

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE POSGRADO EN INGENIERÍA Y CIENCIAS

IMPLEMENTACION DEL MERCADO DEL CARBONO EN EL
DESARROLLO DE CENTRALES HIDROELECTRICAS DE PEQUEÑA
ESCALA EN ECUADOR

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MÁSTER EN RECURSOS
HIDRICOS

VERONICA GRACIELA MINAYA MALDONADO

(verominaya@hotmail.com)

TERESA DEL CARMEN VILLARREAL MAFLA

(villarrealtc@hotmail.com)

DIRECTOR: DR. MARCO CASTRO DELGADO

(macastro@uio.satnet.net)

Quito, abril 2008

DECLARACIÓN

Nosotras, Verónica Graciela Minaya Maldonado y Teresa del Carmen Villarreal Mafla, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Verónica Minaya Maldonado

Teresa Villarreal Mafla

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Verónica Graciela Minaya Maldonado y Teresa del Carmen Villarreal Mafla, bajo mi supervisión.

Dr. Marco Castro Delgado
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios por los momentos felices e igualmente por los tristes, nunca me suelta la mano y siempre está a mi lado.

Son muchas las personas a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Algunas están conmigo y otras en mis recuerdos y en el corazón. No importa donde estén o si algún día llegan a leer esto, quiero agradecerles por formar parte de mí porque cada uno tiene un lugar especial y único.

Muchas gracias a mi familia por su apoyo anímico y moral, por ser la fuente inspiradora de todo lo que he logrado en la vida, especialmente a mi papá Manuel, quien mas que un papá es mi mejor amigo y mi gran fortaleza, gracias por creer en mí, tu ejemplo es la mejor herencia, con el tiempo quizá pueda imitarte. A mi tía Vicky por todo lo que ha sido para mí una madre y amiga. A mi ñaño Alejo, adivina que??... te gané!!!... eres un lindo hermano... y a mi primito Roberto, tampoco te quedas atrás, gracias por la confianza que has depositado en mí, te quiero mucho mucho... también a mis herman@s y sobrinos...

Mis más sinceros agradecimientos a mis profes no sólo de la carrera sino de la vida por sus enseñanzas, paciencia y amistad, en especial los que están en esto conmigo y a quienes admiro mucho: Dr. Marco Castro, Ing. Ximena Hidalgo y Dr. Laureano Andrade, a quienes debimos haberles causado mucho trabajo.

Agradezco a la Empresa Ecuacorriente S.A. por el apoyo brindado y por la oportunidad de desarrollar nuestro proyecto de tesis, de manera especial a Skott Mealer, Marcelo Asanza y Fermin Samorano, a mis amigos de la ofi: Raúl, José, Katty, gracias por su linda amistad

Con un cariño y aprecio enorme a mi compañera y sobre todo amiga Tere, quien tiene un gran corazón, gracias por tu amistad día a día, gracias por estar estos 8 años de compartir, por aconsejarme, regañarme, compartir risas y llantos.

A todos mis amigos sin excluir a ninguno, pero en especial a: Mario, Marco, Rafael, Alex, Ine, Aly, Fer, Paty, gracias por demostrar su amistad en todo momento.

Mis panas del cole que son mi fuente de lucha, que han estado conmigo en las buenas y malas: Moni, Andyman, Erika, Andyfish, Flaka, Mariela, Giovvy, Cyntia, de quienes guardo los mejores recuerdos.

Gracias a todos aquellos que colaboraron de manera indirecta, cada granito de arena siempre es importante, si me olvide de alguien tendrán que esperar a los agradecimientos de la tesis del doctorado...

Gracias a todos!!!!!!!

Vero

DEDICATORIA

Dedico cada letra de esta tesis a mi familia.

A mis amig@s que han estado en estos 26 años de recorrido...

Y a Ti por haber aparecido y cambiado mi vida...

Vero

AGRADECIMIENTOS

Gracias Dios por hacer que el Universo conspire y permitir que yo alcance mis sueños. “Cada recuerdo es un ladrillo que va construyendo mi vida”, Dios me ha puesto en caminos que han hecho que mi vida llegue a donde este.

Gracias a mis padres por ser las personas mas especiales que conozco, con su amor y apoyo me han enseñado lo verdaderamente valioso de la vida, hoy me toca compartir una alegría más y es gracias a ellos, mil gracias los amo. A mis hermanos, sobrinos, abuelito que siempre y en todo momento me han demostrado su amor incondicional.

Gracias a mis maestros, por compartir parte de su conocimiento, y sobre todo enseñar que el verdadero valor del trabajo esta en la forma de hacerlo con empeño y sobre todo con honestidad, en especial agradezco al Dr. Marco Castro, Ing. Ximena Hidalgo, y Dr. Laureano Andrade, quienes han sido la guía fundamental para el desempeño de este trabajo.

Gracias a la Empresa Ecuacorriente S.A. por brindarme la oportunidad y apoyo para el desarrollo de este proyecto.

Gracias a mis amigos de siempre, a los nuevos y a los que vendrán, gracias por permitirme compartir con ustedes esos momentos que hacen que la vida nos resulte hermosa.

Gracias a Vero con quien he vivido muchos momentos de alegría y de quien he aprendido muchas cosas como que el valor de la vida no esta en el tiempo que dure sino en la intensidad con la que se la viva.

Gracias a todos y cada una de las personas que he logrado conocer, porque han dejado en mi algo de si que me hace crecer...Gracias

Tere

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, Mariana y Hugo, yo se que se sienten orgullosos de mi...pero yo estoy mucho mas orgullosa de tenerlos como padres, les aseguro que en el mundo no hay mejores personas mas que ustedes....los amo....

Tere

RESUMEN

El presente estudio se enfoca en el desarrollo de proyectos que encaminen al modelo energético hacia la sostenibilidad, con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de las comunidades pobres ubicadas en zonas rurales aisladas. Uno de los mas grandes problemas ambientales que afectan no solo regionalmente sino globalmente es el cambio climático, el incremento de las emisiones mundiales de los Gases de Efecto Invernadero han ocasionado un calentamiento global sin fronteras, que sin la aplicación de medidas correctivas podrían llegar a producir cambios ambientales catastróficos e irreversibles. Los fondos para la financiación de estos proyectos pueden venir de fondos de cooperación internacional, mecanismos de desarrollo limpio (MDL), tarifas verdes o créditos de organismos multilaterales. Dentro de este contexto el proyecto desarrollado es el aprovechamiento hidroeléctrico de los ríos Wawayme y Tundayme que tienen un interés social y ambiental, generando empleo para el mejoramiento del nivel de vida de la población de influencia directa, con el uso respetuoso de los recursos naturales y que pueden ser parte del Mecanismo de Desarrollo Limpio y así obtener créditos de carbono.

SUMMARY

The present study focuses on the development of projects that can reach the energy model towards sustainability, with the aim of improving the living conditions of poor communities located in remote rural areas. One of the biggest environmental problems that affect not only regionally but globally is climate change, the increase of Greenhouse global emissions have caused a global warming without borders, and without corrective measures will produce catastrophic and irreversible environmental changes. The funds for these projects can come from international cooperation funds, clean development mechanism (CDM), green fees or credits from multilateral agencies. Within this context, the project was developed to provide hydroelectric power from rivers Wawayme and Tundayme, which have social and environmental interest, generating employment for the improvement of living standards of people in direct influence, with the respectful use of natural resources and these projects may be part of the Clean Development Mechanism and get carbon credits.

PRESENTACION

Es una necesidad nacional la implementación de proyectos hidroeléctricos en zonas rurales y aisladas del país, el principal objetivo es combatir la pobreza, restringir la migración del campo a la ciudad y fomentar el aprovechamiento de fuentes de energías limpias y renovables.

El agua es un recurso estratégico de proyectos para el desarrollo humano y sustentable, lamentablemente a pesar de tener una relativa abundancia no se ha tenido la sabiduría para usarla inteligentemente, apenas un pequeño porcentaje equivalente al 5% de los recursos hídricos renovables para electrificación son encaminados a subsanar los requerimientos de la población y sus actividades económicas.

La energía eléctrica hoy en día es un elemento indispensable para la mayoría de las actividades de la vida moderna. Es por esto que la calidad del suministro debe ser mejorada lo cual permitirá el desarrollo mismo de los pueblos y mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos. El proyecto de investigación pretende ser un primer paso al aprovechamiento de recursos hídricos para la generación de energía hidroeléctrica a pequeña escala con la aplicación de los mecanismos de desarrollo limpio para la obtención de créditos de carbón.

Debido a nuestra situación social, económica y política en el Ecuador, se crean nuevos desafíos que con la intervención de empresas privadas y grupos independientes se lograrán resolver con la realización de estudios para la ubicación de posibles proyectos con la participación de organismos descentralizados, actores locales y regionales.

CONTENIDO

CAPITULO 1.....	1
1 INTRODUCCION Y OBJETIVOS	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4 ESTRUCTURA Y USO DE ESTE ESTUDIO	5
 CAPITULO 2.....	 7
2. DESARROLLO SOSTENIBLE: UN ENFOQUE NACIONAL	7
2.1 INTRODUCCIÓN AL DESARROLLO SOSTENIBLE	7
2.1.1 DESARROLLO SUSTENTABLE Y DESARROLLO SOSTENIBLE	8
2.2 ESQUEMA DE SOSTENIBILIDAD.....	8
2.2.1 TIPOS DE SOSTENIBILIDAD	9
2.3 PERSPECTIVAS Y RETOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE	11
2.4 PANORAMA ENERGETICO Y SOSTENIBILIDAD	14
2.4 POLITICAS Y ESTRATEGIAS - GESTION DE PROYECTOS HIDRICOS SOSTENIBLES	16
2.4.1 PRINCIPIOS DE POLITICA.....	17
2.4.2 POLITICAS DE DESARROLLO SUSTENTABLE.....	18
2.5 DESAFIOS PARA LAS ENERGIAS RENOVABLES CON ENFOQUE SOSTENIBLE EN EL ECUADOR	18
2.5.1 ECUADOR Y SUS REFORMAS: HACIA UNA SOCIEDAD SOSTENIBLE .	19
2.5.2 EL CONTEXTO DE LA ENERGIA RURAL EN EL ECUADOR.....	20
 CAPITULO 3.....	 22
3. LOS PEQUEÑOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS EN EL ECUADOR.....	22
3.1. VISION GENERAL	22
3.2. MARCO LEGAL DEL SECTOR HIDROELECTRICO.....	23
3.2.1 MARCO INSTITUCIONAL	24
3.2.2 MARCO LEGAL GENERAL.....	31
3.2.3 PROGRAMA DEL PLAN DE EXTENSION DEL SISTEMA	32
3.3. NORMATIVAS LEGALES PARA LA EJECUCION DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS.....	35
3.3.1 PERMISOS PARA GENERACION	35
3.3.2 OBLIGACIONES DE LAS EMPRESAS DE GENERACIÓN	36
3.3.3 LIMITACIONES	36
3.3.4 UTILIDADES CORRESPONDIENTES AL ESTADO	36
3.3.5 CONCESIONES	37
3.3.6 SISTEMAS ELECTRICOS NO INCORPORADOS	37
3.3.7 RECURSOS ENERGETICOS NO CONVENCIONALES.....	37
3.4. TRAMITE PARA CONCESIONES Y PERMISOS PARA GENERACION HIDROELECTRICA	38
3.4.1 CONCESION DE LOS RECURSOS HIDRICOS	38
3.4.2 APROBACION DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	38
3.4.3 PERMISO PARA GENERACION HIDROELECTRICA.....	40

3.4.4	GARANTIAS PARA CONTRATOS.....	41
3.5	SISTEMAS ACTUALES DE GENERACION	43
3.5.1	CENTRALES HIDROELECTRICAS EXISTENTES	43
3.5.2	PLANES DE EXPANSION DEL SISTEMA	46
3.6	ELECTRIFICACION RURAL	47
3.6.1	EVALUACION ECONOMICA PARA PROVISION DE ENERGIA A ZONAS RURALES	50
3.6.2	IMPACTOS DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS.....	52
3.6.3	PARTICIPACION Y ORGANIZACIÓN EN PROYECTOS DE ELECTRIFICACION RURAL	53
CAPITULO 4.....		55
4.	CAMBIO CLIMATICO EN EL ECUADOR.....	55
4.1	INTRODUCCION	55
4.2	DETECCION DEL CAMBIO CLIMATICO EN EL ECUADOR	58
4.3	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO.....	63
4.4	EL SECTOR ENERGÉTICO Y LAS EMISIONES GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	63
4.4.1.	PROCESOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	64
4.4.2.	CONTAMINACION DE LA GENERACION ELECTRICA.....	65
4.4.3	IMPACTOS DE LOS PROCESOS DE GENERACION ELECTRICA	66
4.5	MITIGACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO EN EL ECUADOR	68
4.6	ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ECUADOR.....	72
CAPITULO 5.....		75
5.	MERCADO DEL CARBONO Y SU RELACION CON PROYECTOS HIDROELECTRICOS	75
5.1	MERCADO DE CARBONO – ENFOQUE GENERAL	75
5.2	SITUACION ACTUAL DEL MERCADO DE CARBONO EN EL ECUADOR ...	78
5.3	REQUERIMIENTOS SOBRE LA GESTION DEL CARBONO.....	80
5.4	DESARROLLO DE UN PROYECTO PARA OBTENER CER´S	81
5.4.1	DESCRIPCION GENERAL DE LA ACTIVIDAD DEL PROYECTO	81
5.4.2	METODOLOGIA PARA LA LINEA BASE	82
5.4.3	DURACION DE LA ACTIVIDAD DEL PROYECTO / PERIODO DE ACREDITACION	82
5.4.4	PLAN Y METODOLOGIA DE MONITOREO	82
5.4.5	CALCULO DE LAS REDUCCIONES DE LAS EMISIONES DE GEI POR LAS FUENTES.....	83
5.4.6	REPERCUSIONES AMBIENTALES.....	83
5.4.7	OBSERVACIONES DE LOS INTERESADOS	83
5.5	EXPERIENCIAS NACIONALES Y REGIONALES EN EL MERCADO DE CARBONO RESPECTO A PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS	84
5.6	PRECIO JUSTO DEL CARBON.....	86
5.6.1	COSTO DE TRANSACCION DE PROYECTOS MDL	87
5.6.2	PROPIEDAD DE LOS CERTIFICADOS.....	88
5.6.3	TRANSACCIONES DE CERTIFICADOS	91
CAPITULO 6.....		94

6. CASO DE ESTUDIO: DISEÑO A NIVEL DE PREFACTILIDAD DE UNA MICROCENTRAL.....	94
6.1 ANTECEDENTES.....	94
6.2 ALCANCE DEL PROYECTO.....	94
6.3 DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	96
6.3.1 GENERALIDADES.....	96
6.3.2 DESCRIPCION DEL DESARROLLO PROPUESTO.....	102
6.4 DESARROLLO TÉCNICO DEL PROYECTO.....	103
6.4.1 DESCRIPCION DE LAS OBRAS CIVILES REQUERIDAS PARA EL APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO.....	103
6.4.2 VOLUMENES DE OBRA.....	161
6.4.3 ANALISIS FINANCIERO.....	164
6.5 EVALUACIÓN DE IMPACTOS.....	169
6.5.1 CARACTERISTICAS AMBIENTALES.....	169
6.5.2 ANALISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	180
6.5.3 MEDIDAS CORRECTIVAS DE LA EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	186
CAPITULO 7.....	191
7. EVALUACIÓN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO EN EL MERCADO DE CARBONO.....	191
7.1 EL CICLO DE UN PROYECTO MDL.....	191
7.1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO:.....	192
7.1.2 ESTUDIO DE LA LÍNEA BASE, ADICIONALIDAD Y PROTOCOLO DE MONITOREO.....	192
7.1.3 DOCUMENTO DE DISEÑO DEL PROYECTO.....	201
7.1.4 APROBACIÓN NACIONAL.....	202
7.1.5 VALIDACIÓN.....	203
7.1.6 REGISTRO.....	203
7.1.7 MONITOREO.....	204
7.1.8 VERIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN.....	204
7.1.9 EXPEDICIÓN DE CERs.....	204
7.2 EL PROYECTO APLICANDO AL COMPONENTE MDL.....	205
CAPITULO 8.....	213
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	213
8.1 DESARROLLO SOSTENIBLE: UN ENFOQUE NACIONAL.....	213
8.2 DESARROLLOS HIDROELECTRICOS EN EL ECUADOR.....	214
8.3 CAMBIO CLIMATICO EN EL ECUADOR.....	216
8.4 MERCADO DE CARBONO.....	216
8.5 DISEÑO A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD DE UNA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA.....	218
ANEXOS.....	220

GLOSARIO DE TERMINOS

Adaptación: Son las acciones tomadas para ayudar a comunidades y ecosistemas para que enfrenten las condiciones del cambio climático, desde proteger márgenes de ríos para los periodos de tormenta cuando la precipitación sea fuerte, plantar especies forestales que se acomoden a temperaturas más calientes y condiciones de suelo más secas.

Financiamiento de carbón: recursos que se dan a proyectos que se encuentren reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero (o que estén por generar) en forma de compra para la reducción de estas emisiones.

Documento de financiamiento de carbón: es un documento de proyecto que contiene una descripción más avanzada del proyecto y que es entregada por el auspiciante del proyecto a la Unidad de Financiamiento de Carbón quien entrega al Comité de Manejo de los Fondos y a los comités participantes.

Mercado de Carbón: es un término popular para un sistema de canje, en donde los países podrían comprar o vender estos certificados de reducción de emisión de gases.

Certificación: es una garantía escrita por una tercera parte o una entidad designada para el efecto que tiene un tiempo de validez determinado.

Mecanismo de desarrollo limpio: este mecanismo se encuentra en el artículo 12 del Tratado de Kyoto, y sirve para que los países desarrollados financien los proyectos a los países en desarrollo a lograr un desarrollo sustentable.

Mitigación: son acciones para cortar las emisiones de gases de efecto invernadero y así reducir el potencial calentamiento global, usando fuentes limpias para la generación de energía y reemplazar el uso de combustibles fósiles.

Tonelada de Dióxido de carbón equivalente: es la unidad universal usada para indicar el potencial de calentamiento global de cada uno de los seis gases de efecto invernadero.

Validación: es la evaluación del documento del diseño del proyecto, el cual describe su diseño incluyendo su línea base y un plan de monitoreo.

Verificación: es el chequeo periódico independiente realizado por una tercera parte para monitorear la reducción de emisiones que ocurren como resultado de un proyecto MDL registrado durante el periodo de verificación.

Planta de energía/unidad: Es una infraestructura para la generación de energía eléctrica. Algunas unidades de poder en un sitio alimentan a una planta de energía, donde cada unidad puede ser operada independientemente o simultáneamente.

Capacidad de generación energía instalada: De una unidad de poder es la capacidad expresada en Watts, por el cual la unidad de poder ha sido diseñada para operar en condiciones nominales y de una planta de poder es la suma de las capacidades de energía instalada.

Adición de la capacidad de electricidad: Es el incremento de la capacidad de generación de energía instalada que puede resultar de la instalación de una nueva planta de poder o de la instalación de unidades de poder adicionales en una planta de energía existente.

Modificación o retrofit: De una planta o unidad de generación eléctrica es el cambio que conduce a la adición de la capacidad de electricidad

Generación de electricidad neta: Es la diferencia entre la cantidad total de la generación eléctrica generada por una planta o unidad de poder y un consumo de electricidad auxiliar de la unidad o planta de poder.

Sistema del proyecto eléctrico: Es una extensión espacial de las plantas de poder que físicamente están conectadas a través de líneas de distribución y transmisión y que puede ser despachado sin restricciones significantes de transmisión.

Aplicabilidad: Esta metodología es aplicable a las actividades de proyectos de generación de energía renovable interconectada relacionadas con las adiciones de capacidad eléctrica

SIGLAS

MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
GEI	Gases de Efecto Invernadero
CO2	Monóxido de carbono
Ton CO2 eq	Tonelada de Carbón equivalente
PIN	Project Idea Note
CORDELIM	Corporación para la promoción del Mecanismo de Desarrollo Limpio
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
BM	Banco Mundial
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
CONELEC	Consejo Nacional de Electrificación
INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
CFN	Corporación Financiera Nacional
CNRH	Consejo Nacional de Recursos Hídricos
GS	Gold Standard
UNFCCC	Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas
FODEL	Fondo para el Desarrollo de Energías Limpias
FERUM	Fondo Ecuatoriano de Electrificación Rural y Marginal
LRSE	Ley de Régimen del Sector Eléctrico
MEM	Ministerio de Energía y Minas
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CATEG	Corporación para la administración temporal eléctrica de Guayaquil
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
PMA	Plan de Manejo Ambiental
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental
EIAD	Estudio de Impacto Ambiental Definitivo
FNE	Flujo neto efectivo del periodo n, o beneficio neto después de impuesto más depreciación.
VS	Valor de salvamento al final del periodo n

TMAR	Tasa mínima aceptable de rendimiento o tasa de descuento
VPN	Valor presente neto
CMeLP	Cálculo del Costo Medio de Largo Plazo
ENYA	Corporación de Energía y Ambiente
EPN	Escuela Politécnica Nacional
SNI	Sistema Nacional Interconectado
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
CER	Certificado de Reducción de Emisiones
VER	Reducción de Emisiones Verificadas
FONAM	Fondo Nacional del Ambiente
IGM	Instituto Geográfico Militar
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno
CAF	Corporación Andina de Fomento
MOP	Ministerio de Obras Públicas
DOE	Entidad Operacional Designada

CAPITULO 1

1 INTRODUCCION Y OBJETIVOS

1.1 INTRODUCCIÓN

Para alcanzar el desarrollo sustentable es necesario tener equilibrio entre crecimiento económico y preservación de los recursos naturales, con el uso racional de la energía, la sustitución de energías que producen gases de efecto invernadero y además que los costos y beneficios sean repartidos equitativamente entre la población actual y futura.

El presente estudio se enfoca en el desarrollo de proyectos que encaminen al modelo energético hacia la sostenibilidad, con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de las comunidades pobres ubicadas en zonas rurales aisladas.

El uso de energías renovables y eficiencia energética a todo nivel permitirá reducir el uso de los combustibles fósiles y liberar así las divisas que puedan aprovecharse para el desarrollo del país, es por tanto necesario que en el Ecuador se implemente propuestas de acciones y políticas en energías renovables para que el país avance hacia una sociedad sostenible.

Uno de los mas grandes problemas ambientales que afectan no solo regionalmente sino globalmente es el cambio climático, el incremento de las emisiones mundiales de los Gases de Efecto Invernadero han ocasionado un calentamiento global sin fronteras, que sin la aplicación de medidas correctivas respecto al uso de energías esto podría llegar a producir cambios ambientales catastróficos e irreversibles. Una de las primeras acciones que debe emprender el Estado Ecuatoriano en el sector energético es fomentar y crear mecanismos para facilitar la producción de energía con fuentes renovables y su incorporación en la matriz energética del Ecuador. Los fondos para la financiación de estos proyectos pueden venir de fondos de

cooperación internacional, mecanismos de desarrollo limpio (MDL), tarifas verdes o créditos de organismos multilaterales en condiciones preferenciales.

Proyectos enfocados a la mitigación del cambio climático y que produzcan beneficios reales al clima puede ser parte del Mecanismo de Desarrollo Limpio. El Ecuador es un país que cuenta con un potencial hidroeléctrico muy significativo que deberá ser aprovechado para la generación de energía y así satisfacer la demanda nacional, los proyectos que se desarrollen con esta tecnología enmarcada dentro del uso racional y sostenido de los recursos naturales, además con la inmersión integral del factor humano en su conjunto como objeto y como sujeto de los proyectos, pueden aplicar al MDL, en el presente estudio se desarrolla la metodología y procesos que debe seguir un proyecto para ser parte del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

Dentro de este contexto el proyecto desarrollado es el aprovechamiento hidroeléctrico de los ríos Wawayme y Tundayme ubicados al noreste de la provincia de Zamora Chinchipe y sureste de la provincia de Morona Santiago donde ambas limitan entre sí y con el Perú, hacia el este. Las relaciones ecológicas y socioculturales que coexisten al interior de la zona de estudio son frágiles y conflictivas.

El proyecto hidroeléctrico Wawayme y Tundayme tiene un interés social y ambiental, generando empleo para el mejoramiento del nivel de vida de la población de influencia directa, con el uso respetuoso de los recursos naturales disponibles dentro de la zona. Por tanto el proyecto se encaja dentro del contexto de proyectos que pueden ser parte del Mecanismo de Desarrollo Limpio y así obtener créditos de carbono.

El Mercado de Carbono funciona como cualquier otro mercado, se compra y se vende, los países desarrollados son los compradores y los vendedores son empresas con inversiones nuevas que desplazan toneladas de CO₂ y otros gases contaminantes o que aplican eficiencia en la producción, principalmente en países en desarrollo. El Mercado de Carbono es la solución para frenar o aplacar la emisión indiscriminada de gases CO₂ a la atmósfera.

Los bonos de carbono son un mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones contaminantes al ambiente.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Es una necesidad nacional la implementación de proyectos hidroeléctricos en zonas rurales y aisladas del país, el principal objetivo es combatir la pobreza, restringir la migración del campo a la ciudad y fomentar el aprovechamiento de fuentes de energías limpias y renovables.

El agua es un recurso estratégico de proyectos para el desarrollo humano y sustentable, lamentablemente a pesar de tener una relativa abundancia no se ha tenido la sabiduría para usarla inteligentemente, apenas un pequeño porcentaje equivalente al 5% de los recursos hídricos renovables para electrificación son encaminados a subsanar los requerimientos de la población y sus actividades económicas.

La energía eléctrica hoy en día es un elemento indispensable para la mayoría de las actividades de la vida moderna. Es por esto que la calidad del suministro debe ser mejorada lo cual permitirá el desarrollo mismo de los pueblos y mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos. El proyecto de investigación pretende ser un primer paso al aprovechamiento de recursos hídricos para la generación de energía hidroeléctrica a pequeña escala con la aplicación de los mecanismos de desarrollo limpio para la obtención de créditos de carbón.

Debido a nuestra situación social, económica y política en el Ecuador, se crean nuevos desafíos que con la intervención de empresas privadas y grupos independientes se lograrán resolver con la realización de estudios para la ubicación de posibles proyectos con la participación de organismos descentralizados, actores locales y regionales.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

El principal objetivo para el desarrollo de proyectos sostenibles en zonas rurales es el de mejorar la calidad de vida de las comunidades que viven en zonas aisladas para esto es fundamental promover el uso de energías renovables, transferencia de tecnología, recursos financieros, desarrollo de capacitación y difusiones de las tecnologías respetuosas del medio ambiente.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Análisis de la situación energética rural y del desarrollo sostenible en el Ecuador.
- Revisión del marco legal del sector energético y eléctrico para la población rural.
- Cuantificar el beneficio del uso de energías renovables versus la emisión de gases de efecto invernadero por medio del desarrollo de proyectos hidroeléctricos de pequeña escala.
- A manera de ejemplo, diseñar a nivel de prefactibilidad una minicentral hidroeléctrica para la zona de interés.
- Evaluar ambiental, social y económicamente el proyecto para el cálculo de beneficios.
- Establecer una guía para el desarrollo de proyectos hidroeléctricos de pequeña escala aplicando componentes MDL.

1.4 ESTRUCTURA Y USO DE ESTE ESTUDIO

Este estudio apunta al interés de dar a conocer las reglamentaciones que se encuentran vigentes en el sector eléctrico, especialmente el hidroeléctrico y sus organismos reguladores competentes. Además dar a conocer los conceptos y aplicaciones de los proyectos que utilizan los componentes de mecanismo de desarrollo limpio a través de un ejemplo práctico.

Este estudio se lo ha dividido en 8 capítulos, cada capítulo tiene una secuencia lógica y se encuentra ilustrado con gráficas, tablas y diagramas de flujo para un mejor entendimiento, así se tiene que en los capítulos 2 y 3 una investigación sobre el desarrollo sostenible aplicado al panorama energético actual, políticas de desarrollo y el marco legal energético que tiene normativas para proyectos hidroeléctricos específicas, además se realizó un resumen de los trámites para concesiones, participación y organización de proyectos.

En los capítulos 4 y 5 tratan del cambio climático, potencial de calentamiento, los impactos que la producen, la mitigación, adaptabilidad, mercado de carbono y su relación con proyectos hidroeléctricos, experiencias nacionales y regionales, transacciones de los certificados de reducción de emisiones y como manejarlos.

En el capítulo 6 se encuentra el diseño a nivel de prefactibilidad de dos microcentrales hidroeléctricas, que para este caso de estudio fueron las evaluadas en las cuencas de los ríos Wawayme y Tundayme, se realizó además un análisis financiero y una evaluación de impactos, toda esta evaluación sirvió para el capítulo 7 que es la aplicación del proyecto al mercado de carbono, en éste capítulo además se encuentra una Nota Idea del Proyecto (PIN) que sirve para promocionar el proyecto en la página Web del CORDELIM para buscar posibles compradores.

El capítulo 8 recopila las conclusiones y recomendaciones de los capítulos anteriores.

Las hojas de cálculo, mapas, y otros anexos se encuentran adjuntos en el anexo magnético en el caso de una revisión más detallada, y que podría servir a técnicos que deseen ampliar y extender esta investigación conduciéndola a un nivel de factibilidad y diseño definitivo.

CAPITULO 2

2. DESARROLLO SOSTENIBLE: UN ENFOQUE NACIONAL

2.1 INTRODUCCIÓN AL DESARROLLO SOSTENIBLE

El impacto ambiental de las actividades humanas no es un fenómeno homogéneo, depende del modo de vida y de las condiciones del entorno. La concentración de riqueza y de los beneficios de los países del Norte, desarrollados y dominantes, frente a la pobreza de los países del tercer mundo, genera grandes tensiones sobre el uso de los recursos naturales, tal fenómeno se agudiza a medida que avanza el proceso de globalización que busca mejorar la productividad y que no se centra precisamente en satisfacer las verdaderas necesidades, eliminar las desigualdades y favorecer el bienestar de la sociedad en conjunto.

La necesidad de introducir el concepto de desarrollo sostenible surgió a raíz de que los recursos naturales del planeta estaban siendo esquilados a consecuencia de un desarrollo económico y tecnológico mal planteado, que sólo tenía en cuenta las necesidades humanas actuales sin preservar las de generaciones futuras.

En la cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, en 1992 se habló por 1ª vez de "desarrollo sostenible", definiéndose como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras, tomando en cuenta tanto los desafíos ambientales globales como también los aspectos sociales mas trascendentes de las naciones.

Desarrollo sustentable implica equilibrio entre el crecimiento económico para la población en general y la renovabilidad de los recursos, para esto es necesario cambios políticos, económicos, fiscales industriales y de manejo de recursos naturales tanto bióticos como energéticos dentro del proceso del desarrollo sustentable.

La sostenibilidad esta formada por un triangulo institucional, compuesto en cada vértice por la economía, la ecología, y el aspecto sociocultural.

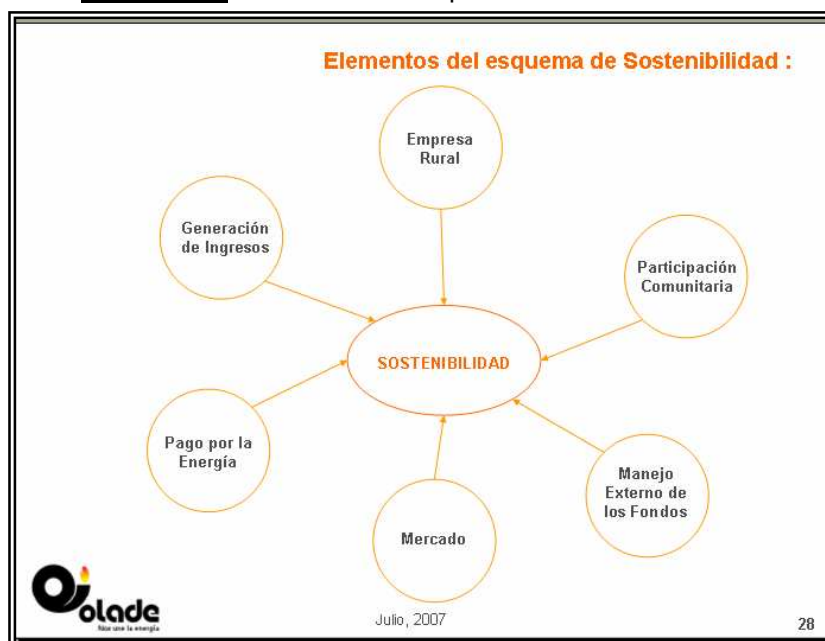
2.1.1 DESARROLLO SUSTENTABLE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Sostenible y sustentable se consideran como sinónimos, sustentable se refiere a la posibilidad, de un hecho o fenómeno de tener un basamento de apoyo, soporte o sustentación para asegurar su permanencia en el tiempo de presentarse la oportunidad de su ocurrencia; sostenible se entiende como un proceso o hecho que una vez ocurrido puede mantenerse activo en el tiempo o continuar en operación eficiente. Los términos sustentable y sostenible se los puede usar de manera equivalente; a diferencia del concepto sostenido que remite a la permanencia de un ritmo y nivel a lo largo del tiempo.

2.2 ESQUEMA DE SOSTENIBILIDAD

Se ha desarrollado un mecanismo nacional de sostenibilidad dentro del campo de electrificación rural, con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de las comunidades pobres, usando la energía como una herramienta para el desarrollo rural integral. El esquema de este mecanismo se presenta en el Gráfico 2.1.

Dentro de este esquema de sostenibilidad se pretende involucrar a todos los actores y factores que intervengan dentro de un proyecto para fortalecer los procesos de decisión, reducir la vulnerabilidad en la sostenibilidad de los proyectos de energía rural, establecimientos de procesos de identificación, formulación, ejecución y puesta en marcha de proyectos, teniendo un enfoque integrado de desarrollo, con la plena participación de la población rural con el apoyo del gobierno o inversión privada.

Gráfico 2.1: Elementos del esquema de sostenibilidad

Fuente:OLADE, Curso de Especialización en Energías Renovables, 2007

2.2.1 TIPOS DE SOSTENIBILIDAD

Para poder llegar a la meta del desarrollo sustentable, se debe tener equilibrio entre crecimiento económico y renovabilidad en los recursos, es así que se tienen diferentes tipos de sostenibilidad¹

2.2.1.1 Sostenibilidad Ecológica

Cuando el ecosistema mantiene las mismas características de especies y poblaciones que son esenciales para la supervivencia a largo plazo. La preservación de estos recursos naturales se puede alcanzar con el uso racional de la energía, la sustitución de energías que producen gases de efecto invernadero por procesos limpios en producción, transporte y uso de energía.

2.2.1.2 Sostenibilidad Económica

Cuando el manejo, gestión y administración de los recursos naturales permiten seguir con el mismo sistema económico con el que se lo ha venido desarrollando.

¹, REÁTEGUI, L. *Fundamentos del Desarrollo Sostenible*.

Con éste último concepto está asociada la intensidad energética como eje central en la dimensión económica, esto significa la eficiencia en los procesos energéticos y uso racional de la energía.

2.2.1.3 Sostenibilidad Social

Cuando los costos y beneficios son distribuidos de manera equitativa entre la población actual y la venidera durante la vida útil del proyecto, a pesar de que parezca contradictorio a corto plazo, a largo plazo se convierte en una obligación.

Esta sostenibilidad implica como mínimo que todos los individuos cubran sus necesidades básicas energéticas de una manera práctica y eficaz pero dentro de sus posibilidades económicas.

La mayoría de proyectos en sectores rurales tienen un enfoque estratégico basado en los esfuerzos de la población cercana al proyecto, generalmente apoyado por entidades locales o nacionales.

Para que exista el desarrollo sostenible completo en un proyecto a más de cumplir con los tipos de sostenibilidad, debe asegurar la participación ciudadana efectiva para la toma de decisiones, un sistema económico que maneje de forma adecuada la relación beneficio-costos mayor a 1, un desarrollo de producción que obligue la preservación de la base ecológica, un desarrollo tecnológico que busque nuevas soluciones y un sistema administrativo que sea flexible para poder realizar los cambios que fuesen necesarios para corregirse así mismo.

Los organismos internacionales como el BM o el PNUD hacen un acercamiento para la identificación, entendimiento y planteamientos conceptuales para un desarrollo sostenible².

Se debe dar igual prioridad a cada uno de los elementos que determinan el desarrollo sin negarles su dinámica propia, tomando en cuenta que se requiere de

²CASTRO, Marcos. "Cambio Climático y Desarrollo Sostenible". Tesis de Pregrado, Karlsruhe/Quito

un entendimiento multidisciplinario que promueve la integración y la participación de todos los grupos sociales y técnicos en el desarrollo para la implementación de este nuevo concepto de sostenibilidad.

Para la medición de la sostenibilidad existe una clasificación que incluye otras formas de capital que son importantes individual y colectivamente, como muy bien se lo detalla en el trabajo al que se hace referencia³, esa así que el conjunto de los capitales: fijo, natural, humano y social llamado también stock de capital establece el capital inicial y capta su dinámica a lo largo de las actividades, interpretado como dejar la misma cantidad y calidad del capital natural a las generaciones futuras.

Para el caso en que exista reducción del capital natural, éste podría ser justificado si es por inversión en capital humano, por ejemplo educación a la niñez para un incremento de oportunidades, de esta manera se establecería límites de sustitución entre los tipos de capital, que estaría por sobre la restricción ecológica.

Con una buena estrategia de desarrollo energético sostenible que tome en cuenta todos los elementos antes mencionados: económicos, ecológicos y sociales es posible llegar a ese equilibrio entre desarrollo y conservación. Por el contrario el agotamiento por la sobreexplotación de los recursos no renovables reducen las opciones económicas y sociales para el desarrollo humano.

2.3 PERSPECTIVAS Y RETOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

Las situaciones más graves que hoy enfrenta la sociedad son: las grandes necesidades de una población creciente y la degradación del ambiente y de los recursos naturales. Estos problemas están íntimamente relacionados ya que para satisfacer tales necesidades se requiere aumentar la capacidad productiva de los recursos naturales. La clave de un crecimiento sostenible no es pues producir menos, sino hacerlo de forma diferente.

El desarrollo sostenible se propone trabajar en aspectos como:

Pobreza: la pobreza ha sido identificada como una de las principales amenazas para un desarrollo ambientalmente seguro. En América Latina más del 50% de la población es pobre y la mayoría (80%) de los pobres de la región vive en áreas ecológicamente vulnerables. De esta forma, a la insustentabilidad económica y social de la modalidad de desarrollo dominante a nivel regional, se suma la insustentabilidad ambiental, con lo que se cierra un círculo vicioso entre subdesarrollo, pobreza y deterioro ambiental.

Un reto del desarrollo sostenible es erradicar la pobreza, promover la participación equitativa, proveer de los servicios básicos, educación, y promocionar el desarrollo social y humano

Protección y gestión de los recursos naturales: Biodiversidad, aguas, suelos, atmósfera y la interrelación entre todos ellos están sufriendo los efectos del uso desproporcionado. Uno de los problemas más acuciantes es el calentamiento global de la atmósfera por el llamado efecto invernadero. La tierra recibe radiación solar y los gases invernadero de la atmósfera mantienen la temperatura del planeta, sin embargo, una concentración excesiva de estos gases a causa de las emisiones producidas por la industria y agricultura (dióxido de carbono, metano, clorofluorocarbonos, etc.), colaboran en el aumento de la temperatura global, al exceder el nivel de gases necesarios para mantener la temperatura reflejada por la superficie terrestre.

Dentro de la estrategia para mitigar los efectos es gestionar la eficiencia en el uso del agua, garantizando la cantidad y calidad de la misma, adoptar modelos para atender la vulnerabilidad, evaluación de riesgos y gestión de desastres; estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero, protección de la capa de ozono, bosques, biodiversidad, prevención de la sequía y la desertización.

Patrones insostenibles de producción y consumo: Entre los principales problemas ambientales de la actualidad se hallan la erosión, salinización y reducción de la capacidad productiva de los suelos; la deforestación; pérdida de la diversidad

biológica; la contaminación atmosférica, marina y de las vías fluviales; así como la contaminación provocada por desechos urbanos y residuos peligrosos.

El control de la contaminación no será posible si no se cambian las tendencias del consumo y las pautas de comportamiento. Es necesario desarrollar programas de sensibilización, producción limpia y eco-eficiente, establecer leyes que regulen la producción en industrias, disminuir residuos, políticas que regulen el uso de sustancias químicas.

Energía: Una parte significativa de la contaminación atmosférica se atribuye al sector energético, que mantiene una elevada dependencia de la producción y consumo de combustibles fósiles, especialmente petróleo, y bajos niveles de eficiencia energética.

Los sectores mayoritarios de la población rural y urbana de bajos ingresos no tienen acceso a los servicios energéticos básicos con la calidad requerida. La leña, cuya utilización ineficiente tiene efectos sumamente nocivos para la salud, la economía y el medio ambiente, continúa ocupando el primer lugar en la estructura del consumo energético residencial de América Latina.

En este escenario es fundamental promover el uso de energías renovables, transferencia de tecnología, recursos financieros, desarrollo de capacitación y difusiones de las tecnologías respetuosas del medio ambiente.

El desarrollo sostenible se propone, entonces, como el mecanismo que puede evitar tal conflicto y permitir a las sociedades actuales y futuras mantener y/o elevar su calidad de vida, además de conservar y restaurar los recursos naturales.

La sustentabilidad implica conciencia, sensibilidad, responsabilidad, cambios de actitudes y políticas ciudadanas, aspectos éticos, culturales y religiosos, así como patrones de consumo y estilos de vida. El verdadero reto para alcanzar el desarrollo sostenible es no sólo lograr la conjunción y participación de todos los sectores de

una sociedad determinada, sino el compromiso global de todos los grupos sociales que habitan nuestro planeta.

2.4 PANORAMA ENERGETICO Y SOSTENIBILIDAD

Un modelo descentralizado y con proyectos de capacidad más pequeña, podrían desarrollar modelos basados en energías renovables, reduciendo la distancia de la generación de energía al consumidor, no solo reducimos pérdidas por transporte, sino responsabilizamos al consumidor de su uso. No sólo se trata de tecnologías eficientes si no de una reducción de consumo en cifras absolutas.

Para avanzar en un modelo energético sostenible y sus implicaciones sociales y ambientales, es necesario desarrollar una campaña de concienciación e implicación colectiva hacia la nueva cultura de la energía, basada en el ahorro, la eficiencia y el aprovechamiento de energía renovable.

Desde las ciudades se pueden poner en marcha medidas eficaces, como fomentar el transporte público, centralizar los sistemas energéticos, potenciar las energías renovables y efectuar una valorización energética de los residuos, entre otros.

Se debería establecer un compromiso colectivo e individual, que cuente con la implicación del sector público y del privado, así como de la ciudadanía; que se transforme en una actuación inminente a favor de la optimización de los recursos energéticos y de la lucha contra el cambio climático. Para alcanzarlo, los instrumentos disponibles son la gestión de la demanda, la mejora del ahorro y la eficiencia, y la diversificación y mejora de las vías de abastecimiento, especialmente de las fuentes autóctonas y renovables.

Anteriormente los gobiernos de turno han confiado mucho en los sectores privados para el desarrollo de la generación eléctrica del país con resultados muy pobres por diversas razones, en el artículo 68 de la Ley del Sector Eléctrico, se puede encontrar que “El CONELEC impulsará e instalará en todo el territorio nacional mini centrales

eléctricas, para utilizar los variados recursos hídricos que tiene el Ecuador. Las minicentrales generarán electricidad hasta un límite de 10 MW”, también se puede encontrar en el artículo 10 de la Ley Especial de Descentralización del Estado y de Participación Social, donde indica que “Los Consejos Provinciales conjuntamente con las empresas eléctricas promoverán el desarrollo de proyectos hidroeléctricos “. Esto nos lleva a la conclusión que existe la ley creada para impulsar a proyectos hidroeléctricos con la participación social, pero por falta de seguridad jurídica y política no se ha podido cumplir con el mandato legal, por lo que es indispensable que el gobierno obligue al cumplimiento de estas disposiciones legales, existen varios mecanismos como los citados a continuación³:

1. Ampliación y actualización de la información contenida en catálogos de proyectos hidroeléctricos publicados por el ex – INECEL y la CFN; para que los interesados tengan mayores elementos de juicio.
2. Promoción y difusión de los nuevos catálogos, tanto a nivel nacional como internacional.
3. Reforzar institucionalmente a las entidades seccionales que estén interesadas en desarrollar proyectos de hidroelectricidad.
4. Facilitar la concesión de créditos a las entidades seccionales que estén interesadas en construir proyectos hidroeléctricos, ya que por falta de garantías para el pago de los préstamos no pueden acceder a los mismos.
5. Para viabilizar la obtención de créditos por parte de los municipios que no tienen la posibilidad de ofrecer las debidas garantías, promover la realización de alianzas estratégicas con los Consejos Provinciales.
6. Dar seguridad política, jurídica y económica a los inversionistas que quieran traer capitales del exterior.
7. Revisar los costos de transmisión y de distribución a fin de acercarlos tanto cuanto sea posible a su valor real.
8. Posibilitar la firma de compromisos de compra-venta de energía entre las empresas de distribución y los futuros generadores que así lo desearan, bajo las condiciones que, de mutuo acuerdo suscriban.

³BARRAGÁN, R. *Artículos de la corporación para la Investigación Energética*. (2007).

Sería importante añadirle a esto la posibilidad de evaluar los medios para facilitar los procesos de canje de CO₂ en el mercado internacional de acuerdo a las normas de las convenciones climáticas.

Con el nuevo gobierno, el panorama energético del país ha tomado una visión diferente, en la Primera Cumbre Energética Sudamericana que se realizó en Venezuela en abril del 2007, se puso mucho énfasis en el uso de energías renovables para evitar la aceleración del cambio climático debido al calentamiento global, éstas energía cumplen un papel importante en la diversificación de la matriz de energía primaria, la seguridad energética, la promoción del acceso universal a la energía y la preservación del medio ambiente. Se reiteró el compromiso para el acceso de la energía como un derecho ciudadano fortaleciendo los compromisos entre los países que integraron esta cumbre sobre la base del uso sostenible de sus recursos y potencialidades energéticas.

En ésta cumbre se habló de la importancia de la intervención del Estado, la sociedad y las empresas del sector para un proceso de integración energética para lograr el tan perseguido equilibrio entre los intereses del país, necesidades de los pueblos y eficiencia sectorial.

El recién creado Ministerio de Electricidad y Energía Renovable se encuentra trabajando en la implementación de un plan maestro de manejo ambiental para el desarrollo sostenible de toda una región que conlleva el uso adecuado de los recursos, entre ellos se encuentra la hidroelectricidad. El objetivo es “lograr desarrollo sostenible del Ecuador con justicia social y libertad, reposicionando al Estado como planificador, regulador y promotor de la economía en armonía con el sector privado”⁴

2.4 POLITICAS Y ESTRATEGIAS - GESTION DE PROYECTOS HIDRICOS SOSTENIBLES

⁴ VALDIVIESO J. Art. *La Voz*. Marzo 2007

La adaptación de (i) información y concientización; (ii) planificación; (iii) implementación, y (iv) evaluación en el desarrollo de proyectos es un proceso iterativo con una serie de ciclos de política e implementación, que deben ser considerados para su efectividad. Existe retroalimentación en cada etapa del proceso, otra característica del proceso de adaptación es que las políticas y los programas de desarrollo que procuran utilizar los recursos en forma sostenible, y que pueden responder efectivamente ante distintas condiciones como el cambio climático, serían beneficiosos para los países de la región incluso que tienen un porcentaje de afectación muy pequeño en relación a los países industrializados.

2.4.1 PRINCIPIOS DE POLITICA

Los siguientes conceptos dan a entender de mejor manera los principios de política sobre la gestión de los recursos hídricos⁵

- a) **Bien Nacional:** El agua es un bien nacional de uso público que por ley le pertenece al estado o quienes por ley obtengan estos derechos. Este valioso recurso es esencial para la vida, para su desarrollo socio-económico y para el ambiente.
- b) **Papel del Estado:** Corresponde al estado asumir el mando sobre la gestión de estos recursos hídricos, lo hace a través de normas regulatorias y del Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) como eje principal en el manejo de los mismos, contando con el apoyo de otras instituciones que mas adelante serán descritas. Las normas deben garantizar que el uso del recurso sea de beneficio de la sociedad. *Los principios de eficiencia y equidad deben regir la conservación, aprovechamiento, distribución, control y gestión integral del agua, conforme a los preceptos constitucionales.*
- c) **Sostenibilidad:** Para asegurar la protección del medio ambiente asociado se debe aprovechar el recurso de manera sostenible.
- d) **Bien Económico:** Debido a que el agua es un recurso económico, éste debe ser manejado con el sistema jurídico y económico que regulan su uso.
- e) **Apoyo a los débiles y equidad social:** El Estado debe cumplir y hacer cumplir el principio de distribución equitativa de los beneficios del desarrollo

⁵ CNRH. *Gestión de los Recursos Hídricos*, Informe Ejecutivo. (2002)

económico, lucha contra la pobreza y apoyo a los sectores marginados para la satisfacción de sus necesidades básicas promoviendo el acceso a los recursos hídricos.

- f) Descentralización y gestión integrada:** La Constitución es el fundamento de la descentralización política y administrativa en los niveles provincial y cantonal que debe armonizar con el principio establecido de la necesidad de una gestión integrada de los recursos en el ámbito territorial de la cuenca hidrográfica.
- g) Participación:** La política de aguas debe tener la participación de la comunidad (usuarios), y de organizaciones sociales, reflejando de éste modo el carácter del bien social, económico, ambiental y cultural de los recursos hídricos.
- h) Información:** Los recursos hídricos como parte del ciclo hidrológico tiene componentes que interactúan con otros elementos del medio en donde se encuentra, por eso en la aplicación de las políticas de agua es importante tomar en cuenta aspectos científico – técnicos para entender la complejidad de los procesos hidrológicos.

2.4.2 POLITICAS DE DESARROLLO SUSTENTABLE

El Ministerio del Ambiente en el año 2000, definió las Estrategias Ambientales para el Desarrollo Sustentable del Ecuador, donde el objetivo principal es “el mejoramiento de la calidad de vida de los ecuatorianos y una nueva concepción del desarrollo, basado en la solidaridad, participación democrática y el respeto a la vida y sus procesos” así como “equidad social”.

En cuanto a los recursos hídricos éstas estrategias definen que el Ecuador “protegerá el agua mediante regulaciones y controles estrictos sobre el manejo integral, desde las fuentes que la generan hasta su descarga final y preservará las reservas y la calidad del recurso”

2.5 DESAFIOS PARA LAS ENERGIAS RENOVABLES CON ENFOQUE SOSTENIBLE EN EL ECUADOR

Todo tipo de proyecto debe apuntar a un estándar de oro o mas conocido como “Gold Standard”(GS), ya que debe demostrar su fuerte y significativa contribución al desarrollo sostenible a través de un enfoque social de participación activa con los actores principales con el objetivo de ser transparentes y flexibles.

El CORDELIM asemeja el desarrollo de un proyecto GS con un MDL ya que no solo requiere de un desarrollo sostenible sino también que no tenga impactos negativos al ambiente y cumpla los requerimientos adicionales de la UNFCCC.

2.5.1 ECUADOR Y SUS REFORMAS: HACIA UNA SOCIEDAD SOSTENIBLE

Ecuador vive momentos cruciales ante un cambio radical del equilibrio político tradicional, en el cual las fuerzas políticas dominantes ahora son los movimientos sociales. En poco tiempo se instalará una asamblea constituyente que dictará una carta magna, donde lo que se busca principalmente es mayor equidad y responsabilidad estatal, con un principio de presencia del Estado en todos los sectores económicos y sociales del país.

El Estado Ecuatoriano en el año 2004 subsidió 114 millones de dólares en combustible para centrales térmicas colaborando así al impacto por el uso de combustibles fósiles que es uno de los causales para el calentamiento global, aquí se puede ver que se necesita tomar acciones para revertir esta situación a corto o mediano plazo. La creación de propuestas de acciones y políticas en energías renovables y eficiencias energéticas en el Ecuador se hace necesaria en este punto para que el país avance hacia una sociedad sostenible.

La introducción de energías renovables y eficiencia energética a todo nivel permitirá reducir la dependencia en el uso de los combustibles fósiles y liberar así las divisas que pueden aprovecharse para el desarrollo del país.

Una de las primeras acciones que debe emprender el Estado Ecuatoriano en el sector energético es fomentar y crear mecanismos para facilitar la producción de energía con fuentes renovables y su incorporación en la matriz energética del

Ecuador. Los fondos para la financiación de estos proyectos pueden venir de fondos de cooperación internacional, mecanismos de desarrollo limpio (MDL), tarifas verdes o créditos de organismos multilaterales en condiciones preferenciales.

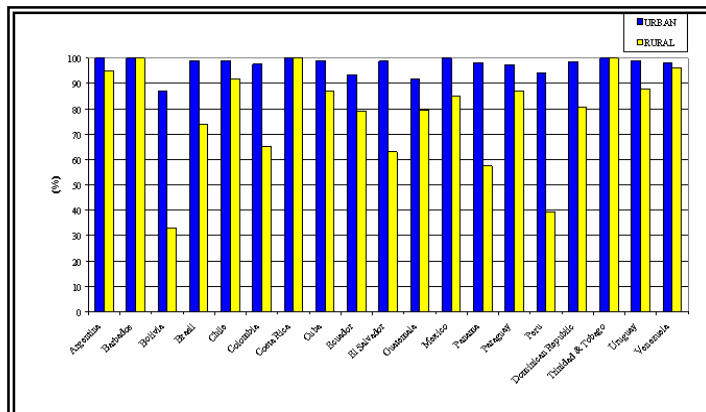
De acuerdo a un artículo en energías renovables y eficiencia energética [Sánchez Santiago, 2005], se debe conformar un fondo para el desarrollo de energías limpias (FODEL) con aportes de al menos un 10% del FERUM para ser destinados a la investigación y desarrollo de energías renovables, y otra parte entregada como financiamiento a proyectos sostenibles en zonas rurales que sean de beneficio social.

2.5.2 EL CONTEXTO DE LA ENERGIA RURAL EN EL ECUADOR

En Ecuador al igual que en el resto de países latinoamericanos, el acceso a la energía en zonas rurales es limitado debido a que hay poblaciones dispersas, inconexas y energéticamente aisladas, así como marginada del mercado energético nacional y que representan un 79.1% de la población del país, este porcentaje se encuentra entre los más altos de América Latina y el Caribe. En el gráfico 2.2 se observa la cobertura eléctrica en zonas rurales de América Latina y el Caribe. Se determina que la cobertura regional es del 95%, existiendo un incremento sustancial a partir de los años 80's en países como Bolivia, El Salvador, Guatemala, Panamá, República Dominicana, Paraguay, Perú y se mantiene una baja cobertura en: Haití, Nicaragua, Surinam.

Los países de América Central requieren apoyo adicional para incrementar su cobertura de energía rural (60%)

Gráfico 2.2: Cobertura eléctrica en áreas rurales en América Latina y el Caribe



Fuente: OLADE, Curso de Especialización en Energías Renovables, 2007

En el capítulo 3 a continuación, se tiene un mayor detalle del sector hidroeléctrico en el país.

CAPITULO 3

3. LOS PEQUEÑOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS EN EL ECUADOR

3.1. VISION GENERAL

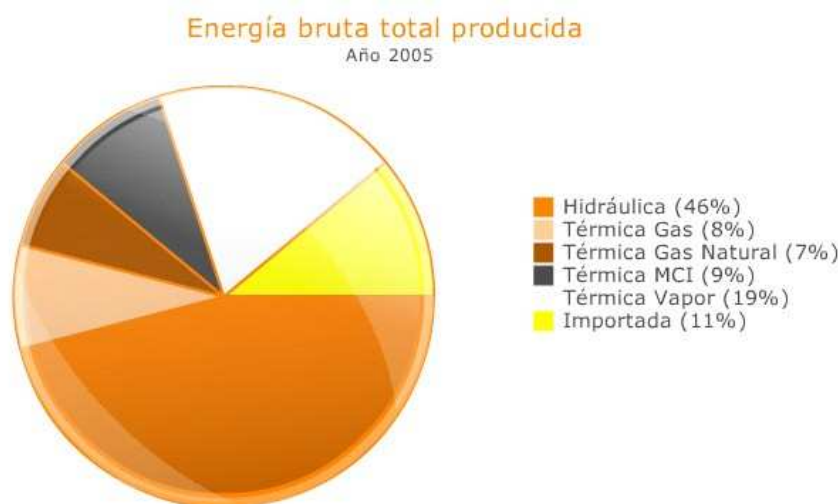
La energía eléctrica hoy en día es un elemento indispensable para la mayoría de las actividades de la vida moderna. Es por esto que la calidad del suministro debe ser mejorada lo cual permitirá el desarrollo mismo de los pueblos y mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos.

En el Ecuador la generación de energía eléctrica comenzó en 1897, con una potencia de 12KW y hasta 1961 con la implementación masiva de pequeñas centrales hidroeléctricas se instaló una potencia de 120 MW, en el mismo año se creó el Instituto Nacional de Electrificación (INECEL), cuyo objetivo era integrar el sistema eléctrico nacional. Durante su período de duración el INECEL desarrolló las grandes centrales de generación, dejando un balance positivo en el desarrollo de proyectos que permitieron el aprovechamiento de los recursos renovables y no renovables para la generación de energía eléctrica y el progreso del país.

En el Ecuador se han implementado proyectos que pretenden vencer los retos en el sector eléctrico mediante el fortalecimiento de instituciones regulatorias, el mejoramiento del manejo ambiental y el uso eficiente de la energía.

La cobertura nacional de los servicios de energía es del 89.7 %, en el área urbana el 93.3 % y en el área rural el 79.1 %. En el país existen 20 empresas distribuidoras, ocho empresas de generación térmica, 5 de generación hidráulica y una sola de transmisión. Los servicios de energía eléctrica en el Ecuador provienen, en cifras anuales: de la generación de energía hidráulica, en el 46%, de la térmica en el 43% y de importaciones un 11%.

En el gráfico 3.1 se muestra la distribución de fuentes de energía producida en el Ecuador.

Gráfico 3.1: Energía bruta total producida

Fuente: Subsecretaría de Electrificación, 2006

El Ecuador es un país que cuenta con un potencial hidroeléctrico y geotérmico muy significativo que deberá ser aprovechado para la generación de energía y así satisfacer la demanda nacional, enmarcada dentro del uso racional y sostenido de los recursos naturales además con la inmersión integral del factor humano en su conjunto con objeto y como sujeto de los proyectos y así lograr el desarrollo integral humano y sostenible.

3.2. MARCO LEGAL DEL SECTOR HIDROELECTRICO

El sector eléctrico está regulado por dos leyes principales, la Ley del Régimen del Sector Eléctrico (LRSE) con sus reformas y la ley del Fondo Ecuatoriano de Electrificación Rural y Marginal (FERUM). Estas leyes también regulan la actividad hidroeléctrica en el país, la actual Ley de Electrificación (expedida el 10 de octubre de 1996, mediante registro oficial No.43) incluye:⁶

- a) Reglamento de concesiones, permisos y licencias
- b) Reglamento de tarifas
- c) Reglamento de suministro para el servicio de electricidad
- d) Reglamento para el funcionamiento del MEM

⁶ CONELEC. *Catálogo de generación eléctrica del Ecuador*. Septiembre, 2005.

- e) Reglamento de despacho y operación
- f) Reglamento para importación y exportación de energía
- g) Reglamento de libre acceso a los sistemas de transmisión y distribución
- h) Reglamento ambiental para actividades eléctricas
- i) Reglamento antimonopolio

Por su parte el CONELEC ha emitido regulaciones que establecen reglas claras para los agentes de mercado eléctrico, las principales se encuentran detalladas en el Catálogo de generación eléctrica del Ecuador.

3.2.1 MARCO INSTITUCIONAL

El Marco Institucional está regulado principalmente por el Estado Ecuatoriano a través de la Presidencia de la República, luego le sigue el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables como organismo regulador. Al mismo nivel de la organización institucional está el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) y el Fondo Ecuatoriano de Electrificación Rural y Marginal (FERUM).

Según la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, después de los organismos de control se encuentran las empresas concesionarias de generación, transmisión, distribución y comercialización. Se contempla sin embargo la categoría de grandes consumidores para los cuales está permitido elegir y negociar la dotación de energía de una generadora que le reporte mayores beneficios, con el pago de peaje a la empresa transmisora TRANSELECTRIC.

Según el último censo realizado en el 2001, la cobertura de los servicios eléctricos alcanza al 93% en zona urbana y 79% en zona rural, y como ya se lo había indicado en el capítulo anterior, llega a ser uno de los porcentajes más altos de cobertura rural en América Latina y el Caribe (ver figura 2 capítulo II).

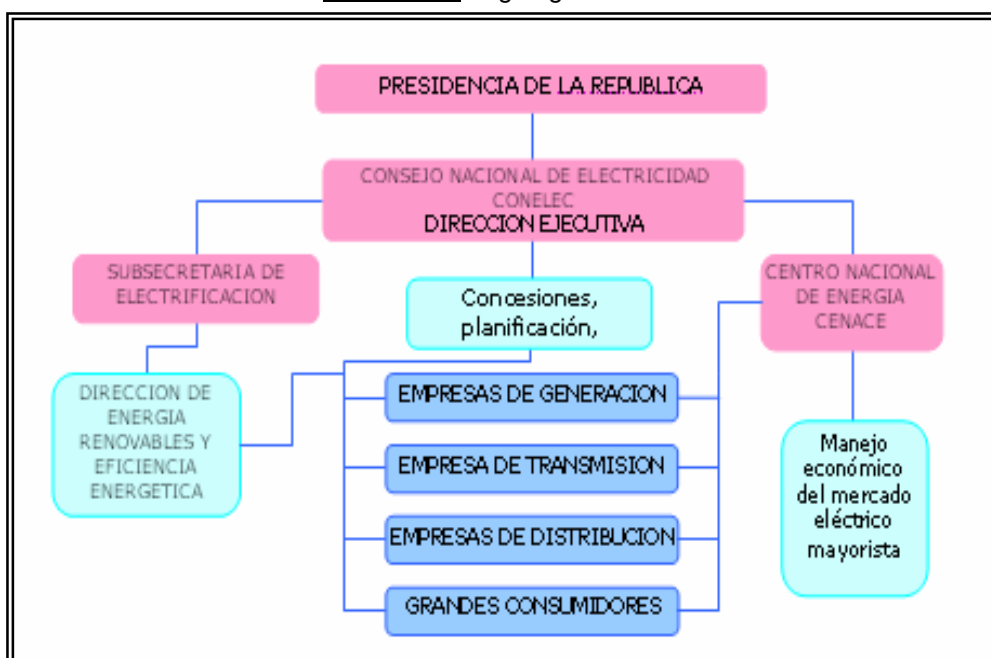
Por otro lado como autoridad nacional en el uso de los recursos hídricos se encuentra el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Existen 11 Agencias de Agua que recolectan información respecto a las concesiones de los derechos de

aprovechamiento de los recursos hídricos y la solución de conflictos relativos a la administración a nivel nacional para todos los usos.

Uno de los principales objetivos del CNRH es realizar un sistema de información sobre los recursos del agua en el Ecuador, generando una base de datos y metadatos sobre información del agua (usos, concesiones, administración) sobre una base geográfica (clearinghouse).

En el gráfico 3.2 se muestra la estructura del sector eléctrico de acuerdo a la LRSE.

Gráfico 3.2 Organigrama Sector Eléctrico

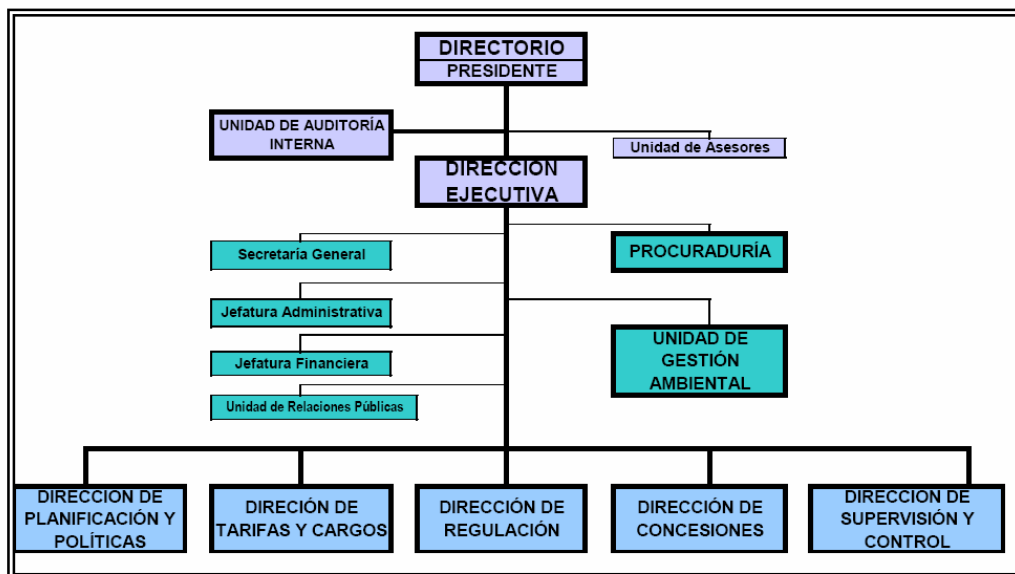


Fuente: Subsecretaría de Electrificación, 2006

3.2.1.1 Consejo Nacional De Electricidad

El CONELEC, que se encarga de la regulación y control, de concesionar la comercialización de los servicios, y de entre otras atribuciones, de aprobar los cargos tarifarios del consumo.

A continuación en el gráfico 3.3, se presenta la organización institucional del CONELEC.

Gráfico 3.3: Organigrama del Consejo Nacional de Electricidad - CONELEC

Fuente: Consejo Nacional de Electricidad, 2006

Esta integrado por el Directorio, Director Ejecutivo, personal técnico y operativo de acuerdo a la normativa interna correspondiente.

Son funciones del CONELEC la planificación, regulación y control del sector eléctrico y otorgará concesiones, permisos y licencias de acuerdo a la ley, para la implementación de programas de electrificación rural para lograr un mayor aprovechamiento de los recursos energéticos locales.

Se encargará de elaborar el Plan Maestro de Electrificación tomando en cuenta las guías ambientales vigentes.

3.2.1.2 Centro Nacional De Control De Energía

El CENACE creado en la Ley de Régimen del Sector Eléctrico en 1996 y aprobado en 1998, es el administrador técnico y comercial del Mercado Eléctrico Mayorista del Ecuador (MEM) y de las Interconexiones Internacionales.

Sus miembros incluyen a todas las empresas de generación, transmisión, distribución y los grandes consumidores.

Su función es coordinar la operación del Sistema Nacional Interconectado y la administración de las transacciones técnicas y financieras del MEM del Ecuador conforme a la normativa promulgada para el Sector Eléctrico.

3.2.1.3 Generación Energía Eléctrica

Su función es atender la demanda del sector al mínimo costo honorario de producción, deberá cumplir con los programas de generación a corto plazo que establezca el CENACE.

Diseñará un plan de mantenimiento anual que será aprobado por el CENACE y aplicado por cada compañía generadora.

Además deberá proporcionar la información necesaria para el desarrollo de sus funciones como son elaborar las estrategias de operación de embalses y despacho hidrotérmico.

De las empresas de generación ocho empresas o unidades operativas son de generación térmica, y cinco de generación hidráulica, entre las cuales se puede mencionar

- COMPAÑÍA GENERACION HIDROELECTRICA PAUTE “HIDROPAUTE S.A.”
- COMPAÑÍA GENERACION HIDROELECTRICA AGOYAN “HIDROAGOYAN S.A.”
- COMPAÑÍA GENERACION HIDROELECTRICA PUCARA “HIDROPUCARA S.A.”
- COMPAÑÍA GENERACION TERMOELECTRICA PICHINCHA “TERMOPICHINCHA S.A.”
- COMPAÑÍA GENERACION TERMOELECTRICA GUAYAS “ELECTROGUAYAS S.A.”
- COMPAÑÍA GENERACION TERMOELECTRICA “ELECAUSTRO S.A.”

Las demás operan en forma anónima

3.2.1.4 Transmisión

Su objetivo es la transmisión de energía eléctrica desde los centros de producción hacia los centros de consumo.

En coordinación con el CENACE y el CONELEC planificará la expansión del Sistema Nacional de Transmisión, para atender el crecimiento de la demanda, cumpliendo con los requerimientos de confiabilidad, seguridad, calidad y economía.

La compañía de transmisión prestará el servicio público de transmisión de energía eléctrica en condiciones de eficiencia eléctrica y económica acogiéndose a las disposiciones de la normativa aplicable al sector eléctrico. La única empresa de transmisión que opera en el país es TRANSLECTRIC.

La Compañía Nacional de Transmisión Eléctrica, TRANSELECTRIC S.A., es responsable de operar el Sistema Nacional de Transmisión, su objetivo fundamental es el transporte de energía eléctrica, garantizando el libre acceso a las redes de transmisión a los agentes del Mercado Eléctrico Mayorista, compuesto por generadores, distribuidores y grandes consumidores.

EL Sistema Nacional de Transmisión esta compuesto por subestaciones y líneas de transmisión a lo largo de todo el territorio nacional, TRANSELECTRIC S.A. dispone de:

31 subestaciones a nivel nacional

1.531 Km. de líneas de transmisión de 230 kV

1.647 Km. de líneas de transmisión de 138 kV

Capacidad instalada de transformación (MW) 7.297

3.2.1.5 Distribución Y Comercialización

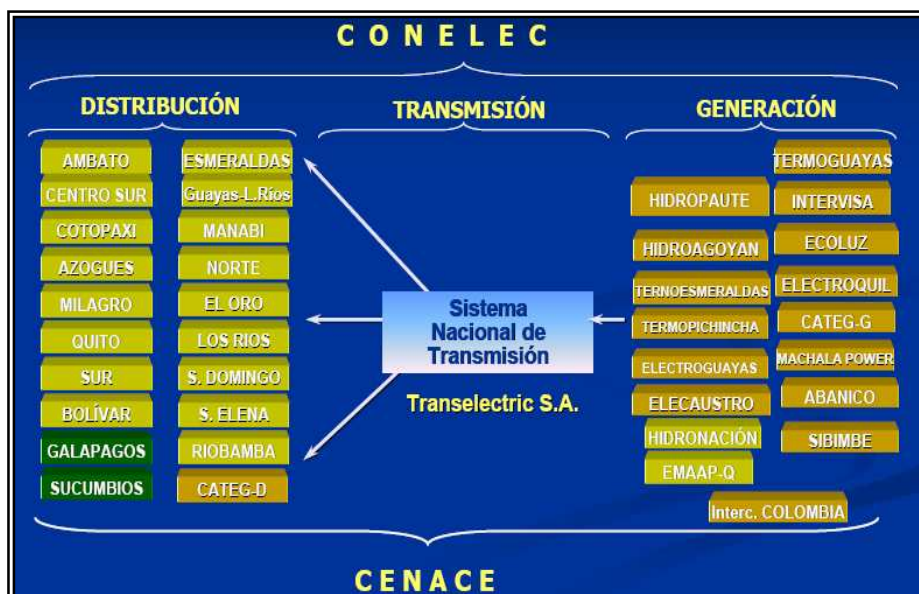
Prestación del servicio y la satisfacción de la demanda en las condiciones establecidas en los reglamentos de aplicación de la ley, regulaciones, instructivos y los respectivos contratos de concesión.

Incluirá en su área de concesión, los sistemas de subtransmisión y los sistemas de distribución que sean necesarios para cumplir con los niveles de calidad y confiabilidad del servicio y satisfacer el crecimiento de la demanda.

Todas las empresas de distribución están constituidas como sociedades anónimas; con excepción de la Corporación para la Administración Temporal Eléctrica de Guayaquil (CATEG), la propiedad de las acciones es del Fondo de Solidaridad y, en reducida proporción, de Municipios, Consejos Provinciales y otras entidades públicas.

En el gráfico 3.4 se muestra como el sector eléctrico está distribuido en el Ecuador.

Gráfico 3.4: Visión integral del sector eléctrico



Fuente: Ministerio de Energía y Minas – Subsecretaría de Electrificación, 2007

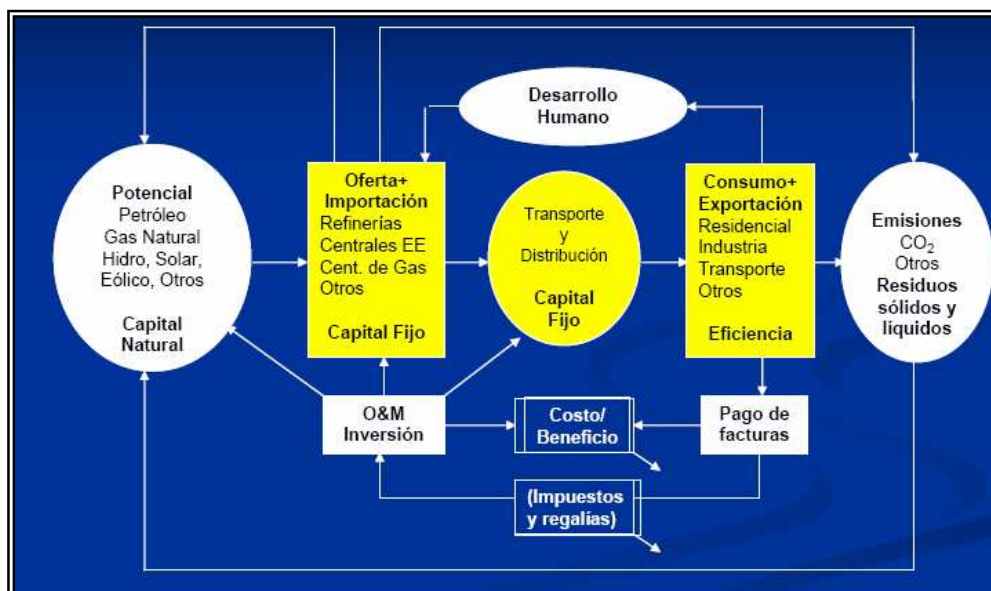
Tanto el CENACE como el CONELEC cumplen papeles importantes como órganos reguladores del sector eléctrico en la distribución, transmisión y generación. La mayor parte de la generación la realizan empresas privadas.

3.2.1.6 Política Energética

A fin de poder incluir todos los sectores tenga su grado de participación, se ha desarrollado una política energética mas justa y equitativa que recoja todos estos intereses: del estado, de la comunidad, de la preservación ambiental (manejo sostenible), económicos (beneficios, impuestos y regalías).

En el gráfico 3.5 se muestra el concepto de una política energética, con la que se busca crear proyectos que conduzcan al desarrollo sustentable en las dimensiones del crecimiento económico, social y ambiental.

Gráfico 3.5: Diagrama Conceptual de una Política Energética



Fuente: Ministerio de Energía y Minas – Subsecretaría de Electrificación, 2007

Esta política energética que se quiere implementar, espera tener un resultado positivo en un escenario que va desde el año 2006 al 2020.

- a) Escenario de Referencia: Se determinará la cobertura del suministro energético con las capacidades existentes en los Centros de Transformación en operación, construcción o en licitación y la disponibilidad de recursos renovables y no renovables.

- b) Escenario alternativo: Se obtendrá de capacidades que se estimen necesarias, viables y previsibles en electricidad para asegurar el suministro energético hasta el año 2020. Se incluirán los proyectos viables de importación de electricidad y la incorporación de capacidades en energías renovables.

3.2.2 MARCO LEGAL GENERAL

El Congreso Nacional mediante decreto aprobó la Ley de Régimen del sector eléctrico (LRSE) que se publicó el 10 de octubre de 1996, más tarde en el año de 2006 se hicieron algunas reformas, en donde se establecieron algunos aspectos importantes⁷:

- 1) Que el suministro de energía eléctrica, es un servicio de utilidad pública de interés nacional; por lo tanto, es deber del Estado satisfacer directa o indirectamente las necesidades de energía eléctrica del país, mediante el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales.
- 2) Que es facultad del Estado delegar al sector privado, la actividad de generación y los servicios públicos de transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, así como las actividades de importación y exportación de la energía eléctrica.

El Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL) en su periodo de vida desarrolló las grandes centrales de generación, el sistema nacional de transmisión y obras de distribución. El INECEL tenía bajo su responsabilidad la regulación, planificación, aprobación de tarifas, construcción y además era accionista en 18 de las 19 empresas eléctricas que realizan la distribución de electricidad en el país. El INECEL paso a un proceso de liquidación, y sus responsabilidades y actividades fueron designadas al CONELEC

⁷ Ecuador. Ley de Régimen del Sector Eléctrico. Reformas 2 de enero y 19 de febrero de 1998, al registro oficial No. 43.

Mediante la LRSE las instalaciones actuales de generación y las de transmisión pueden ser transferidas a favor de las empresas que pueden conformar sociedades anónimas.

El FERUM en la caso de distribución, conformará compañías tenedoras de acciones, a las que aportará el 100% de las acciones transferidas por el ex - INECEL; organizándolas y defendiendo sus funciones y ámbitos de acción.

El Consejo de Modernización del Sector Eléctrico (COMOCEL) es un organismo temporal encargado de definir las unidades de negocio de generación, valorar las empresas que tienen participación en el sector público y llevar a cabo los procesos para promover la participación del sector privado.

La LRSE creó el CONELEC como persona jurídica de derecho público con patrimonio propio, autonomía administrativa, económica, financiera y operativa, que comenzó a operar el 20 de Noviembre de 1997. Es un ente regulador y controlador, a través del cual el estado puede delegar las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica a empresas concesionarias. Además tiene la responsabilidad de elaborar el Plan de Electrificación, que será obligatorio para el sector público y referencial para el sector privado.

2.5.3 PROGRAMA DEL PLAN DE EXTENSION DEL SISTEMA

El primer paso es definir el rol del Estado en el sector eléctrico, se requiere de una coordinación centralizada del sector eléctrico, para asegurar el desarrollo y operaciones confiables en el sistema para realizar trabajos coordinados tanto en el sector de energía como en el de recursos hídricos.

El CONELEC ya ha recibido la transferencia de información del ex - INECEL de manera que se fortalezcan las funciones de regulación y de conducción de la política eléctrica del país. El estado debe mantener la propiedad y la responsabilidad de la operación del sistema interconectado y el centro nacional de control.

Las responsabilidades y funciones del CONELEC deben estar claramente identificadas en la nueva Ley de Electrificación, y éste requiere de la coordinación de un equipo multidisciplinario expertos en diferentes campos como: manejo de proyectos de desarrollo múltiple, manejo de cuencas hidrográficas, calidad de agua, establecimiento de tarifas y financiamiento.

Una de las principales ideas que se tiene es crear proyectos sostenibles: social, ambiental y sobre todo económicamente para lograr un sólido manejo financiero que evite los subsidios del Estado, para lograrlo se propone establecer tarifas eléctricas y precios en niveles que se permitan cubrir los costos de: capital, operación, mantenimiento, generales e inclusive que genera excedentes que puedan luego ser empleados para la ampliación del mismo proyecto.

Para la planificación integral del proyecto, incluyendo las futuras ampliaciones se debe considerar el manejo de los recursos hídricos, manejo de cuencas, disponibilidad del recurso, y control de erosión de las cuencas aportantes. El Monitoreo y control de las obras deberá ser manejado por el CNRH en conjunto con el CONELEC.

Las metas y acciones deben establecerse a corto, mediano y largo plazo, y deben ser coordinadas por los organismos responsables.

3.2.3.1 Acciones a corto plazo

- 1) Revisar el Plan Maestro y ajustarlo a las nuevas políticas adoptadas y a las condiciones actuales del país, revisando la parte técnica y financiera del esquema actual de aprovechamientos del potencial hidroeléctrico del país para facilitar la participación del sector privado.
- 2) Implementar las Disposiciones del Plan Maestro de Electrificación. El Gobierno debe agilizar la revisión y aprobación de los planes de expansión de la generación.
- 3) Dar alta prioridad a la construcción de los proyectos hidroeléctricos más eficaces para suplir energía firme.

- 4) Elaborar normas para el control y manejo de reservorios e instalaciones, así como para su construcción (en el campo de la construcción deben establecerse mecanismos claros para actuar en expropiaciones, compensaciones, reubicación, etc.), respetando la normativa que está en vigencia: Participación ciudadana y consulta pública.
- 5) Establecer en base a los intereses del sector, las responsabilidades que este tendría en el manejo de cuencas hidrográficas y articularlas con los planes de manejo.
- 6) Avance en el proceso de participación privada (concesiones).
- 7) Definición del rol del CNRH como organismo regulador del sector en lo referente a la autorización de los derechos de aprovechamiento (concesiones de agua), control de los caudales concedidos, participación en la aprobación de tarifas que son de responsabilidad de CONELEC, en la aprobación de planes de desarrollo y su relación con la disponibilidad hídrica.
- 8) Cuantificar los impactos ambientales que se generan por sector y por fuente energética y elaborar un plan de mitigación.
- 9) Monitoreo y control de la operación de las obras en lo referente a observar lo establecido en la concesión y la normativa vigente.

3.2.3.2 Acciones a mediano plazo

- 1) Determinar las perspectivas de la demanda de los sectores socio – económicos (Agro, Industria, Transporte, Comercial y Residencial) por fuentes y usos (ramas industriales, medios de transporte vehiculares).
- 2) Racionalizar la composición de la oferta energética; esto es el porcentaje de generación térmica y el porcentaje de generación hidroeléctrica.
- 3) Buscar la optimización económica de la participación térmica en la generación eléctrica del país y sus efectos en la reducción de su uso por la integración de nuevos proyectos sostenibles empleando energías alternativas.
- 4) Evaluar las características de los recursos para calcular si se requiere complementar el sistema de generación hidroeléctrica con la generación térmica para asegurar el abastecimiento de energía (demanda).

- 5) Iniciar los programas de manejo de las cuencas hidrográficas que abastecen los sistemas de generación hidroeléctrica para proyectos de ampliación.
- 6) Incrementar la eficiencia energética y el uso eficiente de energía para reducir costos de operación en la industria, transporte y comercio
- 7) Continuación con el control y monitoreo de los proyectos instalados.

3.2.3.3 Acciones a largo plazo

- 1) Desarrollar proyectos que contribuyan al desarrollo sustentable en las dimensiones del crecimiento económico, la equidad social y la protección del ambiente desde una perspectiva socio-económica integral.
- 2) Ofrecer soluciones viables que hagan atractivos a los inversionistas energéticos y a los usuarios, a partir de recomendaciones realistas en el contexto de las perspectivas de una respectiva política energética.
- 3) Desarrollo completo del manejo de las cuencas de abastecimiento de sistemas de generación hidroeléctrica
- 4) Evaluar la penetración de otras fuentes renovables (solar, eólica, geotermia, biomasa, otros).
- 5) Evaluar los medios para facilitar los procesos de canje de CO₂ en el mercado internacional de acuerdo a las normas de las convenciones climáticas.
- 6) Continuación con el control y monitoreo.

3.3 NORMATIVAS LEGALES PARA LA EJECUCION DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS

3.3.1 PERMISOS PARA GENERACION

A las personas interesadas en la construcción y operación de centrales de 50 MW o menores, solicitarán al CONELEC el permiso correspondiente, el que no podrá ser negado sino en los siguientes casos:

- a) Incumplimiento de las leyes sobre protección del medio ambiente

- b) Incompatibilidad con las condiciones técnicas señaladas por el CONELEC para el desarrollo de los recursos energéticos del sector eléctrico.

3.3.2 OBLIGACIONES DE LAS EMPRESAS DE GENERACIÓN

Los generadores explotarán sus empresas por su propia cuenta asumiendo los riesgos comerciales inherentes a tal explotación, bajo los principios de transparencia, libre competencia y eficiencia. Sus operaciones se sujetarán a los respectivos contratos de concesión o a los permisos otorgados por el CONELEC, así como a las disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

Para asegurar la transparencia y competitividad de las transacciones, los generadores no podrán asociarse entre sí para la negociación de contratos de suministro eléctrico o su cumplimiento. Tampoco podrán celebrar entre sí acuerdos o integrar asociaciones que directa o indirectamente restrinjan la competencia, fijen precios o políticas comunes.

3.3.3 LIMITACIONES

El CONELEC podrá autorizar a un generador, distribuidor o gran consumidor a construir a su exclusivo costo y para atender sus propias necesidades una red de transmisión, con la finalidad de entregar energía al sistema de transmisión o recibir energía directamente de un generador, respectivamente, para lo cual el CONELEC establecerá las modalidades y forma de operación.

3.3.4 UTILIDADES CORRESPONDIENTES AL ESTADO

Las utilidades correspondientes al Estado que el ejercicio económico de estas empresas genere, serán reinvertidas en el mejoramiento de su infraestructura, expansión de servicios y capacidad técnica operativa, según lo establezcan los presupuestos de inversiones anuales. Los excedentes de estas utilidades, si las hubiere, ingresarán al Fondo de Solidaridad y su rendimiento servirá para financiar obras de electrificación rural y urbano marginal en especial en la Amazonía y Galápagos

De este excedente, el 5% se constituirá en el Fondo para subsidiar los costos de instalación de servicio a los usuarios residenciales de las comunidades de colonos y nativos de la Amazonía y Galápagos.

3.3.5 CONCESIONES

En el caso de contratos de concesión para construir y explotar una central hidroeléctrica o explotar una ya existente, la concesión respectiva deberá contar con la autorización de aprovechamiento de las aguas en las zonas en que ellas resulten indispensables para los fines de la generación eléctrica, de conformidad con lo que dispongan las leyes respectivas sobre la materia y respetando los derechos de terceros.

Para el uso y/o explotación de otras fuentes primarias de energía, la concesión contará con las autorizaciones que permita el empleo de tales fuentes primarias para la generación de energía eléctrica, de conformidad con lo que dispongan las leyes respectivas sobre la materia y respetando los derechos de terceros.

3.3.6 SISTEMAS ELECTRICOS NO INCORPORADOS

Se denominan sistemas eléctricos no incorporados a aquellos que no se encuentren conectados al Sistema Nacional Interconectado, según la definición física del mismo que efectúe el reglamento correspondiente. Los sistemas de abastecimiento eléctrico que se instalen en el futuro sin incorporarse al Sistema Nacional Interconectado quedarán también incluidos en esta categoría

3.3.7 RECURSOS ENERGETICOS NO CONVENCIONALES

El Consejo Nacional de Electrificación dictará las normas aplicables para el despacho de la electricidad producida con energías no convencionales tendiendo a su aprovechamiento y prioridad.

3.4 TRAMITE PARA CONCESIONES Y PERMISOS PARA GENERACION HIDROELECTRICA

Una vez evaluado el o los posibles sitios donde se va a desarrollar el proyecto de generación hidroeléctrica, es importante realizar un acercamiento con los actores principales, entre estos están: población cercana al sitio de interés (usuarios), autoridades locales de municipios o juntas parroquiales, para empezar con la recolección de información para la línea base que será implementada en el Estudio de Impacto Ambiental como parte de los requisitos necesarios que se requieren según el Registro Oficial No. 41.

Para el desarrollo del proyecto se necesitan de varios pasos previos a fin de cumplir con la normativa legal que a continuación se detallaran:

3.4.1 CONCESION DE LOS RECURSOS HIDRICOS

De acuerdo con la normativa legal de la Ley de Aguas⁸ para la concesión del Recurso Hídrico, se deberá solicitar y presentar el proyecto (objetivos, estudios, planos) al CNRH. Es muy importante que el proyecto no interfiera con otros usos, que la calidad y cantidad sean suficientes. Para la producción de energía hidroeléctrica se debe pagar USA 0.0000344 /m³ de agua utilizada. Este trámite se debe realizar en la agencia a la que corresponde por un abogado patrocinador.

3.4.2 APROBACION DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Previo a la ejecución de la obra de generación, se deberá desarrollar una evaluación de impacto ambiental (estudio independiente) de acuerdo con el Registro Oficial publicado en marzo del 2007, que aplica para proyectos hidroeléctricos cuyas capacidades sean iguales o mayores a 1 MW, con el objeto de determinar los efectos ambientales, en sus etapas de construcción, operación y retiro; dichos estudios deberán incluir el diseño de los planes de mitigación y/o recuperación de las áreas afectadas y el análisis de costos correspondientes. Este EIA deberá contar con un Plan de Manejo Ambiental (PMA) y además cumplir con el

⁸ Ecuador. Ley de Aguas, actualización 2006.

Reglamento de la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental y en especial con la Normas Técnicas Ambientales que constan en el Libro VI: De la Calidad Ambiental del Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS).

Se debe solicitar un certificado de intersección de Areas Protegidas, Bosques Protectores y Zonas de reserva al Ministerio del Ambiente. El CONELEC otorga las licencias ambientales, aprueba y verifica su cumplimiento, en el caso de que hay descentralización, esta licencia ambiental puede ser emitida por la Municipalidad o Consejo Provincial. Para el caso de que el área de influencia directa del proyecto se encuentre en zonas de intersección con Areas protegidas, el Ministerio del Ambiente es el encargado de otorgar la licencia ambiental.

El Estudio de Impacto Ambiental debe tener al menos un año de monitoreo de agua, tanto de régimen del río: caudal, velocidad, variaciones estacionales y anuales, sequías e inundaciones, así como de calidad de agua: parámetros físico-químicos, características biológicas y microbiológicas.

Previo a la presentación del EIA se tomara en consideración e incorporaran criterios de la ciudadanía recopilados durante la participación ciudadana con la población de influencia directamente influenciada por el proyecto.

El Titular del derecho de uso de agua en proyectos hidroeléctricos debe presentar al CONELEC los estudios de determinación del caudal ecológico y régimen de caudales ecológicos así como la determinación y el modelo aplicado dentro de un plazo máximo de un año desde la expedición de la normativa⁹.

Puede existir un EIA preliminar en el caso en el que se contemplen varias alternativas para el proyecto, y será presentado al CONELEC, quien tomara 30 días calendario para su aprobación. El solicitante debe presentar al CONELEC una carta de compromiso en el cual se obliga a presentar el EIA definitivo, incluyendo alcance,

⁹ Norma 4.4.4.1 del Registro Oficial No. 41.

programa, presupuesto y PMA por lo menos con 60 días de anticipación previo a la construcción del proyecto.

El EIA definitivo contendrá un análisis detallado y justificado de la opción seleccionada con su Plan de Manejo Ambiental, programa de monitoreo y presupuestos, así mismo será entregado al CONELEC para que luego de 30 días se pronuncie sobre su resultado, siendo el positivo la emisión de la Licencia Ambiental para la ejecución del proyecto.

Para proyectos menores a 1MW no necesitan la autorización o permiso por parte del CONELEC, sin embargo se requiere que presenten un detalle de las características principales del proyecto al Director Ejecutivo del CONELEC para que lo incorpore al registro que mantiene. Así mismo no requiere presentar un Estudio de Impacto Ambiental.

3.4.3 PERMISO PARA GENERACION HIDROELECTRICA

De acuerdo a la Ley del Régimen del Sector eléctrico, en su artículo 30, la construcción y operación de centrales de generación de 50 Mw. o menos, sea que se destinen a la Autogeneración o al servicio público, requerirán solamente de un permiso concedido por el CONELEC. Las concesiones, permisos o licencias expedidas por el CONELEC tendrán una duración de hasta 50 años.

Como parte de los requisitos para la solicitud del permiso de generación, está:

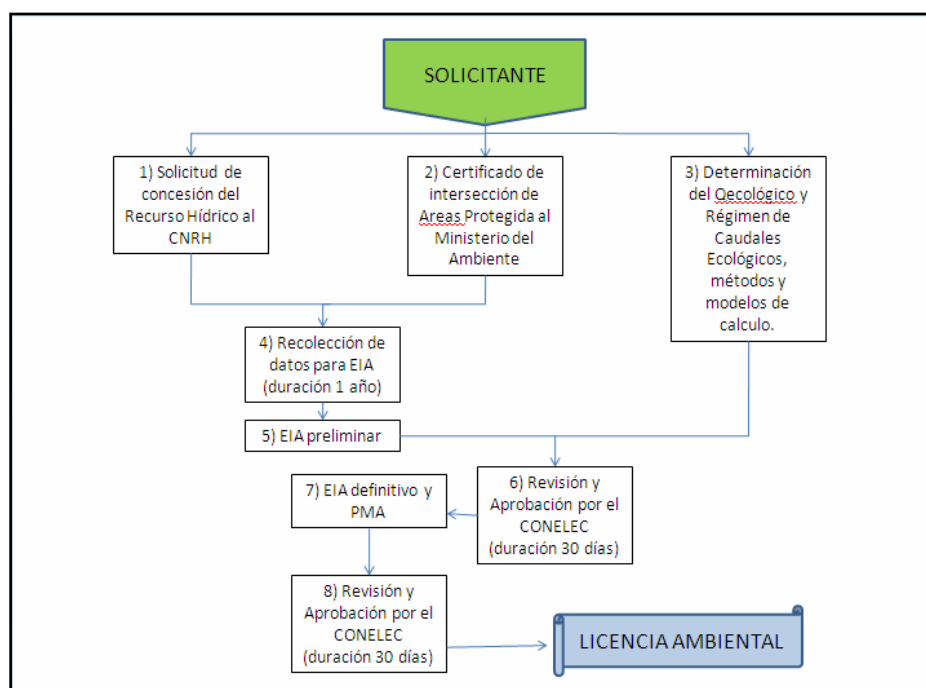
- a) Solicitud dirigida al Director Ejecutivo del CONELEC
- b) Pago de inscripción (excepto autogeneración) de 200 USD por MW.
- c) Copia de autorización del uso de los recursos naturales
- d) Certificado de solvencia económica que le permita al solicitante emprender con los estudios de prefactibilidad.
- e) Memoria descriptiva del proyecto, forma de conexión al SNI, cronograma de ejecución del proyecto

- f) Estudio de prefactibilidad del proyecto y cronograma valorado para la ejecución del mismo
- g) Estudio de Impacto Ambiental preliminar o definitivo, alcance, programa y plan de manejo
- h) Certificado de intersección de áreas protegidas

Cada año el solicitante tiene la obligación de realizar una Auditoria Ambiental Interna, cuyos resultados deben presentarse al CONELEC en un plazo no mayor a 30 días después de haberla terminado. El CONELEC por su parte realiza Auditorias Ambientales Externas que serán de conocimiento público.

A continuación para aclarar de mejor manera en el gráfico 3.6 se tiene un flujograma con los pasos a seguir para la obtención de la Licencia Ambiental.

Gráfico 3.6: Flujograma para la obtención de la Licencia Ambiental



Fuente: Propia, 2008

3.4.4 GARANTIAS PARA CONTRATOS

3.4.4.1 Contratos de concesión

Para la suscripción del contrato de concesión se debe presentar:

- La Garantía de cumplimiento de plazos de construcción: 2.5% del costo del Proyecto (1% a la firma del contrato y 1,5% dentro de los siguientes 12 meses).
- Una Póliza de Seguro por daños a terceros, que cubra todos los riesgos de daños a terceros durante la construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones, incluidos los ambientales.

Quince días antes de la fecha de entrada en operación deberá presentarse:

- Garantía de cumplimiento de obligaciones del contrato: 2% de la facturación anual prevista.

Para la suscripción del Contrato de Concesión deben presentarse adicionalmente:

- Sentencia del Consejo Nacional de Recursos Hídricos, que autorice el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos (para generación hidroeléctrica).
- Estudio de Impacto Ambiental Definitivo (EIAD), aprobado por el CONELEC.
- Licencia Ambiental, otorgada por el Ministerio de Ambiente.

3.4.4.2 Contratos de permiso

Una vez cumplidos todos los requisitos el CONELEC entrega un certificado de permiso y concede un plazo que normalmente es de 12 meses para la suscripción del Contrato de Permiso.

Para la suscripción del Contrato de Permiso debe presentarse:

- La Garantía de cumplimiento de plazos de construcción: 1% del costo del proyecto.
- Una Póliza de Seguro por daños a terceros, que cubra todos los riesgos de daños a terceros durante la construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones, incluidos los ambientales.

Quince días antes de la fecha de entrada en operación deberá presentarse:

- Garantía de cumplimiento de obligaciones del contrato: 2% de la facturación anual prevista.

3.5 SISTEMAS ACTUALES DE GENERACION

El Sistema Nacional Interconectado consiste en un sistema de transmisión de alto voltaje (230/138Kv) que conecta a las estaciones de generación y los centros de despacho de carga, que sirven al 95% de la población urbana y 53% a la rural.

La generación hidroeléctrica ha variado entre el 63% y el 81% del total generado y el consumo per cápita es de 553 KW/año, siendo los centros de mayor consumo Guayaquil con el 38% y Quito con el 26% del total nacional.

La potencia instalada en el Ecuador es de 3810 MW, de los cuales el 45.8% corresponde a la generación hidráulica, 46.6% a la térmica y 7.6% de importación desde Colombia.

3.5.1 CENTRALES HIDROELECTRICAS EXISTENTES

Son 51 centrales hidroeléctricas existentes en el Ecuador, 1746 MW de potencia nominal instalada, 1733 MW de potencia efectiva:

- Centrales hidroeléctricas de las empresas generadoras: 10 centrales, 1571 MW de potencia nominal instalada.
- Centrales hidroeléctricas de las empresas distribuidoras: 29 centrales, 145 MW.
- Centrales hidroeléctricas de las empresas autoproductoras: 12 centrales; 31 MW

Tabla 3. 1: Potencia Instalada y efectiva de Centrales de Generación Hidráulica a Diciembre 2004

POTENCIA INSTALADA Y EFECTIVA DE CENTRALES DE GENERACION HIDRAULICA			
TIPO DE EMPRESA	EMPRESA	NOMINAL (MW)	EFECTIVA (MW)
GENERALDORA	ECOLLER	2.3	2.1
	ELECALIFRO	38.99	38.4
	EMAAPIQ	8.3	8.2
	HIDROADYAN	233	23
	HIDRONACION	213	21
	HIDROALITE	1075	107
TOTAL GENERALDORA		1670.94	1991.2
DISTRIBUIDORA	AMBAFO	3	2.1
	BOLIVAR	1.9	1.5
	COTOPACHI	12.19	11.8
	EX. INECELA	0.18	
	NORTE	12.75	12.6
	QUIFO	98.98	98.9
	RODRIGUEZ	14.54	13.1
	SUCUMBIOSI	0.4	0.2
	SUPA	2.77	2.8
TOTAL DISTRIBUIDORA		144.71	141.9
AUTOPRODUCTORA	AGUA Y LUZ SILLUNCHO	0.4	0.3
	ECOLLER	6.63	6.2
	ELECTROANDINA	0.9	0.7
	EMAAPIQ	14.84	14.6
	HIDROVEMBURA	0.84	0.6
	LA INERNA	2.8	2.1
	LA INERNA	3	2.8
TOTAL AUTOPRODUCTORA		31.08	29.9

Fuente: Catálogo Resumen de la Generación Eléctrica en el Ecuador, 2006

Uno de los principales proyectos de energía hidroeléctrica generados en el país es Sibimbe con una generación de 15 MW y esta situada en las laderas de los Andes. Este proyecto comenzó a funcionar desde el 2006, después de 4 años de construcción y se encuentra recibiendo pagos por unidades de reducción en Ecuador, convirtiéndose en el primer proyecto MDL. Las reducciones de emisiones de carbono llegarán a cerca de 453 000 toneladas de equivalente de dióxido de carbono durante los primeros ocho años.

Otro proyecto generador de electricidad limpia es Hidroabanico con una generación de 14.8 MW, situado en la región sudoriental del Ecuador, en la provincia de Morona Santiago. Este proyecto al igual que el anterior reemplaza la forma de energía contaminante debido al uso de combustibles fósiles. Una vez que se complete la segunda fase que alcanzará a generar 29.76 MW, se espera que para el año 2012 la

reducción de emisiones alcance los casi 807 000 toneladas de equivalente de dióxido de carbono.

El proyecto Hidroabanico ha generado varios beneficios tanto sociales como económicos y sobre todo ambientales debido al reemplazo de 8 millones de galones de diesel utilizados para la generación de electricidad en centrales térmicas.

Estos dos proyectos fueron los primeros en usar los componentes de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), Hidroabanico se concretó gracias al financiamiento del carbono y acuerdos con el gobierno Holandés a través del Banco Mundial.

A pesar de que el servicio eléctrico en el país es ampliamente extendido se encuentran zonas con déficit y por tanto hay un alto costo de energía, por lo tanto los proyectos de generación hidroeléctrica, son una prioridad urgente de modo que contribuyan a aumentar la oferta de energía eléctrica y generar beneficios económicos, sociales y financieros al Estado y a la población.

Hay un sin numero de proyectos hidroeléctricos que se han postergado, en lugar de aprovechar el potencial hidroeléctrico existente, se dio paso a la costosa y ambientalmente nociva termoelectricidad y al suministro de electricidad desde Colombia y Perú.

A corto plazo no habrá un cambio de esta situación, porque la financiación y construcción de nuevas centrales hidroeléctricas, requieren de años de trabajo y estudios.

Para evitar esta situación se pueden introducir proyectos hidroeléctricos a pequeña escala, ya que estos proyectos presentan las mejores perspectivas en el corto y mediano plazo. Tiene como elemento favorable para su desarrollo, el tiempo de ejecución a bajo costo, la capacidad nacional para producir sin afectar al medio ambiente.

La tecnología para el aprovechamiento energético mediante pequeñas centrales hidroeléctricas es ampliamente conocida y difundida en el Ecuador.

3.5.2 PLANES DE EXPANSION DEL SISTEMA

Se requiere un mejoramiento ya que existen perdidas totales en el sistema de alrededor del 25% por causas no técnicas y eléctricas, lo que ha llevado a modificar los planes maestros de electrificación.

Existen tres planes de Electrificación aprobados para los periodos 2000-2009, 2002-2011, 2004-2013 y el último aprobado para el periodo 2006 – 2015, y fue presentado por el CONELEC como organismo responsable.

El ex INECEL realizó un trabajo de identificación de proyectos hidroeléctricos, haciendo estudios de inventario, prefactibilidad, factibilidad. El catálogo de proyectos hidroeléctricos presentados incluyen 224 proyectos que suman 11 777 MW:

- 23 proyectos de potencia instalable mayor a 100 MW, 9 170,7 MW.
- 75 proyectos de potencia instalable entre 10 y 100 MW, 2 345 MW.
- 44 proyectos de potencia instalable entre 1 y 10 MW, 237 MW.
- 82 proyectos de potencia instalable entre 0 y 1 MW, 24,3 MW.

El INECEL cuando estaba activo identifico proyectos hidroeléctricos, en la estimación del potencial hidroenergético de las principales cuencas hidrográficas del país, realizando estudios de perfil, prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos, proyectos claramente identificados con generación desde 0 a mas de 100 MW, los proyectos considerados de pequeña escala son los que van desde 0 a 1 MW, se los muestra en el siguiente gráfico 3.7

Gráfico 3.7: Proyectos Sistemas Hidroeléctricos de 0 a 1 MW



Fuente: Catálogo Resumen De La Generación Eléctrica En El Ecuador, 2006

3.6 ELECTRIFICACION RURAL

Es una necesidad nacional la implementación de proyectos eléctricos en zonas rurales y aisladas del país, el principal objetivo es combatir la pobreza, restringir la migración del campo a la ciudad y fomentar el aprovechamiento de fuentes de energías limpias y renovables.

El principal objetivo de la transferencia de información y conocimiento en proyectos rurales es la de dar los conocimientos suficientes para identificar, evaluar, diseñar, implementar y gestionar sistemas energéticos de Micro Hidroenergía, la promoción de estas energías renovables para el desarrollo sostenible.

Existe un consenso ante la necesidad de elaborar un Plan Energético Nacional que promueva la diversificación de nuestra matriz, defina objetivos de largo plazo en la materia y asegure la sustentabilidad de un programa de inversiones que garantice el abastecimiento energético para los próximos 20 años, la integración regional que permita poner en valor el enorme potencial de las fuentes renovables de energía con que cuenta el Ecuador.

Alrededor de 70 países ya han logrado reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera y diversificar su matriz energética, ejemplos de ello son España y Alemania que han impuesto metas de cumplimiento obligatorio de participación de estas energías en el consumo de electricidad.

El FERUM es el organismo encargado del desarrollo de proyectos en zonas rurales, Los fondos del FERUM son utilizados para obras nuevas, ampliación y mejoramiento de sistemas de electrificación en sectores rurales o urbano-marginales o, para construcción de sistemas de generación que utilicen energías renovables no convencionales, y también para la operación y mantenimiento de sistemas eléctricos no incorporados, ubicados en las provincias de frontera, Amazonía y Galápagos.

Además se planifica implementar proyectos piloto de electrificación basados en tecnología de energías renovables, con la participación tanto de empresas concesionarias de distribución como de empresas comunitarias que se conformen para el efecto, con lo que se pretende buscar opciones alternativas para electrificación rural en zonas donde los mecanismos tradicionales no pueden llegar por su alto costo, es necesario identificar fuentes de energía limpia y renovable para abastecer los proyectos de electrificación rural, con opciones institucionales que amplíen la posibilidad de prestación del servicio y así eliminar las barreras legales, financieras, organizacionales y tarifarias para que estos proyectos sean viables.

El agua para la generación de energía tiene la amplia ventaja de poder ser reutilizada para la misma función o para otras sin provocar fuertes impactos ambientales, socioculturales o económicos. El impacto físico más común es la disminución del caudal del río que genera una alteración dinámica en el ambiente

acuático, creando un factor de aislamiento para especies acuáticas afectando la biodiversidad del río, para este impacto es necesario realizar un adecuado estudio hidrológico para asegurar que el caudal ecológico que debe mantenerse sea el necesario para mitigar este impacto. Para eliminar los impactos es importante eliminar las consecuencias negativas especialmente en el área social y ambiental.

Con todo lo antes expuesto es necesario contar con un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) realizar por un equipo multidisciplinario que identifiquen todos los impactos negativos para poder encontrar las medidas necesarias para mitigarlos, estos resultados deben ser presentados a la comunidad para hacerlos parte del proceso de toma de decisiones y desenvolvimiento del proyecto.

Las entidades involucradas en la electrificación y energización rural y urbano marginal se resumen en el gráfico 3.8

Gráfico 3.8: Entidades involucradas en la electrificación y energización rural y urbano marginal



Fuente: Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética, 2007

Una de las actividades destinadas a promover el alcance de los objetivos, es tomar contacto directo con las comunidades beneficiadas; para llegar a acuerdos que faciliten la labor del Fondo y el bienestar de esa comunidad.

3.6.1 EVALUACION ECONOMICA PARA PROVISION DE ENERGIA A ZONAS RURALES

Para la evaluación económica de un estudio para la provisión de energía eléctrica se debe tomar en cuenta el valor del dinero a través del tiempo.

Se tiene:

$$VPN = -P + \sum_1^n \frac{FNE}{(1+TMAR)^n} + \frac{VS}{(1+TMAR)^n} \quad \text{Ecuación [3.1]}$$

$$TIR = \sum_1^n \frac{FNE_n}{(1+i)^n} + \frac{VS}{(1+i)^n} \quad \text{Ecuación [3.2]}$$

Donde:

P = inversión inicial

FNE= Flujo neto efectivo del periodo n, o beneficio neto después de impuesto más depreciación.

VS= Valor de salvamento al final del periodo n

TMAR= Tasa mínima aceptable de rendimiento o tasa de descuento

VPN= Valor presente neto

Es necesario realizar el cálculo del Costo Medio de Largo Plazo (CMeLP) ya que es una herramienta para la evaluación de proyectos y brinda información para la toma de decisiones en función de posibilidades de producción, beneficiarios alcanzados e impacto sobre la sociedad.

El CMeLP es un indicador económico que nos sirve para solucionar el problema de las distintas vidas útiles de los insumos que se utilizan para el proyecto, es decir: turbina hidráulica, línea eléctrica, obra civil, etc....

Para la evaluación del proyecto se debe considerar los costos de inversión y los costos de operación y mantenimiento, además de esto se deben incorporar un costo a la contaminación, ya que existen algunas alternativas de generación de energía

que contaminan, a este costo adicional se le denomina externalidades. En la actualidad, la principal fuente de generación de energía eléctrica son los combustibles fósiles. Lo que conlleva impactos locales, regionales y globales tanto para la salud como para el medio ambiente, este costo externo no ha sido considerado en ningún país por el efecto que generaría.

La valoración de las externalidades ambientales de la producción de energía es indispensable para formular y ejecutar la política ambiental orientada a detener y revertir la degradación de los recursos aire, agua y suelo.

Las externalidades representan costos y beneficios no incorporados a los precios del mercado que distorsionan las decisiones económicas óptimas. En la actualidad, la energía eléctrica en el mundo se genera principalmente a partir de combustibles fósiles. Esta generación produce impactos locales como la contaminación de áreas urbano-industriales; regionales, como la lluvia o deposición ácida; y globales como el cambio climático. El costo de estos impactos de la producción de energía no ha sido incorporado al precio por el impacto económico que conllevaría

La estimación de estos costos externos tiene un alto grado de incertidumbre debido a la cantidad de factores involucrados. Una de las maneras de calcular este costo es la metodología vías de impacto, que comprende cuatro etapas:

1. Caracterización de la fuente contaminante
2. Dispersión de contaminantes y cálculo de concentraciones
3. Evaluación de los impactos
4. Evaluación monetaria

Este costo adicional llamado Externalidades aparece de un estudio técnico, médico y anatómico de enfermedades, se realizó un ranking de valores dependiendo del combustible que se esté utilizando y que ocasiona problemas de tipo: social, salud y ecológico. Para el caso del diesel que es el combustible más común usado para la generación térmica el valor de externalidades es de 0,093 \$/Kwh.

3.6.2 IMPACTOS DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS

Para la evaluación de los impactos se debe considerar factores naturales, tecnológicos y financieros¹⁰, a continuación se hará únicamente un balance positivo de los impactos en el proyecto, los impactos negativos dependen del lugar de implementación del proyecto y se los evaluará en el caso de estudio en el Capítulo 6 de este mismo estudio.

3.6.2.1 Impactos Tecnológicos

- Aprovechamiento de topografía e hidrología del país
- Obras civiles simples
- Adaptación y desarrollo de tecnologías propias referente a equipos
- Especialización de técnicos nacionales
- Reducción de pérdidas por conducción

3.6.2.2 Impactos Ambientales

- Energía renovable, sustituye generación térmica contaminante
- No contamina ni consume agua
- No son incompatibles con proyectos de riego y agua potable
- Demanda protección de cuencas hidrográficas
- Sensibilización de la población sobre el cuidado ambiental
- Contribuyen a la reducción de gases de efecto invernadero (Calentamiento global)
- Corresponden al esquema de canje de bonos de carbono

Bajo impacto ambiental:

- Apertura de caminos y puentes
- Intervención en zonas rurales

¹⁰ SUAREZ, D. “Pequeñas Centrales Hidroeléctricas como vector del desarrollo social en el Ecuador”, EnerPro – ENYA, Ecuador, ELPAH, octubre 2007

- Utilización de material pétreo de la zona
- Limitado uso de agua del río en el tramo de captación

3.6.2.3 Impactos Socio - Económicos

- Originan nuevas fuentes de ingresos para las comunidades y gobiernos locales
- Demandan menores montos para su construcción
- Sustituyen generación térmica de mayor costo
- Sustituyen dependencia de importación de energía
- Reducen la tarifa promedio por generación
- Generan nuevas actividades productivas: reinversión de ingresos en la zona
- Involucran participación de la población local en proyectos energéticos, transferencia de conocimientos
- Mejoran calidad de vida e índices de necesidades no satisfechas en zonas rurales, disminuyen presión para la migración.

3.6.3 PARTICIPACION Y ORGANIZACIÓN EN PROYECTOS DE ELECTRIFICACION RURAL

Para el éxito de proyectos hidroeléctricos en zonas rurales es primordial trabajar con la gente y determinar las relaciones de poder que existe en la zona de influencia del proyecto, es fundamental determinar la organización de las comunidades y los actores principales individuales y grupales.

Existe dificultades en la participación ciudadana, ya que cuando hay mayor participación también existe mayor desorden que pueden intervenir en el avance del proyecto, el reto es el cambio.

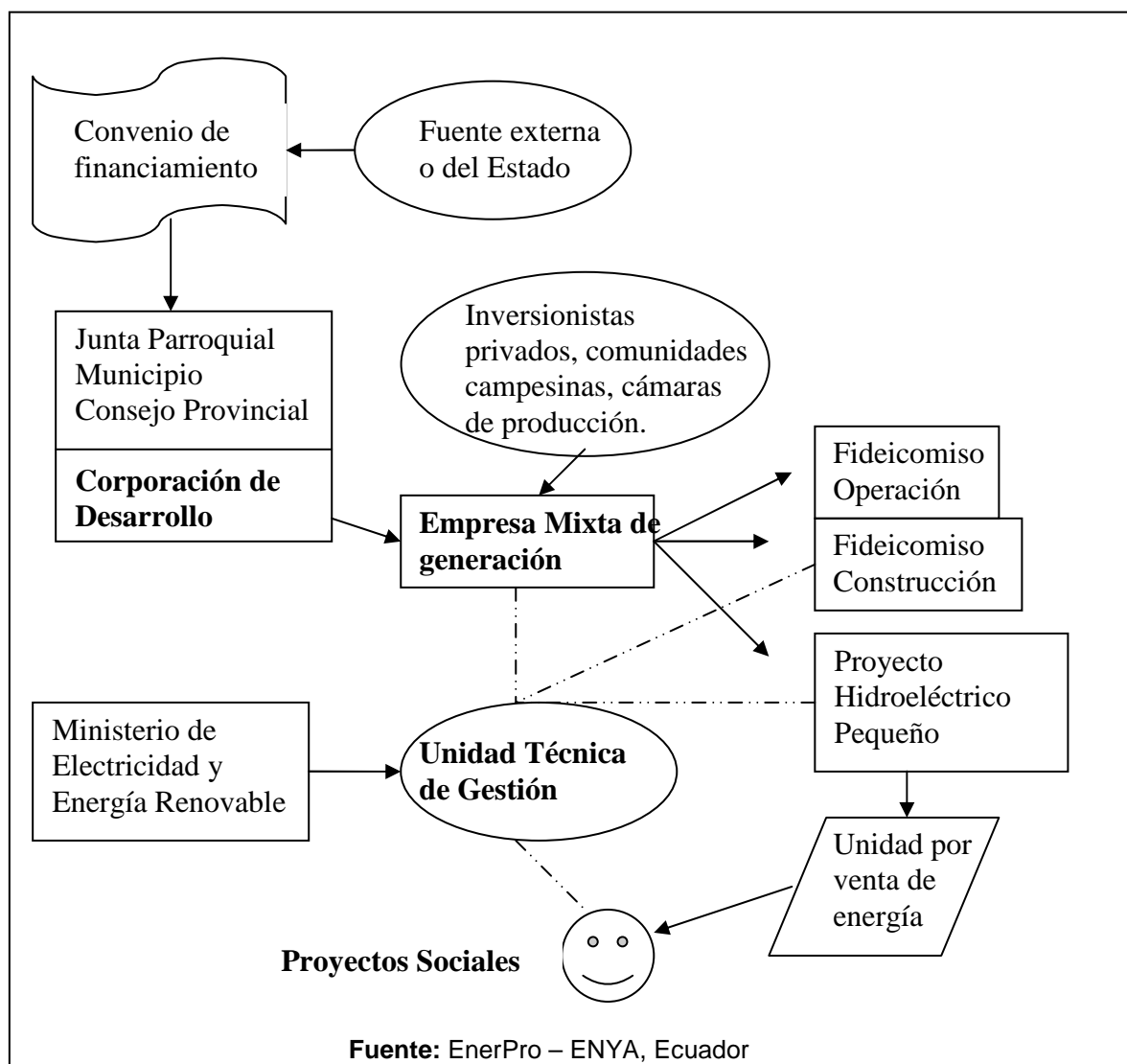
El primer paso es la evaluación de las necesidades de la comunidad, hacer una evaluación y análisis para la determinación de las necesidades y por tanto sabríamos el compromiso que se tendría.

Lo principal es trabajar con la población para sensibilizar a las personas que toman las decisiones, éstas deben ser tomadas por la población que es la beneficiada directamente, el grupo técnico es simplemente un gestor del proyecto.

Para determinar si el proyecto es sostenible, se debe realizar una evaluación económica para determinar la capacidad de pago: cuánto gasta una familia para la generación eléctrica, además de eso evaluar la voluntad de pago.

Existen varias propuestas de modelo de gestión, como se muestra en el gráfico 3.8, este modelo a continuación puede servir como referencia, pero muchas veces el modelo de gestión es diferente para cada caso y eso se lo determina después de la evaluación de los actores y sobre todo la capacidad organizativa de la población.

Gráfico 3.8: Propuesta de Modelo de Gestión



CAPITULO 4

4. CAMBIO CLIMATICO EN EL ECUADOR

4.1 INTRODUCCION

Cambio climático significa un cambio del clima atribuible directa o indirectamente a la actividad antrópica que alteran la composición de la atmósfera global, por las continuas emisiones de calor debido al incremento del CO₂ que se queda atrapado en la atmósfera, además influye en la variabilidad natural del clima en períodos de tiempo comparables.

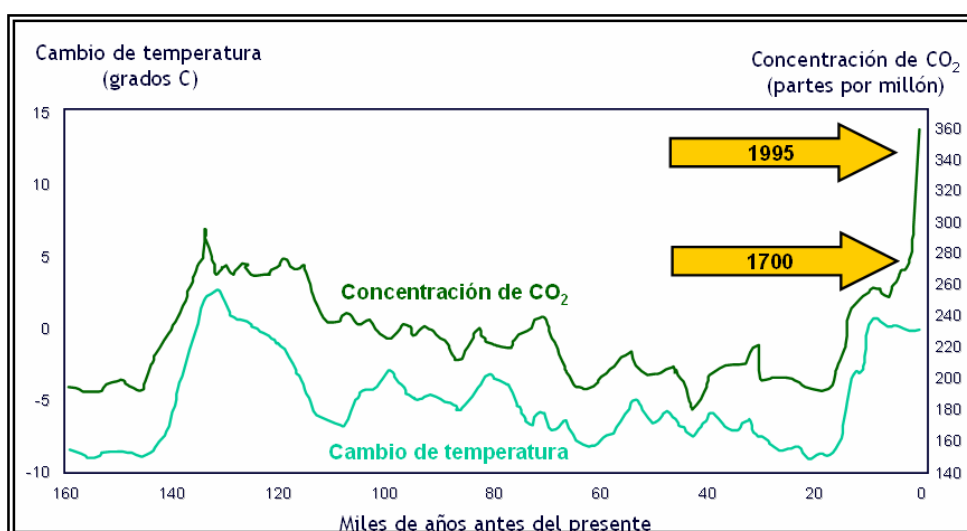
El 80% del CO₂ que retiene más calor en la atmósfera proviene de la quema de combustibles fósiles: petróleo, carbón y gas natural y es directamente atribuida a los países industrializados. El resto del CO₂ proviene de cambios en el uso del suelo principalmente en los bosques tropicales, incluidas la agricultura, quema y tala de madera.

Según la revista de la National Geographic, el dióxido permanece en la atmósfera por unos 200 años, si es que se eliminaría hoy todas las emisiones de CO₂ a la atmósfera, la Tierra seguiría calentándose por unos cuantos siglos más, pero como eso no es posible se prevé que para el año 2100 la temperatura promedio se incrementará 5°C más de su valor actual, haciendo difícil la supervivencia y adaptación de algunas especies.

Para entender mejor el calentamiento global, se debe primero conocer el sistema de calentamiento natural en donde la cantidad de energía solar es retenida por la atmósfera de la Tierra que fija el termostato global. La tierra y el agua absorben la luz solar entrante y la transforman en calor, que es liberado en el aire en forma de radiación infrarroja. Los gases atmosféricos, principalmente el bióxido de carbono, el vapor de agua y el gas metano retienen la mayoría de calor ascendente y lo conservan en la atmósfera inferior. Sin este proceso natural, comúnmente llamado

efecto invernadero, la temperatura promedio sería de -18°C y no de 14.5°C como es en la actualidad.¹¹ A continuación en el gráfico 4.1 se presenta la variación de la temperatura en conjunto con la variación de la concentración de CO_2 , en el que se puede observar que la tendencia de ambas es muy similar, existiendo un incremento muy significativo.

Gráfico 4.1: Cambio de temperatura y Concentración de CO_2



Fuente: Cambio Climatico_CMNUCC, 2001

Actualmente los pioneros en la protección del clima son los europeos y tienen un compromiso de reducir entre un 15 a un 40% las emisiones de CO_2 hasta el 2020¹². Debido al cambio climático que se está experimentando, el calentamiento está azotando los glaciares, el mar y la amazonía. En el Ecuador por ejemplo se están reduciendo los casquetes glaciares con lo cual se afecta las fuentes de agua para el consumo humano y la elevación del calor. En el Brasil se prevé que con el aumento de las emisiones de CO_2 a la atmósfera, la amazonía incrementará su temperatura 8°C hasta el 2050.

El aceleramiento en el deshielo de los glaciares tienen una serie de graves repercusiones para el ser humano y la naturaleza, la mayor preocupación de todas es la disminución de las fuentes de captación de agua. El experto en glaciología y

¹¹ NATIONAL GEOGRAPHIC. Suplemento de la revista, Octubre del 2007

¹² El Comercio, Domingo 16 de diciembre del 2007, pg 42.

climatología asegura que el cambio del ciclo hidrológico y de los patrones de lluvia causa estragos en la vida de los campesinos e indígenas. Sus cultivos tradicionales deberán hacer en mayores altitudes.

Una proyección hecha en Suiza al aplicar un nuevo índice del cambio climático revela que en la Amazonía que es el gran pulmón de la Tierra y su principal fuente de agua dulce, corre el riesgo de sufrir 19 años de sequía entre el 2071 y el 2100. En los dos últimos años ya hubo un breve anticipo en el país, el prolongado estiaje del 2006, hizo que el caudal del río Napo descienda notablemente, impidiendo la navegación normal. No es solo responsabilidad de los grandes productores de CO₂ sino también de los propios habitantes de la zona.

En el Ecuador, la colonización desordenada y la consiguiente deforestación han hecho que se pierda bosques y con esto un buen porcentaje de especies.

Se está impulsando proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio para que las emisiones de gases de efecto invernadero sean una oportunidad de negocio. Por cada tonelada de carbono que se reduzca, se recibirá un certificado de 10 a 15 euros que se podrá negociar con los países que son obligados a cumplir con el Protocolo de Kyoto.¹³

El 4% de las emisiones de un total de 6.46 mil millones de toneladas de CO₂ provienen de América Latina, y el 35% de esas emisiones se originan en la termoelectricidad: gas, MCI y vapor que emiten gases: CO₂, CO, CH₄, NO_x y N₂O.

El sector energético a nivel mundial constituye el principal causante del calentamiento global, debido a esto en el Ecuador se ha implementado el estudio de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero, GEI – Sector Energía, en el cual se hace un análisis de medidas, estrategias y políticas para mitigar los Gases de Efecto Invernadero, GEI, provenientes del sector energético del país.

¹³ El Comercio, Reporte especial del Cambio Climático, Suplementos, pg 6.

4.2 DETECCION DEL CAMBIO CLIMATICO EN EL ECUADOR

Geográficamente el Ecuador consta de cuatro regiones, cada región presenta diferentes condiciones climáticas, determinadas por su altitud, ubicación y, principalmente, por la presencia de la cordillera de los Andes y la influencia marítima.

Debido a ello existe también gran diversidad de microclimas en cada zona. La Costa tiene una estación lluviosa entre diciembre y mayo y otra seca desde junio a noviembre. La Sierra, en cambio, tiene un clima lluvioso y frío de noviembre a abril y seco de mayo a octubre. En la Amazonía, la estación es lluviosa y húmeda de enero a septiembre y seca de octubre a diciembre. Galápagos ofrece un clima templado.

El Ecuador es altamente vulnerable al Cambio Climático, y su capacidad de adaptación a los efectos del mismo es limitada debido a aspectos como la pobreza y la ubicación geográfica.

Para la detección del cambio climático en el país se plantea la necesidad de investigar la existencia o no de evidencias de Cambio Climático en el Ecuador que corroboren o refuten las existentes a nivel mundial.

Con la información meteorológica de 14 estaciones, que se muestran en la tabla 4.1, ubicadas 8 en la Región Interandina y 6 en la Región Litoral, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología hace un tratamiento de la información para la detección del Cambio Climático en el Ecuador.

Tabla 4.1: Estaciones utilizadas para la Detección del Cambio Climático en Ecuador

Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Provincia
TULCAN	00°49'00"N	77°42'00"W	2934	CARCHI
IBARRA	00°20'00"N	78°06'00"W	2214	IMBABURA
QUITO OBS	00°12'40"S	78°30'00"W	2820	PICHINCHA
COTOPAXI	00°37'06"S	78°34'27"W	3551	COTOPAXI
AMBATO	01°15'09"S	78°37'33"W	2660	TUNGURAHUA
BAÑOS	01°23'33"S	78°25'12"W	1841	TUNGURAHUA
RIOBAMBA	01°39'29"S	78°39'38"W	2820	CHIMBORAZO
LOJA	04°01'50"S	79°11'58"W	2160	LOJA
PORTOVIEJO	01°02'26"S	80°27'34"W	32	MANABI
ANCON	02°19'36"S	80°51'30"W	4	GUAYAS
BABAHOYO	01°47'46"S	79°28'51"W	8	LOS RIOS

Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Provincia
MILAGRO	02°07'08"S	79°36'01"W	13	GUAYAS
GUAYAQUIL	02°09'12"S	79°53'00"W	5	GUAYAS
MACHALA	03°15'50"S	79°57'40"W	4	EL ORO

Fuente: INAMHI-Evidencias del Cambio Climático en Ecuador,

Con estas estaciones se hace una zonificación tomando en cuenta factores como el crecimiento urbano, industrialización, influencia del mar, etc.

Zona rural marina (ZRM) representada por Ancón, como resultado se puede decir que la influencia de efectos locales y de gran escala temporal y espacial del mar es predominante. Existe un cambio de signo en la tendencia de la temperatura media ocurrida a partir de mediados de los años setenta que debe ser analizado con más detalle al igual que la precipitación, pues probablemente un filtrado de la influencia ENSO podría intensificar la señal tratando de encontrar respuestas a efectos de largo plazo.

Zona urbana marina (ZUM) con las restantes estaciones del Litoral, se considera la más representativa a Guayaquil, respondiendo fuertemente a efectos de eventos ENSO, presenta una tendencia creciente en la temperatura y negativa en la precipitación

Zona rural de altura (ZRA), representada por Cotopaxi, como resultado se tiene un cambio de temperatura media con un valor de 1.5°C y de temperatura mínima absoluta de 0.8°C en el caso de la temperatura máxima absoluta el cambio es nulo.

Zona urbana de altura (ZUA) con las restantes estaciones de la Región Interandina, se considera la más representativa a Quito Observatorio la tendencia creciente es bien marcada en el caso de la temperatura media y es de mayor intensidad que en las zonas costeras.

En el caso de la precipitación la parte central y sur de la Región se observa una tendencia creciente que oscila entre. En la zona centro-norte en cambio se presenta una variación decreciente.

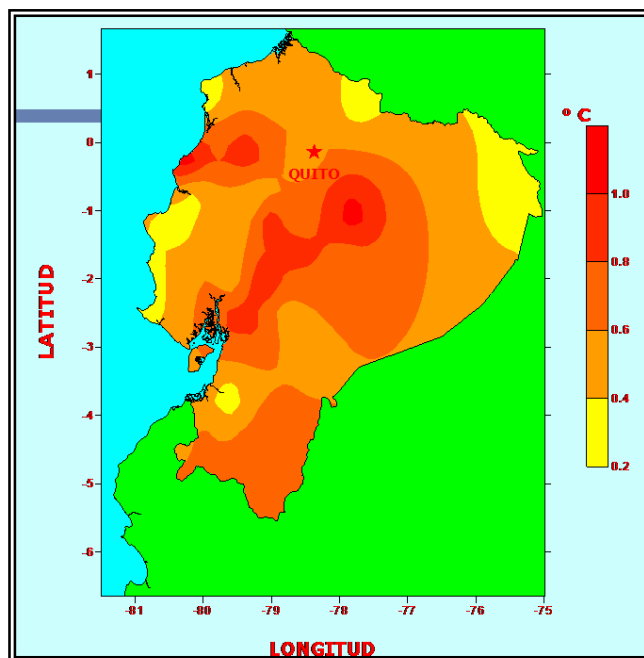
Con este análisis se evidenció una clara tendencia al incremento en los valores medios y extremos de la temperatura por un lado, y por otro una incertidumbre en la evolución de la precipitación, los resultados evalúan un aumento de temperatura de 0,6 a 0,2 °C desde 1860 y un aumento del nivel del mar de 10 a 20cm. Este cambio de temperatura también ha producido descensos de nivel de altura en los glaciares y prolongación de periodos de estiaje, repercutiendo directamente en las precipitaciones; además de alteraciones en los ecosistemas variados que existen en nuestro país.

Los glaciares tropicales se muestran como claros indicadores del calentamiento global y la variabilidad climática a una escala mundial. El retroceso de los glaciares que se constata desde hace 150 años se ha acelerado en los últimos 30 años, mientras que el aumento de temperatura global no alcanza todavía 1°C. Los escenarios de un aumento de 2°C hasta 6°C para el fin de este siglo indican perspectivas mucho más graves ¹⁴

Adicionalmente a los análisis de la variación de temperatura, se deberían considerar otras variables climáticas que han cambiado en los últimos tiempos como es la humedad, la cual afecta directamente al balance de energía sobre los Glaciares Tropicales.

En el gráfico 4.3 se presenta el mapa de calentamiento del Ecuador, en el cual se observa el incremento de temperatura en el período 1965-1999.

¹⁴ Congreso de Hidráulica. MANCIATI, C. “Modelación del Balance del Glaciares Tropicales”. Ecuador.

Gráfico 4.3: Mapa de Calentamiento Ecuador

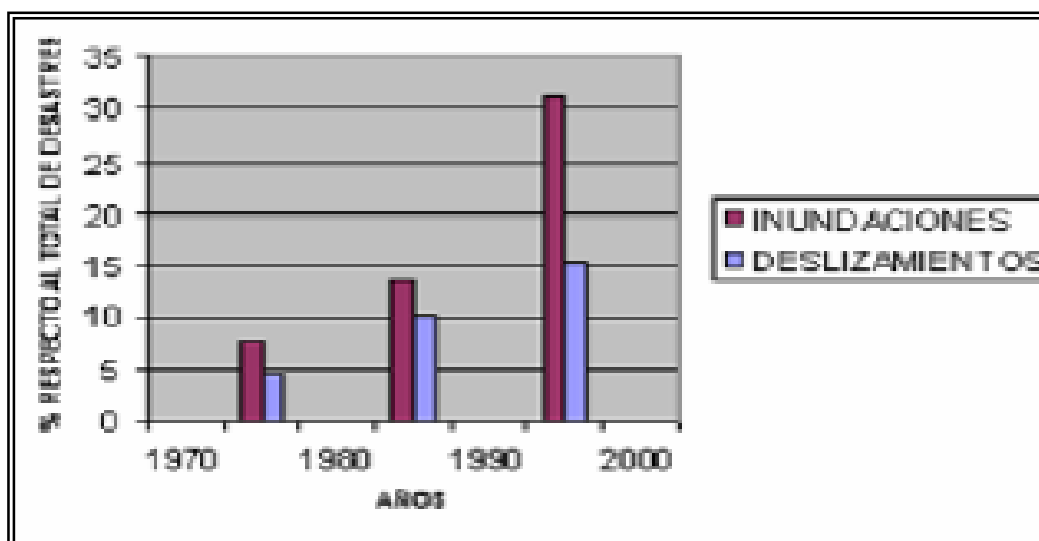
Fuente: INAMHI-Climatología

Las tendencias crecientes en la temperatura en el Ecuador son sostenidas y compatibles con la situación global, presentándose mayores incrementos de temperatura en la zona central interandina y amazónica.

Adicionalmente a la variabilidad climática están cada vez mas ligados los desastres hidrometeorológicos, pues se reporta que entre la década del 70 hasta fines del 2000 estos desastres se incrementaron del 15.8 al 67.1 %, entre ellos inundaciones y deslizamientos.¹⁵

En el gráfico 4.4 se muestra claramente como existe un aumento considerable en desastres naturales, evidenciandose más aún las inundaciones en el período 1990 al 2000.

¹⁵ Congreso de Hidráulica. ANDRADE L. “Riesgos relacionados con los Recursos Hídricos”.

Gráfico 4.4: Incremento de Desastres de Origen Hidrometeorológico

Fuente: EPN-La Red –IAI 2004

El decrecimiento de la precipitación junto con el incremento de temperaturas medias, asociadas con la variabilidad y cambio climático son factores que desencadenan sequías, estas sequías causan mayor daño económico y perjudican a un gran número de personas en todo el mundo, mas que cualquier otra amenaza natural.

Con estos antecedentes y tomando en cuenta las evidencias de acuerdo a los estudios de posibles cambios climáticos en el Ecuador, se debe tomar medidas a la brevedad posible con procesos de mitigación de gases que controlen el efecto invernadero.

Las emisiones de gases provienen principalmente de dos grades fuentes: la primera relacionada con la utilización directa e indirecta de combustibles fósiles y, la segunda, por actividades de uso del suelo y actividades relacionadas a la silvicultura.

Todas aquellas medidas tendientes a reducir la concentración neta de los gases se enmarcan en el componente mitigación basadas en un potencial de calentamiento.

4.3 POTENCIAL DE CALENTAMIENTO

El potencial de calentamiento es la contribución de distintos gases a la atmósfera a lo largo del tiempo.

El Potencial de Calentamiento define el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce una liberación instantánea de 1kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO₂; de esta manera, se tiene en cuenta los efectos radiactivos de cada gas, así como sus diferentes tiempos de permanencia en la atmósfera.

Es importante establecer un potencial de calentamiento en relación con un periodo de tiempo, debido al tiempo de vida de los gases de invernadero en la atmósfera varía considerablemente, el CO₂ puede permanecer en la atmósfera en un periodo de 50 a 200 años y otros gases tienen un periodo de vida de miles de años en la atmósfera.

El potencial de calentamiento está relacionado directamente con las fuentes productoras de gases, es por esta razón que los países industrializados son los que emiten más del 70% de CO₂, mientras que América Latina produce el 4% de las emisiones globales de CO₂, pero no hay que ignorar la demanda energética de los países en vías de desarrollo.¹⁶

4.4 EL SECTOR ENERGÉTICO Y LAS EMISIONES GASES DE EFECTO INVERNADERO

EL potencial energético del Ecuador se basa fundamentalmente en recursos renovables y no renovables de energía, en 1990 el potencial de energía aprovechado fue en hidroenergía (95,6%), petróleo crudo (2,6%), biomasa (0,8%), geotérmica (0,7%), carbón mineral (0,2%) y gas natural (0,1%).

¹⁶ Convención Marco de la Naciones Unidas, Cambio Climático, Comité Nacional Sobre el Clima, 2001

La producción y oferta de energía en el país se sustenta básicamente en los derivados del petróleo, hidrocarburos (90.9%), el resto se complementa con biomasa e hidroenergía.

4.4.1. PROCESOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Debido a las condiciones de disponibilidad de los recursos y a las tecnologías desarrolladas en el Ecuador se originan dos tipos de producción de energía eléctrica:

1. Generación hidroeléctrica
2. Generación termoeléctrica

4.4.1.1. Generación hidroeléctrica

El agua recurso natural con el cual comienza y termina la vida, esta fuente de energía renovable tiene un enorme potencial de aprovechamiento, el cual se lo transforma en energía por medio de represamiento de cauces de sistemas hídricos, esta se obtiene de la caída de agua desde cierta altura a un nivel inferior provocando el movimiento de las turbinas que producen la energía.

Constituye el 54% de la potencia efectiva total del sector eléctrico en el Ecuador y aporta con 1693.28 MW al SNI.

4.4.1.2. Generación Termoeléctrica

La generación termoeléctrica en el Ecuador está dividida en tres tipos de centrales térmicas: térmicas a gas, térmicas MCI (Motores de Combustión Interna) y térmicas a vapor, las cuales mediante la combustión de Bunker y diesel generan electricidad, cada una con un proceso diferente

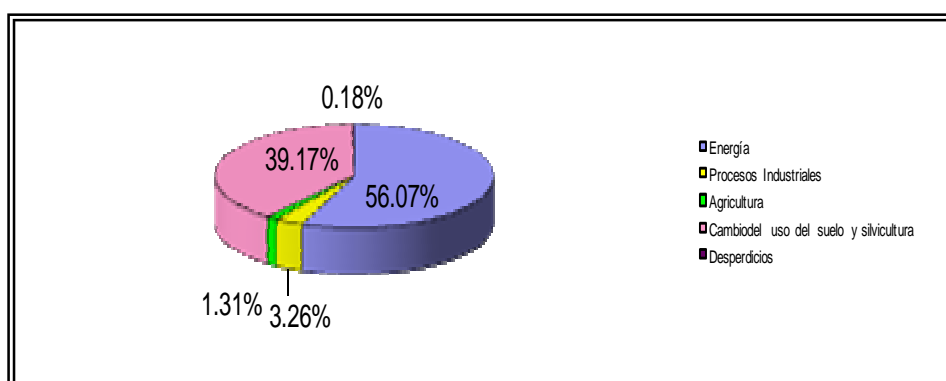
Constituye el 45% de la potencia efectiva total del sector eléctrico en el País y aporta con 1424.40 MW al SNI.

4.4.2. CONTAMINACION DE LA GENERACION ELECTRICA

Las emisiones de gases de efecto invernadero nos han llevado a una verdadera crisis ecológica, que si la humanidad no toma conciencia, esto nos puede llevar a producir cambios ecológicos irreversibles y peligrosos para la existencia de la vida misma en la tierra.

En el año 1990, las emisiones de GEI se generaron principalmente en los sectores: energético, cambio de uso de suelo y silvicultura, como se puede observar en el gráfico 4.5.

Gráfico 4.5 Emisiones de GEI por sectores %



Fuente: Convención Marco de las Naciones Unidas, Cambio Climático

En la siguiente tabla 4.2 se presenta en porcentaje las emisiones de gases de efecto invernadero detallada por sectores y por gases

Tabla 4.2. Emisiones de GEI por sectores %

Fuentes de emisión de GEI	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	No _x	CO
Energía	56.82%	7.31%	50.00%	82.88%	50.90%
Procesos Industriales	3.46%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Agricultura	0.00%	70.51%	7.14%	2.59%	5.20%
Cambio del uso del suelo y silvicultura	39.72%	10.79%	42.86%	14.53%	43.90%
Desperdicios	0.00%	11.39%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: Convención Marco de las Naciones Unidas, Cambio Climático

El 55,9% de dióxido de carbono es producido por el sector energético, el 40,7% por el cambio de uso de suelo y silvicultura, que sumados dan el 97 % y el 3 % restante es generado por la producción de cemento.

El monóxido de carbono CO es emitido principalmente por los sectores energético (50,90%) y cambio en el uso del suelo y silvicultura (43,88%), que juntos suman el 94,78 % del total nacional, el resto es resultado de la actividad agrícola.

Del total de gases que se producen el efecto invernadero tan solo el 7.31% es del Sector Energético. La fuente más importante de emisión de metano, en el sector energético, proviene de la quema de biomasa para obtener energía (88,6%).

El óxido de nitrógeno es generado fundamentalmente por actividades energéticas (83%), al igual que el óxido de nitrógeno.

Para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, deberán tomarse medidas como el Aprovechamiento de Gas Natural Asociado de los Campos Petroleros y la reducción de pérdidas eléctricas, así como también las medidas encaminadas a la sustitución de combustibles por otros más limpios, al igual que promover el uso eficiente de la energía, el uso de las energías renovables, entre otras medidas.

4.4.3 IMPACTOS DE LOS PROCESOS DE GENERACION ELECTRICA

Tanto la generación hidroeléctrica como la termoeléctrica producen impactos sobre el ambiente cada una en diferente medida, dependiendo de la magnitud del proyecto.

Los impactos pueden ocurrir durante la etapa de construcción, así como en la operación de las plantas, estos impactos pueden ser evitados completamente o mitigados exitosamente, si el proyecto se maneja prudentemente, haciendo que los proyectos sean sustentables tanto ecológica como económicamente.

4.4.3.1 Impactos Ocasionados Por Centrales Hidroeléctricas

La energía hidroeléctrica es renovable, aprovecha la caída de agua para mover las turbinas y generar electricidad, por tanto no producen contaminación por emanación de gases, sin embargo los efectos medioambientales ocurren durante la etapa de construcción entre los que podemos mencionar la deforestación de la zona de implantación de las obras, cambio en la biodiversidad del medio debido a la desviación del curso del río, acumulación de sedimentos, disminuyendo la degradación en la DBO¹⁷.

4.4.3.2 Impactos Ocasionados Por Centrales Térmicas

La generación de energía eléctrica implica la generación de calor a partir de la quema de combustibles fósiles para accionar algún tipo de máquina térmica, produciéndose grandes cantidades de emisión de gases que contribuyen al calentamiento global de la tierra.

Dependiendo del tipo de combustible fósil y de la tecnología usada, se producen gases como dióxido de carbono, ozono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, y otros gases, así como humos. Los óxidos de azufre y de nitrógenos contribuyen al smog y a la lluvia ácida.

Los combustibles fósiles pueden también contener en disolución material radioactivo, por lo que, al quemarse en grandes cantidades arrojan este material al ambiente produciéndose contaminación radioactiva.

Como consecuencia del proceso de generación también ocasiona contaminación en los cursos de agua debido a la descarga de las aguas de enfriamiento de las torres a los cursos receptores, pueden identificarse otros efluentes no procedentes de las torres de enfriamiento, tales como: sales calientes y concentradas de la purga de evaporadores y calderas; soluciones químicas ácidas y alcalinas, utilizadas en la limpieza del equipo central; agua de la purga de torres de enfriamiento con alta concentración de minerales; aguas residuales del lavado de gases de las

¹⁷ Generación y Mitigación del Sector Energético en el Ecuador, Febrero 2001

chimeneas; soluciones ácidas y cáusticas, resultantes de la regeneración de ablandadores de intercambio iónico y de plantas de tratamiento desmineralizador de aguas que se utilizan en la alimentación de calderas y evaporadores; agua alcalina caliente de la purga de plantas de ablandamiento químico; aceites, grasas, y diversos desechos sólidos y líquidos.

La descarga de agua de las centrales térmicas pueden ocasionar graves problemas ecológicos, como la migración de especies, la estratificación del agua, cambio en el crecimiento de los organismos, adelanto en el período reproductivo especialmente en parásitos, desaparición de especies sensibles, entre otros.

4.5 MITIGACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO EN EL ECUADOR

El incremento de las emisiones mundiales de los Gases de Efecto Invernadero está generando un calentamiento global sin fronteras, reducir en una proporción considerada esta emisión de gases es técnica y económicamente posible, principalmente en el sector energético¹⁸.

El uso de energías renovables, el incremento de la eficiencia energética, y la implementación de tecnologías limpias son los mecanismos más utilizados como medidas de mitigación en el sector energético para conciliar los retos del desarrollo socioeconómico del país con la necesidad de la preservación del ambiente, generando a su vez beneficios para el país como son¹:

- La aplicación del uso eficiente de la energía a lo largo de la cadena energética.
- La optimización de los sistemas de generación, transformación y distribución de la energía eléctrica.
- La Implementación de programas de administración de la demanda de la energía eléctrica y ahorro de energía.

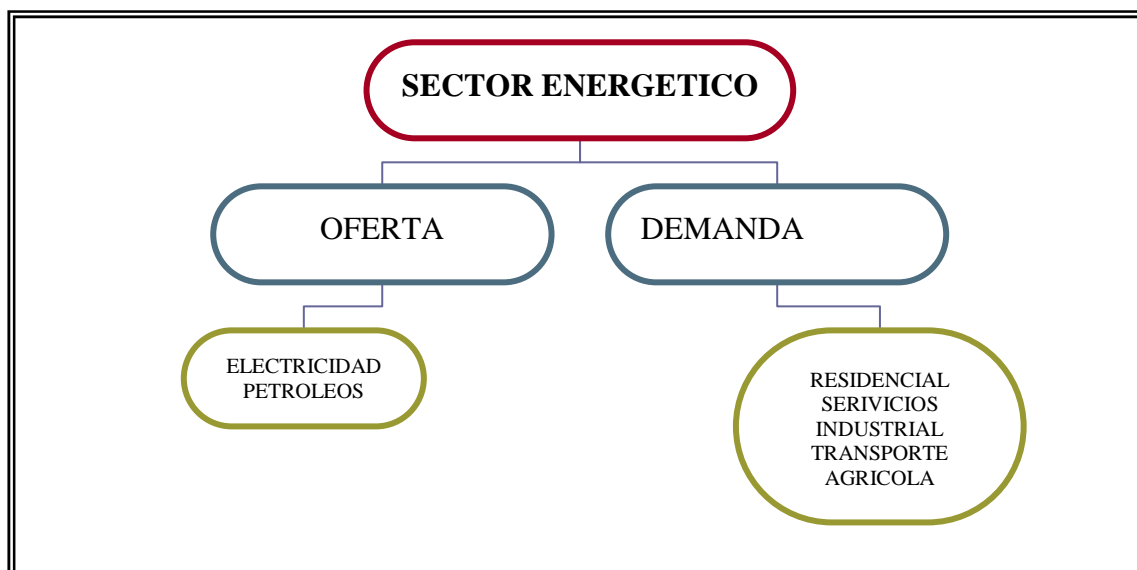
¹⁸ Estudio sobre Mitigación de gases de efecto invernadero, Ecuador: Quito, 1998.

- El fomento en la diversificación energética, mediante el uso de fuentes alternas de energía.
- Descentralización, diversificación y/o sustitución de fuentes de energía.
- La reducción de otros impactos ambientales, provocados por los diversos sectores tanto desde el punto de vista de Demanda como de Oferta de

Energía.

El Ecuador cuenta con un potencial energético basado en diversos recursos renovables y no renovables de energía, para la producción de energía predomina el uso de hidrocarburos y biomasa, y en bajo porcentaje la hidroenergía, la solar y eólica. Dentro del contexto el sector energético se configura de la siguiente manera, como se muestra en el gráfico 4.6

Gráfico 4.6: Configuración del Sector Energético



Fuente: Convención Marco de las Naciones Unidas, Cambio Climático

Oferta Energética

La oferta de generación eléctrica sin medidas de mitigación tendría una tasa de incremento anual de 4.1 %, implementando las medidas de mitigación esta tasa se reduciría a un promedio anual de 2.6 %. Dentro de las medidas tenemos:

Electricidad:

Generación de energía mediante pequeñas centrales hidroeléctricas

Disminución de pérdidas de electricidad por distribución.

Petróleos:

Aprovechamiento del gas natural asociado de los campos petroleros de la zona nororiente para recuperación de GLP y generación de electricidad.

Demanda Energética

Al igual que la oferta energética las medidas de mitigación disminuyen del 2.8 % al 2.2 % el incremento de la misma

Residencial:

Ahorro de la energía eléctrica en el Sector Residencial – Sustitución de luminarias.

Aprovechamiento de la energía solar para calentamiento de Agua.

Electrificación rural con sistemas solares fotovoltaicos.

Programa de uso racional de la energía en el Sector Rural - Promoción y difusión de fogones mejorados y prácticas ahorradoras de leña.

Servicios

Sustitución de luminarias en Alumbrado Público.

Sustitución de luminarias en el Sector Comercial y Servicios.

Industrial

Optimización de la combustión en calderas para generación de vapor.

Transporte

Empleo de gas natural comprimido en vehículos.

Agrícola

Programa de biogas para el sector Agrícola y Ganadero del país.

A través de entidades como el Ministerio de Medio Ambiente se evalúan las medidas de mitigación de GEI analizando la situación ambiental y socioeconómica, dando viabilidad a proyectos a través de convenios, estos proyectos permiten el desarrollo generando una dotación energética a zonas rurales, aumento de productividad y generando una mejor calidad de vida, evitando así, las migraciones masivas a zonas urbanas, si no se atiende las demandas básicas de energía en el sector urbano, estas migraciones promocionan el desorden y falta de proyección.

De todas las medidas expuestas, ahondaremos en la de generación de energía mediante pequeñas centrales hidroeléctricas, debido a que esta es la temática principal del presente estudio.

Generación de energía mediante pequeñas centrales hidroeléctricas

Como medida de mitigación para reducir GEI, se planifica proveer al Sector Rural de energía, mediante el aprovechamiento del gran potencial hidroeléctrico que existe en el país y que aun no ha sido explotado, y así sustituir el abastecimiento energético por medio convencionales.¹⁹

La generación eléctrica, cualquiera sea su fuente, es parte de la oferta energética, de tal manera las pequeñas centrales hidroeléctricas forman parte de este rubro dentro del balance energético, su implantación constituye un factor determinante para el desarrollo económico y social de los pueblos beneficiarios de estos sistemas

¹⁹ Ministerio de Energía y Minas. “Cambios Climáticos Sector Energético” Julio, 2000

y consecuentemente incide al desarrollo y progreso de las zonas de influencia del proyecto.

El Ecuador posee un gran potencial de recurso hídrico en diferentes regiones del país: Según el inventario realizado por el INECEL, existen 101 sitios aptos para ser aprovechados con pequeñas centrales hidroeléctricas

En el país se ha desarrollado con gran éxito la tecnología nacional en cuanto a diseño y fabricación de turbinas de los tipos Pelton y Mitchell Banki. Así como la capacidad para reparar o reacondicionar turbinas tipo Kaplan y Francis, la fabricación de tableros de control y otros elementos afines para la instalación de pequeñas centrales hidroeléctricas han tenido también un avance significativo en el país, experiencia que debe ser aprovechada para la instalación de estos sistemas, haciendo que los costos con tecnología propia, sean significativamente menores a los costos con equipos importados.

La generación eléctrica mediante el uso de combustibles tradicionales como (gasolina, diesel búnker, etc.), trae consigo una serie de impactos negativos, destacándose los altos costos que estos representan y los efectos ambientales provocados por la contaminación al quemar este combustible.

La generación hidroeléctrica aún que esta se da a pequeña escala, constituye una medida de mitigación o reducción de emisión de gases de efecto invernadero, por efectos de la sustitución de combustibles derivados del petróleo.

4.6 ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ECUADOR.

De acuerdo a los estudios realizados y a las evidencias que ponen en manifiesto la grave situación global con respecto al cambio climático debido a la emisión de gases, la humanidad debe tener claro que no se puede quemar todo el material fósil

por cumplir con la demanda energética, causando así daños irremediables al ecosistema y a la vida misma del planeta.

Es por esta razón que se debe plantear alternativas que de cierta forma cumplan con las expectativas energéticas necesarias para la subsistencia y a la vez no causen daños irreparables en el planeta; la promoción de energías renovables con técnicas y procedimientos adecuados que garanticen el uso eficaz de energía es posible, ya que en nuestro medio existen los recursos energéticos renovables necesarios.

Para cumplir estos objetivos es necesario impulsar la participación del sector privado para la implementación de los proyectos que demuestren que su ejecución es técnica y económicamente viable.

Gestionar recursos económicos, a nivel nacional e internacional, que permitan el establecimiento de mecanismos y estrategias de financiamiento como líneas de crédito con bajos intereses, etc., para la implementación de pequeños proyectos.

Desarrollar programas de uso racional de la energía, orientado a la utilización de los recursos de una forma eficiente.

Propiciar un proceso de concientización y cambio de hábitos en la población orientados a la preservación de medio ambiente.

Impulsar acciones de capacitación, educación, difusión, promoción y demostración sobre uso racional de los recursos naturales, en el marco de acciones de desarrollo rural integral y desarrollo sostenible.

Elaborar y aplicar normas técnicas orientadas a mejorar los niveles de eficiencia energética.

Desarrollar programas de: ahorro de energía en edificios públicos y privados, Hotelería Verde, uso eficiente de la energía en grandes centros comerciales, ahorro de energía en hospitales y centros de salud, etc.

El implemento de las medidas de mitigación y las estrategias para el cumplimiento de las mismas se debe seguir promoviendo para lograr la reducción de GEI, que no es un problema local, si no mundial.

CAPITULO 5

5. MERCADO DEL CARBONO Y SU RELACION CON PROYECTOS HIDROELECTRICOS

5.1 MERCADO DE CARBONO – ENFOQUE GENERAL

La atmósfera de la tierra antes de la revolución industrial contenía 280 partes por millón de dióxido de carbono (CO₂) definiendo que era una cantidad “adecuada” ya que esa cantidad atrapa el calor cerca de la superficie que de otra manera irradiaría de vuelta al espacio.²⁰ Entonces desde que comenzamos a quemar carbón, gas y petróleo para obtener energía esa cifra se ha incrementado a 380 y aumenta dos puntos cada año. Es difícil con certeza lo que ocurrirá en un futuro si la temperatura sigue aumentando, con una elevación de poco más de medio grado centígrado a derretido un alto porcentaje de lo que antes estaba congelado en la Tierra, se ha modificado las estaciones y el régimen de las precipitaciones haciendo aumentar el nivel de los océanos.

El Mercado de Carbono funciona como cualquier otro mercado, se compra y se vende, los países desarrollados son los compradores y los vendedores son empresas con inversiones nuevas que desplazan toneladas de CO₂ y otros gases contaminantes o que aplican eficiencia en la producción, principalmente en países en desarrollo. El Mercado de Carbono es la solución para frenar o aplacar la emisión indiscriminada de gases CO₂ a la atmósfera.

En este mercado se negocia con papeles denominados certificados de carbono que los obtienen previo al comienzo de la obra a cambio de recursos o se los obtiene en el proyecto durante la operación, normalmente no reciben de forma anticipado sino cuando se certifica la reducción de las emisiones.

²⁰ NATIONAL GEOGRAPHIC. Suplemento de la revista, Octubre del 2007

Así se puede cubrir parte del financiamiento que garantiza una reducción efectiva de la emisión de gases contaminantes durante la vida útil del proyecto.

Los bonos de carbono son un mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones contaminantes al ambiente.

El Mercado de Carbono es un mercado que se encuentra en crecimiento y mueve alrededor de 3 000 a 4 000 millones de dólares cada año, éstos fondos provienen de inversiones privadas y de algunos gobiernos. Los precios de los proyectos dependen del nivel de reducción del CO₂ que se pueda obtener.

El acceder a este mecanismo de certificados de carbono mejora el flujo de caja y puede contribuir significativamente a cubrir los costos de operación y mantenimiento para los proyectos.

El reducir las emisiones puede ser un gran negocio para una empresa, simplemente hay que disponer de buena información para la evaluación del proyecto, planificación y una buena estrategia.

El gobierno de los países bajos fue el pionero en el Mercado de carbono usando los mecanismo flexibles del Protocolo de Kyoto, se hizo ofertas de:

- Unidades de reducción de emisiones, adquiriendo créditos de carbono de proyectos en el marco de la Implementación Conjunta.
- Certificados de reducción de emisiones, comprando créditos de carbono provenientes de proyectos en el marco del MDL.

Existen dos productos principales derivados del MDL: a) los Certificados de Reducciones de Emisiones (CER) que pueden ser utilizados para cumplimientos dentro del Protocolo de Kyoto o para cumplir con límites de emisiones establecidas bajo el Régimen para el Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea (EU ETS), y b) Las reducciones de emisiones verificadas (VER) que pueden usarse en los mercados voluntarios. Debido a los mayores riesgos de certificación y posterior

expedición las VER muestran un precio inferior a los CER, actualmente cercano al 40% por debajo del precio de los CERs.

En el tratado de Kyoto los países industrializados se comprometieron a reducir la emisión de CO₂ en un 5.2% desde el año 2008 al 2012, así para entender mejor el funcionamiento de los bonos de carbono se plantea el siguiente ejemplo: “Los países tienen un nivel de emisión. En el caso de que sea de 100 millones de toneladas de CO₂ y sus industrias emiten 110 millones de toneladas, éste deberá buscar proyectos que reduzcan esos 10 millones de toneladas de CO₂.²¹

El Mercado de Carbono debe ser considerado ya que crea un nuevo producto de exportación, transforma los recursos naturales en una fuente de ingreso y promueve un crecimiento más sustentable.

En los países desarrollados el precio de los certificados de carbón es más alto, así tenemos:

- EEUU \$70 - \$185 / ton Carbono
- Noruega \$150 - \$500 / ton Carbono

Mientras que en los países en desarrollo:

- México \$36 / ton Carbono
- Costa Rica \$10 / ton Carbono
- Bolivia \$1.36 / ton Carbono
- Ecuador \$14 / ton Carbono

El financiamiento del carbón es una herramienta muy importante para reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, es por tal razón que el Banco Mundial ha expandido desde un prototipo a una herramienta emergente importante para el desarrollo de proyectos sustentables, y está enfocado en tres objetivos interrelacionados entre sí:

²¹ El Comercio, 17 de octubre del 2007, El Mercado del Carbono intenta reducir la emanación de CO₂.

- Asegurar que el financiamiento del carbón contribuye sustancialmente al desarrollo sustentable, más allá de su contribución a los esfuerzos globales ambientales
- Asistir en la construcción, sostenimiento y expansión del mercado internacional de las reducciones de emisión de carbón y su estructura administrativa e institucional
- Fortalecer la capacidad de los países en desarrollo para beneficiar el emergente mercado de carbón para los créditos de reducción de emisiones.

El CORDELIM tiene una alianza con el FONAM (Fondo Nacional del Ambiente) del Perú y al momento se encuentran desarrollando el proyecto “Consolidación de una cartera de proyectos de secuestro de carbono y servicios ambientales en el ámbito geográfico del plan Binacional de Desarrollo Perú – Ecuador” con el apoyo del Mecanismo Mundial de lucha contra la desedificación.

De acuerdo al Tratado de Kyoto, durante el periodo 2005 – 2007, la penalización por cada tonelada emitida por encima de la cantidad de derechos, el costo es de 40 euros y a partir de este año 2008 ascenderá a 100 euros por tonelada de CO₂.

Existe un Mercado no Kyoto que son mercados voluntarios, muchas corporaciones de gran tamaño que emitieron mas de 1000 millones de toneladas de CO₂ en 1999 se han comprometido a reducir la emisión de GEI voluntariamente para el 2010.

5.2 SITUACION ACTUAL DEL MERCADO DE CARBONO EN EL ECUADOR

Para ingresar al Mercado de Carbono es necesario tener aprobado la licencia ambiental y para esto como se explicó en capítulos anteriores se requiere presentar un EIA al Ministerio del Ambiente, no hay restricciones para los proyectos si es a gran o de pequeña escala. En el caso de proyectos hidroeléctricos existentes como Paute, Agoyan entre otros, no pueden ingresar al Mercado de Carbono debido a que no cuentan con el Estudio de Impacto Ambiental. Estos proyectos fueron construidos cuando no existía una normativa ambiental para el sector eléctrico bien

concebida y en esa época quien otorgaba las licencias ambientales era el Ministerio del Ambiente y no había un trabajo conjunto multidisciplinario entre instituciones.

Una vez que el proyecto es aprobado y cuenta con una licencia ambiental, el CONELEC exige una auditoría ambiental anual para verificar el cumplimiento de los planes de manejo presentados en el Estudio de Impacto Ambiental aprobado, pero el CORDELIM es el organismo encargado de la evaluación, calificación y seguimiento.

Según el Ministerio del Ambiente, el promedio de emisiones para el Ecuador es de 750 kg de CO₂ por cada MWh que se genera en las centrales térmicas.

Ecuador es el sexto país que ofrece en el extranjero o implementa sus proyectos de descenso de gases, no está al margen de estrategias para aplacar los daños a la atmósfera.

Después de un año y medio que el Ecuador entró al Mercado de Desarrollo Limpio hay buenos resultados ya que entre febrero y abril del 2006 se pasó de 3 a 9 proyectos hasta agosto del 2007, estos nueve proyectos moverán 22 millones de dólares hasta el 2013 a través de la venta de bonos.²²

La coordinadora de proyectos en el CORDELIM Ana María Nuñez indica que no todos los proyectos podrán acceder a este mercado, se tiene que realizar un análisis en donde se garantice el desarrollo de energías alternativas que evite el uso de agentes contaminantes.

Entre los proyectos más atractivos están los hidroeléctricos ya que el potencial es alto, Ecuador tiene 41 proyectos en trámite de registro, según los registros del CORDELIM, el Ecuador podría producir 3.2 millones de dólares en bonos verdes con estos proyectos, pagando en un promedio de 10 USD por tonelada de CO₂ y para el año 2013 movería alrededor de 224 millones de dólares.

²² CORDELIM, *Ministerio de Electrificación y Energías Renovables.*

5.3 REQUERIMIENTOS SOBRE LA GESTION DEL CARBONO

La versión original del documento de proyecto para actividades de Proyectos a Pequeña Escala del Mecanismo de Desarrollo Limpio fue aprobada por la Junta Ejecutiva del MDL el 21 de enero del 2003.

El proyecto deberá especificar el tipo, categoría y tecnología de la actividad del proyecto y una explicación del modo en que se prevé reducir las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero (GEI) por las fuentes mediante la actividad de proyecto del MDL propuesta, además de la metodología de la línea base y el cálculo de las emisiones de GEI por las fuentes.

Para poder acceder al Mercado del Carbono el documento del proyecto debe demostrar su aporte al desarrollo nacional, provincial y cantonal en concordancia con los objetivos, políticas, prioridades y marco legal vigentes.

Entre los pasos para ingresar al Mercado de Carbono están la realización, validación, registro, monitoreo, aprobación y certificación. El CORDELIM (Corporación para la Promoción del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Ecuador) es el intermediario y la plataforma de comercialización.

La obtención de los certificados de reducción de emisiones de carbono (CERs) es un proceso complejo que puede tomar hasta 2 años. Una vez que los proyectos que buscan vender sus bonos entren en operación, se debe verificar el nivel de reducción del gas, para esto los propietarios deben contratar una verificadora cada uno o dos años. Las Naciones Unidas emite los certificados de carbono en base a estos informes realizados por las empresas acreditadas en la Convención del Cambio Climático.

En el Ecuador se enfatizan tres aspectos: que se cumpla con el marco legal vigente, concesiones de agua, licencia ambiental que sea congruente con las políticas de desarrollo sectorial y que se desarrolle una discusión de los impactos ambientales positivos o negativos que el proyecto pudiera tener.

5.4 DESARROLLO DE UN PROYECTO PARA OBTENER CER'S

Para el desarrollo de un proyecto con el fin de obtener Certificados de Reducción de emisiones se requiere seguir el siguiente esquema, que consta de siete partes:

5.4.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA ACTIVIDAD DEL PROYECTO

Dentro de la descripción del proyecto debe especificarse la actividad, el objetivo que persiga su aporte al desarrollo siguiendo la normativa vigente y la opinión de los participantes sobre la contribución de la actividad del proyecto al desarrollo sostenible (máximo una página).

Se debe numerar las entidades públicas o privadas que participan en la actividad del proyecto, y designar a una de ellas para que sea el contacto con relación con el proyecto MDL.

En la descripción técnica de la actividad del proyecto se debe especificar la ubicación, comunidades de influencia directa con el proyecto, los detalles sobre la localización física debe incluir información que permita una identificación única del proyecto (máximo una página).

Se debe detallar la tecnología de la actividad del proyecto empleando la clasificación del documento "Modalidades y procedimientos simplificados para actividades de proyectos de pequeña escala del MDL". En el caso de que el proyecto no entre en ninguna de estas categorías, éste puede ser presentado a la Junta Ejecutiva para un análisis.

Además en la descripción debe constar la forma en que se realizará la transferencia de tecnología y conocimientos si éstos son parte del proyecto.

Debe constar una breve descripción del modo en que se prevé reducir las emisiones de GEI por las fuentes mediante la actividad del proyecto MDL propuesto, esta estimación debe indicarse en toneladas de CO₂ equivalente.

Incluir la declaración del financiamiento del proyecto, indicar si se cuenta con fondos públicos, una vez que se designen los fondos que tienen no se incluirá desviación de recursos para el desarrollo y será independiente.

Se debe confirmar que la actividad del proyecto a pequeña escala no es un componente desagregado de un proyecto de mayor escala.

5.4.2 METODOLOGIA PARA LA LINEA BASE

Se debe especificar la categoría del proyecto aplicable a la actividad del proyecto y justificar la elección del cálculo de línea base aplicable para dicha categoría.

En esta parte se debe describir la forma en que las emisiones antropógenas de GEI por las fuentes se reducen respecto de las que se producirían en la ausencia de la actividad de proyecto MDL propuesto.

La línea base debe tener la fecha de finalización e indicar el nombre de la persona responsable o la entidad que determinó la línea base, e indicar si es uno de los participantes que se determinaban en el acápite 5.4.1 de este mismo documento.

5.4.3 DURACION DE LA ACTIVIDAD DEL PROYECTO / PERIODO DE ACREDITACION

En esta sección se indica la fecha de comienzo de la actividad del proyecto, además el periodo operacional estimado de la actividad del proyecto expresados en años y meses.

Se debe indicar la selección del periodo de acreditación e información relacionada, este periodo de acreditación solo podrá comenzar después de la fecha de registro de la actividad. Se puede optar por un periodo de acreditación renovable que tiene un máximo de 7 años de duración, o por un periodo de acreditación fijo con un máximo de duración de 10 años.

5.4.4 PLAN Y METODOLOGIA DE MONITOREO

Este plan incluye una de las categorías de monitoreo que depende de la categoría de la actividad del proyecto y representará buenas prácticas de supervisión adecuadas al tipo de actividad de proyecto.

Las entidades operacionales verificarán que la metodología y el plan de monitoreo se hayan aplicado correctamente y comprobarán la información. El detalle del plan de monitoreo deberá incluir la identificación de datos que deban recopilarse y su calidad con respecto a la precisión, comparabilidad, exhaustividad y validez.

Para el caso en que se deba aplicar una norma nacional o internacional para el monitoreo de ciertos aspectos del proyecto, ésta debe ser identificada claramente y detallada.

La forma de obtención de datos durante el monitoreo deben detallar si la forma en que fueron obtenidos fue por medición, cálculo o estimación, la frecuencia del monitoreo, medio de archivo de los datos (electrónico/papel). Como en las etapas anteriores se debe identificar los datos de la persona responsable del monitoreo y de la metodología usada.

5.4.5 CALCULO DE LAS REDUCCIONES DE LAS EMISIONES DE GEI POR LAS FUENTES

En esta sección se debe exponer las fórmulas utilizadas para el cálculo de reducción de emisiones de GEI por las fuentes, esto depende de la categoría aplicable al proyecto que se escogió en la primera parte. Otras fórmulas pueden ser usadas pero se debe presentar una memoria de cálculo justificando el uso de éstas.

5.4.6 REPERCUSIONES AMBIENTALES

Se debe incluir la documentación sobre el análisis del impacto ambiental de la actividad del proyecto.

5.4.7 OBSERVACIONES DE LOS INTERESADOS

Incluir una descripción del procedimiento que se haya seguido para solicitar los comentarios a los interesados locales, resumen de los comentarios e informe sobre la forma en que se han tenido en cuenta los comentarios recibidos.

Para agilizar el proceso de registro del proyecto en el caso de proyectos de pequeña escala no es necesario realizar un estudio complejo, sino basta con cumplir el “test de adicionalidad”

5.5 EXPERIENCIAS NACIONALES Y REGIONALES EN EL MERCADO DE CARBONO RESPECTO A PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS

Los proyectos Gold Standard son aquellos que demuestran una fuerte contribución al desarrollo sostenible, además son iniciativas de energía renovable, eficiencia energética. Para el caso de proyectos hidroeléctricos existe un límite superior de 15 MW.

El sector de generación eléctrica es el de mayor actividad en cuanto a la inclusión del componente de Mecanismo de Desarrollo Limpio en proyectos y perfiles, los proyectos hidroeléctricos que se encuentran registrados y ya obtuvieron sus primeros CERs son: Hidroabanico (15+23 MW) y Sibimbe (15 MW), proyectos hidroeléctricos bajo validación: Perlaví (2 MW), Calope (17 MW) y la Esperanza – Poza Honda (6+3 MW). Existen 4 proyectos hidroeléctricos que se encuentran en desarrollo.

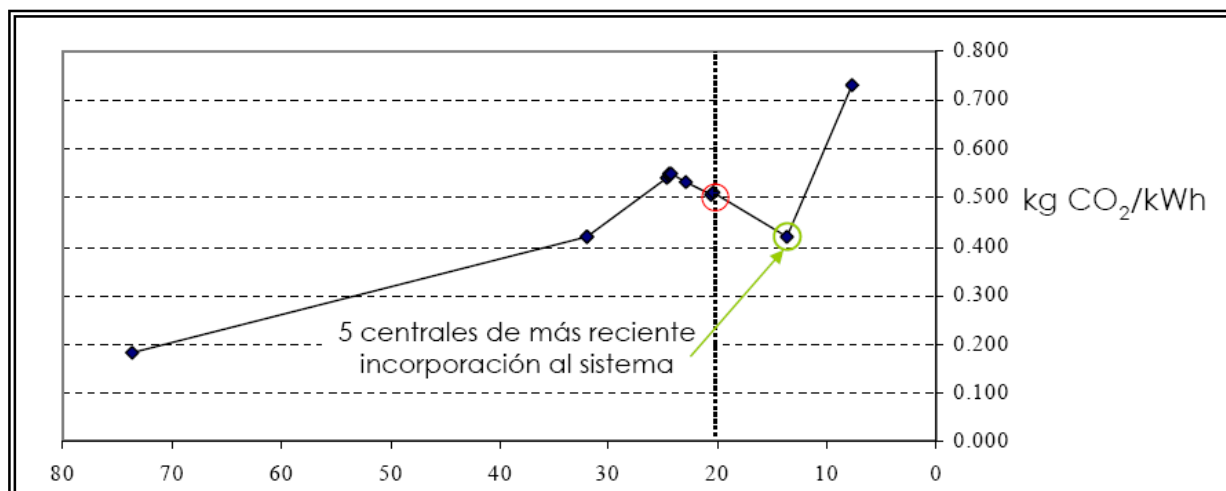
Los certificados de carbono que recibió Hidroabanico ayudaron al cierre financiero del proyecto, esos recursos se colocaron como garantía para los bancos que financiaron parte del proyecto. Hidroabanico pidió el pago de sus bonos por adelantado, lo que redujo el precio de sus CERs en el Mercado (de \$14 actuales a \$3 y \$5), en el MDL se lo conoce como negociación cerrada.

El proyecto hidroeléctrico Simbibe que también recibió sus primeros bonos se maneja bajo el mismo esquema de Hidroabanico.

El crecimiento de este mercado viene dado por el auge del desarrollo de energías alternativas en el mundo, debemos concientizarnos con el planeta.

Los proyectos de energía renovable que se encuentran en diseño definitivo y en desarrollo con una capacidad de 117 MW pretenden reducir emisiones estimadas en 450 000 ton CO₂/año. En el gráfico 5.1 se presenta la variación del factor de emisión respecto al incremento de centrales que se han incorporado al Sistema Nacional Interconectado.

Gráfico 5.1: Factor de emisión del CO₂



Fuente: SIN Ecuador

Para el cálculo de SNI en el Ecuador se tienen los siguientes factores de reducción de emisiones:

$$EF_{OM} = 0.868 \text{ kg CO}_2 / \text{kwh} [\text{simple con ajuste}]$$

$$EF_{em} = 0.571 \text{ kg CO}_2 / \text{kwh} [20\% \text{ más reciente}]$$

$$EF = 0.7195 \text{ kg CO}_2 / \text{kwh}$$

Desde la perspectiva del Ecuador, el MDL puede atraer capital para proyectos que apoyen la economía, incentiva la participación del sector público y privado, proporciona una herramienta de transferencia de tecnología creando nuevas industrias con tecnología ambientalmente sostenible.

Al comparar el beneficio de los proyectos MDL con la ausencia de éstos es evidente los beneficios sociales y ambientales, ya que se disminuye la contaminación del agua y del aire a través del menor uso de los combustibles fósiles, mejora las

fuentes de agua y ayuda a la conservación, por otro lado disminuye la pobreza a través de la generación de empleo e ingresos.

5.6 PRECIO JUSTO DEL CARBON

Como en todos los mercados los precios se ajustan a la oferta y demanda, y a pesar de que el Mercado para la reducción de las emisiones de carbono tiene una demanda regulada (por los acuerdos en el tratado de Kyoto) no está exento de estas reglas generales.

Los precios de los certificados para la reducción de emisiones de carbono está impactado por algunos factores que determinan como va a ser usado el instrumento del Mecanismo de Desarrollo Limpio, así tenemos: a) los resultados de los esfuerzos de los países que se comprometieron a reducir las emisiones en el tratado de Kyoto, b) el uso extensivo de los mecanismos de la Junta de Comisión y c) el uso extensivo del cupo de comercio (tanto para la unidad de monto asignado como el permiso de la unión europea). Estas medidas alternativas incrementan el número de transacciones fuera del Mecanismo de Desarrollo Limpio, la demanda de los certificados de reducción de emisiones cae y así mismo su precio.

A continuación vamos a analizar estos factores para el entendimiento del Mercado de carbón en Latino América con el fin de tener un claro entendimiento de cómo se determina el precio de los certificados actualmente.

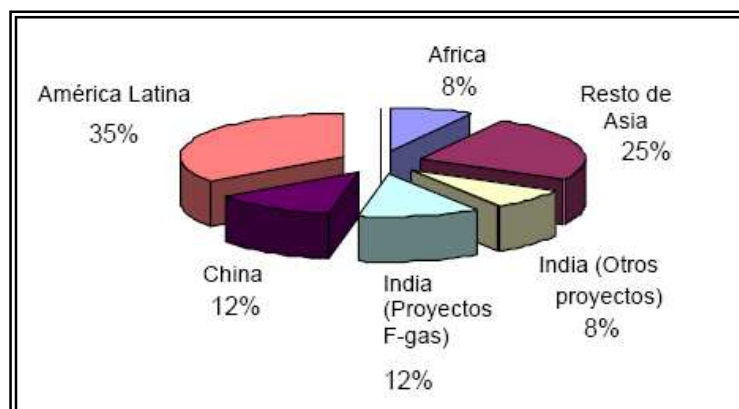
En el año 2004, los principales actores del mercado estaban tratando de aprender acerca de los certificados de reducción de emisiones y de la unidad de reducción de la emisión, como opera el mercado de carbón y que contratos y herramientas de comercio están disponibles. Es así que el suministro de crecidos del tratado de Kyoto creció rápidamente.

Para los años 2005 y 2006, el volumen del comercio se incrementó debido a los principios de la Unión Europea y el protocolo que ingresaba con mayor fuerza, los precios por la reducción de emisiones y el costo de los créditos era volátil.

A principios del 2006, el precio que estableció la Unión Europea era de 7 euros, llegando a un pico de 30 euros a mediados de ese mismo año, el precio fluctuaba entre 20 y 24 euros para la segunda mitad del 2006, cayendo finalmente a 7 euros a finales de año. En general cuando la oferta supera la demanda el precio cae.

Todavía existe una gran incertidumbre en la evaluación de ciertas variables para determinar el precio que alcanzará la tonelada de carbono, es un poco difícil cuantificar los costos de transacción pero en general se podría decir que los costos son altos para proyectos de pequeña escala. Pero se debe considerar que estos proyectos a pequeña escala puede ser un motor de impulso para el desarrollo rural y de alguna manera contribuir con la erradicación de la pobreza en ese ámbito geográfico. A continuación en el gráfico 5.2 se presenta la distribución de la generación de certificados a nivel mundial.

Gráfico 5.2: Distribución por generación de Certificados de Reducción de emisiones.



Fuente: OECD II/2004.

5.6.1 COSTO DE TRANSACCION DE PROYECTOS MDL

Los costos de transacción incluyen los costos adicionales a los que normalmente incurre el proyecto (capital y operativos) necesarios para cumplir con su ciclo de aprobación como proyecto MDL, desde su etapa de diseño.

Los costos de transacción no son directamente proporcionales al tamaño del proyecto, es así que cuanto mayor número de créditos genere, menos será la incidencia de los costos de transacción en los ingresos generados, y mayor

motivación tendrá el inversor en el desarrollo del proyecto MDL. Por tal razón las autoridades del MDL han simplificado los requisitos para los proyectos de pequeña escala, con el objeto de facilitar su viabilidad atenuando el impacto de los costos de transacción en el valor total del proyecto.

Como toda actividad empresarial, este mercado también tiene sus riesgos, es por esa razón que en los proyectos se debe incluir un análisis de gestión de riesgos para la ejecución de proyectos MDL.

Conforme los proyectos MDL se vayan desarrollando y conduzcan a una mayor disponibilidad de la información permitirá gestionar de mejor manera el análisis de riesgos, es así que para la gestión de riesgos se maneja las siguientes consideraciones:

- A mayor riesgo deberá esperarse una mayor rentabilidad, se debe ofrecer a los accionistas rendimientos más altos que aquellos expuestos a menores riesgos.
- Trasladar riesgos a entidades mejor preparadas para asumirlos, compartir el riesgo con empresas puede ser una buena estrategia que genera una relación más eficiente.
- Transacciones entre empresas con perfiles de riesgos complementarios, si el precio es volátil, lo aconsejable sería establecer un precio fijo tanto por el productor como para el vendedor y así asumir los costos de fluctuación.
- La cultura del riesgo en las organizaciones empresariales, es importante identificar los riesgos a los que están expuestos mediante un análisis de riesgos anuales, identificación, preparación para asumirlos, vigilancia de sus niveles y la capacidad de respuesta rápida.

5.6.2 PROPIEDAD DE LOS CERTIFICADOS

Existe todavía una gran incertidumbre respecto a las leyes que regulan la comercialización de los certificados de las reducciones de emisiones de GEI, por lo que es necesaria la estandarización de reglas de negociación que se han aceptadas por la comunidad internacional. En la actualidad la propiedad de los certificados se

define a través de contratos formales en los cuales se establecen los derechos de cada una de las partes involucradas en el proyecto, como propietarios pueden ser los Gobiernos, inversionistas públicos o privados de los países incluidos en la Convención Marco sobre el Cambio Climático, fondos de inversión, de acuerdo a la negociación de financiamiento del proyecto.

El propietario de las reducciones certificadas de emisiones puede negociarlas en el mercado, siempre y cuando este dentro del reglamento de la Convención Marco Climático y del Protocolo de Kioto.

a) Contratos de compra – venta de certificados

Para la negociación de los certificados de carbono deben estar claramente establecidas las responsabilidades y de los derechos de las partes involucradas, para esto se debe definir lo siguiente:

Descripción del producto de transacción: Cuando se vayan a realizar las transacciones, estas se harán bajo el ampara de Mecanismo de Desarrollo Limpio, este aspecto debe quedar claramente mencionado en el contrato establecido.

Definición de las partes: Debe quedar claramente establecida las partes que intervienen en el contrato, el vendedor, promotor de un proyecto MDL y el comprador, agente de país Convención Marco Climático, indicando la naturaleza de las partes.

Objeto del Contrato: Se determina claramente una cierta cantidad de volumen de reducciones certificadas de emisiones, las unidades, el tiempo y a un precio determinado.

Precio y forma de pago del producto: El contrato debe establecer el precio pactado entre las partes, la forma de pago que puede hacerse con anticipada, contra entrega o como hayan acordado las partes, debe contener las fechas y las formas como se evidenciará la forma de pago.

Plazo de entrega y vigencia de los contratos: Dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio se ha establecido dos modalidades para los plazos de generación de la reducciones certificadas de emisiones, un período único de 10 años y períodos de 7 años, renovables dos veces.

Propiedad del producto de la transacción: Se debe definir la propiedad inicial y final del producto.

Evidencia de validez de las Reducciones Certificadas de emisiones: Se debe incluir como parte del contrato la documentación de registro y aprobación del proyecto MDL.

Garantías y Empresas Representantes: Se deben incluir las garantías comerciales utilizadas normalmente, de tener las partes, una representación se debe incluir el período de representación.

Responsabilidades e Indemnizaciones: Las partes determinar el alcance de las responsabilidades, y especificar excepciones de las mismas.

Indemnizaciones por Incumplimiento: Se debe considerar la posibilidad de falta de incumpliendo del vendedor para generar la cantidad de productos o servicios comprometidos en el contrato. Las indemnizaciones por incumplimiento por parte del vendedor son particularmente importantes, ya que un déficit en la entrega de las RCE implica para el comprador una fuerte sanción.

Riesgos de política y soberanía: el contrato debe establecer claramente la constancia de la disposición de las partes a asumir riesgos como una posible expropiación de las RCE por parte del país anfitrión, o la implementación de un reglamento tributario que afecte sus intereses

Derechos a informes de progreso y auditorias de proyecto: El comprador puede exigir informes de progreso del proyecto, así como hacer auditorias para controlar el adecuado manejo del proyecto MDL

Causas anticipadas de terminación del contrato: Se deben incluir cláusulas por las que se puede rescindir el contrato.

Derecho a la confidencialidad del proyecto: Se puede establecer una cláusula que obligue a las partes mantener reserva respecto a la información vinculada al proyecto.

Arbitraje y solución de disputas entre las partes: Debido a que puede haber desacuerdo entre las partes, se debe establecer de antemano un mecanismo de arbitraje y resolución de disputas.

Obligaciones tributarias: Dependiendo de la legislación tributaria vigente en el país anfitrión, las negociaciones pueden generar impuestos y gravámenes.

Definir eventos de fuerza mayor: Eventos tales como desastres naturales, conflictos bélicos, etc., pueden obstaculizar el normal cumplimiento de las obligaciones de las partes, estos eventos deben estar definidos dentro del contrato.

Responsabilidades ante terceros: Son considerados como terceros a entes que aunque no participen directamente en el contrato de compra venta de RCE, se ven afectados por la ejecución del proyecto MDL.

Cláusulas Adicionales "Boiler Plate": son cláusulas que se incluyen en los contratos de compra venta para complementar la validez jurídica de los mismos, las cuales son: completo acuerdo, régimen legal, exclusividad, desistimiento, sobrevivencia, notificación y asignación.

5.6.3 TRANSACCIONES DE CERTIFICADOS

En resumen las transacciones de las reducciones certificadas de emisiones de carbono pueden obtenerse de dos sistemas de comercialización: a) el sistema del Protocolo de Kyoto y b) sistema de comercialización de voluntarios.

Tipos de comercialización:

- Unilateral: en este modelo de comercialización el promotor del proyecto asume todos los riesgos, financiación, implantación, gastos de certificación y costos de producción de los certificados, este tipo de modelo no está explícitamente contemplado en el MDL.
- Bilateral: en este modelo el promotor tiene una estrecha relación con su inversionista en el diseño, financiación y venta de los certificados, los riesgos son compartidos por las partes involucradas
- Multilateral: en este modelo intervienen los fondos de carbono, entidades como el fondo holandés, Corporación Financiera Internacional, Corporación Andina de Fomento, entre otras así como los compradores de los certificados. Este modelo pretende incentivar la participación de entidades privadas para disminuir los riesgos de negociación. Este modelo es el más usado por la mayoría de compradores de certificados y que comercializan los mismos.

Clases de transacciones:

- Pago por adelantado: el comprador paga la totalidad de los certificados que se emitirán durante el plazo del contrato. La ventaja la tiene el comprador ya que obtiene derechos a los certificados a un precio más bajo pero asume el riesgo de que el proyecto no cumpla con la cantidad ni con la fecha de los certificados de reducción de emisiones acordados.
- Contrato "forward" a precio fijo: el comprador acuerda de antemano con el vendedor a un precio fijo por año para todo el periodo de contrato, el vendedor asegura su venta y el comprador la disponibilidad de los certificados para cumplir con sus obligaciones ambientales sin preocuparse por el ajuste en el costo de los certificados.

- Contrato “forward” a precio variable: el comprador se compromete a adquirir los certificados en el periodo del contrato, considerando una variación en sus precios. El riesgo es compartido entre el vendedor y el comprador.
- Prepago para la opción de mantener el precio: el comprador realiza un pago parcial anticipado al vendedor de los certificados con el fin de mantener el precio. Sin embargo no involucra una obligación en la compra de todos los certificados. El riesgo es asumido en el número de certificados ya pactado.
- Mercado Spot: el vendedor entrega al mercado una cantidad determinada de certificados, generalmente acumulada de un año y recibe el pago contra entrega, el precio se acuerda en ese instante. No hay obligación ni compromiso futuro. La ventaja es la de obtener un mejor precio cuando el mercado esta consolidado aunque podría darse todo lo contrario.

resultado de un proyecto MDL registrado durante el periodo de verificación.

CAPITULO 6

6. CASO DE ESTUDIO: DISEÑO A NIVEL DE PREFACTILIDAD DE UNA MICROCENTRAL

6.1 ANTECEDENTES

El principal objetivo para el desarrollo de proyectos sostenibles en zonas rurales es el de mejorar la calidad de vida de las comunidades que viven en zonas aisladas, para esto es fundamental promover el uso de energías renovables, transferencia de tecnología, recursos financieros, desarrollo de capacitación y difusiones de las tecnologías respetuosas del medio ambiente.

Corriente Resources Inc, cumpliendo con uno de sus objetivos de impulsar el desarrollo sustentable de la población rural en la zona de influencia del proyecto Mirador y atendiendo a la demanda presentada por la comunidad continúa con el plan de acciones que permitan mejorar la calidad de vida e ingresos de la población de esta comunidad.

Para la localización del lugar de generación hidroeléctrica, se plantea dos posibles alternativas: aprovechar el recurso hídrico de la cuenca del río Tundayme o la del río Wawayme.

6.2 ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto de microcentral hidroeléctrica Wawayme – Tundayme involucra varias etapas sucesivas en su desarrollo:

a) Estudios preliminares

Se determinó de manera general las posibilidades de aprovechamiento hidroeléctrico. Los estudios realizados durante esta etapa no representan ningún impacto ambiental directo. En general se basa en los análisis de la topografía, caudales o niveles generales del río, datos de estaciones hidrológicas de cuencas cercanas de características similares, uso de la

tierra, cobertura vegetal y visitas de campo del sitio de toma para determinar parámetros fundamentales para los cálculos hidráulicos.

b) Inventario

En esta etapa se realizan mediciones sistemáticas de caudales y niveles del río o ríos aprovechables sobre la carga sólida transportada. También se levantan planos topográficos que se los pueden realizar con mapas existentes del IGM (Instituto Geográfico Militar), cartografía, geología general y de áreas de otras infraestructuras (vías, caminos de accesos, centros de poblaciones).

c) Prefactibilidad

Esta fase tiene por objeto realizar un análisis preliminar sobre la viabilidad técnica, ambiental y económica del aprovechamiento hidroeléctrico, con base a los datos obtenidos en el inventario. Además se realiza un estudio de impacto ambiental preliminar o inicial, para evaluar los posibles efectos ambientales potenciales del proyecto. Sin embargo este estudio es muy limitado ya que se basa en la información general disponible. Se debe tener en cuenta la existencia de áreas protegidas²³, además determinar los problemas relativos a la afectación de tierras y al manejo de las relaciones con las comunidades.

Después de estas fases viene el estudio de factibilidad donde se estudian a detalle las alternativas técnicas, ambientales y económicas para ejecutar el proyecto, fase de diseño donde interviene la ingeniería a detalle de las obras, fase de construcción donde el EIA debe ser puesto en marcha, fase de operación donde se debe realizar el monitoreo ambiental de acuerdo al PMA (Plan de Manejo Ambiental).

El principal objetivo de un EIA es probar la viabilidad ambiental del proyecto, minimizando los impactos debido a la construcción y operación de la central sobre el medio ambiente. Durante esta fase es necesario establecer una comunicación permanente con la comunidad a fin de determinar la aceptación del proyecto, expectativas de la población y determinar la posibilidad de que el proyecto pueda manejarse por miembros de la comunidad como un proyecto de autogestión.

²³Estudio Hidrológico para la disponibilidad de caudales para el Proyecto Hidroeléctrico a nivel de prefactibilidad de las Cuencas de los ríos Wawayme y Tundayme.

6.3 DESCRIPCION DEL PROYECTO

6.3.1 GENERALIDADES

Los posibles proyectos hidroeléctricos ubicados en los ríos Wawayme y Tundayme son dos de los múltiples aprovechamientos hidroeléctricos en las cuencas que desembocan a lo largo del Río Zamora, exista muy poca información e investigación de los mismos debido a la carencia de datos hidro-metereológicos de años atrás. Sin embargo se tienen identificados algunos proyectos que constan en el Catálogo de Proyectos Hidroeléctricos elaborado por el CONELEC y que se encuentra actualizado hasta el año 2005.

Proyecto Wawayme

El Proyecto Hidroeléctrico Wawayme se desarrolla en el Ecuador. Se encuentra ubicado en el río Wawayme, en la Provincia de Zamora Chinchipe, a 80 km al oriente de la Ciudad de Zamora, al sur – oriente del país. El acceso hasta la zona del Proyecto se lo realiza por la carretera que une la Ciudad de Loja con la Ciudad de Zamora y ésta con Gualaquiza.

El proyecto Wawayme se ubica en el tramo medio del río que lleva el mismo nombre entre las cotas 1110 msnm y 998 msnm. La implantación prevista para la obra de toma corresponde a la sección transversal ubicada a 4021 m aguas arriba de la confluencia con el Río Quimi, y la restitución de las aguas turbinadas se realiza al cauce del mismo río Wawayme, en donde el cauce recupera la totalidad del caudal líquido derivado.

De acuerdo al perfil del proyecto, éste está constituido por una obra de captación, un desarenador de doble cámara, una conducción conformada por una tubería que funciona a superficie libre de 650 mm de diámetro, en un primer tramo irá sobre apoyos siguiendo la topografía del terreno en una longitud de 66m para luego continuar por un acueducto de 104.69m de longitud, luego apoyada sobre el terreno con una longitud 305.11m hasta llegar al tanque de carga, tubería de presión de 500

mm de diámetro y una longitud de 787.90m, ésta tubería se bifurca al entrar a la casa de máquinas. Tiene una altura neta de 71.80m, con un caudal de diseño de 0.53 m³/s, se instalarán 304 KW con dos unidades tipo Francis Lenta.

El proyecto para el Río Wawayme se encuentra situado aguas arriba de la confluencia del Wawayme con el Río Quimi, a este sector se ingresa por un camino empedrado denominado camino piloto que inicia desde el Campamento Mirador y cuya entrada es vía a la comunidad de San Marcos a 5,8 Km en línea recta del cruce de la vía con el Río Zamora.

Proyecto Tundayme

Al igual que el proyecto anterior, éste proyecto se ubica en la misma provincia y zona, y se encuentra ubicado en la cuenca del Río Tundayme.

Para el proyecto en el Río Tundayme el sitio de interés se encuentra ubicado en la cuenca alta del Río Tundayme, a este sector se ingresa por el camino de acceso al Destacamento del Cóndor Mirador que inicia desde la Y de la vía a San Marcos y cuya entrada es siguiendo la vía a la parroquia de Tundayme a 4,7 Km en línea recta del cruce de la vía con el Río Zamora.

El proyecto hidroeléctrico ubicado en el río Tundayme es uno de los múltiples aprovechamientos hidroeléctricos en las cuencas que desembocan a lo largo del Río Zamora, existe muy poca información e investigación de los mismos debido a la carencia de datos hidro-metereológicos de años atrás. El proyecto de la microcentral Tundayme se desarrolla entre las cotas 1305 msnm y 990 msnm. La implantación prevista para la obra de toma corresponde a la sección transversal ubicada a 4211 m aguas arriba del Río Quimi. Después del aprovechamiento hidroeléctrico en el río Tundayme, el cauce recupera la totalidad del caudal líquido derivado.

De acuerdo al perfil del proyecto, éste está constituido por una obra de captación, un desarenador de triple cámara, una conducción conformada por una tubería que funciona a superficie libre de 800 mm de diámetro y una longitud de 230.35m seguida de un túnel falso de 184.30 m de longitud y de 2.00 x 2.20 m de sección, con una pendiente de 5 por mil hasta el tanque de carga, tubería de presión de 643.98m de longitud y 600mm de diámetro, la cual se bifurca al entrar a la casa de máquinas. Tiene una altura bruta de 283 m y el caudal de diseño de 0.97 m³/s, se instalarán 2161 KW con dos unidades pelton de 1080 KW cada una.

En términos generales las obras civiles tanto en el proyecto ubicado en el Río Wawayme como en el Tundayme tienen vías de acceso cercanas, facilitándose así el acceso a cada uno de los sitios de interés.

El nivel actual de conocimiento de ambos proyectos es el de Perfil. La ejecución de los estudios de factibilidad y diseños para la construcción del proyecto, se estima tomará un tiempo de 8 a 12 meses. La construcción del proyecto hasta la puesta en marcha de sus unidades de generación se estima será de 10 meses.

En la Tabla 6.1 a continuación se presenta un resumen de las principales características de los dos proyectos:

Tabla 6.1: Características Generales de los Proyectos Wawayme - Tundayme

CARACTERISTICAS GENERALES		
DESCRIPCION	Wawayme	Tundayme
	CANTIDAD	
Area aportante (Km ²)	16.00	29.49
Caudal firme Q _{90%} (m ³ /s)	0.31	0.57
Caudal medio Q _m (m ³ /s)	0.66	1.22
Caudal Tr = 25 años (m ³ /s)	61.66	99.26
Caudal Tr = 100 años (m ³ /s)	73.70	121.02
Caudal de diseño Q _d (m ³ /s)	0.530	0.971
Diámetro de la tubería de conducción (mm)	650	800
Longitud de la conducción (m)	475.80	230.35
Longitud del túnel falso (m)	-	184.30
Sección del túnel (m)	-	2.00 x 2.20

CARACTERISTICAS GENERALES		
DESCRIPCION	Wawayme	Tundayme
	CANTIDAD	
Longitud de tubería de presión (m)	787.90	643.98
Diámetro de tubería de presión (mm)	500	600
Altura bruta de caída H _b (m)	107.18	288.11
Altura neta de caída H _n (m)	96.42	276.59
Potencia instalada P _i (MW)	0.304	2.161
Energía media anual E _m (MWh)	2000	14190

Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

6.3.1.1 Objetivos

a) Objetivo del Proyecto

- Generar y comercializar energía hidroeléctrica, para garantizar ingresos a la comunidad, aprovechando las condiciones topográficas y caudales disponibles en la cuenca del río Wawayme o en la del río Tundayme.

Se estima que el proyecto es factible sobre la base de la disponibilidad del recurso hídrico, por las condiciones físicas ambientales existentes y por la evaluación técnico – financiero.

b) Objetivo del Estudio

El objetivo fundamental del presente estudio es elaborar el diseño a nivel de prefactibilidad de las obras que permitan la instalación, operación y total aprovechamiento de una microcentral que le permitirá mejorar la calidad de vida de la comunidad, planteando dos alternativas, aprovechando la disponibilidad del caudal de río Wawayme o el del río Tundayme.

Para cumplir con el objetivo general del estudio de Diseño de Prefactibilidad de las Obras Civiles requeridas para la microcentral, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Ejecutar el diseño de la obra de toma que permita regular el caudal
- Elaborar el reconocimiento geológico de la zona de estudio y definir los parámetros geotécnicos para el diseño de las obras civiles requeridas
- Realizar el diseño hidráulico de los componentes de la microcentral:
 - Obra de derivación del caudal de diseño desde el cauce del río
 - Túnel para la conducción del caudal hacia el tanque de carga.
 - Estructura de desarenación y tanque de carga de la tubería de presión con sus obras complementarias
 - Tubería de presión con el diámetro óptimo
 - Estructuras de anclaje y/o cambios de dirección o apoyos
 - Casa de máquinas
 - Estructura de restitución de caudales turbinados hacia el cauce del río.

- Elaborar los planos de diseño de las obras civiles
- Elaborar las especificaciones técnicas
- Elaborar el Análisis de Precios Unitarios y el Presupuesto Referencial

6.3.1.2 Localización Geográfica

Los proyectos hidroeléctricos Wawayme – Tundayme que se quiere desarrollar se encuentran ubicados en los ríos que llevan los mismos nombres. Estos ríos desembocan en el Río Quimi que es un afluente de la Cuenca del Río Zamora. En el Gráfico 6.1 se indican los proyectos, ubicados en la parroquia Tundayme que pertenecen al Cantón El Pangui en la provincia de Zamora Chinchipe al suroriente del Ecuador::

Gráfico 6.1: Ubicación de la zona de los Proyectos Wawayme - Tundayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

Para el Proyecto Wawayme se ingresa por un camino empedrado denominado camino piloto que inicia desde el Campamento Mirador y cuya entrada es vía a la comunidad de San Marcos a 5,8 Km en línea recta del cruce de la vía con el Río Zamora, mientras que para el Proyecto Tundayme se ingresa por el camino de acceso al Destacamento del Cóndor Mirador que inicia desde la Y de la vía a San Marcos y cuya entrada es siguiendo la vía a la parroquia de Tundayme a 4,7 Km en línea recta del cruce de la vía con el Río Zamora.

6.3.1.3 Justificación

El proyecto hidroeléctrico Wawayme y Tundayme tiene un interés social en primera instancia que es la de generar empleo para el mejoramiento del nivel de vida de la población de influencia directa, esto también significa un interés económico por el consumo de materias primas locales generando ingresos económicos a la zona.

Es importante mencionar que el proyecto beneficia a la economía regional, existe un desarrollo industrial, usos productivos, urbano y turístico entre otros.

El país también se encuentra interesado en el desarrollo de este tipo de proyectos que utilizan energías renovables para ir disminuyendo el consumo de energía que vienen de centrales térmicas que usan el combustible para su generación. Tal como se mencionó en capítulos anteriores los proyectos hidroeléctricos dan cumplimientos con los objetivos nacionales de producción de energía y satisfacción de la demanda, intereses estratégicos especiales.

El desarrollo de proyectos hidroeléctricos tiene un gran interés ambiental desde el punto de vista de manejo ambiental y de los niveles de degradación ambiental y socio-económica ya que son proyectos que tienen impactos mínimos.

6.3.2 DESCRIPCION DEL DESARROLLO PROPUESTO

6.3.2.1 Características del Proyecto Hidroeléctrico

La vida útil de los proyectos es de 25 años, después de este tiempo deberá ser evaluado para ver la posibilidad de ampliación, mejoramiento o cambio de las estructuras existentes. La descripción y los detalles de los proyectos hidroeléctricos se encuentran en el subcapítulo a continuación 6.4. Las dimensiones, áreas, volúmenes, alturas, diámetros de las diferentes obras civiles de los proyectos se encuentran en el anexo de planos.

6.3.2.2 Actividades a Ejecutar

Las actividades a ser realizadas en las distintas etapas del proyecto son:

a) Construcción

Para la construcción se requiere de tala de vegetación para el acceso a los diferentes sitios donde se realizará la obra de toma, tanque de carga y casa de máquinas, el desarenador y la conducción se encuentran dentro de un túnel excavado para los dos proyectos Wawayme y Tundayme.²⁴

²⁴ Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Wawayme – Tundayme y planos (sección de anexos).

Se realizará movimientos de tierra (cortes, rellenos, necesidades y sitios de suministro de materiales de préstamo). Durante la fase de construcción es necesario la instalación de construcciones civiles tales como: bodegas, oficinas, talleres mecánicos, vías internas).

b) Operación

Durante la operación es necesario establecer las condiciones de operación de la planta (niveles máximos y mínimos, caudales de generación), tiempo de operación de las turbinas, funcionamiento durante los periodos secos y lluviosos.²⁵

c) Obras asociadas o consecuentes

Estas obras se las realiza en el sitio o cerca de él, se incluyen vías de acceso, sistemas e instalaciones para la eliminación de desechos líquidos y sólidos del personal y sistema de suministro de agua en la casa de maquinas.

Con la ayuda de los planos se puede identificar las distintas construcciones y elementos de la planta, tales como turbina –alternador, transformadores, líneas de transmisión y otros .

6.3.2.3 Equipos

Se utilizarán equipos propios de la etapa de construcción: bull dózer, retroexcavadora, palas, equipos de perforación para los túneles de conducción.

Para los montajes electromecánicos se requiere de turbinas, generadores, entre otros.

6.4 DESARROLLO TÉCNICO DEL PROYECTO

6.4.1 DESCRIPCION DE LAS OBRAS CIVILES REQUERIDAS PARA EL APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO

La central Wawayme operará con el caudal derivado desde el río Wawayme, en el tramo que se desarrolla entre las cotas 1.110 msnm hasta la 995.05 msnm, y la

²⁵ Estudio Hidrológico para la disponibilidad de caudales para el Proyecto Hidroeléctrico a nivel de prefactibilidad de las Cuencas de los ríos Wawayme y Tundayme.

central Tundayme se desarrolla entre las cotas 1305 msnm hasta la 990 msnm, actualmente en estos tramos no se han desarrollado usos adicionales.

La zona de aprovechamiento presenta características morfológicas típicas de la zona media o de equilibrio en un curso natural. Las cuencas tienen características similares observándose en los lechos gran cantidad de material sólido de tamaño medio a grande, incluyendo también bloques o cantos rodados. El rango de caudales que transita en los ríos varía para Wawayme desde 0.66 m³/s para caudales medios hasta 61.66 m³/s para crecidas con períodos de retorno de 25 años, mientras que para el río Tundayme varía entre 1.22 m³/s a 99.26 m³/s. En la siguiente tabla se presenta un resumen de los caudales naturales en los tramos de captación obtenidos como resultado del estudio hidrológico.

Determinación de caudales a partir de datos de lecturas diarias de limnímetros (regletas)

La metodología utilizada primero previo el análisis de lecturas diarias de los limnógrafos instalados en los puentes: Wawayme Puente, Tundayme Puente Este y Tundayme Puente Oeste, pertenecientes a los ríos Wawayme y Tundayme respectivamente, fue asociar los aforos realizados en esos puntos las lecturas de las regletas a fin de relacionar el nivel del agua en el río con su caudal mediante una curva de calibración.

Para la curva de calibración se utilizó la siguiente ecuación:

$$Q = C(h \pm a)^n$$

Ecuación [6.1]

En donde:

Q= caudal (m³/s)

h = lectura de la regleta (m)

n = constante que depende de la forma de la sección

C = constante

a = nivel donde Q = 0 (puede o no puede coincidir con el fondo del río)

Para la determinación de C, a y n, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\log Q = \log C + n \log(h \pm a)$$

Ecuación [6.2]

Las gráficas de las curvas de descarga para los sitios donde se encuentran instalados los limnógrafos se encuentran en la sección de anexos en el informe hidrológico para la disponibilidad de caudales en las cuencas de los ríos Wawayme y Tundayme.

Una vez determinada la ecuación para cada punto donde se encuentran instaladas las regletas (Referirse a Mapa en sección de anexos), se calculó el caudal medio diario a partir de las lecturas diarias de los limnómetros desde abril del 2004 a diciembre del 2007. Existe un porcentaje pequeño de datos no registrados.

Se generaron los caudales para el punto Wawayme Puente y mediante una relación de áreas se estimó el caudal para el sitio de interés en el río Wawayme, que se denomina W-P2

$$Q_{sc} = \frac{A_{sc}}{A_i} Q_i$$

Ecuación [6.3]

En el caso del Tundayme se sumaron los datos de caudal del Tundayme Puente Este y Oeste, ya que el cauce principal del río se divide en dos ramales antes de desembocar en el río Quimi, y de igual manera mediante relación de áreas se estimó el caudal para el sitio de la captación del proyecto en el río Tundayme, que se denota T-P1.

Determinación de caudales a partir de datos de precipitación

Se dispone de datos de precipitación en varios puntos dentro de las cuencas de interés, se tomó al que se tiene la información más completa que fue la generada por la Estación Meteorológica (pluviómetro Weather Station) desde el año 2004 hasta diciembre 2007. Sin embargo como se indicó anteriormente los datos son muy pocos y no se podría saber si corresponden a periodos secos, húmedos o promedios.

Se tomaron datos de la estación pluviométrica más cercana que es Gualaquiza INAMHI (M189), la metodología utilizada para completar la información de la estación pluviométrica Weather Station, perteneciente a ambas cuencas, es por el método de regresión (mínimos cuadrados). La regresión lineal simple está basada en la superposición de que dos variables se relacionen en forma lineal (en este caso la precipitación de Gualaquiza con la Weather Station).

En este estudio, la precipitación de Weather Station resulta ser la variable dependiente, donde los valores de meses faltantes se rellenarían por correlación con regresión con coeficiente ($r > 0.7$). En la Tabla 6.2 se presentan los caudales máximos para los puntos de interés WP2 y TP1 para los Proyectos Hidroeléctricos Wawayme y Tundayme, respectivamente:

En la Tabla 6.3 se encuentran los caudales disponibles para cada proyecto y el caudal ecológico correspondiente.

Tabla 6.2 Caudales para diferentes tiempos de recurrencia aprovechamiento hidroelectrico para el río Wawayme y Tundayme

Periodo de Retorno	Caudales Máximos W_P2 (m3/s)	Caudales Máximos T_P1 (m3/s)
5	34.39	51.51
10	54.53	86.54
25	61.66	99.26
50	63.94	103.35
100	73.7	121.02

Fuente: Informe Hidrológico para los proyectos Wawayme – Tundayme, 2008

Tabla N° 6.3. Caudales Naturales Y Disponibles En La Zona De Captación Del Aprovechamiento Hidroeléctrico En Los Ríos Wawayme Y Tundayme

Caudales disponibles						
	Río Wawayme			Río Tundayme		
%	Q _{NAT} m ³ /s	Q _{EC} m ³ /s	Q _{DISP} m ³ /s	Q _{NAT} m ³ /s	Q _{EC} m ³ /s	Q _{DISP} M ³ /s
10%	1.081	.066	1.015	1.993	0.122	1.871
20%	0.892		0.826	1.643		1.521
30%	0.781		0.715	1.439		1.317
40%	0.683		0.617	1.258		1.136
50%	0.593		0.527	1.093		0.971
60%	0.533		0.467	0.983		0.861
70%	0.479		0.413	0.883		0.761
80%	0.405		0.339	0.747		0.625
90%	0.308		0.242	0.567		0.445
95%	0.281		0.215	0.518		0.396

Fuente: Informe Hidrológico para los proyectos Wawayme – Tundayme, 2008

Adicionalmente es necesario considerar que para fijar el caudal aprovechable en el cauce del río deberá mantenerse en toda época del año el caudal mínimo que permite mantener las condiciones ecológicas del tramo.

Para el caso del Proyecto Wawayme, con las consideraciones anotadas anteriormente y conociendo que la concepción del proyecto no incluye la regulación, se plantea que la central hidroeléctrica opere con dos grupos turbina-generador, uno de los cuales trabajará el 90% del tiempo con el caudal firme y disponible en el río, que se adopta en 0.308 m³/s y el segundo, de igual capacidad, que trabajará solamente durante la época húmeda, que corresponde al 50% del tiempo que es de 0.593 m³/s.

En el Proyecto Tundayme, se plantea de igual manera dos grupos turbina-generador, uno de los cuales funciona con el 90% del tiempo con un caudal 0.657 m³/s y el segundo de igual capacidad que trabajará durante la época húmeda que corresponde al 50% que es de 1.093 m³/s.

DETERMINACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO

Se asume el criterio de que el caudal ecológico es igual a un caudal equivalente al 10 % del caudal medio de la cuenca hasta la sección de interés tanto para el punto W-P2 como para el punto T-P1.

El análisis de caudales en el río Wawayme, determina que el caudal medio en la sección de interés Punto W-P2, es igual a 0.663 m³/s. Por tanto, el caudal considerado como ecológico es del orden de 0.066 m³/s, caudal que debe ser mantenido en el cauce.

Para el caso del río Tundayme, se determina que el caudal medio en la sección de interés Punto T-P1 es igual a 1.221 m³/s, por lo tanto el caudal considerado como ecológico es del orden de 0.122 m³/s que deberá ser mantenido en el cauce.

Es necesario definir a futuro un plan de manejo integral de la cuenca, con el fin de evitar el cambio inadecuado del uso de suelo que produciría una disminución de los caudales en época de estiaje, aumento de los caudales de crecida en época lluviosa y el incremento de la producción de sedimentos por efecto de las actividades antrópicas. En este caso, no se mantendrán los caudales en las fuentes hídricas por la reducción en la disponibilidad del recurso en la cuenca.

En la siguiente Tabla 6.3 se presentan las coordenadas y cotas correspondientes a las principales obras que conforman el aprovechamiento hidroeléctrico en las cuencas de los ríos Wawayme y Tundayme:

Tabla Nº 6.3 Coordenadas Y Cotas De Las Principales Obras Que Conforman El Aprovechamiento Hidroeléctrico

OBRAS PARA LA MICROCENTRAL WAWAYME			
ESTRUCTURA	COORDENADA	COTA	OBSERVACIONES
Captación	785658.96E 9605552.63 N	1110 msnm	Rejilla de fondo
Desarenador	785635.69E 960554.41 N	1107.23 msnm	Doble cámara
Inicio de la conducción	785626.04E 9605561.20 N	1108.21 msnm	Tubería a superficie libre

Tanque de carga	785152.95E 9605574.25 N	1106.52 msnm	
Tubería de Presión	785150.98E 9605574.34 N	1106.74 msnm	Tubería única de 500 mm de diámetro
Casa de máquinas	784431.56E 9605889.43N	1000.00 msnm	
Restitución	784431.56E 9605889.43N	998.40 msnm	Canal
OBRAS PARA LA MICROCENTRAL TUNDAYME			
ESTRUCTURA	COORDENADA	COTA	OBSERVACIONES
Captación	784347.62E 9600639.70 N	1305.00 msnm	Rejilla de fondo
Desarenador	784325.89E 9600643.21 N	1302.64 msnm	Triple cámara
Inicio de la conducción	784308.78E 9600662.06N	1303.78 msnm	Tubería a superficie libre
Tanque de carga	783883.17E 9600792.55 N	1301.31 msnm	
Tubería de Presión	783881.39E 9600792.54N	1301.16 msnm	Tubería única de 600 mm de diámetro
Casa de máquinas	783305.95E 9600865.32N	1013.26 msnm	
Restitución	783295.60E 9600862.93N	1011.66 msnm	Canal

Fuente: Informe Hidrológico para los proyectos Wawayme – Tundayme, 2008

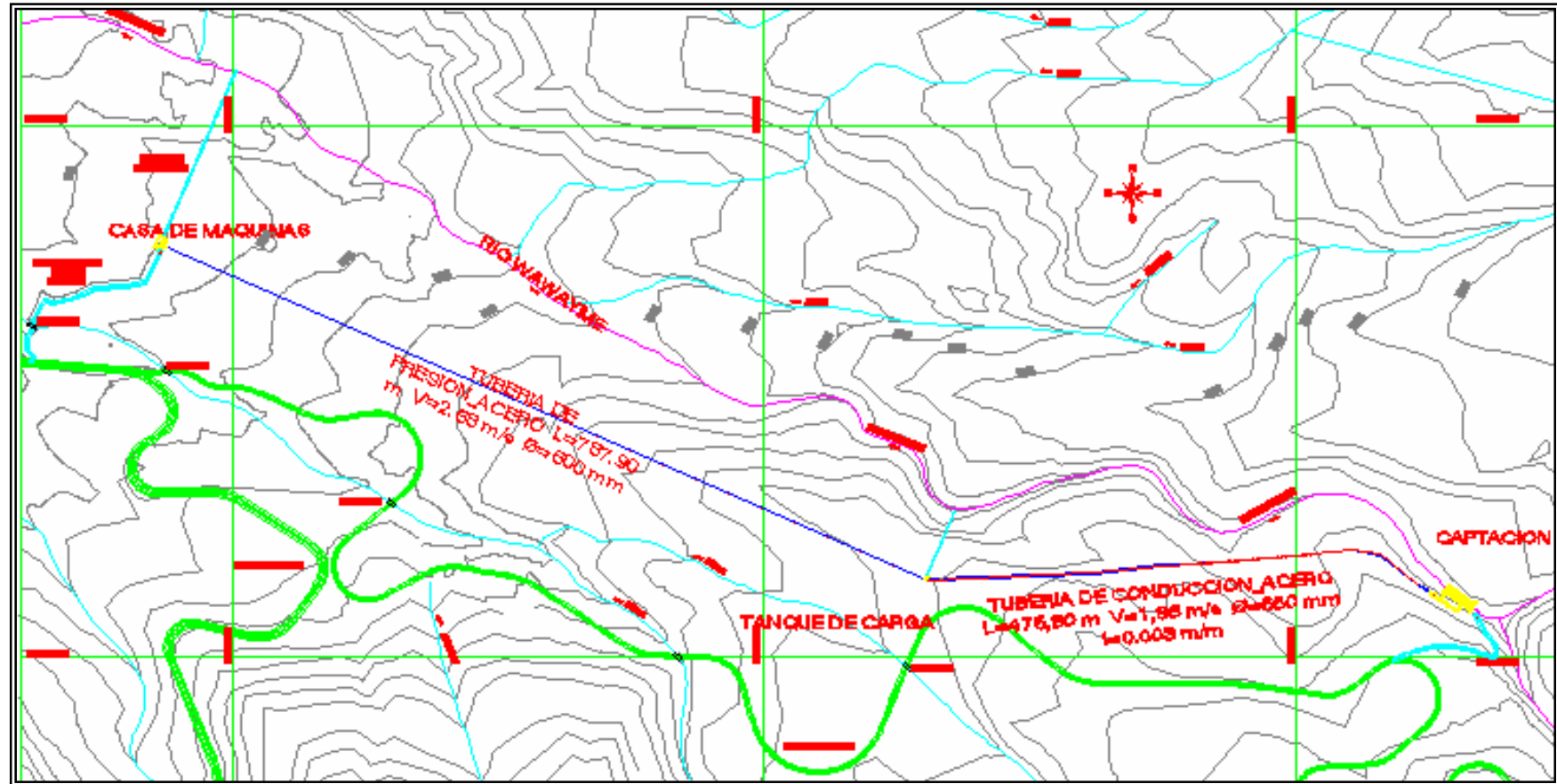
Los proyectos prevén aprovechar las condiciones topográficas de la zona, de manera particular el desnivel desarrollado por los ríos entre la toma y la casa de máquinas, que corresponde a 110 m y 291.74 m para el río Wawayme y Tundayme respectivamente. La concepción del proyecto a nivel de prefactibilidad plantea el aprovechamiento para las dos cuencas en estudio las mismas que se describen brevemente a continuación:

La alternativa para aprovechamiento hidroeléctrico en el río Wawayme analiza la posibilidad de captar el agua mediante una rejilla de fondo y conducir el caudal a través de un canal de longitud total de 13.73 m hasta el desarenador y desde allí conducir el caudal con flujo a superficie libre mediante una tubería de acero parcialmente llena, con un diámetro de 650 mm. Esta conducción será realizada con una pendiente mínima del 3 por mil, para minimizar la pérdida de carga útil en el proyecto, hasta la zona de ubicación del tanque de carga. La tubería de conducción irá sobre apoyos siguiendo la topografía del terreno en una longitud de 66m para luego continuar por un acueducto de 104.69m de longitud, luego apoyada sobre el terreno con una longitud 305.11m hasta llegar al tanque de carga. Desde el tanque de carga se inicia la tubería de presión con un desarrollo de 787.90 m hasta la casa

de máquinas, que se ubica sobre la margen izquierda del río Wawayme a 61.21 m del cauce principal. En el Gráfico 6.2 se presenta la implantación general del proyecto sobre la restitución con escala 1:10.000, realizada para este estudio.

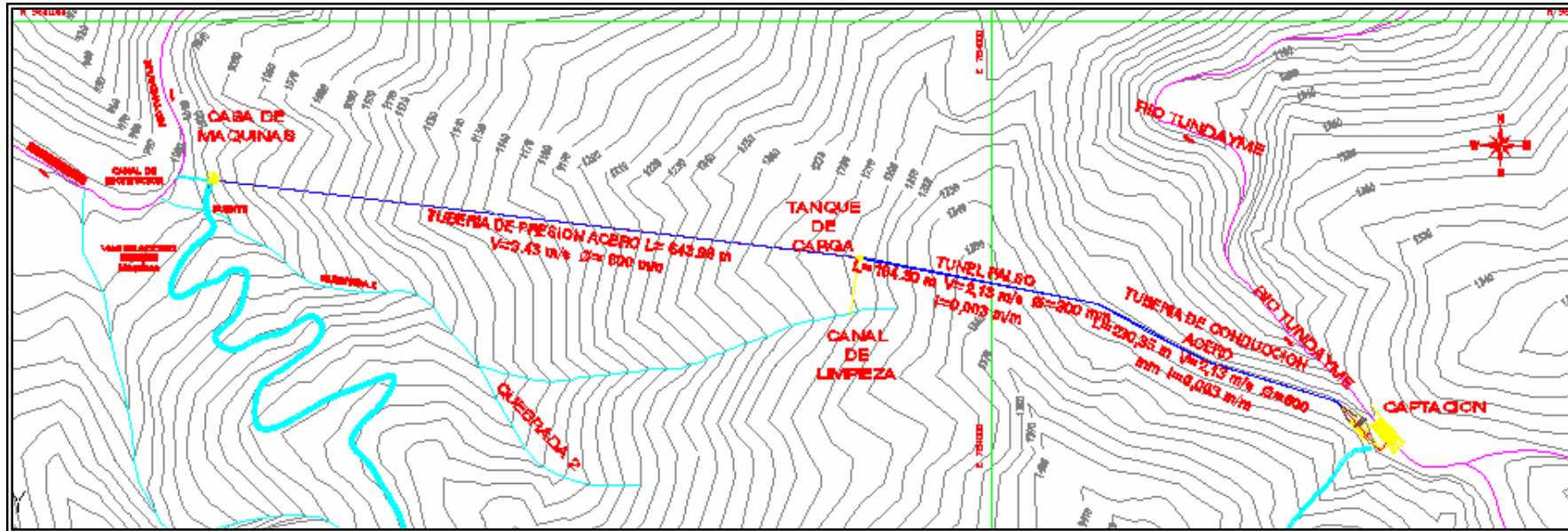
La alternativa para el río Tundayme plantea un canal de conducción desde la toma hasta el desarenador y desde allí conducir el agua a superficie libre en una tubería de 800 mm de diámetro, que en un primer tramo estará apoyada sobre el terreno siguiendo la topografía con una longitud de 230.35m seguida de un túnel falso de 184.30m de longitud y de dimensiones 2.00 x 2.20m, con una pendiente de 5 por mil hasta el tanque de carga, desde donde empieza la tubería de presión con una longitud de 643.98 m hasta la casa de máquinas ubicada cerca de la margen izquierda del río, en el Gráfico 6.2 se presenta la implantación general del proyecto con las obras previstas para aprovechar el recurso hídrico del Río Wawayme, y en el Gráfico 6.3 se encuentra la implantación del Proyecto Hidroeléctrico en la cuenca del Río Tundayme.

Gráfico No. 6.2 Implantación general de las obras previstas para el aprovechamiento hidroeléctrico Wawayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

Gráfico 6.3: Implantación general de las obras previstas para el aprovechamiento hidroeléctrico Tundayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

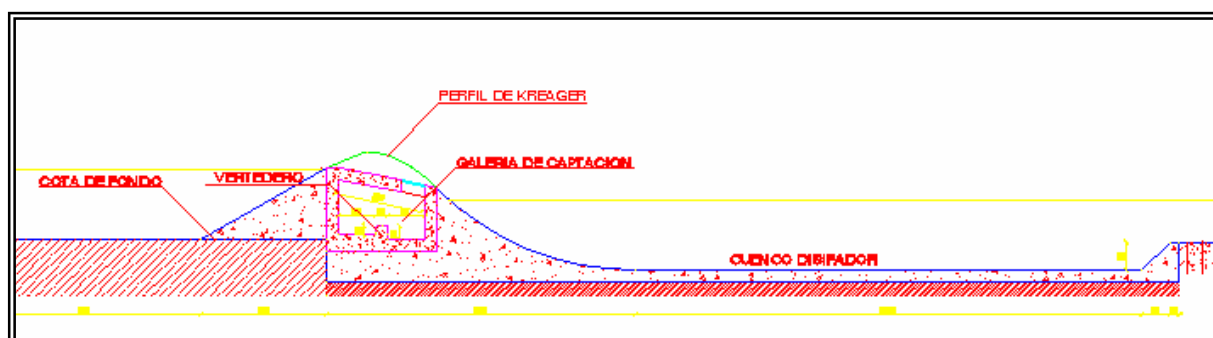
6.4.1.1 Obras de captación

La obra de captación deberá garantizar el ingreso del caudal de diseño en toda época del año. Es muy importante que la obra de captación minimice el ingreso de material sólido y flotante hacia la conducción del proyecto y facilite el tránsito de los caudales de crecida, causando siempre el menor impacto.

Proyecto Wawayme

Considerando las características morfológicas del río Wawayme en el tramo de captación se ha diseñado una toma con rejilla de fondo, apropiada para ríos de montaña con pendientes relativamente fuertes, en donde se presentan avenidas súbitas durante las que se arrastra gran cantidad de material grueso. En el siguiente Gráfico 6.4 se presenta el esquema de este tipo de obra de toma, en la que se observa que en términos generales corresponde a una estructura plana y baja por lo que su impacto en el tramo de implantación y zonas vecinas es mínimo.

Gráfico 6.4 Esquema del Corte longitudinal de la toma con rejilla de fondo Proyecto Wawayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

La captación de agua es natural y directa en la rejilla ubicada a poca altura desde el fondo del cauce, por lo que puede efectuarse aun para caudales mínimos. De igual manera requiere una operación y mantenimiento mínimos,

por lo que este tipo de obra es especialmente adecuado cuando su implantación se realiza en zonas alejadas o de difícil acceso.

En la siguiente fotografía No. 6.1, se observan las características de la sección transversal donde se implantará la obra de toma.

Fotografía No. 6.1 Zona de Captación del Proyecto en el Río Wawayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

La obra de captación consiste en un azud que cubre el ancho de la sección transversal del río y que está conformado por tres tramos:

a) Un tramo de cierre que se extiende desde la orilla opuesta en sección transversal de captación hasta el inicio de la rejilla de fondo. Este tramo está conformado por un azud o muro macizo, sobre el cual vertirá el agua durante el tránsito de las crecidas. Su geometría corresponde a un perfil tipo umbral²⁶, de tal manera que se eliminan riesgos de separación de la lámina vertiente

²⁶ Ver Memoria de cálculo

para todo el rango de caudales iguales o inferiores al caudal de crecida adoptado para el estudio.

b) El tramo de toma, en el que se dispone la rejilla de fondo. La rejilla corresponde a la parte más baja del azud de cierre, por lo que para cualquier caudal que circule por el río, ingresará en primer lugar a través de la misma hacia la galería que está ubicada en el cuerpo del azud. Para permitir que el material sólido o flotante circule hacia aguas abajo sobre la rejilla, ésta tendrá una inclinación suficiente en el sentido de flujo.

c) El tramo de cierre desde la rejilla hasta la margen de derivación. Este último tramo es hueco porque en su interior aloja la galería que conduce el agua desde la rejilla hasta el canal de salida. La forma del perfil transversal de este tercer tramo es el mismo que el del tramo de muro macizo.

Aguas abajo del azud se requiere un zampeado en el que se disipará la energía generada en función de la altura del azud y el caudal de crecida.

En el sitio seleccionado para la implantación de la toma, la sección transversal del río Wawayme es regular con un ancho aproximado de 8 m. La altura de las márgenes de la sección en este tramo es de aproximadamente 1.50 m. En la fotografía No. 2 se observan las características de la sección, la calidad de agua que circula por el río, así como la presencia de material en el fondo relativamente grueso. Las características observadas corresponden a la época en que circulan caudales normales. Durante las crecidas el incremento de caudal así como la pendiente del cauce permiten el arrastre de material sólido, principalmente arenas y cantos rodados de tamaño variado. Este material es el que no debe ingresar hacia el canal de salida de la bocatoma.

Fotografía No. 6.2 Presencia de material en el fondo - Proyecto Río Wawayme

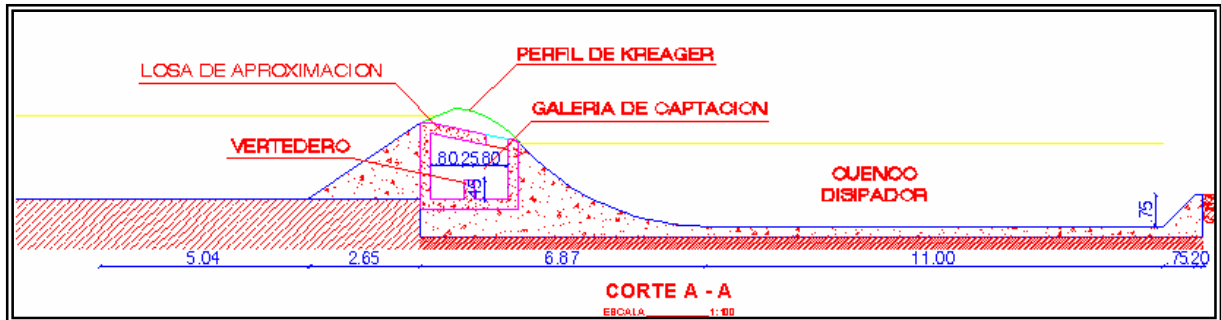


Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

Proyecto Tundayme

De acuerdo con las características morfológicas del río Tundayme en el tramo de captación se ha diseñado una toma con rejilla de fondo al igual que para el proyecto anterior ya que son ríos de montaña con pendientes relativamente fuertes, y arrastran gran cantidad de material grueso. En el Gráfico 6.5 se presenta el esquema de la obra de toma, al igual que en el proyecto anterior el impacto de su implantación es mínimo.

Gráfico 6.5 Esquema del Corte longitudinal de la toma con rejilla de fondo Proyecto Tundayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

La captación de agua es natural y directa en la rejilla ubicada a poca altura desde el fondo del cauce, por lo que puede efectuarse aun para caudales mínimos. De igual manera requiere una operación y mantenimiento mínimos, por lo que este tipo de obra es especialmente adecuado cuando su implantación se realiza en zonas alejadas o de difícil acceso.

En la siguiente fotografía No. 6.3, se observan las características de la sección transversal donde se implantará la obra de toma para el proyecto ubicado en el Río Tundayme.

Fotografía No. 3. Zona de Captación del Proyecto en el Río Tundayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

La obra de captación consiste en un azud que cubre el ancho de la sección transversal del río y que está conformado por tres tramos:

a) Un tramo de cierre que se extiende desde la orilla opuesta en sección transversal de captación hasta el inicio de la rejilla de fondo. Este tramo está conformado por un azud o muro macizo, sobre el cual vertirá el agua durante el tránsito de las crecidas. Su geometría corresponde a un perfil tipo kreager²⁷, de tal manera que se eliminan riesgos de separación de la lámina vertiente para todo el rango de caudales iguales o inferiores al caudal de crecida adoptado para el estudio.

b) El tramo de toma, en el que se dispone la rejilla de fondo. La rejilla corresponde a la parte más baja del azud de cierre, por lo que para cualquier caudal que circule por el río, ingresará en primer lugar a través de la misma hacia la galería que está ubicada en el cuerpo del azud. Para permitir que el material sólido o flotante circule hacia aguas abajo sobre la rejilla, ésta tendrá una inclinación suficiente en el sentido de flujo.

c) El tramo de cierre desde la rejilla hasta la margen de derivación. Este último tramo es hueco porque en su interior aloja la galería que conduce el agua desde la rejilla hasta el canal de salida. La forma del perfil transversal de este tercer tramo es el mismo que el del tramo de muro macizo.

Aguas abajo del azud se requiere un zampeado en el que se disipará la energía generada en función de la altura del azud y el caudal de crecida.

En el sitio seleccionado para la implantación de la toma, la sección transversal del río Tundayme es de ancho variable pero en el sitio de interés es de ancho aproximado de 12 m. La altura de las márgenes de la sección en este tramo es de aproximadamente 2 m. En la fotografía No. 6.4 se observan las características de la sección, la calidad de agua que circula por el río, así como

²⁷ Ver Anexos de cálculo

la presencia de material en el fondo relativamente grueso. Las características observadas corresponden a la época en que circulan caudales normales. Durante las crecidas el incremento de caudal así como la pendiente del cauce permiten el arrastre de material sólido, principalmente arenas y cantos rodados de tamaño variado. Este material es el que no debe ingresar hacia el canal de salida de la bocatoma.

Fotografía No. 6.4. Presencia de material en márgenes - Proyecto Río Tundayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

Dimensionamiento de la Obra de toma con rejilla de fondo

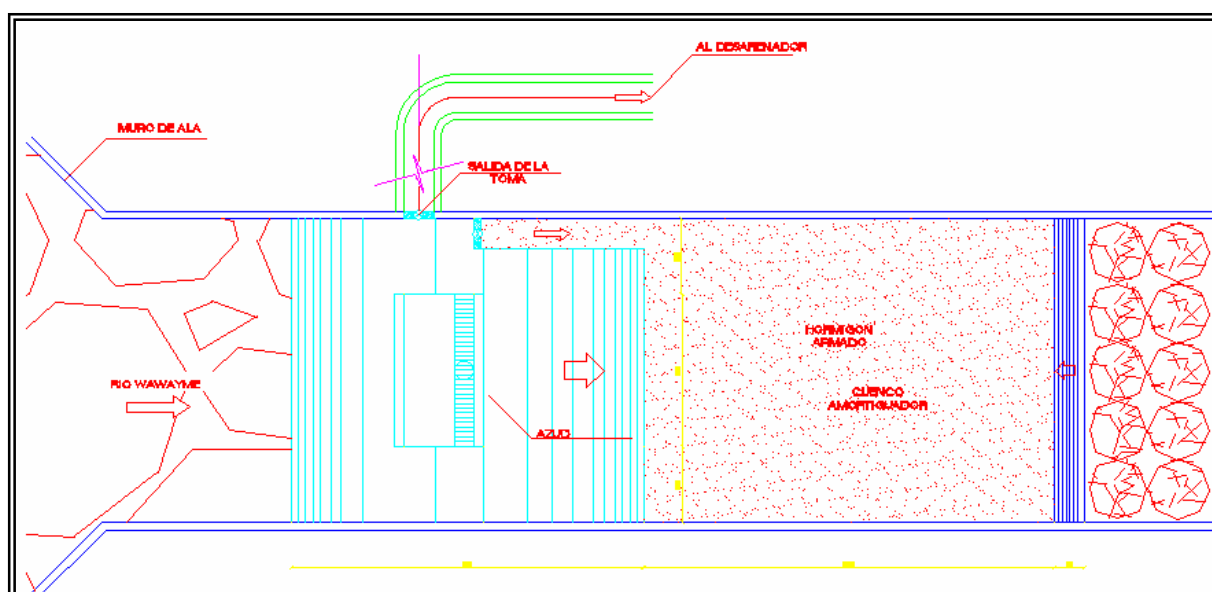
Proyecto Wawayme

La obra de toma con rejilla de fondo que se implantará en el río Wawayme estará conformada por un azud transversal con una altura de 2.80 m y una longitud total de 8 m, medidos desde la margen derecha hasta su salida en la margen izquierda. El ancho (dimensión del azud en el sentido de flujo) previsto para la estructura es de 9.30 m con lo que se garantiza el anclaje en las

márgenes laterales del río. Esta obra será colocada transversalmente cerrando toda la sección de flujo. A 0.40m sobre el cauce del río, se ha dispuesto una rejilla relativamente fina, con separación de 4 cms entre los ejes de los barrotes, con un ángulo de inclinación de las rejillas de 12°. Esta rejilla permitirá el ingreso del agua hacia la galería de recolección hecha en el cuerpo del azud, para luego pasar por un vertedero transversal a lo largo del canal de gasto variable con el fin de separar el material grueso que podría pasar por la rejilla, esta galería de doble cámara actúa como desripador, luego se conecta con el canal de salida de la toma y que conduce las aguas captadas hacia el desarenador dispuesto en la margen izquierda del río dentro de un túnel excavado. Al mismo tiempo, la rejilla permitirá que el material grueso, de mayor tamaño a la separación entre barrotes, circule en el sentido de flujo y pase sobre el azud hacia el tramo aguas abajo del río.

El azud que cierra el curso natural tendrá una disposición en planta y en perfil como se indica en el siguiente Gráfico 6.6, para mayor detalle, referirse a los planos en la sección de anexos

Gráfico 6.6 Planta de la bocatoma del proyecto Wawayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

El azud de la bocatoma del aprovechamiento hidroeléctrico Wawayme estará compuesto por tres tramos:

a) El primer tramo se inicia en la margen derecha del río Wawayme y se desarrolla cubriendo un ancho de 2 m, medidos desde ésta. Este tramo está conformado por un azud macizo, anclado en la margen del curso natural; tiene una altura de 1.50 m sobre el lecho del mismo. El azud permitirá el vertido durante los eventos de crecida. La geometría de la cresta del tramo de azud macizo corresponde al diseño de perfil tipo kreager. El paramento de aguas abajo se continúa con el colchón amortiguador y seguido un enrocado de protección que se ha dispuesto en todo el ancho de la sección transversal para proteger al cauce de eventuales riesgos de socavación, de manera especial cuando sobre el azud transiten caudales extraordinarios. En el diseño se adopta un caudal de crecida de 61.66 m³/s, considerando la cuenca de aporte así como la forma y dimensiones de la sección transversal del río.

b) En el tramo central, con una altura de 1.6 m sobre el lecho, se ha dispuesto la rejilla para captar los caudales líquidos. Los caudales bajos y ordinarios circularán necesariamente sobre ésta, permitiendo la captación de agua y al mismo tiempo evitando el ingreso de los sólidos gruesos hacia la galería. Este tramo se inicia a 2 m de la margen derecha hasta completar una longitud de 6 m. La rejilla está conformada por perfiles TEE de 30mm con espesor de 3 mm, necesario para que resistan a la corrosión. La altura del perfil de 30 mm es el requerido para soportar el peso de piedras de hasta 0.40 m de diámetro por metro. La separación entre ejes de barrotes adoptada es de 4 cms. Cada barrote tiene una longitud de 0.50 m, dispuestos paralelos en el sentido de flujo. La rejilla tiene una pendiente longitudinal del 20% para garantizar que el material sólido retenido por la rejilla sea transportado hacia aguas abajo durante el tránsito de crecidas.

La galería de captación se inicia en este segundo tramo y se prolonga hasta la margen izquierda del río, en donde se inicia el canal de conducción que termina

en la entrega del caudal captado en el desarenador. La galería está conformada por una doble cámara: una cámara de ingreso y desripiador, ubicada bajo la rejilla, que tiene como objetivo recibir el agua captada junto con los sólidos de tamaño menor a la separación de barrotes; y una segunda cámara colocada inmediatamente aguas arriba de la anterior, hacia donde se descargará el agua desde la galería-desripiadora sobre un vertedero con cresta semicircular, impidiendo que pasen los sólidos de mayor tamaño. El Gráfico 6.9 presenta un corte de la galería de recolección con doble cámara. El material sólido acumulado en la cámara-desripiadora será expulsado periódicamente hacia aguas abajo de la estructura mediante la operación de la compuerta de lavado de este compartimiento. La pendiente del fondo de la cámara desripiadora es del 3.8%, para garantizar que el material depositado pueda ser arrastrado por el flujo durante las operaciones de limpieza de la bocatoma en las que la compuerta de limpieza prevista en la sección final de esta galería sea abierta totalmente. El material sólido expulsado de la cámara desripiadora de la galería saldrá hacia el zampeado donde será arrastrado por el mismo flujo de río. Considerando la calidad de agua en el río se prevé que estas operaciones de limpieza deberán ser realizadas después de la época de mayores lluvias en la zona.

c) Un tramo final de azud hueco, que se prolonga hasta la orilla izquierda y se ancla en ella con un ancho de 2m. En el interior de este último tramo se ubica la galería de doble cámara en la que el compartimiento de aguas arriba conduce el caudal captado, libre de los sólidos de mayor tamaño, hasta el canal de salida de la toma. En la sección transversal final de la cámara de conducción del caudal captado se ha dispuesto una compuerta plana que regula el mismo. Esta compuerta mantendrá una apertura fija durante el tiempo de operación normal dependiendo del caudal con el que se maneje. Únicamente para las operaciones de limpieza de la bocatoma deberá ser abierta totalmente para permitir que el material sólido depositado en ella sea arrastrado hacia el inicio del canal abierto, donde puede ser evacuado mecánicamente.

Aguas abajo del azud que conforma la toma de rejilla de fondo se ha dispuesto un zampeado o cubeta de disipación de energía con una longitud de 10.85 m para garantizar la protección del cauce durante el tránsito de los caudales extraordinarios. Para mejorar la protección del lecho del río este zampeado se continúa con un enrocado de protección de 3 m de longitud en el sentido de flujo y que cubre todo el ancho del río, aguas abajo de la obra de captación. El diámetro medio del material que forma este enrocado es de 0.33 m y se ha dispuesto el mismo desde el nivel del lecho del río con una profundidad aproximada de 0.66 m.

El enrocado protegerá el cauce natural del efecto erosivo de la corriente a la salida del cuenco disipador, garantizando así la estabilidad de la bocatoma. Se han dispuesto también los muros de ala para estabilizar y proteger las márgenes laterales del curso natural.

Proyecto Tundayme

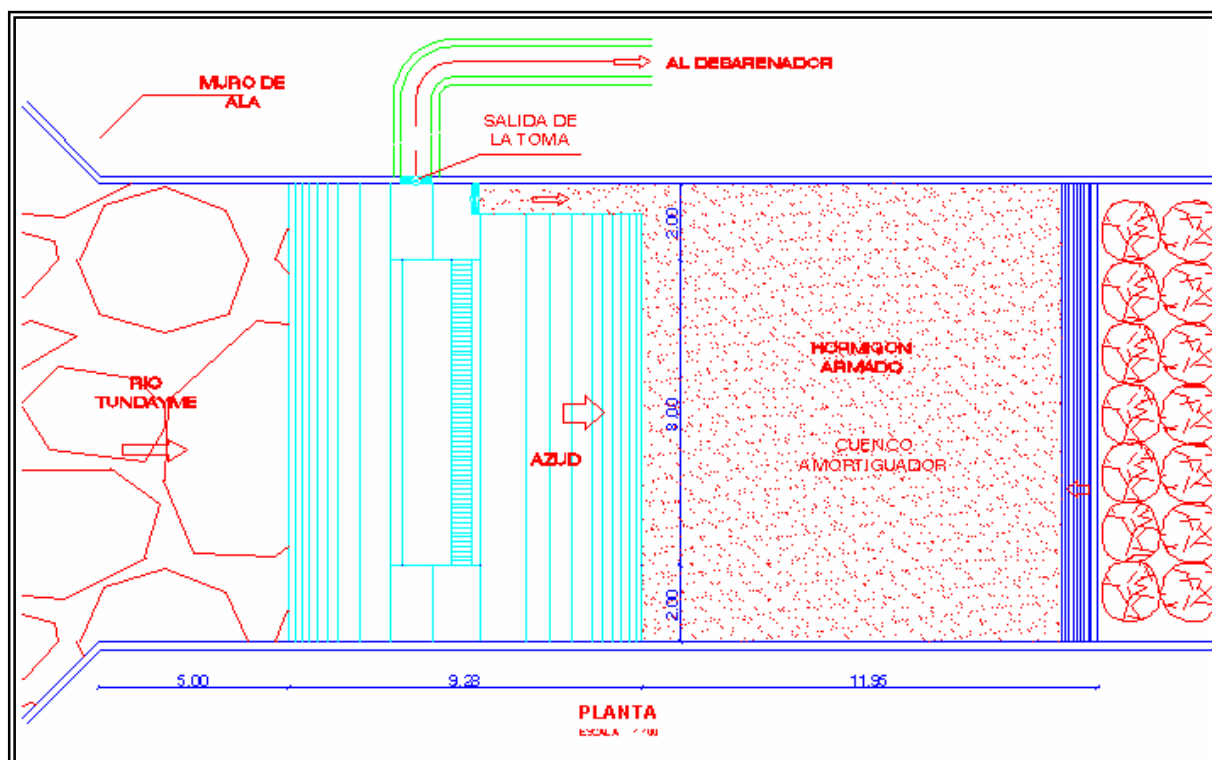
La obra de toma con rejilla de fondo que se implantará en el río Tundayme estará conformada por un azud transversal con una altura de 3.00 m y una longitud total de 12 m, medidos desde la margen derecha hasta su salida en la margen izquierda.

El ancho (dimensión del azud en el sentido de flujo) previsto para la estructura es de 9.50m con lo que se garantiza el anclaje en las márgenes laterales del río. Esta obra será colocada transversalmente cerrando toda la sección de flujo. A 0.40m sobre el cauce del río, se ha dispuesto una rejilla relativamente fina, con separación de 4 cms entre los ejes de los barrotes, con un ángulo de inclinación de las rejillas de 12°. Esta rejilla permitirá el ingreso del agua hacia la galería de recolección hecha en el cuerpo del azud, para luego pasar por un vertedero transversal a lo largo del canal de gasto variable con el fin de separar el material grueso que podría pasar por la rejilla, esta galería de doble cámara actúa como desripador, luego se conecta con el canal de salida de la toma y

que conduce las aguas captadas hacia el desarenador dispuesto en la margen izquierda del río dentro de un túnel excavado de sección 2.00 x 2.20 m. Al mismo tiempo, la rejilla permitirá que el material grueso, de mayor tamaño a la separación entre barrotes, circule en el sentido de flujo y pase sobre el azud hacia el tramo aguas abajo del río.

El azud que cierra el curso natural tendrá una disposición en planta como se indica en el Gráfico 6.7 a continuación, ver sección de anexos para mayor detalle:

Gráfico 6.7 Planta de la bocatoma del Proyecto Tundayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

El azud de la bocatoma del aprovechamiento hidroeléctrico Tundayme estará compuesto por tres tramos:

El primer tramo se inicia en la margen derecha del río Tundayme y se desarrolla cubriendo un ancho de 2 m, medidos desde ésta. Este tramo está

conformado por un azud macizo, anclado en la margen del curso natural; tiene una altura de 1.14 m sobre el lecho del mismo. El azud permitirá el vertido durante los eventos de crecida. La geometría de la cresta del tramo de azud macizo corresponde al diseño de perfil tipo umbral. El paramento de aguas abajo se continúa con el colchón amortiguador y seguido un enrocado de protección que se ha dispuesto en todo el ancho de la sección transversal para proteger al cauce de eventuales riesgos de socavación, de manera especial cuando sobre el azud transiten caudales extraordinarios. En el diseño se adopta un caudal de crecida de 99.26 m³/s, considerando la cuenca de aporte así como la forma y dimensiones de la sección transversal del río.

En el tramo central, con una altura de 1.70m sobre el lecho, se ha dispuesto la rejilla para captar los caudales líquidos. Los caudales bajos y ordinarios circularán necesariamente sobre ésta, permitiendo la captación de agua y al mismo tiempo evitando el ingreso de los sólidos gruesos hacia la galería. Este tramo se inicia a 2 m de la margen derecha hasta completar una longitud de 10 m. La rejilla está conformada por perfiles TEE de 30mm con espesor de 3 mm, necesario para que resistan a la corrosión. La altura del perfil de 30 mm es el requerido para soportar el peso de piedras de hasta 0.40 m de diámetro por metro. La separación entre ejes de barrotes adoptada es de 4 cms. Cada barrote tiene una longitud de 0.50 m, dispuestos paralelos en el sentido de flujo.

La rejilla tiene una pendiente longitudinal del 20% para garantizar que el material sólido retenido por la rejilla sea transportado hacia aguas abajo durante el tránsito de crecidas.

La galería de captación se inicia en este segundo tramo y se prolonga hasta la margen izquierda del río, en donde se inicia el canal de conducción que termina en la entrega del caudal captado en el desarenador. La galería está conformada por una doble cámara: una cámara de ingreso y desripador, ubicada bajo la rejilla, que tiene como objetivo recibir el agua captada junto con

los sólidos de tamaño menor a la separación de barrotes; y una segunda cámara colocada inmediatamente aguas arriba de la anterior, hacia donde se descargará el agua desde la galería-descripiadora sobre un vertedero con cresta semicircular, impidiendo que pasen los sólidos de mayor tamaño. En el Gráfico 6.9 presenta un corte de la galería de recolección con doble cámara. El material sólido acumulado en la cámara-descripiadora será expulsado periódicamente hacia aguas abajo de la estructura mediante la operación de la compuerta de lavado de este compartimiento. La pendiente del fondo de la cámara descripiadora es del 8.6%, para garantizar que el material depositado pueda ser arrastrado por el flujo durante las operaciones de limpieza de la bocatoma en las que la compuerta de limpieza prevista en la sección final de esta galería sea abierta totalmente. El material sólido expulsado de la cámara descripiadora de la galería saldrá hacia el zampeado donde será arrastrado por el mismo flujo de río. Considerando la calidad de agua en el río se prevé que estas operaciones de limpieza deberán ser realizadas después de la época de mayores lluvias en la zona.

Un tramo final de azud hueco, que se prolonga hasta la orilla izquierda y se ancla en ella con una ancho de 2m. En el interior de este último tramo se ubica la galería de doble cámara en la que el compartimiento de aguas arriba conduce el caudal captado, libre de los sólidos de mayor tamaño, hasta el canal de salida de la toma. En la sección transversal final de la cámara de conducción del caudal captado se ha dispuesto una compuerta plana que regula el mismo. Esta compuerta mantendrá una apertura fija durante el tiempo de operación normal dependiendo del caudal con el que se maneje. Únicamente para las operaciones de limpieza de la bocatoma deberá ser abierta totalmente para permitir que el material sólido depositado en ella sea arrastrado hacia el inicio del canal abierto, donde puede ser evacuado mecánicamente.

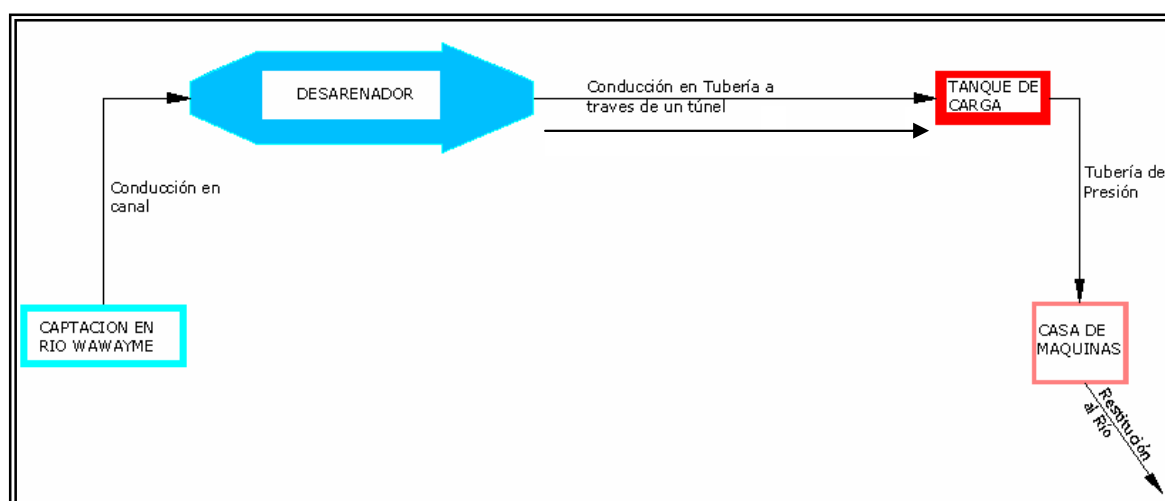
Aguas abajo del azud que conforma la toma de rejilla de fondo se ha dispuesto un zampeado o cubeta de disipación de energía con una longitud de 11.95 m

para garantizar la protección del cauce durante el tránsito de los caudales extraordinarios. El diseño y dimensionamiento de este zampeado se presenta en el anexo de los cálculos. Para mejorar la protección del lecho del río este zampeado se continúa con un enrocado de protección de 11.7 m de longitud en el sentido de flujo y que cubre todo el ancho del río, aguas abajo de la obra de captación. El diámetro medio del material que forma este enrocado es de 0.33 m y se ha dispuesto el mismo desde el nivel del lecho del río con una profundidad aproximada de 0.66 m. El enrocado protegerá el cauce natural del efecto erosivo de la corriente a la salida del cuenco disipador, garantizando así la estabilidad de la bocatoma. Se han dispuesto también los muros de ala para estabilizar y proteger las márgenes laterales del curso natural.

6.4.1.2 Sistema de derivación, desarenación y puesta en carga del caudal turbinado en la central Wawayme y Tundayme

Las obras civiles diseñadas alimentarán al sistema de generación de energía hidroeléctrica de la central Wawayme y Tundayme, la concepción esquemática de los dos proyectos es semejante y se presenta a continuación en el Gráfico 6.8:

Gráfico 6.8. Esquema del sistema de las centrales Wawayme y Tundayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

6.4.1.3 Conducción entre la bocatoma y el desarenador

Proyecto Wawayme

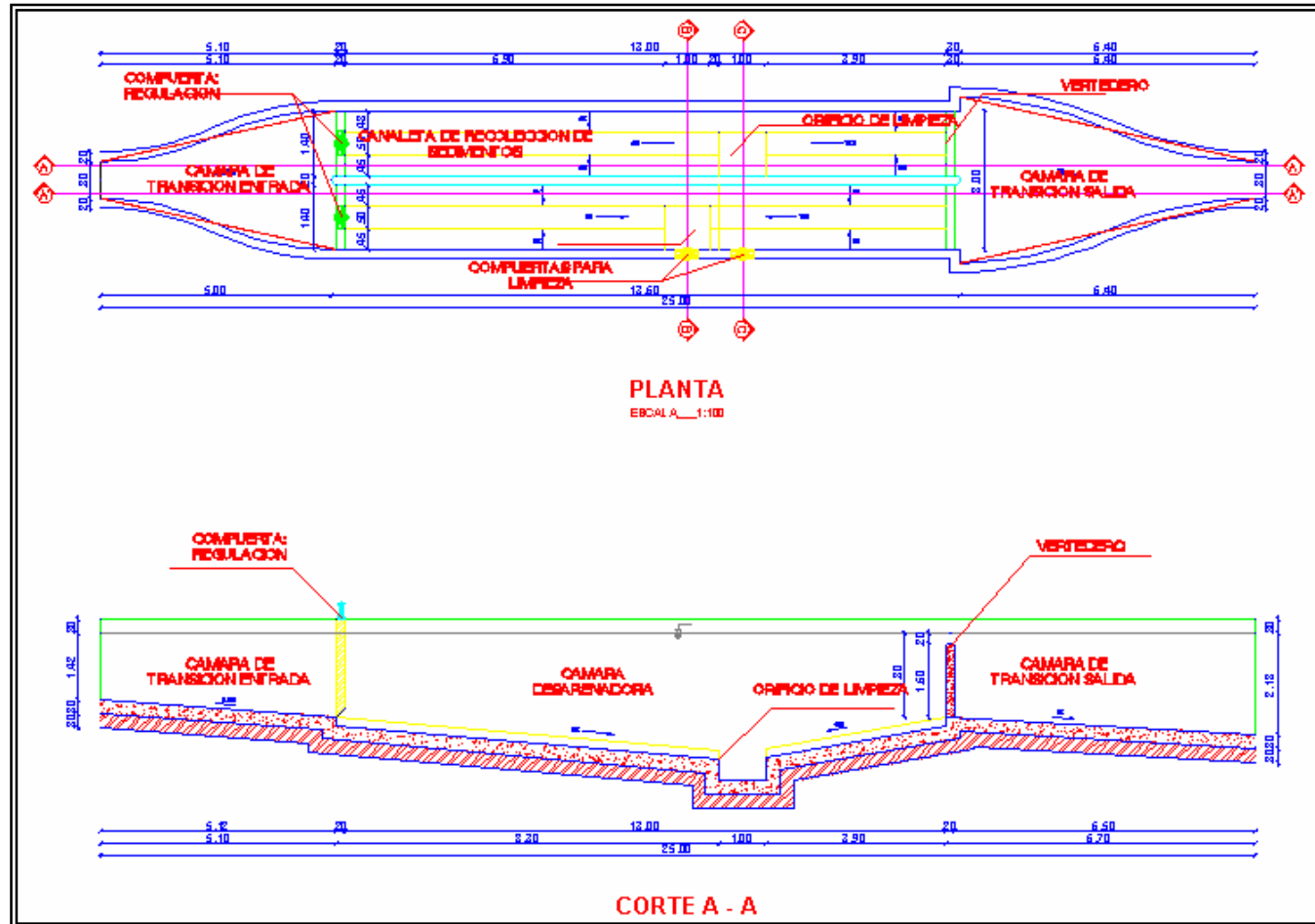
El tramo de conducción entre la bocatoma y el desarenador tiene una longitud de 13.73 m, desde la sección final de la galería de recolección en la margen izquierda del río Wawayme hasta el inicio de la transición hacia el desarenador. Este tramo está conformado por un canal abierto con revestimiento de hormigón, de sección rectangular de 0.80 m x 0.50 m y una pendiente longitudinal de 0.05 %. La velocidad de flujo en este tramo será de 1.80 m/s, con lo que se garantiza que no existirá depósito del material sólido captado ni desgaste en las paredes o fondo del canal.

Proyecto Tundayme

El tramo de conducción entre la bocatoma y el desarenador tiene una longitud de 10.70 m, desde la sección final de la galería de recolección en la margen izquierda del río Tundayme hasta el inicio de la transición hacia el desarenador. Este tramo está conformado por un canal abierto con revestimiento de hormigón, de sección rectangular de 0.80 m x 1.00 m y una pendiente longitudinal de 0.05 %. La velocidad de flujo en este tramo será de 2.08 m/s, con lo que se garantiza que no existirá depósito del material sólido captado ni desgaste en las paredes o fondo del canal.

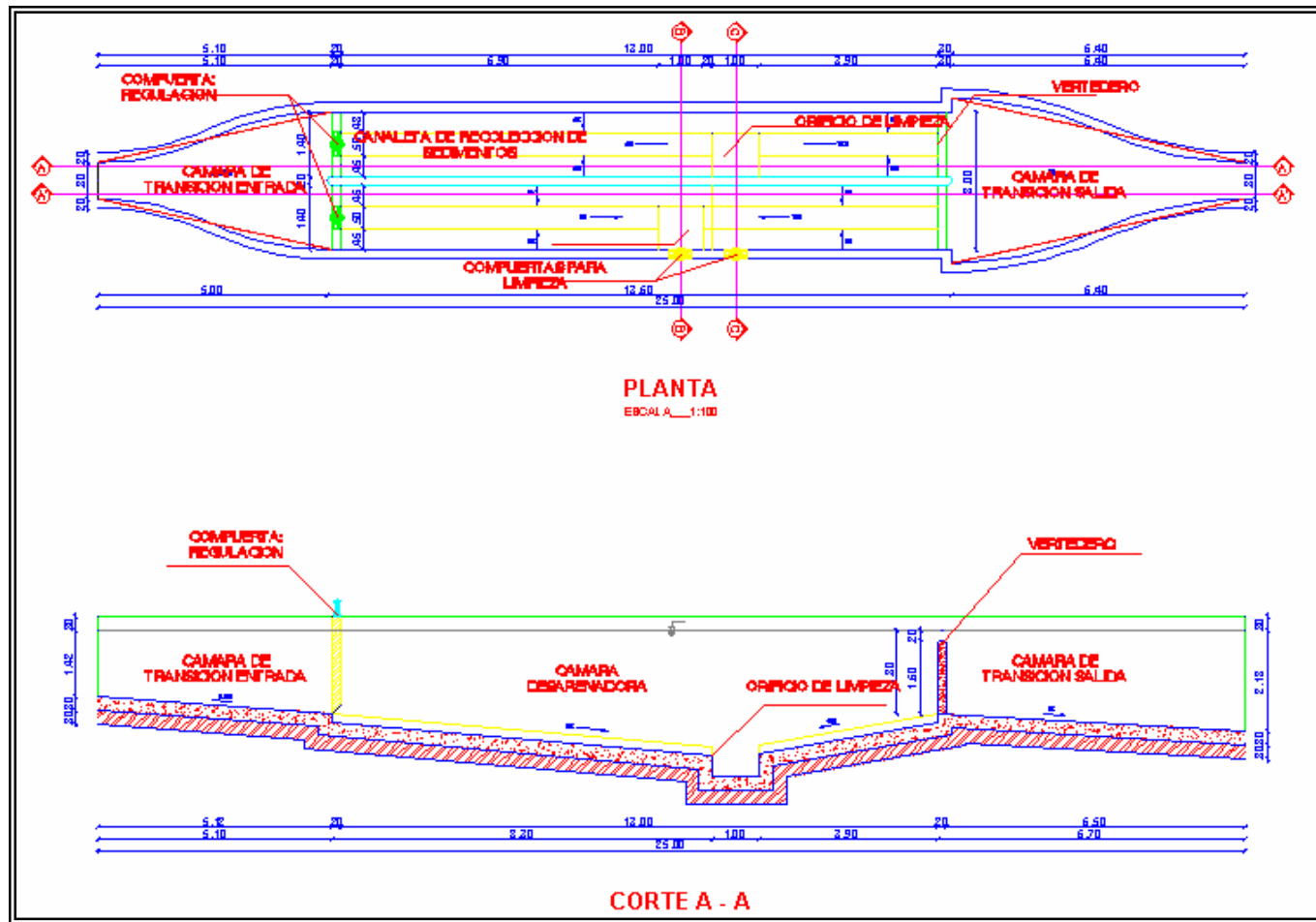
En el Gráfico 6.9 a continuación, se presenta el desarenador e inicio de la conducción para el Proyecto Wawayme, el gráfico muestra la planta y perfil del mismo.

Gráfico 6.9 Desarenador e inicio de la conduccion - Proyecto Wawayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

Gráfico 6.10 Desarenador e inicio de la conduccion - Proyecto Tundayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

6.4.1.4 Desarenador

El desarenador tiene como objetivo separar y remover el material sólido captado junto al caudal líquido derivado en la bocatoma, con tamaños iguales o mayores a 0.20 mm, de tal manera de garantizar la vida útil prevista para la tubería de presión y las turbinas.

Proyecto Wawayme

En el proyecto se ha previsto un desarenador de lavado intermitente, de doble cámara, con una longitud total de 25 m, con lo que se garantiza que las operaciones de limpieza no interfieran en la operación de la central. Para cumplir con su función el desarenador se compone de los siguientes elementos:

Transición de entrada: Une el canal de conducción desde la toma con el desarenador. Considerando que la eficiencia de la desarenación depende de las características del flujo en las cámaras desarenadoras, se ha previsto una transición gradual, relativamente larga, de tal manera de garantizar un flujo totalmente uniforme en todo el ancho del desarenador.

El ancho del canal de conducción desde la toma, ubicado en la margen izquierda del río es de 0.80 m y el ancho total del desarenador de doble cámara es de 3 m. La transición tiene una longitud total de 5 m; sus paredes se implantan con doble curvatura para garantizar una distribución uniforme de velocidades en planta. El ángulo aproximado de ampliación gradual con respecto a la vertical que corresponde a la prolongación de las paredes del canal de conducción desde la toma previsto en esta transición es de 12.34°, con lo que se garantiza que no exista zonas de separación del flujo o zonas de flujos secundarios, evitando así la formación de cortocircuitos y garantizando el aprovechamiento de todo el ancho del desarenador diseñado.

Cámaras desarenadoras: El desarenador tiene dos cámaras idénticas que funcionarán con el caudal de diseño repartido entre ellas. Esta estructura se

ubica a continuación de la transición, manteniendo la misma alineación. Cada una de las cámaras del desarenador ha sido diseñada para la mitad del caudal de captación, que corresponde a la condición más crítica de operación, puesto que una de las cámaras estaría fuera de funcionamiento. En condiciones normales, es decir cuando no se realicen las labores de limpieza, cada cámara operaría con un medio del caudal de captación, por lo que su eficiencia será mayor a la prevista en el cálculo. En cada una de las cámaras se debe garantizar las condiciones de flujo que permitan que las partículas sólidas de tamaño igual o mayor a 0.20 mm caigan al fondo debido a la reducción de la velocidad producido por el incremento de la sección hidráulica.

El dimensionamiento del desarenador se presenta en los Anexo de cálculos hidráulicos. La sección transversal de cada cámara desarenadora tiene un ancho de 1.40 m y una altura útil de 1.80m. La velocidad de flujo se reduce a 0.20 m/s, con lo que se garantiza la remoción de partículas sólidas con tamaño mayor o igual a 0.20 mm. La longitud efectiva adoptada para cada una de las cámaras desarenadoras es de 13 m.

La salida del caudal desarenado se realizará sobre un vertedero con cresta semicircular, que se desarrolla sobre la sección transversal final de las dos cámaras. La longitud efectiva de vertido para cada cámara es de 1.40 m. La carga máxima sobre el vertedero de salida será de 0.20 m, con lo que se asegura que el material depositado en la zona próxima al vertedero de salida no sea nuevamente removido y conducido hacia fuera del desarenador.

El vertedero de salida descarga en el inicio de la conducción conformado por una transición que une la sección transversal de salida del desarenador con doble cámara a la sección de la conducción hacia el tanque de carga. El diseño y dimensionamiento de esta transición garantiza de igual manera la recolección del caudal y la uniformización de la distribución de velocidades en planta, de tal manera que se minimicen las pérdidas y se elimine la posibilidad de flujos secundarios.

El fondo del desarenador, luego de la transición de entrada, presenta una doble pendiente longitudinal para mejorar el arrastre del flujo en las operaciones de limpieza sin necesidad de incrementar considerablemente la profundización de las tolvas para acumulación del material sólido. El primer tramo, desde el final de la transición hasta los dos tercios de la longitud efectiva de la cámara, tiene una pendiente longitudinal en el sentido del flujo de 5%, durante una longitud igual a 6.30 m. El tercio final de cada cámara desarenadora tendrá una pendiente de 10% desde el vertedero de salida hasta el punto más bajo de la canaleta de recolección de sólidos. Cada una de las cámaras desarenadoras tendrá una canaleta de lavado independiente, la misma que desemboca en el canal de limpieza del desarenador.

La sección transversal de esta canaleta es rectangular de 0.50 m x 0.50 m y una pendiente longitudinal de 5%. Cada una de las compuertas colocadas al final de las canaletas individuales de lavado será totalmente abierta durante el tiempo que dure la operación de limpieza. Las velocidades de flujo de salida son suficientemente altas para garantizar el arrastre de material sólido.

El volumen muerto disponible en cada una de las cámaras desarenadoras es de 2.62 m³. Para la concentración de sólidos estimada en el Wawayme se recomienda realizar una operación de limpieza por semana para una cámara o cada vez que se observe la colmatación del volumen muerto disponible.

Tubería de Limpieza: La tubería de limpieza debe garantizar la salida y arrastre del material sólido evacuado desde el desarenador hasta el cuerpo receptor previsto para su descarga.

Proyecto Tundayme

Para este caso se prevé un desarenador de lavado intermitente, de triple cámara, con una longitud total de 49.40 m, con lo que se garantiza que las operaciones de limpieza no interfieran en la operación de la central. Se compone de los siguientes elementos:

Transición de entrada: El ancho del canal de conducción desde la toma, ubicado en la margen izquierda del río es de 0.80 m y el ancho total del desarenador de triple cámara es de 7.30 m. La transición tiene una longitud total de 15 m; sus paredes se implantan con doble curvatura para garantizar una distribución uniforme de velocidades en planta. El ángulo aproximado de ampliación gradual con respecto a la vertical que corresponde a la prolongación de las paredes del canal de conducción desde la toma previsto en esta transición es de 12.5°.

Cámaras desarenadoras: El desarenador tiene tres cámaras idénticas que funcionarán con el caudal de diseño repartido entre ellas. Esta estructura se ubica a continuación de la transición, manteniendo la misma alineación. Cada una de las cámaras del desarenador ha sido diseñada para un tercio del caudal de captación, que corresponde a la condición más crítica de operación, puesto que una de las tres cámaras estaría fuera de funcionamiento. En condiciones normales, es decir cuando no se realicen las labores de limpieza, cada cámara operaría con un tercio del caudal de captación, por lo que su eficiencia será mayor a la prevista en el cálculo. En cada una de las cámaras se garantiza las condiciones de flujo que permitan que las partículas sólidas de tamaño igual o mayor a 0.20 mm caigan al fondo debido a la reducción de la velocidad producido por el incremento de la sección hidráulica.

El dimensionamiento del desarenador se presenta en los anexos de cálculos hidráulicos. La sección transversal de cada cámara desarenadora tiene un ancho de 2.30 m y una altura útil de 2.40 m. La velocidad de flujo se reduce a 0.20 m/s, con lo que se garantiza la remoción de partículas sólidas con tamaño mayor o igual a 0.20 mm. La longitud efectiva adoptada para cada una de las cámaras desarenadoras es de 18.40 m.

La salida del caudal desarenado se realizará sobre un vertedero con cresta semicircular, que se desarrolla sobre la sección transversal final de las tres cámaras. La longitud efectiva de vertido es de 6.90 m hacia la transición de salida.

El vertedero de salida descarga en el inicio de la conducción conformado por una transición que une la sección transversal de salida del desarenador con triple cámara a la sección de la conducción hacia el tanque de carga.

El primer tramo, desde el final de la transición hasta los dos tercios de la longitud efectiva de la cámara, tiene una pendiente longitudinal en el sentido del flujo de 5%, durante una longitud igual a 11.50 m. El tercio final de cada cámara desarenadora tendrá una pendiente de 10% desde el vertedero de salida hasta el punto más bajo de la canaleta de recolección de sólidos. Cada una de las cámaras desarenadoras tendrá una canaleta de lavado independiente, la misma que desemboca en el canal de limpieza del desarenador. La sección transversal de esta canaleta es rectangular de 0.60 m x 0.50 m y una pendiente longitudinal de 5%. En la sección final de esta canaleta se ubica una compuerta de fondo para iniciar y suspender las labores de limpieza. La tubería de limpieza tiene una sección transversal de 0.50 m de ancho y altura de 0.50 m. Cada una de las compuertas colocadas al final de las canaletas individuales de lavado será totalmente abierta durante el tiempo que dure la operación de limpieza. Las velocidades de flujo de salida son suficientemente altas para garantizar el arrastre de material sólido.

El volumen muerto disponible en cada una de las cámaras desarenadoras es de 6.56 m³. Para la concentración de sólidos estimada se recomienda realizar una operación de limpieza por semana para una cámara o cada vez que se observe la colmatación del volumen muerto disponible.

Tubería de Limpieza: La tubería de limpieza debe garantizar la salida y arrastre del material sólido evacuado desde el desarenador hasta el cuerpo receptor previsto para su descarga.

6.4.1.5 Conducción desde el desarenador hasta el tanque de carga

Para los proyectos se plantean las siguientes alternativas considerando los siguientes aspectos para su planteamiento:

Las características geológicas de la zona que conforma la margen izquierda de los ríos Wawayme y Tundayme, en el tramo en que se desarrollan los proyectos de acuerdo al reconocimiento geológico realizado se conoce que en la zona próxima a la margen izquierda de los ríos, se espera que las características del suelo sean adecuadas y favorables para la construcción de un túnel, que sería la alternativa para la conducción desde la obra de toma hasta el tanque de presión.

Proyecto Wawayme

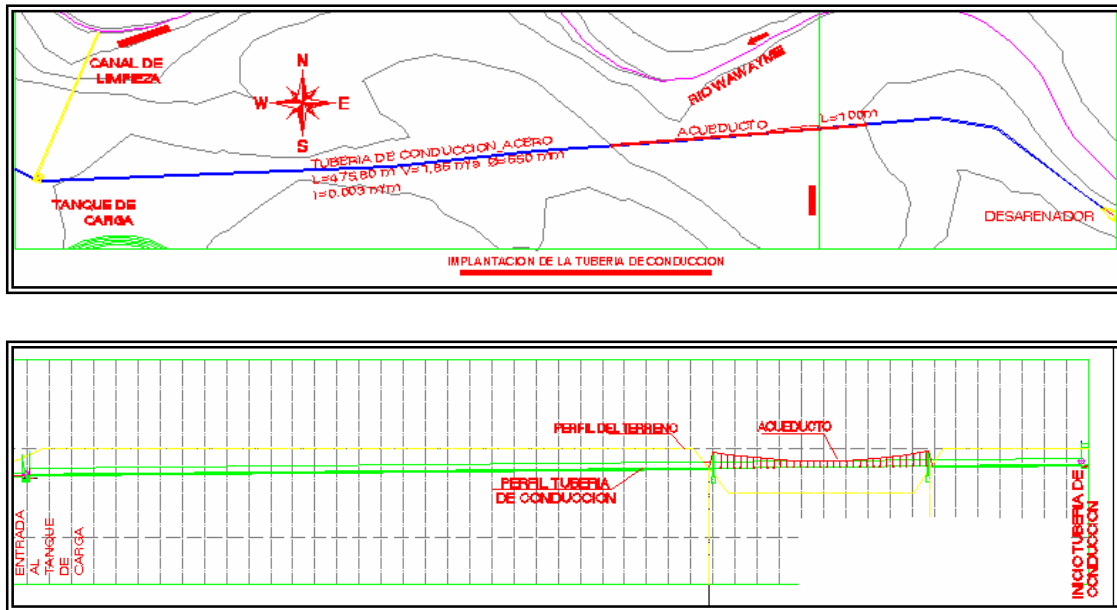
Se plantea como alternativa una conducción, a gravedad superficial, conformada por una tubería de acero que conducirá el caudal de diseño con flujo a superficie libre desde la salida del desarenador hasta el ingreso al tanque de presión. Esta tubería tendrá un diámetro de 650 mm, espesor mínimo de 5 mm y una pendiente de 3 por mil. Su trazado alcanza una longitud de 475.80 m hasta el tanque de carga. El diámetro seleccionado para la tubería que funcionará con flujo parcialmente lleno permite minimizar la pérdida de carga.

La tubería de conducción en un primer tramo irá sobre apoyos siguiendo la topografía del terreno en una longitud de 66m para luego continuar por un acueducto de 104.69m de longitud, luego apoyada sobre el terreno con una longitud 305.11m hasta llegar al tanque de carga.

Proyecto Tundayme

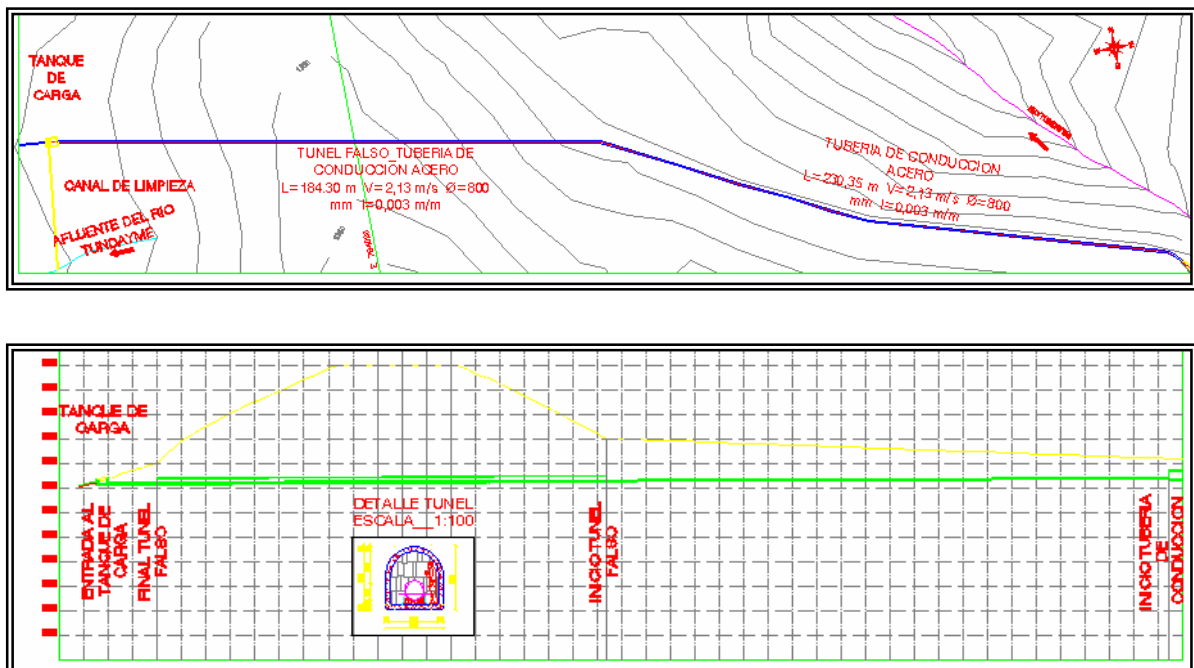
La opción para la conducción en el proyecto Tundayme a diferencia del proyecto Wawayme, ésta se conforma por la conducción en una tubería de acero de 800mm de diámetro sobre apoyos siguiendo la topografía del terreno en una longitud de 230.35m para luego entrar por un túnel falso hasta el tanque de carga con una longitud de conducción de 184.30 m y una pendiente de 5 por mil. En el Gráfico 6.11 a continuación se muestra la implantación y el corte de la conducción desde el desarenador hasta el tanque de carga para el Proyecto Wawayme:

Gráfico 6.11 Implantación y perfil de la conducción Proyecto Wawayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

Gráfico 6.12 Implantación y perfil de la conducción Proyecto Tundayme

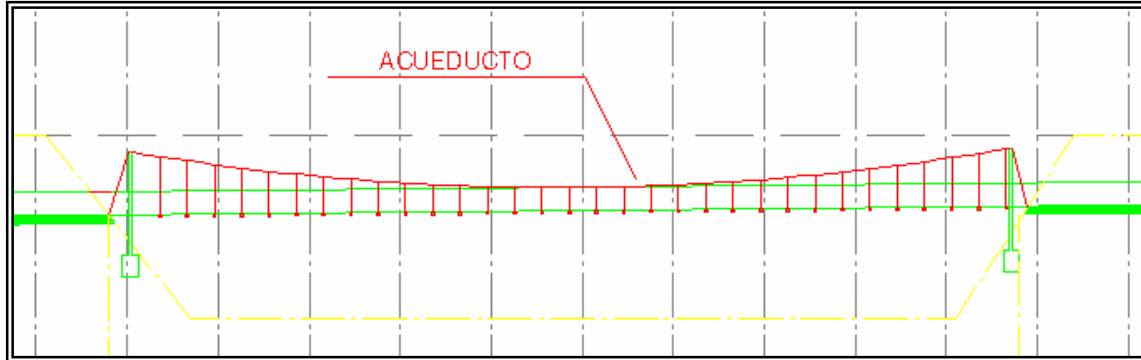


Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

En el Gráfico 6.12 anterior, se mostró la implantación y perfil de la tubería de conducción para el Proyecto del Río Tundayme.

El perfil del acueducto para la tubería de conducción de 650mm de diámetro de material de acero, se presenta en el siguiente Gráfico 6.13

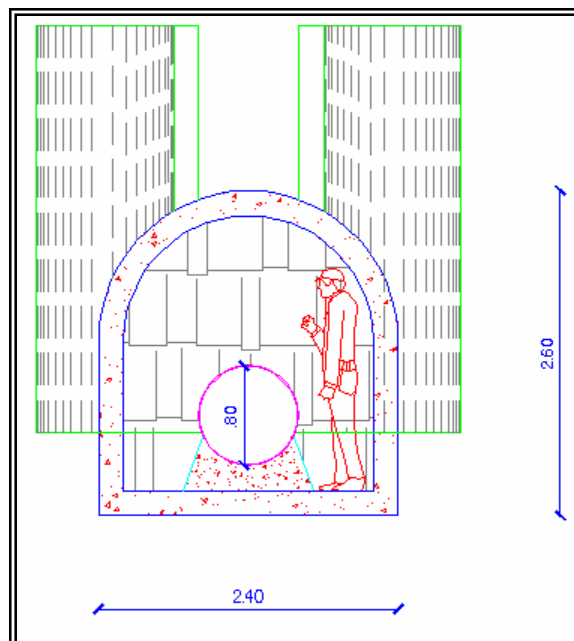
Gráfico 6.13 Perfil del acueducto para la tubería de conducción del Proyecto Wawayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

La sección del túnel del Proyecto Tundayme de 2.00 x 2.20 m se presenta en el siguiente Gráfico 6.14

Gráfico 6.14 Esquema de la sección transversal del túnel Proyecto Tundayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

6.4.1.6 Tanque de carga

El tanque de presión cumplirá con los siguientes objetivos:

- a) Proporcionar la conexión necesaria entre la tubería de presión y las obras de derivación.
- b) Garantizar un volumen de reserva de agua para satisfacer las necesidades de los equipos turbina-generator.
- c) Impedir el ingreso hacia la tubería de presión de materiales sólidos o flotantes
- d) Mantener sobre el inicio de la tubería de presión una altura de agua suficiente para evitar la succión de aire.

Proyecto Wawayme

Para cumplir con estos objetivos el tanque de presión estará conformado por los siguientes elementos:

Reservorio: Está conformado por una cámara de 3.00 m de longitud por 2.60 m de ancho, la pendiente del fondo es de 0.003 % hasta el ingreso hacia la tubería de presión. La profundidad es de 2.7 m.

El caudal captado y desarenado es conducido por una tubería que termina en la sección de entrada del tanque de carga.

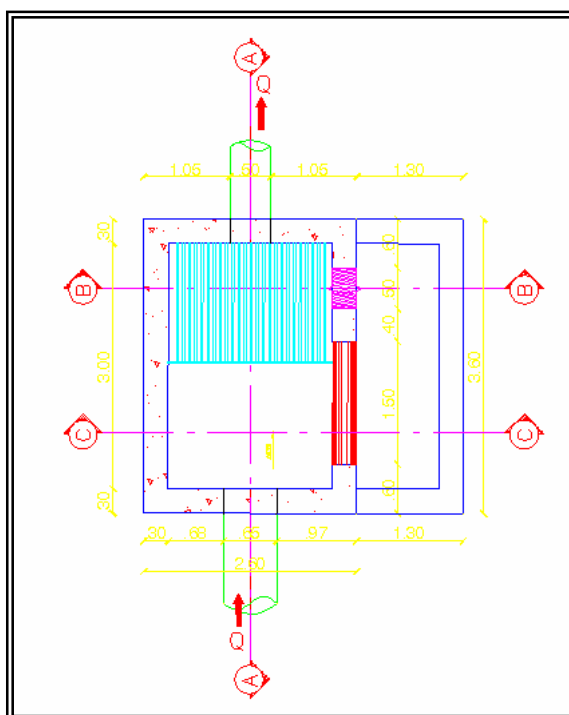
La tubería de presión se inicia en la sección final del tanque, inmediatamente aguas arriba de su sección final, a una altura de 0.20 m medidos desde el fondo hasta el extremo inferior del tubo. Previa a la entrada del agua en la tubería de presión se ha ubicado la rejilla con separación de barrotes de 50 mm y una inclinación de 55° con la horizontal.

Compuerta de fondo y vertedero de excesos: En el extremo final de la pared lateral derecha del tanque de carga se ha colocado una compuerta de fondo que permitirá el vaciado del mismo así como la expulsión de los sólidos que puedan haberse depositado en el fondo del tanque. La descarga de esta compuerta de fondo se realiza hacia el canal de limpieza del tanque que descarga finalmente en el Río Wawayme.

El canal de limpieza tiene una sección transversal rectangular de ancho constante de 0.5 m y altura de 0.80, en los primeros 37m tiene un fondo de flujo rasante (napflow) y en su parte final de 39.41m tiene un fondo tipo skimming flow.

Para evacuar los excesos de caudal líquido que puedan ingresar al tanque de presión se ha ubicado un vertedero de 1.5 m de longitud en la pared lateral derecha. La cresta del vertedero se ubica en la cota 1108.26 msnm y su localización permite que el caudal de exceso sea descargado sobre una cámara de ancho 1m y de longitud 3m, a continuación está ubicado el canal colector.

Gráfico 6.15. Esquema en planta del tanque de presión Proyecto Wawayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

Control para evitar la entrada de aire a la tubería de presión: Con el fin de garantizar que el aire no pueda ser succionado desde el tanque de carga hacia la tubería de presión, se define el nivel mínimo de operación. Atendiendo a las

recomendaciones existentes en la literatura técnica²⁸ existen algunos criterios para definir esta altura de sumergencia mínima que no permite el ingreso de aire a la tubería:

En función de la carga de velocidad en la tubería:

$$h = K \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación [6.4]}$$

Donde h es la altura de sumergencia mínima (m)

K es un factor, que en la práctica varía entre 2 y 3, siempre que $h > 1\text{ m}$

V es la velocidad del flujo en la tubería de presión (m/s), y

g es la aceleración de la gravedad (m^2/s)

En función de la velocidad del flujo en la tubería y el diámetro de la misma

$$h > 0,5D \left(\frac{V}{\sqrt{2D}} \right)^{0,55} \quad \text{Ecuación [6.5]}$$

El cálculo de los valores de sumergencia mínimos aplicando estos criterios se presentan en el Anexo No. 2. El valor seleccionado es el mayor de ellos que corresponde a 1.50 m sobre la clave de la tubería.

Volumen del Tanque de Presión: Para el caso en que el caudal derivado sea menor que el caudal turbinado por la microcentral, la diferencia de caudales debe ser cubierta por el volumen almacenado en el tanque de presión.

El volumen necesario que el tanque de presión debe tener por encima del nivel mínimo aceptable de agua se lo define a base de la siguiente expresión²⁹ :

²⁸ KNAUSS, J. *Swirling Flow Problemas at Intakes*. Hydraulic Design Considerations, IAHR-Hydraulic Structures Design Manual, Vol. 1, Balkema Rotterdam, 1987

²⁹ SVIATOSLAV Krochin, "Diseño Hidráulico", Escuela Politécnica Nacional, 1980

$$\Delta M = \frac{0,693 A V_0^2}{i g}$$

Ecuación [6.6]

Donde:

ΔM es el volumen de retención requerido en el tanque de presión, (m³)

A es la sección transversal del canal de aducción, (m²)

V₀ es la velocidad media de flujo en el canal de aducción, (m/s)

i es la pendiente longitudinal del canal, (.001)

El volumen máximo requerido en el proyecto de acuerdo a esta expresión es de 12 m³. Sin embargo el diseño prevé un volumen del tanque de presión mayor, de 15 m³. Este volumen corresponde a un tiempo de retención de 28.4 segundos, siendo este tiempo el disponible para detener la turbina para una suspensión total de caudal en la captación.

Se recomienda que para evitar problemas mayores durante la operación, se instale sensores de medición de nivel mínimo en el tanque de presión, los mismos que deberán emitir una señal que ordene la suspensión inmediata de la turbina tan pronto como se detecte una disminución de nivel en el tanque de presión por debajo de este nivel mínimo.

Rejilla de entrada a la tubería de presión: Con el objeto de evitar la presencia de materiales flotantes hacia la tubería de presión así como de eliminar toda vorticidad que pudiera formarse en la aproximación hacia el inicio de la tubería de presión, se ha dispuesto una rejilla fina, conformada la entrada por pletinas de hierro de 1.50 m de longitud y 2.00 m de ancho. La separación seleccionada entre ejes de los barrotos es de 5 cm, apropiada para turbinas tipo Francis. La limpieza de esta rejilla se realizará manualmente; para facilitar esta labor se ha dado a la rejilla una inclinación de 55 °.

La pérdida que se produce en la rejilla, para un flujo de aproximación perpendicular a ella, se calcula mediante la expresión planteada por Kirschmer, la que se presenta a continuación

$$h_f = B \left(\frac{t}{s} \right)^{4/3} \frac{V^2}{2g} \sin A$$

Ecuación [6.7]

Donde:

h_f es la pérdida de carga producida en la rejilla

t es el grosor del barrote

s es la separación entre barrotes

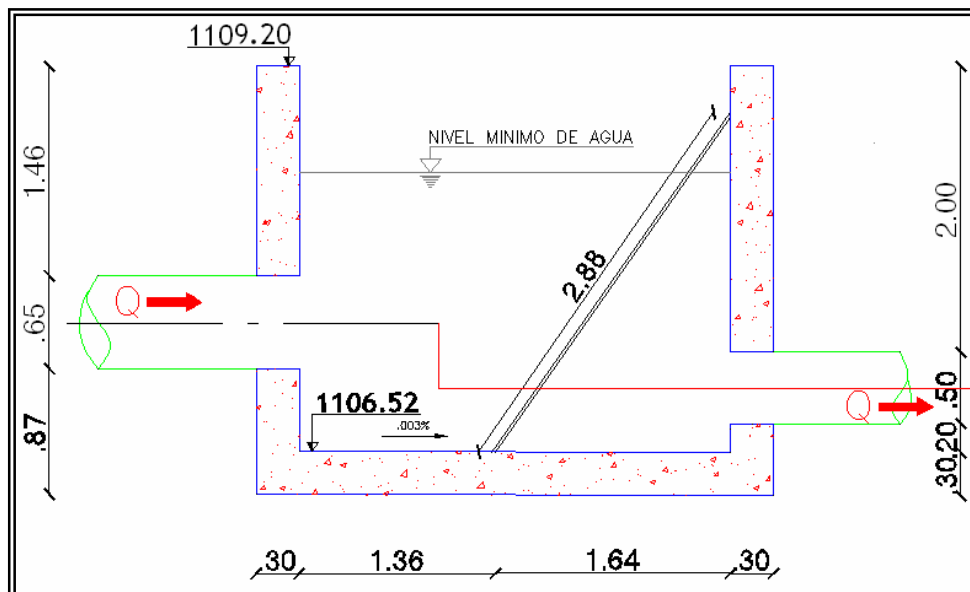
V es la velocidad de aproximación hacia la rejilla. Este valor se adopta igual a 1 m/s

B es un coeficiente que varía según la forma de la sección transversal del barrote.

Para pletinas comunes de sección rectangular se adopta un valor de $B = 2,42$.

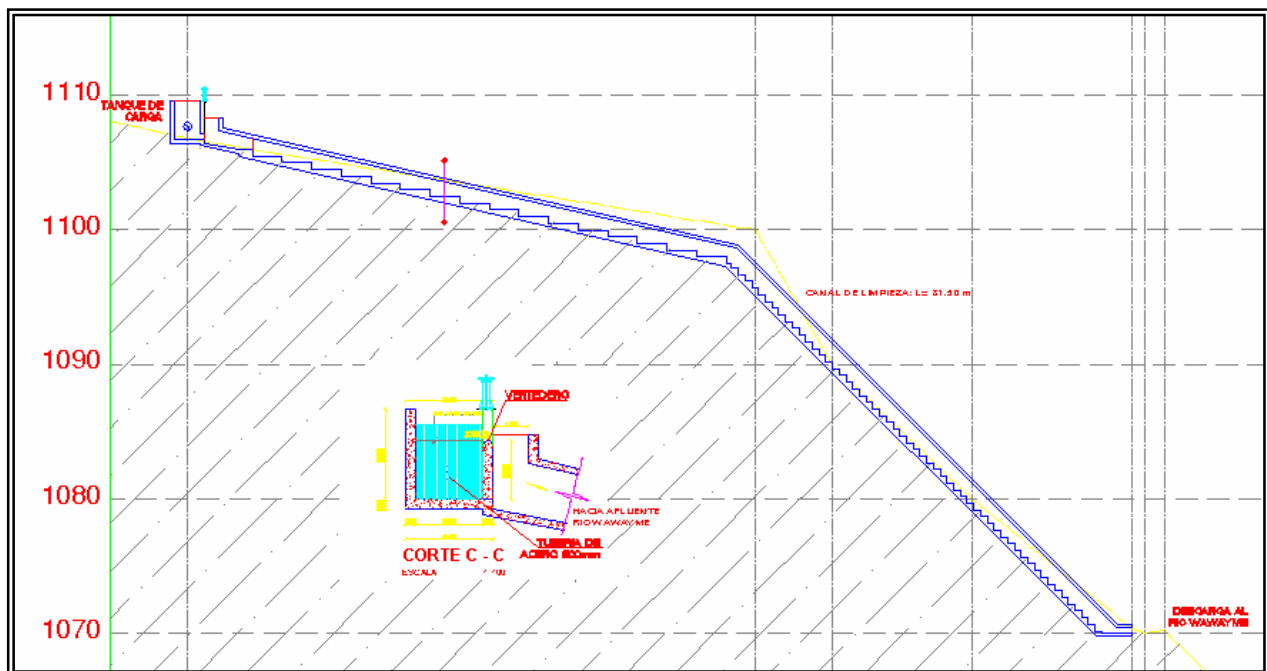
El valor calculado como pérdida en la rejilla es de 4 cm.

Gráfico 6.16. Corte Longitudinal de la rejilla en el tanque de presión Proyecto Wawayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

El trazado del canal de limpieza del tanque de carga se presenta a continuación:

Gráfico 6.17. Perfil del canal de lavado del tanque de carga Proyecto Wawayme

Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

Proyecto Tundayme

Los elementos del tanque de presión para el aprovechamiento hidroeléctrico en el Río Tundayme, son dimensionados considerando los mismos criterios y parámetros considerados en el Proyecto Tundayme, a continuación se describe su dimensionamiento.

Reservorio: Está conformado por una cámara de 3.60 m de longitud por 4.00 m de ancho, la pendiente del fondo es de 3 por mil hasta el ingreso hacia la tubería de presión. La profundidad es de 2.8 m.

El caudal captado y desarenado es conducido por una tubería que termina en la sección de entrada del tanque de carga.

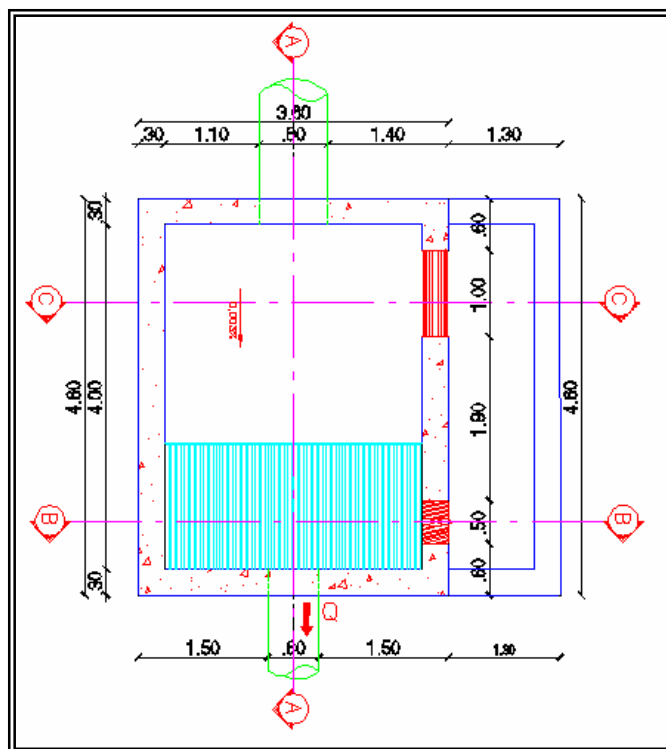
La tubería de presión se inicia en la sección final del tanque, inmediatamente aguas arriba de su sección final, a una altura de 0.20 m medidos desde el fondo hasta el extremo inferior del tubo. Previa a la entrada del agua en la

tubería de presión se ha ubicado la rejilla con separación de barrotes de 50 mm y una inclinación de 55° con la horizontal.

Compuerta de fondo y vertedero de excesos: En el extremo final de la pared lateral izquierda del tanque de presión se ha colocado una compuerta de fondo que permitirá el vaciado del mismo así como la expulsión de los sólidos que puedan haberse depositado en el fondo del tanque. La descarga de esta compuerta de fondo se realiza hacia el canal de limpieza del tanque que descarga finalmente en un afluente del Río Tundayme. El canal de limpieza tiene una sección transversal rectangular de ancho constante de 0.8m y altura de 0.8 con fondo escalonado (napflow).

Para evacuar los excesos de caudal líquido que puedan ingresar al tanque de presión se ha ubicado un vertedero de 1.0 m de longitud en la pared lateral izquierda. La cresta del vertedero se ubica en la cota 1303.61 msnm y su localización permite que el caudal de exceso sea descargado sobre una cámara de ancho 1m y de longitud 4 m.

Gráfico 6.18: Esquema en planta del tanque de presión Proyecto Tundayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

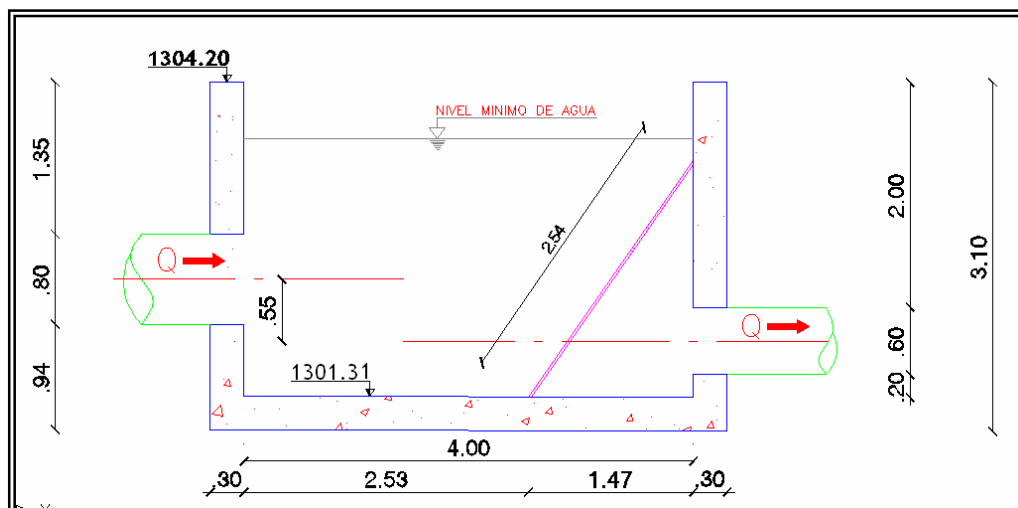
Control para evitar la entrada de aire a la tubería de presión: El cálculo de los valores se presentan en el Anexo de cálculos. El valor seleccionado es el mayor de ellos que corresponde a 2.0 m sobre la clave de la tubería.

Volumen del Tanque de Presión: El volumen máximo requerido en el proyecto de acuerdo a esta expresión es de 23 m³. Sin embargo el diseño prevé un volumen del tanque de presión mayor, de 36 m³. Este volumen corresponde a un tiempo de retención de 33 segundos, siendo este tiempo el disponible para detener la turbina para una suspensión total de caudal en la captación.

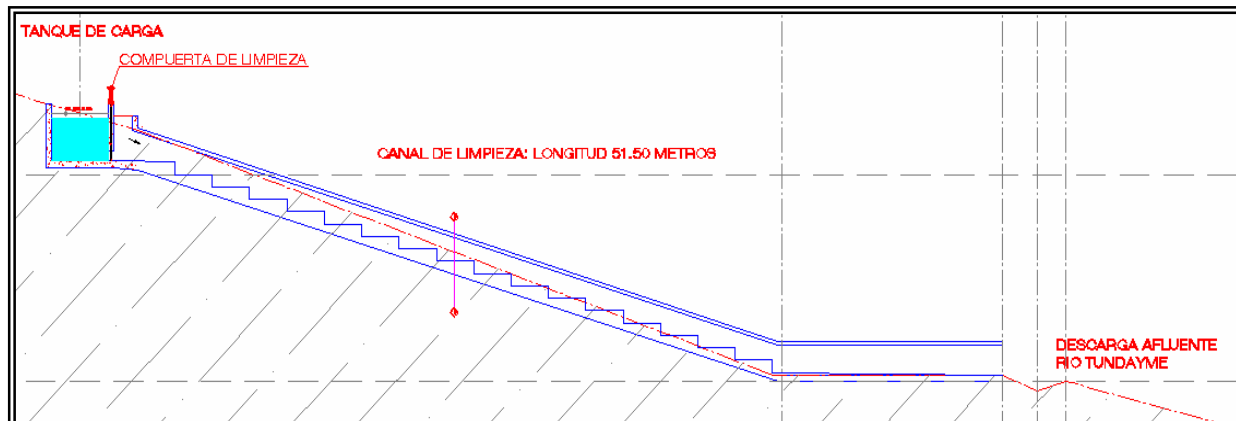
Rejilla de entrada a la tubería de presión: Se ha dispuesto una rejilla fina, conformada la entrada por pletinas de hierro de 1.5 m de longitud y 3.0 m de ancho. La separación seleccionada entre ejes de los barrotes es de 50 mm, apropiada para una turbina Pelton. La limpieza de esta rejilla se realizará manualmente; para facilitar esta labor se ha dado a la rejilla una inclinación de 55 °. El valor calculado como pérdida en la rejilla es de 4 cm.

El trazado de esta estructura se presenta a continuación:

Gráfico 6.19: Corte Longitudinal de la rejilla en el tanque de presión Proyecto Tundayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

Gráfico 6.20: Perfil del canal de lavado del tanque de carga Proyecto Tundayme

Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

6.4.1.7 Tubería de presión

La tubería de presión es el elemento que permite la conducción del agua desde el tanque de carga hasta la casa de máquinas.

Cálculo del diámetro óptimo: El diámetro seleccionado para la tubería de presión ha sido determinado a base de un análisis técnico-económico. Mientras mayor es el diámetro, menores son las pérdidas hidráulicas que se generan en la tubería y mayor es la potencia que se puede obtener del salto, pues se tiene que:

$$P = \frac{Q(H - h_f)e}{102} \quad \text{Ecuación [6.8]}$$

Donde:

P es la potencia generada, (kW)

Q es el caudal turbinado, (m³/s)

H es la altura bruta de la caída (m)

h_f es la pérdida hidráulica, (m)

e es la eficiencia

Por otro lado, mientras menor es el diámetro, el costo de la tubería será menor. Para la determinación del diámetro óptimo se ha realizado el análisis con varios

diámetros, dentro de un margen admisible de velocidades, estableciendo los costos de la tubería y de la energía perdida por concepto de resistencias hidráulicas. La suma de los dos valores permite elaborar una curva cuyo mínimo corresponde al diámetro económicamente más conveniente para el proyecto.

Para la estimación del costo de la tubería se calcula el valor de las anualidades de amortización, en función del costo inicial C , del interés expresado en tanto por uno r , y del número de años en que se paga la deuda, n . La expresión que permite obtener el valor de estas anualidades de amortización es la siguiente:

$$a = \frac{C r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \quad \text{Ecuación [6.9]}$$

Con el fin de realizar el análisis comparativo, se tomarán valores referenciales para el factor de carga, eficiencia de la planta y costo de la energía, como se presenta en el Anexo de Cálculo. Estos valores no necesariamente coinciden con los reales, pues en la mayoría de los casos éstos son variables. Sin embargo en el análisis comparativo, los valores referenciales asumidos son los mismos para todas las alternativas, por lo que permiten obtener suficientes criterios para seleccionar el diámetro óptimo.

Como una primera aproximación para la estimación del diámetro de la tubería se aplica la expresión propuesta por Mannesman Röhre Werke, para alturas de caída bruta del orden de 100 m.

$$D = \sqrt[3]{0.052 Q^3} \quad \text{Ecuación [6.10]}$$

Donde:

D es el diámetro aproximado al óptimo, (m).

Q es el caudal de diseño, (m³/s)

Considerando el tipo de turbina y el tamaño de la misma se adopta un valor de tiempo de cierre de 100 segundos. Para este caso, se cumple que el tiempo de cierre de la válvula de la turbina es mayor que la relación:

$$T > \frac{L}{500}$$

Ecuación [6.11]

Donde:

T es el tiempo de cierre de la válvula de la turbina, (s)

L es la longitud de la tubería de presión, (m)

La sobrepresión producida por el golpe de ariete se calcula con la expresión siguiente:

$$h_1 = 0.15 \frac{LV}{T}$$

Ecuación [6.12]

Donde:

h₁ es la sobrepresión debida al golpe de ariete, (m)

L es la longitud de la tubería de presión, (m)

V es la velocidad de flujo en la tubería, (m/s)

T es el tiempo de cierre de la válvula de la turbina, (s)

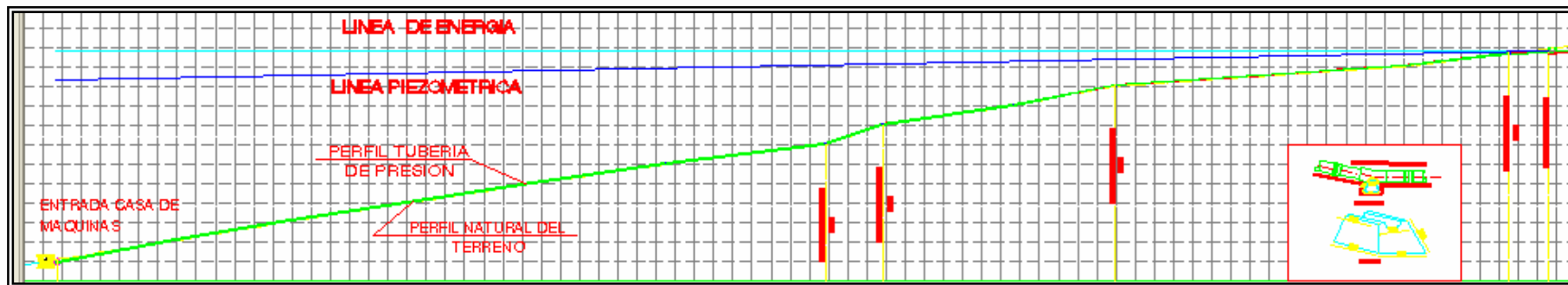
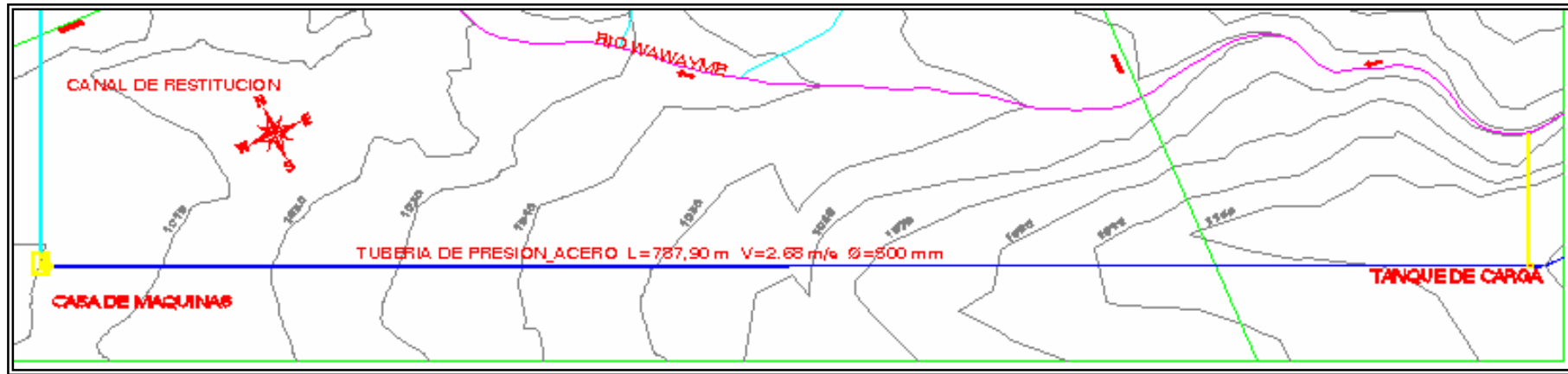
Considerando el valor obtenido de diámetro aproximado al óptimo se realiza el cálculo comparativo para una serie de diámetros internos que corresponden a los diámetros comerciales disponibles en tubería de acero.

El cálculo se presenta en el Anexo de cálculos y en función de los resultados obtenidos se determina que el diámetro óptimo para el proyecto Wawayme corresponde a 500 mm y para el Tundayme de 600 mm. Se ha definido que la longitud total de la tubería es de 787.9 m desde el tanque de presión hasta el ingreso a la casa de máquinas, inmediatamente aguas arriba de la válvula de

entrada, mientras que para el proyecto en el Río Tundayme la longitud de la tubería es de 643.98m. El perfil de la tubería de presión para los dos proyectos se presenta en el anexo de planos.

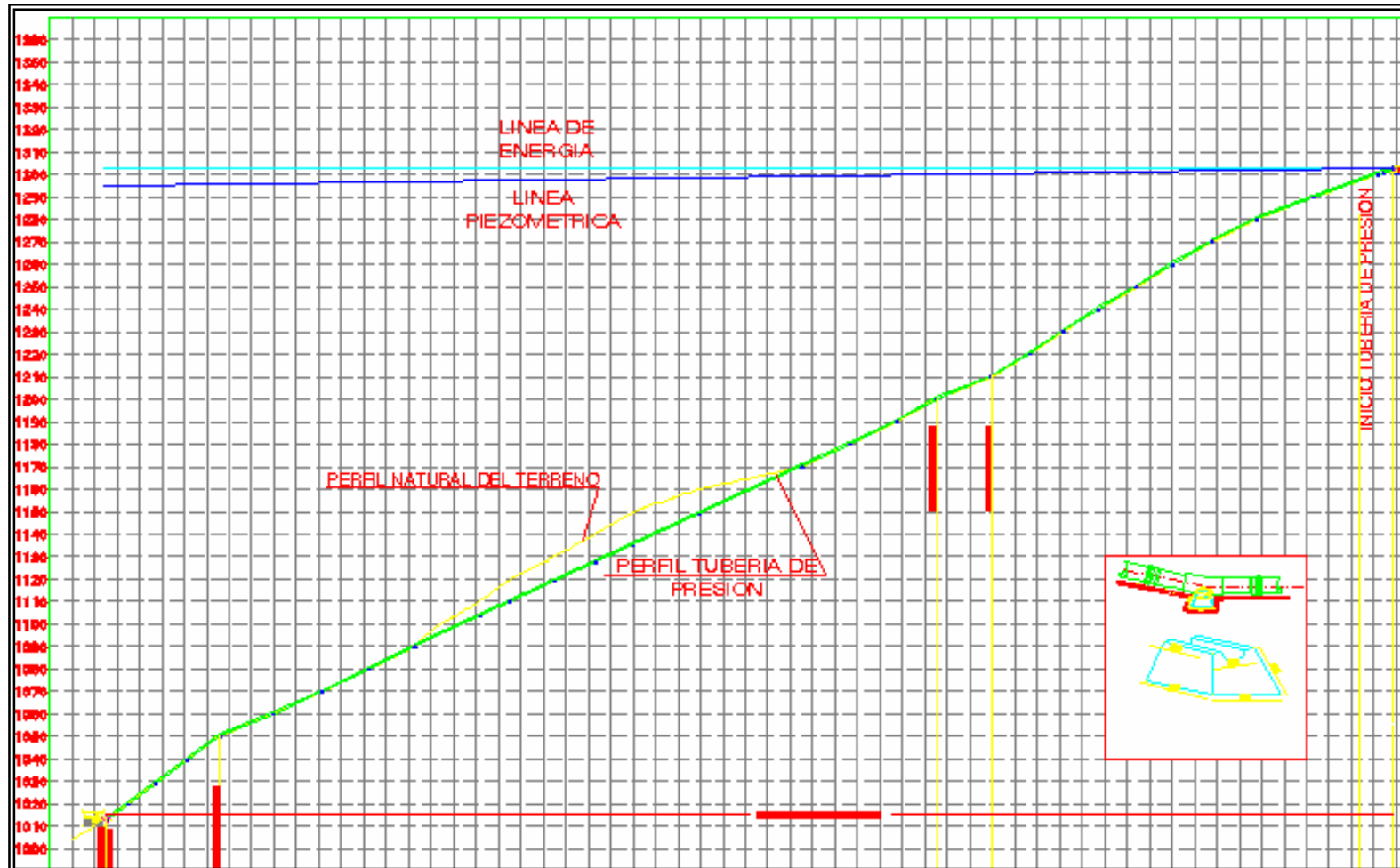
La tubería será apoyada directamente en el suelo y será anclada en puntos fijos por cambio de dirección.

Gráfico 6.21: Implantación y Perfil de la tubería de presión central Wawayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

Gráfico 6.22: Perfil de la tubería de presión central Tundayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

Análisis sobre el material de la tubería disponible en el mercado

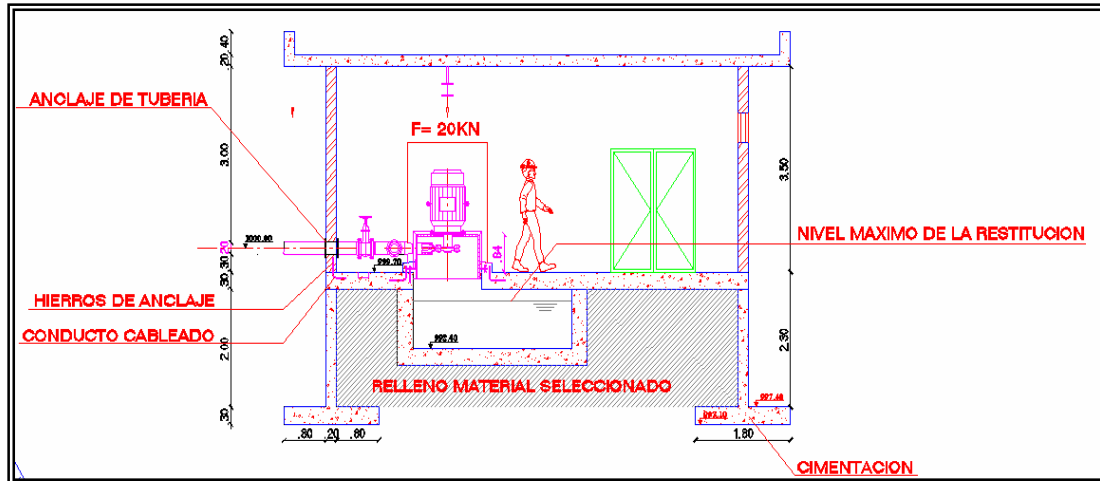
Para la selección apropiada del material con el que será construida la tubería de presión, se hicieron las consideraciones respecto de la resistencia mínima requerida bajo condiciones normales y bajo golpe de ariete, de conformidad con el eje seleccionado y la diferencia de nivel topográfico existente; la disponibilidad en el mercado de la tubería; la disponibilidad en el mercado de los accesorios (uniones, codos); la facilidad para el transporte hasta el sitio de la construcción; la disponibilidad de elementos de repuesto para operaciones de reparación y/o mantenimiento durante la vida útil, entre otras consideraciones técnicas y económicas y finalmente el diámetro requerido. Considerando todos estos aspectos se concluye que la alternativa única para el material de la tubería de presión en el proyecto es acero.

6.4.1.8 Casa de máquinas y canal de restitución

El diseño de la tubería de presión que se presenta en este estudio cubre el desarrollo de la misma desde el tanque de carga hasta el empate con la válvula de guardia al ingreso hacia la casa de máquinas, en donde se inicia el tramo final de la tubería de presión definido con un diámetro interno de 500 mm luego del cual se desarrolla la bifurcación para conformar las dos tuberías de presión para los dos grupos turbina-generador colocados que para el Proyecto Wawayme son turbinas de tipo Francis y para el Tundayme de tipo Pelton. La definición de las características para el equipo electromecánico del proyecto se presenta en el siguiente acápite del presente documento. Estos equipos electromecánicos, deberán ser alojados dentro de la casa de máquinas cuyo diseño arquitectónico garantiza el espacio para la instalación de los equipos electromecánicos predimensionados.

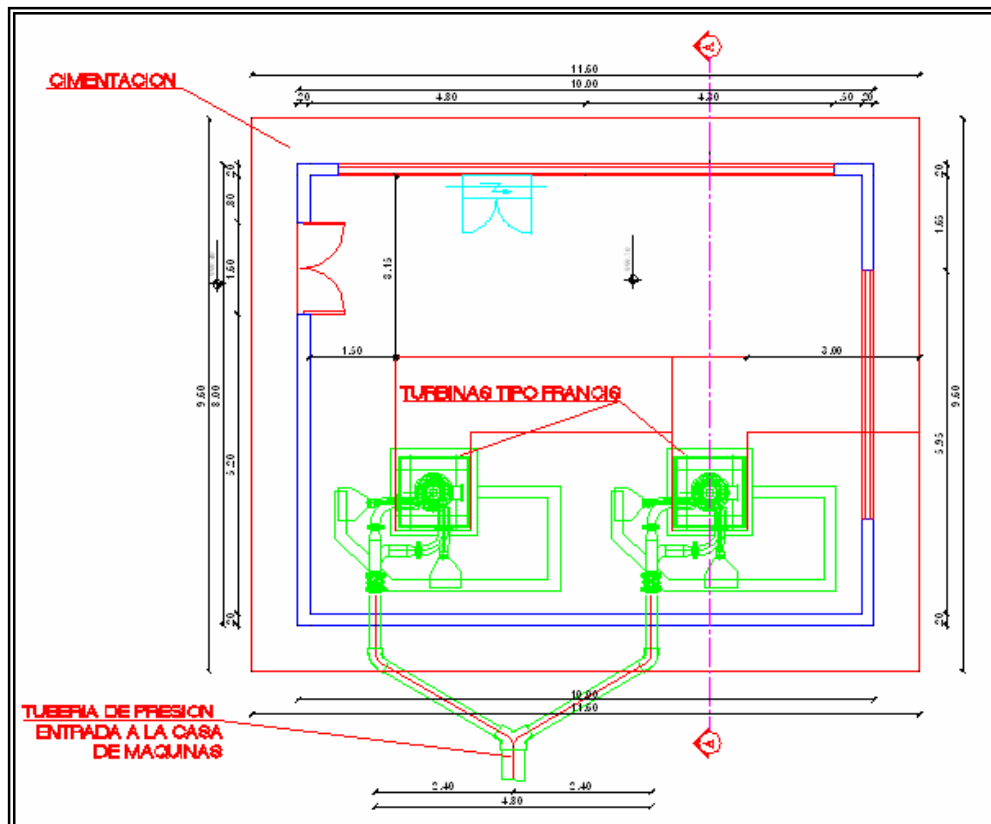
En el presente estudio se adopta el diseño arquitectónico de la casa de máquinas que se presenta en los planos en la sección de anexo y se esquematiza en la siguiente Gráfico 6.23.

Gráfico 6.23: Corte de la casa de máquinas para las centrales Wawayme y Tundayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

Gráfico 6.24: Esquema de la Planta de la casa de maquinas para proyecto Wawayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

El canal de restitución que se inicia bajo cada turbina confluye en una sola conducción a superficie libre que termina con la descarga en la margen izquierda del río Wawayme, con una longitud de 172 m y para el caso del Tundayme termina en la margen izquierda con una longitud de 14.41m. Para proteger la zona de descarga en la orilla del río se prevé la colocación de un enrocado de protección.

El canal de restitución para el Wawayme en sus 172 m presenta una sección transversal rectangular de dimensiones 0.8 m x 0.8 m con una pendiente del 2% y una velocidad de 2.7m/s. En la zona de entrega se colocará un enrocado de protección.

El canal de restitución para el Tundayme en sus 14.41 m presenta una sección transversal rectangular de dimensiones 0.8 m x 0.8 m con una pendiente del 1% y una velocidad de 2.72m/s. En la zona de entrega se colocará un enrocado de protección.

a) Predimensionamiento del equipo electro - mecánico

Los datos más relevantes para la definición del aprovechamiento hidroeléctrico Wawayme y Tundayme se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 6.4: Características de los grupos turbina – generador para los proyectos hidroeléctricos

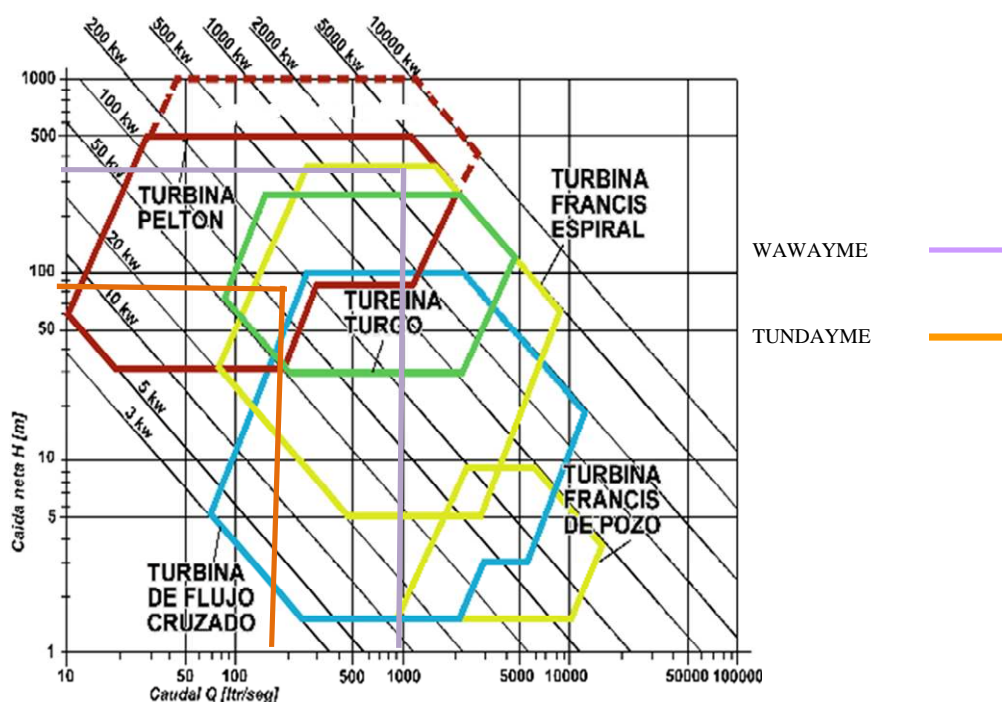
PARAMETROS DE DISEÑO		CENTRAL WAWAYME	CENTRAL TUNDAYME
Parámetro	Unidad	Valor	Valor
Caudal de diseño	m ³ /s	0.527	0.97
Altura neta	M	71.8	283.62
Potencia hidráulica	Kw	371	2702
Tipo turbina		FRANCIS LENTA	TURBINA PELTON DE UN INYECTOR
Numero unidades		2	2
Caudal por unidad	m ³ /s	0.2635	0.4855
Velocidad	RPM	1200	720
Eficiencia turbina	%	88%	86%
Eficiencia generador	%	93%	93%
Velocidad sincrónica	RPM	1200	720
Potencia generada por unidad	Kw	152	1080
Potencia total generada	Kw	304	2161

PARAMETROS DE DISEÑO		CENTRAL WAWAYME	CENTRAL TUNDAYME
Parámetro	Unidad	Valor	Valor
Energía media anual generada	GWh	2.00	14.19
Factor de planta		0.75	0.75

Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

En la Gráfico 6.25. se presenta en forma gráfica la selección del tipo mas adecuado de turbina para los valores calculados de velocidades específicas. El tipo de turbina recomendado para el proyecto Wawayme es la turbina FRANCIS LENTA, y para el proyecto Tundayme se escoge la turbina PELTON DE UN INYECTOR.

Gráfico 6.25: Turbinas y sus campos de empleo



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

Dentro del análisis para el diseño electromecánico, se realizaron algunas estimaciones sobre las dimensiones que deberán tener los principales elementos, para fines de

evaluar la disponibilidad de espacio y de requerimientos técnicos complementarios en casa de máquinas.

Finalmente, en el se presentan los criterios de estabilidad y de sobrevelocidad, que garantizan la selección recomendada de la turbinas, de acuerdo con los criterios técnicos normados por el U.S. Bureau of Reclamation.

Tabla 6.5: Criterios de Estabilidad y Sobrevelocidad de Turbina Francis Lenta

PARÁMETROS REFERENCIALES DE REGULACIÓN DE LA TURBINA			
Tipo de regulación de la turbina	Accionamiento oleohidráulico de álabes directores del distribuidor		
Sensores de velocidad	Encoders de mínimo 1200 pulsos por revolución		
Actuadores	Oleohidráulicos		
Capacidad o torque de revolución	Tr	kg-m	1000
CRITERIOS DE ESTABILIDAD Y SOBREVELOCIDAD			
Momento de inercia del rotor	$I=77500*(Pot/(400*N^{1,5}))^{1,25}$	$I=Ton-m^2$; Pot=Kwatt; N=RPM	0.039
Longitud de la tubería de presión	Lt	M	771.500
Diámetro nominal de la tubería de presión	Dt	M	0.400
Tiempo de arranque de la unidad	$tm=l*N^2/(91,28*Pot)$	$tm=seg$; $l=ton-m^2$; Pot=Kwatt; N=RPM	4.042
Constante de inercia de la Tubería	$tw=Lt*Q/(7,7*H*Dt^2)$	$tw=seg$; $Q=m^3/seg$; H=m; Dt=m	2.298
Relación de tiempos Normas NEMA	tm/tw		1.759
Constante tiempo de acuerdo a U.S. Bureau Reclamation	tw^2		5.282
Condición de estabilidad U.S. Bureau Reclamation	$Tm \geq tw^2$	CUMPLE SATISFACTORIAMENTE	
Velocidad de empalamiento máxima	$VE=2*N$		2400
PARÁMETROS DE REFERENCIA DE LA VÁLVULA DE COMPUERTA			
Tipo de válvula	Válvula de compuerta manual con indicador de posición		
Diámetro de la válvula	Dv	M	0.200
Material de sujeciones y asiento de válvula	Acero inoxidable		
CAPACIDAD DE PUENTE GRUA DE LA CASA DE MÁQUINAS			
Peso de unidad de generación aproximado	$PESO=65*((Pot/900)/N^{0,5})^{0,74}$	PESO=ton; Pot=Kwatt; N=RPM	1.26
Capacidad del puente grua	CAP	Ton	15

Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

Tabla 6.6: Criterios de estabilidad y sobre velocidad de Turbina Pelton un solo inyector

PARÁMETROS REFERENCIALES DE REGULACIÓN DE LA TURBINA			
Tipo de regulación de la turbina	Accionamiento oleohidráulico de águja del inyector		
Sensores de velocidad	Encoders de mínimo 720 pulsos por revolución		
Actuadores	Oleohidráulicos		
Carrera aproximada de los actuadores	De 100 a 150 mm		
Capacidad o torque de revolución	Tr	kg-m	1000
CRITERIOS DE ESTABILIDAD Y SOBREVOLUCIDAD			
Momento de inercia del rotor	$I=77500*(Pot/(400*N^{1,5}))^{1,25}$	I=Ton-m ² ; Pot=Kwatt; N=RPM	1.157
Longitud de la tubería de presión	Lt	m	643.45
Diámetro nominal de la tubería de presión	Dt	m	0.400
Tiempo de arranque de la unidad	$tm=l*N^2/(91,28*Pot)$	tm=seg; l=ton-m ² ; Pot=Kwatt; N=RPM	6.171
Constante de inercia de la Tubería	$tw=Lt*Q/(7,7*H*Dt^2)$	tw=seg; Q=m ³ /seg; H=m; Dt=m	0.907
Relación de tiempos Normas NEMA	tm/tw		6.805
Constante tiempo de acuerdo a U.S. Bureau Reclamation	tw ²		0.822
Condición de estabilidad Normas NEMA	tm/tw ³⁵	si cumple satisfactoriamente	
Condición de estabilidad U.S. Bureau Reclamation	tm ³ tw ²	si cumple satisfactoriamente	
Velocidad de embalamiento máxima	VE=2*N		1440
PARÁMETROS DE REFERENCIA DE LA VÁLVULA DE COMPUERTA			
Típo de válvula	Válvula de compuerta manual con indicador de posición		
Diámetro de la válvula	Dv	m	0.200
Material de sujeciones y asiento de válvula	Acero inoxidable		
PARÁMETROS REFERENCIALES DE PUENTE GRUA DE LA CASA DE MÁQUINAS			
Peso de unidad de generación aproximado	$PESO=65*((Pot/900)/N^{0,5})^{0,74}$	PESO=ton; Pot=Kwatt; N=RPM	6.45
Capacidad del puente grua	CAP	ton	10

Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

6.4.1.9 Vías de acceso

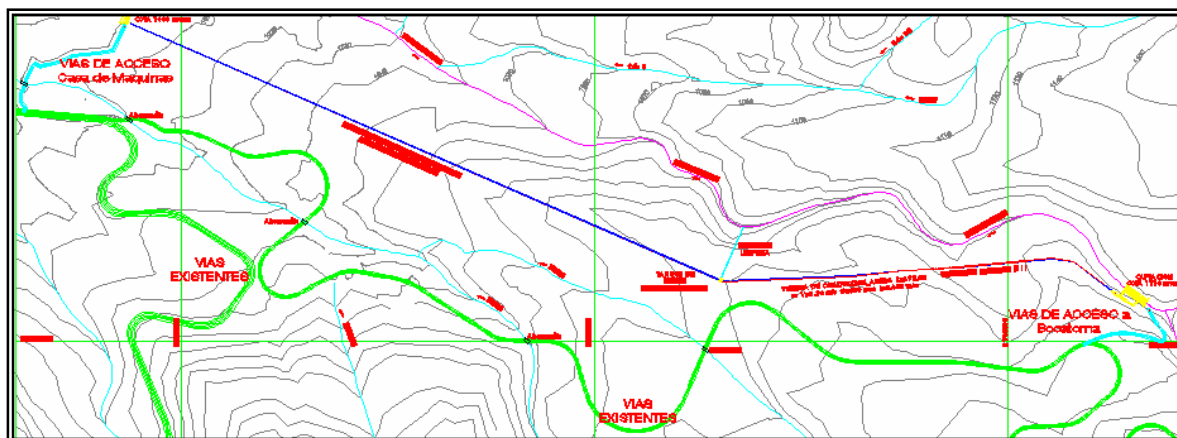
Proyecto Wawayme

Las obras que conforman la central hidroeléctrica Wawayme se ubican en la zona cercana a la vía denominada Camino Piloto que es de acceso a la mina del proyecto Mirador, razón por la cual es necesario considerar la construcción de los tramos

adicionales para llegar a las obras específicas. A nivel preliminar se plantea que las vías de acceso requeridas para llegar a la captación, desarenador, tanque de carga y casa de máquinas consideren vías para realizar la operación y mantenimiento propio para ésta. Con estas consideraciones en el proyecto se requerirá una longitud total de 0.4 Km de camino desde la vía principal mantenimiento de 3 m de ancho, que corresponde a la colocación de material granular compactado. La conducción que va desde la salida de la obra de toma hasta el tanque de carga y que incluye el desarenador no necesita de vía, simplemente de un camino vecinal, para las actividades de mantenimiento y operación.

Las vías nuevas requeridas para la fase de construcción y de operación serán lastradas con cunetas y obras de arte que garanticen su seguridad especialmente durante las épocas húmedas de la zona, que son bastante fuertes. En la Gráfico 6.26. se presenta el trazado de vías adicionales para el proyecto hidroeléctrico en el Río Wawayme.

Gráfico 6.26: Implantación de vías adicionales requeridas para las fases de construcción y operación del Proyecto Wawayme



Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

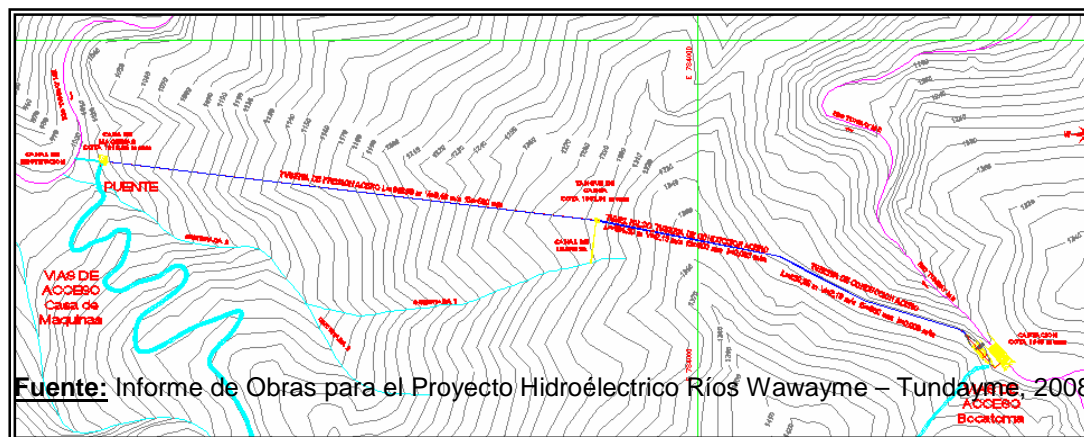
Proyecto Tundayme

Las obras que conforman la central hidroeléctrica Tundayme se ubican en la zona cercana a la vía denominada Vía al Cóndor que es de acceso al Destacamento Militar El Cóndor Mirador, razón por la cual es necesario considerar la construcción de los tramos adicionales para llegar a las obras específicas. A nivel preliminar se plantea que las vías de acceso requeridas para llegar a la captación, desarenador, tanque de carga y casa de máquinas consideren vías para realizar la operación y mantenimiento propio para ésta. Se considera que deberá tener una longitud de 2.7 Km.

La conducción que va desde la salida de la obra de toma hasta la entrada al túnel falso no requiere de vía, simplemente un camino vecinal para las actividades de operación y mantenimiento, la conducción que se encuentra dentro de un túnel de sección 2.00 x 2.20m. Este túnel tiene el ancho necesario no sólo para implantar las infraestructuras sino además para el mantenimiento a lo largo de toda la conducción.

Las vías nuevas requeridas para la fase de construcción y de operación serán lastradas con cunetas y obras de arte que garanticen su seguridad especialmente durante las épocas húmedas de la zona, que son bastante fuertes. En la Gráfico 6.27 se presenta el trazado de vías adicionales para el proyecto hidroeléctrico en el Río Tundayme.

Gráfico 6.27.: Implantación de vías adicionales requeridas para las fases de construcción y operación del Proyecto Tundayme



6.4.2 VOLUMENES DE OBRA

A base del dimensionamiento realizado para cada uno de los componentes que conforman la central hidroeléctrica Wawayme y Tundayme, se presentan a continuación las siguientes tablas de resumen de volúmenes de obra, que permitirán obtener los presupuestos a nivel de prefactibilidad.

Tabla 6.7.: Velocidad de obra central Wawayme y Tundayme

			WAWAYME	TUNDAYME
	RUBRO	U.	CANT.	CANT.
	PRELIMINARES			
01	Expropiaciones	Ha	10.00	10.00
02	Campamentos provisionales de operación	glb	1	1
	VIAS DE ACCESO			
03	Adecuación de vías existentes	Km	2.8	10
04	Construcción de nuevas vías	Km	0.4	2.7
	OBRA DE TOMA			
05	Desvio del rio	glb	1.00	1.00
06	Limpieza y desbroce de terreno	m ²	271.00	572.59
07	Replanteo	m ²	271.00	572.59
08	Excavacion de suelo y nivelacion de terreno	m ³	279.50	248.93
09	Hormigón ciclopeo en cota de fondo f'c=180 kg/cm ²	m ³	97.70	139.44

			WAWAYME	TUNDAYME
	RUBRO	U.	CANT.	CANT.
	PRELIMINARES			
10	Replantillo de HS 140 kg/cm ²	m3	45.96	74.34
11	Hormigón en azud, cuenco disipador y diente f'c=210 kg/cm ²	m3	69.80	170.94
12	Hormigón en galería de captación f'c=210 kg/cm ²	m3	9.84	18.52
13	Muro de ala a gravedad con H. Ciclopeo	m3	68.04	25.96
14	Acero de refuerzo en azud, cuenco disipador y diente	kg	8376.00	20512.80
15	Acero de refuerzo en galería de captación	kg	1180.80	2222.40
16	Rejilla en galería de captación	m ²	2.00	6.00
17	Compuerta de salida de galería	m ²	1.04	1.04
18	Compuerta de limpieza	m ²	0.93	0.93
19	Enrocado de protección	m3	20.06	69.70
20	Limpieza de escombros	m ²	271.00	572.59
	DESARENADOR			
21	Limpieza y desbroce de terreno	m ²	75.00	300.00
22	Replanteo	m ²	75.00	300.00
23	Excavación de suelo y nivelación de terreno	m3	191.30	3309.00
24	Hormigón en canal de salida de toma al desarenador f'c=210 kg/cm ²	m3	7.50	7.70
25	Replantillo de HS 140 kg/cm ²	m3	10.00	28.50
26	Hormigón en desarenador f'c=210 kg/cm ²	m3	64.00	150.00
27	Acero de refuerzo para canal de salida de toma al desarenador	kg	900.00	924.00
28	Acero de refuerzo en desarenador	kg	7680.00	18000.00
29	Compuerta de entrada	glb	2.10	4.05
30	Compuerta de limpieza	glb	0.40	0.60
31	Limpieza de escombros	m ²	75.00	300.00
	CONDUCCION			
32	Limpieza de terreno	m ²	1187.50	1037.50
33	Replanteo	m ²	950.00	1037.50
34	Excavación de suelo y nivelación de terreno	m3	1461.57	4583.14
35	Cunetas de coronación	m3	475	-
36	Hormigón acueducto f'c= 210 kg/cm ²	m3	10	-
37	Acero de refuerzo para hormigón de acueductos	kg	1200	-
38	Cable de acero de 2plg, acueducto (tensores superior)	m	400	-
39	Cable de acero de 3/4plg, acueducto (para apoyos)	m	60	-
40	Apoyos para tubería de conducción en acueducto	u	32	-
41	Tubería de 650 mm de acero	m	475	-
42	Túnel en roca	m3	-	1034.08
43	tubería de acero 800 mm	m	-	415

	RUBRO	U.	WAWAYME CANT.	TUNDAYME CANT.
	PRELIMINARES			
	TANQUE DE PRESION			
44	Limpieza de terreno	m ²	10.00	79.84
45	Replanteo	m ²	10.00	79.84
46	Excavacion de suelo y nivelacion de terreno	m ³	25.00	20.22
47	Replantillo de HS 140 kg/cm ²	m ³	1.80	8.05
48	Hormigón de tanque de presion y vertedero f'c=210 kg/cm ²	m ³	2.40	19.80
49	Hormigón de canal de exesos f'c=210 kg/cm ²	m ³	34.60	67.23
50	Acero de refuerzo para tanque de presion y vertedero	kg	288.00	2376.00
51	Acero de refuerzo en canal de exesos	kg	4152.00	8067.60
52	Rejilla en caleria de captacion	m ²	5.12	7.62
53	Compuerta de limpieza	m ²	1.25	1.25
54	Limpieza de escombros	m ²	10.00	10.00
	TUBERIA DE PRESION			
55	Limpieza de terreno	m ²	623.60	498.40
56	Replanteo	m ²	623.60	498.40
57	Apoyos	u	12	8
58	Abloques de anclajes	u	7	5
59	Tubería de acero con accesorios □ =500mm	m	788	623
60	Restitución de cobertura vegetal	m ²	623.6	498.4
	CUARTO DE MAQUINAS			
61	Limpieza de terreno y desbrose de terreno	m ²	145.00	145.00
62	Replanteo	m ²	145.00	145.00
63	Casa de Máquinas (galpón)	m ²	111.36	111.36
64	Casa de guardianía	glb	1	1
65	Obras complementarias (jardinería e iluminación)	glb	1	1
66	Limpieza final de la obra	m ²	145	145
	EQUIPO ELECTROMECHANICO: 2 Grupos Turbina - Gobernador - Generador			
67	Grupo Turbina Gobernador-Generador	u	2	2
68	Otros componentes mecánicos	u	1	1
69	Puente Grúa (alquiler)	u	1	1
70	Subestación	u	1	1
71	Línea (en Km)	Km	3.22	5.2
72	Torre metalica de transmision electrica	u	2	7
73	Sistema de Control, Medida y Protección	u	1	1
74	Instalación y Montaje	glb	1	1
75	Transporte	viajes	6	6
76	Imprevistos	glb	1	1

			WAWAYME	TUNDAYME
	RUBRO	U.	CANT.	CANT.
	PRELIMINARES			
	OBRAS DE RESTITUCION DE CAUDALES Y CANALES DE LIMPIEZA			
77	Desbroce	m ²	465.36	116.74
78	Excavación a máquina y desalojo	m ³	394.07	29.97
79	Hormigón (incluye encofrado)	m ³	152.63	78.57
80	Acero de Refuerzo	Kg	18315.6	9428.4
81	Enrocado de protección	m ³	10.56	15.84
82	Limpieza final de la obra	m ²	465.36	116.74

Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

6.4.3 ANALISIS FINANCIERO

Análisis de costos

El proyecto hidroeléctrico Wawayme y Tundayme tienen una capacidad instalada de 2465 kW y se estima un costo de inversión de US \$ 2 692 011, distribuidos en la siguiente tabla resumen:

Tabla 6.8.: Costos director de inversión inicial

No.	Rubro	Costo (US \$)	%		Observaciones
1	Obras preliminares	30,000	1.11%	1.11%	compra de terrenos y campamentos provisionales Construcción y adecuación
2	Vías de acceso				
	Proyecto Wawayme	192,000	7.13%	38.74%	
	Proyecto Tundayme	851,000	31.61%		
3	Obras de captación:				
	Proyecto Wawayme	60,220	2.24%	6.19%	
	Proyecto Tundayme	106,361	3.95%		
4	Desarenador:				
	Proyecto Wawayme	27,916	1.04%	3.50%	
	Proyecto Tundayme	66,211	2.46%		
5	Tunel de conducción:				
	Proyecto Wawayme	48,629	1.81%	3.88%	
	Proyecto Tundayme	55,772	2.07%		
6	Tanque de carga				
	Proyecto Wawayme	14,347	0.53%	1.78%	
	Proyecto Tundayme	33,538	1.25%		

No.	Rubro	Costo (US \$)	%		Observaciones
7	Tubería de presión				
	Proyecto Wawayme	162,990	6.05%	12.91%	
	Proyecto Tundayme	184,546	6.86%		
8	Casa de máquinas y línea				
	Proyecto Wawayme	30,201	1.12%	2.24%	
	Proyecto Tundayme	30,201	1.12%		
9	Equipos Electromecánicos				Incl. turbinas, subestación, línea de transmisión y montaje
	Proyecto Wawayme	247,630	9.20%	23.00%	
	Proyecto Tundayme	371,442	13.80%		
10	Obras de restitución de caudales				canal de restitución y canales de limpieza
	Proyecto Wawayme	59,383	2.21%	3.31%	
	Proyecto Tundayme	29,624	1.10%		
11	Medidas de mitigación ambiental	90,000	3.34%	3.34%	Incluye PMA, monitoreos, educación y participación comunitaria
TOTAL		2,692,011	100%		

Fuente: Informe de Obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ríos Wawayme – Tundayme, 2008.

El componente mas representativo del costo de inversión es la adecuación de vías existentes y la construcción de nuevas, lo que representa un 40% del total, seguido de los equipos electromecánicos y la tubería de presión.

Los costos por kW instalado son los siguientes:

PROYECTOS	COSTO POR kW INSTALADO, US \$
Wawayme	3011
Tundayme	1118

En el caso en que el proyecto no asuma el costo de mantenimiento de las vías, se obtendría una reducción de un 24% en el costo de inversión inicial del proyecto.

Los Costos Anuales de Operación y Mantenimiento, se estiman en US \$ 10 000 e incluye el mantenimiento de las obras civiles, túnel y canal.

En cuanto a los costos anuales ambientales, se prorrateó un valor estimado de US \$ 38.200 para cada año durante el período de vida útil del proyecto y un valor de estimado de US \$ 15.000 para la realización de auditorias ambientales, que permitan evaluar el cumplimiento de la aplicación de las medidas de mitigación.

Además de los costos anuales, se incluyen costos recurrentes cada cinco años, equivalentes al 22% del costo de la tubería de presión y de los equipos electromecánicos, con la finalidad de cubrir los requerimientos de reparación y mantenimiento preventivo como resultado del desgaste y daños a dichos componentes con lo que se asegura el eficiente funcionamiento del sistema, reduciéndose los riesgos de interrupciones en la producción de energía.

El costo por kWh generado es de US\$ ctvs 7.0 – durante los tres primeros años para recuperar la inversión en el menor tiempo posible- y se reduce a US\$ ctvs 5.0 – para los siguientes años hasta la vida útil del proyecto.

INDICADORES FINANCIEROS y ECONÓMICOS

En la normativa vigente referente al reconocimiento del CONELEC para generadoras hidroeléctricas con capacidad instalada de hasta 5 MW, es de US\$ ctvs 5.8.

El proyecto Wawayme – Tundayme con el precio de 7 centavos de dólar durante los 3 primeros años y luego de 5 centavos, se tiene un VAN de cerca de US\$ 7.7 millones durante toda la vida útil del proyecto y una TIR del 28% para el caso en que ambos proyectos sean construidos.

El VAN (valor neto actual) es la sumatoria de todos los flujos en la vida útil del proyecto traídos a valor presente. En este caso para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Utilidades en el año}}{(1 + \text{tasa de intereses proyectos inversión})^{\text{año de producción}}}$$

Donde:

La tasa de interés para proyectos de inversión es de 6% para proyectos de desarrollo con fines sociales.

En el caso de que el proyecto sea para un fin privado la tasa es del 12%, estas tasas de interés representan el costo de oportunidad y se encuentran referenciados según la CAF.

El tiempo para el cálculo del VAN es una variable importante ya que afecta al valor del dinero. No se puede compara dos flujos de recursos si estos se encuentran en diferentes periodos, es necesario introducir el concepto de valor actual que permite descontar los flujos generados a una tasa que reconozca el costo de oportunidad del dinero, de tal forma que se genere una equivalencia de los flujos futuros a valor presente que luego puede compararse con el monto de inversión inicial.

- a) Si VAN > 0 el proyecto es viable
- b) Si VAN < 0 el proyecto es rechazado.

El primero indica que los flujos descontados son superiores al monto de la inversión realizada, mientras que en el segundo los flujos de recursos a valor actual son inferiores al monto de la inversión a realizar.

Cuando el VAN es igual a cero el proyecto podría ser aceptado pero es necesario un análisis más profundo de la sensibilidad del proyecto, considerando que las expectativas del riesgo – rentabilidad están en el límite previsto.

El TIR (tasa interna de retorno) representa el retorno porcentual con respecto a la inversión que el proyecto arroja sobre la base conceptual de valor actual de los flujos de operaciones, en definitiva porcentualmente cuanto el proyecto entrega a sus accionista con respecto a la inversión realizada.

- a) Si $TIR < 16\%$ el proyecto es rechazado
- b) Si TIR esta entre 16% y 28% es aceptado
- c) Si $TIR > 28\%$ el proyecto puede tener desconfianza en la metodología utilizada para su cálculo.

El Proyecto Wawayme – Tundayme tiene un TIR de 28% por lo que representa un proyecto viable.

Para efectuar el análisis económico, se tomó como base la producción promedio para el consumo de un galón de combustible en una generadora térmica para calcular el volumen de diesel que se estaría ahorrando por la generación hidráulica en el proyecto Wawayme – Tundayme. El ahorro en diesel para ambos proyectos sería de alrededor de 2 591 208 USD promedio anuales. Esto resulta en un costo evitado total de US\$ 64 780 200 millones para todo el período del proyecto.

En la evaluación económica es válido añadir la cuantificación de beneficios por la reducción de emisiones de CO₂, que se estiman en cerca de 10 150 toneladas anuales promedio³⁰, que en el caso de optar por la obtención de certificados de reducción de emisiones de carbono se debe realizar un análisis con el costo de certificado

³⁰ El valor tomado resulta del producto de la generación MWh y el coeficiente para la reducción de emisiones de GEI (CORDELIM).

dependiendo de la fase del proyecto. Al ser beneficios adicionales del proyecto, no sería determinante que el precio de la tonelada de CO₂ se reduzca con el tiempo, que de todas maneras va a ser una contribución positiva.

Otro factor a considerar para el análisis de la conveniencia de un proyecto pequeño, como es el caso de ambas centrales en las cuencas de los ríos Wawayme y Tundayme, es la contribución del mismo con la descentralización del sistema de generación, por mas pequeña que sea, a fin de reducir el riesgo de desabastecimiento al depender solamente de las centrales grandes.

Los resultados del análisis financiero se consideran aceptables y los del análisis económico confirman la conveniencia de la ejecución de este proyecto.

6.5 EVALUACIÓN DE IMPACTOS

6.5.1 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

6.5.1.1 Enfoque General

El área del Proyecto se encuentra en el bosque Pre-Montano (BhP) que en la amazonía se encuentra sobre los 600 msnm pudiendo llegar hasta los 1300 msnm. Los bosques constituyen el hábitat de muchas especies de la flora y la fauna silvestre además proporcionan lugares de recreación y sustento para las poblaciones humanas.

El clima de la zona se encuentra influenciado por varios factores como son: latitud, altitud, características del suelo, topografía, etc. El clima que se presenta es húmedo ecuatorial, no hay variaciones notables en la temperatura y humedad, estas son altas y constantes a lo largo del año

En general la zona conserva áreas con vegetación nativa sin alteración, donde el hombre no ha podido ingresar ya que las condiciones naturales lo impiden. Alrededor de la zona de estudio se presentan cooperativas de colonos, lo que ha incrementado el

deterioro del ambiente, al considerar que el principal medio de sobrevivencia de los colonos es la cacería de la fauna silvestre para complementar sus requerimientos alimenticios, tala selectiva de maderas finas para construcción y comercio, y el establecimiento de fincas con lugares especiales destinados para las actividades agrícolas y ganaderas.³¹

La mayor parte de las comunidades que viven en el sector corresponde a colonos y en menor grado población nativa shuar.

Las localidades estudiadas se encuentran en las estribaciones occidentales de la Cordillera del Cóndor. Abarca las subcuencas de los ríos Wawayme y Tundayme, pertenece al cantón El Pangui provincia de Zamora Chinchipe.

6.5.1.2 Área de influencia e investigación

El sitio de construcción de las microcentral se encuentra ubicado al noreste de la provincia de Zamora Chinchipe y sureste de la provincia de Morona Santiago donde ambas limitan entre sí y con el Perú, hacia el este. Donde las relaciones ecológicas actuales son frágiles y conflictivas, en el uso del suelo y el uso del agua. El bajo grado de sustentación que presentan los sistemas socioculturales, donde se incluyen las actividades ganaderas, y los sistemas naturales, que coexisten al interior de la zona de estudio, se puede interpretar como el factor clave de fragilidad y conflictividad.

Para el componente físico se afectan los suelos donde habrá movimiento de tierras; para el componente biótico se afecta la vegetación y la fauna donde habrá desbroce y movimiento de tierras; para el componente social se afectan, terrenos, en donde habrá desbroce y movimiento de tierras; para el componente arqueológico se afectaría material cultural que posiblemente exista en el área de influencia directa por el movimiento de tierras.

³¹ TERRAAMBIENTE. Capítulo 5: Línea Base. En: *Estudio de Factibilidad del Proyecto Minero Mirador*

6.5.1.3 Descripción del Medio Físico

a) Recursos Hídricos

El agua es uno de los elementos mas dinámicos del entorno del proyecto, y por lo tanto sus áreas de influencia son de suma importancia para la gestión ambiental del proyecto.

Los recursos hídricos influenciados directamente por el proyecto son los cursos de agua aprovechados para el desarrollo hidroeléctrico desde la obra de toma hasta el canal de restitución, en donde las características de los recursos hídricos se hayan recuperado totalmente.

- Aguas Superficiales

Las aguas superficiales directamente influenciadas por el proyecto son las del Río Tundayme y las de Río Wawayme. El río Tundayme tiene una longitud de 12 km a lo largo de toda la cuenca desde su nacimiento hasta la desembocadura y recorre el proyecto de sudeste a noroeste hasta llegar al río Quimi.

El río Tundayme tiene una sección aproximada de 12 m de ancho con una profundidad promedio de 0,65 m. Las características de la vegetación de ribera son clásicas para ríos en inicios de montaña con arbustos pequeños y plantas acuáticas escasas, además se evidencian bancos de sedimentos en los cambios de dirección que demuestran el nivel de crecida.

El Río Wawayme tiene una gran aportación por parte de pequeños afluentes que contribuyen al área de inundación, recorren el área del proyecto de noreste hacia el oeste.

b) Recursos Atmosféricos

El área de influencia del proyecto en su fase de construcción tiene muy pocas fuentes que emitan gases. Entre las principales se tienen los equipos que tienen que operan durante esta etapa del proyecto.

En la región amazónica existen condiciones de estabilidad atmosférica la cual permite una rápida dispersión de los contaminantes y en consecuencia una buena calidad del aire

c) Recursos de Tierra

- Geología y Geomorfología

El proyecto hidroeléctrico se encuentra implantado en terrenos que forman la estrecha faja de la cordillera del Cóndor. Esta zona, referida como “Graben Upano - Gualaquiza”, se creó en el periodo Micénico por el corrimiento de los Andes sobre los terrenos de la Cuenca Amazónica. Su estructura es compleja y contiene escamas compuestas de las unidades Misahualli, Hollín y Napo.

Estas capas geológicas se encuentran algo deformadas, plegadas, falladas y fracturadas, y constituyen estructuralmente un modelo clásico de deformación de distensión en el frente a una zona compresiva mayor.

En lugares fuera de la zona de influencia de las implantaciones de cada alternativa de los proyectos hidroeléctricos, no se ha identificado la existencia de deslizamientos, por tanto las obras no se verán afectadas y tampoco afectarán en mayor magnitud el entorno.

- Suelos

El tipo de suelo, corresponde a los suelos tipo D (Inceptisol), por su alto potencial de escurrimiento, alto contenido de arcillas en su mayoría. Y suelos Entisol en un porcentaje. Para el área de estudio se han ubicado dos áreas protegidas, la Reserva Biológica El Quimi que se encuentra en la parte alta de la Cuenca del Río Quimi, a una distancia aproximada de 1 km de la cuenca del Río Wawayme y la segunda área que corresponde al Bosque Binacional Cordillera del Cóndor que se encuentra ubicado en la parte alta de la cuenca del Río Wawayme y Tundayme.

Mayoritariamente, el área de drenaje se encuentra cubierta por bosque natural, en menor proporción están los bosques intervenidos y los cultivos de ciclo corto.

6.5.1.4 Descripción del Medio Biótico

La región amazónica es muy compleja ecológicamente, a pesar de que ha sido fuente de estudio de muchos investigadores, los conocimientos sobre el medio biótico son aún escasos para tener una idea exacta de sus elementos, valores y funciones.

Uno de los valores que los científicos han resaltado es el alto grado de endemismo de las especies silvestres. Esta zona ha sido intensamente impactada por los colonos, que han cortado los bosques, cazado la fauna nativa y contaminado biológicamente los cursos de agua.

a) Vegetación

En la región se encuentra una gran biodiversidad de flora, los bosques tropicales suministran muchos elementos que las diferentes etnias y habitantes aprovechan para su desarrollo.

La región alberga recursos florísticos sobresalientes, siendo por tanto la distribución de especies bastante heterogénea.

En la región existen tres formaciones dominantes de vegetación: Bosque siempre verde de tierras bajas, Bosque Siempre verde piemontano y Matorral Montano Bajo, otras formaciones registradas son los pastizales, bosques secundarios, asociaciones de guarumos y los cultivos.

Los bosques piemontanos y la zona de matorral húmedo montano bajo se encuentran en un rango altitudinal entre los 1000-1700 msnm, la humedad relativa es alta y frecuentemente se cubren de neblina. Este factor ambiental es de gran importancia, ya que en estas áreas se forman corrientes de agua menores que alimentan los ríos que nacen en estas cuencas como los ríos Wawayme, Tundayme y Quimi.

b) Fauna Terrestre

Al igual que la flora, en la fauna terrestre también existe una amplia diversidad, dentro de la región amazónica, debido a que existen variadas condiciones climáticas, geológicas y altitudinales.

No se han realizados estudios extensos para determinar exactamente las especies que existen, de los estudios elaborados se han logrado identificar 45 especies de mamíferos, 154 especies de aves, 31 especies de anfibios, 12 especies de reptiles y 38 especies de mariposas diurnas,

c) Recursos Acuáticos

Las especies registradas en los recursos acuáticos de la región, representa el 4,7 % del total de las especies reconocidas en el entorno fluvial ecuatoriano,

El 92% de las especies registradas son residentes, habitan en cuerpos de agua que riegan el bosque nublado, no se presentan especies en los pequeños afluentes si no en los cursos de agua que estos confluyen.

No existen especies de importancia comercial ya que la mayor parte de las especies son pequeñas. Sin embargo, especies pequeñas son usadas como alimento de la población local. Actividades antrópicas como la deforestación y la expansión agrícola han afectado al ecosistema acuático de manera no muy significativa. Los asentamientos humanos son los que generan mayor estrés en los tramos inmediatamente adyacentes a los cuerpos de agua debido a la incorporación de basura y aguas servidas. Estos impactos son mitigable y reversible si se implementan procesos como la reforestación y el cuidado de las condiciones bióticas del río.

6.5.1.5 Descripción del Medio Humano

a) Aspectos Socio-Demográficos

Se presenta un análisis respecto a la población que se encuentra emplazada en las áreas de influencia directa del proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico del Río Wawayme y Tundayme . Se hace referencia y se analizan algunos indicadores sociales de las parroquias en las cuales se hallan las comunidades ubicadas en la zona de influencia directa del proyecto. Una vez analizados los indicadores sociales, se expone la situación socioeconómica y cultural

La zona de influencia del proyecto esta ubicada al noreste de la provincia de Zamora Chinchipe y sureste de la provincia de Morona Santiago donde ambas limitan entre sí y con el Perú, hacia el este.

La zona de estudio abarca las comunidades de Tundayme, San Marcos y Las Maravillas, que son parte de la parroquia Tundayme, cantón El Pangui y Valle del Quimi que pertenece a la parroquia Bomboiza del cantón Gualaquiza.

El área se encuentra a una altitud que va desde los 800 hasta los 1500 msnm. Es una zona selvática de un clima generalmente cálido y húmedo. La temperatura promedio es de 25oC.

Esta zona cuenta con mucha agua ya que tiene sus tierras en gran parte influenciadas por los ríos Quimi, Chuchumbleta y Zamora, entre otros, y un sinnúmero de arroyos, ojos de agua y vertientes, entre los cuales están el Río Tundayme y el Río Wawayme de los cuales se hace el aprovechamiento hidroeléctrico.

Las principales actividades en las que se desenvuelve la comunidad son agricultura, ganadería y avicultura. La producción de cultivos de autoconsumo son principalmente la yuca y el plátano.

- Población

La población que se encuentra en la zona de estudio, en términos étnicos es en un 85 % de tipo mestiza y en un 15 % son shuaras, el hábitat que ocupa es esencialmente rural, en el aspecto socioeconómico en su gran mayoría se trata de campesinos que se ubican bajo la línea de pobreza (Quintiles 1 y 2).

- Características demográficas

A continuación se presentan indicadores de la situación social de las parroquias influenciadas por el proyecto. En la Tabla 6.9 se observan algunos datos por cada una de las parroquias involucradas.

Tabla 6.9: Indicadores Sociales de las Parroquias Tundayme, El Guisme y Bomboiza

Sector / Indicador	Medida	Tundayme	El Guisme	Bomboiza
EDUCACIÓN				
Analfabetismo	% (15 años y más)	13,1	13,8	8,8
Analfabetismo funcional	% (15 años y más)	24,4	35,6	26,7
Escolaridad	Años de estudio	4,8	4,3	5,3
Escolaridad – hombres	Años de estudio	5,5	4,8	5,9
Escolaridad – mujeres	Años de estudio	3,9	3,9	4,8
Primaria completa	% (12 años y más)	46,2	34,7	55
Secundaria completa	% (18 años y más)	1,5	2,7	7,8
Instrucción superior	% (24 años y más)	2	3	6,4
SERVICIOS DE EDUCACIÓN				
Planteles públicos preprimaria	Número	0	0	0
Planteles públicos primaria	Número	5	9	34
Planteles públicos secundaria	Número	0	0	2
SERVICIOS SALUD				
Centros de salud	Número	0	0	0
Dispensarios médicos	Número	1	0	1
Subcentros de salud	Número	0	0	1
Médicos/as - establecimientos públicos	Número	1	0	2
VIVIENDA				
Servicio de recolección de basura	% (viviendas)	0	0	0
Déficit de servicios residenciales básicos	% (viviendas)	100	98,9	98,4
Sistemas de eliminación de excretas	% (viviendas)	29,2	18,7	23,1
DESIGUALDAD Y POBREZA				
Pobreza por NBI	% (población total)	90,9	98,8	98
Incidencia de la pobreza de consumo	% (población total)	84,9	83,1	80,6
TRANSFERENCIAS MONETARIAS				
Bono de solidaridad: beneficiarios/as	Número	0	0	0
POBLACIÓN				
Estimación población indígena	% (población rural)	14,9	19,1	65,6
Población (habitantes)	Número	440	1455	3714

Fuente: Datos tomados del Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador -SIISE, 1997-2003.

- Educación

La inexistencia de servicios educativos para la población hace que haya una grave deficiencia en el desarrollo educativo de dichas poblaciones, alcanzando una tasa de analfabetismo de 3 a 5 puntos por encima de la media nacional.

- Salud

Las condiciones de salud de las poblaciones de estas parroquias son precarias, no solo por carecer de servicios médicos sino principalmente debido a las condiciones de insalubridad en que viven y a los niveles de desnutrición que padecen.

- Vivienda

Se observan altos índices de carencia de servicios residenciales básicos, la recolección de desechos sólidos es totalmente inexistente, hay carencia de agua potable y alcantarillado, afectando enormemente la calidad de vida de los habitantes.

- Desigualdad y Pobreza

La situación socioeconómica de la población es sumamente precaria, existiendo un alto nivel de pobreza. A esto se debe añadir el importante grado de marginalidad en la que viven los indígenas; los cuales tienen importantes porcentajes de presencia en estas poblaciones, 15% en el caso de Tundayme, 20% en El Guisme y 66% en Bomboiza.

b) Servicios e Infraestructura

- Sistema Vial y de tráfico

El área en la que se encuentra el Proyecto ha carecido de una infraestructura vial que permita su adecuada comunicación con el resto de país.

A partir de este punto la comunicación o el transporte dependen de la gabarra del Ministerio de Obras Públicas – MOP, que cruza a través del río Zamora a los vehículos que entran o salen del sector, en horario de 6h00 a 17h00. El servicio suele interrumpirse por daños en la gabarra.

Cruzando el río existe una red de caminos vecinales de tierra y por épocas lastrados. Desde el Quimi hacia Tundayme desviándose al este hay un camino hacia la comunidad de Machinaza, siguiendo por la izquierda el camino llega a Tundayme Bajo,

de allí hacia el este, hay camino hacia Cóndor Mirador que pasa por el barrio Las Maravillas y más adelante llega hasta la comunidad de Namacuntza.

Siguiendo el camino por la izquierda, por la margen derecha del río Quimi, se llega hacia Tundayme y San Marcos, y de allí el camino va hacia el Valle del Quimi.

- Servicios de Saneamiento Básico

El agua que consume la comunidad es directamente tomada de ríos, arroyos, ojos de agua ya que toda esta área carece del servicio de agua potable, en la zona tampoco existe sistema de alcantarillado.

- Electricidad y comunicación

El servicio de energía eléctrica es el de mayor cobertura. La gran mayoría de las viviendas cuentan con servicio de electricidad, sin embargo existen varias viviendas que por estar más alejadas de las líneas de transmisión, aún no cuentan con este servicio. En términos generales en la zona no hay servicio telefónico ni señal de celular.

c) Aspectos económicos

- Uso del suelo

El uso del suelo se encuentra identificado en el Estudio Hidrológico para la disponibilidad de caudales para los Proyectos Hidroeléctricos Wawayme – Tundayme.

- Economía

Los niveles de ingresos son variables se puede decir que el 85% de la población percibe ingresos familiares menores a los 300 dólares

El mayor porcentaje está conformado por colonos venidos de otras provincias, en la actualidad el ingreso de colonos ha disminuido notablemente.

Dadas las condiciones económicas del país mucha de la gente del sector está migrando fuera de la zona y en algunos casos fuera del país.

d) Empleo y Productividad

Existe un alto índice de falta de empleo debido a la carencia de fuentes de trabajo y existe una baja productividad del trabajo agropecuario y avícola. Cerca de un 70% del total de la población posee tierras cuyas áreas productivas son mínimas por lo que su producción suele ser mayormente de autoconsumo.

6.5.2 ANALISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES

Para el análisis de los impactos ambientales, en la lista de chequeo se ha complementado con cuatro criterios que permiten la calificación o cuantificación en magnitud, importancia, duración y carácter en una escala de 1 a 3

Magnitud: Se refiere al área de influencia del efecto o impacto con el entorno del proyecto. La valoración cuantitativa de este parámetro es de 3 para una magnitud alta, cuando se altera superficies extensas, de 2 para una magnitud media, cuando se altera superficies del entorno inmediato y de 1 para una magnitud baja, cuando se trata de un impacto localizado o puntual.

Importancia: Se refiere a la trascendencia o grado de influencia que tiene el efecto o impacto de una acción sobre un factor ambiental. La valoración cuantitativa de este parámetro es de 3 cuando esta es alta, de 2 cuando es media y de 1 cuando esta influencia es baja.

Duración: Se refiere al tiempo que dura la afectación y puede ser temporal, permanente o periódica, además se consideran las implicaciones futuras o indirectas. La valoración cuantitativa de este parámetro es de 3 para una afectación permanente, de 2 para una afectación periódica y de 1 para una afectación temporal.

Carácter. Se refiere al tipo de afectación que la acción analizada provoca o provocará en el factor con el cual interacciona. El carácter puede ser de dos tipos: negativa, perjudicial o desventajosa o a su vez positiva, benéfica o ventajosa.

Tabla 6.10: Parámetros y escalas de valoración

PARÁMETRO	ESCALA DE VALORACIÓN	
	CUALITATIVA	CUANTITATIVA
Magnitud (Ma)	Alta	3
	Media	2
	Baja	1
Importancia (Im)	Alta	3
	Media	2
	Baja	1
Duración (D)	Permanente	3
	Periódica	2
	Temporal	1
Carácter (C)	Positivo	+1
	Negativo	-1

Para la evaluación se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Evaluación} = \text{Im} * \text{C} * (0.7 * \text{Ma} + 0.3 * \text{D})$$

En la ecuación, la suma de los parámetros de magnitud y duración corresponde al 100% de la valoración de la importancia y del carácter, y a su vez, se le asigna a la duración un peso del 30% considerando que el tiempo que dura la afectación es corto y en muchos casos momentáneos.

6.5.2.1 Principales impactos ambientales

Los impactos ambientales que se analizan son los que se producen durante la fase, construcción y operación de la micro central hidroeléctrica

- a) Impactos ambientales positivos

La construcción de la micro central generará impactos positivos, principalmente en la etapa de funcionamiento.

- Mejora la calidad de vida de la población de las comunidades incrementando un mejoramiento en el nivel de servicio de electricidad,
- Estímulo al desarrollo de la fuerza local de trabajo al crearse puestos temporales durante su construcción y en la etapa de operación-mantenimiento

b) Impactos ambientales negativos

Los impactos negativos en la fase de construcción son de tipo temporal, de fácil control y mitigación a través de la aplicación de medidas de prevención, corrección y mitigación, cuyas propuestas son técnicas y económicamente factibles y se encontrarán detalladas en el plan de manejo ambiental si es que el proyecto pasa de la fase de prefactibilidad. Los impactos ambientales negativos de la fase de funcionamiento podrían ser de duración periódica o permanente y para su mitigación deberán implementarse medidas de control respectivas.

▪ **Fase de Construcción**

La implantación de las obras podría generar problemas de conflicto entre la comunidad por tenencia de las tierras en las zonas a implantar el proyecto ya que éstas tierras son de propiedad privada y tiene una calificación negativa alta puesto que en principio no se conoce la aceptación por parte de las comunidades que serán directamente beneficiados.

Suelo: Durante la ejecución del proyecto el factor suelo resulta afectado en su calidad. Entre los impactos ambientales negativos identificados tenemos:

La disposición de material excedente de las excavaciones en sitios no adecuados, para lo cual se debe hacer un programa técnico de manejo de

escombreras, ubicando en lugares que no afecten a los recursos naturales cercanos a la zona de implantación, ni ocasionando problemas de desestabilización del suelo ni impactos visuales.

Las zonas de Explotación en sitios no adecuados y en forma no técnica, el mismo que puede ser atenuado, efectuando la localización de éstos, a través de la realización de estudios geológicos y geofísicos para que no produzcan desestabilización del suelo y una correcta explotación de los mismos.

Inestabilidad del suelo a causa de cortes y excavaciones para la realización del túnel.

Riesgo de contaminación por las actividades de mantenimiento del equipo de construcción

Agua: En la etapa de construcción se pueden producir efectos negativos en la calidad del agua por arrastre de sedimentos que se pueden presentar al desviar el río para la implantación de las obras.

Aire: La calidad del aire resulta afectada debido a la presencia de ruidos, vibraciones y polvo, estos impactos negativos tienen su origen en el uso de maquinaria y equipos durante la construcción, manipulación de materiales y desalojo de desechos.

Red vial: Se prevé la construcción de vías de accesos a la bocatoma y casa de máquinas de las microcentrales, que permitirá llevar a cabo el transporte de materiales de construcción y realizar el desalojo de materiales de desecho

Salud y seguridad laboral: Existen riesgos laborales por accidentes: caídas, cortes, lesiones, ya que la zona del proyecto tiene taludes con alta pendiente,

además hay riesgos por exposición a sustancias tóxicas y peligrosas (asbesto, pinturas, etc.)

- **Fase de operación y mantenimiento:**

En la fase de operación y mantenimiento se puede ver afectada la disponibilidad de recursos hídricos de los ríos aprovechados por un mal manejo ambiental de la cuenca hidrográfica.

También se puede producir un efecto negativo en la estabilidad del suelo de los taludes del embalse por falta de una adecuada cobertura vegetal.

Finalmente se podría presentar problemas de sedimentación si no se dispone de obras de protección y una adecuada operación y mantenimiento del mismo.

En la siguiente matriz de Leopold se presentan los resultados de los impactos identificados durante la fase de construcción y de operación y mantenimiento.

Poner tabla archivo: Matriz Leopold_W y T.xls impresa en A3.

Tabla 6.11. Matriz de Leopold para Evaluación de Impacto para los Proyectos Wawayme y Tundayme

6.5.3 MEDIDAS CORRECTIVAS DE LA EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

La mitigación de impactos debe estar contemplada en un Plan de Manejo Ambiental que es el conjunto de una serie de planes de manejo diseñados con el objeto de que las operaciones de ejecución de obra se desarrollen en forma armoniosa con el ambiente ante contingencias normales de operación.

En el Plan de Manejo Ambiental se propone en el diseño y ejecución de obras, actividades o medidas dirigidas a prevenir, atenuar, minimizar o disminuir los impactos negativos significativos que fueron identificados como resultado de la ejecución del proyecto que prevea tendrán repercusiones adversas en el entorno humano y natural de la zona, en el proceso de construcción.

El plan de manejo ambiental será considerado en su aplicación como un sistema abierto, es decir que podrá ser modificado o adaptado a nuevas situaciones o requerimientos que se den en el futuro, o si es sometido a ajustes establecidos o dispuestos por la autoridad respectiva.

El objetivo principal es definir las medidas de prevención y control ambiental para las actividades que se desarrollen en la construcción con la finalidad de dar cumplimiento a las disposiciones de carácter normativo ambiental.

Para lograr este objetivo se incluye:

- a) Plan de mitigación de impactos
- b) Plan de educación y capacitación
- c) Plan de Relaciones Comunitarias
- d) Plan de Seguimiento

Estos planes deben enfocarse en los componentes bióticos, abióticos y antrópicos. Todas las medidas de prevención y mitigación incluidas a continuación son el resultado de un proceso que deriva de la identificación y evaluación de impactos ambientales identificados en la matriz anterior.

Estos planes pretenden dar únicamente lineamientos para ser desarrollados, el Plan de Manejo Ambiental es desarrollado por un equipo multidisciplinario de profesionales en cada área, por tal razón no se desarrollará un Plan de Manejo Ambiental dentro de este estudio.

6.5.3.1 Plan de mitigación de impactos

En este plan deben incluirse medidas de prevención y mitigación en Ambiente, Salud y Seguridad de los cuales se derivan otros programas, planes y actividades para llevar a cabo este proyecto.

A continuación algunas consideraciones de índole general a tener en cuenta como:

- * Lineamientos generales para acopio de materiales, emisiones y descargas líquidas.
- * Programa para el manejo de residuos sólidos
- * Programas de salud ocupacional y seguridad industrial

6.5.3.2 Plan de educación y capacitación

Al iniciar las actividades propias de cada trabajo específico durante todas las fases del proyecto, se proporciona a todos los trabajadores fijos y temporales el entrenamiento necesario sobre las medidas atenuantes contempladas en el Plan de Manejo Ambiental.

Se llevan a cabo reuniones sobre temas relacionados con el medio ambiente, la salud y la seguridad al inicio de las actividades, con una frecuencia quincenal y cada vez que sea necesario.

Asimismo, se podrá reforzar la capacitación mediante charlas de 5 minutos dictadas generalmente en la mañana, antes de empezar las actividades diarias.

6.5.3.3 Plan de Relaciones Comunitarias

Este plan es igual o más importante que los anteriores, la relación con la comunidad es primordial, el trabajo es diario ya que los principales impactos socioeconómico – culturales de un proyecto hidroeléctrico ocurren durante la fase de construcción, cuando se presenta la mayor demanda de mano de obra. Durante la operación estos impactos son muchos menores, dado que el personal empleado se reduce mas de diez veces y la central pasa a ser un establecimiento industrial más.

6.5.3.4 Plan de Seguimiento

El Plan de Seguimiento Ambiental es preparado con el fin de prevenir, controlar o reducir al mínimo los impactos ambientales negativos que pudieran generarse durante el desarrollo de las distintas actividades y fases.

El objetivo principal es controlar y garantizar el cumplimiento de las medidas establecidas en los planes de mitigación de impactos, educación y capacitación.

El seguimiento de los programas planteados en el plan de manejo deberá ser de responsabilidad del Jefe de obra el mismo que deberá llevar un registro de las conformidades y no- conformidades del cumplimiento del plan y se tomen las medidas necesarias para su corrección.

Medidas correctivas a los Impactos Ambientales:

Fase de Construcción:

- a) Humedecer el sitio que va a ser removido
- b) Realizar obras de encauzamiento provisionales
- c) Monitorear calidad de agua y sedimentos
- d) Mantenimiento de maquinaria y monitoreo de emisiones a la atmósfera
- e) Utilizar maquinaria en buen estado y poner silenciadores en donde se requieran
- f) Realizar el movimiento de tierras por etapas
- g) Desbrozar únicamente el área necesaria
- h) No botar el material de construcción en quebradas y cauces naturales
- i) El acopio de materiales no debe estar cercano al río para evitar arrastre a los cauces
- j) Se mantendrá limpios los sitios de obra, libres de cualquier acumulación de materiales de desecho y basura
- k) Elaborar un plan de control de erosión y revegetación con especies nativas

Fase de Operación y Mantenimiento:

- a) Realizar monitoreos para controlar la calidad del agua
- b) Aforo de caudales y muestreo de sedimentos
- c) Reforestación de las zonas intervenidas
- d) Capacitación al personal en medidas de seguridad industrial

Tabla 6.12: Medidas correctivas a los Impactos Ambientales

MEDIDAS CORRECTIVAS A LOS IMPACTOS AMBIENTALES	FRECUENCIA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
FASE DE CONSTRUCCIÓN					
Reforestación en zonas donde se requiera durante esta fase	1	0.5	Ha	760	380
Obras de encauzamiento provisionales	1	2	u	2500	5000
Diseño de obras complementarias para retención de material sólido	1	2	u	2500	5000

MEDIDAS CORRECTIVAS A LOS IMPACTOS AMBIENTALES	FRECUENCIA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Monitorear permanentemente la calidad de agua y sedimentos, aplicar las medidas correctivas en caso de necesitarlas	1	4	u	350	1400
Dotar de implementos de seguridad industrial y dar capacitación al personal	1	2	global	478	956
Llevar un monitoreo permanente del estado de los equipos a emplearse durante la fase de construcción.	1	2	u	2000	4000
FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO					
Realizar los monitoreos para controlar su calidad.	3	4	u	350	4200
Control ambiental de la cuenca hidrográfica, aforo de caudales	12	2	u	300	7200
Cobertura vegetal de taludes, chequeo	4	2	u	500	4000
Manual de operación y mantenimiento de la microcentral, capacitación al personal.	1	2	u	1000	2000
Plan de contingencia para riesgos naturales	1	2	u	2000	4000
TOTAL					38136

CAPITULO 7

7. EVALUACIÓN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO EN EL MERCADO DE CARBONO

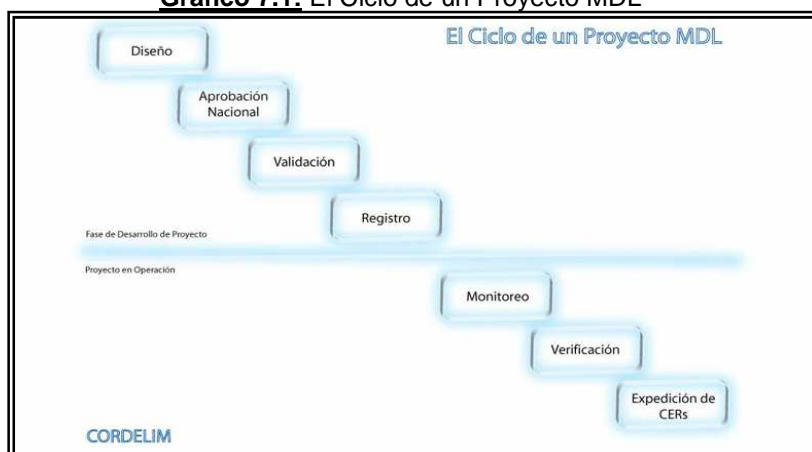
7.1 EL CICLO DE UN PROYECTO MDL

Todo proyecto para estar en capacidad de negociar sus reducciones cuantificadas de gases de efecto invernadero en el mercado de carbono debe ser acreditado como MDL, para esto el proyecto debe seguir un proceso que se denomina Ciclo del Proyecto MDL.

Primero hay determinar si el proyecto es elegible como MDL, y por último la certificación y venta del CERs.

En el gráfico 7.1, muestra el proceso del desarrollo de un proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio, en la fase del desarrollo del proyecto y en la fase del proyecto en operación.

Gráfico 7.1: El Ciclo de un Proyecto MDL



Fuente: CORDELIM, Ecuador

7.1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO:

La Junta del MDL, define como documento inicial el Diseño del Proyecto (PDD), pero este documento es costoso y por tanto en una etapa inicial se prepara un perfil que es entregado para su evaluación, y determinar si el proyecto es factible para seguir con los demás procesos.

El PIN (Nota Idea del Proyecto) es el documento para evaluar rápidamente la factibilidad de los proyectos MDL, y debe cumplir con los siguientes requisitos:

1. Presentar un cálculo estimado de la reducción de emisión de gases, en un escenario con proyecto y un escenario sin él.
2. Financiamiento del proyecto
3. Impacto ambiental y económico del proyecto
4. El proyecto debe estar dentro de las categorías de mitigación de emisiones de GEI

En la etapa inicial de selección de proyectos MDL los criterios más importantes son: a) si el proyecto cuenta con financiamiento, b) si va a reducir lo suficiente para cubrir los costos de transacción, c) si no hay problemas ambientales y socioeconómicos, y d) si el proyecto es adicional.

7.1.2 ESTUDIO DE LA LÍNEA BASE, ADICIONALIDAD Y PROTOCOLO DE MONITOREO

El estudio de Línea Base se define como el escenario que representa las emisiones antropogénicas por fuentes de gases de efecto invernadero que ocurrirían en ausencia de la actividad del proyecto propuesto. El propósito del Estudio de Línea Base es proveer información de que es lo que hubiera ocurrido en ausencia del proyecto

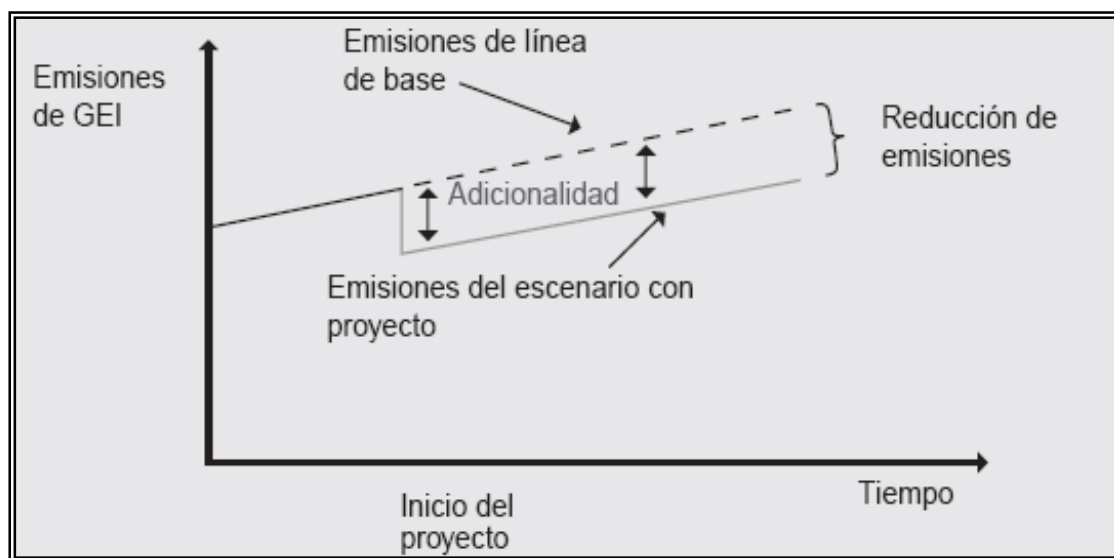
respecto a emisiones, así como proveer la información sobre la estimación de reducción de emisiones del proyecto

En el estudio de Línea Base se debe hacer una descripción del proyecto, detallando los límites del mismo, evaluación de reducción de emisiones, cálculo de las emisiones reducidas, emisiones actuales históricas.

Este estudio es muy importante ya que debe demostrar que las reducciones de emisiones son adicionales a aquellas generadas por la línea base.

En el Gráfico 7.2, se indica las emisiones de línea de base a inicio del proyecto y muestra la estimación de reducción de emisiones del proyecto.

Gráfico 7.2: Emisiones de la línea de base



Fuente: Cuadro basado en una presentación de EcoSecurities

Junto con el Estudio de Línea Base se debe preparar el Protocolo de Monitoreo, en el cual se presentan los datos necesarios para estimar y medir las emisiones generadas por la operación del proyecto en el período en el cual se emiten los CERs.

Las metodologías de línea base y Protocolo de Monitoreo deben ser aprobadas por la Junta Ejecutiva del MDL, a continuación se detallan las metodologías aprobadas para el desarrollo energético tanto para proyectos convencionales como para los de pequeña escala.

La tabla 7.1 indica los tres ámbitos en el sector energético con su metodología respectiva.

Tabla 7.1: Metodologías aprobadas aplicables a proyectos bajo el sector de desarrollo energético

Ámbito sectorial		Metodologías aprobadas	
1	Industria energética (fuentes renovables y no-renovables)	ACM0002 ver 3	Metodología consolidada para generación eléctrica renovable conectada a red
		ACM0004	Metodología consolidada para generación de energía y/o calor con gas
		ACM0006	Metodología consolidada para generación eléctrica en base de residuos de biomasa y conectada a red
		ACM0007	Metodología para conversión de ciclo a ciclo combinado para generación de energía
		AM0005	Pequeñas aplicaciones de generación eléctrica renovable (cero emisiones) conectada a red
		AM0007	Análisis de la opción de combustible de menos-costos para plantas de cogeneración a biomasa operadas estacionalmente
		AM0019	Actividades de proyecto de energía renovable que reemplazan parte de la producción de electricidad generada por una planta que quema combustible fósil y trabaja sola o conectada a red, se excluye proyectos de biomasa
		AM0026	Metodología para la generación de electricidad de fuentes renovables – cero emisiones y conectada a red en Chile o en países donde se despacha energía en base al orden de mérito
2	Distribución de energía		
3	Demanda de energía	AM0017 ver 2	Mejoramiento de la eficiencia en el sistema de vapor mediante el reemplazo de trampas de vapor y retorno de condensados
		AM0018	Sistemas de optimización de vapor
		AM0020	Metodología de línea base para mejoramiento de la eficiencia en el bombeo de agua

Fuente: El Mecanismo de Desarrollo Limpio en el Ecuador

7.1.2.1 Metodología ACM0002

A continuación se detalla la metodología de monitoreo ACM0002 y la Línea Base Consolidada aprobada, esta información es de la Junta Directiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio (UNFCCC/CCNUCC)

a) Fuente, Definiciones y Aplicabilidad

Fuente

Esta metodología se basó en las experiencias de proyectos hidroeléctricos llevados a cabo en México y Panamá, así como en otros proyectos de energías alternativas en Colombia, Brasil, Jamaica, India, Egipto e Indonesia.

La línea Base, monitoreo, plan de verificación y documento del diseño del proyecto fue preparado por varias firmas que constan en el documento ACM002. Además esta metodología se refiere además a las últimas versiones de las siguientes herramientas:³²

- Para calcular el factor de emisión por un sistema eléctrico
- Para la demostración y evaluación de la adicionalidad
- Para el cálculo del proyecto o emisión de CO₂ de la combustión de combustibles fósiles.

Definiciones

Planta de energía/unidad

Es una infraestructura para la generación de energía eléctrica. Algunas unidades de poder en un sitio alimentan a una planta de energía, donde cada unidad puede ser operada independientemente o simultáneamente.

³² <http://cdm.unfccc.int/goto/MPappmeth>

Capacidad de generación energía instalada

De una unidad de poder es la capacidad expresada en Watts, por el cual la unidad de poder ha sido diseñada para operar en condiciones nominales y de una planta de poder es la suma de las capacidades de energía instalada.

Adición de la capacidad de electricidad

Es el incremento de la capacidad de generación de energía instalada que puede resultar de la instalación de una nueva planta de poder o de la instalación de unidades de poder adicionales en una planta de energía existente.

Modificación o retrofit

De una planta o unidad de generación eléctrica es el cambio que conduce a la adición de la capacidad de electricidad

Generación de electricidad neta

Es la diferencia entre la cantidad total de la generación eléctrica generada por una planta o unidad de poder y un consumo de electricidad auxiliar de la unidad o planta de poder.

Sistema del proyecto eléctrico

Es una extensión espacial de las plantas de poder que físicamente están conectadas a través de líneas de distribución y transmisión y que puede ser despachado sin restricciones significantes de transmisión.

Aplicabilidad

Esta metodología es aplicable a las actividades de proyectos de generación de energía renovable interconectada relacionadas con las adiciones de capacidad eléctrica

Y puede ser aplicable si la instalación de la unidad o planta de poder de la hidroeléctrica (sea de paso o de embalse). Y no es aplicable para: a) proyectos que involucren un cambio de uso de combustible fósil por fuentes de energías renovables en el sitio de la actividad del proyecto, debido a que en este caso la línea base sería el uso continuo de combustible fósil en el sitio y b) plantas hidroeléctricas que resultan en nuevos reservorios o el incremento de reservorios donde la densidad de la energía de la planta es menor que $4W/m^2$.

b) Procedimiento de la metodología para la línea base

Identificación del escenario de la línea base

Si la actividad del proyecto es la instalación al sistema conectado, el escenario es el siguiente:

La energía entregada a la red por el proyecto de otra manera hubiera sido generado por las plantas de energía conectadas y la inclusión de nuevas fuentes de generación.

Si la actividad del proyecto es la modificación a una planta de energía existente, el escenario sería el siguiente:

En la ausencia del proyecto MDL, la infraestructura existente continúa proveyendo a la red a niveles promedios históricos hasta que la generación pueda ser reemplazada. De ahí en adelante, la línea base es asumida igual a la producción de energía del proyecto y no se asume la ocurrencia de reducción de emisiones.

La adicionalidad de este proyecto debe ser demostrada y evaluada usando la última versión de “Las Herramientas para la demostración y evaluación de adicionalidad” acordada por la junta directiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

La fuente de la emisión de gases de efecto invernadero incluidas o no en el proyecto se muestra en la siguiente tabla:

La tabla 7.2 establece las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero en la Línea Base y en la Actividad del Proyecto, estén incluidas o excluidas del proyecto.

Tabla 7.2: Fuente de emisiones incluidas o excluidas de un proyecto hidroeléctrico

Fuente		Gas	Incluido	Justificación
Línea Base	Emisión de CO ₂ de la generación eléctrica por la quema de combustible fósil que es desplazado debido a la actividad del proyecto	CO ₂	Si	Fuente principal de emisión
		CH ₄	No	Fuente menor de emisión
		N ₂ O	No	Fuente menor de emisión
Actividad del Proyecto	Para plantas hidroeléctricas, emisión de CH ₄ desde el reservorio	CO ₂	No	Fuente menor de emisión
		CH ₄	Si	Fuente principal de emisión
		N ₂ O	No	Fuente menor de emisión

Fuente: Metodología ACM002

Para la mayoría de proyectos de energía renovable las emisiones generadas es cero. Sin embargo para los proyectos dependiendo de la categoría, existen emisiones que deben ser consideradas, especialmente si el proyecto hidroeléctrico involucra reservorios existentes o la creación de nuevos.

Para determinar la línea base de las emisiones, se debe incluir únicamente las emisiones de CO₂ de la generación de electricidad por combustible fósil que es desplazado por la actividad del proyecto, y se calcula de la siguiente manera:

$$BE_y = (EG_y - EG_{baseline}) * EF_{grid,CM,y}$$

Ecuación [7.1]

Donde:

BE_y = Línea Base de las emisiones en el año y (tCO₂/año)

EG_y = Electricidad proveída a la red por la actividad del proyecto (MWh)

$EG_{baseline}$ = Línea Base de la electricidad proveída a la red en el caso de la modificación de las infraestructuras (MWh). Para plantas de energía nuevas el valor es de cero.

$EF_{grid,CM,y}$ = El margen combinado del factor de emisión CO₂ a la red conectada para la generación de energía en el año y y calculada usando la última versión de las herramientas para el cálculo del factor de emisión

Cálculo de $EG_{baseline}$:

Si la actividad del proyecto es la instalación de una nueva planta de energía renovable:

$$EG_{baseline} = 0$$

Si la actividad del proyecto es la instalación de unidades adicionales a una planta de energía renovable existente:

$$EG_{baseline} = EG_{historical}, \text{ hasta } DATE_{baselineretrofit}$$

$$EG_{baseline} = EG_y, \text{ en o después } DATE_{baselineretrofit}$$

Donde:

$EG_{historical}$ = promedio de la electricidad histórica entregada a la red por una infraestructura existente (MWh)

$DATE_{baselineretrofit}$ = punto en el tiempo donde el equipo existente necesita ser reemplazado en la ausencia de la actividad del proyecto (fecha).

Cálculo de $EG_{historical}$

Es término es el promedio de electricidad histórica entregada a la red por una infraestructura existente abarcando todos los datos recientes disponibles (mes,

semana u otro periodo de tiempo) al tiempo cuando la infraestructura fue construida o modificada de una manera significativa, se lo expresa en MWh por año. Para el caso de infraestructuras hidroeléctricas se requiere un mínimo de 5 años (120 meses) de datos históricos. Para otras infraestructuras se requiere un mínimo de 3 años, los periodos afectados por circunstancias inusuales tales como: desastres naturales, conflictos o restricciones en la transmisión deben ser excluidas.

Cálculo de $DATE_{baselineretrofit}$

Para estimar el tiempo cuando los equipos existentes necesitaban ser reemplazados durante la ausencia del proyecto, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) La vida útil técnica promedio del tipo de equipo que puede ser determinada o estimada tomando en cuenta las prácticas comunes en el sector (estadísticas, encuestas industriales, literatura técnica)
- b) Las prácticas comunes de la compañía responsable de los horarios de reemplazo que evalúan y documentan la información basada en records históricos de reemplazo de equipos similares.

Reducción de Emisiones

Se calcula de la siguiente manera:

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$$

Ecuación [7.2]

Donde:

ER_y = reducción de emisiones en el año (tCO₂e/año)

BE_y = línea base de las emisiones en el año (tCO₂e/año)

PE_y = emisiones del proyecto en el año (tCO₂e/año)

LE_y = emisiones de lixiviados en el año (tCO₂e/año)

Estimación de las reducciones antes de la validación

Los participantes del proyecto deben preparar un estimado de la reducción de emisiones como parte del MDL – PDD para el periodo de acreditación propuesta. Este estimado en principio debe seguir la misma metodología. Donde el factor de emisiones EF_y es determinado posterior y durante el monitoreo donde se utilizan modelos u otras herramientas para la estimación de reducción de emisiones previo a la validación.

Cambios requeridos para la implementación de la metodología durante el 2do y 3er periodo de acreditación

Al comienzo del 2do y 3er periodo los proponentes del proyecto deben:

- Evaluar la validez de la continuación de la línea base; y
- Actualizar la línea base

c) Metodología de monitoreo

Todos los datos recolectados deben ser almacenados electrónicamente y deben ser guardados por lo menos 2 años después del fin del siguiente periodo de acreditación.

7.1.3 DOCUMENTO DE DISEÑO DEL PROYECTO

Es el documento que sirve para presentar el proyecto propuesto, es la base para que el proyecto sea evaluado para su validación. Existe una plantilla de PDD elaborada por la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, que puede ser usada tanto para proyectos de gran y pequeña escala.

En este documento se debe incluir:

- El propósito del proyecto.
- Una explicación técnica del proyecto.
- Si la tecnología va a ser transferida y una explicación de como va a ocurrir ésta transferencia.
- Una descripción y justificación de los límites del proyecto.
- Una declaración de cuánto va a durar el proyecto.
- Identificar el periodo de acreditación que puede ser aplicado para:
 - Un máximo de siete años, que pueden ser renovados dos veces o,
 - Un máximo de diez años sin renovación.
- Metodología de la línea base
- Cálculo de las emisiones de GEI
- Documentación y referencias sobre los impactos que son considerados significativos para la parte anfitriona, incluida una evaluación transfronteriza, social y/o de impacto ambiental.
- Información sobre cualquier fuente de fondos públicos para el proyecto y cómo estos fondos no afectan asistencias oficiales de desarrollo, y si no son parte de obligaciones financieras de las partes involucradas.
- Un resumen de comentarios del inversionista socio, incluyendo una descripción del proceso de sociedad, y cómo estos comentarios serán considerados en el proyecto.³³

7.1.4 APROBACIÓN NACIONAL

Para calificar como MDL, el proyecto debe contar con la aprobación del país en el que se desarrollará, teniendo este la obligación de confirmar si el proyecto esta dentro del marco de desarrollo sustentable del país. En el Ecuador la Autoridad Nacional

³³ <http://www.cordelim.net>

encargada de emitir la carta de aprobación es el Ministerio del Ambiente, que toma en cuenta los siguientes criterios para determinar si el proyecto es sostenible:

El proyecto debe ser tecnológicamente viable, social y ambientalmente responsable y debe cumplir con los requisitos legales para su ejecución.

7.1.5 VALIDACIÓN

Una vez finalizado el PDD y si el proyecto cuenta con la aprobación del país anfitrión, se procede a la validación del proyecto propuesto.

Consiste en realizar una evaluación independiente de todos los documentos relevantes de un Proyecto MDL, por tanto esta labor es realizada por una organismo independiente llamado entidad operacional designada (DOE), que son consultoras acreditadas por la Junta Ejecutiva del MDL.

El proponente debe enviar el PDD, incluido el plan de monitoreo, la descripción de la metodología aplicada para la definición de la línea base, un reporte que resume los comentarios de las partes afectadas por el proyecto y la aprobación nacional a la entidad operacional designada para su validación.

7.1.6 REGISTRO

El registro constituye la aceptación formal de la Junta Ejecutiva del MDL. El pedido de registro es enviado por DOE. El proceso de registro finaliza en un plazo de ocho semanas (cuatro semanas para proyectos a pequeña escala), a menos de que sea solicitada una revisión.

Este proceso tiene un costo aproximado de entre 5000 a 30000 dólares, dependiendo del tamaño del proyecto.

7.1.7 MONITOREO

Luego de ser registrado, el proyecto puede comenzar a vender Certificados de Reducción de Emisiones anualmente. Desde ese momento se comienza a ejecutar el Protocolo de Monitoreo, cuyos resultados son enviados a la DOE para su validación y certificación de las reducciones de emisiones expresadas en toneladas de CO₂ equivalentes.

7.1.8 VERIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN

La verificación es la revisión periódica y la determinación ex post de las reducciones de emisiones de GEI. La certificación es la garantía escrita por la entidad operacional de que durante un tiempo determinado el proyecto ha reducido una cantidad de emisiones verificada de acuerdo al Plan de Monitoreo establecido.

La entidad operacional debe confirmar que el resultado de la reducción de emisiones este de acuerdo a condiciones establecidas en el proceso de validación inicial del proyecto. La DOE encargada de la verificación y certificación debe ser una entidad diferente a la encargada de la validación a menos de que el proyecto sea de pequeña escala y que la Junta del MDL así lo permita.

7.1.9 EXPEDICIÓN DE CERs

En esta etapa se elabora la documentación legal y se firma el Acuerdo de Compra de Reducción de Emisiones. Los derechos y obligaciones de los participantes deben ser claros. Dentro de los derechos se debe incluir la posibilidad de vender CERs a terceras partes. Cuando la Junta Ejecutiva ha decretado los CERs, estos son colocados en una cuenta pendiente en el registro de proyecto MDL.

7.2 EL PROYECTO APLICANDO AL COMPONENTE MDL

En esta etapa se describe la información necesaria para la elaboración de la Nota Idea del Proyecto (PIN), que para el caso de estudio es suficiente, para que el proyecto sea promocionado por el CORDELIM para determinar si el proyecto es aplicable como MDL.

Nota Idea de Proyecto

PROYECTO HIDROELECTRICO WAWAYME - TUNDAYME



A. Descripción básica del proyecto

Nombre del Proyecto y fecha de entrega del PIN	<i>Proyecto Hidroeléctrico Wawayme – Tundayme / Marzo 2008</i>
Resumen Técnico	Máximo 1 página
Objetivo del proyecto	<p><i>Produce energía limpia proveniente de los proyectos hidroeléctricos Wawayme y Tundayme, de 0.304 MW y 2,161 MW de potencia instalada respectivamente, total 2,465 MW.</i></p> <p><i>La producción al año será de 404 876 MW/h durante 25 años.</i></p>
Descripción técnica del proyecto y actividades propuestas	<p><i>Los proyectos se desarrollarán uno por uno, primero el Río Tundayme y luego Wawayme. Estos proyectos se han considerado para aprovechar el potencial hidroeléctrico de las cuencas que llevan los mismos nombres. El proyecto Tundayme capta las aguas en la cota 1305.00 msnm, para luego ser conducidas por una tubería que funciona a superficie libre que sigue la topografía del terreno para luego entrar por un túnel falso de 184,30 m hasta un tanque de carga y seguido de 643,98 m de tubería de presión hasta la casa de máquinas para que luego las aguas sean restituidas después de la generación hidroeléctrica, en la cota 990,00 msnm.</i></p> <p><i>Para el proyecto Wawayme, se captan las aguas en la cota 1100 msnm se conducen por una tubería de conducción que funciona a superficie libre hasta llegar a un tanque de carga, seguido de la tubería de presión de 787,90 m hasta la casa de máquinas en la cota 995,05 msnm, luego se restituye el cauce principal del río.</i></p> <p><i>Las dos centrales se encuentran a una distancia de 5,13 km, por tal razón forman parte de un solo proyecto.</i></p>
Tecnología a ser empleada	<p><i>WAWAYME</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>• Captación con rejilla de fondo de 4 m en un ancho total de 8m con un azud tipo CREAGER, galería de gasto variable de doble cámara, compuerta de lavado, muros de ala para encauzamiento, desarenador de 2 cámaras,</i> <i>• Tubería de conducción de 650mm de diámetro a flujo libre y a gravedad que sigue la curva de nivel, la tubería pasa por un acueducto de 104,69 m hasta el tanque de carga.</i> <i>• El tanque de carga está ubicado al final de la conducción y contará con un vertedero de excesos, compuerta de lavado y canal de desfogue al río.</i> <i>• Desde el tanque de carga hasta la casa de máquinas se extenderá una tubería de presión de 500 mm de diámetro en una longitud de 787,90 m y al final se bifurcará para alimentar a 2 unidades.</i> <i>• La Casa de Maquinas será de tipo exterior.</i> <i>• Las turbinas son tipo FRANCIS LENTA de una potencia de 152 kW por unidad, Generadores tipo Sincronizado, Tableros de control tipo modular y un Transformador de elevación tipo Intemperie con tanque de expansión.</i> <p><i>TUNDAYME</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>• Captación con rejilla de fondo de 8 m en un ancho total de 12m con un azud tipo KRAEGER, galería de gasto variable de doble cámara, compuerta de lavado, muros de ala para encauzamiento, desarenador de 3 cámaras.</i> <i>• Tubería de conducción de 800 mm de diámetro a flujo libre y a gravedad con una longitud de 230,35 hasta entrar a un túnel falso de 184,30 m que conducen hasta el tanque de carga.</i> <i>• El tanque de carga está ubicado al final del túnel de conducción y contará con un vertedero de excesos, compuerta de lavado y canal de desfogue.</i> <i>• Desde el tanque de carga hasta la casa de máquinas se extenderá una tubería de presión de 600 mm de diámetro en una longitud de 643,98 m y al final se bifurcará para alimentar a 2 unidades.</i> <i>• La Casa de Maquinas será de tipo exterior.</i> <i>• Para este proyecto será utilizada tecnología tradicional con Turbinas PELTON de un solo inyector con una potencia 1080 MW cada una, generadores tipo</i>

	<i>SINCRONICO, tableros de 4 módulos.</i>
Dueño y/o Desarrollador	
Nombre	HIDROCRUZ S.A.
Tipo de Organización	<i>Compañía Privada</i>
Otras funciones del desarrollador en el proyecto	<i>Dueño del Proyecto, Patrocinador y Financista.</i>
Experiencia del desarrollador del proyecto	<i>HIDROCRUZ S.A. realizó el proyecto a nivel de prefactibilidad y se encuentra realizando los diseños definitivos para el Proyecto Hidroeléctrico Santa Cruz en el Río Machinaza, que ayuden al país a reducir la generación termoeléctrica.</i>
Dirección	<i>Av. República del Salvador 1082 y NNUU, Edificio Mansión Blanca, Torre París, Mezanine. Quito – Ecuador</i>
Persona de Contacto	<i>Skott Mealer Gerente de Proyectos y Coordinación del proceso MDL de los proyectos.</i>
Teléfono / fax	<i>(593) 3972 000 / (593) 3972002</i>
E-mail / dirección Web	skott.mealer@corriente.com.ec / www.hidrocruz.com

Tipo de proyecto	
Gases de Efecto Invernadero (GEI) que será reducido	<i>CO₂</i>
Ámbito sectorial MDL	
<input checked="" type="checkbox"/> Producción de Energía	<input checked="" type="checkbox"/> Energía Renovable, excepto proyectos de biomasa <input type="checkbox"/> Biomasa <input type="checkbox"/> Cogeneración <input type="checkbox"/> Eficiencia energética, por sustitución tecnológica/equipo existente <input type="checkbox"/> Eficiencia energética, por reingeniería/optimización de procesos <input type="checkbox"/> Eficiencia energética, por cambio de combustible
Ubicación	
Región	<i>América del Sur</i>
País	<i>Ecuador</i>
Región / Provincia	<i>Oriente / Zamora Chinchipe</i>
Cantón / Ciudad	<i>El Pangui / Zamora</i>
Breve descripción de la	<i>Localizado en la provincia de Zamora Chinchipe, al suroriente del Ecuador, Cantón El</i>

ubicación	<i>Pangui, parroquia Tundayme.</i>
Cronograma de actividades	
Fecha más temprana de inicio del proyecto	<p>WAWAYME</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Se iniciará el primer semestre del 2009</i> <p>TUNDAYME</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Se iniciará a mediados del 2009</i>
Tiempo requerido antes de que el proyecto inicie operaciones y después de la aprobación del PIN	<p>WAWAYME</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Diseños Finales 3 meses</i> • <i>Construcción en 4 meses</i> <p>TUNDAYME</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Diseños Finales 4 meses</i> • <i>Permiso del CONELEC 8 meses</i> • <i>Licencia Ambiental 3 meses</i> • <i>Inicio de Construcción 2009</i>
Vida útil del proyecto	<i>25 Años</i>
Primer año estimativo de los Certificados de Emisiones Reducidas	<p>WAWAYME</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Desde finales del 2009</i> <p>TUNDAYME</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Desde inicios del 2011</i>
Estado/fase actual del proyecto	<p>WAWAYME</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Estudios preliminares a nivel de Prefactibilidad</i> <p>TUNDAYME</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Estudios preliminares a nivel de Prefactibilidad</i>
CMNUCC / Protocolo de Kyoto	<i>Ecuador ratificó la Convención Marco de Cambio Climático el 7/Nov/1994 (R.O. #562). Ecuador ratificó el Protocolo de Kyoto el 20/Dic/1999 (R.O.#1588).</i>

B. Beneficios ambientales y sociales esperados

Estimación preliminar de reducción de gases de Efecto Invernadero (GEI) / CO₂ secuestrado	<i>El proyecto hidroeléctrico Tundayme Wawayme, tendrá una capacidad instalada de 2 465 MW, con un aporte energético de 16.19 GW-h/año, a partir del año de operación. Las dos centrales se construirán en el mismo año, y empezarán su operación a partir del año 2009</i>				
	Año	Wawayme (tCO₂)	Tundayme (tCO₂)	Total Parcial (tCO₂)	Total Acumulado (tCO₂)
	2009	1251.855	8898.878	10150.733	10150.733
	2010/2012	2503.710	17797.757	20301.467	30452.200
	2013/2020	8762.986	62292.148	71055.134	101507.334
Subtotal	12518.552	88988.783	101507.334		

	Promedio	1251.855	8898.878	10150.733	
	<p><i>Unidad en toneladas métricas de CO₂-equivalente por año [tonCO_{2eq}/año]</i></p> <p>Por año (promedio en 10 años): 10150.33 ton CO_{2eq}/año</p> <p>Acumulado durante vida útil: 253768.34 ton CO_{2eq}/año</p> <p>Acumulado durante 10 años: 101507.33 ton CO_{2eq}/año</p> <p>Acumulado hasta el año 2012: 30452.20 ton CO_{2eq}/año</p>				
Escenario de Línea Base (escenario sin proyecto)	<p><i>El proyecto desplazará emisiones generadas por las centrales térmicas de diesel y full oil, conectadas al Sistema Nacional Interconectado.</i></p> <p><i>Para cubrir la demanda, es necesario la implementación de centrales térmicas y además la importación de energía a Colombia y Perú, en el Ecuador no se hace uso de las fuentes de energía hídrica, para la generación de energía limpia y renovable.</i></p> <p><i>Barreras sociales: para proyectos hidroeléctricos se presentan como barreras sociales la no aceptación de la comunidad, esto dificulta el normal desarrollo del proyecto. Para vencer este fuerte obstáculo es necesario socializar con la comunidad directamente influenciada por el proyecto.</i></p> <p><i>Barreras tecnológicas: Falta de suministro de los principales equipos, por la gran demanda de los mismos y por el alto costo.</i></p> <p><i>El proyecto al desarrollarse como MDL podrá vencer todas estas barreras.</i></p> <p><i>La energía renovable apareció en la Ley de 1996, la cual expresó por primera vez la prioridad de las tecnologías no convencionales en el mercado energético, y previó una serie de incentivos para el desarrollo de energía limpia (excluyendo a las hidroeléctricas de pequeña escala). El artículo 21 de la Regulación del Mercado de Energía, ratificó en 1999, y determinó esta prioridad: el 2% de la generación nacional proveniente de energías renovables no convencionales serán integradas con una tarifa especial, y serán despachadas con prioridad en el mercado energético.</i></p> <p><i>La última revisión de la regulación para energías renovables, la cual incluye plantas hidroeléctricas superiores a 10 MW, fue hecha en diciembre de 2004. El tiempo para el cual los proyectos se beneficiarían con esta regulación fue extendido por veinte años.</i></p> <p><i>Además, el proyecto contribuiría con los esfuerzos ecuatorianos de diversificar la matriz energética</i></p>				
Beneficios ambientales globales y locales					
Beneficios globales	<p><i>Al ser un proyecto que utiliza energías renovables, es un proyecto que contribuye al desarrollo sustentable del entorno, al disminuir la emisión de GEI, minimiza el problema de Cambio Climático Global.</i></p>				
Beneficios locales	<p><i>Reforestación de las áreas principales de la zona de especies nativas, limpieza de laderas Control de calidad del agua, plan de control de erosión y revegetación con especies nativas.</i></p>				
Estudio de Impacto Ambiental (EIA)	<p><i>En la evaluación de impactos ambientales no se presentan efectos negativos para el desarrollo del proyecto.</i></p> <p><i>El Estudio de Impacto Ambiental preliminar se lo realizará en el nivel de factibilidad del proyecto y el definitivo para la obtención de la licencia ambiental se lo realizará en el nivel de diseño definitivo.</i></p> <p><i>En el diseño de prefactibilidad se presenta un plan de manejo ambiental con el fin de minimizar los impactos negativos que se puedan generar en el proceso de construcción.</i></p>				
Lineamientos a ser aplicados	<p><i>Ley de Manejo Ambiental (1999)</i></p> <p><i>Ley del Régimen del Sector Eléctrico (1996)</i></p> <p><i>Las regulaciones ambientales para actividades eléctricas del CONELEC</i> <i>www.conelec.gov.ec</i></p> <p><i>Estándar Nacional propuesto por el Ministerio del Ambiente (TULAS)</i></p> <p><i>Permisos y licencias:</i></p> <p><i>Incorporado al Registro del CONELEC para obtener el permiso de generación.</i></p>				

	<i>Concesión del derecho de aprovechamiento de las aguas del río San Jerónimo, otorgada por el Consejo Nacional de Recursos</i>
Beneficios socio-económicos	
Beneficios, a nivel nacional/subregional	<i>El desarrollo de proyectos hidroeléctricos en zonas rurales mejorara la calidad de vida de las comunidades que viven en zonas aisladas, ya que con esto se logra promover el uso de energías renovables, transferencia de tecnología, recursos financieros, desarrollo de capacitación y difusiones de las tecnologías respetuosas del medio ambiente</i>
Beneficios a nivel local	<i>Mejora la calidad de vida de la población de las comunidades incrementando un mejoramiento en el nivel de servicio de electricidad, Estímulo al desarrollo de la fuerza local de trabajo al crearse puestos temporales durante su construcción y en la etapa de operación-mantenimiento</i>
Estudio de Impacto Social (EIS)	<i>La fase del proyecto no considera directamente la interacción de la actividad con el proyecto, en la fase definitiva se deberá implementar el trabajo comunitario. No se presentan impactos sociales negativos, tanto para la fase de construcción como para la operación y mantenimiento los impactos sociales son positivos al constituirse el proyecto como una fuente de trabajo</i>
Lineamientos a ser aplicados	<i>El proyecto cumplirá con los requerimientos de impacto social y con la participación adecuada de la comunidad. Esto se realizará de acuerdo con los temas, puntos y acciones que se dará en el EIA.</i>
Estrategia ambiental / Prioridades de desarrollo sustentable del País Anfitrión	<i>Como medida de mitigación para reducir GEI, se planifica proveer al Sector Rural de energía, mediante el aprovechamiento del gran potencial hidroeléctrico que existe en el país y que aun no ha sido explotado, y así sustituir el abastecimiento energético por medio convencionales, así fomentar el aprovechamiento de fuentes de energías limpias y renovables. El principal objetivo de la transferencia de información y conocimiento en proyectos rurales es la de dar los conocimientos suficientes para identificar, evaluar, diseñar, implementar y gestionar sistemas energéticos de Micro Hidroenergía, la promoción de estas energías renovables para el desarrollo sostenible</i>

C. Información financiera

Costo estimado total				
Desarrollo	US\$ [60 000] Programas de Medidas de Mitigación, Prevención de emergencias, Plan de Seguridad, Control Ambiental, Monitoreo Ambiental y Comunicaciones a la comunidad.			
Construcción/instalación	US\$ [2 692 011] Obras civiles propias del proyecto, tuberías de conducción y presión, vías de acceso, equipo electromecánico, casa de máquinas			
Otros	US\$ [30 000] Auditorías Ambientales			
Costo total	US\$ [2 782 011]			
Fuentes de Financiamiento (ya identificadas o comprometidas)				
Fondos propios / accionistas	US\$ 2 782 011	Hidrocruz S.A.	100 % del total	comprometido X / en gestión <input type="checkbox"/>
Deuda – Largo Plazo	US\$ US\$	N / A	% del total % del total	comprometido <input type="checkbox"/> / en gestión <input type="checkbox"/> comprometido <input type="checkbox"/> / en gestión <input type="checkbox"/>
Deuda – Corto Plazo	US\$ US\$	N / A	% del total % del total	comprometido <input type="checkbox"/> / en gestión <input type="checkbox"/> comprometido <input type="checkbox"/> / en gestión <input type="checkbox"/>
No identificado	US\$, % del total N / A			
Contribución del MDL (ingresos complementarios por venta de reducciones certificados de emisiones, CERs)				
Reducción anual (promedio)	[10 150] ton CO ₂			
Precio Indicativo de un CER	€ 6 / t CO₂	€ 9 / t CO₂	€ 12 / t CO₂	
Venta de CERs hasta el año 2012	€ [60 900]	€ [91 350]	€ [121 800]	
contribución MDL, si el periodo de certificación es de 7 años	€ [426 300]	€ [639 450]	€ [852 600]	
contribución MDL, si el periodo de certificación es de 10 años	€ [609 000]	€ [913 500]	€ [1 218 000]	
CERs vendidos por adelantado	<i>Dependiendo del flujo de caja, se podría vender un 40% anticipadamente, pero no es seguro a esta fecha.</i>			
Rentabilidad				
Tasa interna de retorno (TIR)	<i>El TIR sin CER´s del proyecto es de 22%</i>			
TIR sin certificados CER	[28] %			
TIR con CERs, periodo hasta 2012	[N/A] %	[N/A] %	[N/A] %	
TIR con CERs, periodo 7 años	[29] %	[31] %	[34] %	
TIR con CERs, periodo 10 años	[31] %	[34] %	[36] %	

CAPITULO 8

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 DESARROLLO SOSTENIBLE: UN ENFOQUE NACIONAL

- El concepto de sostenibilidad busca establecer las pautas para conseguir el desarrollo de la humanidad, con medidas respetuosas del medio ambiente, es decir manteniendo equilibrio entre crecimiento económico y renovabilidad de los recursos.
- La participación dinámica de todos los elementos que intervienen en un proyecto es de vital importancia para que este se desarrolle dentro del concepto de sostenibilidad, por tanto se requiere un entendimiento multidisciplinario que promueva la integración y la participación de los grupos sociales y técnicos. La participación de los ciudadanos y la sociedad civil en defensa del Medio Ambiente debe ser efectiva, fiscalizadora y contributiva.
- Para garantizar el desarrollo sustentable se deben adoptar acciones de gestión que conduzcan hacia el objetivo del mismo que es la búsqueda del desarrollo de la sociedad en armonía con el medio ambiente. Particularmente en el sector energético se han planteado alternativas para que las actividades que se desarrollan dentro del mismo se reconduzcan hacia la sostenibilidad.
- La introducción de energías renovables y eficiencia energética a todo nivel permitirá el mejoramiento de la calidad de vida de los ecuatorianos y una nueva concepción del desarrollo.

8.2 DESARROLLOS HIDROELECTRICOS EN EL ECUADOR

- El Ecuador tiene la ventaja de ser un país con un alto potencial hidroeléctrico y geotérmico, el cual aún no ha sido explotado, es por eso que se deben introducir proyectos y mecanismos que permitan el aprovechamiento de estos recursos para generación de energía limpia.
- En zonas rurales donde la pobreza y la calidad de vida de los habitantes se hace mas eminente es necesario la implementación de proyectos eléctricos que fomenten el aprovechamiento de fuentes de energías limpias y renovables.
- A pesar de que el servicio eléctrico en el país es ampliamente extendido se encuentran zonas con déficit y por tanto hay un alto costo de energía, por lo tanto los proyectos de generación hidroeléctrica, son una prioridad urgente de modo que contribuyan a aumentar la oferta de energía eléctrica y generar beneficios económicos, sociales y financieros al Estado y a la población.
- El Plan Energético Nacional debe ser elaborado definiendo y poniendo mayor énfasis en objetivos de largo plazo que aseguren la sustentabilidad y el abastecimiento energético para los próximos 20 años, tomando en cuenta el enorme potencial de las fuentes de energías renovables con que cuenta el Ecuador.
- Con la promoción del uso de energías renovables se plantean varios proyectos en los cuales el impacto sobre el ambiente es mínimo. Para la evaluación del proyecto se debe considerar los costos de inversión y los costos de operación y mantenimiento, además de esto se debe incorporar un costo a la contaminación, ya que existen algunas alternativas de generación de energía que contaminan.

- Para el éxito de proyectos hidroeléctricos en zonas rurales es primordial trabajar con la gente y determinar las relaciones de poder que existe en la zona de influencia del proyecto, es fundamental determinar la organización de las comunidades y los actores principales individuales y grupales.
- Está en manos del Estado cambiar la legislación energética y permitir la entrada de nuevos modelos de producción de energías alternativas. La sociedad ha sabido asimilar de buena manera los proyectos de ahorro y eficiencia energética, sería para ella un impacto positivo, el tener un sector eléctrico sustentable. La inversión inicial es grande, y puede ser cubierta con fondos privados o internacionales; pero los beneficios son económicos y sobre todo ambientalmente invaluable.
- La ruptura de paradigmas en el sector productivo energético, nos asegura un futuro con un mejor nivel de vida para todos.
- Utilizando una campaña similar a la del Ahorro Energético, se puede llegar a concientizar a la sociedad, para que esta se incline por consumir energía que provenga de fuentes limpias y alternativas.
- La utilización de Energías Alternativas y el Programa de Ahorro de Energía, han tenido buenos resultados en el Ecuador. Cabe decir, que si se quiere tener una mayor potencia en energías alternativas se debe cambiar determinadas legislaciones. La sociedad ha respondido favorablemente; puesto que para ella significa un ahorro y eficiencia; basados en este concepto, a futuro se podría pensar en tener un sector energético sustentable.
- Se recomienda gestionar recursos económicos, a nivel nacional e internacional, que permitan el establecimiento de mecanismos y estrategias de financiamiento como líneas de crédito con bajos intereses, etc., para la implementación de pequeños proyectos.

- Es necesario desarrollar programas de uso racional de la energía, orientado a la utilización de los recursos de una forma eficiente.
- Impulsar acciones de capacitación, educación, difusión, promoción y demostración sobre uso racional de los recursos naturales, en el marco de acciones de desarrollo rural integral y desarrollo sostenible.
- Se recomienda elaborar y aplicar normas técnicas orientadas a mejorar los niveles de eficiencia energética.

8.3 CAMBIO CLIMATICO EN EL ECUADOR

- Se está impulsando proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio para que las emisiones de gases de efecto invernadero sean una oportunidad de negocio. Por cada tonelada de carbono que se reduzca, se recibirá un certificado de 10 a 15 euros que se podrá negociar con los países que son obligados a cumplir con el Protocolo de Kyoto
- El implemento de las medidas de mitigación y las estrategias para el cumplimiento de las mismas se debe seguir promoviendo para lograr la reducción de GEI, que no es un problema local, si no mundial.

8.4 MERCADO DE CARBONO

- El Mercado de Carbono es una buena alternativa para frenar o aplacar la emisión indiscriminada de gases CO₂ a la atmósfera, en este mercado se negocia con papeles denominados certificados de carbono.

- Como medida de mitigación para reducir GEI, se planifica proveer al Sector Rural de energía, mediante el aprovechamiento del gran potencial hidroeléctrico que existe en el país y que aun no ha sido explotado.
- El reducir las emisiones puede ser un gran negocio para una empresa, simplemente hay que disponer de buena información para la evaluación del proyecto, planificación y una buena estrategia.
- Para inscribir el proyecto hidroeléctrico como MDL debe cumplir: a) contribuir al desarrollo ambiental, b) debe mantener una reducción de emisiones durante el plazo y c) debe cumplir con la adicionalidad, para éste último se debe hacer una evaluación de GEI que se tiene sin proyecto.
- Es recomendable para el caso de proyectos de pequeña escala no realizar un estudio muy complejo sino basta con cumplir con el “test de adicionalidad”.
- El precio de los certificados de carbono dependen de la etapa del desarrollo que se encuentre el proyecto, se debe manejar claramente los conceptos de riesgo y rentabilidad.
- El coeficiente para la reducción de emisiones de GEI por cada MW/h que se tomó para los cálculos de los proyectos fue de 0.62678 que es que el se encuentra en la pagina web del CORDELIM.
- Con la implementación de los proyectos Wawayme y Tundayme se espera una reducción promedio de 10 150 ton CO₂ eq cada año y dependiendo del flujo de caja se podría vender los certificados de reducción de emisiones de carbono (CER´s) anticipadamente.

8.5 DISEÑO A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD DE UNA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA

- Los impactos que pueden ocurrir durante la etapa de construcción, así como en la de operación de las microcentrales hidroeléctricas, pueden ser evitados completamente o mitigados exitosamente, si el proyecto se maneja prudentemente, haciendo que los proyectos sean sustentables tanto ecológica como económicamente.
- Durante el primer período de operación del proyecto es necesario una observación cuidadosa del proceso de llenado en el desarenador, de tal manera de lograr una adecuada estimación de la frecuencia en las labores de limpieza, considerando la carga real de sedimentos.
- Se debe lograr que todos los órganos de operación y regulación previstos en el diseño de las obras de captación, desarenación y puesta en carga del caudal que será turbinado en las microcentrales Wawayme y Tundayme, como son compuertas y vertederos, se mantengan en condiciones adecuadas para garantizar su correcto funcionamiento durante el período de vida útil del proyecto.
- Se requiere un control automático que permita detectar la ausencia de caudal de ingreso a la bocatoma, para que tan pronto se tenga este evento se ordene el cierre de la válvula ubicada a la entrada de la casa de máquinas y de esta manera se evite el vaciado del tanque de presión que genera el riesgo de ingreso de aire en la tubería de presión
- El llenado de la tubería de presión debe realizarse con velocidades de flujo muy bajas, del orden de cm/s para permitir la salida del aire de la tubería. Esta operación garantizará que dentro de la misma no queden atrapadas bolsas de aire que

podieran obstaculizar el flujo o generar sobrepresiones mayores a las de resistencia del material

- Se recomienda que Hidrocruz S.A. realice las gestiones pertinentes con la Empresa Eléctrica para que se definan el procedimiento así como las obras requeridas para el aprovechamiento de la energía generada en las microcentrales Wawayme y Tundayme. Esto permitirá alcanzar el objetivo final del proyecto que se refiere a mejorar la calidad de vida de las comunidades mediante el incremento de ingresos obtenidos de la venta o utilización de la energía hidroeléctrica.
- La construcción de una microcentral genera impactos positivos, principalmente en la etapa de funcionamiento al mejorar la calidad de vida de la población de las comunidades y estimulando el desarrollo de la fuerza local de trabajo al crearse puestos temporales durante su construcción y en la etapa de operación-mantenimiento
- Es muy importante seguir y cumplir el PMA para mitigar, minimizar o atenuar los impactos generados durante la construcción y operación y mantenimiento, pero igualmente considerarlo como un sistema abierto que puede ser adaptado a nuevas situaciones y requerimientos

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

- [1] MONSALVE, G. *Hidrología en la Ingeniería*. Primera edición. Colombia, 1995
- [2] TERRAAMBIENTE. Capítulo 5: Línea Base. En: *Estudio de Factibilidad del Proyecto Minero Mirador*
- [3] CORCHO, F., DUQUE J. *Acueductos teoría y diseño*. Tercera Edición. Colombia, Sello Editorial, 2005
- [4] *Taller sobre adaptación al cambio climático y gestión de recursos hídricos: octubre 2007*, INTERCOOPERATION
- [5] FEDETA E HIDRORED. *XII Encuentro Latinoamericano y del Caribe sobre pequeños aprovechamientos hidroeléctricos: octubre 2007*,
- [6] *Energía en la capacitación para un desarrollo sustentable y más equitativo* En: HIDRORED, Vol. 2. (2006).
- [7] UNESCO. *Taller de Microcentrales Hidroeléctricas: Uruguay* (1991).
- [8] CONELEC. *Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano*. Ecuador (Quito): abril 2007.
- [9] CORDELIM, *Ministerio de Electrificación y Energías Renovables*. Disponible en Webpage.
- [10] REÁTEGUI, L. *Fundamentos del Desarrollo Sostenible*.
- [11] BARRAGÁN, R. *Artículos de la corporación para la Investigación Energética*. (2007).
- [12] VALDIVIESO J. Art. *La Voz*. Marzo 2007.
- [13] CNRH. *Gestión de los Recursos Hídricos*, Informe Ejecutivo. (2002).
- [14] Ecuador. Ley de Régimen del Sector Eléctrico. Reformas 2 de enero y 19 de febrero de 1998, al registro oficial No. 43.
- [15] Ecuador. Ley de Aguas, actualización 2006.
- [16] Norma 4.4.4.1 del Registro Oficial No. 41

- [17] SUAREZ, D. “Pequeñas Centrales Hidroeléctricas como vector del desarrollo social en el Ecuador”, EnerPro – ENYA, Ecuador, ELPAH, octubre 2007.
- [18] CASTRO, Marcos. “Cambio Climático y Desarrollo Sostenible”. Tesis de Pregrado, Karlsruhe/Quito.
- [19] Sánchez S. “Energías renovables y eficiencia energética”. (2005).
- [20] POVEDA, M. “Energía Renovables”. Presentación OLADE,
- [21] CONELEC FERUM, CENACE, Subsecretaría de Electrificación. [en línea].
- [22] CONELEC. *Catálogo de generación eléctrica del Ecuador*. Septiembre, 2005.
- [23] CMNUCC. *Tratado de Kyoto Cambio Climático* [En línea]. Disponible en webpage
- [24] NATIONAL GEOGRAPHIC. Suplemento de la revista, Octubre del 2007
- [25] Congreso de Hidráulica. MANCIATI, C. “Modelación del Balance del Glaciares Tropicales”. Ecuador.
- [26] Congreso de Hidráulica. ANDRADE L. “Riesgos relacionados con los Recursos Hídricos”.
- [27] Convención Marco de las Naciones Unidas, Cambio Climático, Comité Nacional sobre el clima, 2001.
- [28] Estudio sobre Mitigación de gases de efecto invernadero, Ecuador: Quito, 1998.
- [29] Ministerio de Energía y Minas. “Cambios Climáticos Sector Energético” Julio, 2000
- [30] KNAUSS, J. *Swirling Flow Problemas at Intakes*. Hydraulic Design Considerations, IAHR- Hydraulic Structures Design Manual, Vol. 1, Balkema Rotterdam, 1987
- [31] SVIATOSLAV Krochin, “Diseño Hidráulico”, Escuela Politécnica Nacional, 1980
- [32] Determining a Fair Price for Carbon, UNEP, Perspective Series 2007
- [33] ÁVALOS, W. *Introducción a la Formulación y Gestión de Proyectos Ecuador*. 1999
- [34] UNEP. *CDM Information and Guidebook*. Diciembre, 2003.

- [35] OLADE. *El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) América Latina y El Caribe, Lecciones Aprendidas a Nivel Regional*. Enero, 2007.
- [36] OLADE / BID. *Guía para la evaluación de Impacto Ambiental de Centrales Hidroeléctricas*. Ecuador: Agosto, 1994.
- [37] THE WORLD BANK. *Carbon Finance for Sustainable Development: Carbon Finance Unit*. USA, 2006.
-