gran envergadura, la estimación exacta del caudal puede ser crucial, y por lo tanto, se justifica un estudio o una recopilación de los aforos de los caudales durante muchos años.

En cambio, en el caso de pequeños recursos hidráulicos (inferiores a los 100 Kw, es irrelevante que la estimación de la altura y el caudal se realice con un error menor al 10 %. Es más importante poder estimar la curva de disponibilidad de caudal a lo largo del año, considerando los periodos de lluvia de la región.

Existen diferentes maneras de medir el Caudal, para nuestro caso hemos escogido por el método de llenado de un depósito ya que consideramos que es el ideal porque las condiciones del terreno nos favorecen para realizar esta práctica.

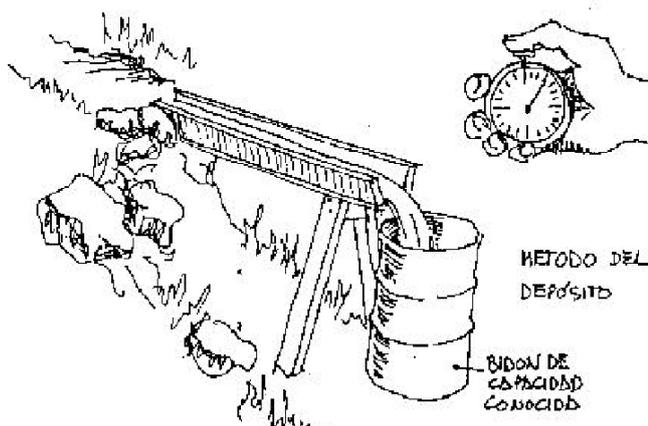
2.1.2.2. MÉTODO DEL LLENADO DE UN DEPÓSITO:

Desviamos el caudal del cauce y estimar el tiempo que tarda en llenarse. Conociendo la capacidad del barril y el tiempo empleado, se puede conocer el caudal de forma aproximada, cabe recalcar que optamos por la utilización de un tanque de metal con capacidad de 55 galones americanos o 209.19 litros, ya que es un recipiente fácil de manipular y

está al alcance. En nuestro caso este método es útil por su pequeño cauce que podemos desviar su caudal de una forma sencilla.

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = V \text{ (m}^3\text{)} / t \text{ (s)}$$

Figura 2. 2 MÉTODO DEL DEPÓSITO



FUENTE: MICRO CENTRALES HIDROELECTRICAS / Daniel Mugerza
<http://exa.unne.edu.ar/fisica/maestria/modulo2/microturbinas/apuntemch.pdf>

Nuestra investigación obtuvo los siguientes resultados que en una forma resumida y detallada lo describimos a continuación.

Tabla 1.- MEDICIÓN DE LOS CAUDALES DE LAS FUENTES DEL AGUA DEL RÍO MANGAYACU

MEDICIONES DE LOS CAUDALES DES LA FUENTES DE AGUA DEL RIO MANGAYACU	
Procedimiento utilizado: Método del llenado de un depósito	
Recipiente usado en la medición: tanque de 209 lts.	
PROMEDIOS	
MES	CAUDAL Lts/s
Marzo	39,50
Abril	41,40
Mayo	39,59
Junio	39,37
Julio	39,72
Agosto	39,32

Septiembre	39,61
Octubre	39,15
Noviembre	39,86
Diciembre	42,30
Total	399,82
PROMEDIO	39,98

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

Con estos resultados obtenidos, prácticamente tenemos un Caudal promedio total de 40 litros por segundo (Ver anexo #1)

CÁLCULO DE LA POTENCIA GENERADA

Potencia de entrada = Potencia de salida + pérdidas (1)

O también:

Potencia de salida = Potencia de entrada * eficiencia de conversión (2)

La ecuación (2) se expresa por lo general de una manera diferente, en la que interviene la potencia de entrada o potencia disponible, la potencia útil o potencia neta y la eficiencia total del sistema por lo que (2):

$$P_{neta} = P_{disp} * \eta \quad (3)$$

La potencia disponible (P_{disp}) es igual al salto disponible (h_{disp}) multiplicado por el caudal (Q) y también multiplicado por la gravedad (g) obteniéndose la ecuación fundamental de potencia hidráulica, por lo tanto se tiene la siguiente expresión:

(2) INTERMEDIATE TECHNOLOGY DEVELOPMENT GROUP ITDG PERÚ – OLADE. Manual de Mini y Microcentrales Hidráulicas (Guía para desarrollo y proyectos), Pág. 4.

$$P_{disp} = g * h_{disp} * Q \quad (4)$$

Entonces:

$$P_{neta\ estimada} = 9.8 * h_{disp} * Q * \eta \quad (5)$$

Donde:

P = potencia expresada en Kw.

η = rendimiento global del sistema %

g = aceleración de gravedad expresada en m/s^2 , $9,8 m/s^2$

Q = caudal de agua expresada en m^3/s

h_{disp} = salto o desnivel expresado en m

Por lo tanto, con nuestros datos obtenidos de la investigación tenemos que:

$$P_{disp} = g * h_{disp} * Q$$

$$P_{disp} = 9.8 * 40 * 0.03933$$

$$P_{disp} = 15.41 \text{ Kw}$$

El rendimiento global del sistema (η), consiste en un porcentaje calculado de todas las pérdidas del sistema detallado a continuación:

Pérdidas en el canal	= 5%	(0.95)
Pérdidas en la tubería de presión	= 10%	(0.90)
Pérdidas en la turbina	= 20%	(0.80)
Pérdidas en el generador	= 15%	(0.85)
Pérdidas en la transformación	= 4%	(0.96)
Pérdidas en la transmisión	= 10%	(0.90)

Multiplicadas todas estas pérdidas, obtenemos una constante de 0.5, por lo que la fórmula para obtener la Potencia Neta Estimada quedaría en:

$$P \text{ Neta Estimada} = P \text{ disp} * \eta$$

$$P \text{ Neta Estimada} = 15.41 \text{ Kw} * 0.5$$

$$P \text{ Neta Estimada} = \mathbf{7.7 \text{ Kw}}$$

Podríamos omitir las pérdidas de transformación por lo que no se va a necesitar de un transformador elevador ya que solo se va a trabajar en bajo voltaje, esta pérdida se la estimaría en un 4% por lo que tenemos una constante de 0.5232, con estos datos tenemos la Potencia Neta Estimada en:

$$P \text{ Neta Estimada} = P \text{ disp} * \eta$$

$$P \text{ Neta Estimada} = 15.41 \text{ Kw} * 0.52326$$

$$P \text{ Neta Estimada} = \mathbf{8.06 \text{ Kw}}$$

El valor de **8.06 Kw** es la Potencia Estimada que puede generar el proyecto pero para nuestro caso vamos a trabajar con una Potencia de 6 Kw porque ya se tiene disponible el generador y la turbina, siendo óptimos los resultados obtenidos.

2.1.3. SITUACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL DEL PROYECTO ECOTURÍSTICO.

Actualmente el Proyecto Ecoturístico cuenta con la siguiente carga instalada que se detalla en el cuadro #2, cuyos datos se encuentran en el anexo # 2.

Tabla 2. CUADRO DE CONSUMO DE POTENCIAS DE ELECTRODOMÉSTICOS DE LA RESIDENCIA ACTUAL

CUADRO DE CONSUMO DE POTENCIAS DE ELECTRODOMESTICOS DE LA RESIDENCIA ACTUAL													
Horas de uso		Refrigeradora (200 W)	4 Focos (100 W)	2 Televisor (150 W)	Computadora (200 w)	Horno Microondas (1300 w)	Lavadora (400 w)	Plancha (1500 w)	Licuadaora (60 w)	Radiograbador con CD (80 w)	Batidora Completa (200 w)	Aire acondicionado (1500 w)	
VALORES ESTIMADOS DE TIEMPO EN MINUTOS DE CONSUMO													
0	1	15	5	45									
1	2	15		0									
2	3	15		0									
3	4	15		0									
4	5	15		0									
5	6	15		0							30		
6	7	15	30	30	30	20		30	5	20	5		
7	8	15		45									
8	9	15		30									
9	10	15								60			
10	11	15								60			
11	12	15		60								60	
12	13	15		50	120				5	60	5	60	
13	14	15				20						60	
14	15	15					40					20	
15	16	15								20			
16	17	15		60									
17	18	15		60			60	30					
18	19	15	60	60	50						5		
19	20	15	60	60		20			5			20	
20	21	15	60	60									
21	22	15	60	60								60	
22	23	15	10	60								60	
23	24	15	5										
Total minutos		360	290	680	200	60	100	60	15	220	15	70	300
tiempo en hora		6,00	4,83	11,33	3,33	1,00	1,67	1,00	0,25	3,67	0,25	1,17	5,00
Potencia watts de artefactos		200	100	150	200	1300	400	1500	60	80	200	1500	1500
Consumo en KWH		1,20	1,93	3,40	0,67	1,30	0,67	1,50	0,02	0,29	0,05	1,75	7,50
KWH por mes		36	58	102	20	39	20	45	0,45	8,8	1,5	52,5	225
Total Kwh. MES		330,75											
Total Kwh. AÑO		3969,00											

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
 REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

Tabla 3. CUADRO DE CONSUMO DE POTENCIAS DE ELECTRODOMÉSTICOS DEL RESTAURANTE

CUADRO DE CONSUMO DE POTENCIAS DE ELECTRODOMESTICOS DEL RESTAURANTE									
Horas de uso		Refrigeradora (200 W)	6 Focos (100 W)	1 Televisor (150 W)	Horno Microondas (1300 w)	Licuadaora (60 w)	Radiograbador con CD (80 w)	Batidora Completa (200 w)	Aire acondicionado (1500 w)
VALORES ESTIMADOS DE TIEMPO EN MINUTOS DE CONSUMO									
0	1	15							
1	2	15							
2	3	15							
3	4	15							
4	5	15							
5	6	15							
6	7	15	30		30	20	20	15	
7	8	15					60		
8	9	15					30		
9	10	15					60		
10	11	15					60		
11	12	15		60					60
12	13	15		50		30	60	15	60
13	14	15			30				60
14	15	15							
15	16	15					20		
16	17	15		60					
17	18	15		60					
18	19	15	60	60				15	
19	20	15	60	60	30	20			
20	21	15	60	60					
21	22	15							60
22	23	15							60
23	24	15							
Total minutos		360	210	410	90	70	310	45	300
Tiempo en horas		6,00	3,50	6,83	1,50	1,17	5,17	0,75	5,00
Potencia watts de artefactos		200	100	150	1300	60	80	200	1500
Consumo en KWH		1,20	2,10	2,05	1,95	0,07	0,41	0,15	7,50
KWH por mes		36	63	61,5	58,5	2,1	12,4	4,5	225
Total Kwh. MES		238							
Total Kwh. AÑO		2856,00							

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

Tabla 4. CUADRO DE CONSUMO DE POTENCIAS DE ELECTRODOMÉSTICOS DEL PARADERO

CUADRO DE CONSUMO DE POTENCIAS DE ELECTRODOMESTICOS DEL PARADERO									
Horas de uso		Refrigeradora (200 W)	6 Focos (100 W)	1 Televisor (150 W)	Horno Microondas (1300 w)	Licudadora (60 w)	Radiograbador con CD (80 w)	Batidora Completa (200 w)	Aire acondicionado (1500 w)
VALORES ESTIMADOS DE TIEMPO EN MINUTOS DE CONSUMO									
0	1	15							
1	2	15							
2	3	15							
3	4	15							
4	5	15							
5	6	15							
6	7	15	40	30	20	5	20	5	
7	8	15		60					
8	9	15		30					
9	10	15					60		
10	11	15					60		
11	12	15		60					60
12	13	15		50		5	60	5	60
13	14	15			30				60
14	15	15							
15	16	15					20		
16	17	15							
17	18	15							
18	19	15	60	60				5	
19	20	15	60	60	30	5			
20	21	15							
21	22	15							60
22	23	15							60
23	24	15							
Total minutos		360	160	350	80	15	220	15	300
tiempo en hora		6,00	2,67	5,83	1,33	0,25	3,67	0,25	5,00
Potencia watts de artefactos		200	100	150	1300	60	80	200	1500
Consumo en KWH		1,20	1,60	0,88	1,73	0,02	0,29	0,05	7,50
KWH por mes		19,2	25,60	14,00	27,73	0,24	4,69	0,80	120,00
Total Kwh. MES		92,267							
Total Kwh. AÑO		1107,20							

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

Tabla 5 . CUADRO DE RESUMEN DEL CONSUMO DE POTENCIAS DEL PROYECTO ECOTURÍSTICO

RESUMEN DEL CONSUMO DE POTENCIA ANUAL DEL PROYECTO ECOTURÍSTICO EN Kwh.	
PARADERO	1107,20
RESTAURANTE	2856,00
RESIDENCIA	3969
CONSUMO TOTAL AL AÑO	7932,20

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

2.1.3.1. COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO EN EL AÑO 2007.

En el año 2007, el comportamiento de facturación del proyecto ecoturístico “Las Cascadas de Mangayacu”, desde el mes de enero al mes de diciembre fue el siguiente (Anexo #3).

Tabla 6 . CONSUMO ENERGÉTICO POR MES EN EL AÑO 2007 DEL PROYECTO ECOTURÍSTICO

MES	CONSUMO EN KW	CONSUMO EN DÓLARES
Enero	660	85,80
Febrero	700	91,00
Marzo	680	88,40
Abril	695	90,35
Mayo	650	84,50
Junio	630	81,90
Julio	714	92,82
Agosto	650	84,50
Septiembre	690	89,70
Octubre	700	91,00
Noviembre	710	92,30
Diciembre	712	92,56
TOTAL	3595	1064,83

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

En esta tabla, se puede observar los pagos que realizó proyecto ecoturístico “Las Cascadas de Mangayacu”, en el 2007 por concepto de energía eléctrica, cuyo valor asciende a \$1064,83 , se puede ver claramente que el consumo prácticamente es constante sin que tenga mayores cambios entre el consumo de todos los meses.

2.1.4. PROYECCIÓN DE LA CARGA INSTALADA DEL PROYECTO ECOTURÍSTICO.

El Proyecto Ecoturístico tiene planificado la construcción de 4 cabañas con todos los servicios básicos, los cuales contarán con los siguientes artefactos eléctricos:

- 1 Televisor
- 1 Refrigeradora
- 4 Focos.
- 1 Microondas
- 1 Licuadora.
- 1 Radio grabadora.

Además de la instalación de 2 lámparas de 1500 w. para la iluminación exterior de las cabañas.

Se prevé una elevación de la factura de aproximadamente del 50% como se detalla a continuación:

Tabla 7 CUADRO DE CONSUMO DE POTENCIAS DE LAS 4 CABAÑAS

CUADRO DE CONSUMO DE POTENCIAS DE LAS 4 CABAÑAS								
Horas de uso		4 Refrigeradora (200 w)	16 Focos (60 w)	4 Televisor (150 w)	4 Hornos Microondas (1300 w)	4 Licuadora (60 w)	4 Radiograbador con CD (80 w)	Iluminación externa (2 lamparas 1500 w)
VALORES ESTIMADOS DE TIEMPO EN MINUTOS DE CONSUMO								
0	1	15	5					60
1	2	15						60
2	3	15						60
3	4	15						60
4	5	15						60
5	6	15						60
6	7	15	30	30	10	5	20	
7	8	15		45				
8	9	15		30				
9	10	15					60	
10	11	15					60	
11	12	15						
12	13	15		60		5		
13	14	15		60	15			
14	15	15						
15	16	15					20	
16	17	15						
17	18	15						
18	19	15	60	60				
19	20	15	60	60	15	5		60
20	21	15	60	60				60
21	22	15	60	60				60
22	23	15	10	60				60
23	24	15	5					60
Total minutos		360	290	525	40	15	160	660
Tiempo en horas		6,00	4,83	8,75	0,67	0,25	2,67	11,00
Potencia watts de artefactos		200	100	150	1300	60	80	1500
Consumo en KWH		4,80	7,73	5,25	3,47	0,06	0,85	33,00
KWH por mes (16 DIAS)		76,80	123,73	84,00	55,47	0,96	13,65	528,00
Total Kwh. MES		354,61						
Total Kwh. AÑO		4255,36						

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

De acuerdo con las proyecciones, se ve claramente un significativo aumento en el costo de la energía eléctrica que se va a consumir con la ampliación de las 4 cabañas, razón por la cual es importante realizar el estudio de la instalación de la Micro Central Hidráulica, ya que la propiedad cuenta con los recursos necesarios que están al alcance de la mano. En caso de ser favorable el estudio, el proyecto ecoturístico tiene gran posibilidad de sacar adelante los costos requeridos para la ejecución del mismo, ya que es factible recuperar la inversión al cabo de algunos años.

Tabla 8 RESUMEN DE LA PROYECCIÓN ESTIMADA DEL CONSUMO DE POTENCIA ANUAL DEL PROYECTO ECOTURÍSTICO EN Kwh.

RESUMEN DE LA PROYECCION ESTIMADA DEL CONSUMO DE POTENCIA ANUAL DEL PROYECTO ECOTURÍSTICO EN Kwh.	
PARADERO	1107,20
RESTAURANTE	2856,00
CABAÑAS	4255,36
RESIDENCIA	3969,00
CONSUMO TOTAL AL AÑO	12187,56

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

Con esta proyección de consumo de energía se prevé un aumento en la facturación, es decir tenemos un consumo:

$$12187.56 * 13 \text{ ctvs. kwh} = \$1584.38$$

Con relación a \$1064 que se paga sin la proyección, esto significa un aumento prácticamente del 50%

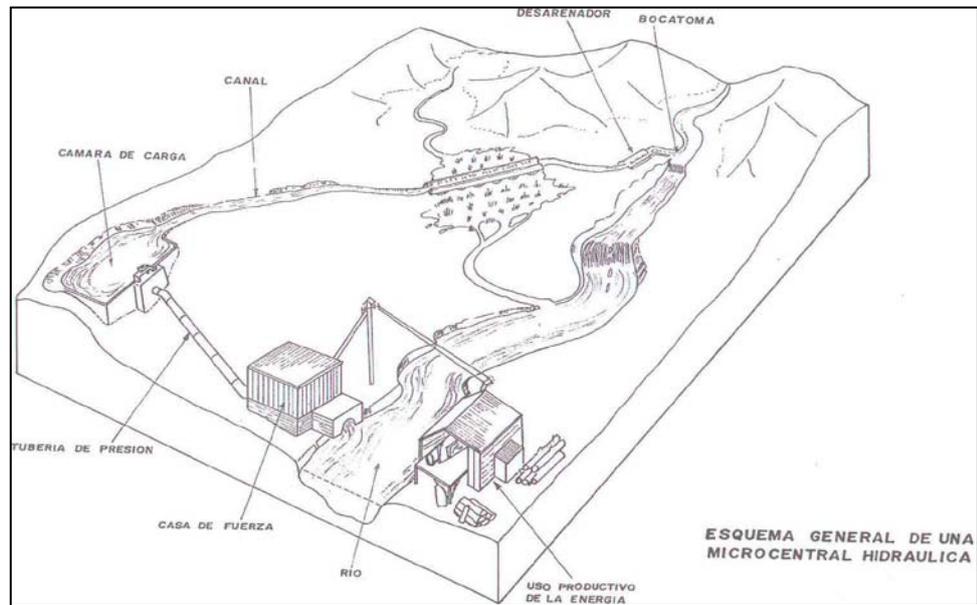
2.2. OBRAS CIVILES.

2.2.1. ESQUEMA PARA UNA MICRO CENTRAL HIDRÁULICA

Los principales componentes de las obras civiles en una MCH son: Bocatoma, canal de conducción, cámara de carga-desarenador, tubería

de presión, casa de máquinas y canal de salida. Estos se pueden apreciar en el esquema de la siguiente figura #3.

Figura 2. 3 ESQUEMA PARA UNA MICRO CENTRAL HIDRÁULICA



FUENTE: MICRO CENTRALES HIDROELECTRICAS / Daniel Mugerza
<http://exa.unne.edu.ar/fisica/maestria/modulo2/microturbinas/apuntemch.pdf>

A continuación detallamos las características y costos estimados de las obras Civiles que se tendrían que realizar para la ejecución del proyecto de la Micro central hidroeléctrica, los cuales son:

- a) Bocatomas
- b) Canal de Conducción
- c) Tuberías de presión
- d) El desarenador y la cámara de carga (Tanque de Presión)
- e) Casa de Máquinas
- f) Canal de salida

2.2.2. BOCATOMAS

Es la estructura inicial y tal vez la más importante, mediante la cual se capta el recurso hídrico necesario para el funcionamiento de los equipos transformadores de la energía hidráulica, y cuyo emplazamiento, cálculo, diseño y construcción debe responder necesariamente a las exigencias mínimas establecidas. Ésta se diseñará para las condiciones de máxima crecida probable del recurso hídrico y su proceso constructivo deberá desarrollarse de preferencia en períodos de estiaje o ausencia de lluvias.

Las bocatomas deben cumplir las siguientes funciones:

- Garantizar la captación de una cantidad constante de agua, especialmente en épocas de estiajes.
- Impedir, hasta donde sea posible, el ingreso de materiales sólidos y flotantes, haciendo que estos sigan el curso del río o facilitando la limpieza.
- Proteger el resto del sistema de obras hidráulicas del ingreso de crecidas o embalses que pudieran producirse en las épocas lluviosas.

La ubicación más apropiada de la bocatoma es en los tramos rectos y estables del río, dependiendo de la topografía, la geología, el comportamiento de los suelos y principalmente de las variaciones hidrológicas del lugar.

Las Bocatomas están constituidas por:

- Barraje
- Descarga de fondo
- Solera de captación
- Antecámara
- Reja de admisión
- Compuerta de control de admisión
- Canal de conducción

- Vertederos o aliviaderos
- Desarenador
- Colchón de agua
- Muros de encauzamiento.

Figura 2. 4 Bocatoma

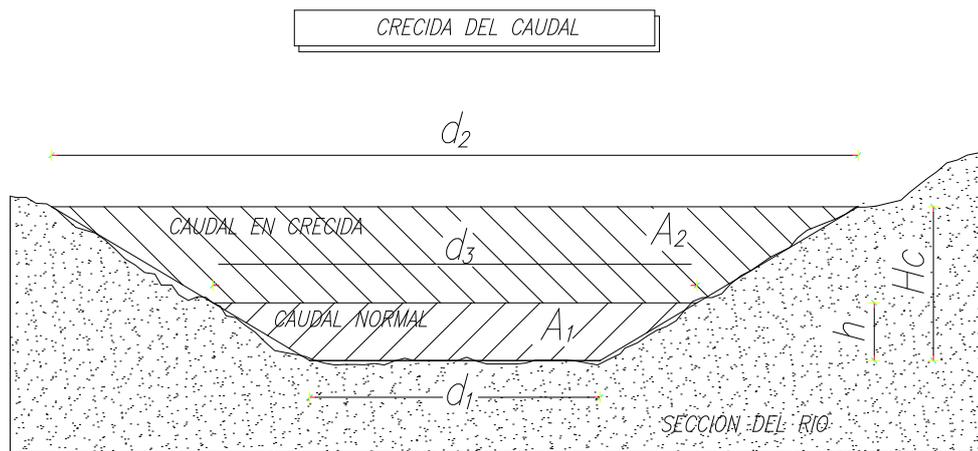


2.2.2.1 ESTIMACION DE LA CRECIDA MILENARIA.

Al no tener datos de registros de subidas de nivel de agua del Río Mangayacu, hemos procedido a calcular la crecida milenaria en base a un método fácil, a partir de las huellas de las crecidas anteriores en el cauce del río.

1. Medimos la profundidad actual en el centro del cauce del río.
2. Calculamos la velocidad superficial del agua
3. Calculamos el área de la sección transversal durante la crecida, para esto utilizamos el Autocad en el diseño y cálculo del mismo.
4. Calculamos la altura media mediante la fórmula $hm = A2/d2$
5. calculamos la velocidad durante la crecida con la siguiente fórmula: $Vc = Vs (hm/h)^{2/3}$
6. calculamos el caudal de la crecida con: $Qc = Vs A2$

A continuación detallamos el respectivo cálculo



FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

Con las mediciones del lugar obtenemos los siguientes datos:

Datos

$$Q = 0.040 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$d_1 = 1.50 \text{ m}$$

$$d_2 = 4.17 \text{ m}$$

$$d_3 = 2.50 \text{ m}$$

Con la ayuda del Autocad hemos calculado las siguientes áreas:

$$A_1 = 0.66 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 1.67 \text{ m}^2$$

Área de crecida: $A_c = A_1 + A_2$

$$A_c = 2.33 \text{ m}^2$$

Luego calculamos la velocidad superficial:

$$V_s = Q / A_1$$

$$V_s = 0.066 \text{ m/s}$$

Calculamos la altura media:

$$h_m = A_c / d_2$$

$$h_m = 0.558 \text{ m}$$

Calculamos la velocidad del agua durante la crecida:

$$V_c = V_s (h_m/h)^{2/3}$$

$$V_c = 0.082 \text{ m/s}$$

Por último calculamos el caudal de la crecida:

$$Q_c = V_s A_2$$

$$Q_c = 0.190 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_c = 190 \text{ l/s}$$

Con este caudal de 190 litros de agua / segundo hemos, concluimos que existe un aumento de un 375% este dato es importante para el diseño de las obras civiles.

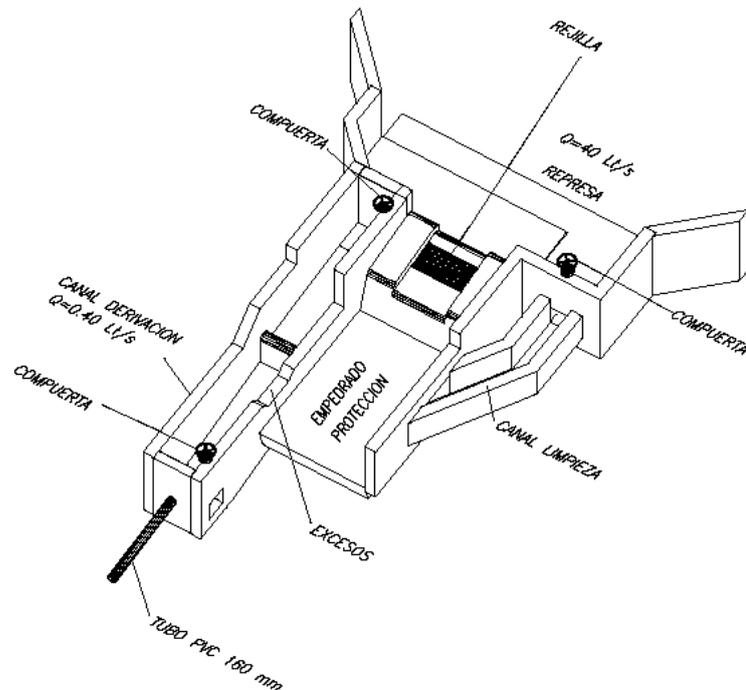
Su función para desviar parte del caudal del río que será utilizado para la MCH.

Para los fines requeridos en la construcción de la micro central hidráulica para el proyecto en estudio, nuestra propuesta está basada siguiendo las siguientes especificaciones técnicas:

- Para la captación del agua construir una represa base de 5 x 1.4 x 1 m. de altura, que almacenara un **volumen de agua de 9 m3**.
- Tener una rejilla, la cual permite filtrar el agua para que no vayan los materiales no deseados.
- Construir las compuertas de acceso de agua, esta son muy fundamentales ya que se necesita realizar el mantenimiento cada cierto período de tiempo.
- Cimentar las respectivas salidas de exceso de agua, ya que para el funcionamiento respectivo se necesita de cierto nivel de agua, y el resto deberá evacuarse al mismo río.

El modelo propuesto para las condiciones del lugar del proyecto se aprecia en el siguiente gráfico, con sus características y dimensiones:

Figura 2.5 VISTA ISOMÉTRICA DE LA BOCATOMA PROPUESTA



FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

A continuación procedemos a realizar los siguientes cálculos para el diseño del azud.

Datos:

$$Q_{\max.} \text{ (Crecida)} = 0.190 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\min.} \text{ (Estiaje)} = 0.050 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pendiente del río 1.5 %

Ancho del río = 2.50 m

Caudal de diseño a captar $Q = 0.040 \text{ m}^3/\text{s}$

$H = 0.65 \text{ m}$ (estimado)

$b = 2.50 \text{ m}$

Cálculo de la altura de carga: h

$$Q = \frac{2}{3} (\mu * b \sqrt{2g}) [(h + V^2/2g)^{3/2} - (V^2/2g)^{3/2}]$$

Donde

$$Q = \text{caudal máximo del río (crecida)} = 0.190 \text{ m}^3/\text{s}$$

μ = coeficiente del vertedero según la forma de la cresta constante del perfil

Creager $\mu = 0.75$

h = altura de carga hidráulica (m)

V = velocidad del río 0.066 m/s

b = ancho del río (2.5 m)

$$Q = \frac{2}{3} (\mu * b \sqrt{2g}) [(h + V^2/2g)^{3/2} - (V^2/2g)^{3/2}]$$

$$0.190 = \frac{2}{3} (0.75 * 2.50 \sqrt{2*9.8}) [(h + 0.066^2/2*9.8)^{3/2} - (0.066^2/2*9.8)^{3/2}]$$

De donde h = 0.110 m Tirante de agua sobre la cresta

En el proyecto lo realizamos con **0.15 m** para mas seguridad

Calculo de la velocidad del agua sobre la cresta del azud

$$Q = A * V$$

$$V = Q/A \quad ; \quad V = 0.190 \text{ m}^3/\text{s} / 0.275 \text{ m}^2$$

$$V = 0.69 \text{ m/s}$$

CALCULO DE LA CARGA ENERGETICA (he) Y CALCULO DE LAS COORDENADAS DEL AZUD.

La carga energética es la suma del tirante de agua mas la altura alcanzada por la velocidad del agua

$$h_e = h + V^2 / 2g$$

$$h_e = 0.11 + 0.69^2 / 2*9.8$$

$$h_e = 0.134 \text{ m.}$$

Con este valor calculamos las coordenadas del azud, multiplicando las coordenadas del perfil Creager * 0.134

COORDENADAS CREAGER	
X	Y
0	0.136
0.1	0.036
0.3	0
0.4	0.007
0.6	0.006
0.8	0.112
1	0.257
1.4	0.565
2	1.22
2.5	1.96
3	2.5

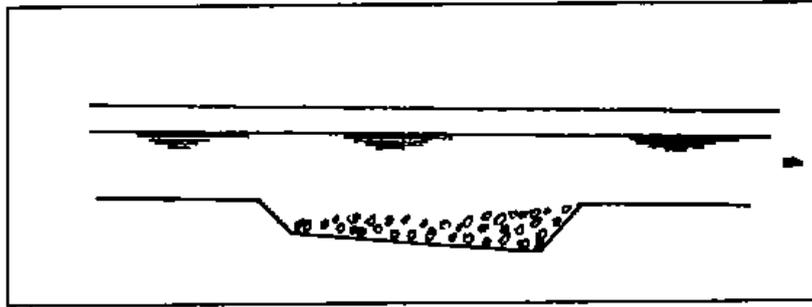
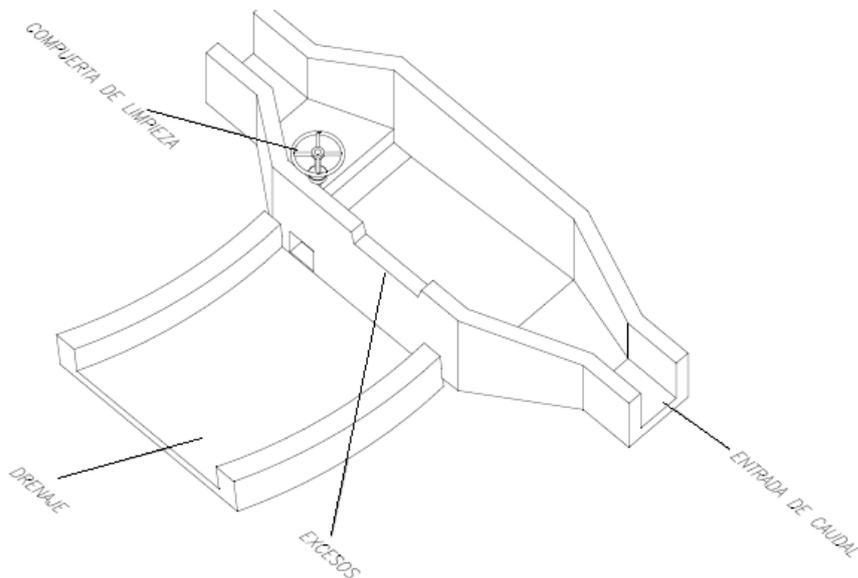
COORDENADAS DEL AZUD	
X	Y
0	0.018224
0.0134	0.004824
0.0402	0
0.0536	0.000938
0.0804	0.000804
0.1072	0.015008
0.134	0.034438
0.1876	0.07571
0.268	0.16348
0.335	0.26264
0.402	0.335

- **Barraje.-** es una estructura de derivación que sirve para elevar el nivel de las aguas y se construye en sentido transversal al río con fines de captación, siempre y cuando sea necesario
- **Descarga de Fondo.-** es la compuerta metálica que sirve para eliminar los materiales de acarreo que se acumulan delante del barraje. En algunos casos esta compuerta es parte del barraje. Su operación se realiza desde un puente construido por encima de dicho barraje.
- **Solera de Captación.-** se trata de una losa o piso a desnivel respecto de la antecámara o piso de la bocatoma, cuyo objetivo es crear un pozo de sedimentación donde se depositen los materiales de suspensión.
- **Antecámara.-** es el área que por su desnivel respecto de la solera de captación está destinada a recibir a acumular los materiales de acarreo del río. Su cota será la misma que la del río y aproximadamente 30 cm., menos que la solera de captación.
- **Reja de admisión.-** antes de la compuerta de admisión de agua al canal de conducción es conveniente colocar una reja de 5 cm. de abertura como

máximo. Esta impedirá el ingreso de piedras y materiales flotantes que puedan afectar el funcionamiento del canal

- **Compuerta de control de admisión.-** es un dispositivo que sirve para controlar, regular o impedir el acceso de agua del río al canal de conducción.
- **Canal de conducción.-** es una estructura hidráulica de forma regular artificialmente construida, que en razón de su pendiente puede conducir agua de un lugar a otro.
- **Vertederos o aliviaderos.-** estas estructuras facilitan la evaluación de caudales de agua excedentes o superiores a los que se desea captar. En época de estiaje deben construirse obras complementarias o auxiliares que permitan la circulación normal de aquellos volúmenes que no se desea que ingresen al sistema. Durante las crecidas, los caudales excepcionales serán evacuados por los vertederos. Si dichos caudales llegaran a ingresar al sistema podrían generar problemas de imprevisibles consecuencias. Los vertederos también cumplen una valiosa función de protección.
- **Desarenador.-** En épocas lluviosas, los ríos acarrear abundantes materiales sólidos, tanto de fondo como en suspensión, debido a la erosión que provocan en todo su recorrido. Por ello es importante contar con desarenadores. Las partículas de diámetro superior a 0.2 mm ocasionan daños en la turbina por lo que deberán ser retenidas y eliminadas al momento. Un buen diseño pondrá especial atención en la velocidad del agua dentro del desarenador y en su longitud. ^[1]

(1) FUENTE: MICRO CENTRALES HIDROELECTRICAS / Daniel Mugerza
<http://exa.unne.edu.ar/fisica/maestria/modulo2/microturbinas/apuntemch.pdf>

Figura 2. 5 DESARENADOR, DETALLE EN CORTE**Fig. 2. 6 VISTA ISOMÉTRICA DEL DESARENADOR**

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
 REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

- **Colchón de agua.-** al elevar las aguas del río para hacer posible su captación, el barrage crea alturas de carga que pondrían provocar erosión en el lecho del río al momento de su caída, afectando con ello la estabilidad de toda la estructura de la toma. A fin de prevenir esta actividad erosiva es que se construyen pozos artificiales. Su propósito fundamental es amortiguar la caída de las aguas sobre el lecho del río, protegiendo de este modo los cimientos de la toma. La finalidad de la contrasolera es permitir, junto con el barrage, la formación de un pozo artificial que amortigüe la caída de las aguas.

El proyecto requiere la construcción de una pequeña presa con la cual se captaría toda el agua proveniente de los 3 caudales los cuales conjuntamente con la obra de toma tendrán las siguientes características:

2.2.3. CANAL DE CONDUCCIÓN.

Permite conducir de manera segura y permanente el caudal requerido por las turbinas alojadas en la casa de máquinas y deberá ser diseñado para las condiciones de máxima potencia probable de tales equipos. Es normalmente suficiente que las secciones adoptadas sean las rectangulares para caudales de hasta 600 a 800 l/s, y trapecoides para caudales mayores. En micro central hidroeléctricas de hasta 50 a 80 Kw, es suficiente considerar canales en tierra y/o emboquillados de piedra, dependiendo de la pendiente y posibilidades geológicas y topográficas de los terrenos que este deba atravesar.

Figura 2. 7 CERCHA Y CANAL DE CONCRETO REVESTIDO POR EL MÉTODO DE LAS CERCHAS



2.2.3.1 CANALES DE CONDUCCIÓN A CIELO ABIERTO

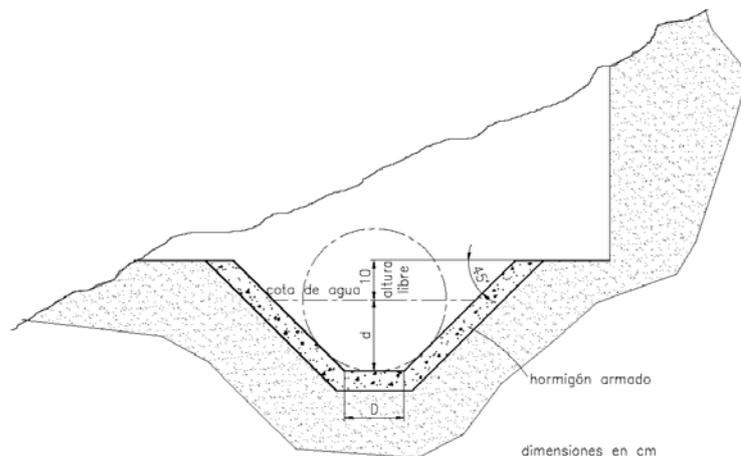
Su función es conducción del agua desde la bocatoma a la cámara de carga o tanque de presión.

En la Fig. 2.8, vemos un bastidor de madera que servirá como guía, el mismo que se pone al inicio y a cada 10 metros de longitud, dejando inclinación y plomada, luego se pondrá 3 bastidores intermedios a 2.50 m luego se echa el hormigón y con una liana se distribuye el hormigón entre tramos de 2.50 m. esta es la forma rápida y económica de construir el canal.

Los canales a cielo abierto son una solución muy ventajosa para reducir costos de tubería. No obstante los canales deben estar adecuadamente diseñados para evitar costos mayores de mantenimiento.

Para evitar que el agua se desborde, es conveniente proveer un margen de seguridad en la altura del canal. Ese margen ser de 10 cm de altura libre en canales revestidos, y como mínimo de 30 cm (o un tercio de la altura), en canales sin revestir.

Figura 2.8.1 SECCIÓN DE CANAL REVESTIDO EN ROCA O TIERRA.



FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

Para el diseño del canal es recomendable realizar con una pendiente de 1/1000.

En nuestro proyecto, tenemos una longitud de 400 m, la pendiente será: 400/1000 siendo igual a 0.4 equivalente al 4% de la pendiente.

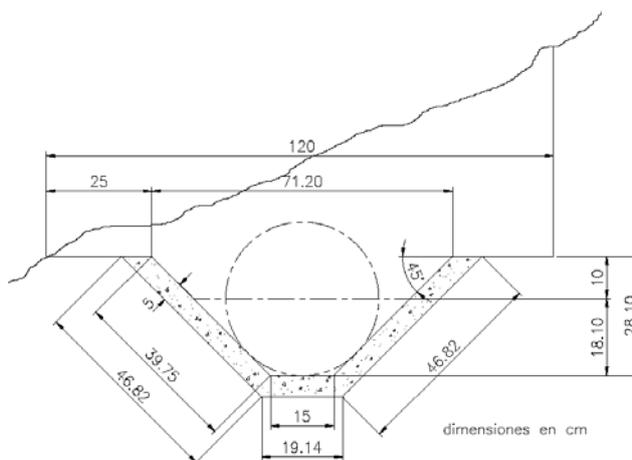
En pequeños aprovechamientos de montaña solo se utilizan canales revestidos, construidos en hormigón armado.

Para evitar fugas de agua a través de las fisuras del hormigón, se recomienda utilizar productos como Sika que garanticen su impermeabilidad.

Los canales se construyen con sección trapezoidal. La solución que optimiza costos, es decir que implica mínimo perímetro para igual caudal (o sección de flujo de agua) es aquella en que la base y las paredes laterales a 45° son tangentes a una circunferencia cuyo diámetro se ubica en la cota superior del agua del canal.

- Desde el punto de vista constructivo los suelos son de roca dura en algunos tramos siendo necesario hacer un corte hasta de 1.20 m dejando distancia necesaria en los extremos para realizar mantenimiento
- En zonas con derrumbes o gran intrusión de ramas y hojas deben ejecutarse protecciones especiales con maderas o losas premoldeadas que tapen el canal.

Figura 2.8.2 SECCIÓN DE CANAL REVESTIDO DE CONCRETO 5 cm. DE ESPESOR.



FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

PASOS PARA CONSTRUIR EL CANAL:

1. Excavación del canal trazando con la dimensiones como muestra el Gráfico # 3.3
2. Luego impermeabilizamos el canal revistiendo con concreto (hormigón). Este recubrimiento se trabaja con encofrado tradicional. Usamos el método de los bastidores. Estos bastidores se colocan primero cada 10 m. en tramos rectos (guías) y cada 5 m. en los curvos, cuidando ajustar su nivel, escuadra, alineación y aplomado.
3. Una vez fijados los bastidores guía se colocan bastidores intermedios manteniendo la alineación, el nivel ajustado a la pendiente del canal, la escuadra con el eje del canal y el plomo. Una vez presentados los bastidores se coloca en los costados una capa de cemento de 5 cm de espesor (igual al marco del bastidor) que se alisa mediante reglas o lianas apoyadas entre los bastidores (2,5 m de separación).
4. Terminados los lados se ejecuta el piso del canal, los bastidores se retiran después de 24 horas.
5. El curado se realiza manteniendo el canal inundado durante por lo menos 10 días.

El costo de la nueva propuesta para la construcción del canal de conducción será:

En el cuadro vemos al comprar 45 m³ de arena y también de ripio el costo llegaría a \$ 1837,5. Pero podemos proponer un ahorro considerable al usar materiales existentes en el río.

Tabla 9 COMPARACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

CONSTRUCCION DE CANAL CONDUCCION						
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	MATERIAL	CANT.	COSTO U.	COSTO TOTAL
1	Mano de obra	m	Excavacion de canal	500	\$ 1,00	\$ 500,00
2	Revestimiento de cemento / evitar filtración	q	Hormigón f'c 210 kg/cm2	84	\$ 6,50	\$ 546,00
3	Encofrado bastidores	u	Madera	26	\$ 1,71	\$ 44,46
4	Arena + ripio	m3	Arena y ripio	45	\$ 16,60	\$ 747,00
					TOTAL	\$ 1.837,46

CONSTRUCCION DE CANAL CONDUCCION PROPUESTO						
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	MATERIAL	CANT.	COSTO U.	COSTO TOTAL
1	Mano de obra	m	Excavacion de canal	500	\$ 1,00	\$ 500,00
2	Revestimiento de cemento / evitar filtración	q	Hormigón f'c 210 kg/cm2	84	\$ 6,50	\$ 546,00
3	Encofrado bastidores	u	Madera	26	\$ 1,71	\$ 44,46
					TOTAL	\$ 1.090,46

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

La propuesta de construcción del canal se recomienda utilizar materiales pétreos (ripio, arena y piedras) del mismo río, ahorrando dinero, el costo total calculado será de \$ 1090,46.

Esta solución reduce en un 40,65 % el costo de materiales y 30% en el costo de mano de obra.

2.2.4. TUBERÍA DE PRESIÓN

Transportan el caudal de agua desde la cámara de carga hasta la casa de máquinas.

Las tuberías forzadas pueden instalarse sobre o bajo el terreno, según sea la naturaleza de éste, el material utilizado para la tubería, la temperatura ambiente y las exigencias medioambientales del entorno.

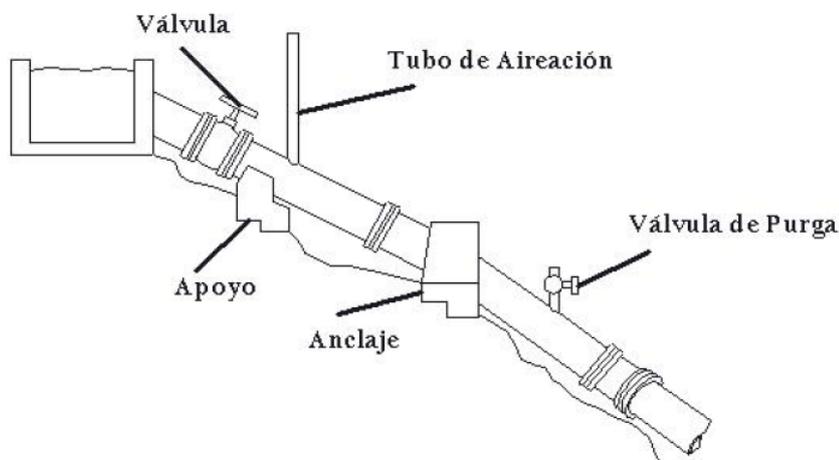
La tubería de presión para estas mini centrales puede ser construida de acero o de cloruro de polivinilo (PVC). En el caso que la tubería forzada sea de acero, lo mejor es tenderla en forma aérea, montada sobre apoyos de concreto así se le puede dar mantenimiento. En caso de usarse tubería PVC, esta debe de enterrarse.

En general las tuberías forzadas en acero, se conciben como una serie de tramos rectos, simplemente apoyados en unos pilares, y anclados sólidamente en cada una de sus extremidades, que en general coinciden con cambios de dirección.

La tubería forzada debe ser capaz de soportar la presión de la columna de agua más las presiones producidas por los cierres súbitos. Debe además de tener un pequeño exceso de material para reponer el material desgastado.

La tubería forzada, debido a que está sometida a grandes presiones de agua, tiene que ser de acero reforzado, para resistir las presiones del agua.

Figura 2. 8 TUBERÍA DE PRESIÓN



- La tubería de presión transporta el agua desde la cámara de carga hasta la casa de máquinas. Puede ser construida en acero, PVC o polietileno.
- Se recomienda usar tuberías de PVC. En la actualidad se usa mucho en la construcción de micro centrales hidráulicas, por su bajo costo, fácil transporte e instalación, respecto al acero.
- Soportan altas presiones y se fabrican en grandes diámetros.
- Siempre deben estar enterradas para evitar daños por su exposición al sol.
- En la tabla 24, se muestran costos, que son parte de instalaciones realizadas por el Programa de Energía en diversas micro centrales hidráulicas, y están funcionando sin mayores problemas desde hace 10 años.

Tabla 10. PROGRAMA DE ENERGÍA DE ITDG. UNIDAD TÉCNICA

Tabla 3: Costos de tuberías de presión de PVC, incluye accesorios						
Altura (m)	Clase de la tubería	Longitud de la tubería (m)	Diámetro o (Pulg.)	Tipo de unión	Costo total (US\$)	Costo por metro lineal (US\$/m)
39.0	5 y 7.5	93.0	6	Rígida	1050	11.3
54.0	5 y 7.5	169.0	6	Rígida	2176	12.9
34.0	5 y 7.5	64.0	8	Rígida	2050	32.0
28.0	5 y 7.5	105.0	8	Rígida	3476	33.1
92.0	5, 7.5, 10 y 15	240.0	8	Rígida	7975	33.2
50.5	5 y 7.5	241.5	8	Rígida	7060	29.2
38.5	5 y 7.5	230.5	8	Rígida	5641	24.5
106.0	7.5, 10 y 15	234.0	8	Rígida	10069	43.0
55.0	5 y 7.5	96.0	8	Flexible	1600	16.7
50.0	5, 7.5 y 10	173.5	10	Rígida	8710	50.2
55.0	5 y 7.5	120.0	12	Rígida	8316	69.3
62.0	5, 7.5 y 10	177.5	12	Rígida	12700	71.5
45.4	5 y 7.5	149.0	12	Flexible	7245	48.7
20.0	5 y 7.5	149.5	20	Flexible	13630	91.2

FUENTE: http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/archivos_grandes/002_microhidrocentrales.pdf.
 REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

Comercialmente encontraremos tubos PVC E/C 150 mm x 6m x 91 PSI de alta resistencia a la presión, de varias clases. Ejemplo tenemos:

Ver tabla 24

- Clase 5, resiste hasta 75 libras/pulg². Equivale a 50 m de columna de agua.
- Clase 7.5 resiste hasta 105 libras/pulg². Equivale a 75 m de columna de agua
- Clase 10 resiste hasta 150 libras/pulg². Equivale a 100 m de columna de agua.
- Clase 15 resiste hasta 215 libras/pulg². Equivale a 150 m de columna de agua

De acuerdo a estas características de la tubería PVC de alta presión, la que más se acomoda a nuestros requerimientos es la de las siguientes especificaciones:

En la tubería de presión usaremos tubo PVC rígida clase 5 y 7.5, tenemos una altura de 40 m, ya que se encuentran dentro de especificaciones técnicas

“La selección de la tubería más conveniente requiere como primer paso determinar el diámetro de la misma y la presión de trabajo que deberá soportar. Estos parámetros y las condiciones de suministro local de materiales y tubos prefabricados y sus costos determinarán la solución más conveniente.

Conocido el caudal de instalación la sección de tubería dependerá de la velocidad máxima admisible para el agua que circula en su interior.

Esta velocidad máxima a su vez depende de la pérdida de altura que pueda admitir el proyecto.

Es deseable seleccionar velocidades que no introduzcan **pérdidas** mayores al **2% o 3%**. No obstante si el recurso hídrico es abundante se debe encontrar la solución que minimice costos, atendiendo a los diámetros comerciales de plaza, aunque las pérdidas sean mayores (5%-10%).

Para un caudal de instalación determinado la velocidad que corresponde a un nivel de pérdidas prefijado depende a su vez del material (rugosidad) y del diámetro de la tubería.

A modo de ejemplo se muestra una tabla de relación entre velocidad y diámetro para un tubo de polietileno de alta densidad.”

Tubos de Polietileno (presión nominal 10at.)				
Diámetro exterior [mm]	Diámetro interior [mm]	Velocidad del agua [m/s]	Caudal Q [l/s]	Potencia para altura Neta 100m [kW]
32	26.2	0.6	0.3	0.2
40	32.6	0.7	0.6	0.4
50	40.8	0.8	1.0	0.7
63	51.4	0.9	1.8	1.3
75	61.4	1.0	3.0	2.1
90	73.6	1.2	5.1	3.6
110	90.0	1.4	8.9	6.2
125	102.2	1.5	12.3	8.6
140	114.6	1.6	16.5	12
160	130.8	1.8	24	17
180	147.2	2.0	34	24
200	163.6	2.1	44	31
225	184.0	2.3	61	43
250	204.6	2.4	79	55

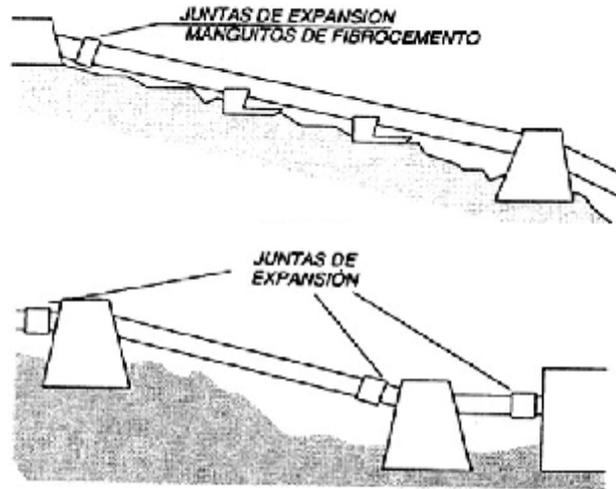
Daniel Mugerza – Micro centrales Hidroeléctricas
<http://exa.unne.edu.ar/fisica/maestria/modulo2/microturbinas/apuntemch.pdf>

Esta tabla nos ayuda a seleccionar la tubería adecuada a nuestro proyecto y usamos una simple regla de tres. Así por ejemplo 17 kw es a 100 m, en 40 m cuanto de potencia obtendremos, dando un valor de 6.8 kw, y el tubo adecuado es de 160 mm diámetro exterior y 130.8 mm diámetro interior, el espesor sería 14.6 mm de pared del tubo.

Las tuberías de plástico se adaptaran muy bien a las variaciones del terreno, se colocan enterradas o apoyadas directamente sobre la superficie y cubiertas con tierra.

Las tuberías de acero permiten manejar un rango muy amplio de soluciones estructurales. En general se construyen localmente utilizando chapas, unidas con soldadura helicoidal. En el trazado de este tipo de tubería deben evitarse curvas y codos que obliguen a incrementar los bloques de apoyo y la juntas de dilatación. Los bloques de apoyo y anclaje deben ejecutarse con separaciones acorde a la topografía del terreno y el análisis estructural del tubo.

Figura 2. 9.1 TUBERÍA DE PRESIÓN



Daniel Muguerza – Micro centrales Hidroeléctricas
<http://exa.unne.edu.ar/fisica/maestria/modulo2/microturbinas/apuntemch.pdf>

El diseño de las tuberías de presión debe considerar eventuales sobrepresiones por golpe de ariete.

Estas sobrepresiones se originan por el cambio brusco de energía cinética a potencial que se produce cuando se cierra bruscamente la circulación de agua de la tubería (cierre intempestivo del regulador de caudal de la tubería). Esta situación genera una onda de presión que viaja aguas arriba a la velocidad del sonido y que puede, en situaciones extremas, ser varias veces superior a la presión de diseño.

En el caso de las micro turbinas, los dispositivos de control que evitan los cierres instantáneos mantienen la sobrepresión en valores que no superan el **50% o 100%** de la presión del diseño. La onda de sobrepresión es disipada mediante chimeneas de equilibrio o en la misma cámara de carga.

2.2.5. EL DESARENADOR Y LA CÁMARA DE CARGA (TANQUE DE PRESIÓN)

2.2.5.1. DESARENADOR

Su función es Evitar que las piedras o arenilla que trae el agua, ingrese a la tubería de presión y a la turbina.

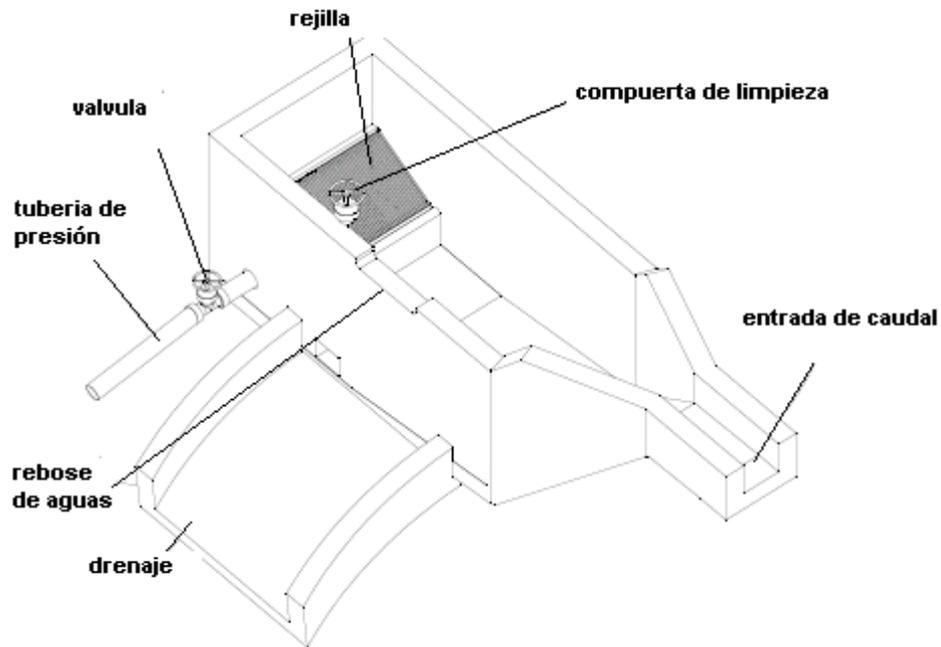
- Es necesario la construcción de desarenadores, ya que el agua en si lleva arena que se filtra fácilmente y puede ocasionar daños y molestias futuras, estos desarenadores deben construirse a lo largo del canal de conducción tanto como fueren necesarios. Se recomienda se construya un desarenador antes de llegar al tanque de presión.
- Su construcción deberá ser de hormigón con refuerzo de hierro
- Deberá tener una compuerta de limpieza para hacer de ésta una tarea más fácil.
- Sus dimensiones del diseño apropiado para **4.3 m³** de agua son: 1.50 x 0.90 x 0.80 m, con inclinación en la entrada de 21° y en su parte central de 5 grados, con el fin de que el lodo y piedras quede en el fondo, y deberán acoplarse al canal de conducción.
- Son dos estructuras que normalmente se construyen adyacentes a través de las cuales se pueden eliminar por separación la mayor proporción de material fino y en suspensión que contiene el recurso hídrico y que llega a la primera, y al mismo tiempo lograr que la tubería forzada trabaje a sección llena evitando acciones de sobrepresión o cavitación¹ a través de la segunda. Normalmente se construyen de concreto armados semienterrado y sus características geométricas están influenciadas por el caudal de

diseño de la micro central hidroeléctrica y por la velocidad de sedimentación de las partículas en arrastre principalmente.

(1) **Cavitación:** Fenómeno que se presenta cuando la presión en un líquido, desciende por debajo de la de vaporización, formándose pequeñas burbujas, que estallan al ser arrastradas a zonas de mayor presión. La formación de estas burbujas y su subsiguiente estallido, es lo que se conoce como cavitación, y puede producir daños considerables.

2.2.5.2 TANQUE DE PRESIÓN.

- Su función es mantener con agua permanente a la tubería de presión para que no ingrese aire a la tubería de presión. Y por ende evitar los golpes de ariete.
- Construir el tanque de presión con hormigón $f'c=175$ kg/cm², reforzado con hierro para que almacene 6.70 m³ y soporte toda la presión del agua.
- Deberá tener una **rejilla con una separación de 19 mm.** entre barrotes, para evitar que pasen materiales indeseables como hojas, ramas, basuras, a la tubería de presión y por ende a la turbina, ya que estos materiales pueden dañar considerablemente a la turbina.
- Disponer de una válvula de paso y cierre de agua para la limpieza de lodos y arena, para su mantenimiento.
- Construir el drenaje para la evacuación del exceso de agua.
- El modelo propuesto para las condiciones del lugar del proyecto se aprecia en el siguiente gráfico, cuyas características y dimensiones ver anexo # 9.

Fig. 2 .10 Vista isométrica de tanque de presión y desarenador

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
 REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

Su función es mantener con agua permanente a la tubería de presión para que no ingrese aire a la tubería de presión.

CAUDAL DE ENTRADA = 40 Lt/s = 0.040 m³/s

CAPACIDAD DESARENADOR: VOLUMEN AGUA 1.75 m³ = 1750 lt

CAPACIDAD TANQUE PRESION: VOLUMEN AGUA 4.60 m³ = 4600 lt.

2.2.6. CASA DE MÁQUINAS

Es el ambiente donde se instalan todos los equipos de generación y control.

El Costo por metro cuadrado de construcción oscila entre 120 a 140 US\$.

Los materiales de construcción que se utilizarán son:

Cemento, hormigón y piedra: en Cimientos, base de turbina, pisos, veredas y canal de salida.

Bloques, arena y pintura: en paredes

Madera y zinc galvanizado: en techos

Madera o aluminio: en puertas y ventanas

Varios: Cerrajería, incluye vidrios, instalaciones eléctricas.

El piso debe ser construida con hormigón $f'c=175$ kg/cm² m malla de hierro, ya que aquí se va a ubicar la turbina, el generador y demás partes que son el alma misma de la generación.

Tendrá una ventilación permanente para evitar se eleve la temperatura del generador.

Su ubicación deberá estar en un sitio seguro y con buenos cimientos y cerca al río.

Por ser una pequeña central, las dimensiones mínimas requeridas para la casa de máquina son: 3 x 3 x 2.40 m. en cuyo interior alojará la turbina, el generador, y tablero de control. Ver anexo 10.

Se puede considerar como el corazón de la micro central hidroeléctrica. En ella se alojará prácticamente todo el equipamiento electromecánico que conforma el proyecto y dependiendo de las características y dimensiones de los mismos se tendrán establecidas la estructuración y arquitectura de aquella. En muchos casos, también alojará la subestación transformadora o deberá prever áreas para futuras ampliaciones o instalación de equipos que en algún momento trabajarán en paralelo.

Es frecuente el uso de micro central hidroeléctrica en el medio rural para el procesamiento agro-industrial.

Para estos casos, la concepción de la casa de máquinas deberá prever los espacios necesarios para tales equipos en mérito a sus características físicas y de funcionamiento o accionamiento a través del sistema de transmisión desde la turbina.

Complementos fundamentales de la casa de máquinas son la ubicación y concepción de los fundamentos o apoyos del equipamiento (turbina, generador, regulador, etc.) para los cuales el dimensionamiento debe ser el más exacto posible que facilite el proceso de montaje de aquellos. Estos deberán ser diseñados para absorber durante su vida útil sollicitaciones de vibración y de impacto que pudieran originarse por el funcionamiento deficiente del equipamiento (golpe de ariete², por ejemplo).

Es práctica frecuente y recomendable que la ubicación y emplazamiento para la casa de máquinas, se determine muy cercana al lugar de descarga de las aguas turbinadas, por tanto es importante estudiar seriamente la capacidad portante del suelo de cimentación en zonas muy cercanas a quebrada o cauces de ríos que sirvan para tal fin.

2 Golpe de Ariete.- Si el flujo de agua en la tubería se detiene bruscamente, por ejemplo a causa de un bloqueo repentino cerca de la turbina, se originarán sobrepresiones muy altas llamadas “GOLPES DE ARIETE “

2.2.7. CANAL DE SALIDA

Se constituye en el último componente de la obra civil. Su característica más importante es la de servir de desfogue o conducción de las aguas turbinadas hacia el punto de descarga, que por lo general es el mismo cauce del recurso utilizado como fuente energética para la micro central hidroeléctrica

Deberá tener una vía de salida que facilite devolver las aguas turbinada al río. Sus dimensiones requeridas para un rápido desfogue de las aguas

turbinadas deberán ser de 0.40 x 0.50 m y su longitud hasta el borde del río Mangayacu. Aproximadamente de 4 m.

Su construcción deberá ir bajo el piso y se utilizará hormigón $f'c=175$ Kg/cm².

2.2.8 EN EQUIPO ELECTROMECHANICO

La turbina es de construcción nacional tipo Mini Francis de 1200 rpm, construida en hierro con entrada de agua de 5 pulgadas. Se aconseja construir la turbina de acuerdo a las condiciones del lugar donde vaya a funcionar, ya que los escenarios no son similares y por ende se necesita de una turbina que reúna las condiciones necesarias para que funcione en dicho lugar, por esta razón es que no existe la producción en serie de las turbinas.



Entrada del agua en la turbina tipo Mini Francis



Vista lateral de la turbina

Esta vista de la turbina nos permite ver el sitio que acoplara el sistema de salida del agua turbinada, que luego va a un tanque de evacuación de aguas.



Vista posterior de la turbina, eje, contrapeso

En esta vista se ve la rueda de contrapeso, que tiene la finalidad de mantener la velocidad constante. Luego se ve las poleas que transmitirá el movimiento de la turbina a un generador eléctrico que transformará la potencia mecánica de la turbina en eléctrica.

Se requiere de un generador asíncrono, con una capacidad mínima de 6 Kw., de 6 polos para una frecuencia de 60 Hz.

$$N_s = \frac{120 \times f}{N^\circ \text{ Polos}}$$

Donde:

Ns: velocidad sincrónica en r.p.m.

f: frecuencia de la red de alimentación 60 Hz.

N° polos = 6

Obteniendo el valor de $N_s = 1200$ rpm.

2.3. GENERADORES

2.3.1. GENERADOR SÍNCRONO

Su constitución se basa en un inductor (generalmente en el rotor), a flujo constante mediante bobinas inductoras de corriente continua o imanes permanentes y un inducido (generalmente en el estator), constituido por devanados de corriente alterna sinusoidal (generalmente trifásicos). Estos alternadores están equipados con un sistema de excitación asociado a un regulador de tensión para mantener un mismo valor de voltaje y frecuencia.

La excitatriz puede ser con o sin escobillas, aunque para sistemas de micro generación, es mejor el no utilizarlas, ya que resulta más fiable y económico, puesto que nos ahorramos su reposición cada vez que se deterioren. Este sistema sin escobillas no es más que una máquina síncrona con el inductor al estator y el inducido al rotor. El inducido, los diodos

rotativos y el inductor del alternador giran solidariamente con el eje, efectuando la conexión eléctrica entre las tres partes por el interior del eje.

Los generadores síncronos, son muy utilizados en aquellas aplicaciones para sistemas aislados y a diferencia de los generadores asíncronos, no precisan de un sistema auxiliar (condensadores) para la arrancada, ya que se pueden arrancar en vacío.

2.3.2. GENERADOR ASÍNCRONO

Frecuentemente están compuestos por un inductor a flujo variable, a partir de un devanado generalmente trifásico ubicado en el estator (generación de un campo magnético giratorio) y un inducido con devanado cerrado, ubicado al rotor, donde se inducen las f.e.m y los corrientes a partir del flujo generado por el estator. La excitación de estos generadores, en el caso de que el rotor sea bobinado se realiza mediante escobillas, aunque se suelen utilizar los generadores con jaula de ardilla ya que son mucho más baratos y robustos.

Para el funcionamiento de estos generadores es preciso que el deslizamiento sea negativo, es decir, que la velocidad debe ser mayor a la velocidad de sincronismo.

Cuando el generador está directamente conectado a la red, no precisa de regulación de la tensión, ya que es la misma red quien le proporciona la tensión y la frecuencia.

En sistemas aislados, al no disponer de una red que proporcione de la corriente de excitación, es necesaria la conexión de baterías de condensadores.

Para que este sistema funcione se debe aplicar un sistema de control ya que, una caída de velocidad determina que el generador pierda la excitación completamente y un incremento de la carga causa la reducción rápida de la tensión generada causando una sobrecarga que produce que pierda la excitación.

Este sistema de control es un regulador de tensión, que mide el valor generado. Si existe una mayor tensión que la calibrada, deriva parte a una carga auxiliar llamadas cargas lastre. De ese modo, disminuye la tensión generada y viceversa.

2.3.3. LINEA DE TRASMISION

Su función es transportar la energía eléctrica, desde la casa de máquinas hasta la hostería. Nuestro proyecto se centra a una distancia de 400 metros, es una instalación de baja tensión, si la casa de máquinas se encuentra lejos (más de 800 metros) sería necesaria la instalación de una red en media o alta tensión, en este caso se utilizan transformadores.

La energía eléctrica se transmite mediante tendido aérea con postes de madera, alambres y accesorios. El uso de los postes de madera contribuye a disminuir los costos para la instalación de Micro centrales.

- Postes de hormigón, es recomendable por su humedad del sector, y por la durabilidad, se recomienda instalar postes de 9 m, por cuanto solo servirán para soportar línea trenzada de baja tensión.
- La línea de conducción es recomendable cable pre ensamblado xlp3 2 x 2 +1/0

- Se recomienda puestas a tierra para evitar que la tensión de los rayos dañen y queman equipos.
- Tensores en postes por cuanto el terreno es suave.
- Lámparas para iluminación en la noche.
- Realizar un **bypass** de energía de generación a red de Empresa Eléctrica se recomienda con el fin cuando la demanda de consumo de las cabañas y hostería sean mínimas el sobrante de energía que generaría, se vendería, y por ende ingresaría recursos para financiar el proyecto.

La siguiente tabla muestra las características dadas por el fabricante de conductores eléctricos disponibles en el mercado.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS CONDUCTORES

CONDUCTOR			Espesor de aislamiento (mm)	Espesor de chaqueta (mm)	Diámetro externo aprox. (mm)	Peso total (Kg/Km)	Capacidad de corriente (Amp.)**
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección transversal (mm ²)	No. Hilos					
8	8.367	19	1.4	0.38	7.18	107.22	50
6	13.3	19	1.4	0.76	8.88	170.72	65
4	21.15	19	1.4	0.76	10.07	250.85	85
2	33.62	19	1.4	0.76	11.57	375.33	115
1	42.4	19	1.65	1.14	13.73	492.20	130
1/0	53.49	19	1.65	1.14	14.73	602.82	150
2/0	67.44	19	1.65	1.14	15.85	740.62	175
3/0	85.02	19	1.65	1.14	17.11	912.90	200
4/0	107.2	19	1.65	1.14	18.53	1128.61	230

**La capacidad máxima de corriente, para no mas de tres conductores en tensión en ducto, cable o tierra (directamente enterrados), para temperatura ambiente de 30°C. Ref NEC

FUENTE: FABRICANTE CABLEC S.A.
REALIZADO POR: GRUPO DE TESIS

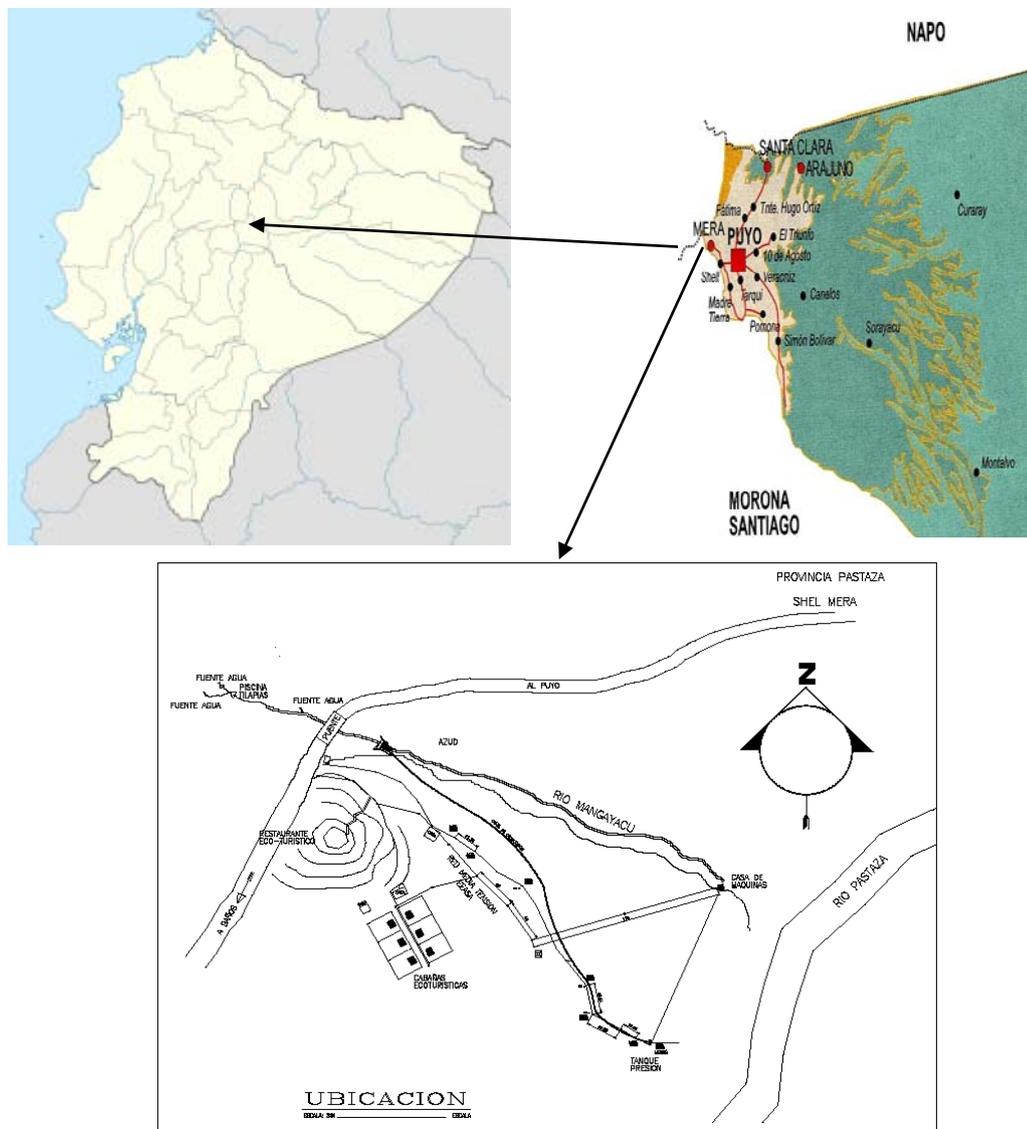
2.4. UBICACIÓN DE LA MICRO CENTRAL HIDRÁULICA

El proyecto se ubica aproximadamente a 2 km antes del cantón Mera de la provincia de Pastaza en la zona suroeste del Ecuador, junto a orilla del río Mangayacu, cuyas coordenadas son:

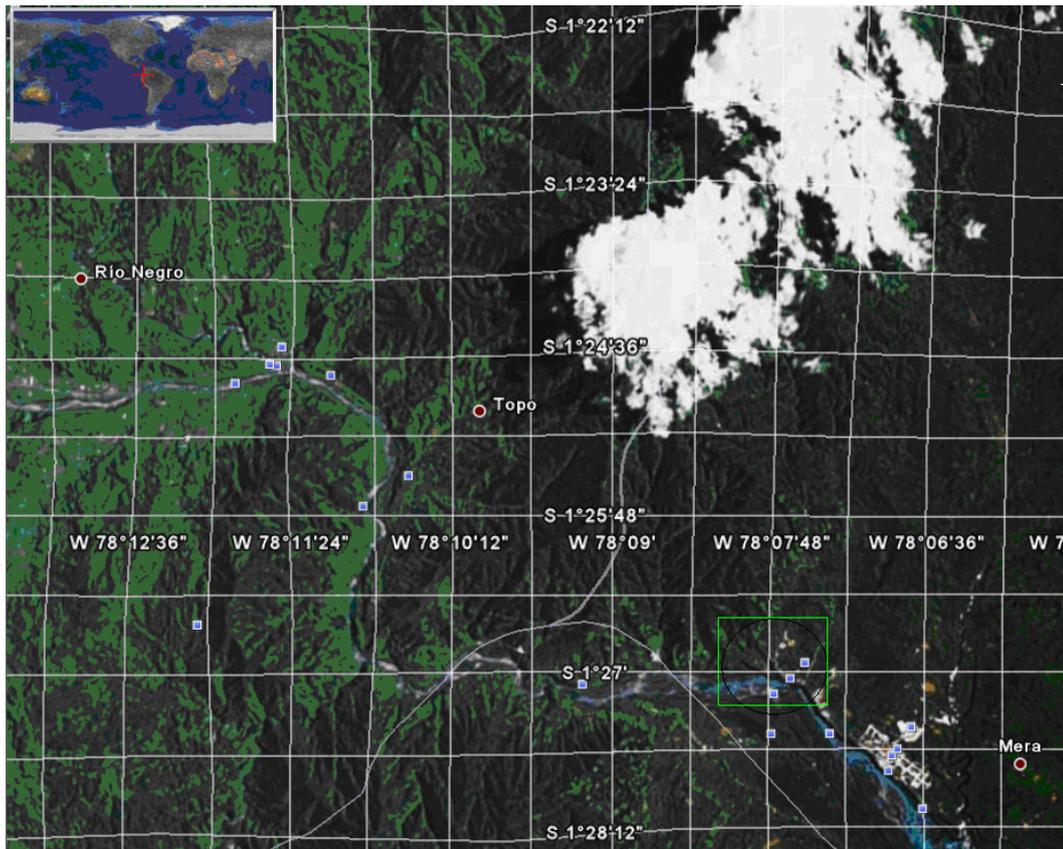
1°27' 10" SUR, 78°07'48" OESTE . Elevación de 2,156 m

En una zona que se caracteriza por altas precipitaciones y selva húmeda tropical, su temperatura promedio de 25° a 30° c. el río Mangayacu nace de la selva tropical, tiene 3 afluentes los cuales desembocan en el río Pastaza. El acceso a la casa de máquinas es relativamente dificultoso por su vegetación. En resumen para llegar al proyecto, salimos de la ciudad de Baños tomamos la vía Baños Puyo aproximadamente 30 minutos de viaje, el sitio está a 3 km antes de Shell del Cantón Mera.

Figura 2. 10 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA MICRO CENTRAL HIDRÁULICA



FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS



FUENTE: GOOGLE EARTH
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

2.5. ANÁLISIS FINANCIERO

El análisis económico y financiero del proyecto se realiza para orientar la toma de decisiones con respecto a los costos y beneficios que generaría el mismo, ya que de los resultados obtenidos se tomaría la decisión de ejecutarlo o no.

El análisis económico se realiza mediante varios métodos, de los cuales hemos escogido al Método de Análisis Beneficio/Costo el cual consiste en comparar todos los beneficios con todos los costos a los que incidirá a lo largo de la vida útil del proyecto, siendo la regla que los beneficios sean mayores que los costos para que se pueda realizar el proyecto.

La evaluación se la realiza determinando tres indicadores:

- EL VALOR ACTUAL NETO (VAN)
- LA RELACION BENEFICIO/COSTO (B/C)
- TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

2.5.1. EL VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Es la diferencia de la suma total de los beneficios actualizados menos la suma total de los costos actualizados a una misma tasa de interés.

“La regla de decisión señala que el proyecto será rentable si el valor actual del flujo de beneficios netos que genera es positivo, descontando estos flujos a la tasa de interés pertinente para la persona o grupo que realiza el proyecto”

2.5.2. LA RELACION BENEFICIO/COSTO (B/C)

Es el cociente de la suma total de los beneficios dividido entre la suma total de los costos, a una misma tasa de interés.

Si este cociente es mayor de **1**, significa que para la tasa de interés, los beneficios son mayores que los costos. Y si es menor que 1 los costos son mayores que los beneficios.

La regla señala que debe realizarse el proyecto solo si la relación de los beneficios a costos es mayor que la unidad.

Para nuestro caso tenemos lo siguiente:

Suma total de los beneficios = \$62912,85

Suma total de los costos = \$30200,78

La relación Beneficio / Costo = \$ 62912,85 / \$ 30200,78

La relación Beneficio / Costo = 2.08

Según este índice nos indica que el proyecto es favorable

2.5.3. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Es la tasa de interés que hace que la suma de todos los beneficios sea igual a la suma de todos los costos, actualizados a esa tasa de descuento.

Se deduce que si los costos son iguales a los beneficios, el proyecto solo cubrirá sus costos y no dejara ninguna utilidad monetaria. En este caso, el VAN es igual a cero, y la relación B/C igual a uno. La regla de decisión señala que es conveniente realizar el proyecto cuando la tasa de interés es **menor** a la tasa interna de retorno.

2.5.4. DATOS PARA LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE LA MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA “LAS CASCADAS DE MANGAYACU”.

A continuación vamos a determinar los respectivos valores y parámetros que necesitamos para la evaluación del proyecto (Anexo #4), estos valores son:

- Costos de Inversión
- Obras Civiles
- Equipo electromecánico
- Línea de transmisión

Obras Civiles: como lo indica en el **Anexo # 4** vemos que el total asciende a un valor de **\$ 8.836,98** pero como en lugar del proyecto existe material pétreo (piedra, arena, ripio) que se puede aprovechar, por lo tanto son elementos que están a nuestro favor y por ende podemos bajar los costos de la Obra civil. Según los cálculos se estima un ahorro de **\$ 970,00** por lo que su valor real sería de **\$ 7866,98**.

Equipo Electromecánico: este rubro asciende a un valor de **\$ 5.046,30** en el cual está contenidos los elementos necesarios para el funcionamiento de la Micro Central Hidráulica como se indica en el mismo anexo.

Línea de transmisión: consiste en todos los elementos necesarios para llevar la energía generada hasta el lugar de consumo el cual asciende a un valor de **\$ 3987,50**.

En resumen el costo total de inversión para la Micro Central Hidráulica es

Tabla 11. RESUMEN DEL COSTO DE INVERSIÓN

Obras Civiles	\$ 7866,98
Equipo electromecánico	\$ 5.046,30
Línea de transmisión	\$ 3.987,50
TOTAL COSTO DE INVERSION	\$ 16.900,78

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

2.5.5. INGRESO POR VENTA DE ENERGÍA.

Es un ingreso anual que se produce desde la entrada en servicio de la Micro Central Hidráulica hasta el fin de su vida útil.

Se determina a partir de la energía que se venderá cada año, según lo previsto en el estudio de mercado, y de una tarifa por Kwh.

Se calcula con la expresión:

$$B_n = E_n * t$$

Donde:

B_n = ingresos por venta de energía, en el año **n**, en **US\$**.

E_n = energía vendida durante el año **n**, en **KWh**.

t = tarifa de venta de energía, en **US\$/ KWh**.

Pero en nuestro caso tenemos que el proyecto va a consumir un porcentaje de la producción de energía, y el resto se vendería a la empresa distribuidora con lo quedaría detallado lo siguiente:

La generación anual estimada de la Micro Central Hidráulica es de 50.000 Kwh.

Tabla 12. CÁLCULO DE LA GENERACIÓN ANUAL

Generación Anual =	Potencia x Horas al año
Generación Anual =	6 Kw x 8.760 horas
Generación Anual =	52.560 Kwh.

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

2.5.6. VALOR RESIDUAL.

Es el valor de los bienes en el último año de vida útil del proyecto.

Para calcular este valor se debe tener en cuenta la depreciación de los bienes durante su uso en el proyecto, la cual se determina teniendo en cuenta el criterio de tiempo de vida útil, como por ejemplo:

- Obras civiles : 50 años
- Maquinaria y equipo electromecánico : 30 años

El valor residual se puede calcular con la siguiente expresión:

$$VR_n = Vi - Vi \frac{(n)}{N}$$

Donde:

VR_n = Valor Residual en el año **n**, en US\$.

Vi = Valor inicial del bien, en al año de su instalación, en US\$

N = Vida útil del bien, en años

n = Año en que se calcula el valor residual, en años.

2.5.6.1. VALOR RESIDUAL DE LAS OBRAS CIVILES.

Para el cálculo de las Obras civiles del proyecto tendríamos los siguientes valores:

$$V = \$ 7866,98$$

$$N = 20 \text{ años}$$

$$n = 15 \text{ años}$$

$$VR_n = Vi - Vi \frac{(n)}{N}$$

$$VR_{20} = \$ 7.866,98 - (\$ 7.866,98 * (15/20))$$

$$VR_{20} = 1.966,74 \text{ US\$}$$

2.5.6.2. VALOR RESIDUAL DE LA MAQUINARIA Y EQUIPO ELECTROMECAÁNICO

Para el cálculo de la maquinaria y equipo electromecánico del proyecto tendríamos los siguientes valores:

$$V = \$ 5046$$

$$N = 20 \text{ años}$$

$$n = 15 \text{ años}$$

$$VR_n = Vi - Vi \frac{(n)}{N}$$

$$VR_{20} = 5046 - (5046 * (15/20))$$

$$VR_{20} = 1261.5 \text{ US\$}$$

Valor residual Total

$$VR_{20} = 1.966,74 \text{ US\$} + 1.261,5 \text{ US\$}$$

$$VR_{20} = 3.228,24 \text{ US\$}$$

2.5.6.3. ELABORACION DEL CUADRO DE FLUJO DE CAJA INTERNO

Este cuadro se elabora considerando los siguientes rubros.

Ingresos.

- Venta de energía
- Valor residual

Egresos

- Inversiones
- Costo de operación y mantenimiento.

El cálculo para el proyecto contempla los siguientes datos:

El proyecto de la Micro Central Hidroeléctrica “Las cascadas de Mangayacu” es de 6 Kw, alimenta a la hostería del mismo nombre, con una línea de transmisión de 500 metros. Del proyecto respectivo se ha obtenido los siguientes datos que servirán de información básica:

Tabla 13. INVERSIONES EN LA MCH DE 6 KW

INVERSIONES EN LA MCH DE 6 KW		
Inversiones	Total US\$	Año 1 US\$
Obras civiles	\$ 7866,98	\$ 7866,98
Equipo electromecánico	\$ 5.046,3	\$ 5.046,3
Línea de sub-transmisión	\$ 3.987,50	\$ 3.987,50
TOTALES	\$ 16.900,78	\$ 16.900,78

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

2.5.7. COSTO ANUAL

2.5.7.1. COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO:

Se consideran a partir del año de inicio de operaciones de la Micro Central Hidráulica, es decir del año 2 hasta el final del proyecto, año 20 y ascienden a US\$ 700.

Tabla 14. COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL

COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL				
D E N O M I N A C I O N	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	P. TOTAL
Rodamientos para la turbina	C/U	2	55	110,00
Fajas o correas para poleas	C/U	2	25	50,00
Regulador de voltaje AVR	C/U	1	152	152,00
Juego de escobillas o carbones	C/U	6	12	72,00
Empaquetaduras	C/U	4	8	32,00
Fusibles de tablero	C/U	6	3	18,00
Guaípe	LB	10	2	20,00
Grasa	LB	10	18	180,00
Acéite	LT	3	22	66,00
			TOTAL ANUAL	\$ 700,00

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
 REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

2.5.8. PREVISIÓN DE VENTA DE ENERGÍA.

Se calcula con la energía que se venderá anualmente en cada año a partir de segundo año.

Como el proyecto de la Micro Central Hidráulica que se está implementando en el proyecto ecoturístico “las cascadas de Mangayacu” es más bien de carácter privado y particular cuya finalidad es el ahorro de las planillas de energía eléctrica, para determinar su cálculo de ingreso se procedió a lo siguiente: Un porcentaje de la generación será utilizada directamente en el consumo interno de la Hostería, y el resto de la generación se la venderá a la Empresa Eléctrica Ambato S.A., por lo que la previsión de la venta y ahorro de energía eléctrica quedaría en lo siguiente:

LA GENERACIÓN ANUAL SERÁ:	
Potencia	= 6 Kw
Número de horas al año (24 * 365)	= 8760 horas
Horas para mantenimiento al año (12 días al año * 24 horas)	= 288 horas al año
Total de horas de generación (8760 – 288)	= 8472 horas.
Total de previsión de energía al año (6 Kw * 8472 horas)	= 50832 Kwh.

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

Se ha previsto que la proyección de energía eléctrica que se utilizará para la Hostería es de 12187.56 Kwh al año por lo que quedaría un remanente de energía generada de 38644.44 Kwh año, por lo que queda el siguiente planteamiento de Ingresos:

Tabla 15. RESUMEN DE LA VENTA DE ENERGÍA

Ingreso por Ahorro de Energía	= 12187.56 Kwh. * 0.13 US\$ = 1584.38 US\$
Ingreso por Venta de Energía	= 38644.44 Kwh. * 0.04 US\$ = 1545.77 US\$
Ingreso Total	= 1584.38 + 1545.77 = 3130.15 US\$

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

Se ha tomado el valor de 0.04 US\$ como valor mínimo de venta, ya que este puede variar de acuerdo a la oferta y demanda.

Se utilizó el valor de 0.13\$ porque es un valor medio referencial del Kwh

Como este proyecto es particular, no se ha previsto un crecimiento de obras en el futuro, por lo que su ingreso sería constante a lo largo de la vida útil del proyecto. Es decir entre el ingreso por ahorro y el ingreso por venta se va a mantener constante.

A continuación se detalla una tabla explicativa del flujo de caja interno.

Tabla 16. FLUJO DE CAJA INTERNO

TABLA #2							
Flujo de Caja Interno (miles de US\$)							
AÑO	BENEFICIOS			COSTOS			FLUJO DE CAJA
	VALOR ENERGÍA	VALOR RESIDUAL	BENEFICIO TOTAL	INVERSION	OPERACIÓN Y MANT..	COSTO TOTAL	
A	B	C	D	E	F	G	H
1	0		0	16900,78		16900,78	-16900,78
2	3130,15		3130,15	0	700	700	2430,15
3	3130,15		3130,15		700	700	2430,15
4	3130,15		3130,15		700	700	2430,15
5	3130,15		3130,15		700	700	2430,15
6	3130,15		3130,15		700	700	2430,15
7	3130,15		3130,15		700	700	2430,15
8	3130,15		3130,15		700	700	2430,15
9	3130,15		3130,15		700	700	2430,15
10	3130,15		3130,15		700	700	2430,15
11	3130,15		3130,15		700	700	2430,15
12	3130,15		3130,15		700	700	2430,15
13	3130,15		3130,15		700	700	2430,15
14	3130,15		3130,15		700	700	2430,15
15	3130,15		3130,15		700	700	2430,15
16	3130,15		3130,15		700	700	2430,15
17	3130,15		3130,15		700	700	2430,15
18	3130,15		3130,15		700	700	2430,15
19	3130,15		3130,15		700	700	2430,15
20	3130,15	3228,24	6358,39		700	700	5658,39
	Total Beneficios		62701,09	Total Costos		30200,78	32500,31
				TOTAL BENEFICIO / TOTAL COSTOS			
				62701,09 / 30200,78			
	RELACION BENEFICIO / COSTO =			2,08			

FUENTE: MANUAL DE MINI Y MICROCENTRALES HIDRÁULICAS
http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/archivos_grandes/002_microhidrocentrales.pdf
 REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

2.5.9. CALCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Se calcula multiplicando el flujo de caja anual por el factor del valor actual. El valor actual neto económico (VANE) del proyecto se obtiene sumando algebraicamente todos los valores y colocando el resultado en el último renglón de la tabla. Se repite el cálculo anterior con una nueva tasa de interés.

A continuación tenemos una tabla para facilitar el cálculo del valor actual neto (VAN) utilizando los datos obtenidos anteriormente. (Anexo #5).

Tabla 17. CALCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)

TABLA #3 Procedimiento del cálculo del VAN a diversas tasas de interés					
AÑO	FLUJO DE CAJA	TASA 20%		TASA 5%	
		FACTOR DEL VALOR ACTUAL	VANE 20%	FACTOR DEL VALOR ACTUAL	VANE 5%
A	B	C	D	E	F
1	-16900,78	0,8333	-14083,42	0,9524	-16096,30
2	2430,15	0,6945	1687,74	0,9070	2204,15
3	2430,15	0,5787	1406,33	0,8638	2099,16
4	2430,15	0,4823	1172,06	0,8227	1999,28
5	2430,15	0,4019	976,68	0,7835	1904,02
6	2430,15	0,3349	813,86	0,7462	1813,38
7	2430,15	0,3291	799,76	0,7267	1765,99
8	2430,15	0,2326	565,25	0,6768	1644,73
9	2430,15	0,1938	470,96	0,6446	1566,47
10	2430,15	0,1615	392,47	0,6139	1491,87
11	2430,15	0,1346	327,10	0,5847	1420,91
12	2430,15	0,1122	272,66	0,5568	1353,11
13	2430,15	0,0935	227,22	0,5303	1288,71
14	2430,15	0,0779	189,31	0,5051	1227,47
15	2430,15	0,0649	157,72	0,4810	1168,90
16	2430,15	0,0541	131,47	0,4581	1113,25
17	2430,15	0,0451	109,60	0,4363	1060,27
18	2430,15	0,0376	91,37	0,4155	1009,73
19	2430,15	0,0313	76,06	0,3957	961,61
20	5658,39	0,0261	147,68	0,3769	2132,65
VAN: Valor actual neto			-4068,11	VANE: Valor actual neto económico	
				13129,36	

FUENTE: MANUAL DE MINI Y MICROCENTRALES HIDRÁULICAS
http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/archivos_grandes/002_microhidrocentrales.pdf.
 REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

2.5.10. CÁLCULO DE LA TASA DE RETORNO (TIR)

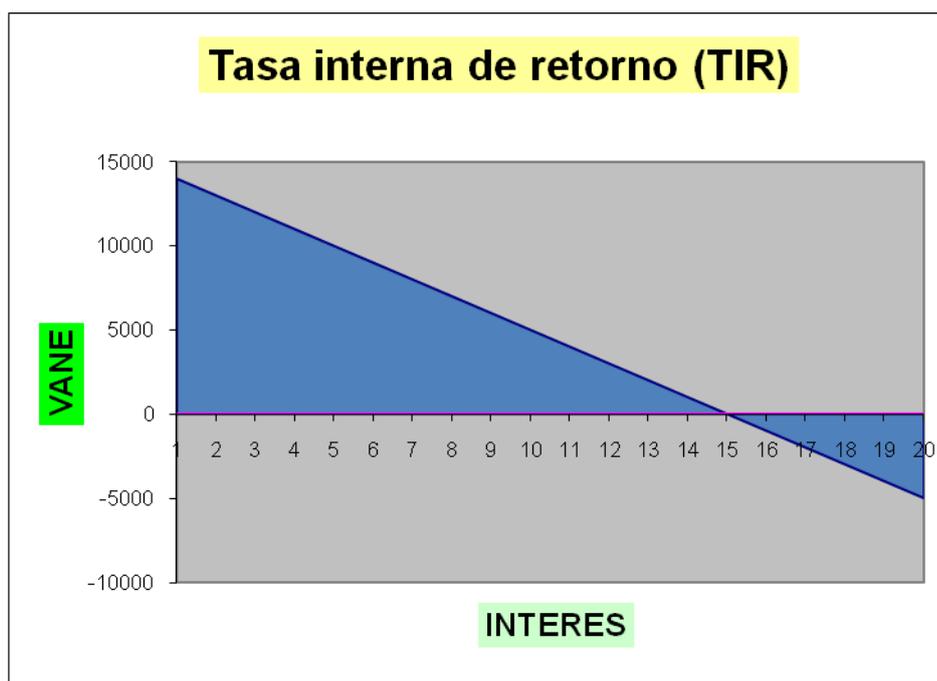
La TIR es la tasa de interés que hace el VAN igual a cero. Se calcula de forma interactiva o con la ayuda de un gráfico como en la siguiente figura donde se ha graficado los VANE para las tasas de interés del 20% y 5% calculadas anteriormente en la tabla #3. (Anexo #5).

Datos:

Con el VANE al 20% tenemos un valor de $-4.068.11$

Con el VANE al 5% tenemos un valor de $13.129.36$

Figura 2. 11. CÁLCULO DE LA TASA DE RETORNO (TIR)



FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

La TIR se determina uniendo estos puntos, pues justamente en el lugar en el que la recta corta al eje de las tasas de interés el VAN es cero. En este caso $TIR=15\%$.

2.5.11. CÁLCULO DEL COSTO DEL KWH.

El costo del Kwh. se calcula dividiendo el valor actual de todos los costos entre el valor actual de los Kwh. que se espera vender, a una misma tasa de interés.

En la tabla # 20, tenemos un procedimiento que nos facilita su cálculo.

Tabla 18. CÁLCULO DEL COSTO DEL KWH.

CALCULO DEL COSTO DEL Kwh. EN US\$						
COSTOS			ENERGÍA			COSTO DEL Kwh. US\$
COSTO TOTAL ANUAL	FACTOR DEL VALOR ACTUAL AL 15 %	VALOR ACTUAL COSTOS	MILES DE Kwh. VENDIDOS	FACTOR DEL VALOR ACTUAL AL 15 %	VALOR ACTUAL ENERGÍA	
B	C	D	E	F	G	H
16900,78	0,8696	14696,92	0	0,8696	0	
700	0,7562	529,34	50832	0,7562	38439,16	
700	0,6575	460,25	50832	0,6575	33422,04	
700	0,5718	400,26	50832	0,5718	29065,74	
700	0,4972	348,04	50832	0,4972	25273,67	
700	0,4323	302,61	50832	0,4323	21974,67	
700	0,3759	263,13	50832	0,3759	19107,75	
700	0,3269	228,83	50832	0,3269	16616,98	
700	0,2843	199,01	50832	0,2843	14451,54	
700	0,2472	173,04	50832	0,2472	12565,67	
700	0,2150	150,50	50832	0,2150	10928,88	
700	0,1869	130,83	50832	0,1869	9500,50	
700	0,1625	113,75	50832	0,1625	8260,20	
700	0,1413	98,91	50832	0,1413	7182,56	
700	0,1229	86,03	50832	0,1229	6247,25	
700	0,1069	74,83	50832	0,1069	5433,94	
700	0,0929	65,03	50832	0,0929	4722,29	
700	0,0808	56,56	50832	0,0808	4107,23	
700	0,0703	49,21	50832	0,0703	3573,49	
-3800	0,0611	-232,18	50832	0,0611	3105,84	
		18194,90			273979,40	0,0664
						EN US\$

FUENTE: MANUAL DE MINI Y MICROCENTRALES HIDRÁULICAS

http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/archivos_grandes/002_microhidrocentrales.pdf.

REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

Por lo que tenemos:

Costo por Kwh. = Valor actual total de costos / Valor actual total energía

Costo por Kwh. = 18194,90 / 273979,40

Costo por Kwh. = 0,0664 US\$

2.6 Análisis de los resultados de las encuestas realizadas a los moradores del sector Shell Mera

2.6.1 Análisis por pregunta (Normas ISO 9001-2000)

Anexo 13.

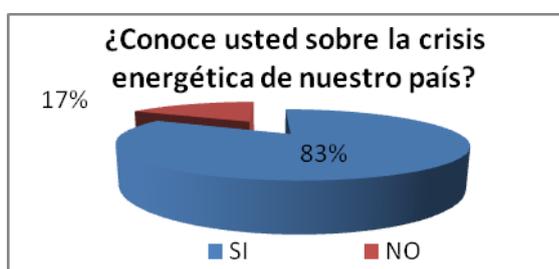
PREGUNTA N° 1: ¿Conoce usted sobre la crisis energética de nuestro país?

TABLA N° 2.1

Pregunta 1		
Opciones	Frecuencia	%f
SI	120	82,75
NO	25	17,25
Total	145	100

FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

GRÁFICO N° 2.1



FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

INTERPRETACIÓN:

Según los datos obtenidos acerca de esta pregunta, vemos claramente que las personas están conscientes de la crisis energética que atraviesa nuestro país por lo que el interés de conocer nuevas formas de ahorrar energía son cada vez más necesarias. Por esta razón vemos que los proyectos de las pequeñas y medianas centrales hidroeléctricas tendrían bastante aceptación en la población rural de nuestro país.

PREGUNTA N° 2: ¿Está de acuerdo con el costo del Kwh.?**TABLA N° 2.2**

Pregunta 2		
Opciones	Frecuencia	%f
SI	36	24,83
NO	109	75,17
Total	145	100

FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

GRÁFICO N° 2.2

FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

INTERPRETACIÓN:

Con estos resultados contundentes se observa que la población está disconforme con el costo del kwh, ya que repercute directamente en la economía familiar por sus bajos ingresos económicos.

PREGUNTA N° 3: ¿Conoce Ud. qué son las micro centrales hidráulicas?

TABLA N° 2.3

Pregunta 3		
Opciones	Frecuencia	%f
SI	90	62,07
NO	55	37,93
Total	145	100

FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

GRÁFICO N° 2.3



FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

INTERPRETACIÓN:

Al analizar los datos ingresados, la mayoría de personas conocen y tienen idea no tan clara de lo que realmente una micro central hidráulica representa y aporta al generar energía. Es por esta razón que la gente no aprovecha las oportunidades que tienen a su alcance para desarrollar estos proyectos.

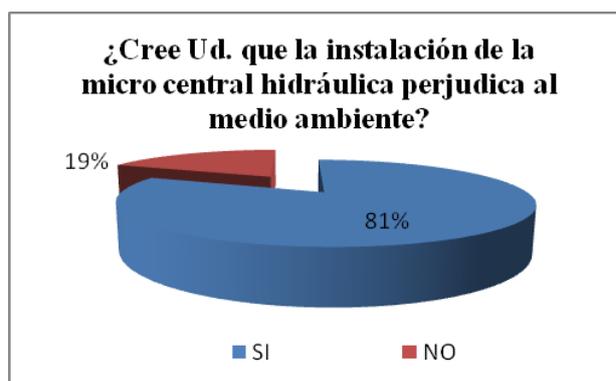
PREGUNTA N° 4: ¿Cree Ud. que la instalación de la micro central hidráulica perjudica al medio ambiente?

TABLA N° 2.4

Pregunta 4		
Opciones	Frecuencia	%f
SI	118	81,38
NO	27	18,62
Total	145	100

FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

GRÁFICO N° 2.4



FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

INTERPRETACIÓN:

Según los datos tabulados, se analiza que la mayoría de personas temen que al instalar una micro central hidráulica la misma dañe el medio ambiente, para contrarrestar esta negatividad es necesario difundir las ventajas y como afecta en lo mínimo al medio ambiente.

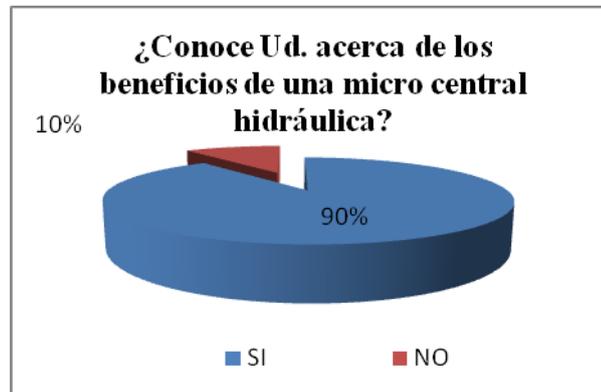
PREGUNTA N° 5: ¿Conoce Ud. acerca de los beneficios de una micro central hidráulica?

TABLA N° 2.5

Pregunta 5		
Opciones	Frecuencia	%f
SI	130	89.65
NO	15	10.35
Total	145	100

FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

GRÁFICO N° 2.5



FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

INTERPRETACIÓN:

Según lo tabulado de acuerdo a la encuesta realizada, se analiza que la mayoría no conoce de los beneficios que produce una micro central hidráulica. Por lo que se recomienda más difusión de una manera clara y sencilla de estos beneficios.

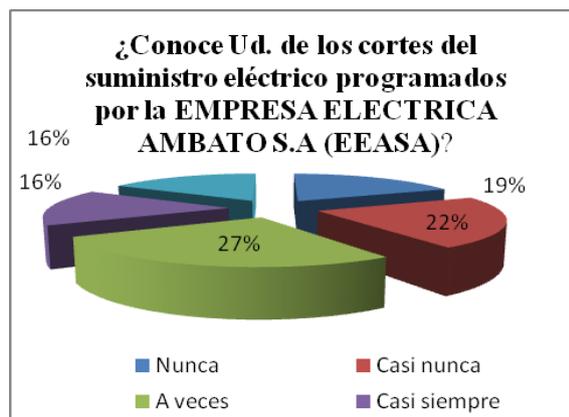
PREGUNTA N° 6: ¿Conoce Ud. de los cortes del suministro eléctrico programados por la EMPRESA ELECTRICA AMBATO S.A (EEASA)?

TABLA N° 2.6

Pregunta 6		
Opciones	Frecuencia	%f
Nunca	27	18,63
Casi nunca	32	22,07
A veces	39	26,89
Casi siempre	23	15,86
Siempre	24	16,55
Total	145	100

FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

GRÁFICO N° 2.6



FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

INTERPRETACIÓN:

De acuerdo al análisis en esta pregunta se ve que la gente se entera de los cortes programados por la EEASA, esto nos lleva a la conclusión que la empresa si da información a tiempo de los cortes de energía por medios de información.

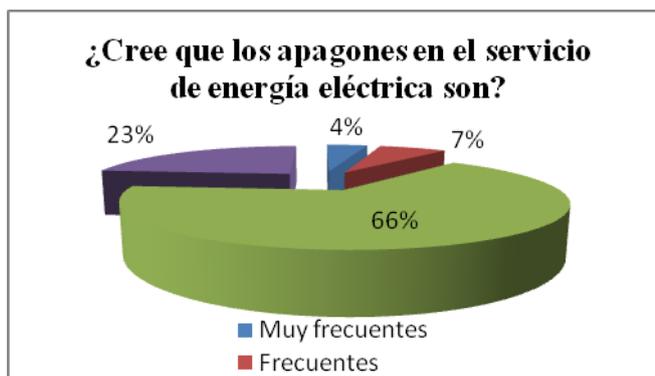
PREGUNTA N° 7: ¿Cree Ud. que los apagones en el servicio de energía eléctrica son?

TABLA N° 2.7

Pregunta 7		
Opciones	Frecuencia	%f
Muy frecuentes	6	4,14
Frecuentes	10	6,90
Poco frecuentes	95	65,51
Muy poco frecuentes	34	23,45
Total	145	100

FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

GRÁFICO N° 2.7



FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA

REALIZADO POR: GRUPO DE INVESTIGADORES

INTERPRETACIÓN:

Analizando estos datos observamos que los cortes son pocos frecuentes, por lo que su confiabilidad de la distribución de energía eléctrica es aceptable. Se concluye que la EEASA brinda un buen servicio a sus usuarios.

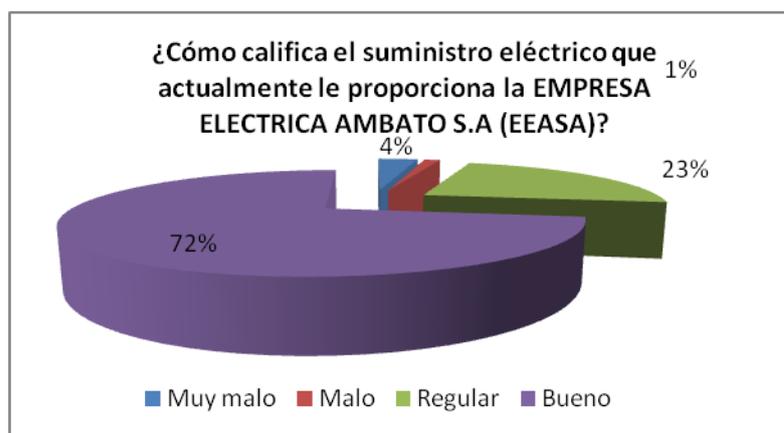
PREGUNTA N° 8: ¿Cómo califica el suministro eléctrico que actualmente le proporciona la EMPRESA ELECTRICA AMBATO S.A (EEASA)?

TABLA N° 2.8

Pregunta 8		
Opciones	Frecuencia	%f
Muy malo	5	3,44
Malo	2	1,38
Regular	33	22,76
Bueno	105	72,42
Total	145	100

FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

GRÁFICO N° 2.8



FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

INTERPRETACIÓN:

Con los datos tabulados vemos que la mayoría de las personas califican como un servicio bueno que brinda la EEASA.

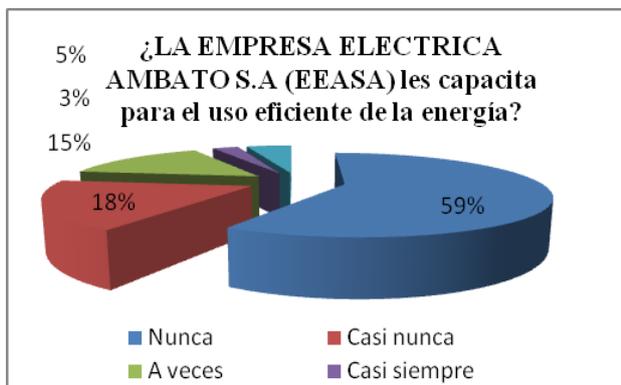
PREGUNTA N° 9: ¿La Empresa Eléctrica Ambato S.A (EEASA) les capacita para el uso eficiente de la energía?

TABLA N° 2.9

Pregunta 9		
Opciones	Frecuencia	%f
Nunca	85	58,62
Casi nunca	27	18,62
A veces	22	15,17
Casi siempre	4	2,76
Siempre	7	4,83
Total	145	100

FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

GRÁFICO N° 2.9



FUENTE: MORADORES DEL SECTOR SHELL MERA
REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

INTERPRETACIÓN:

Según estos datos observamos que la EEASA no llega al pueblo con la capacitación del uso eficiente de la energía, por lo que este organismo debe poner más énfasis en la capacitación. Concluimos que la EEASA mediante distintos medios de comunicación capacite al usuario del uso eficiente de la energía.

2.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Los resultados más significativos son:

VANE (20%)	= - 4.068.11
VANE (5%)	= 13.129.36
TIR	= 15%
COSTO DEL Kwh.	= 6.64 cts. US\$

Estos resultados nos muestran que el proyecto, tal como está planteado en condiciones de mercado, tendría varios beneficios como los siguientes:

- Al tener un costo de **6.64 ctvs. US\$**, el Kwh. Con relación al precio de venta del mercado que es el de aproximadamente 13 ctvs. US\$ el kwh. existe un ahorro del 50%. Este ahorro incide directamente en los beneficios, ya que no habría ningún gasto generado por electricidad.
- El precio del Kwh. generado está en condiciones de competir con el MEM ya que el rango de compra-venta es considerable ya que se tiene una fluctuación de 6.36 ctvs. US\$ por Kwh.(13 – 6.64 ctvs.)
- En el peor de los casos en que no se pudiera vender a un buen precio el kwh, es decir por debajo o igual a 6.64 ctvs. por lo que se tendría un ingreso extra para recuperar el capital invertido.
- En caso de requerimiento de algún préstamo, éste sería adecuado hacerlo con una tasa de interés menos del 15%.

- Con estos cálculos se estima que la recuperación del capital invertido es aproximadamente en: **7 años**.

- El proyecto de la instalación de la Micro Central Hidráulica “Las Cascadas de Mangayacu” es un proyecto rentable y técnicamente factible ya que existe el recurso hídrico aprovechable y las condiciones del sitio permiten que las obras puedan construirse en forma técnica, garantizando su estabilidad y durabilidad. Además generará una razonable rentabilidad y beneficios si la Empresa Eléctrica Ambato S.A. paga el precio promedio de 4 centavos de dólar por kWh. Por lo que anualmente por compra de energía en el Mercado Eléctrico Mayorista se ahorra 1584.38 US\$ y por la venta de energía ingresa 1545.77 US\$, dinero que podrá ser invertido en el proyecto ecoturístico.

- Con los resultados obtenidos del trabajo de investigación vemos que la ejecución de la Micro central hidráulica en el río Mangayacu, tiene un alto índice de aceptación ya que los beneficios que se obtendrían los cuales suman \$62912,85 son mayores que los costos que ascienden a \$30200,78 a invertir en su instalación, obteniendo un índice de la relación del Beneficio / Costo, que en nuestro caso resulta ser 2.08

- Se logró alcanzar el objetivo el cual se propuso realizar el estudio de la micro central hidroeléctrica y analizar si es factible la inversión y su retorno de capital de inversión sea en corto tiempo, el cual resulta ser de aproximadamente 7 años.

La instalación de este sistema de generación eléctrica nos permitirá mantener una eficiencia constante de abastecimiento de la demanda de energía, ya que al funcionar en una red interconectada se suple la generación en los momentos críticos que se presenten por mantenimiento o avería del sistema de generación

RECOMENDACIONES

A través de las conclusiones nos permitimos hacer las siguientes recomendaciones:

- Realizar un estudio detallado de los costos de inversión de la micro central hidráulica para su financiación.
- Diseñar un sistema de medición que permita llevar registros del consumo de energía eléctrica.
- Crear mecanismos adecuados para un correcto manejo de la micro central hidráulica.
- Aprovechar los recursos que están a la mano para minimizar costos, como son la turbina y el generador.

CAPÍTULO III

3. PROPUESTA

3.1. INTRODUCCIÓN.

Previo los resultados obtenidos de la investigación, llegamos a la conclusión de la viabilidad del proyecto, es necesario puntualizar en la creación de mecanismos que ayuden a fortalecer el funcionamiento ideal de la micro central hidroeléctrica, ya que la fortaleza del proyecto consiste en manejar adecuadamente los equipos e instalaciones de la misma.

Muchas centrales de este tipo han sufrido pérdidas económicas por paralizaciones del sistema de generación, por no haber dado mayor importancia al mantenimiento de la partes más expuestas a sufrir averías, ya sea por desgaste, fricción u otro motivo no previsto y más que todo por no disponer de un manual de mantenimiento y operación de los equipos en una micro central hidráulica.

El mantenimiento predictivo es de gran importancia en una instalación de este tipo, por cuanto se programara y se dispondrá de repuestos en stock necesarios, para reponer piezas averiadas.

3.2. OBJETIVOS.

3.2.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar un manual descriptivo de operación y mantenimiento tanto de los equipos electromecánicos como de los componentes de la micro central hidroeléctrica para garantizar el buen funcionamiento y producción de la energía eléctrica para la hostería “Las Cascadas del Mangayacu”.

3.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el programa de mantenimiento tentativo para el control de las actividades programadas para la prevención de posibles fallas en el sistema de generación eléctrica.
- Presentar a los accionistas de la hostería “Las Cascadas del Mangayacu” el presente trabajo de investigación para que ejecuten el proyecto de la micro central hidráulica.

3.3. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA.

La inversión en una Micro central hidroeléctrica es considerablemente alta, y debido a ello se ve en la necesidad primordial de tener un manual de mantenimiento y operación.

Con un mantenimiento adecuado y predictivo podemos garantizar una producción constante de la energía eléctrica que suministrara a la Hostería “Las Cascadas del Mangayacu”.

El manual esta descrito en forma clara, con gráficos ilustrativos para que el técnico encargado pueda fácilmente realizar el mantenimiento y reparación de posibles daños en el conjunto de equipos en la casa de maquinas de la micro central hidráulica así como también de todo los componentes del sistema de micro generación hidráulica.

En este manual están dados todas las pautas que se deber llevar a cabo para un correcto manejo y control de las instalaciones como son el mantenimiento de la obra civil como son: la bocatoma, el canal de conducción, los desripiadores y el tanque de presión con la finalidad que el caudal se mantenga constante ya que la generación eléctrica estas ligada directamente al suministro del agua.

Este manual también está dirigido a la forma como se tiene que operar en condiciones normales y en caso de una emergencia saber cómo se debe actuar de una forma rápida y efectiva

Además nos permite administrar de una forma práctica y objetiva los registros de los datos que a diario se toman como son las lecturas del voltaje, corriente, frecuencia y potencia, dicha información obtenida va a ser necesaria para una futura planificación, así como también llevar un registro de mantenimiento y fallas en los equipos electromecánicos.

3.4. MANUAL DESCRIPTIVO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MICRO CENTRAL HIDRÁULICA.

La Micro Central Hidráulica, al ser de 6 Kw, es relativamente de poca potencia, y por lo tanto requiere de un manejo moderado pero constante.

A continuación detallamos los aspectos más importantes que se deberían tener en cuenta:

- Orden y limpieza de los equipos.
- Registrar la producción y anomalías con el fin de llevar la estadística y en lo futuro sea fácil, rápida y eficaz un buen mantenimiento preventivo y correctivo.
- La persona que va a operar el sistema, debe estar pendiente del nivel de agua sea el adecuado para la generación.
- Ante algún ruido extraño revisar y sugerir un mantenimiento inmediato.
- Revisar el canal de conducción de posibles derrumbos de tierra, limpiar inmediatamente.

3.4.1. PROPUESTA DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN.

3.4.1.1 SISTEMA DE MANTENIMIENTO

Se tomara en cuenta los siguientes parámetros:

- Llenar el registro de mantenimiento y fallas del equipo (Ver cuadro #10), esto debe realizar un técnico con conocimiento de operación de una micro central.
- Es primordial tener en cuenta el ruido normal y un ruido anormal, con el sentido del oído podemos predecir posible falla en el sistema.

- Es necesario engrasar según el cuadro #11, porque es la parte principal del accionamiento de la turbina, realizar un control y seguimiento de acuerdo al tiempo y la cantidad de grasa necesarios.

3.4.1.2. SISTEMA DE OPERACIÓN:

Para poner en marcha la pequeña central hidroeléctrica en su conjunto se resume en lo siguiente:

- Capacitar a la persona encargada de operación, en las funciones a él encargadas.
- Registrar datos de operación diariamente con el fin de tener una estadística histórica de crecimiento.
- Revisar los niveles de agua necesarios para la generación.
- Una vez puesta en marcha en ON el interruptor, revisar la frecuencia, amperímetro, voltímetro que estén dando lecturas reales.

3.5. PROCESO DE OPERACIÓN

3.5.1. PUESTA EN MARCHA DE LA TURBINA EN CONDICIONES NORMALES

La puesta en marcha del equipo significa poner en funcionamiento toda la Micro central Hidroeléctrica en su conjunto. Para ello se requiere seguir la siguiente secuencia:

Paso 1. La Tubería de Presión debe estar llena de agua y que se garantice un flujo permanente del caudal requerido desde la Obra de Toma.

Paso 2. El equipo electromecánico debe estar libre de cualquier objeto o material que no sea parte del mismo.

Paso 3. Controlar y verificar que todas las partes del equipo estén muy bien fijadas sin que existan partes sueltas o desajustadas.

Paso 4. Hacer girar la Turbina en sentido de las manecillas del reloj haciendo girar manualmente el volante de inercia para verificar que no exista impedimento alguno y que todo el equipo pueda girar libremente.

Paso 5. Controlar que el interruptor de conexión principal “de salida a la hostería” este en posición OFF o apagado.

Paso 6. Después de estas simples acciones, se procede a la apertura de la válvula principal manualmente hasta alcanzar la velocidad necesaria, fijándose la frecuencia y el voltaje en el Tablero de Control hasta que los valores alcanzados en el mismo sean los adecuados, es decir: la Frecuencia en 60 Hz y el Voltaje en las tres fases del sistema (R), (S) y (T) alcancen los 380/240 Voltios y en un sistema monofásico 220-240V en su fase.

Paso 7. Una vez que el equipo se encuentra funcionando de manera estable y haya alcanzado el voltaje y la frecuencia necesarios, se procede a energizar la hostería, accionando el interruptor de salida y llevándolo a la posición ON

Paso 8. Para detener o parar el equipo, es necesario desconectar la interruptor principal del sistema, llevando el interruptor del tablero de

control a la posición OFF, es decir desconectar la red del sistema, para luego cerrar manualmente la válvula.

Después de la puesta en marcha del equipo electromecánico, la operación de la Turbina se reduce simplemente a un control y seguimiento del funcionamiento del equipo. El o los Operadores del sistema, deberán tener un libro de registro de operación del equipo donde se registre el comportamiento del equipo y se registren sus parámetros, pero principalmente sobre las tareas de mantenimiento realizadas o por realizar.

El libro de registros, se sugiere sea debidamente firmado al cambio del operador indicando la hora y la fecha.

Por lo anteriormente indicado y teniendo en cuenta que el funcionamiento del equipo electromecánico es totalmente automático, las labores de operación se limitan a la apertura y cierre de la válvula o llave de paso logrando establecer los indicadores necesarios tanto en el regulador de velocidad como en el tablero de control.

3.5.2. LIBRO DE REGISTRO DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

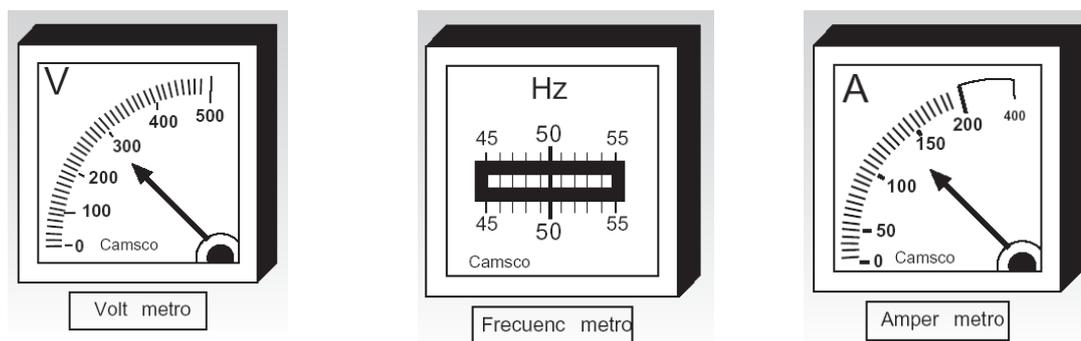
Con el fin de conocer el comportamiento y las acciones de mantenimiento realizadas o por realizar, es necesario contar con un diario o libro de registro de los parámetros de operación, mantenimiento y fallas, que de manera permanente e inamovible debe permanecer en la Casa de Máquinas para su control por el personal autorizado. En este libro de registro se debe consignar las ocurrencias diarias de todos los eventos que se puedan producir, ello permitirá tener datos estadísticos del comportamiento del equipo y por lo tanto desde la puesta en marcha y/o parada forzada o de mantenimiento hasta el registro de los parámetros de

funcionamiento tales como: Voltaje (V), Frecuencia (Hz), Corriente (Amp.) y Potencia (Kw).

La lectura de los instrumentos para determinar los parámetros de funcionamiento de equipo son los siguientes:

- **Voltímetro:** mide el voltaje en cada fase del sistema.
- **Frecuencímetro:** mide la frecuencia del sistema al momento de lectura.
- **Amperímetro:** mide la corriente del sistema al momento de lectura.
- **Vatímetro:** mide la potencia que se genera al momento de lectura.

Figura 2. 12 Voltímetro, Frecuencímetro y Amperímetro



En la Tabla N° 20, se debe registrar los parámetros de funcionamiento del equipo para realizar una evaluación de su comportamiento tanto del equipo como del consumo de la población. Estas tablas deberán ser transcritas a un cuaderno que se encuentre permanentemente en la Casa de Máquinas para su consulta.

El registro de parámetros de funcionamiento deberá ser realizada durante los primeros 6 meses con mucha precisión, posteriormente este registro podrá ser realizado cada 6 horas, de acuerdo a los siguientes pasos:

Tabla 19 LECTURA DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO**LECTURA DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO**

Fecha Operador									
Hora	VOLTAJE (V)			CORRIENTE (Amp)			FRECUENCIA	POTENCIA	OBSERVACIONES
	Fase 1(R)	Fase 2 (S)	Fase 3 (T)	Fase 1(R)	Fase 2 (S)	Fase 3 (T)	Hz	kW	
00:00									
01:00									
02:00									
03:00									
04:00									
05:00									
06:00									
07:00									

FUENTE: MANUAL DEL OPERADOR HIDROMECHANICO DE UNA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA

Paso 1. Observar el Voltímetro y leer el nivel de voltaje en cada una de las fases (R), (T) y (S) y anotar su valor correspondiente en voltios.

Paso2. Observar el Amperímetro en cada una de las fases (R), (T) y (S) y anotar el valor de corriente en amperios.

Paso 3. Observar el Frecuencímetro y anotar su valor correspondiente. En el caso en que este fluctúe, se debe observar y promediar el valor.

Paso 4. Observar el Watímetro y anotar su valor correspondiente en Kw. En el caso en que este fluctúe, se debe observar y promediar el valor.

Paso 5. En la columna de observaciones, se debe registrar cualquier anomalía que el Operador distingue en los instrumentos, tales como excesiva vibración de una de las agujas de los instrumentos o lecturas muy dispares, etc.

Tabla 20 REGISTRO DE MANTENIMIENTO Y FALLAS DE EQUIPO**REGISTRO DE MANTENIMIENTO Y FALLAS DEL EQUIPO**

Fecha _____ Operador _____			Equipo	Ajuste de Pernos	Engrase Aceite	Cantidad de grasa (gr)	Limpieza General	Cambio de repuestos	OBSERVACIONES
d	a	mes	Juntas de dilatación						
		o	Llave de paso						
			Turbina						
			Generador						
			Volante de Inercia						
			Acople Flexible						
			Poleas						
			Fajas						
			Reguladores de velocidad						
			Banco de resistencias						
			Tableros de control						
			Aterramiento						
			Otros						

FUENTE: MANUAL DEL OPERADOR HIDROMECAÑICO DE UNA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA

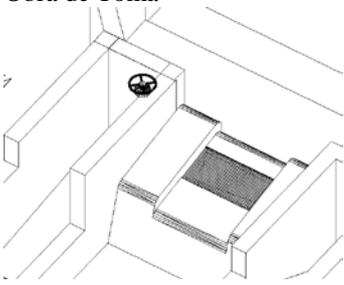
3.5.3. DIAGNÓSTICO DE FALLAS

El diagnóstico de una falla es una labor de destreza que es parte de la experiencia que se gana con el trabajo diario y que compete plenamente al Operador, quien debe analizar las posibles causas de las fallas y luego tomar acciones dependiendo de la magnitud de la falla y auto-responder a las preguntas básicas como ser: ¿Qué ocurrió?; ¿A qué hora ocurrió?; ¿Qué acciones se tomaron?; y ¿Qué repuestos se utilizaron para resolver el problema?, etc.

Esta información, que debe ser registrada en el “Libro de Registro de Mantenimiento y Fallas” tabla N°21, tiene importancia al momento de evaluar la ocurrencia de una falla para la toma de una decisión correctiva, y forma parte de la historia de funcionamiento de la planta. De esta forma es posible programar acciones de mantenimiento en el futuro y las precauciones que se debe tener para su ejecución.

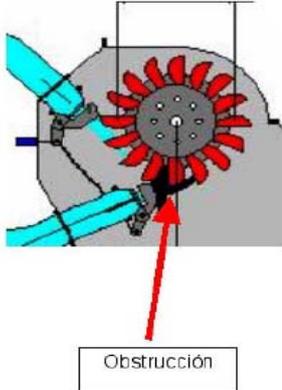
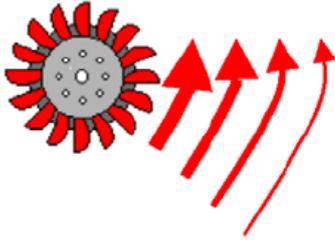
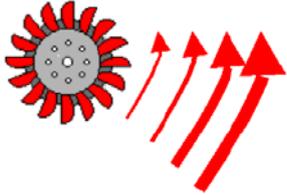
Los siguientes cuadros nos proporcionan lineamientos básicos que puedan ayudar en el proceso de diagnosticar la posible causa de una falla y las posibles alternativas para su solución.

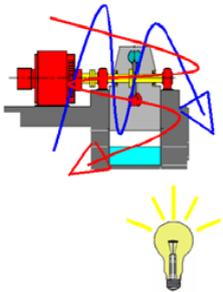
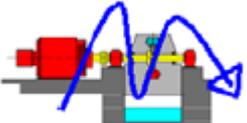
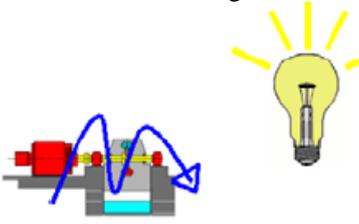
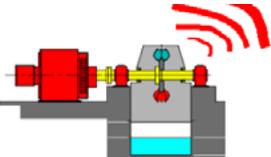
3.5.3.1. DIAGNÓSTICO DE FALLA EN LAS OBRAS CIVILES

FALLA	POSIBLE CAUSA	ACCIÓN A TOMAR
<p>No ingresa agua a la Obra de Toma</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Insuficiente agua en el río - La compuerta está cerrada. - La rejilla de la Obra de Toma esta obstruida por ramas, palos, piedras y troncos. - Hubo una fuerte precipitación que produjo una mazamorra que tapo la obra de toma 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar la existencia de agua en el río. - Abrir la compuerta - Limpiar la rejilla. De comprobarse la obstrucción, remover las ramas, palos y piedras de la rejilla y del azud en general. - Toda la población o algunos usuarios designados deber salir a realizar el trabajo de limpieza
<p>No ingresa agua el sistema de aducción</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Insuficiente agua en la Obra - La rejilla de ingreso a la aducción esta obstruida. - La compuerta de limpieza del desarenador está abierta y el agua no logra alcanzar el nivel para que ingrese en la aducción. 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar la alimentación de agua en la Toma. - Verificar y limpiar la rejilla - Cerrar la compuerta y verificar que ingrese el caudal necesario en la aducción.
<p>Ingresa agua en la aducción, pero no llega la cantidad esperada a la Cámara de Carga</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Existen fugas de agua en la aducción. - Existe objetos que están obstruyendo la libre circulación del agua, ya sea en cámaras de inspección, derrumbes en los canales abiertos, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> -Recorrer el sistema de aducción e identificar las posibles filtraciones del sistema y reparar las mismas. -Recorrer el sistema de aducción e identificar los posibles problemas del sistema y reparar las mismas.
<p>Ingresa mucho material fino (arenas y limos) hasta el Desarenador.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Derrumbes en el canal abierto de aducción. - Fisuras o aplastamiento de la tubería de aducción. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recorrer todo el canal y limpiar dicho material. Si el derrumbe es muy grande, comunicar a la población para realizar un trabajo comunal. - Recorrer toda la tubería, limpiar y reparar.

	- Primer Desarenador (de la Toma) totalmente lleno de sedimentos.	- Verificar y abrir la compuerta de purga y limpiar el Desarenador o Desgravador
Llega agua muy turbia hasta la Casa de Máquinas, ello puede dañar las cucharas de la Turbina	- Desarenadores totalmente llenos de arena y limo. - Derrumbe sobre la Cámara de Carga.	- Revisar y limpiar los Desarenadores abriendo las compuertas de purga. - Revisar y limpiar el derrumbe.

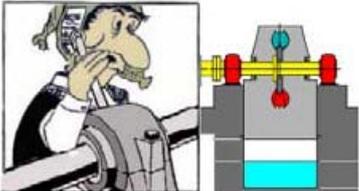
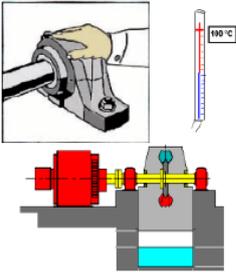
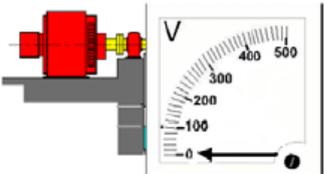
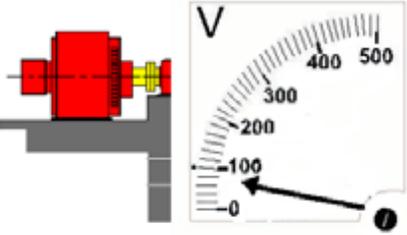
3.5.3.2. DIAGNÓSTICO DE FALLA EN LA TURBINA

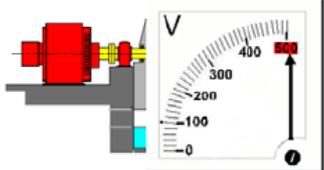
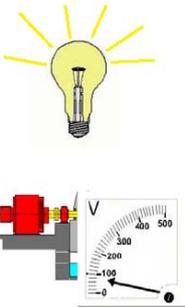
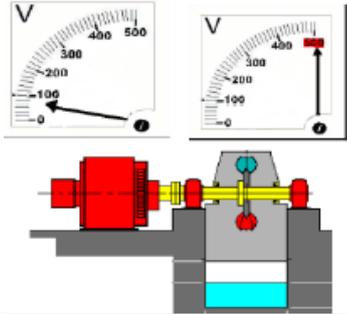
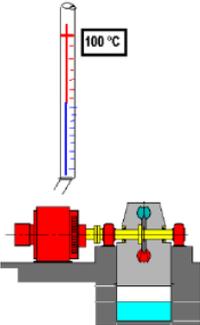
FALLA	POSIBLE CAUSA	ACCIÓN A TOMAR
<p>La Turbina no gira</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Insuficiente agua - Las partes móviles de la Turbina se encuentran trabadas. - Si la válvula está abierta y la Turbina no gira, es probable que haya algún objeto este obstruyendo el paso del agua. - La tobera de la Turbina se encuentra tapada por piedras o palos y están interfiriendo el chorro de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar que la tubería este llena. - Si el eje de la Turbina no gira manualmente algún objeto puede estar obstruyendo el rodete. - Maniobrar la válvula para determinar si la obstrucción es en la válvula o en la tobera. - De comprobarse la obstrucción, remover las toberas y retirar con la mano los objetos que obstruyen.
<p>La Turbina arranca pero no incrementa su velocidad</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Insuficiente agua en la Cámara de Carga y cae la altura de presión - El medidor de revoluciones esta malogrado - No identificada 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar la alimentación de agua en la Cámara de carga. - Verificar con el Frecuencímetro. - Solicitar la presencia del técnico especialista
<p>La Turbina gira a gran velocidad solamente</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - El regulador esta Fallando - El medidor de revoluciones esta averiado - Los fusibles de los controladores están cortocircuitados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Solicitar la presencia del técnico especialista - Verificar con el Frecuencímetro - Cambiar los fusibles - Revisar el estado de las resistencias.

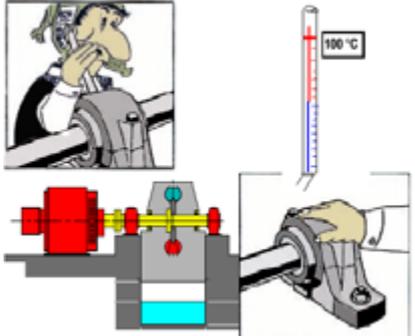
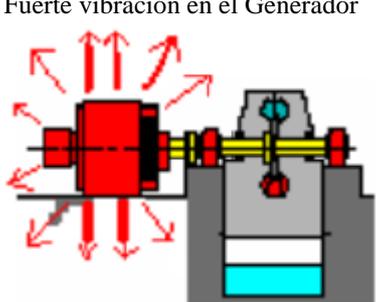
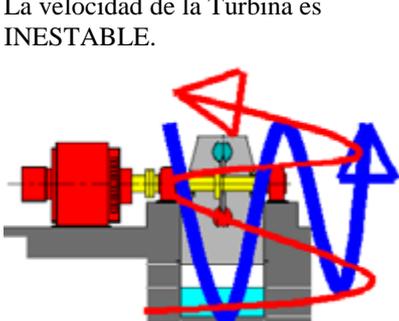
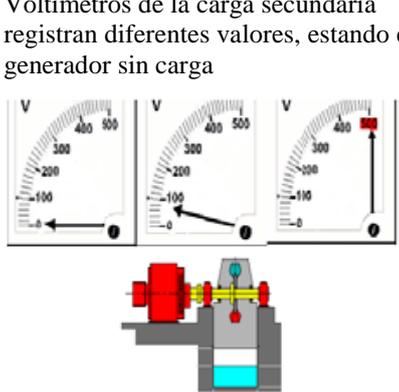
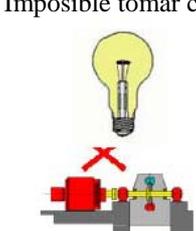
<p>La Turbina gira pero pierde Velocidad cuando se conecta la carga.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Insuficiente agua. - Rejillas en la Cámara de Carga están obstruidas. - Obstrucción en el paso de Agua - Defectos en el regulador. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar la alimentación de agua a la Cámara de Carga. - Revisar y limpiar - Verificar el manómetro, si la presión de agua es menor a lo normal y la aguja vibra, es debido a un objeto extraño que obstruye el paso de agua. - Solicitar la presencia del técnico especialista.
<p>La Turbina opera con carga por un tiempo corto y pierde velocidad o se detiene la disponibilidad de agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Insuficiente agua - Podría ocurrir que el canal de descarga este inundado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir la carga de la Turbina - Revisar y limpiar si es necesario
<p>Fluctuación de la velocidad de la Turbina SIN carga</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Defectos del regulador - Acople dañado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Solicitar la presencia del técnico especialista - Revisar y caso contrario cambiar la empaquetadura del acople.
<p>Fluctuación de la velocidad de la Turbina con carga</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Presencia de cargas momentáneas. - Defectos en el regulador - Acople dañado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar la velocidad en diferentes cargas. - Solicitar la presencia del técnico especialista. - Revisar y caso contrario cambiar la empaquetadura del acople.
<p>Presencia de ruidos en el interior de la Turbina</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Piedras pequeñas traídas por el agua 	<ul style="list-style-type: none"> - No hay mayor problema, si los ruidos desaparecen pronto

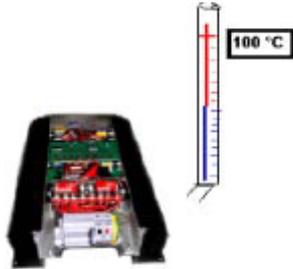
FUENTE: MANUAL DEL OPERADOR HIDROMECHANICO DE UNA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA,

3.5.3.3. DIAGNÓSTICO DE FALLA EN EL GENERADOR

FALLA	POSIBLE CAUSA	ACCIÓN A TOMAR
<p>Ruido en los Rodamientos</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Rodamientos defectuosos (gastados) - Algún elemento suelto dentro de los rodamientos 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambiar los rodamientos - Inspecciona al interior
<p>Calentamiento de los Rodamientos</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Exceso de grasa - Falta de grasa - Sistema de refrigeración no funciona - Pernos de la chumacera demasiado apretados - Inadecuado alineamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Inspeccionar, reducir la cantidad de grasa y probar nuevamente. - Inspeccionar, engrase y probar - Revisar y reparar - Revisar y aflojar y probar nuevamente - Revisar alineamiento y corregir.
<p>No hay voltaje cuando el generador está en marcha</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Defectos en el regulador de tensión - Bornes flojos - Fusible del AVR Cortocircuitado - Velocidad de rotación baja. - Si no se identifica la falla 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar y ajustar - Revisar y cambiar - Verificar tensión continua a la salida del AVR - Verificar y corregir - Solicitar la presencia del técnico especialista
<p>Voltaje del generador demasiado bajo estando sin carga</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad de rotación baja. - Regulador AVR defectuoso - Mal contacto en las escobillas. - Mal ajuste de voltaje en el AVR. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar y corregir. - Verificar y reemplazar si es necesario. - Verificar, limpiar y probar nuevamente. - Ajustar el voltaje en el AVR.

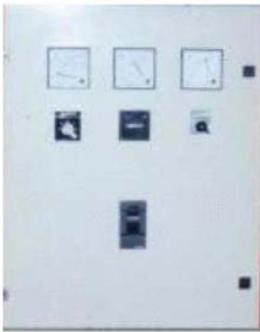
<p>Voltaje del generador Demasiado alto sin carga</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad demasiado alta. - Mal ajuste de voltaje en el AVR. - Defectos en el AVR. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar y corregir si es necesario. - Ajustar el voltaje en el AVR. - Verificar y reemplazar si es necesario.
<p>Voltaje del generador cae cuando se conecta la carga</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Caída de velocidad con carga. - Acople dañado o poleas flojas - Sobrecarga del generador - Fuerte desbalance de cargas. - Si no es ninguna de las posibles causas anteriores 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar el regulador AVR, podría tratarse de una falla. - Verificar la tensión o cambiar la goma de empalme si es necesario - Verificar los instrumentos y reducir la carga si es necesario. - Verificar los Amperímetros y corregir si es necesario. - Solicitar la presencia del técnico especialista.
<p>El voltaje del generador varia continuamente</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad inestable de la Turbina. - Acople flojo. - Empalmes flojos. - Falla no identificada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar en el regulador AVR. - Verificar y ajusta si es necesario. - Verificar y ajustar. - Solicitar la presencia del técnico especialista.
<p>El generador calienta demasiado Necesario</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Flujo de aire al interior del alternador esta obstruido - Alta temperatura en la casa de fuerza - Contaminación de los bobinados con aire y/o grasa, causando ineficacia de la ventilación - Sobrecarga del generador 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar el libre paso del aire - Verificar y corregir si es necesario - Limpiar el bobinado interior con aire comprimido y algún solvente dieléctrico - Verificar y reducir la carga si es necesario
<p>Giro forzado del rotor del Generador, ruido en los rodamientos y calentamiento de los mismos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alineamiento incorrecto - Rodamientos con poca grasa 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar el alineamiento y corregir si es necesario - Verificar y engrasar si es necesario

	<ul style="list-style-type: none"> - Rodamientos con exceso de grasa - Rodamientos defectuosos - Partes móviles en rozamiento. (rotor del Generador, ventilador, rodamientos, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar y retirar grasa si es necesario - Verificar estado y cambiar si es necesario - Verificar la parte rozante y proceder a eliminar el rozamiento
<p>Fuerte vibración en el Generador</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -- Pernos en sujeción flojos - Desbalanceo en el rotor - Chispas en el generador - Acople desgastado - Poleas desgastadas 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar y ajustar los pernos si es Necesario - Solicitar la presencia del técnico especialista - Solicitar la presencia del técnico especialista
<p>La velocidad de la Turbina es INESTABLE.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Defectos en el Controlador Electrónico de Carga - Fusible de resistencia Secundaria cortocircuitado - Resistencia secundaria Deteriorada - Defectos en el medidor 	<ul style="list-style-type: none"> - Solicitar la presencia del técnico especialista - Verificar y cambiar con uno del mismo tipo - Verificar y reemplazar si es necesario - Contrastar con otro medidor
<p>Voltímetros de la carga secundaria registran diferentes valores, estando el generador sin carga</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Defectos en el Controlador Electrónico de Carga - Fusibles de resistencia Secundaria cortocircuitado - Resistencia secundaria Deteriorada - Defectos en el medidor 	<ul style="list-style-type: none"> - Solicitar la presencia del técnico Especialista - Verificar y cambiar con uno del mismo tipo - Verificar y reemplazar si es necesario - Contrastar con otro instrumento
<p>Imposible tomar carga</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Defectos en los sensores - Incorrecto voltaje y frecuencia - Defecto del interruptor 	<ul style="list-style-type: none"> - Solicitar la presencia del técnico especialista - Verificar instrumentos - Necesita reparación

<p>El Controlador Electrónico se recalientan demasiado</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Sobretemperatura en la Casa de Maquinas - Ventanas y puertas cerradas - Ninguna de las posibilidades 	<ul style="list-style-type: none"> - Mejorar la ventilación - Abrirlas - Solicitar la presencia del técnico especialista
--	--	---

FUENTE: MANUAL DEL OPERADOR HIDROMECHANICO DE UNA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA,

3.5.3.4. DIAGNÓSTICO DE FALLA DEL TABLERO DE CONTROL

FALLA	POSIBLE CAUSA	ACCIÓN A TOMAR
<p>No se puede conectar la carga principal</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Falla el circuito de mando del interruptor - Carga muy grande - Falla a tierra - Defectos en la línea de Transmisión - Aisladores rotos o cortocircuito en la línea - Bornes flojos 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar circuito y reparar si es necesario - Reducir carga - Revisar y reparar - Revisar la línea de transmisión por tramos - Revisar la línea de transmisión por tramos - Verificar y ajustar
<p>Interruptores se calientan con carga</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Defectos en el interruptor - Sobrecarga - Bornes flojos - Falla a tierra - Chispazos en las conexiones - Los cables calientan demasiado 	<ul style="list-style-type: none"> - Reemplazar interruptor - Reducir la carga - Verificar y ajustar - Revisar y reparar - Apagar el equipo y ajustar los bornes flojos - Verificar los empalmes y cambiar por cables más gruesos, si es necesario.

FUENTE: MANUAL DEL OPERADOR HIDROMECHANICO DE UNA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA,

3.6. MANTENIMIENTO DEL EQUIPO ELECTROMECAÁNICO

El equipo electromecánico (Turbina-Generador) es considerado vital para la sostenibilidad de una Micro Central Hidráulica, por cuanto su costo es muy elevado y por ende un programa de mantenimiento planificado que sea efectivamente realizado garantizará un largo periodo de vida útil del equipo electromecánico.

Las consecuencias de una inadecuada operación y la desatención del mantenimiento devienen de una serie de problemas relacionados directamente con el estado del equipo electromecánico y también en pérdidas económicas, por energía dejada de producir por costos imprevistos de reposición y/o reparación de piezas.

Los procedimientos de actividades de mantenimiento deben especificarse a manera de “secuencia de acciones” que se repiten periódicamente y se deben encargar a personas previamente capacitadas, para ejecutar, registrar y programar estas acciones.

A continuación se dan a conocer las acciones de mantenimiento más comunes en función a cada parte del equipo electromecánico y se describe en detalle aquellas que requieran cierto conocimiento técnico para su ejecución. Así mismo, se dan recomendaciones prácticas para el efectivo cumplimiento de los programas de mantenimiento en base a la experiencia hasta hoy acumulada en nuestros diversos proyectos ejecutados. Estas acciones requieren de un previo diagnóstico de fallas visto con anterioridad, ello permite al Operador explicar con propiedad las fallas y problemas observados durante su funcionamiento a los Ingenieros especializados que en algún momento serán requeridos.

3.6.1. ACCIONES DE MANTENIMIENTO DE LA TURBINA

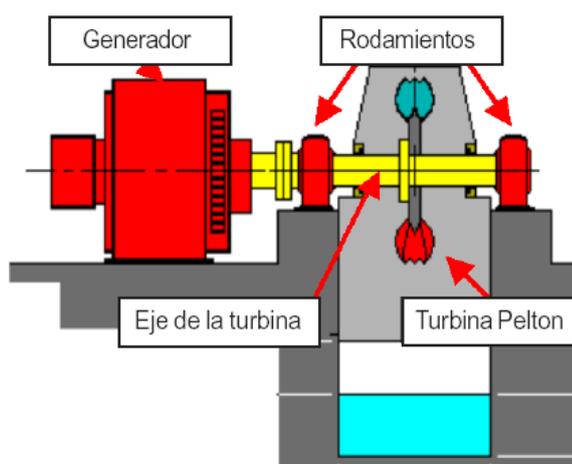
Las turbinas, en general, una vez instaladas necesitarán poco mantenimiento en la medida en que el agua se mantenga limpia.

De ocurrir que algún objeto se incruste en el interior de la turbina, será necesario desmontar la carcasa y los inyectores de la turbina y extraer el objeto, con lo cual se recuperará la potencia de la turbina.

Otro punto especial son los rodamientos o apoyos del eje: se debe estar alerta ante la ocurrencia de ruidos extraños o sobre calentamiento, pues estos son indicadores de que algo está mal.

De otro lado, el desgaste de los rodets y elementos directrices del agua ocurren a lo largo del tiempo por lo que será necesario realizar una inspección anual rigurosa que proporcione información acerca de cuál es el avance del desgaste. Esta es la forma más adecuada de controlar el desgaste y tener suficientes criterios para programar una reparación general.

FIGURA 2. 13 MANTENIMIENTO DE LA TURBINA



FUENTE: MANUAL DEL OPERADOR HIDROMECAÑICO DE UNA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA,

3.6.2. ACCIONES DE MANTENIMIENTO DE LOS RODAMIENTOS

Los rodamientos son considerados parte esencial de la turbina. Son las principales partes que requieren permanente control, seguimiento y mantenimiento.

Los rodamientos del equipo deben ser elegidos por sus características de trabajo continuo, alta resistencia y durabilidad, es preferible utilizar los mismos rodamientos con los que viene el equipo ya que estos se convierten en los primeros repuestos de cambio.

Cada cierto tiempo se debe realizar el cambio de grasa, la cantidad de grasa de recambio es importante porque un exceso puede ser causa de posteriores calentamientos.

En la tabla N° 23 es una guía para el apropiado engrasado de los rodamientos, pero no definitivo y por lo tanto es preferible acudir al proveedor del producto.

Tabla 21. ENGRASE DE RODAMIENTOS

ENGRASE DE RODAMIENTOS

	Di metro	Periodo de engrase, en Horas					Cantidad en gramos de grasa
		50 mm	60 mm	80 mm	100 mm	120 mm	
Rodamientos radiales de bolas		2800	1800	1400	1200	800	10 a 30
Rodamientos rodillos cilíndricos		9000	8000	5500	6000	4000	15 a 35
Rodamientos de rodillos cónicos, axiales de bolas y axiales de rodillos cilíndricos y a r tula		11000	10000	9000	8500	7000	20 a 40

FUENTE: MANUAL DEL OPERADOR HIDROMECAICO DE UNA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA

* Nota: Este cuadro es orientativo. Toda vez que se cambie rodamientos, se debe pedir las especificaciones al proveedor

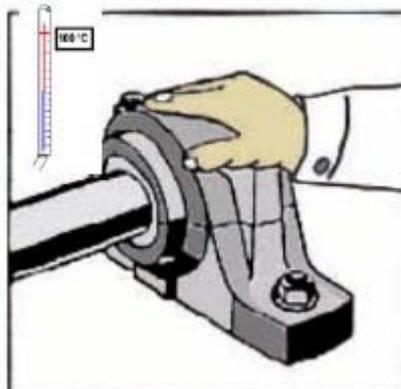
** Nota: El tipo de grasa deberá ser el adecuado para el tipo y marca de rodamiento.

El tiempo que un rodamiento engrasado funciona satisfactoriamente sin reengrase, depende del tipo de rodamiento, tamaño, velocidad y temperatura de funcionamiento, del ambiente y tipo de grasa.

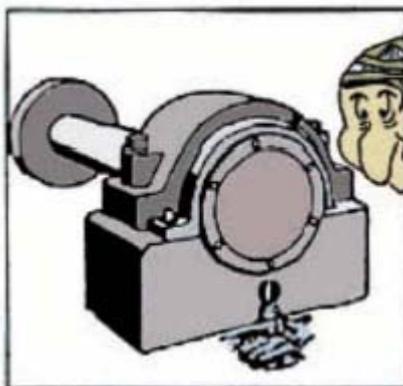
Los rodamientos deben ser adquiridos según los mismos códigos detallados el los rodamientos originales, mejor si es con las muestras originales ya en desuso y de la casa autorizada, teniendo mucho cuidado en la procedencia y la originalidad de los mismos.



OIR RUIDOS RAROS, CON LA AYUDA DE UN TUBO

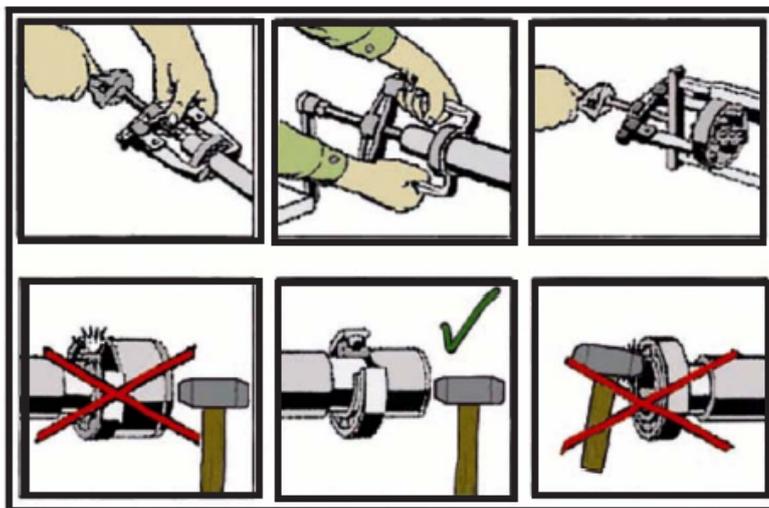


CONTROL DE TEMPERATURA DEL RODAMIENTO



FUGA DE GRASA, EXCESIVA REENGRASE

Para el cambio de rodamientos se debe usar preferentemente un extractor de rodamientos y tener las máximas precauciones tanto en la manipulación del rodamiento como en su montaje a fin de no dañar el eje de la Turbina. También es importante tener mucho cuidado con los anillos de seguridad y los retenes partidos que evitan la fuga de grasa en el caso de las chumaceras.



Acciones para extraer e introducir los rodamientos

3.6.3. ACCIONES DE MANTENIMIENTO DE LOS ACOPLES, CUÑAS Y DEL VOLANTE DE INERCIA

El sistema de acoplamiento del equipo absorbe gran parte de las vibraciones del equipo Electromecánico. Este tipo de acoplamiento

conocido como acoplamiento indirecto requiere ser inspeccionado con frecuencia, con el fin de detectar, vibraciones a causa de desalineamientos, tensiones excesivas por desalineamientos y por lo tanto el control del mismo y el ajuste periódico es muy importante. De igual manera se debe proceder con todas las partes del equipo que poseen cuñas y prisioneros de sujeción, en especial si el Volante de Inercia se encuentra al final del eje de la Turbina.

3.6.4. ACCIONES DE MANTENIMIENTO DEL GENERADOR

La energía eléctrica se produce en el Generador Síncrono, en el cual podemos distinguir básicamente dos partes rotor y estator.

El rotor está compuesta por un eje al que van ajustadas un conjunto de placas de metal de gran permeabilidad magnética que, conjuntamente con unas bobinas de alambre esmaltado, conforman los polos.

En los extremos se ubican los rodamientos o apoyos.

El estator está conformado por un conjunto de bobinas de fase, la carcasa y la caja de bornes de salida. Las bobinas de excitación en el rotor generan un campo magnético que al girar inducen corriente eléctrica en el bobinado del estator, produciendo electricidad.

Es necesario realizar frecuentes inspecciones del alternador, debiendo poner especial atención en detectar la presencia de polvo, humedad o grasa en su interior, por los efectos perjudiciales que pueden tener sobre las bobinas del estator y del rotor.

Los Generadores modernos, no cuenta con escobillas ni carbones, lo que facilita enormemente las labores de mantenimiento. La excitatriz trifásica se realiza mediante un regulador de voltaje AVR de estado sólido y también se

encarga de que, cuando varíe la carga, la tensión de salida no varíe en más del 2%.

Después de un par de años, la limpieza de los bobinados puede realizarse introduciendo a presión un solvente dieléctrico. Esta maniobra debe ser realizada por una persona capacitada en este tipo de acciones.

Se debe considerar que el cambio de los rodamientos del generador es muy diferente a los de la Turbinas y se puede considerar como referencia límite entre 40.000 y 50.000 horas de funcionamiento, siempre y cuando se juzgue necesario y recomendado por un especialista.

El engrase se puede realizar cada 500 horas y el recambio de grasa cada 5.000 horas. Se recomienda no exceder estos límites.

Las borneras o puntos de conexión del Generador deberán estar muy bien empalmados ya que un borne flojo se convierte en una alta resistencia, lo que puede ser causa de un quemado del bobinado de fase, recalentamiento del Generador, etc.

Cuando se tenga bajos niveles de aislamiento por humedad en el estator de los Generadores se hará circular una corriente igual al 20% de la corriente nominal del bobinado estático, para lo cual habrá que conectar una batería por el lapso de una hora y una resistencia de 2 ohmios en serie. Esta acción en primera instancia deberá ser ejecutada por un especialista para luego replicar en forma autónoma.

Es importante que el interruptor de salida del Generador este dimensionado por la corriente nominal del Generador. En el caso de que el interruptor este equipado de bobinas de disparo, se deba verificar que estas bobinas estén graduadas para actuar a la corriente nominal del Generador y así evitar sobrecargas.

Otra acción importante de mantenimiento es la verificación del balanceo de cargas en las fases del sistema, muy importante para un funcionamiento estable del sistema.

Los Generadores autorregulados permiten un desbalance de carga del 25%, por lo que periódicamente habrá que medir la corriente de cada fase en el Generador y los valores registrar en el libro de registro de parámetros de funcionamiento.

3.6.5. ACCIONES DE MANTENIMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL

En el Tablero de Control podemos distinguir en primer lugar el interruptor principal que conecta y desconecta las instalaciones de la hostería, que requiere poca atención, bastará con retirar el polvo de acuerdo a las condiciones del ambiente, asentar los contactos fijos y móviles y verificar la actuación correcta del mecanismo de sobre corriente.

También se pueden apreciar una serie de instrumentos de medición, los cuales no requieren ningún tipo de mantenimiento pero cuando estos se malogran deben cambiarse necesariamente y con prontitud, tal es el caso del Amperímetro, Voltímetro, Frecuencímetro y Vatímetro.

3.6.6. ACCIONES DE MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA DE ALARMA

En el caso en que un equipo electromecánico de una MCH cuente con un sistema de alarma, tal cual su nombre lo indica, este tiene por objetivo advertir y poner a salvo el equipo electromecánico de posibles averías o fallas como el embalamiento. Las acciones de mantenimiento del sistema

consisten en verificar periódicamente el estado del mismo, simulando una avería o realizar un simulacro de tal forma de verificar la reacción del sistema de alarma. Este proceso es muy sencillo de llevar a cabo accionando el interruptor del sistema.

El sistema de alarma tiene su principal accionamiento en la fuente de energía independiente y por lo tanto una vez por mes es necesario verificar la carga de las baterías y todo el circuito.

Una vez por mes se realizará, aprovechando las labores de mantenimiento, la simulación de una avería para comprobar la eficacia del sistema. Caso contrario revisar y reponer las partes necesarias si el caso lo amerita. De existir problemas que no son fáciles de solucionar, se deberá recurrir a un especialista.

3.6.7. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para el cumplimiento de las tareas de mantenimiento, es necesario contar con un mínimo de herramientas especializadas y en lo posible un stock de repuestos, de tal manera que se pueda encarar cualquier situación que se presente en la operación del sistema

HERRAMIENTAS:

- Trípode con tecla hasta 2 toneladas
- Tester y pinza amperométrico
- Pértiga para MT
- Juego de llaves de boca y boca
- Juego de llaves hexagonales
- Juego de destornilladores
- Juego de alicates
- Martillo mecánico

- Combo de 10 Kg.
- Extractor de rodamientos
- Grasea y aceitera
- Arco de sierra mecánica
- Escalera de aluminio
- Cinturón de seguridad
- Garras trepadoras
- Guantes de seguridad
- Casco protector

REPUESTOS:

- Rodamientos para la turbina
- Fajas o correas para poleas
- Regulador de voltaje AVR
- Juego de escobillas o carbones
- Fusible seccionador de MT
- Empaquetaduras
- Fusibles de tablero

A continuación, en la tabla N° 23 se presenta un programa tentativo de las principales actividades a realizarse para el mantenimiento del equipo según su periodicidad, sea este diario, semanal, mensual, anual, y quinquenal.

Tabla 22. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO TENTATIVO										
Nº	ACTIVIDADES	SF	D	S	M	2M	6M	A	2A	5A
1	Verificación y ajuste general de todos los pernos y tuercas existentes			X						
2	Ajuste prensaestopa de válvula principal	X								
3	Cambio de empaquetadura de prensaestopa	X								
4	Cambio de resistencia del disipador de energía	X								
5	Verificar temperatura de rodamientos en turbina		X							
6	Verificación de vibraciones en la turbina - generador		X							
7	Verificación de ruidos anormales en turbina y generador		X							
8	Verificación de fugas de agua de los empalmes de la carcasa de la turbina		X							
9	Verificación de niveles de aceite en los gobernadores hidráulicos			X						
10	Limpieza de polvo general de la Casa de Máquinas			X						
11	Limpieza de polvo de los Controladores Electrónicos			X						
12	Limpieza de polvo de los tableros de control			X						
13	Limpieza e inspección del banco de resistencias			X						
14	Ventilación del banco de resistencias (abrir las tapas)		X							
15	Verificación de accionamiento de sistema de alarma				X					
16	Inspección de conexiones eléctricas				X					
17	Engrase de rodamientos de la turbina			X						
18	Cambio de grasa de los rodamientos de la turbina x					X				
19	Verificación de tensión del acople flexible				X					
20	Inspección desgaste de rodete e inyectores							X		
21	Verificación de alimentación del rodete						X			
22	Limpieza del bobinado interior del generador								X	
23	Engrase rodamientos del generador							X		
24	Inspección conexión a tierra						X			
25	Medición del aislamiento del generador								X	
26	Cambio de reten en la turbina							X		
27	Cambio de rodamientos de la turbina (si acaso es necesario)								X	
28	Cambio de rodamientos del generador									X
29	Cambio de empaquetadura del acople flexible							X		

SIMBOLOGIA	
SF	Si hubiese fugas y falla
D	Inspección Diaria
S	Inspección Semanal
M	Inspección Mensual
2M	Inspección c/2 meses
6M	Inspección c/6 meses
A	Inspección Anual
2A	Cada 2 años
5A	Cada 5 años

FUENTE: INVESTIGADORES DE TESIS

REALIZADO POR: INVESTIGADORES DE TESIS

RECOMENDACIONES GENERALES.

- Previo al acoplamiento del sistema general de electricidad se debe realizar un período de pruebas para determinar las condiciones ideales para su normal funcionamiento del sistema de generación y realizar las correcciones necesarias si el caso los requiera.
- Los manuales y guías de mantenimiento y reparaciones de los equipos en caso de avería deben estar en un lugar fácil de acceder y usar de forma adecuada para que puedan realizar el mantenimiento y operar dichas labores.

BIBLIOGRAFIA

- MINI CENTRAL HIDROELECTRICA – Néstor Gutiérrez i Fernández
- Micro centrales Eléctricas - Viana Bruno
- Pequeñas Centrales Hidroeléctricas – Ramiro Ortiz Flores editorial Mc, Graw Hill.
- Centrales Hidroeléctricas – GG Gaudencio Zoppetti Judez
- Centrales Eléctricas – E Santos Potess
- Centrales Eléctricas – Enciclopedia Ceac de Electricidad. D. José Ramírez Vásquez
- Elementos de centrales Eléctricas – Gilberto Enríquez Harper
- Manual de Mini y Micro centrales Hidráulicas – Guía para el desarrollo de proyectos - OLADE.

BIBLIOGRAFÍA VIRTUAL.

- www.elprisma.com.
- www.wikipedia.org.
- www.monografias.com.
- www.energia.com

- http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/fisica/maestria/modulo2/microturbinas/a_puntemch.pdf.
- http://www.coitiab.es/reglamentos/electricidad/reglamentos/jccm/iberdrola/mt_2-11-02.htm.
- <http://www.megawatt.com.pe/articulos/conector/con13disub.htm>.
- <http://www.textoscientificos.com/fisica/transmision-energia>.
- <http://www.eeasa.com.ec/estructura/obligaciones2.php>.
- <http://www.ingenieria.org.ar/archivos/epec/ET1013.PDF>.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- INTERMEDIATE TECHNOLOGY DEVELOPMENT GROUP ITDG PERÚ – OLADE.
- Manual de Mini y Microcentrales Hidráulicas (Guía para desarrollo y proyectos), Pág. 4.
- INTERMEDIATE TECHNOLOGY DEVELOPMENT GROUP ITDG PERÚ – OLADE. Manual de Mini y Microcentrales Hidráulicas (Guía para desarrollo y proyectos) Pág. 56
- COLECCIÓN CEAC Centrales Hidroeléctricas, Pág. 321.
- MICROCENTRALES HIDROELECTRICAS DE MURGUENZA

ANEXOS