

**TESIS PROFESIONAL: LOS MINIPROYECTOS
HIDROELÉCTRICOS COMO UNA
ALTERNATIVA DE GENERACIÓN EN MÉXICO**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

RUBÉN MONTIEL GUEVARA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FEBRERO 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCG/SEAC/UTIT/071/09

DR. HUMBERTO GARDEA VILLEGAS

Presente

El señor RUBÉN MONTIEL GUEVARA de la carrera de INGENIERO CIVIL, me ha solicitado designar al profesor que le señale Tema de Tesis para su Examen Profesional.

En atención a esa solicitud ruego a usted se sirva formular el Tema solicitado y enviarlo a esta Dirección para comunicarlo oficialmente al interesado.

Doy a usted de antemano las más cumplidas gracias por su atención y le reitero las seguridades de mi consideración más distinguida.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 13 de Octubre del 2009.

EL DIRECTOR

MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA

 GGZ/RSU*gar.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Señor
RUBÉN MONTIEL GUEVARA
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor DR. HUMBERTO GARDEA VILLEGAS, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"LOS MINIPROYECTOS HIDROELÉCTRICOS COMO UNA ALTERNATIVA DE GENERACIÓN EN MÉXICO"

- INTRODUCCIÓN
- I. LOS MINIPROYECTOS HIDROELÉCTRICOS COMO ALTERNATIVA DE GENERACIÓN
 - II. ESTUDIO DE UNA REGIÓN COMO UNA PROPUESTA DE DESARROLLO DE MINIPROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
 - III. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS MINIPROYECTOS HIDROELÉCTRICOS PROPUESTOS.
 - IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 13 de Octubre del 2009.
EL DIRECTOR


MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA
GGZ/RSU/gar.

A Dios

***A mis padres:
Alicia y Rubén***

***A mis hijos:
Rebeca Alejandra y Rubén André***

***A mis hermanos:
Iván Oscar, Alicia Marcela y Alida***

A mis profesores

A mi Facultad

A mi Universidad

ÍNDICE GENERAL

Introducción.....	17
I. Los miniproyectos hidroeléctricos como alternativa de generación.....	21
I.1 Desarrollo de las turbinas hidráulicas.....	21
I.2 Aspectos positivos y negativos de la energía hidroeléctrica.....	24
I.3 Desarrollo de miniproyectos hidroeléctricos.....	26
I.4 Los miniproyectos hidroeléctricos en el mundo.....	30
I.5 Los miniproyectos hidroeléctricos en México.....	40
I.6 Referencias.....	44
II. Estudio de una región como una propuesta de desarrollo de miniproyectos hidroeléctricos.....	46
II.1 Climatología.....	46
II.2 Fisiografía.....	47
II.3 Hidrografía.....	49
II.4 Localización de los sitios de captación.....	56
II.5 Hidrometría.....	57
II.6 Gastos y volúmenes de diseño.....	58
II.7 Referencias.....	62
III. Evaluación económica de los miniproyectos hidroeléctricos propuestos.....	63
III.1 Esquema general de aprovechamiento.....	63
III.1.1 Obra de captación.....	63
III.1.2 Canal y/o túnel de conducción.....	64
III.1.3 Tanque de carga.....	66
III.1.4 Tubería a presión.....	70
III.1.5 Casa de máquinas.....	73
III.1.6 Equipo electromecánico.....	74
III.1.7 Línea de transmisión.....	74
III.2 Cálculo de la potencia y capacidad de generación.....	74
III.3 Volúmenes de obra.....	79

III.4 Presupuestos.....	80
III.5 Evaluación económica.....	82
III.6 Referencias.....	87
IV. Conclusiones y recomendaciones.....	89
IV.1 Conclusiones.....	89
IV.2 Recomendaciones.....	93



ANEXOS

ANEXO A. Figuras y gráficas

CAPÍTULO I

FIGURAS

- I.1 Turbinas tipo Francis en proceso de instalación.
- I.2 Rodetes de turbinas tipo Francis.
- I.3 Turbinas tipo Pelton.
- I.4 Turbinas tipo Kaplan.
- I.5 Vista exterior e interior de un miniproyecto hidroeléctrico.
- I.6 Vista exterior e interior de un miniproyecto hidroeléctrico.
- I.7 Miniproyectos hidroeléctricos: Sobre la margen de una corriente y en el extremo de una tubería a presión.

GRÁFICAS

- I.1 Capacidad instalada (MW) en 1999 en minicentrales en la Unión Europea y en países no miembros.
- I.2 Capacidad instalada (MW) en 1999 en minicentrales en países no miembros de la Unión Europea y de Europa del Este.
- I.3 Pronóstico de la capacidad instalada (MW) para 2015 en minicentrales en la Unión Europea y en países no miembros.
- I.4 Pronóstico de la capacidad instalada (MW) para 2015 en minicentrales en países no miembros de la Unión Europea y de Europa del Este.
- I.5 Resumen de posibilidades de miniproyectos hidroeléctricos en operación con un aumento de su capacidad, los que están fuera de servicio y los que no opera la CFE (MW).

CAPÍTULO II

FIGURAS

- II.1 Provincias fisiográficas de México.
- II.2 Río Actopan y sus afluentes.
- II.3 Río Bobos-Nautla y sus afluentes.
- II.4 Río Tecolutla y sus afluentes.

- II.5 Diagrama de las áreas de la subcuenca de un miniproyecto hidroeléctrico y de la aforada por una estación hidrométrica, localizada sobre una corriente común aguas abajo del miniproyecto.
- II.6 Diagrama de las áreas de la subcuenca de un miniproyecto hidroeléctrico, de un afluente y de la aforada por una estación hidrométrica localizada sobre una corriente principal, aguas arriba de la confluencia de ambos.

CAPÍTULO III

FIGURAS

- III.1 Arreglo típico de un miniproyecto hidroeléctrico.
- III.2 Obra de captación tipo (presa alpina).
- III.3 Principales características de las obras de conducción.
- III.4 Principales características de los tanques de carga.
- III.5 Perfil típico de tanque de carga, tubería a presión y casa de máquinas.

ANEXO B. Tablas

CAPÍTULO I

- I.1 Capacidad instalada en minicentrales (1999) y potencial eléctrico de los países de la Unión Europea, países no miembros y de Europa del Este.
- I.2 Pronóstico al año 2015 para pequeñas centrales hidroeléctricas, Europa.
- I.3 Pequeñas centrales en operación (CFE y CLFC).
- I.4 Minicentrales hidroeléctricas fuera de operación (CFE).
- I.5 Proyectos hidroagrícolas con posibilidades de equipamiento para generación de energía eléctrica con minicentrales (nivel de pre-factibilidad).
- I.6 Proyectos hidroagrícolas con posibilidades de equipamiento para generación de energía eléctrica con minicentrales (nivel de identificación).
- I.7 Resumen de posibilidades de miniproyectos hidroeléctricos en operación con un aumento de su capacidad, los que están fuera de servicio y los que no opera la CFE.

CAPÍTULO II

- II.1 Corrientes en estudio según su importancia hidrográfica.

- II.2 Características generales de las estaciones hidrométricas utilizadas.
- II.3 Estación hidrométrica Actopan II, gastos medios mensuales (m^3/s).
- II.4 Estación hidrométrica El Naranjillo, gastos medios mensuales (m^3/s).
- II.5 Estación hidrométrica Km 0+200, gastos medios mensuales (m^3/s).
- II.6 Estación hidrométrica Km 0+300, gastos medios mensuales (m^3/s).
- II.7 Estación hidrométrica Ídolos, gastos medios mensuales (m^3/s).
- II.8 Estación hidrométrica Puente Henríquez, gastos medios mensuales (m^3/s).
- II.9 Estación hidrométrica Libertad, gastos medios mensuales (m^3/s).
- II.10 Estación hidrométrica Martínez de la Torre, gastos medios mensuales (m^3/s).
- II.11 Estación hidrométrica Tecuantepec, gastos medios mensuales (m^3/s).
- II.12 Estación hidrométrica Santa Ana, gastos medios mensuales (m^3/s).
- II.13 Estación hidrométrica Remolino, gastos medios mensuales (m^3/s).
- II.14 Localización y áreas de las subcuencas de los miniproyectos hidroeléctricos.
- II.15 Relación de áreas y gastos de diseño de los miniproyectos hidroeléctricos.

CAPÍTULO III

- III.1 Dimensionamiento de canales de conducción.
- III.2 Dimensionamiento de túneles de conducción.
- III.3 Dimensionamiento de tanques de carga.
- III.4 Dimensionamiento de la tubería a presión.
- III.5 Cálculo de la carga neta.
- III.6 Cálculo de la potencia y generación.
- III.7 Características generales de los miniproyectos hidroeléctricos.
- III.8 Volúmenes de obra de la obra de captación.
- III.9 Volúmenes de obra de canales de conducción.
- III.10 Volúmenes de obra de túneles de conducción.
- III.11 Volúmenes de obra de tanques de carga.
- III.12 Volúmenes de obra de las casas de máquinas.
- III.13 – III.50 Presupuestos de obra de los miniproyectos hidroeléctricos.

III.51 Costos e índices económicos.

ANEXO C. Planos

CAPÍTULO III

III.1 Principales características de las obras civiles y electromecánicas de los miniproyectos hidroeléctricos.

Introducción.

Desde tiempo inmemorial el hombre ha requerido diversas formas de energía para satisfacer sus necesidades: iluminación, transporte, recreación, realizar trabajos pesados, mover objetos, etc. y en general, máquinas de todo tipo que realicen el trabajo en menor tiempo, con mayor eficiencia y a un menor costo.

Una de las formas de energía que ha contribuido a mejorar la calidad de vida actual es la energía eléctrica, con la cual funcionan infinidad de máquinas y dispositivos, desde un foco común en una casa-habitación hasta una supercomputadora en un instituto de investigación.

La electricidad se produce mediante diversos procesos de transformación de energía que se llevan a cabo en centrales hidroeléctricas, termoeléctricas, geotermoeléctricas, carboeléctricas, nucleoeeléctricas y eoloeléctricas. En el primer caso, se utiliza la conversión de la energía potencial de un almacenamiento de agua en energía cinética o de movimiento que es utilizada para impulsar el rodete de una turbina con lo que se le hace girar; acoplado a la flecha de la turbina se encuentra un generador que finalmente convierte la energía mecánica en eléctrica; una central termoeléctrica de tipo vapor es una instalación industrial en la que se utiliza el poder calorífico de combustibles derivados del petróleo (combustóleo, diesel y gas natural), para calentar agua y producir vapor con temperaturas del orden de los 520°C y presiones entre los 120 y 170 kg/cm² para impulsar las turbinas que giran a 3,600 r.p.m.

Una central carboeléctrica utiliza el poder calorífico de la combustión del carbón para mover las turbinas; asimismo, las centrales geotermoeléctricas utilizan la energía calorífica del vapor del subsuelo, las nucleoeeléctricas se valen de la energía de materiales radioactivos para la generación de electricidad y finalmente, las centrales eoloeléctricas aprovechan la fuerza del viento con los mismos fines.

La energía hidráulica tal vez sea una de la más antiguas con la que ha contado el hombre para el desarrollo de sus actividades productivas; las ruedas hidráulicas (una de las máquinas hidráulicas más antiguas) se utilizaron desde el tiempo de los romanos para la molienda de granos, en los aserraderos y como fuerza mecánica.

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX se desarrollaron en Europa las "pequeñas" centrales hidroeléctricas con el advenimiento de las turbinas modernas tipo Banki, Pelton, Francis y Kaplan.

En el siglo XX, a partir de la década de los años veinte, proliferó la construcción de grandes centrales hidroeléctricas en todo el mundo, así como de miniproyectos hidroeléctricos; la diferencia entre ambos, se hace tomando en cuenta la potencia instalada y su generación media anual.

El objetivo de esta tesis es hacer un análisis de las posibilidades de los miniproyectos hidroeléctricos como alternativa de generación para satisfacer las crecientes demandas del país, tanto de manera global como en zonas específicas; destacar sus ventajas, proponer y analizar un universo de este tipo de proyectos en una región; así como determinar, dentro de ellos, cuales son los más viables técnica y económicamente.

En el primer capítulo del presente trabajo se aborda el desarrollo histórico de las turbinas hidráulicas, desde su origen hasta nuestros días y las aportaciones de los principales inventores a su desarrollo: a partir de los trabajos del ingeniero francés Benoit Fourneyron hasta los de James B. Francis, Lester A. Pelton y Víctor Kaplan; enseguida se describen los diversos tipos de turbinas, sus principales características y aplicaciones prácticas.

A continuación y como algo inherente a la energía hidroeléctrica, se analizan sus aspectos positivos y negativos, así como los análisis que se requieren para el desarrollo de miniproyectos hidroeléctricos, los cuales deben centrarse en tres principales líneas de acción: Rehabilitar las centrales existentes, recuperar los recursos existentes (corrientes, canales, centrales fuera de operación, etc.) y construir nuevos proyectos.

Más adelante se proporciona una perspectiva del desarrollo de los miniproyectos hidroeléctricos en diversas regiones del mundo y su proyección al futuro: Norteamérica, Europa y Asia, se dan datos como su capacidad instalada, su distribución en los principales continentes, así como la importante aportación que brindan al total de la generación hidroeléctrica mundial. Asimismo, se mencionan las políticas que han seguido países como China, las cuales han permitido un desarrollo muy importante de esta alternativa de generación.

Por último se analiza el caso de México, se dan cifras de la producción hidroeléctrica, así como de la aportación de los miniproyectos hidroeléctricos a ésta; se mencionan las pequeñas centrales privadas, las operadas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la extinta Compañía de Luz y Fuerza del Centro (CLFC) y las que opera la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y que son susceptibles de equiparse para contribuir a la generación.

En el segundo de los capítulos se analiza una región de México para la construcción de miniproyectos hidroeléctricos, esta zona comprende las

cuencas hidrológicas adyacentes de los ríos Actopan, Bobos-Nautla y Tecolutla, los cuales desembocan al Golfo de México y abarcan una porción de los Estados de Veracruz y Puebla; la razón de haber seleccionado esta región es el hecho de que cuenta con uno de los sistemas de drenaje natural más importante del país.

Asimismo, se analizan la climatología, fisiografía e hidrografía de la zona, desde sus corrientes intermitentes hasta los principales ríos que dan su nombre a la cuenca y se determinan las estaciones hidrométricas que se utilizan para el cálculo de los gastos de diseño.

Por otro lado y, con base en las características fisiográficas de las cuencas, se ubica un universo de 38 miniproyectos hidroeléctricos, tomando en cuenta factores técnicos, así como su incidencia en zonas donde su construcción beneficie al mayor número de habitantes.

El siguiente aspecto por analizar lo constituye la hidrometría de los ríos y sus afluentes, se utilizan gastos medios anuales de las siguientes estaciones hidrométricas: sobre el Río Actopan, se localizan las estaciones de El Naranjillo y Actopan II y las de los Km 0+200 y Km 0+300 sobre los canales provenientes de las presas derivadoras de La Esperanza y Santa Rosa, respectivamente; sobre el Río Paso de la Milpa se encuentra la estación hidrométrica Ídolos. Sobre el Río Bobos-Nautla está la estación Martínez de la Torre, aforando su afluente el Río Alceseca está la de Puente Henríquez y la de Libertad sobre su afluente el Río Kilate; en el cauce principal del Río Tecolutla está la estación Remolino y la de Tecuantepec sobre el Río Zempoala, así como la estación Santa Ana sobre el Río Ajajalpan.

La determinación de los gastos para el diseño de las obras civiles y electromecánicas de los miniproyectos hidroeléctricos se hizo con base en las áreas aforadas y los gastos medios anuales de las estaciones hidrométricas y su relación con las áreas de los afluentes y las correspondientes a cada uno de los proyectos.

En el tercer capítulo y, con base en los gastos de diseño determinados en el capítulo anterior, se determinan las características específicas de cada proyecto: sección y longitud de los canales y/o túneles de conducción; dimensiones del tanque de carga; diámetro, espesor y longitud de la tubería a presión; dimensiones de la casa de máquinas; características del equipo electromecánico (turbina y generador) y longitud de la línea de transmisión. Asimismo, se calcula la potencia y la generación neta anual de cada miniproyecto hidroeléctrico, se cuantifica la obra civil y mecánica y se calcula el presupuesto general.

Para determinar del total de los proyectos propuestos cuales son viables desde un punto de vista económico, se hace una evaluación con base en tres parámetros: El costo del kiloWatt-hora nivelado, la relación Beneficio/Costo y el Período de Recuperación de la Inversión.

Tomando en cuenta todo lo vertido y como último capítulo del presente trabajo, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

Es el deseo del autor que esta tesis aporte información importante y de interés para que continúen los estudios y proyectos en esta misma línea de acción, es decir, ver a los “Miniproyectos hidroeléctricos como una alternativa de generación en México”.

I. Los miniproyectos hidroeléctricos como alternativa de generación.

En el presente capítulo se verá el desarrollo histórico de las turbinas hidráulicas, desde su origen hasta nuestros días, así como las aportaciones de los principales inventores a su desarrollo. A continuación se hará un recuento de los aspectos positivos y negativos de este tipo de generación de energía eléctrica.

Los aspectos inherentes al desarrollo de los miniproyectos hidroeléctricos se abordarán en el subcapítulo I.3. Por último, se dará una visión global de los miniproyectos hidroeléctricos en el resto del mundo y en México y se analizarán las grandes ventajas que representa este tipo de proyectos.

Dentro de las centrales hidroeléctricas se han establecido "categorías", en función de la potencia instalada y su capacidad de generación; sin embargo, no existe un consenso mundial acerca de los límites para determinar si un proyecto se encuentra dentro de una u otra categoría. En esta tesis se utilizará la convención de que un miniproyecto hidroeléctrico es aquel cuya potencia instalada no rebasa los 10 MW.

I.1 Desarrollo de las turbinas hidráulicas.

Para estudiar el desarrollo de estas máquinas hidráulicas, es necesario remontarse hasta 3,000 años a. C. cuando se utilizaron en Egipto, India, China y Siria y posteriormente en Grecia y Roma para la molienda de granos.

Aproximadamente en el año 150 a. C. Herón de Alejandría inventó la primera turbina de vapor; sin embargo, no tuvo ninguna aplicación práctica, ya que sólo se le visualizó como una novedad.

La primera turbina, similar a las que se conocen hoy en día, fue inventada por el investigador alemán Andreas Segner en el año de 1750, quien debe haber tomado elementos de la turbina de Herón.

Fue durante el incipiente desarrollo de la industria en Europa, entre los años 1800 y 1850, que la necesidad de producir grandes cantidades de energía se incrementó rápidamente; ésta se satisfizo principalmente con máquinas a vapor que quemaban carbón, debido a que aun no se inventaban las líneas de transmisión, factor definitorio sobre la factibilidad de construir una central hidroeléctrica.

Hacia principios del siglo XX el húngaro Banki diseñó un tipo de turbina de flujo cruzado.

Por otro lado, Francia que cuenta con un gran potencial hidráulico, encaminó sus esfuerzos a cubrir sus necesidades de energía utilizando de manera profusa las ruedas hidráulicas. En un inicio, éstas funcionaban de manera lenta y no admitían altas cargas, por lo que surgió la necesidad de diseñar una máquina más rápida y eficiente.

En 1833 el ingeniero francés Benoit Fourneyron presentó el primer diseño práctico de una turbina de reacción, con base en las ideas de su maestro Claude Burdin, un brillante teórico que carecía de la habilidad de construir sus diseños y quien fue el que acuñó el término “turbina”, que todavía hoy se utiliza.

Debido a lo anterior, se desarrolló la turbina hidráulica y gracias a su utilización, Francia se convirtió rápidamente en la nación industrializada líder; el resto de los países europeos adoptarían a su vez esta tecnología.

En este punto, es imperante hablar de los tres principales inventores que a lo largo de la historia de las turbinas hidráulicas impulsaron con sus diseños el mayor y más importante desarrollo de estas máquinas: James B. Francis (1815-1892, inglés), Lester A. Pelton (1829-1908, estadounidense) y Víctor Kaplan (checo, Imperio Austro-Húngaro), quienes presentaron sus trabajos en los años de 1847, 1889 y 1914, respectivamente; la denominación de las turbinas conserva el apellido de su inventor.

Víctor Kaplan diseñó primeramente una turbina de aspas fijas o de “hélice” y después una de aspas móviles o “Kaplan”; existe un tipo intermedio: de hélice semi-regulada.

Gracias a estos avances tecnológicos y al crecimiento acelerado de la demanda de energía, Europa se convirtió en un líder mundial en la fabricación y desarrollo de las turbinas hidráulicas, las cuales rápidamente substituyeron a las máquinas a vapor y se convirtieron en la más importante fuente de energía.

La turbina tipo Francis es de reacción, radioaxial, generalmente centrípeta; los álabes directrices del distribuidor son móviles y son accionados por el regulador de la turbina, lo que hace variar el gasto, con lo que es capaz de adaptarse a los cambios en la demanda. Los álabes del rodete son fijos, se utiliza para cargas de bajas a medias (de 25 a 380 m, aproximadamente) y gastos medios (de 30 a 200 m³/s). La presión es variable desde la entrada al rodete hasta el final del tubo de aspiración, su eficiencia es sensible a las variaciones del gasto y la carga y su eje normalmente es vertical. Su curva de eficiencia en diferentes

condiciones de gasto es plana y mejora para cargas altas, no así para las bajas; es una de las turbinas que se fabrica con más frecuencia (Figuras I.1 y I.2, Anexo A).

Por su parte, la turbina tipo Pelton es de impulso y acción tangencial, el agua se dirige hacia el rodete por chiflones (para el tipo horizontal, son generalmente dos como máximo; si es vertical, hasta seis u ocho). Se utiliza para cargas altas (de 150 a 2,200 m) y gastos bajos (por debajo de los 30 m³/s); trabaja a la presión atmosférica. Su eficiencia es ligeramente sensible a los cambios de gasto y en mayor medida a las variaciones en la carga. Es común instalarla en zonas montañosas; es una turbina robusta relativamente fácil de usar, su curva de eficiencia es plana aun cuando existan variaciones en el gasto (Figura I.3, Anexo A).

La turbina de hélice es de reacción, radioaxial y centrípeta; su propela tiene los álabes fijos. Es ideal para gastos importantes (hasta unos 500 m³/s) y cargas bajas (menores a los 30 m). La presión a la que trabaja es variable y fue la primera versión inventada por el checo Víctor Kaplan. Esta turbina se instala frecuentemente cuando se deben sustituir viejas turbinas Francis que trabajaban con cargas bajas.

El siguiente tipo es la turbina de reacción Kaplan (o doblemente regulada), es radioaxial; los álabes de la propela son móviles, los cuales se mueven automáticamente en función de las condiciones de operación, esto permite que la eficiencia se mantenga prácticamente constante. Es adecuada para condiciones de grandes gastos (hasta unos 500 m³/s) y cargas bajas (menores a los 80 m). Su tecnología (de hélice doblemente regulada) es la más avanzada y, por tanto, la más cara en cuanto a su fabricación y mantenimiento; sin embargo, se ha utilizado frecuentemente debido a su alta eficiencia en un amplio rango de condiciones de gasto y su gran capacidad para producir más energía que los otros tipos cuando existen variaciones en el gasto. Debido a que su diseño es complejo, no todos los fabricantes de turbinas la producen (Figura I.4, Anexo A).

La turbina de hélice semi-regulada tiene un mecanismo que ajusta el ángulo de los álabes del rodete únicamente, los álabes directores son fijos. Se puede utilizar cuando no existen variaciones importantes en el flujo de agua, en estas condiciones tiene características de eficiencia similares a las de la turbina tipo Francis.

Finalmente, existen dos tipos más de turbinas: Reiffenstein (que cuenta con rodete Francis o Kaplan, sin distribuidor) y de Bulbo (tiene el rodete tipo Kaplan sin espiral de alimentación).

El punto de máxima eficiencia de una turbina rara vez se encuentra en la condición de gasto máximo; en el caso de las turbinas Francis es aproximadamente el 80% y para las Kaplan entre el 60 y 70%.

La curva de eficiencia de las turbinas Kaplan es plana y suave, pero para el caso de la turbina Francis, de diseño más simple, es difícil obtener una curva así, a menos que se tengan grandes cargas. Cuando se tienen cargas por arriba de los 200 m, la curva de eficiencia de una turbina Francis es similar a la de una Kaplan, aunque esta última funciona con cargas mucho menores. La eficiencia de las turbinas tipo Pelton es muy sensible a la variación de las cargas, pero esto no constituye un problema ya que trabajan con cargas prácticamente constantes.

Las turbinas que dominan el mercado son los tipos Francis y Kaplan; cuando se tienen condiciones de grandes cargas, también se deben tomar en cuenta la tipo Pelton.

I.2 Aspectos positivos y negativos de la energía hidroeléctrica.

La generación hidroeléctrica mundial anual es de aproximadamente 2,600 TWh, que representan el 20% de la demanda total mundial; la hidroelectricidad es una de las fuentes renovables de energía más confiable y más económica. Con base en estadísticas, se puede afirmar que ocupa el primer lugar entre las fuentes renovables de energía y lo seguirá siendo durante mucho tiempo.

Los porcentajes de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables son los siguientes:

Grandes centrales hidroeléctricas > 10 MW: 86%
Pequeñas centrales hidroeléctricas < 10 MW: 8.3%
Energía solar y eólica: 0.6%
Geotérmica: 1.6%
Biomasa: 3.5%

La minihidroelectricidad, por su parte, contribuye a la capacidad eléctrica mundial con 61 GW, aproximadamente.

Es importante hacer un recuento de las ventajas de esta tecnología de generación.

En primer lugar, la hidroelectricidad desplaza la utilización de combustibles fósiles que son recursos no renovables (aproximadamente 1,925 barriles equivalentes de petróleo por cada GWh); asimismo, evita la emisión de

contaminantes a la atmósfera (835 ton de CO₂, por cada GWh de electricidad generado) los cuales agudizan los problemas del efecto invernadero y cambios climáticos del globo terráqueo.

Como ejemplo de lo anterior, se tiene que en el año de 1995 se produjeron en Europa 37 TWh con hidroelectricidad con lo que se evitó la emisión de 30,000,000 toneladas de bióxido de carbono; 100,000 toneladas de bióxido de azufre; 85,000 toneladas de óxidos nitrosos y 1,850,000 toneladas de ceniza fina y otro tipo de polvos.

Como una segunda ventaja, se tiene la reducción de los riesgos por inundaciones, ya que cuando se tiene un adecuado mantenimiento y operación de los vasos de almacenamiento y las presas, éstos funcionan como reguladores o de control de avenidas.

Asimismo, la energía hidroeléctrica funciona como una excelente energía base, lo que la convierte en una fuente muy flexible para satisfacer la demanda en las horas pico.

Por otra parte, con la construcción de miniproyectos hidroeléctricos se puede crear un sistema eléctrico más diversificado que proporcione energía a las redes más pequeñas cercanas al proyecto; con esto se reducirían sustancialmente las interrupciones del servicio en las localidades alejadas de los grandes centros de población (Figuras I.5, I.6 y I.7, Anexo A).

No obstante que la hidroelectricidad es una tecnología muy noble, es importante puntualizar sus aspectos negativos.

En el caso de grandes proyectos hidroeléctricos el impacto en el entorno ecológico es muy importante debido a los efectos del vaso de almacenamiento, la cortina y el cambio en el régimen de escurrimiento de la corriente. Todos estos factores se deben evaluar con mucho detenimiento para obtener la solución óptima.

Específicamente, para los pequeños proyectos hidroeléctricos, es de suma importancia evaluar su impacto visual, ya que cuando se tiene un entorno donde no existen obras creadas por el hombre, este concepto adquiere una gran relevancia.

La biodiversidad del entorno se ve afectada si no se toman las medidas adecuadas y necesarias durante la construcción y operación de una minicentral. Uno de los aspectos más relevantes a este respecto es el que la presencia de la central puede destruir las rutas de migración de ciertas especies de peces, las cuales pueden llegar a desaparecer, lo que permitirá que

otras especies proliferen, finalmente esto generará un desequilibrio en la cadena alimenticia.

Por otro lado, la central produce ruido, lo cual en las áreas rurales puede ser un factor determinante para la viabilidad de la construcción de un proyecto.

Adicionalmente a las desventajas mencionadas, se debe abordar el tema de que el desarrollo de miniproyectos hidroeléctricos compite con actividades como recreación y turismo, agricultura y explotación maderera (debido a que con la formación del vaso de almacenamiento se inundan tierras fértiles); agua potable (pueden existir conflictos por el uso del agua) y transporte (conflictos cuando se utilizan las vías fluviales para transporte de bienes y personas).

No obstante todo lo anterior, las críticas por el impacto negativo de los miniproyectos hidroeléctricos en muchas ocasiones se basan más en suposiciones que en estudios interdisciplinarios serios.

Con respecto a la migración de peces, se han desarrollado tecnologías para dotar a los proyectos con rutas alternas para su desplazamiento seguro. Se deben hacer esfuerzos serios para preservar la naturaleza cuando se construyan nuevos proyectos; incluso, se pueden aprovechar para la creación de zonas de recreación.

Tomando en cuenta todo lo vertido en este subcapítulo, es evidente que las ventajas de los miniproyectos hidroeléctricos superan a sus desventajas, siempre y cuando se tomen las medidas necesarias para mitigar o eliminar los posibles efectos negativos sobre el entorno, derivados de la construcción y operación de la central.

I.3 Desarrollo de miniproyectos hidroeléctricos.

Los estudios tendientes al desarrollo de miniproyectos hidroeléctricos se deben enfocar en tres vertientes:

1. Rehabilitar las centrales existentes.
2. Recuperar los recursos existentes (corrientes, canales, centrales fuera de operación, etc.).
3. Construir nuevos proyectos.

Con respecto al primer punto y debido principalmente a su antigüedad, un porcentaje de las pequeñas centrales existentes requiere de una rehabilitación para mejorar su funcionamiento y/o aumentar su producción; de este aspecto se hablará de manera más extensa en los siguientes subcapítulos.

En lo relacionado a los puntos 2 y 3, como se mencionó en el subcapítulo anterior, existen posibles obstáculos a los que se debe enfrentar el desarrollo de miniproyectos hidroeléctricos. Éstos pueden ser de dos tipos: Los que se pueden resolver con una comunicación adicional entre las partes involucradas y los que generalmente dependen de opiniones y actitudes más básicas y fundamentales.

Cuando existen conflictos a medida que se desarrolla el proyecto, éstos no se resolverán por el hecho de realizar estudios más a fondo, sino que deben analizarse y resolverse directamente durante los procesos de planeación, programación y licitación y se determinen sus causas, esto ayudará a que el personal responsable de tomar las decisiones entienda la problemática y logre un balance entre los diversos intereses.

Existen diferentes maneras de evitar conflictos o hacer ajustes para satisfacer toda la gama de intereses, lo ideal sería diseñar un proyecto de tal manera que se evitaran conflictos, lo cual en la mayoría de los casos no es posible.

Con respecto a los problemas que surgen si se toma en cuenta la protección ambiental, debe visualizarse que ésta en muchos casos se relaciona con el hecho de que la corriente mantenga un gasto mínimo reservado para la recuperación ecológica y la recreación. Asimismo, es necesario evaluar cuidadosamente los impactos al paisaje y a la pesca, así como los posibles conflictos por el uso del agua para el abastecimiento de las comunidades.

Dos aspectos muy importantes son el factor económico, debido a la posible incertidumbre de los precios de los materiales y equipos, así como el marco legal para el desarrollo de políticas acerca de los recursos renovables.

Por último, se deben tomar en cuenta los trámites burocráticos que pueden llegar a consumir mucho tiempo, lo que incidirá en el impacto del costo del proyecto; así como el marco legal para su diseño, construcción y operación.

En todos los casos se deben ponderar las ventajas y desventajas por la construcción de un proyecto.

Tomando en cuenta la visión a futuro para el desarrollo de miniproyectos hidroeléctricos, es importante señalar que éstos frecuentemente se encuentran cerca de centrales existentes, por lo que es importante que éstas últimas se rehabiliten o aumenten su potencia para cumplir con las demandas modernas de seguridad.

En cuanto a los materiales a ser utilizados en un futuro en los diferentes componentes de los miniproyectos hidroeléctricos, mencionaremos que el canal

de llamada que tradicionalmente se construye de concreto puede contar con un recubrimiento interior de fibra de vidrio para mejorar su funcionamiento.

Debido a ciertas condiciones topográficas, frecuentemente es necesario diseñar el canal de llamada de una central como un conducto a presión, los cuales se fabrican de diversos materiales: acero, madera, concreto, fibra de vidrio reforzada, etc.; no ha habido cambios importantes en el diseño de compuertas y rejillas.

El material que predomina para la construcción de la casa de máquinas es el concreto reforzado.

Durante el siglo XX la utilización de la energía hidráulica se caracterizó por un desarrollo tecnológico continuo, es así como actualmente se cuenta con técnicas avanzadas por medio de computadora (cálculo de la dinámica del flujo) con las que se pueden calcular y representar gráficamente las líneas de flujo aguas arriba, aguas abajo y a través de una turbina con un muy buen grado de aproximación.

Las turbinas han alcanzado eficiencias del 95 al 96% y los generadores del 98 al 99%, por lo que es de esperarse que en un futuro las eficiencias aumenten muy poco. Por tanto, el trabajo de investigación se debe enfocar, en gran medida, a mejorar el diseño y construcción de los miniproyectos hidroeléctricos y de esta manera reducir los costos de fabricación de las partes esenciales, así como simplificar su operación y mantenimiento.

Con esta idea en mente, se han probando materiales compuestos con la suficiente resistencia y durabilidad para competir con los materiales tradicionales a un costo más bajo. Asimismo, se han encaminado esfuerzos para la utilización de cargas bajas las cuales son difíciles de aprovechar, ya que el tamaño de la turbina se incrementa cuando la carga disminuye, por lo que las cargas por debajo de los 2.5 o 3 m no se aprovechan si se utilizan las técnicas convencionales para turbinas.

Se han realizado estudios para que se incremente la velocidad del impelente de las turbinas semi-Kaplan con la idea de eliminar la caja de engranajes entre la turbina y el generador; algunos prototipos ya están en funcionamiento y los resultados obtenidos son prometedores. Esta técnica, que se ha venido mejorando desde hace 15 años, pretende incrementar las revoluciones por minuto de la turbina cuando la carga es baja, a expensas de la eficiencia; de esta manera es posible utilizar generadores standard que son una solución con un costo menor.

Las cajas de engranaje no son muy apreciadas por los operarios de las hidroeléctricas debido a que son muy ruidosas y tienen una vida útil corta; antiguamente todas las centrales se construían con generadores de baja velocidad y accionamiento directo, los cuales eran muy caros. Debido a factores económicos, los generadores de baja velocidad han sido remplazados por el concepto de generador/caja de engranaje de alta velocidad, debido a que es un arreglo mucho más barato. La diferencia en eficiencia es despreciable, ya que el generador de alta velocidad tiene una eficiencia 1.5% mayor que compensa lo que se pierde en la caja de engranaje.

Normalmente en centrales con una capacidad de hasta 2 y 3 MW se utilizan generadores asíncronos si las condiciones de la red eléctrica no requieren que la planta opere en su propia red. Para centrales entre 3 y 10 MW se utilizan generalmente generadores síncronos; la tecnología de todos estos generadores ya ha sido plenamente desarrollada en el siglo XX, por lo que no se espera que se tengan logros adicionales en cuanto a su eficiencia; las investigaciones se enfocan al uso de nuevos materiales.

No obstante lo anterior, se ha desarrollado recientemente un nuevo tipo de generador en Suecia que permite prescindir del uso del transformador, ya que produce la energía eléctrica al mismo voltaje que el de la red eléctrica; para su fabricación se utilizan cables de alta tensión en el embobinado del estator. Este tipo de equipo permite ahorros importantes en los costos de operación y mantenimiento con respecto al esquema tradicional generador-transformador.

Con respecto a los equipos de potencia y control, no se prevén muchos cambios para el futuro; el equipo de potencia es estándar; sin embargo, un gran avance tecnológico son los equipos de control remoto operados por computadora.

Para los miniproyectos hidroeléctricos, algunos de los conceptos de mayor costo son la operación y el mantenimiento, por lo que se han hecho esfuerzos para evitar numerosas y largas visitas a las centrales o el tener personal adscrito permanentemente; esto se logra utilizando componentes industriales estándar, equipo modular estandarizado, así como modernas tecnologías y dispositivos de monitoreo altamente automatizados capaces de analizar la causa de algún error en el sistema y reportarla vía Internet.

Una manera interesante y económica de monitorear las centrales es instalar una o varias “cámaras-web” que envían imágenes frecuentemente a una página en Internet y un micrófono, así el operador puede comprobar la situación de la central dondequiera que esté y por medio del micrófono escuchar si existen sonidos inusuales en la central que denoten algún problema de funcionamiento. En esa página también se pueden mostrar otros parámetros, como son: producción, nivel del agua, horas de operación, etc.

Por otra parte, se estima que el mercado mundial para los miniproyectos hidroeléctricos es muy prometedor debido a que se requerirán nuevos equipos para sustituir los de combustión interna de un número importante de centrales.

Las autoridades en los diversos países pueden apoyar el desarrollo de miniproyectos hidroeléctricos tomando las siguientes medidas, entre otras: simplificar los procedimientos de licitación, principalmente cuando se requiera rehabilitar un sitio abandonado, crear un marco legal estable y congruente con las necesidades del país e implementar un sistema de precios benéfico para las inversiones en el sector.

Los miniproyectos hidroeléctricos representan una fuente de trabajo para la población local en áreas remotas al utilizarse los materiales y mano de obra de la zona. Por otro lado, la construcción de pequeños proyectos cerca de las comunidades en regiones ideales debido a su topografía, geología e hidrología y que en muchos casos carecen del servicio de energía eléctrica o tienen importantes deficiencias del mismo, evitaría grandes inversiones para la construcción de infraestructura de transmisión y transformación de la energía eléctrica. Además, las condiciones orográficas e hidrológicas de vastas regiones, en el caso de México, son propicias para la construcción de este tipo de proyectos; una ventaja adicional es que la hidroelectricidad utiliza un recurso renovable como es el agua y la contaminación provocada es prácticamente nula.

En esta época en la que se requieren actualizar las políticas energéticas para cubrir las crecientes necesidades del país, es necesario analizar con detenimiento un cambio de enfoque; es decir, se deben construir no únicamente grandes proyectos como: Infiernillo, Chicoasén, Malpaso, Aguamilpa, La Angostura, Zimapán, Huites, La Villita, El Cajón, etc., sino considerar la importante aportación de la minihidroelectricidad a la generación media anual del país. De todo lo anterior y, como se verá más adelante, se puede afirmar que este tipo de generación de energía eléctrica es un gran recurso que aun tiene muchas posibilidades de aprovechamiento en México. Esta aseveración nos lleva a plantear la necesidad de crear una estrategia nacional para explotar estos recursos de manera racional.

I.4 Los miniproyectos hidroeléctricos en el mundo.

En este subcapítulo se analizará la presencia e influencia de los miniproyectos en el mundo con relación a la producción eléctrica mundial.

En Norteamérica (el caso de México se verá más adelante) y específicamente en Canadá, existen 475 centrales hidroeléctricas, de las cuales 242 tienen una capacidad de generación menor a los 10 MW y representan el 3% de la capacidad hidroeléctrica total. Canadá genera aproximadamente 353 TWh/año de hidroelectricidad, valor que se acerca al 60% de su producción eléctrica total. Con una capacidad instalada de 69,205 MW (en el año 2002), es el mayor productor de hidroelectricidad en el mundo (13% de la producción total), por arriba de países como Estados Unidos, Brasil, China y Rusia.

Se tienen instalados aproximadamente 2,000 MW en miniproyectos hidroeléctricos. La Compañía de Generación de Energía de Ontario tiene 67 centrales hidroeléctricas en toda la provincia; aproximadamente la mitad de éstas tienen una capacidad de generación por debajo de los 10 MW y contribuyen en un 6% a la generación total de esta provincia.

La empresa Transalta opera prácticamente todas las minicentrales hidroeléctricas en la provincia de Alberta, las cuales contribuyen con el 5% de la generación total. En el caso de las provincias de Nueva Escocia y Nueva Brunswick, cada una de ellas cuenta con 40 minicentrales en operación, las que aportan el 11% y 20% de la generación total, respectivamente.

Recientemente se ha realizado un inventario de sitios probables para desarrollar miniproyectos hidroeléctricos en Canadá, lo que ha arrojado un total de 5,500 sitios técnicamente factibles y que representan un potencial de aproximadamente 11,000 MW; sin embargo, únicamente el 15% de esta potencia sería económicamente factible bajo las presentes condiciones socioeconómicas y con la tecnología actual. Si los costos del capital se pudieran reducir entre un 10 y un 15%, lo cual se lograría con un mayor desarrollo tecnológico, se podrían explotar 2,000 MW adicionales con base en miniproyectos hidroeléctricos.

En el caso de Estados Unidos, de sus 6,356 grandes presas, 1,649 son para control de avenidas, 1,160 para abastecimiento de agua potable, 899 para recreación y 612 son hidroeléctricas. Unas 248 producen energía hidroeléctrica como una función secundaria; existen aproximadamente 3,000 MW de capacidad en miniproyectos hidroeléctricos en operación y se planea producir 40 MW más.

Para Sudamérica se tiene que en el año de 1995 Argentina contaba con 67 minicentrales hidroeléctricas con una capacidad total de 84 MW; Brasil tenía 253 centrales con una capacidad total de 473.71 MW y Ecuador 78 proyectos con una capacidad total de 25.94 MW.

En Europa, la Asociación Europea de la Pequeña Hidroelectricidad (ESHA, por sus siglas en inglés) ha publicado el “Estudio estratégico para el desarrollo de la pequeña hidroelectricidad en la Unión Europea”, los datos que se publican en este documento, se obtuvieron con información de 13 miembros de la Unión Europea (Austria, Bélgica, Reino Unido, Finlandia, Alemania, Grecia, Irlanda Italia, Portugal, España, Francia, Dinamarca y Suecia), tres de Europa Occidental no miembros (Suiza, Noruega e Islandia) y 10 de Europa del Este (República Checa, Estonia, Hungría, Letonia, Lituania, Montenegro, Polonia, Eslovaquia, Eslovenia y Turquía, se tiene información adicional de Holanda, Luxemburgo, Croacia y Rumania).

Existen aproximadamente 17,456 pequeñas centrales hidroeléctricas instaladas en 30 países, con una potencia total de 12,587 MW (igual al 1.8% de la capacidad instalada total) y cuyo tamaño promedio es de 0.7 MW en Europa Occidental y 0.3 MW en los países del este. En promedio, se tiene una producción total de 50,279 GWh/año, lo cual corresponde al 7.1% de la producción hidroeléctrica total de Europa (Tabla I.1, Anexo B).

Una gran parte de la capacidad instalada (11.8 GW), corresponde a países de Europa Occidental, el 86% de ésta se concentra en ocho países: Austria, Francia, Alemania, Italia, España, Suecia, Suiza y Noruega. Con respecto a los países de Europa del Este, únicamente la República Checa con 250 MW de potencia instalada, aporta casi el 34% de la capacidad total.

Las pequeñas centrales de la Unión Europea son las más viejas, casi el 47% de ellas tiene más de 60 años de edad y el 68% más de 40; por otro lado, el 36.4% de las centrales del este, tienen menos de 20 años de edad.

El potencial de miniproyectos hidroeléctricos en Europa históricamente ha sido considerable, sin embargo desde 1950 se ha visto disminuido en algunos países, debido principalmente al cierre de centrales a causa de su edad y a que compiten con centrales de mayor capacidad. Si entraran en funcionamiento nuevamente estas centrales y se aumentara la capacidad de las que se encuentran en funcionamiento, la capacidad total técnicamente factible se incrementaría en 2,921 MW (10,952 GWh anuales); sin embargo, si se toman en cuenta restricciones de índole económica y ambiental, los valores anteriores se convierten en 1,382 MW y 5,676 GWh/año, respectivamente. De acuerdo con el estudio mencionado, el potencial técnicamente factible para nuevos miniproyectos hidroeléctricos en Europa es de 14,268 MW (55,525 GWh/año); los totales de la capacidad y generación media anual, tomando en cuenta las restricciones mencionadas, son 6,712 MW y 29,127 GWh anuales, respectivamente (Tabla I.1, Anexo B).

Haciendo una estimación hacia el año 2015, la capacidad total en Europa sería de 15,784 MW (25.40% más que en 1999) y la producción anual correspondiente 64,892 GWh (lo que representa un incremento de un 29.06%) (Tabla I.2, Anexo B).

Los datos individuales referentes a minicentrales en algunos países de Europa son los siguientes:

El país con la mayor contribución para la generación media anual de Europa en cuanto a minihidroelectricidad es Italia que en 1999 tenía 2,209 MW de potencia instalada (Gráfica I.1, Anexo A) en 1,668 miniproyectos hidroeléctricos y que generaban 8,320 GWh anuales. El potencial eléctrico en aquel entonces, tomando en cuenta restricciones de índole técnica únicamente, era de 700 MW (31.69% más) y 2,500 GWh anuales para la rehabilitación de centrales y de 1,300 MW (58.85% mayor) y 4,800 GWh para la construcción de nuevos proyectos. Si se toman en cuenta restricciones económicas y ambientales, las estimaciones de potencia y generación por concepto de rehabilitación y nuevos proyectos son: 140 MW (6.34%) y 500 GWh de generación media anual y 500 MW (22.63%) con 1,850 GWh, respectivamente (Tabla I.1, Anexo B).

Se estima que hacia 2015 Italia tenga instalados 2,550 MW (15.44% más que en 1999) para una producción de 9,600 GWh anuales (Gráfica I.3, Anexo A; Tabla I.2, Anexo B).

Francia, como segundo lugar en aportaciones a la minihidroelectricidad en el año de 1999, contaba con 1,700 minicentrales con una capacidad total de 1,977 MW (Gráfica I.1, Anexo A) y 7,100 GWh/año de producción. El potencial con restricciones técnicas, con base en la rehabilitación de las centrales, era de 300 MW (15.17% mayor) y 1,200 GWh/año; para la construcción de nuevos proyectos los potenciales eran de 1,500 MW (incremento de un 75.87%) y 6,000 GWh.

Con restricciones económicas y ambientales Francia contaba con un potencial por concepto de rehabilitación de sus centrales de 300 MW (15.17% mayor) y 1,200 GWh anuales; la generación media anual para el caso de la construcción de nuevos proyectos se situaría en los 4,000 GWh, con base en una capacidad instalada adicional de 1,000 MW (50.58% de incremento) (Tabla I.1, Anexo B).

Según estimaciones de la Asociación Europea de la Pequeña Hidroelectricidad (ESHA, por sus siglas en inglés), para el año 2015 Francia contará con 2,750 MW (39.10% más que en 1999) y una producción anual de 11,000 GWh, para convertirse en el país con la mayor aportación de minihidroelectricidad en el viejo continente (Gráfica I.3, Anexo A; Tabla I.2, Anexo B).

En 1999, España era el tercer productor de energía eléctrica con minicentrales, tenía 1,056 de ellas y su capacidad total era de 1,548 MW con una producción total anual de 5,390 GWh (Gráfica I.1, Anexo A); el potencial, con base en restricciones técnicas, era de 100 MW (6.46% más) y 350 GWh debido a rehabilitaciones y de 2,419 MW (56.27% mayor) y 7,800 GWh por construcción de nuevos proyectos.

El potencial eléctrico de España, tomando en cuenta las restricciones económicas y ambientales, era de 100 MW adicionales (6.46 % de incremento) con una generación media anual de 350 GWh; para el caso de la construcción de nuevos proyectos, se tendrían 1,000 MW (64.6% adicional) y 3,224 GWh (Tabla I.1, Anexo B). Se estima contar con 2,248 MW de capacidad hidroeléctrica en pequeños proyectos para el año 2015 (Gráfica I.3, Anexo A) (un incremento del 45.22%, con respecto al año de 1999), con los que se generarían 7,560 GWh anuales (Tabla I.2, Anexo B).

Alemania contaba en 1991 con un potencial teórico de generación hidroeléctrica de 120,000 GWh/año, su potencial de generación técnicamente factible era de 25,000 GWh/año y el de generación económicamente factible 20,000 GWh/año, aproximadamente. Hasta ahora se ha utilizado el 64% del potencial técnicamente factible; la capacidad instalada de todas las centrales en operación en Alemania era en 1991 de 114,068 MW, de los cuales 4,304 MW eran generados por la hidroelectricidad y ya en 1993 existían 311 grandes presas en operación.

En 1999 existían en Alemania 5,625 miniproyectos hidroeléctricos con una capacidad total aproximada de 1,502 MW (véase la Gráfica I.1, Anexo A), la generación media anual fue de 6,253 GWh; bajo restricciones técnicas, el potencial de este país se situaría en 350 MW (23.30% mayor) y 1,300 GWh por rehabilitación de centrales y 1,100 MW (73.23%) y 4,000 GWh por construcción de nuevos proyectos.

Con restricciones económicas y ambientales y con base en una rehabilitación de las centrales existentes, Alemania contaría con 210 MW adicionales (13.98%) y 800 GWh de producción anual. En cuanto a la construcción de nuevos proyectos, se tendrían 240 MW (15.98%) y 900 GWh (Tabla I.1, Anexo B). Se prevé que para el año 2015 se tengan instalados 1,700 MW (13.18% más que en 1999), para una producción anual de 7,000 GWh (Gráfica I.3, Anexo A; Tabla I.2, Anexo B).

Suecia contaba en 1999 con una potencia de 1,050 MW instalada en minicentrales (Gráfica I.1, Anexo A) y distribuida en 1,615 proyectos que generaban 4,600 GWh anuales; la rehabilitación y construcción de minicentrales bajo restricciones técnicas, arrojaría las siguientes cifras: 300

MW (28.57% más) y 1,200 GWh, así como 700 MW (66.67%) y 3,000 GWh, respectivamente.

Las restricciones económicas y ambientales darían como resultado, en el caso de la rehabilitación de centrales, 150 MW (14.29%) y 700 GWh; por su parte la construcción de nuevas centrales representaría 300 MW (28.57%) adicionales y 1,200 GWh al año (Tabla I.1, Anexo B). Se estima que para el año 2015, Suecia generará anualmente 5,400 GWh con una capacidad instalada de 1,250 MW (19.05% mayor que en el año de 1999) (Gráfica I.3, Anexo A; Tabla I.2, Anexo B).

Otro país nórdico, pero que no es miembro de la Unión Europea, es Noruega que generaba anualmente en 1999 unos 4,305 GWh con una potencia instalada de 941 MW en 547 centrales (Gráfica I.2, Anexo A); la rehabilitación de sus proyectos bajo restricciones técnicas arrojaría 180 MW (19.13%) y 800 GWh, así como 2,300 MW (144.42%) y 10,000 GWh anuales por construcción de nuevos proyectos.

Las restricciones económicas y ambientales darían como resultado 110 MW adicionales (11.69%) y 500 GWh de generación media anual; la construcción de nuevos proyectos, representaría 800 MW más (85.02%) y 3,500 GWh/año (Tabla I.1, Anexo B). Los pronósticos al año 2015 para Noruega establecen que se tendrán 1,190 MW (26.46% de incremento) que representan una generación media anual de 5,750 GWh (Gráfica I.4, Anexo A; Tabla I.2, Anexo B).

En Asia, China cuenta con los recursos hidráulicos más ricos del planeta (17.6% del total), su capacidad de generación de electricidad al año del 2002 era de 338 GW, de los cuales 253 GW corresponden a la energía termoeléctrica, 83 GW hidroeléctrica y 2 GW a la energía nucleoelectrica.

Con base en estimaciones entre los años 2000-2004, el potencial hidroeléctrico teórico de China era de 689 GW, con una producción anual de 6,040 TWh; el potencial técnicamente explotable es de 493 GW, equivalente al 20.75% del total mundial; la producción anual correspondiente es de 2,260 TWh.

El potencial económicamente explotable asciende a 395 GW, con una producción anual de 1,740 TWh.

Los recursos de China susceptibles de ser explotados con pequeñas centrales ascienden a 139 GW, cuya mayoría se localiza en las extensas zonas montañosas, que representan el 70% del área total del país y que se encuentra ocupada por el 56% de la población del país. Estos grandes recursos hidráulicos se pueden aprovechar con una electrificación basada en desarrollar pequeñas centrales.

A finales del 2003, China contaba con 42,000 pequeñas centrales hidroeléctricas con una capacidad instalada total de 30,509 MW y una producción anual de 100.9 TWh.

Desde la fundación de la República Popular de China, el gobierno ha dado mucha importancia a la electrificación rural, con lo que se han logrado importantes avances. Para finales de 1995, la capacidad instalada total de miniproyectos hidroeléctricos rebasaba los 19 GW y la producción eléctrica anual total los 64 TWh.

La hidroelectricidad proporciona energía a 300 millones de habitantes en aproximadamente 800 regiones que cubren cerca de la mitad del área del país y el 70% de la zona montañosa; esta forma de energía es la principal fuente en las áreas rurales en aproximadamente la tercera parte de las regiones y es un componente fundamental en la industria eléctrica nacional.

La tecnología y equipo construidos en China además de satisfacer la demanda doméstica, también se exportan a otros países; en los últimos cuarenta años el país ha acumulado una importante experiencia en el desarrollo, construcción y manejo de la energía eléctrica rural.

Con la finalidad de impulsar el desarrollo de una electrificación basada en miniproyectos hidroeléctricos, los gobiernos locales y central de China han adoptado una serie de políticas y medidas para promover la electrificación rural, las cuales incluyen entre otras:

- Los pequeños proyectos hidroeléctricos deben tener su propia red local de consumidores.
- La construcción y el manejo de los proyectos debe observar el principio de “quien invierte es quien tiene la propiedad y quien se beneficia”.
- Se impulsa la interconexión de las grandes y pequeñas redes eléctricas para complementarse mutuamente en los casos de interrupciones en el servicio.
- El gobierno central proporciona préstamos comerciales especiales y pequeños descuentos sobre préstamos para proyectos de electrificación rural y exenta de impuestos la producción de hidroelectricidad en las pequeñas centrales existentes.

Los miniproyectos hidroeléctricos proporcionan energía principalmente a las regiones montañosas, ya que éstas son de difícil acceso y su conexión a las grandes redes eléctricas nacionales es compleja; además de que son las zonas que sufren con mayor frecuencia de la falta o cortes de energía, lo que restringía severamente su desarrollo económico.

Desde 1949, los pequeños proyectos hidroeléctricos en China han proporcionado más de 700 TWh de electricidad comercial a las zonas rurales, disminuyendo las suspensiones del servicio. De 1984 a 1992 se dotó de electricidad a 160 millones de habitantes que no contaban con el servicio, de los cuales el 58% (es decir 93 millones) es suministrado con energía hidroeléctrica; los miniproyectos eléctricos son la base de la revitalización económica y del mejoramiento de las condiciones de vida en zonas montañosas.

Si se combina el aprovechamiento de los recursos hidráulicos con la generación de energía eléctrica, la explotación de los miniproyectos hidroeléctricos no sólo resuelve el problema del suministro de agua para la agricultura en regiones montañosas, sino también el suministro de electricidad para riego. Esto acelera la construcción de infraestructura, mejora el desarrollo de la agricultura y garantiza la expedita distribución de los productos; como ejemplo, en una década la salida de los granos se incrementó en un 38% con este esquema, valor por arriba de la media nacional.

El nivel de industrialización es un criterio importante en la evaluación del bienestar económico y alivio de la pobreza en áreas rurales de China. Los miniproyectos eliminan las suspensiones del servicio eléctrico y apoyan el rápido crecimiento de la industria local, las empresas y la agroindustria, promueven la explotación de recursos en las montañas y transforman una ventaja de recursos naturales en una ventaja económica.

Un suministro de electricidad confiable y adecuado apoya la industrialización de áreas rurales y el crecimiento de todos los sectores económicos; esto crea oportunidades de empleo para los residentes de la zona y reduce la migración hacia las áreas urbanas. En China, durante la década pasada, en las 318 regiones donde se implementó la electrificación rural, más de 5 millones de trabajadores rurales se habían empleado localmente y sus condiciones de vida habían mejorado.

La hidroelectricidad es energía limpia y su aprovechamiento no contamina el ambiente; además, debido a que se reemplaza la quema de madera por electricidad, se controla la deforestación. En las regiones suministradas por la hidroelectricidad, aproximadamente nueve millones de hogares rurales han reemplazado la quema de madera por la electricidad y se han salvado grandes extensiones de bosques. La cobertura de bosques en estas zonas se ha incrementado en un 8%.

En el Noveno Plan Quinquenal de China se previó la electrificación rural de 1,000 regiones durante el período 1996-2000; de éstas, 600 fueron electrificadas con miniproyectos hidroeléctricos; la capacidad total instalada de

éstos últimos se incrementó en más de 10 GW. Para el año 2000, la capacidad instalada de miniproyectos hidroeléctricos en China había alcanzado 30 GW y su producción eléctrica anual los 100 TWh.

El caso de China es un claro ejemplo de lo que una buena política de planeación, programación, construcción y operación de los miniproyectos hidroeléctricos puede lograr para el desarrollo de un país.

Continuando con el continente asiático, Japón contaba en 1996 con 1,276 miniproyectos hidroeléctricos, con una potencia total de 3,465 MW, que representan el 25.99% del potencial técnicamente aprovechable, que es de 13,332.76 MW. Asimismo, se tenían en planeación, otros 86 proyectos con una capacidad de 378 MW.

Nepal cuenta con uno de los potenciales de recursos hidráulicos *per cápita* más altos del mundo; este potencial teórico asciende aproximadamente a 83,000 MW; sin embargo, el potencial económicamente factible se ha evaluado en 43,000 MW; la hidroelectricidad representa el 75% del suministro de energía nacional. El gobierno de este país, ha hecho énfasis en la necesidad de construir miniproyectos hidroeléctricos para satisfacer la demanda de las remotas regiones en las colinas y en los montes Himalaya donde no llega el sistema de la red principal. La mayoría de estas centrales se localizan lejos de los caminos y de la red eléctrica nacional, estos sitios remotos frecuentemente representan altos costos de construcción y limitan el tamaño y la capacidad de las plantas debido a las restricciones en la capacidad de los helicópteros que transportan las unidades generadoras al sitio del proyecto.

En 1988, aproximadamente 615 microturbinas hidráulicas se encontraban en operación y se utilizaban para la molienda de granos y para la extracción de aceite de semillas, así como para generación de electricidad; con base en estimaciones al año de 1998, casi 1,000 centrales se encontraban en operación.

En cuanto a África, se tiene que en Nigeria en 1997 el consumo de energía eléctrica fue de 12,625 GWh, de los cuales el 41% (5,250 GWh) los aportó la energía hidroeléctrica; la capacidad instalada total era en ese año de 5,881 MW, de los cuales 2,341 MW se encontraban instalados en proyectos hidroeléctricos.

El gobierno ha impulsado el desarrollo del programa de construcción de miniproyectos hidroeléctricos, lo que ha tenido como resultado que se tenga una capacidad instalada de 702 MW en 236 sitios, de los cuales 400 MW corresponden a miniproyectos hidroeléctricos.

Se ha realizado un estudio para estimar el potencial hidroeléctrico de Nigeria, el cual reveló que existen aproximadamente 32 sitios con potencial para la construcción de proyectos hidroeléctricos, de los cuales 15 se clasifican como pequeños proyectos hidroeléctricos.

Por su parte Guinea tenía en 1991 un potencial hidroeléctrico factible de generación en 19,400 GWh y el potencial económicamente factible de generación era de 14,500 GWh/año; únicamente se ha desarrollado el 1% del potencial técnicamente factible. Se han identificado aproximadamente 150 minicentrales con una capacidad de 14.24 MW a lo largo del país.

En Etiopía, el consumo eléctrico en 1996 fue de aproximadamente 1,320 GWh, de los cuales el 87.12% fue generado por hidroelectricidad. La capacidad instalada total del país es de 486 MW, de éstos 378 MW son producidos por la hidroelectricidad. El potencial hidroeléctrico teórico de generación se ha calculado en 650,000 GWh/año y el potencial técnicamente factible de generación en más de 250,000 GWh/año. Se ha estimado que el potencial hidroeléctrico económicamente factible se encuentra entre los 15 y 30 GW.

Existen pocos miniproyectos hidroeléctricos en operación y existen muchos sitios potenciales; se estima que aproximadamente el 10% del potencial económicamente factible sea adecuado para la construcción de pequeñas centrales. Éstas últimas pueden ser de mucha utilidad al país, ya que satisfarían el déficit del sistema de la red principal de interconexión, permitirían la substitución de centrales térmicas y reducirían la importación de combustibles.

Para el caso de Kenia, el 82% de su energía es producido por la hidroelectricidad; su potencial hidroeléctrico de generación en 1991 alcanzaba los 30,000 GWh/año, lo que representa 6,000 MW de capacidad instalada; sin embargo, casi la mitad de ésta se encuentra localizada en pequeños ríos en los que no es económico construir proyectos. Con base en cifras más realistas, el potencial de generación hidroeléctrica se ubica en los 8,860 GWh/año, lo que representa una capacidad de 2,107.5 MW; se estima que el potencial hidroeléctrico de generación hidroeléctrica técnicamente factible es de 4,710 GWh/año, de los cuales se ha aprovechado únicamente el 62%.

En 1997 existían 604 MW de capacidad hidroeléctrica instalada en operación que generaron 3,050 GWh (82% de la producción de energía nacional). Existen seis pequeños proyectos hidroeléctricos en operación en Kenia con una capacidad total de 13.64 MW; se estima que la mayor flexibilidad en la legislación dentro del sector eléctrico pueda alentar a los inversionistas a considerar el desarrollo del potencial de los miniproyectos hidroeléctricos en el país.

En Uganda la capacidad eléctrica instalada total en 1997 era de aproximadamente 162 MW, de los cuales 155 MW son producidos por hidroelectricidad.

El consumo total de energía eléctrica en Uganda en el año de 1997, se estimó en 616 GWh y se exportaron 115 GWh a Kenia, Ruanda y Tanzania. Más del 99% de la energía eléctrica del país es suministrado por la hidroelectricidad.

Únicamente se han aprovechado 186 MW del potencial hidroeléctrico del país. Ha habido muy poco desarrollo de miniproyectos hidroeléctricos en Uganda, ya que únicamente se han aprovechado 8 MW en cuatro sitios; estimaciones de la capacidad potencial señalan 46 MW identificados en 16 sitios.

Tanzania en 1996 produjo 2,003.2 GWh e importó 19 GWh; se estima que el consumo total del país en 1997 fue de 1,581 GWh, de los cuales 1,450 GWh fueron suministrados por la hidroelectricidad.

La capacidad eléctrica total instalada en 1997 era de 543 MW, de los cuales 329 MW (60%) se encuentra en proyectos hidroeléctricos.

Existen dos pequeños proyectos hidroeléctricos en operación en Tanzania con una capacidad total de 8.74 MW; sin embargo, el país tiene un gran potencial para el desarrollo de miniproyectos hidroeléctricos. Asimismo, existe un gran número de habitantes que viven en zonas sin acceso a la red nacional y que pueden recibir el servicio de pequeñas centrales hidroeléctricas.

Como se aprecia en el desarrollo del presente subcapítulo, en la gran mayoría de los países alrededor del mundo la minihidroelectricidad tiene una presencia destacada y juega un papel muy importante en el suministro de energía eléctrica, ya sea en las zonas rurales o en regiones aledañas a los grandes centros de población; a continuación se analizará su presencia e influencia en nuestro país.

I.5 Los miniproyectos hidroeléctricos en México.

Al mes de julio del 2009 México contaba con una capacidad efectiva instalada para generar energía eléctrica de 50,248.12 MW, de los cuales 11,456.90 MW son de productores independientes (termoeléctricas); 11,094.90 MW corresponden a las hidroeléctricas; 22,681.69 MW a las termoeléctricas de la CFE; 2,600.00 MW a las carboeléctricas; 964.50 MW a las geotermoeléctricas; 1,364.88 MW a la nucleoelectrica, y 85.25 MW a las eoloeléctricas.

México cuenta con una generación hidroeléctrica teórica bruta de 155 TWh/año, de la cual el 7.36% (11.41 TWh/año) corresponde al potencial de centrales menores a 10 MW, cuya potencia total es de 3,257 MW.

La construcción de pequeñas centrales en México se inició a finales del siglo XIX y continuó durante gran parte del siglo XX. En todo el país se construyó un número importante de minicentrales hidroeléctricas por parte de empresarios o compañías privadas; es así como la hidroelectricidad se convirtió en la principal fuente de energía en muchas entidades del país.

A partir de la nacionalización de la industria eléctrica en la década de los años sesenta, una gran mayoría de estas centrales pasaron a ser propiedad del estado; sin embargo, alrededor de 65 de ellas permanecieron como propiedad privada para el abastecimiento de fábricas, minas, ranchos, etc.

Debido a que estas centrales forman parte de sistemas privados, no se cuenta con suficiente información acerca de su operación y mantenimiento; es necesario realizar estudios a mayor profundidad para conocer su estado actual; sin embargo, se estima que la potencia instalada total de estas centrales es de 44 MW y su generación media anual de 128 GWh (si se considera una eficiencia del generador de un 95% y un factor de planta igual a 0.35).

Como se mencionó, algunos de estos equipos se instalaron desde finales del siglo XIX, por lo que un buen número de unidades de estas centrales requiere rehabilitación (mejorar o modernizar los sistemas de aislamiento, enfriamiento, control y protección) y/o un aumento de su potencia, tomando en cuenta que el equipo electromecánico tiene una vida útil promedio del orden de 30 años. Asimismo, debe tomarse en cuenta la disminución de la capacidad de generación con respecto a la de diseño (debido principalmente a la degradación del aislamiento del generador).

Con relación a los miniproyectos hidroeléctricos operados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la extinta Compañía de Luz y Fuerza del Centro (CLFC), se tienen 30 de ellos con una capacidad total de 94.94 MW y una generación media anual de 262.41 GWh (en lo sucesivo se considerará un factor de planta promedio de 0.7 para las centrales nuevas y de 0.3 para las que no lo son, únicamente en los que casos en los que no se cuenta con este dato) (Tabla I.3, Anexo B).

De la misma manera que en las centrales privadas, es necesario considerar su rehabilitación o el aumento de su potencia con base en estudios más a detalle; es así como a partir de 1992 y, a lo largo de tres años, la CFE hizo este tipo de estudios en algunas de sus centrales. Las principales conclusiones de éstos fueron: Es posible aumentar hasta en un 75% la capacidad instalada

originalmente y, como consecuencia, la generación media anual; asimismo, se puede aumentar la potencia de cada unidad y, si se requiere, reducir su número. Tomando en cuenta lo anterior, las 30 centrales mencionadas aumentarían su potencia total a 166.14 MW y su generación media sería de 459.22 GWh anuales (Tabla I.3, Anexo B).

Existe un conjunto de pequeñas centrales que se encuentran fuera de servicio, debido principalmente a que se agotó la vida útil de los equipos y/o su operación resultó incosteable (Tabla I.4, Anexo B). La potencia total instalada de estas centrales es de aproximadamente 30.32 MW, la generación media anual correspondiente sería de 185.94 GWh. Es necesario realizar estudios de factibilidad para rehabilitar o aumentar la potencia de estas centrales para que entren en funcionamiento nuevamente.

Por otro lado, la CFE ha llevado a cabo diversos estudios para el equipamiento de la infraestructura hidroagrícola del país, la cual opera la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), a nivel de pre-factibilidad se ha identificado un potencial de 48.14 MW y 295.19 GWh de generación media anual (Tabla I.5, Anexo B).

En lo concerniente al nivel de identificación, se ha detectado un potencial de 95.30 MW que corresponde a una generación media anual de 584.38 GWh (Tabla I.6, Anexo B).

En resumen, la potencia aprovechable con minicentrales utilizando la infraestructura hidroagrícola de la CNA es de 143.44 MW, con una generación media anual de 879.57 GWh.

La Tabla I.7 (Anexo B) es un resumen del potencial minihidroeléctrico nacional con base en la rehabilitación y/o aumento en la potencia de las centrales en operación, así como la puesta en funcionamiento de las centrales que se encuentran fuera de servicio y el equipamiento de la infraestructura hidroagrícola; el gran total de esta capacidad es de 339.90 MW, con una generación de 1,524.73 GWh anuales (Gráfica I.5, Anexo A).

Es interesante hacer destacar que, si se realizan los trabajos mencionados, se aprovecharía un potencial adicional de un 10.44% del total correspondiente a los miniproyectos hidroeléctricos y que es de aproximadamente 3,257 MW, como se mencionó al inicio de este subcapítulo.

México es un país con muy limitados recursos hídricos y con ríos cuyos gastos son irregulares; sería muy conveniente aprovechar su potencial con miniproyectos hidroeléctricos de bajo costo; asimismo, éstos se pueden construir aunque tengan períodos esporádicos de paro.

Es evidente que el potencial de la minihidroelectricidad en nuestro país es de una gran importancia; en los subsecuentes capítulos se analizará una región donde se analizará y evaluará la construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas.

I.6 Referencias.

- I.1 C. Dragu, T. Sels y R. Belmans. K.U. Leuven, ESAT-ELEN, Energy Institute, Kasteelpark Arenberg 10, B-3001 Leuven – Belgium. Small Hydro-power – State of the art and applications.
- I.2 Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Programación, Gerencia de Programación de Sistemas Eléctricos. Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE) 2007 – 2016.
- I.3 Comisión Federal de Electricidad, Gerencias Regionales de Producción. Prontuario de Centrales Hidroeléctricas.
- I.4 Dirección electrónica: <http://1.bp.blogspot.com>
- I.5 Dirección electrónica: <http://portal.anacafe.org>
- I.6 Dirección electrónica: <http://static.bareka.com/photos/medium>
- I.7 Dirección electrónica: <http://www.aspenpitkin.com>
- I.8 Dirección electrónica: <http://www.cink-hydro-energy.com>
- I.9 Dirección electrónica: <http://www.cubasolar.cu>
- I.10 Dirección electrónica: <http://www.energy.org.ar>
- I.11 Dirección electrónica: <http://www.e8.org>
- I.12 Dirección electrónica: <http://www.esacademic.com/pictures/>
- I.13 Dirección electrónica: <http://www.euskalnet.net>
- I.14 Dirección electrónica: <http://www.generalturbo.eu>
- I.15 Dirección electrónica: <http://www.fahime.com>
- I.16 ESHA, European Small Hydropower Association. Renewable Energy House, Rue du Trône 26, B – 1000, Bruxelles, Belgium. esha@arcadis.be. Blue AGE. Strategic study for the development of Small Hydro Power in the European Union.
- I.17 ESHA, European Small Hydropower Association. Renewable Energy House, 63-67 Rue d’Arlon - B – 1040, Bruxelles, Belgium. info@esha.be. Sherpa

fiches. 1. Hydropower: The Policy Framework; 2. Hydropower respects the environment; 3. Hydropower: The Sector; 4. Hydropower technology.

- I.18 ESHA, European Small Hydropower Association. Renewable Energy House, Rue du Trône 26, B – 1000, Bruxelles, Belgium. esha@arcadis.be. Report on small hydropower statistics: General overview of the last decade /1990-2001).
- I.19 ESHA, European Small Hydropower Association. Renewable Energy House, Rue du Trône 26, B – 1000, Bruxelles, Belgium. esha@arcadis.be. State of the art of small hydropower in EU-25.
- I.20 Gardea Villegas Humberto, Aprovechamientos hidroeléctricos y de bombeo, Universidad Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Editorial Trillas, Primera Edición, junio de 1992.
- I.21 Small Scale Hydro Annex of the IEA'S Implementing Agreement for Hydropower Technologies & Programmes. Small-Hydro Atlas. Dirección electrónica: <http://www.small-hydro.com>.
- I.22 Valdez Ingenieros, S.A. de C.V., Situación actual de la minihidráulica y determinación del potencial aprovechable en una región de los Estados de Veracruz y Puebla, 1995.

II. Estudio de una región como una propuesta de desarrollo de miniproyectos hidroeléctricos.

Con la finalidad de sustentar todo lo que se ha expuesto en el Capítulo I referente al papel preponderante que deben desempeñar los miniproyectos hidroeléctricos como parte de la generación de un país, se hará una aplicación práctica a una región de México. Específicamente, ésta comprende las cuencas hidrológicas adyacentes de tres ríos, de sur a norte: Actopan, Bobos-Nautla y Tecolutla, los cuales desembocan al Golfo de México y cuyas cuencas abarcan parte de los Estados de Veracruz y Puebla; se seleccionó esta región por ser una de las que cuenta con un sistema de drenaje natural de gran importancia, debido a los ríos que la cruzan. En el cuerpo del presente capítulo se hará una descripción más detallada de estos ríos, su desarrollo y afluentes.

Asimismo, se analizarán la climatología, fisiografía e hidrografía de la zona para contar con un marco de referencia adecuado. Una vez definida la zona de estudio, se determinarán las estaciones hidrométricas cuyos datos serán de utilidad para el cálculo de los gastos de diseño; asimismo y, con base en las características fisiográficas de las cuencas, se localizarán los miniproyectos hidroeléctricos, tomando en cuenta factores técnicos, así como su incidencia en zonas donde su construcción beneficie al mayor número de habitantes. Con base en los datos hidrométricos y en las áreas que aforan las estaciones hidrométricas y las correspondientes a cada proyecto, se obtendrán los gastos de diseño. El desarrollo de esta metodología se verá a más detalle a lo largo del presente capítulo.

II.1 Climatología.

En cuanto a la climatología de la zona de estudio, se utilizó la clasificación de Köppen, modificada por la mexicana M. en C. Enriqueta García Amaro de Miranda.

La zona de estudio comprende diversos tipos de climas que se presentan de acuerdo a la orografía de la región, es decir, de manera general a partir de la costa hacia las montañas en franjas con un desarrollo norte-sur.

Las desembocaduras de los tres ríos en estudio se encuentran en una zona que se extiende a lo largo de la costa del Golfo de México cuyo clima es del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano.

Hacia la zona montañosa y en la parte sur de la zona de estudio, el Río Actopan cruza una zona de clima tipo semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano.

En la parte norte (cercana al nacimiento del Río Tecolutla) se presenta un clima tipo cálido húmedo con abundantes lluvias en verano.

Desde el norte y hasta la parte media de la zona en estudio, se presenta una gran franja en el sentido norte-sur, cuyo clima es del tipo cálido húmedo con lluvias todo el año.

La siguiente gran franja, también en el sentido norte-sur y, que cruza la parte media de los Ríos Actopan y Bobos-Nautla, corresponde a un clima del tipo semicálido húmedo con lluvias todo el año. Finalmente, en la parte alta de las cuencas de estos dos ríos, se presenta un clima tipo templado húmedo con lluvias todo el año.

Como puede verse, existe una gran variedad de tipos de climas en la zona de estudio, lo que da como resultado diversas condiciones de precipitación pluvial que aunadas a las características orográficas y de vegetación de toda la región, provocan muy diversas condiciones de escurrimiento.

II.2 Fisiografía.

Las provincias fisiográficas donde se alojan los principales ríos objeto de la presente tesis, son la Provincia de la Llanura Costera del Golfo Norte y la Provincia del Eje Neovolcánico (Figura II.1, Anexo A).

La primera de ellas (donde se encuentran los ríos Tecolutla y Bobos-Nautla) se extiende a lo largo de la costa del Golfo de México desde el Río Bravo en el tramo que va de Reynosa, Tamaulipas a su desembocadura hasta la zona de Nautla, Veracruz. Dentro del territorio nacional limita al noroeste con la provincia de la Gran Llanura de Norteamérica, al oeste con la Sierra Madre Oriental, al este con el Golfo de México y al sur con la Provincia del Eje Neovolcánico.

En territorio norteamericano se introduce en los estados de Texas y Luisiana, abarca la provincia de Florida y se extiende hacia el norte sobre el Océano Atlántico hasta Nueva Inglaterra.

En México abarca parte de los estados de Tamaulipas, Nuevo León, San Luis Potosí, Hidalgo y Veracruz; comienza en sus límites al este a unos 400 msnm

(con un mínimo de 150 msnm en Reynosa y un máximo de 500 msnm en el área de Monterrey).

A diferencia de la Llanura Costera del Golfo Sur, se constituye claramente como una costa de emersión, tal como lo indican las siguientes características:

1. Entre los materiales que afloran dominan los sedimentos marinos no consolidados (arcillas, arenas y conglomerados), cuya edad aumenta con su distancia respecto de la costa (existen desde cuaternarios, pasando por plioceno, oligoceno y ecoceno del terciario; hasta cretácicos superiores en las proximidades de la Sierra Madre Oriental).
2. Los ríos que desembocan en sus costas (Bravo, Soto La Marina, Tamesí, Pánuco, Tuxpan, Cazonas, Tecolutla, Bobos-Nautla y otros) no depositan aluviones en su territorio.
3. Salinidad en las zonas costeras de su parte norte.
4. Las extensas barras que encierran a la Laguna Madre inmediatamente al sur de las más pequeñas en las inmediaciones del Río Bravo; la de Tamiahua, al sur de Tampico y la de Tampamachoco, mucho más pequeña que las anteriores inmediatamente al norte de Tuxpan, Veracruz.

Los sedimentos marinos antiguos -oligocénicos y miocénicos- de la porción sur de la provincia se aproximan a la costa al oeste de Tamiahua y se extienden al norte hasta Ciudad Victoria, Tamaulipas. Existen abundantes depósitos arcillosos del Cretácico Superior en las regiones de Ciudad Mante y Monterrey; en esta última zona se presentan numerosos islotes de aluviones recientes.

La provincia encierra las discontinuidades fisiográficas de las Sierras de San Carlos y Tamaulipas. La primera, cuyas altitudes alcanzan de 800 a 1,000 msnm con un máximo por arriba de los 1,400 msnm, está dominada por calizas del cretácico fuertemente intrusionadas con rocas ígneas intermedias. La segunda, más extensa pero con altitudes semejantes, también se encuentra dominada por calizas, aunque aquí las intrusiones son de rocas ígneas ácidas.

Con respecto a la Provincia del Eje Neovolcánico, donde se encuentra el río Actopan, colinda al norte con la Llanura Costera del Pacífico, la Sierra Madre Occidental, la Mesa Central, la Sierra Madre Oriental y la Llanura Costera del Golfo Norte; al sur, con la Sierra Madre del Sur y la Llanura Costera del Golfo Sur; por el oeste llega al Océano Pacífico y por el este al Golfo de México. Abarca parte de los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, México, Hidalgo, Colima, Puebla y Veracruz, así como todo el Estado de Tlaxcala y el Distrito Federal.

La Provincia del Eje Neovolcánico se caracteriza por ser una enorme masa de rocas volcánicas de todos tipos acumulada en innumerables y sucesivas etapas, desde mediados del Terciario (unos 35 millones de años atrás) hasta el presente. La integran grandes sierras volcánicas, grandes coladas lávicas, conos dispersos o en enjambre, amplios escudo-volcanes de basalto, depósitos de arena y cenizas.

Presenta también la cadena de grandes estrato-volcanes denominada propiamente "Eje Neovolcánico" integrado por: Volcán de Colima, Tancítaro, Zinaltécatl (Nevado de Toluca), Popocatépetl, Iztaccíhuatl, Matlacuéyatl (Malinche) y Citlaltépetl (Pico de Orizaba), que casi en línea recta atraviesan el país aproximadamente en el paralelo 19. Dan el trazo de la gran Falla Clarión, cuya existencia fuera postulada desde el siglo pasado por el Barón Von Humboldt. Otro rasgo característico de esta provincia es la existencia de las amplias cuencas cerradas ocupadas por lagos (Pátzcuaro, Cuitzeo, Texcoco, El Carmen, etc.) o por depósitos de lagos antiguos (Zumpango, Chalco, Xochimilco, diversos llanos en el Bajío Guanajuatense, etc). Estos lagos se han formado por bloqueo del drenaje original, debido a lavas u otros productos volcánicos, o por la presencia de múltiples fallas, el cual es otro rasgo característico de la provincia. Un área rodeada de fallas se hunde y forma una depresión llamada graben que se llena de agua; este es el origen del lago de Chapala.

El clima dominante de la provincia es templado, subhúmedo que pasa a semicálido hacia el poniente y a semiseco al norte. En las altas cumbres se presentan climas semifríos, subhúmedos, en los picos más elevados (Iztaccíhuatl, Popocatépetl, y Citlaltépetl) climas muy fríos, al grado de que se dan en ellos tres de los pocos glaciales de la región intertropical del mundo. En áreas reducidas de los extremos este y oeste de la provincia, las condiciones climáticas son cálidas subhúmedas, la vegetación es sumamente variada.

En esta provincia se localiza casi toda la cuenca del Río Lerma, la cual nace al este de Toluca y se dirige, atravesando el Bajío Guanajuatense, hacia el oeste hasta verter sus aguas en el lago de Chapala; únicamente los afluentes que bajan de la Mesa Central quedan fuera. En toda la parte sur de la provincia desde Michoacán hasta Puebla se originan afluentes del Río Balsas el cual desemboca al Océano Pacífico (Figura II.1, Anexo A).

II.3 Hidrografía.

El primer río por estudiar es el Río Actopan, cuyo primer afluente es el Río Sedeño, el cual drena la región oriental de la cuenca, nace como Arroyo Caño a

una altitud aproximada de 2,850 msnm y a 7 km al este de la población de Los Pescados y su curso es poniente-orientado; a unos 9.5 km aguas abajo sobre su curso y ya como Río Sedeño, recibe por su margen izquierda al Arroyo Agua Dorada a 1.5 km al este de la población de Mazatepec. El Río Sedeño continúa hacia el orientado de la cuenca recibiendo diversas corrientes intermitentes por ambas márgenes hasta llegar a la Ciudad de Xalapa de Enríquez, capital del Estado de Veracruz, la cual cruza por su zona norte. A unos 4 km aguas abajo sobre su curso y a 1 km al poniente de la población de Tronconal cambia su curso ligeramente hacia el noreste. Nuevamente, a unos 4 km sobre su curso y en las inmediaciones de la población de San Antonio Paso del Toro, cambia su curso hacia el sureste y aproximadamente a 7 km aguas abajo sobre su curso, confluye con el Río Naolinco. Éste es el segundo afluente principal del Río Actopan, capta los escurrimientos del norte, noroeste y una porción de la parte oriental de la cuenca que es drenada por múltiples corrientes perennes e intermitentes, entre ellas se encuentran el Arroyo Las Vigas y San Juan que nacen en las inmediaciones de la población de Las Vigas de Ramírez.

Los principales afluentes del Río Naolinco son los Ríos Esquilón y Pies (el cual nace como Río Colorado), ambos corren en dirección norte-sur, nacen a altitudes alrededor de los 1,900 msnm y confluyen en las cercanías de la población de Naolinco de Victoria.

El Río Naolinco recibe aguas abajo y aproximadamente a 1.8 km por su margen derecha al Río Órgano (el cual corre en dirección norte-sur más hacia el poniente del Río Esquilón), cambia su curso hacia el sureste y después de recorrer aproximadamente 6 km, recibe por su margen derecha al Río Sedeño a 2 km al sur de la población de Almolonga. A 4.5 km aguas abajo sobre su curso y, en las cercanías de la población de Los Frailes, recibe al Río Copal por su margen izquierda (este río proviene del norte de la cuenca y nace a altitudes cercanas a los 2,200 msnm), el cual tiene como uno de sus afluentes al río Acatlán; éste último nace a altitudes próximas a los 1,880 msnm, al norte de la cuenca.

Aproximadamente a 2 km al este de la población de Trapiche del Rosario, el Río Naolinco recibe al Río Vainilla por su margen derecha y forman el Río Actopan.

A 1 km aguas arriba de la Ciudad de Actopan, éste recibe por su margen izquierda al Río Chapopote que drena la región norte-central de la cuenca, esta corriente recibe las aportaciones de diversos arroyos a lo largo de su desarrollo, entre ellas las del Río Seco y Los Chiveros (que nace a los 2,000 msnm); aguas abajo de esta confluencia, sobre el Río Actopan, se encuentra la estación hidrométrica Actopan II.

A 6 km aguas abajo, el Río Actopan recibe por su margen izquierda las aportaciones del segundo de sus afluentes provenientes del norte, el Río Chalcoya, que se forma como producto de la confluencia del Río El Capitán (que nace a altitudes cercanas a los 2,200 msnm) y la Raya Vainilla, su cuenca es adyacente a la del Arroyo Blanco y recibe, asimismo, aportaciones de diversas corrientes.

De la misma manera y drenando la parte norte de la cuenca y al oriente del anterior, se encuentra el arroyo Las Trancas (el cual nace aproximadamente a los 1,800 msnm) que al recibir por su margen izquierda a la Raya de las Cuchillas, toma el nombre de Arroyo de los Cedros; a 2 km al sureste de la población de Topiltepec esta corriente confluye con el arroyo La Peña y forman el Río Topiltepec; aguas abajo y en las inmediaciones de la población de Pastorías San José, recibe por su margen derecha al Río Chiquito; finalmente el Río Topiltepec después de recorrer aproximadamente 12 km se une al Río Actopan por su margen izquierda aguas abajo de la presa derivadora La Esperanza, de la cual parte el canal La Esperanza, sobre este canal se ubica la estación hidrométrica Km 0+200.

Dentro de la región más nororiental de la cuenca del Río Actopan se encuentra el Río Mozomboa, cuyos principales tributarios son el arroyo San Vicente y el Arroyo Frío, el primero corre de noroeste a sureste y el segundo de noreste a suroeste, confluyen y forman el río Mozomboa que fluye de norte a sur. Aguas abajo cambia su dirección hacia el este, pasa por la población de Mozomboa de la que toma su nombre y desemboca al Golfo de México como Río Agua Fría, aproximadamente a 13 km al noreste de la población de José Cardel.

La porción sur de la cuenca es drenada primeramente por el Río Paso de la Milpa, el cual nace al este de la Ciudad de Xalapa de Enríquez y al sur de la población El Castillo y corre en dirección sureste, aguas abajo recibe por su margen derecha la corriente producto de la confluencia de los ríos Arroyo Negro y Santa Rosa, aproximadamente a 2 km al noreste de la población de Dos Ríos, en este tramo se le conoce también como Paso Hondo y San Antonio, a partir de este punto capta los escurrimientos de diversos arroyos y corrientes sobre ambas márgenes.

Más hacia el sur se encuentra el Río Azul, el cual nace en la Presa Miradores en las cercanías de la población Miradores del Mar, corre en dirección sureste sensiblemente paralelo y a una distancia aproximada de unos 4 kilómetros del Río Paso de la Milpa; aguas abajo de la población Plan del Río cambia su curso hacia el noreste y confluye con este último, entre las poblaciones de El Aguaje y Paso de la Milpa, aguas abajo de este punto se encuentra la estación hidrométrica Ídolos, en las inmediaciones de la población del mismo nombre.

La región más austral de la cuenca es drenada por el Río El Coyolar que nace aproximadamente a 1.5 km al noreste de la población de Bella Esperanza y corre en dirección sureste, aproximadamente 12 km aguas abajo sobre su curso, recibe por su margen izquierda, la unión de los arroyos El Chivo y El Chicharo, cambia su curso hacia el noreste y confluye con el Río Azul aproximadamente a 2 km al suroeste de la población de Cerro Gordo.

A unos 25 km aguas abajo, medidos sobre su curso, el Río Paso de la Milpa recibe por su margen izquierda al Río Juan López y a unos 14 km aguas abajo, siempre sobre su curso, se une al Río Actopan por su margen derecha, aguas arriba de esta confluencia se encuentra la presa derivadora Santa Rosa de la que parte el canal principal Santa Rosa y sobre el que se encuentra la estación hidrométrica del Km 0+300.

Aguas abajo el Río Actopan pasa por las poblaciones de Paso del Bobo, La Gloria (en sus inmediaciones se encuentra la estación hidrométrica El Naranjillo), Úrsulo Galván y Barra de Chachalacas, entre otras, y desemboca al Golfo de México aproximadamente a 8 km al noreste de la población de José Cardel, Veracruz, en Playa Chachalacas (véanse la Figura II.2, Anexo A y la Tabla II.1, Anexo B).

En la Tabla II.1 (Anexo B) se muestran las corrientes en estudio según su importancia hidrográfica, lo que se denota por los términos de corriente principal, secundaria, de tercero, cuarto y quinto orden, respectivamente.

El siguiente río de importancia dentro de la zona de estudio es el Río Bobos-Nautla.

La unión del Río Los Romerillos (el cual nace aproximadamente a los 2,320 msnm) y Río Frío (a los 3,300 msnm) da lugar al Río Las Minas, cuyo curso inicial es suroeste-noreste y después sur-norte. En las inmediaciones del poblado de El Pimiento esta corriente recibe por su margen izquierda al Río El Rincón y toma el nombre de Bobos-Nautla; aproximadamente a 1.2 km aguas abajo recibe, también por su margen izquierda, al Río Ixtoteno, el cual drena la región poniente de la cuenca y a 1.5 km aguas abajo del anterior, recibe por su margen izquierda al Río Apaxteno, que de la misma manera, drena el oeste de la cuenca.

A 4.5 km aguas abajo del punto anterior, el Río Bobos-Nautla recibe por su margen izquierda al Río de la Barranca y al Río El Ingenio y por su margen derecha al Río Las Truchas, el cual tiene su origen a altitudes próximas a los 2,000 msnm y que drena la porción sureste de la cuenca. Asimismo, aguas abajo recibe las aportaciones de los ríos Tazolapa y Cascajal por su margen izquierda, éste último en las inmediaciones de la población de Texcapa.

A unos 5 km al noreste de la Ciudad de Tlapacoyan, el Río Bobos-Nautla recibe por su margen izquierda a uno de sus más importantes afluentes, el Río Alceseca, que tiene sus orígenes en la unión de los ríos Atzalan, Ahuacapan y Chichicapán y su curso es de sur a norte, sensiblemente paralelo al Río Bobos-Nautla a unos 8 a 10 km hacia el poniente.

El Río Alceseca recibe sucesivamente por su margen izquierda a los ríos Tatahuicapa, Matequila, Cozalateno y en las inmediaciones de la población de Tomata recibe, también por su margen izquierda, al Río Jalacingo, el cual ha recibido aguas arriba las aportaciones por su margen derecha del Río Tezayacapa, en este tramo se localiza la estación hidrométrica de Puente Henríquez; aguas arriba de su confluencia con el Río Bobos, el Río Alceseca recibe por su margen izquierda al Río Itzapa.

Aguas abajo y después de recibir al Río Alceseca, el Río Bobos-Nautla cambia su curso hacia el noreste, pasa por la población de Martínez de la Torre (en las inmediaciones de esta población, se encuentra la estación hidrométrica del mismo nombre) y recibe por su margen derecha al Río Kilate (sobre el que se localiza la estación hidrométrica Libertad, en la población del mismo nombre), que a su vez tiene como afluente al Río Agua Caliente y como tributario principal al Río Marta Ruiz por su margen izquierda.

A unos 4 km aguas abajo el Río Bobos-Nautla recibe por su margen izquierda al Río María de la Torre, uno de sus principales afluentes y que drena la región poniente de la cuenca, esta corriente tiene sus orígenes en las inmediaciones de la Ciudad de Teziutlán, Puebla, a altitudes alrededor de los 2,300 msnm, su curso es sur-norte, sensiblemente paralelo al Río Alceseca, cuando el Río Bobos-Nautla cambia de curso, el Río María de la Torre hace lo propio y se une a él en las inmediaciones de la población de Felipe Carrillo Puerto, Veracruz.

Aguas abajo del poblado El Pital, el Río Bobos-Nautla recibe por su margen derecha al Río Chapachapa, pasa por las inmediaciones de las poblaciones de San Rafael y Nautla y desemboca en el Golfo de México en la Barra de Nautla, aproximadamente a 105 km al noroeste de la desembocadura del Río Actopan (véanse la Figura II.3, Anexo A y la Tabla II.1, Anexo B).

El tercer río principal en estudio es el Río Tecolutla, su principal afluente es el Río Apulco el cual tiene su origen como Río Tenexac, que fluye aguas abajo de la presa del mismo nombre con un curso suroeste-noreste, este río recibe numerosas aportaciones de corrientes intermitentes que nacen entre los 2,600 y 2,700 msnm y cambia su nombre a Río Grande, éste último recibe aguas abajo por su margen izquierda la corriente producto de la confluencia de los ríos Cuchaquillo y Los Ameles a 1.5 km de la población de Santa María Sotoltepec, con la que forma el Río Apulco. Este río, antes de cambiar su curso

hacia el sureste, recibe por su margen izquierda al Río Tuligtic y 13 km aguas abajo, recibe la corriente de su tributario el Río Tlacomulco por su margen derecha y toma dirección hacia el noreste nuevamente, es en este tramo en el que recibe las aportaciones del Río Zitlalcuautla por su margen izquierda, cerca de la población de Chalahuico; se dirige hacia el este y recibe por su margen derecha al Río Ochiateno y a 6 km aproximadamente forma el embalse de la presa La Soledad en la cual se encuentra la central hidroeléctrica de Mazatepec.

Aguas abajo el Río Apulco se dirige hacia el norte y recibe a aproximadamente 35 km aguas abajo sobre su curso y por su margen izquierda al Río Zempoala, que es su afluente más importante, 1 km aguas arriba de la población de Arroyo Zarco, Veracruz.

El Río Zempoala tiene su origen en la confluencia de los ríos Cuautolanico, que nace aproximadamente a los 2,840 msnm, su curso es suroeste-noreste y el Río Raxicoya cuya dirección es sureste-noroeste, aproximadamente a 3 km al noroeste de la localidad de Tetela de Ocampo, Puebla. Aproximadamente a 5.5 km aguas abajo, el Río Zempoala recibe por su margen izquierda al Río Xaltatempa y a 8 km, también por su margen izquierda, se incorpora el Río Cuamecatla (el cual nace como Río Tenango y después cambia su nombre a Río Atenco), en las cercanías de la población de Totomoxtla de Ramírez, Puebla.

A 9 km del último punto descrito, el Río Zempoala recibe por su margen izquierda al Río Ayoco; por último, recibe aguas abajo por su margen derecha al Río Cuxateno, cuyo principal afluente es el Río Trapiche de Agua por su margen derecha; a aproximadamente 3.5 km aguas arriba de su unión con el Río Apulco, se encuentra la población de Tecuantepec, Veracruz en la que se localiza la estación hidrométrica del mismo nombre, finalmente se incorpora al Río Apulco por su margen izquierda.

El Río Apulco continúa en dirección noreste hasta que se incorpora el Río Necaxa por su margen izquierda aguas abajo de la población de El Chacal y forman el Río Tecolutla.

El Río Necaxa nace de las corrientes que se forman aguas abajo de las presa Tenango (en las inmediaciones de Nuevo Necaxa) y el Río Nexapa, el cual nace aguas abajo de la presa del mismo nombre, en las cercanías de la población de Xaltepec, al poniente de la cuenca del Río Tecolutla.

El Río Nexapa confluye con el Río Tepexi a unos 8 km aguas abajo y forman el Río Necaxa, el cual recibe por su margen derecha al Río Tecpatlán, en las proximidades de la población de Patla, aguas abajo recibe por su margen derecha al Arroyo Hondo. Aproximadamente a 1.5 km de la población de Arenal

recibe a su principal afluente por su margen derecha, el Río Ajajalpan. Uno de los principales afluentes del Río Necaxa, es el Río Miahuapan que drena la región noroeste de la cuenca y que confluye con él por su margen izquierda, aproximadamente a 800 m aguas abajo de su unión con el Río Ajajalpan. Este último nace como la confluencia de los ríos Quetzalapa y Tenexapa en las inmediaciones de la población de San Joaquín, Puebla, a una altitud de 1800 msnm; aguas abajo recibe por su margen izquierda las aportaciones de los ríos San Pedro y Zecepacó; asimismo, en las inmediaciones de la población de San Cristóbal Xochimilpa recibe por su margen izquierda al Río Tlaxco y a unos 5 km aguas abajo, también por su margen izquierda, recibe al Río Zempoala (homónimo del afluente del Río Apulco), el cual nace a altitudes cercanas a los 2,200 msnm.

Aguas abajo del punto anterior el Río Ajajalpan recibe por su margen izquierda al Río Acala (también conocido como Tlapacoyan) y que tiene como afluente al Río Tlamaya por su margen derecha; a 8 km aproximadamente, sobre su curso, recibe por su margen derecha al Río Ixcanaxquihui y a 500 m aguas abajo, también por su margen derecha, al Río Tapayula que tiene como principal afluente al Río San Pedro y que nace como Río Nepopualco. Sobre la margen izquierda del Río Ajajalpan y aguas arriba de su confluencia con el Río Necaxa, se encuentra la población de Lázaro Cárdenas (también conocida como Santa Ana) en la que se encuentra la estación hidrométrica Santa Ana; finalmente y, como se mencionó, ambos confluyen en las cercanías de la población de Arenal, Veracruz.

Aguas abajo de la confluencia de los ríos Apulco y Necaxa, ya como Río Tecolutla continúa su curso hacia el Golfo de México; recibe por su margen derecha a los Ríos Mesonate y Joloapan, este último nace como la confluencia de los ríos Cedro Viejo y Mixiate, pasa por la población de Joloapan de la que toma su nombre y en sus cercanías recibe por su margen izquierda al Arroyo Blanco; aguas abajo y en las proximidades de la población de La Martinica, recibe por su margen izquierda al Arroyo Colorado, finalmente se une con el Río Tecolutla aguas arriba de la población Paso del Correo, Veracruz.

El Río Tecolutla continúa recibiendo las aportaciones de diversas corrientes, como son: el Río Tlahuanapa (en la cercanías de su desembocadura, se encuentra la estación hidrométrica Remolino) y Cuatro Arroyos por su margen izquierda y El Cepillo por la margen derecha, pasa por la Ciudad de Gutiérrez Zamora, Veracruz y cerca de su desembocadura al Golfo de México recibe por su margen derecha al Río Chichicatzipan (o Cruz de los Esteros), el cual nace en las cercanías de San Luis, Veracruz, su curso es suroeste-noreste y tiene como principal afluente al Río Indio por su margen izquierda, el cual drena una porción del oriente de la cuenca.

La desembocadura del Río Tecolutla al Golfo de México se localiza en las inmediaciones de la población de Tecolutla, Veracruz, aproximadamente a 35 km al noroeste de la del Río Bobos-Nautla (véanse la Figura II.4, Anexo A y la Tabla II.1, Anexo B).

II.4 Localización de los sitios de captación.

La localización de los sitios de captación constituye el primer paso para la definición de los miniproyectos que se propondrán, para lograr lo anterior fue necesario primeramente definir la cuenca hidrológica de los tres ríos en estudio, las cuales, como se mencionó al inicio del presente capítulo, son adyacentes. Asimismo, se debieron definir las subcuencas de las corrientes secundarias y de tercer orden contenidas en cada una de las cuencas principales.

Los criterios que se utilizaron para localizar los sitios de captación una vez realizado lo anterior, fueron:

La ubicación de los miniproyectos fue tal que alimentaran la red de servicio de energía eléctrica con líneas de transmisión con la menor longitud posible.

La construcción de los miniproyectos debería incidir en zonas donde su beneficiara al mayor número de habitantes.

Debía existir una superficie adecuada para ubicar todas las obras civiles.

La boquilla se localizó donde fuera factible construir una obra de captación del tipo alpino y de altura media (de 10 a 12 m) (subcapítulo III.1.1).

La carga bruta total fue de al menos 40 m.

El trazo de los canales de conducción continuó sensiblemente sobre la curva de nivel correspondiente a la boquilla, hasta encontrar un sitio que contara con suficiente desnivel topográfico con respecto al cauce aguas abajo, sitio donde se ubicó la casa de máquinas.

En los casos donde fue posible reducir el desarrollo de las obras de conducción o que los costos por movimiento de tierras para alojar la sección del canal fueran elevados, se optó por la construcción de túneles.

Después de la localización de los sitios de captación con base en los criterios citados, se obtuvieron las áreas de las subcuencas correspondientes a cada miniproyecto, las de los afluentes y como dato se tenían las aforadas por cada estación hidrométrica; con toda esta información fue posible obtener las

relaciones de áreas, para que, junto con los datos de hidrometría, se pudieran determinar los gastos de diseño, como se verá más adelante.

II.5 Hidrometría.

Las estaciones hidrométricas que se utilizaron se encuentran ubicadas en diversos puntos de los ríos en estudio, así como en sus afluentes principales y, en algunos casos, en canales de presas derivadoras.

El Río Actopan cuenta con las estaciones hidrométricas, de aguas abajo a aguas arriba, de El Naranjillo y Actopan II sobre su cauce principal y la estación Ídolos sobre su afluente Paso de la Milpa; existen asimismo, las estaciones hidrométricas denominadas Km 0+200 y Km 0+300 sobre los canales provenientes de las presas derivadoras de La Esperanza y Santa Rosa, respectivamente, las cuales se encuentran aguas arriba de la estación El Naranjillo, por lo que para obtener los gastos totales hasta ésta última, se deberán sumar los caudales aforados por estas estaciones (Figura II.2, Anexo A).

Por su parte, el Río Bobos-Nautla cuenta con las estaciones hidrométricas, de aguas abajo hacia aguas arriba, de Martínez de la Torre sobre el cauce principal y Puente Henríquez sobre su afluente el Río Alceseca, así como la estación Libertad sobre su afluente Kilate (Figura II.3, Anexo A).

Por último, sobre el Río Tecolutla se encuentran las estaciones hidrométricas, de aguas abajo hacia aguas arriba, de Remolino sobre su cauce principal y Tecuantepec sobre su afluente el Río Zempoala, así como la estación Santa Ana sobre su afluente el Río Ajajalpan (Figura II.4, Anexo A).

En la Tabla II.2 (Anexo B) se muestran las principales características de las estaciones hidrométricas mencionadas, como son: cuenca a la que pertenecen, corriente sobre la que se encuentran, coordenadas geográficas, área de la cuenca aforada, gasto medio anual y el período de datos analizado.

Asimismo, en las Tablas II.3 a la II.13 (Anexo B) se muestran los datos hidrométricos correspondientes a gastos medios mensuales, sus valores máximo y mínimo, gastos anuales y finalmente el gasto medio anual; este valor se utilizó para obtener los gastos de diseño de cada uno de los miniproyectos hidroeléctricos, como se verá más adelante.

II.6 Gastos y volúmenes de diseño.

Una vez que se han definido los miniproyectos hidroeléctricos, como se mencionó en el subcapítulo II.4, fue posible determinar la estación o estaciones hidrométricas cuyos datos eran de utilidad para estimar sus gastos de diseño.

En la Tabla II.14 (Anexo B) se muestran las corrientes principal, secundaria y de tercero, cuarto y quinto orden, así como el área de cada proyecto.

En los casos en que la estación hidrométrica se encontrara aguas abajo del miniproyecto hidroeléctrico analizado sobre la misma corriente, su gasto de diseño se calculó como el producto del gasto medio mensual de la estación hidrométrica durante todo el período considerado, por la relación de áreas de la subcuenca del miniproyecto y la aforada por la estación (Ecuación II.1; Figura II.5, Anexo A).

Ec. II.1

$$Q_{mp} = \left(\frac{A_{mp}}{A_1} \right) Q_1$$

Donde:

Q_{mp} = Gasto de diseño del miniproyecto hidroeléctrico en estudio.

A_{mp} = Área de la subcuenca del miniproyecto hidroeléctrico en estudio.

A_1 = Área aforada por la estación hidrométrica con influencia en el miniproyecto hidroeléctrico en estudio.

Q_1 = Gasto medio anual de la estación hidrométrica con influencia en el miniproyecto hidroeléctrico en estudio.

Por otro lado, cuando la estación hidrométrica a utilizar se encontrara sobre una corriente principal aguas arriba de la confluencia de ésta con un afluente sobre el que se localizó el miniproyecto considerado, primeramente se sumaron las áreas aforada por la estación hidrométrica y la correspondiente a la subcuenca del afluente, según la Ecuación II.2 (Figura II.6, Anexo A).

Ec. II.2

$$A_3 = A_1 + A_2$$

Donde:

A_1 = Área aforada por la estación hidrométrica con influencia en el miniproyecto hidroeléctrico en estudio.

A_2 = Área de la subcuenca del afluente donde se ubica el miniproyecto hidroeléctrico en estudio.

A_3 = Suma de áreas de la subcuencas de la estación hidrométrica utilizada y del afluente.

A continuación, se calculó un factor de maximización como la relación de la suma de áreas obtenida y la aforada por la estación hidrométrica (Ecuación II.3).

Ec. II.3

$$f_1 = \frac{A_3}{A_1}$$

Donde:

f_1 = Factor de maximización.

A_3 = Suma de áreas de la subcuencas de la estación hidrométrica utilizada y del afluente.

A_1 = Área aforada por la estación hidrométrica con influencia en el miniproyecto hidroeléctrico en estudio.

Con la finalidad de maximizar el gasto medio anual de la estación hidrométrica y considerar la suma de áreas A_3 , aquél se multiplicó por el factor de maximización obtenido (Ecuación II.4).

Ec. II.4

$$Q_3 = f_1 Q_1$$

Donde:

Q_3 = Gasto maximizado para la suma de áreas de las subcuencas de la estación hidrométrica y del afluente en estudio.

f_1 = Factor de maximización.

Q_1 = Gasto medio anual de la estación hidrométrica con influencia en el miniproyecto hidroeléctrico en estudio.

Para relacionar el gasto maximizado con el afluente por estudiar, se obtuvo un factor de transporte, que es igual a la relación de las áreas de la subcuenca del afluente y la suma de áreas A_3 , según la Ecuación II.5.

Ec. II.5

$$f_2 = \frac{A_2}{A_3}$$

Donde:

f_2 = Factor de transporte.

A_2 = Área de la subcuenca del afluente donde se ubica el miniproyecto hidroeléctrico en estudio.

A_3 = Suma de áreas de la subcuencas de la estación hidrométrica utilizada y del afluente.

Para transportar el gasto medio anual maximizado a la subcuenca del afluente en estudio, aquel se multiplicó por el factor de transporte (Ecuación II.6).

Ec. II.6

$$Q_2 = f_2 Q_3$$

Donde:

Q_2 = Gasto maximizado y transportado a la subcuenca del afluente en estudio.

f_2 = Factor de transporte.

Q_3 = Gasto maximizado para la suma de áreas de las subcuencas de la estación hidrométrica y del afluente en estudio.

Finalmente, para obtener el gasto de diseño del miniproyecto hidroeléctrico en estudio, se multiplicó el gasto maximizado y transportado por la relación de

áreas de la subcuenca del miniproyecto en estudio y la subcuenca del afluente (Ecuación II.7; Figura II.6, Anexo A).

Ec. II.7

$$Q_{mp} = \left(\frac{A_{mp}}{A_2} \right) Q_2$$

Donde:

Q_{mp} = Gasto de diseño del miniproyecto hidroeléctrico en estudio.

A_{mp} = Área de la subcuenca del miniproyecto hidroeléctrico en estudio.

A_2 = Área de la subcuenca del afluente donde se ubica el miniproyecto hidroeléctrico en estudio.

Q_2 = Gasto maximizado y transportado a la subcuenca del afluente en estudio.

La metodología descrita se utilizó para todos y cada uno de los proyectos analizados, en función de su ubicación con respecto a las estaciones hidrométricas.

La Tabla II.15 (Anexo B) es un resumen de toda la información generada, en ella se muestran: el nombre del miniproyecto hidroeléctrico, el área de su subcuenca, estación hidrométrica utilizada, área aforada por ésta y su gasto medio anual, área de la subcuenca del afluente (si es el caso), suma de áreas de la estación hidrométrica y el afluente, factor de maximización, gasto maximizado, factor de transporte, gasto transportado, relación de áreas del miniproyecto y la estación hidrométrica o la del afluente y finalmente, el gasto de diseño de cada miniproyecto hidroeléctrico. Con toda esta información, se determinarán las características físicas de cada miniproyecto hidroeléctrico, como se verá en el siguiente capítulo.

II.7 Referencias.

- II.1 Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Subcoordinación de Hidrología y Mecánica de Ríos, datos hidrométricos de las estaciones: Actopan II, El Naranjillo, Km 0+200, Km 0+300, Ídolos, Puente Henríquez, Libertad, Martínez de la Torre, Tecuantepec, Santa Ana y Remolino.
- II.2 Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Dirección General de Geografía, Carta Fisiográfica escala 1:1,000,000.
<http://mapserver.inegi.gov.mx/geografia/espanol/estados/definiciones/provincia>.
- II.3 Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, cartas topográficas escala 1:250,000: Veracruz E14-3 y Poza Rica (Veracruz, Puebla e Hidalgo) F14-12.
- II.4 Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, cartas topográficas escala 1:50,000: E14B37 Coatepec (Veracruz), E14B38 José Cardel (Veracruz), E14B24 Mexcaltepec (Puebla y Tlaxcala), E14B25 Xonacatlán (Puebla y Veracruz), E14B26 Perote (Puebla y Veracruz), E14B27 Xalapa (Veracruz), E14B28 Actopan (Veracruz), E14B14 Zacatlán (Puebla), E14B15 Teziutlán (Puebla), E14B16 Altotonga (Puebla y Veracruz), E14B17 Misantla (Veracruz), F14D84 Filomeno Mata (Puebla y Veracruz), F14D85 Cuetzalán (Puebla y Veracruz), F14D86 Martínez de la Torre (Puebla y Veracruz), F14D87 San Rafael (Veracruz), F14D74 Xicotepec (Puebla y Veracruz), F14D75 Coatzintla (Veracruz y Puebla) y F14D76 Papantla (Veracruz).
- II.5 Secretaría de Programación y Presupuesto, Carta de climas, clasificación y distribución de tipos de clima según Köppen, modificados por la M. en C. Enriqueta García Amaro de Miranda, Esc. 1:1,000,000, Atlas Nacional del Medio Físico, 1981.
- II.6 Valdez Ingenieros, S.A. de C.V., Situación actual de la minihidráulica y determinación del potencial aprovechable en una región de los Estados de Veracruz y Puebla, 1995.

III. Evaluación económica de los miniproyectos hidroeléctricos propuestos.

En el capítulo anterior se describieron los criterios para la localización de los sitios de captación de los miniproyectos hidroeléctricos (subcapítulo II.4), a continuación se determinó su gasto de diseño en función de los datos de hidrometría de la estación con influencia en el área considerada, así como de las áreas de las subcuencas correspondientes (subcapítulo II.6). Con base en toda esta información se determinarán, como se muestra en el presente capítulo, las características específicas de cada proyecto, como son: sección y longitud de los canales y/o túneles de conducción; ubicación y dimensiones del tanque de carga; diámetro, espesor y longitud de la tubería a presión; localización y dimensiones de la casa de máquinas; características del equipo electromecánico (turbina y generador) y longitud y tipo de la línea de transmisión.

Una vez determinados todos estos elementos, se calcularán la potencia y la generación media anual de cada miniproyecto hidroeléctrico; asimismo, se cuantificarán la obra civil y mecánica y se obtendrá el presupuesto general. Por último, se hará una evaluación económica de los miniproyectos para la recuperación de la inversión y se determinará cuales son los más rentables bajo un criterio técnico-económico.

III.1 Esquema general de aprovechamiento.

El arreglo típico para todos y cada uno de los miniproyectos hidroeléctricos está constituido, de aguas arriba hacia aguas abajo, por una o varias obras de captación, canal y/o túnel de conducción, tanque de carga, tubería a presión, casa de máquinas, equipo electromecánico (turbina y generador), subestación y línea de transmisión (Figura III.1, Anexo A).

III.1.1 Obra de captación.

Las boquillas donde se ubicaron las obras de captación fueron sitios donde fuera posible construir una presa de tipo alpino de 10 a 12 m de altura cuya función no es la de regulación, sino la de proporcionar carga y derivar el agua hacia el canal de conducción, además de permitir el tránsito de la avenida máxima probable sobre la corona, lo que la convierte en una presa derivadora.

El agua se capta con una toma lateral (toma alpina) capaz de descargar el gasto correspondiente a cada miniproyecto hidroeléctrico durante todo el período considerado; el control del flujo se realiza a través de una compuerta y un mecanismo de izaje (Figura III.2, Anexo A y Plano III.1, Anexo C). Algunos miniproyectos cuentan con más de una obra de captación, como se verá más adelante cuando se enumeren todas sus características.

III.1.2 Canal y/o túnel de conducción.

Una vez que se capta el agua es conducida por canales y/o túneles que trabajan a superficie libre y tienen la capacidad suficiente para conducir el gasto correspondiente a cada miniproyecto hidroeléctrico.

En el subcapítulo II.4 se mencionó que el trazo de los canales de conducción continúa sensiblemente a lo largo de la curva de nivel correspondiente a la boquilla hasta encontrar un sitio con suficiente desnivel topográfico con respecto al cauce donde se pudiera alojar el tanque de carga y que en la ribera de la corriente existiera un área suficiente para alojar la casa de máquinas. Asimismo, se determinó que en los casos donde fuera posible reducir el desarrollo de los canales de conducción o que el movimiento de tierras para construir la sección del canal fuera excesivo, se optara por la construcción de túneles.

Para la determinación de las secciones transversales de los canales y/o túneles se utilizó la fórmula de Manning para flujo uniforme y la ecuación de continuidad (Ecuaciones. III.1 y III.2).

Ec. III.1

$$v = \frac{1}{n} Rh^{\frac{2}{3}} s^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

v = Velocidad media, en m/s.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

Rh = Radio hidráulico = Área hidráulica/Perímetro mojado, en m.

s = Pendiente del canal y/o túnel, en milésimas.

Ec. III.2

$$Q = A v$$

Donde:

Q = Gasto que pasa por el conducto, en m^3/s .

A = Área de la sección transversal del conducto, en m^2 .

v = Velocidad media normal a la sección transversal del conducto, en m/s .

Las secciones propuestas para las obras de conducción fueron: la trapezoidal en el caso de los canales y la circular para los túneles (Figura III.3, Anexo A y Plano III.1, Anexo C). En el primer caso y, con base en recomendaciones del U.S. Bureau of Reclamation para la construcción de este tipo de estructuras, se consideró un talud de 1.5:1 para las paredes del canal, considerando que se tiene un material de arcilla densa o tierra con revestimiento de concreto; asimismo y con base en el valor del gasto por conducir, se definieron el ancho de plantilla, la altura del revestimiento sobre la superficie libre del agua y el bordo libre. La sección tipo promedio se propuso en balcón con una parte en corte y otra de relleno (Figura III.3, Anexo A).

Tanto para los canales como para los túneles se consideró un factor de fricción “n” igual a 0.013 (Manning) (correspondiente a un revestimiento de concreto acabado con llana metálica), el espesor del revestimiento en ambos casos fue de 8 cm.

Los valores considerados para las velocidades mínima y máxima del flujo fueron 0.50 y 5.5 m/s , respectivamente; el primero para evitar el depósito de azolve y el segundo para prevenir la erosión del revestimiento; en todas las obras de conducción se calcularon las condiciones para el régimen crítico con la finalidad de asegurar la presencia de un régimen subcrítico.

En la Tabla III.1 (Anexo B) se muestran las características de las secciones de los canales de conducción: nombre del miniproyecto hidroeléctrico, gasto, ancho de plantilla, pendiente, tirante normal, área hidráulica, velocidad, altura del revestimiento sobre la superficie libre del agua, altura total del revestimiento, bordo libre, altura total del canal, tirante crítico y tipo de régimen.

Asimismo y, para el caso de los túneles de conducción, en la Tabla III.2 (Anexo B) se tienen: el nombre del miniproyecto hidroeléctrico, gasto, diámetro, pendiente, tirante normal, relación tirante a diámetro, velocidad, tirante crítico y tipo de régimen. En la Figura III.3 (Anexo A) y el Plano III.1 (Anexo C) se muestran sus principales características.

III.1.3 Tanque de carga.

El tanque de carga es una estructura que recibe las aportaciones del gasto conducido por el canal y/o túnel desde la obra de captación y establece las condiciones del flujo para que la tubería a presión trabaje de manera adecuada, consta de tres partes: Un tanque amortiguador (en rigor no lo es, ya que no hay cambio de régimen de flujo), un vertedor lateral y una cámara de carga que es la que se une con la tubería a presión (Figura III.4, Anexo A).

Entre sus funciones más importantes se encuentran las siguientes: Lograr que la velocidad del agua en la obra de toma del tanque sea aproximadamente de 1 m/s; en los casos de mantenimiento y/o reparación del equipo electromecánico, ser capaz de desviar el flujo a través de un vertedor lateral con capacidad para verter el gasto del canal y/o túnel de conducción; contar con capacidad suficiente para llenar la tubería a presión; mantener la sumergencia de la tubería y evitar con esto la entrada de aire a ésta; el volumen de agua en el tanque de carga también tiene la función de amortiguar las ondas de sobrepresión (fenómenos transitorios) causadas por el cierre brusco de las turbinas y así restablecer rápidamente el equilibrio de todo el sistema. (Figura III.4, Anexo A).

Para el dimensionamiento de los tanques de carga se requirió, primeramente, el tirante crítico a la llegada al tanque, este dato se obtuvo del cálculo de los canales de conducción (véanse el subcapítulo III.1.2 y la Tabla III.1, Anexo B).

A continuación se calculó la velocidad económica con la Ecuación III.3:

Ec. III.3

$$v = C_1 \sqrt{2gH}$$

Donde:

v = Velocidad económica, en m/s.

C_1 = Coeficiente de descarga = 0.08.

g = Aceleración de la gravedad, en m²/s.

H = Carga hidráulica (desnivel topográfico), en m.

Con base en el diámetro económico de la tubería a presión se determinó la profundidad del tanque de carga con la finalidad de garantizar la debida sumergencia de aquella y evitar la entrada de aire, se especifica que esta

profundidad sea tres veces ese diámetro (véanse el subcapítulo III.1.4 y la Tabla III.4, Anexo B).

La longitud real de la tubería, es decir, tomando en cuenta su desarrollo, se obtuvo de la topografía del sitio, con esta longitud y el diámetro calculado se obtuvo el volumen de agua en la tubería (Tabla III.4, Anexo B). Asimismo, con el gasto de diseño y la sección transversal de la tubería se calculó la velocidad del agua dentro de ésta.

Por otro lado y, con base en la ecuación de continuidad, se obtuvo el tiempo de vaciado de la tubería, que es igual al cociente del volumen de agua dentro de ella y el producto de la velocidad del agua por su área (Ecuación III.4).

Ec. III.4

$$t_v = \frac{V}{A v}$$

Donde:

t_v = Tiempo de vaciado de la tubería, en s.

V = Volumen de agua en la tubería, en m³.

A = Área transversal de la tubería, en m².

v = Velocidad del agua en la tubería, en m/s.

La longitud del tanque amortiguador se determinó con la siguiente expresión:

Ec. III.5

$$l_t = \left[2.5 + \left(\frac{y_c}{h} \right) + \left(\frac{y_c}{h} \right)^3 \right] (h y_c)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

l_t = Longitud del tanque amortiguador, en m.

y_c = Tirante crítico a la llegada al tanque de carga, en m.

h = Profundidad del tanque, en m.

Una vez definida la longitud del tanque amortiguador, se determinó la longitud del vertedor lateral, ésta se fijó desde un valor mínimo de 5.00 m hasta un

máximo de 20.00 m. Para calcular el tirante sobre la cresta del vertedor lateral, se utilizó la siguiente expresión:

Ec. III.6

$$y_1 = \left[\frac{Q}{(2 l_v)} \right]^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

y_1 = Tirante sobre la cresta del vertedor lateral, en m.

Q = Gasto de diseño del miniproyecto hidroeléctrico, en m^3/s .

l_v = Longitud de la cresta del vertedor lateral, en m.

Las dimensiones de la tercera porción del tanque (la cámara de carga) se determinaron como sigue: Primeramente se calculó el volumen de la cámara de carga como el producto del gasto de diseño, el tiempo de vaciado de la tubería y un factor igual a 0.6, esto implica que el tanque quedará siempre al 40% de su capacidad:

Ec. III.7

$$V_c = 0.6 Q t_v$$

Donde:

V_c = Volumen de la cámara de carga, en m^3 .

Q = Gasto de diseño del miniproyecto hidroeléctrico, en m^3/s .

t_v = Tiempo de vaciado de la tubería, en s.

Con base en lo anterior, se obtuvo el área de la cámara de carga que es igual al cociente de su volumen y la profundidad del tanque.

Ec. III.8

$$A_c = \frac{V_c}{h}$$

Donde:

A_c = Área de la cámara de carga, en m^2 .

V_c = Volumen de la cámara de carga, en m^3 .

h = Profundidad del tanque, en m.

Obtenido el valor del área de la cámara de carga, se fijó su ancho en función del diámetro de la tubería a presión, con este ancho se obtuvo el largo correspondiente.

La profundidad total del tanque H_t se calculó como sigue:

Ec. III.9

$$H_t = h + BL$$

Donde:

H_t = Profundidad total del tanque de carga, en m.

h = Profundidad del tanque, en m.

BL = Bordo libre, en m (se utilizó el valor de 0.20 m).

Finalmente la longitud total del tanque de carga se determinó con la siguiente fórmula:

Ec. III.10

$$L_t = l_t + l_v + l_c$$

Donde:

L_t = Longitud del tanque amortiguador, en m.

l_v = Longitud de la cresta del vertedor lateral, en m.

l_c = Longitud de la cámara de carga, en m.

En la Tabla III.3 (Anexo B) se muestra el dimensionamiento de los tanques de carga para los miniproyectos hidroeléctricos estudiados, con base en todos los parámetros mencionados y en la Figura III.4 (Anexo A) y el Plano III.1 (Anexo C) se muestran sus principales características.

III.1.4 Tubería a presión.

Es el elemento que conduce el agua desde el tanque de carga hasta las turbinas; en todos los casos se propuso tubería superficial de acero apoyada en atraques de concreto con un desarrollo sensiblemente paralelo al perfil del terreno natural. Su ubicación está determinada por el arreglo general de las estructuras, su longitud real, es decir tomando en cuenta su desarrollo, se obtuvo de la topografía del sitio.

Es necesario calcular dos de las características más importantes de la tubería a presión: diámetro y espesor; la primera de ellas se debe determinar desde el punto de vista de la economía y la segunda por requerimientos funcionales.

Una expresión empírica para el cálculo del diámetro económico que se utilizó es la siguiente:

Ec. III.11

$$d = \left(\frac{6.6 Q^3}{H} \right)^{0.1429}$$

Donde:

d = Diámetro económico de la tubería a presión, en m.

Q = Gasto conducido por la tubería, en m³/s.

H = Carga hidráulica de la tubería, en m.

Para el cálculo del espesor de la tubería a presión, es necesario determinar las cargas a las que va a estar sujeta, como son: la carga estática y la sobrecarga debida a los fenómenos transitorios provocados por las maniobras de cierre y apertura de las válvulas, esta sobrecarga se calcula con las siguientes fórmulas:

Ec. III.12

$$h_{m\acute{a}x} = 0.2 \frac{v L}{T_c}$$

Donde:

$h_{m\acute{a}x}$ = Sobrecarga en el extremo de la tubería debido al cierre de válvulas, en m.

v = Velocidad del agua en la tubería, en m/s.

L = Longitud de la tubería, en m.

T_c = Tiempo de cierre, en s (en todos los casos, se asumirá un valor de 2 s).

La anterior expresión es válida, si y sólo si: $T_c > \frac{T}{2}$

Y en la cual:

Ec. III.13

$$\frac{T}{2} = \frac{2L}{a}$$

Donde:

T = Período de la onda de sobrepresión, en s.

L = Longitud de la tubería, en m.

a = Celeridad de la onda de sobrepresión, en m/s.

Para el cálculo de ésta última en el caso de una tubería de acero, se utilizó la fórmula:

Ec. III.14

$$a = \frac{1,425}{\sqrt{1 + \frac{E_w d}{E_a \delta}}}$$

Donde:

E_w = Módulo de elasticidad del agua = 2.07×10^8 kg/m².

d = Diámetro de la tubería, en mm.

E_a = Módulo de elasticidad del acero = 2.1×10^{10} kg/m².

δ = Espesor de la tubería, en mm.

Ya que en un inicio se desconoce el espesor de la tubería, para efectos de una primera aproximación se puede suponer una celeridad “a” de la onda de sobrepresión igual a 1,000 m/s.

Una vez obtenida $h_{m\acute{a}x}$, la carga total en la tubería es:

Ec. III.15

$$H = H_0 + h_{m\acute{a}x}$$

Donde:

H = Carga máxima en la salida de la tubería, en m.

H_0 = Carga correspondiente al flujo establecido, en la salida de la tubería, en m.

El espesor de la tubería se determinó con la Ec. III.16:

Ec. III.16

$$\delta = 0.05 \frac{H d}{\Psi \sigma_a} + c$$

Donde:

δ = Espesor de la tubería, en mm.

H = Carga máxima en la salida de la tubería, en m.

d = Diámetro de la tubería, en mm.

Ψ = Coeficiente que depende del tipo de junta de la tubería, para juntas soldadas su valor es igual a 1 (este valor se tomó en cuenta en todos los casos).

σ_a = Esfuerzo admisible de trabajo del acero a la tensión = 1,265 kg/cm² (el esfuerzo de fluencia considerado fue de 2,530 kg/cm²).

c = Coeficiente por corrosión, su valor varía de 1 a 3 mm (se utilizó un valor promedio de 2 mm).

Además, el espesor de la tubería debe soportar las vibraciones por el paso del agua, lo cual se revisa con las fórmulas III.17 y III.18 para velocidades menores y mayores a 5 m/s, respectivamente:

Ec. III.17

$$\delta = 0.0025 d + 1.2$$

Ec. III.18

$$\delta = 0.00385 d + 3.1$$

Donde:

δ = Espesor de la tubería, en mm.

d = Diámetro de la tubería, en mm.

Por último, el espesor calculado debe ser suficiente para resistir el vacío, según la Ecuación III.19:

Ec. III.19

$$\delta = 0.01 d$$

Las unidades son las mismas de las expresiones anteriores.

El espesor definitivo de la tubería se tomó del mayor valor de los tres calculados: por fenómenos transitorios, vibraciones y por vacío; con el espesor obtenido se revisó la celeridad de la onda de sobrepresión con la Ecuación III.14, si su valor no era aproximadamente el supuesto, se realizaron nuevamente los cálculos.

En la Tabla III.4 (Anexo B) se muestran las principales características de la tubería a presión de cada miniproyecto hidroeléctrico, como son: gasto, cotas de carga y generación, carga hidráulica, longitud de la tubería en planta y longitud real, diámetro económico, diámetro comercial en milímetros y pulgadas (el diámetro económico obtenido se aproximó al diámetro comercial más cercano según el Manual de Construcción en Acero, editado por el Instituto Mexicano de la Construcción en Acero A.C.), velocidad, valor de la mitad del período de la onda de sobrepresión, $h_{m\acute{a}x}$, H, espesores de la tubería requeridos por los fenómenos transitorios, vibración y vacío, espesor real, celeridad de la onda de sobrepresión, peso de la tubería por metro y peso total. Asimismo, en la Figura III.5 (Anexo A) y el Plano III.1 (Anexo C) se muestra la disposición típica de la tubería a presión.

III.1.5 Casa de máquinas.

Es de tipo superficial, sus dimensiones están determinadas por las del equipo electromecánico, además debe contar con un cuarto de control, oficina y servicios para los operadores e inspectores. Para el izaje en las labores de montaje y desmontaje de las máquinas, se consideró en el proyecto una grúa viajera con capacidad de 10 toneladas.

Debido a consideraciones constructivas, el proyecto para la construcción de la casa de máquinas es con base en una estructura metálica y láminas de acero en la techumbre y muros, con una cimentación de mampostería excepto para las columnas metálicas y los equipos, para los cuales es de concreto reforzado.

La disposición de los elementos de las casas de máquinas será modular, es decir que se adaptará con base en módulos a las necesidades de cada miniproyecto hidroeléctrico, esto con la finalidad de mantener un arreglo uniforme. En el Plano III.1 (Anexo C) se muestra el proyecto típico de las casas de máquinas.

III.1.6 Equipo electromecánico.

El equipo electromecánico está constituido por la turbina y el generador; sus características están en función de la potencia por generar y ésta, a su vez, depende de las condiciones hidrológicas reinantes en cada uno de los miniproyectos hidroeléctricos.

En el subcapítulo III.2 se muestran a detalle la determinación de la potencia y la generación media anual de todos y cada uno de los proyectos, así como la definición del tipo de turbina y sus características.

III.1.7 Línea de transmisión.

Una vez que se ha generado la energía eléctrica (en nuestro caso a 13.8 kV), es preciso elevar el voltaje para su transmisión a 230 kV por medio de una subestación elevadora; a partir de ésta última se transmite la energía hacia el centro de consumo; las características de la línea de transmisión se muestran a detalle en el subcapítulo III.3.

III.2 Cálculo de la potencia y capacidad de generación.

Una vez que se determinaron los gastos para cada uno de los miniproyectos en estudio (subcapítulo II.6), fue necesario calcular la potencia a instalar y definir el tipo de turbina con base en las condiciones de gasto y carga y así obtener la generación media anual de cada miniproyecto hidroeléctrico, así como la total.

Para el cálculo de la potencia a instalar no se utilizó el desnivel topográfico entre el tanque de carga y la máquina, llamada carga bruta (H_b), sino la carga neta (H), que es la que realmente aprovechará la turbina y que se obtiene una

vez que se han tomado en cuenta las pérdidas por fricción a lo largo de la tubería a presión.

Asimismo y para realizar lo anterior, primeramente se debió determinar el tipo de flujo (laminar o turbulento) se presenta en la tubería, para lo cual fue necesario calcular el número de Reynolds, que se define como:

Ec. III.20

$$Re = \frac{v D}{\nu}$$

Donde:

Re = Número de Reynolds, adimensional.

v = Velocidad media en, cm/s.

D = Diámetro de la conducción, en cm.

ν = Viscosidad cinemática, en cm^2/s .

Las pérdidas por fricción se calcularon con la ecuación de Darcy-Weisbach:

Ec. III.21

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

Donde:

h_f = Pérdida por fricción, en m.

f = factor de fricción, adimensional.

L = Longitud del tubo, en m.

D = Diámetro del tubo, en m.

v = Velocidad media en, m/s.

g = Aceleración de la gravedad, en m/s^2 .

Para la obtención del factor de fricción “ f ” de la Ecuación III.21, se utilizó la ecuación de Guerrero, la cual es:

Ec. III.22

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\left(\frac{\epsilon}{D} \right)}{3.71} + \frac{G}{Re^T} \right) \right]^2}$$

Donde:

f = factor de fricción, adimensional.

ϵ = Rugosidad absoluta, en mm (para el acero = 0.07 mm).

D = Diámetro de la tubería, en mm.

Re = Número de Reynolds, adimensional.

$G = 4.555$ y $T = 0.8764$ para $4,000 \leq Re \leq 10^5$.

$G = 6.732$ y $T = 0.9104$ para $10^5 \leq Re \leq 3 \times 10^6$.

$G = 8.982$ y $T = 0.9300$ para $3 \times 10^6 \leq Re \leq 10^8$.

En la Tabla III.5 se muestra el cálculo de la carga neta para cada miniproyecto hidroeléctrico.

La potencia requerida de los equipos (en MW) se calculó con base en el gasto, la carga neta y considerando una eficiencia “ η ” del 80% (valor que se presenta en proyectos semejantes) para el conjunto turbina-generador, según la expresión:

Ec. III.23

$$P = \frac{9.81\eta QH}{1000}$$

Donde:

P = Potencia, en MW.

η = Eficiencia del conjunto turbina-generador, adimensional (80%).

Q = Gasto medio, en m³/s.

H = Carga neta, en m.

La generación media anual se obtuvo multiplicando la potencia obtenida por 8,760 horas anuales de operación y dividiendo por 1,000 para obtener el resultado en GWh.

Debe mencionarse que únicamente un proyecto (Hueytentan) resultó con una potencia por arriba del límite establecido en el Capítulo I de 10 MW para

considerar estas obras como miniproyectos hidroeléctricos; sin embargo, se le incluyó en los cálculos subsecuentes para su evaluación económica junto con el resto.

Para definir el tipo de turbina a instalar, fue necesario determinar primeramente la velocidad de giro del rodete “N”, con base en la siguiente expresión:

Ec. III.24

$$N = \frac{60f}{p}$$

Donde:

N = Velocidad de giro del rodete, en revoluciones/minuto.

f = Frecuencia eléctrica, en Hertz (Hz), igual a 60.

p = Número de pares de polos del generador (en nuestro caso, se consideraron ocho pares).

Con el valor obtenido se determinó la velocidad de giro de la turbina específica, la cual es la que trabaja con una carga y potencia unitarias, con la ecuación:

Ec. III.25

$$N_s = \frac{NP^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{5}{4}}}$$

Donde:

N_s = Velocidad de giro de la turbina específica, en revoluciones/minuto.

N = Velocidad de giro del rodete, en revoluciones/minuto.

P = Potencia, en CV (1 CV = 75 kgf m/s).

H = Carga neta, en m.

Con base en los parámetros de la velocidad de giro de la turbina específica y la carga neta, se definió el tipo de turbina más conveniente para cada proyecto; la mayoría de los equipos requeridos son turbinas tipo Pelton con un número de chiflones de uno a seis y en el menor número de casos, turbinas tipo Francis lenta y normal.

Para determinar el diámetro de las turbinas se utilizaron las siguientes fórmulas empíricas:

Para turbinas Francis:

Ec. III.26

$$D = \frac{(0.16N'_s + 35.1)H^{\frac{1}{2}}}{N}$$

Para turbinas Pelton:

Ec. III.27

$$D = \frac{42.30 \eta H^{\frac{1}{2}}}{N}$$

Donde:

D = Diámetro de la turbina, en m.

N'_s = Velocidad específica por rodete, en revoluciones/minuto.

H = Carga neta, en m.

N = Velocidad de giro del rodete, en revoluciones/minuto.

η = Eficiencia del conjunto turbina-generador, adimensional (80%).

En la Tabla III.6 se muestran: el gasto medio anual, carga neta, potencia media anual y generación neta anual (considerando un factor de planta de 0.70), velocidad específica, así como el tipo de turbina a instalar y su diámetro.

Como se aprecia en esa tabla, la potencia media total de los 38 proyectos es de 103.54 MW y la generación neta anual es de 634.93 GWh, esto implica que se tendrían centrales con una potencia instalada promedio de 2.72 MW, valor ligeramente inferior al reportado en otros países (3.6 MW/central, véase el capítulo I). Desde luego, son necesarias evaluaciones económicas preliminares de cada uno de ellos, para seleccionar los proyectos más viables económicamente (véase el subcapítulo III.5).

III.3 Volúmenes de obra.

Una vez que se tiene el dimensionamiento de la obra civil y electromecánica de los miniproyectos hidroeléctricos en estudio, es posible calcular los volúmenes de obra y su presupuesto.

En la Tabla III.7 se muestra un resumen de las principales características de los miniproyectos hidroeléctricos, como son: longitud del camino de acceso (este concepto no se incluyó en el cálculo de los costos), número de obras de captación, longitud del canal y/o túnel de conducción, longitud y ancho del tanque de carga, longitud real de la tubería a presión, gasto medio anual, carga neta, potencia media anual, generación neta anual, tipo de turbina y longitud de la línea de transmisión.

Algunas consideraciones en la cuantificación de los volúmenes de obra de cada uno de los elementos de los miniproyectos hidroeléctricos fueron las siguientes: En el caso de las obras de captación se tomaron en cuenta las dimensiones máximas que aparecen en la Figura III.2, es decir, una cortina de 12 m de altura y un largo de 20 m (Tabla III.8, Anexo B); tanto en los canales como en los túneles, se consideró un revestimiento de concreto con una resistencia de 150 kg/cm² (Tablas III.9 y III.10, Anexo B); para los tanques de carga, se tomó en cuenta la elaboración y colocación de una plantilla para el desplante de la estructura de 0.05 m de espesor y una resistencia a la compresión de 150 kg/cm², para el caso del concreto de los muros y losa de fondo la resistencia es de 200 kg/cm²; asimismo, se consideraron 150 kg de acero de refuerzo con un $f_y = 4,200$ kg/cm² por cada metro cúbico de concreto (Tabla III.11, Anexo B).

Finalmente la casa de máquinas, como se mencionó en el subcapítulo III.1.5, es de tipo superficial y sus dimensiones están determinadas por las del equipo electromecánico, según las siguientes expresiones:

Ec. III.28

$$L_1 = 0.1D^2 + 2.9D + 1.6 m$$

Ec. III.29

$$L = (z + 1)L_1$$

Ec. III.30

$$B = 5 + 4.5D$$

Ec. III.31

$$H = 0.16D^2 + 2.8D + 4 m$$

Donde:

L_1 = Longitud parcial, en m.

D = Diámetro de la turbina, en m.

L = Longitud total del área donde se alojan las turbinas, en m.

z = Número de unidades.

B = Ancho total del área donde se alojan las turbinas, en m.

H = Altura del área donde se alojan las turbinas, en m.

Además de un área para el equipo electromecánico, la casa de máquinas debe contar con un cuarto de control (en el que se encuentran las baterías para el arranque del equipo), oficina y servicios para los operadores e inspectores; también cuenta con una grúa viajera con capacidad de 10 toneladas.

La construcción de la casa de máquinas es con base en una estructura metálica y láminas de acero en la techumbre y muros; la cimentación cuenta con zapatas aisladas unidas con contratraveses, ambas de concreto reforzado con un $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$. El piso de maniobras es de concreto reforzado de la misma resistencia, reforzado con malla electrosoldada 6 x 6 – 10/10.

En la Tabla III.12 (Anexo B) se muestran las dimensiones finales (ajustadas a partir de las obtenidas con las expresiones anteriores), así como la cuantificación de los volúmenes de limpieza, trazo, excavación, relleno, plantilla, piso de concreto, malla electrosoldada, concreto en la cimentación, acero de refuerzo, acero estructural y lámina “Pintro”.

III.4 Presupuestos.

Con base en las cuantificaciones realizadas, se integraron los presupuestos de la obra civil de cada miniproyecto con base en el Catálogo de Precios Unitarios del año 2011 editado por la CONAGUA, considerando un incremento del 15% para actualizarlos.

En cuanto a la estimación del costo de las turbinas, se utilizó un criterio de la Universidad de Lancaster (Gran Bretaña) basado en expresiones empíricas en función del tipo de turbina, el gasto y la carga neta, los valores obtenidos se

incrementaron en un 15% con la finalidad de actualizarlos. Para turbinas Francis cuando el valor del gasto oscila entre 0.5 y 2.5 m³/s, se tiene:

Ec. III.32

$$C = 142,000 (QH^{0.5})^{0.07}$$

Cuando el gasto varía de 2.5 a 10.0 m³/s:

Ec. III.33

$$C = 282,000 (QH^{0.5})^{0.11}$$

En el caso de turbinas Pelton se utilizó la siguiente fórmula:

Ec. III.34

$$C = 8,300 (QH)^{0.54}$$

Donde:

C = Costo en libras esterlinas (tipo de cambio: 1 Libra = \$20.2422)

Q = Gasto medio, en m³/s.

H = Carga neta, en m.

Para estimar el costo de los generadores, se tomó en cuenta la “Evaluación económica del estudio de cogeneración” de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE, órgano desconcentrado de la Secretaría de Energía) en el sentido de asignar un costo índice entre 120 y 150 USD por cada kW instalado, en este caso se utilizó el promedio igual a 135 USD, con un tipo de cambio de 1 USD = \$12.35.

En el caso de la subestación y la línea de transmisión a 230 kV, se tomaron en cuenta diversas cotizaciones en la red, éstas arrojaron precios índice de \$250,000.00/MW instalada y \$2,700.00/m, respectivamente.

Para la integración de los presupuestos, se consideró un 4% de indirectos (gran total en oficinas centrales y en obra), utilidad del 8% y un costo del proyecto ejecutivo iguala al 5% del subtotal general. En las Tablas III.13 a la III.50 se

muestran los presupuestos de la obra civil y electromecánica de todos y cada uno de los miniproyectos hidroeléctricos.

III.5 Evaluación económica.

La evaluación económica de los miniproyectos hidroeléctricos implica obtener diversos parámetros para considerar la conveniencia de invertir en la construcción y operación de los proyectos, para lo cual se hicieron las siguientes consideraciones: el inicio y la terminación de la construcción, así como el inicio de la operación de los proyectos se realiza en el primer año, su vida útil se estimó en 30 años y la tasa utilizada fue del 10%.

Primeramente se calculó el costo unitario de la inversión según la siguiente expresión:

Ec. III.35

$$C = \frac{I_T}{P}$$

Donde:

C = Costo unitario de la inversión, en \$/MW.

I_T = Inversión total inicial, en pesos.

P = Potencia a instalar, en MW.

Uno de los criterios para la evaluación de este tipo de proyectos, es el cálculo del kiloWatt-hora nivelado por conceptos de inversión, así como por operación y mantenimiento. El primero de ellos se calcula con la siguiente expresión:

Ec. III.36

$$\left(\frac{\$}{kWh}\right)_{Inv.} = \frac{I_T \cdot FVP_{Constr.}}{FVP_{Total} \cdot kWh_{Neta}}$$

Donde:

$\left(\frac{\$}{kWh}\right)_{Inv.}$ = Costo del kWh nivelado por concepto de inversión, en \$/kWh.

I_T = Inversión total inicial, en pesos.

$FVP_{Constr.}$ = Factor de Valor Presente durante la construcción de la obra.

FVP_{Total} = Factor de Valor Presente Total.

kWh_{Neta} = Generación neta anual, en kWh.

Asimismo, el Factor de Valor Presente durante la construcción, se calcula con la Ecuación III.37:

Ec. III.37

$$FVP_{Constr.} = \sum_{t=-N}^{-1} \frac{I_t}{I_T} (1+i)^{-t}$$

Donde:

$FVP_{Constr.}$ = Factor de Valor Presente durante la construcción de la obra.

I_t = Inversión en el año t, en pesos.

I_T = Inversión total inicial, en pesos.

i = Tasa de interés (se consideró un 10%).

t = Año de construcción en el que se hace el desembolso I_t .

N = Número de períodos de la etapa de construcción (años, igual a 1).

El Factor de Valor Presente Total se obtiene:

Ec. III.38

$$FVP_{Total} = \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^{n-1}}$$

Donde:

FVP_{Total} = Factor de Valor Presente Total.

i = Tasa de interés (se consideró un 10%).

n = Número de años de vida útil de la minicentral (30 años).

Como se mencionó, otro parámetro a calcular es el kilowatt-hora nivelado por concepto de operación y mantenimiento, según la expresión:

Ec. III.39

$$\left(\frac{\$}{kWh}\right)_{OyM} = \frac{CF}{kWh_{Neta}} + CV$$

Donde:

$\left(\frac{\$}{kWh}\right)_{OyM}$ = Costo del kWh nivelado por concepto de operación y mantenimiento, en \$/kWh.

CF = Costos fijos de operación y mantenimiento.

CV = Costos variables de operación y mantenimiento.

kWh_{Neta} = Generación neta anual, en kWh.

Los costos fijos y variables de operación y mantenimiento se obtuvieron a partir de costos-índice de proyectos hidroeléctricos en México, sus valores fueron \$30,985.96/MW-año y \$0.12/MWh, respectivamente.

Por último, el valor del kilowatt-hora nivelado total es igual a la suma del kilowatt-hora nivelado de inversión y el de operación y mantenimiento.

Otro parámetro que es muy útil para la evaluación de proyectos es la relación Beneficio/Costo, para que se considere que un proyecto de inversión es rentable, el valor de esta relación debe ser mayor a la unidad, de lo contrario el proyecto debe rechazarse, la relación B/C se calcula:

Ec. III.40

$$B/C = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{I}{(1+i)^j}}{\sum_{j=0}^n \frac{C}{(1+i)^j} + \sum_{j=0}^n \frac{I_T}{(1+i)^j}}$$

Donde:

B/C = Relación Beneficio/Costo.

I = Ingresos, en pesos = $\left[P_v - \left(\frac{\$}{kWh}\right)_{OyM} \right] kWh_{Neta}$, donde: P_v es el precio de venta de la energía = \$0.745/kWh en servicio básico.

$\left(\frac{\$}{kWh}\right)_{OyM}$ = Costo del kWh nivelado por concepto de operación y mantenimiento, en \$/kWh.

kWh_{Neta} = Generación neta anual, en kWh.

C = Costos, en pesos.

$\sum_{j=0}^n \frac{1}{(1+i)^j}$ = Factor de actualización.

I_T = Inversión total inicial, en pesos.

n = Número de años de vida útil de la minicentral (30 años).

Finalmente, se calculó el Período de Recuperación de la Inversión (PRI) como:

Ec. III.41

$$PRI = n' + \frac{(I_T - F_e')}{F_e}$$

Donde:

PRI = Período de Recuperación de la Inversión, en años.

n' = Año anterior a la recuperación de la inversión.

I_T = Inversión total inicial, en pesos.

F_e' = Flujo de efectivo acumulado al año anterior al de la recuperación de la inversión, en pesos.

F_e = Flujo de efectivo en el año de la recuperación de la inversión, en pesos.

El resumen de los resultados de la evaluación económica se muestra en la Tabla III.51 (Anexo B); como se aprecia, el proyecto Hueytentan es el más atractivo, ya que tiene una relación Beneficio/Costo de 5.25 y su período de recuperación del capital es de 1.99 años aunque, como se mencionó, rebasa el límite de 10 MW de potencia a instalar para considerarlo como miniproyecto hidroeléctrico.

Por otro lado, se tienen seis miniproyectos: Chiconta, Huaxtla, Conta, Congregación Hidalgo, Yehuala y Quetzalapa cuya relación B/C está por arriba de 3 y su período máximo de recuperación de la inversión es de 3.77 años. El siguiente grupo lo conforman siete miniproyectos: Tronconal, Los Frailes,

Huatamimilo, Teteyahualco, San Lucas, Tempextla y Tenepaniglia con una relación $2 < B/C < 3$, el período máximo de recuperación de la inversión es de 6.44 años.

El siguiente bloque está formado por 12 miniproyectos, los cuales son: Loma de Rogel, La Moraleja, Cerro Gordo, Santa Cruz, Nicolás Bravo, Kilate Sur, San Bartolo, Buenos Aires, Tilapa, Cacochón, Tapayula y Dos Ríos Viejo, los cuales tienen una relación $1 \leq B/C < 2$ y su período máximo de recuperación de la inversión es de 28.26 años.

En total son 26 miniproyectos hidroeléctricos en los que convendría invertir; éstos representan el 68.42% de los 38 analizados.

Por último, se encuentra el resto de los proyectos (12) cuya relación B/C es menor a la unidad y su tiempo de recuperación de capital es excesivo, por lo que no es conveniente invertir en ellos, éstos representan el 31.58% del total; sin embargo, se requieren estudios más a detalle para hacer una aseveración más contundente al respecto.

El universo de proyectos en los que es conveniente hacer una inversión representan una potencia media anual de 95.10 MW y una generación neta anual de 583.19 GWh, que son valores muy importantes como aportación al suministro de energía eléctrica de las regiones estudiadas.

Con todo lo anterior, se puede concluir que es prioritario realizar estudios más a fondo para que la construcción de miniproyectos hidroeléctricos se implemente como una política continua, ya que ésta representa una alternativa muy viable de satisfacer las necesidades de suministro de energía eléctrica de amplias zonas del país.

III.6 Referencias.

- III.1 Comisión Federal de Electricidad, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Manual de Obras Civiles, Sección A: Hidrotecnia, Tema 2: Hidráulica, Capítulo 2: Obras de toma para plantas hidroeléctricas, 1983.
- III.2 Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Infraestructura Hidráulica, Urbana e Industrial, Gerencia de Normas Técnicas, Libro V, 1ª Sección, Tema 1, Datos Básicos, 1994.
- III.3 Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, Subgerencia de Costos y Precios Unitarios, Catálogo General de Precios Unitarios para la Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, 2011.
- III.4 Chow, Ven Te. Open-Channel Hydraulics, Mc Graw-Hill Kogakusha, Ltd. 1959.
- III.5 Gardea Villegas Humberto, Aprovechamientos hidroeléctricos y de bombeo, Universidad Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Editorial Trillas, Primera Edición, junio de 1992.
- III.6 Instituto Mexicano de la Construcción en Acero A.C., Manual de Construcción en Acero, Diseño por esfuerzos permisibles, 4ª edición, Editorial Trillas, 2002.
- III.7 Lancaster University, North West Hydro Resource Model, Hydro Resource Evaluation Tool, dirección electrónica: http://www.engineering.lancs.ac.uk/lureg/nwhrm/engineering/turbine_costs.php?#tab.
- III.8 Navarrete Guillén Oscar, Evaluación económica de centrales termoeléctricas, Seminario de Proyectos I y II, Licenciatura de Ingeniería en Energía, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, septiembre de 1998.
- III.9 Secretaría de Energía, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), Evaluación Económica del Estudio de Cogeneración, dirección electrónica: http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_690_6_evaluacion_econo.
- III.10 Sotelo Ávila, Gilberto, Apuntes de la cátedra de Hidráulica General II, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, 1977.
- III.11 Sotelo Ávila, Gilberto, Hidráulica General, Editorial Limusa-Wiley, 1975.

III.12 Valdez Ingenieros, S.A. de C.V., Situación actual de la minihidráulica y determinación del potencial aprovechable en una región de los Estados de Veracruz y Puebla, 1995.

IV. Conclusiones y recomendaciones.

IV.1 Conclusiones.

1. El desarrollo de las máquinas hidráulicas se remonta a 3,000 años a. C. cuando se utilizaron en Egipto, India, China y Siria y posteriormente en Grecia y Roma.
2. Aproximadamente en el año 150 a. C. Herón de Alejandría inventó la primera turbina de vapor.
3. En 1833 el ingeniero francés Benoit Fourneyron presentó el primer diseño práctico de una turbina de reacción, con base en las ideas de su maestro Claude Burdin.
4. Los tres principales inventores que a lo largo de la historia de las turbinas hidráulicas impulsaron con sus diseños el más importante desarrollo de las turbinas fueron: James B. Francis, Lester A. Pelton y Víctor Kaplan en los años 1847, 1889 y 1914, respectivamente.
5. La generación hidroeléctrica mundial anual es de aproximadamente 2,600 TWh, que es el 20% de la demanda total mundial.
6. La hidroelectricidad es una de las fuentes renovables de energía más confiable y más económica, se puede afirmar que ocupa el primer lugar entre las fuentes renovables de energía.
7. Los porcentajes de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables son para grandes centrales hidroeléctricas > 10 MW del 86% y para las pequeñas centrales hidroeléctricas < 10 MW: 8.3%.
8. La minihidroelectricidad contribuye a la capacidad eléctrica mundial con 61 GW, aproximadamente.
9. La hidroelectricidad desplaza la utilización de combustibles fósiles que son recursos no renovables (aproximadamente 1,925 barriles equivalentes de petróleo por cada GWh); asimismo, evita la emisión de contaminantes a la atmósfera (835 ton de CO₂ por cada GWh).
10. Los estudios para el desarrollo de miniproyectos hidroeléctricos se engloban en tres principales líneas de acción: Rehabilitar las centrales

existentes, recuperar los elementos de algunas de ellas (corrientes, canales, centrales fuera de operación, etc.) y construir nuevos proyectos.

11. Para los miniproyectos hidroeléctricos, uno de los conceptos de mayor costo son la operación y el mantenimiento, por lo que se han hecho esfuerzos para automatizar las centrales.
12. Solamente en Europa existen aproximadamente 17,456 pequeñas centrales hidroeléctricas instaladas en 30 países, con una potencia total de 12,587 MW (igual al 1.8% de la capacidad instalada total) y cuyo tamaño promedio es de 0.7 MW en Europa Occidental y 0.3 MW en los países del este.
13. Los recursos que China puede explotar con pequeñas centrales ascienden a 139 GW, cuya mayoría se localiza en las extensas zonas montañosas y que representan el 70% del área total del país, la cual se encuentra ocupada por el 56% de la población del país.
14. Para impulsar el desarrollo de miniproyectos hidroeléctricos, las autoridades en China han adoptado medidas para promover la electrificación rural, algunas de estas son: promover que los pequeños proyectos hidroeléctricos tengan su propia red local de consumidores, la construcción y el manejo de los proyectos debe observar el principio de “quien invierte es quien tiene la propiedad y quien se beneficia”, impulsar la interconexión de las grandes y pequeñas redes eléctricas para complementarse mutuamente en los casos de interrupciones en el servicio y finalmente, el gobierno da préstamos y pequeños descuentos para proyectos de electrificación rural y exenta de impuestos la producción de hidroelectricidad en las pequeñas centrales existentes.
15. En China los miniproyectos hidroeléctricos proporcionan energía principalmente a las regiones montañosas, ya que éstas son de difícil acceso y su conexión a las grandes redes eléctricas nacionales es compleja; además de que son las zonas que sufren con mayor frecuencia de la falta o cortes de energía, lo que restringía severamente su desarrollo económico.
16. Desde 1949 los pequeños proyectos hidroeléctricos en China han proporcionado más de 700 TWh de electricidad comercial a las zonas rurales, disminuyendo las suspensiones del servicio.
17. Los miniproyectos eléctricos en China son la base de la revitalización económica y del mejoramiento de las condiciones de vida en zonas montañosas.

18. La hidroelectricidad es energía limpia y debido a que se remplaza la quema de madera por electricidad, se controla la deforestación.
19. En las regiones en China suministradas por la hidroelectricidad, aproximadamente nueve millones de hogares rurales han remplazado la quema de madera por la electricidad y se han salvado grandes extensiones de bosques; la cobertura de bosques en estas zonas se ha incrementado en un 8%.
20. Al mes de julio del 2009 México contaba con una capacidad efectiva instalada para generar energía eléctrica de 50,248.12 MW, de los cuales 11,456.90 MW son de productores independientes (termoeléctricas); 11,094.90 MW corresponden a las hidroeléctricas; 22,681.69 MW a las termoeléctricas de la CFE; 2,600.00 MW a las carboeléctricas; 964.50 MW a las geotermoeléctricas; 1,364.88 MW a la nucleoeléctrica, y 85.25 MW a las eoloeléctricas.
21. México cuenta con una generación hidroeléctrica teórica bruta de 155 TWh/año, de la cual el 7.36% (11.41 TWh/año) corresponde al potencial de centrales menores a 10 MW, cuya potencia total es de 3,257 MW.
22. Con base en la rehabilitación y/o aumento en la potencia de las minicentrales en operación, así como la puesta en funcionamiento de las que se encuentran fuera de servicio y el equipamiento de la infraestructura hidroagrícola; el gran total de esta capacidad es de 339.90 MW, con una generación de 1,524.73 GWh anuales.
23. La región objeto de estudio comprende las cuencas hidrológicas adyacentes de tres ríos, de sur a norte: Actopan, Bobos-Nautla y Tecolutla, los cuales desembocan al Golfo de México y cuyas cuencas abarcan parte de los Estados de Veracruz y Puebla.
24. La ubicación de los miniproyectos fue tal que alimentaran la red de servicio de energía eléctrica con líneas de transmisión con la menor longitud posible.
25. La construcción de los miniproyectos debía incidir en zonas donde se benefició al mayor número de habitantes.
26. Se localizaron y analizaron 38 miniproyectos hidroeléctricos.
27. La determinación de los gastos para el diseño de las obras civiles y electromecánicas de los miniproyectos hidroeléctricos se hizo con base en las áreas aforadas y los gastos medios anuales de las estaciones

hidrométricas y su relación con las áreas de los afluentes y las correspondientes a cada uno de los proyectos.

28. La potencia requerida de los equipos (en MW) se calculó con base en el gasto, la carga neta y considerando una eficiencia “ η ” del 80% (valor que se presenta en proyectos semejantes) para el conjunto turbina-generador.
29. Con base en el diseño de las obras civiles y electromecánicas, se elaboró un presupuesto de cada miniproyecto hidroeléctrico.
30. Para evaluar económicamente los miniproyectos, se utilizaron tres parámetros: El costo del kiloWatt-hora nivelado, la relación Beneficio/Costo y el Período de Recuperación de la Inversión.
31. Del total de proyectos, 26 son viables económicamente; éstos representan el 68.42%; representan una potencia media anual total de 95.10 MW y una generación neta anual de 583.19 GWh.
32. Doce de los proyectos tienen una relación B/C menor a la unidad y su tiempo de recuperación de capital es excesivo, por lo que no es conveniente invertir en ellos; éstos representan el 31.58% del total, sin embargo, se requieren estudios más a detalle para hacer una aseveración más contundente al respecto.
33. El mercado mundial para los miniproyectos hidroeléctricos es muy prometedor, debido a que se requerirán nuevos equipos para sustituir los de combustión interna en un número importante de centrales.
34. Las condiciones orográficas e hidrológicas de vastas regiones, en el caso de México, son propicias para la construcción de miniproyectos.
35. La construcción de miniproyectos hidroeléctricos representa una fuente de trabajo para la población local en áreas remotas al utilizarse los materiales y mano de obra de la zona, así como para su operación y mantenimiento.
36. La construcción de pequeños proyectos cerca de las comunidades en regiones ideales debido a su topografía, geología e hidrología y que en muchos casos carecen del servicio de energía eléctrica o tienen importantes deficiencias del mismo, evitaría grandes inversiones para la construcción de infraestructura de transmisión y transformación de la energía eléctrica.

37. Con base en los resultados del presente trabajo, se concluye que la construcción de miniproyectos hidroeléctricos es muy viable y goza de muchas ventajas.

IV.2 Recomendaciones.

1. Es necesario implementar una política integral de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica obtenida a partir de las diversas fuentes, con la finalidad de aprovechar nuestros recursos de una manera óptima.
2. Se debe revisar la legislación vigente y reformarla con la finalidad de que exista la posibilidad real de que la iniciativa privada haga inversiones en miniproyectos hidroeléctricos para consumo de pequeñas industrias y los excedentes de energía se puedan incorporar al suministro doméstico.
3. Es conveniente que se integren asociaciones civiles o cooperativas que operen los pequeños sistemas hidroeléctricos para el suministro de regiones específicas del país.
4. Es necesario establecer estímulos fiscales para hacer atractiva la generación con miniproyectos hidroeléctricos.
5. Es prioritario realizar estudios más a fondo para que la construcción de miniproyectos hidroeléctricos se implemente como una política continua, ya que ésta representa una alternativa muy viable de satisfacer las necesidades de suministro de energía eléctrica de amplias zonas del país.
6. Se debe cambiar la perspectiva de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica y visualizar a los “Miniproyectos hidroeléctricos como una alternativa de generación en México”.

ANEXO A

FIGURAS Y GRÁFICAS

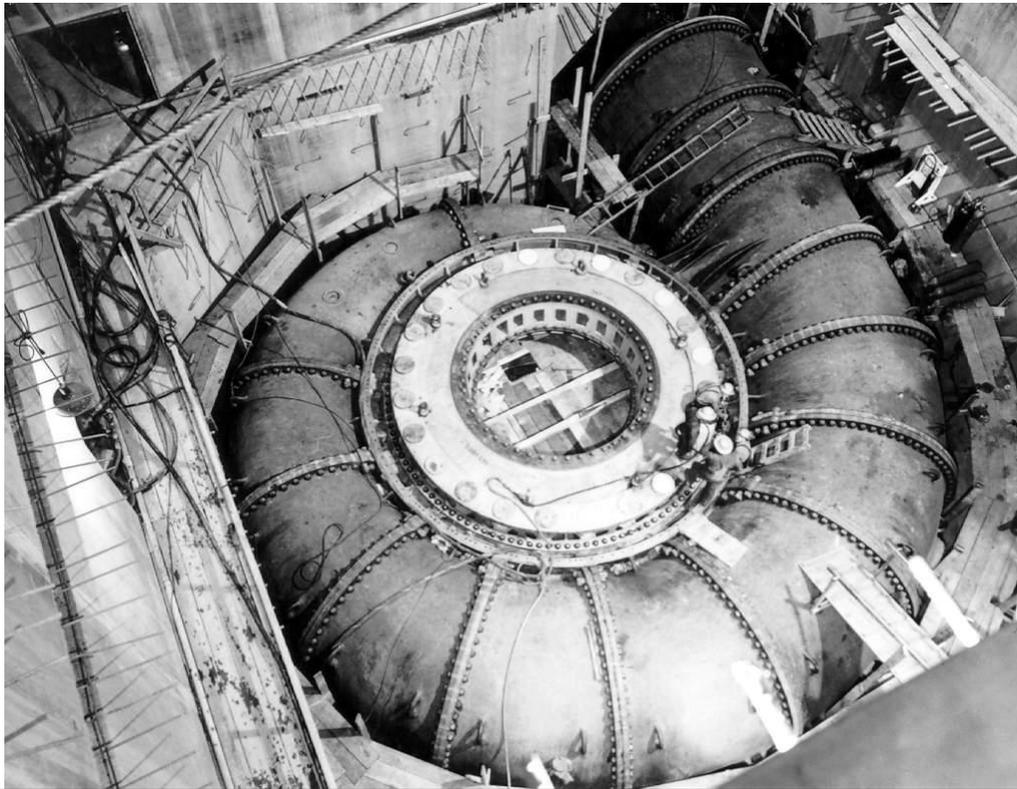


Figura I.1 Turbinas tipo Francis en proceso de instalación.

Refs. I.12 y I.6

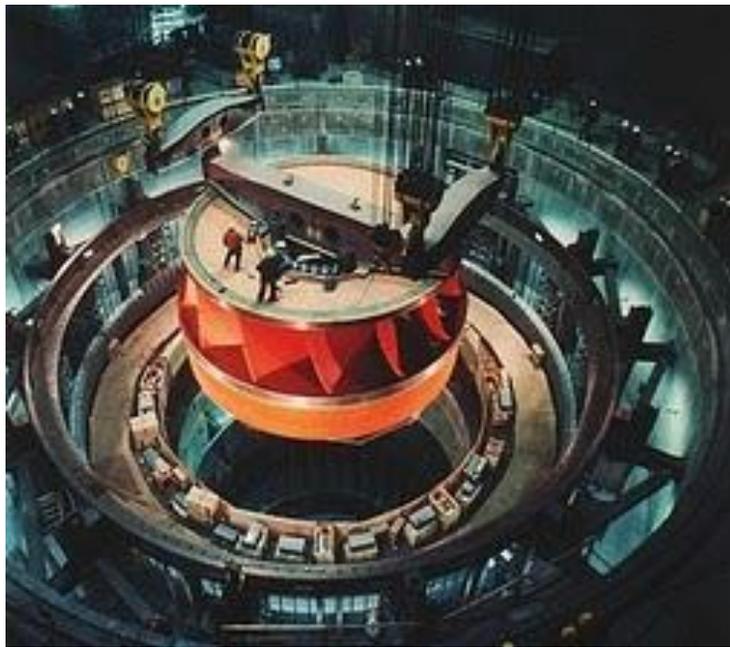


Figura I.2 Rodetes de turbinas tipo Francis.

Ref. I.12

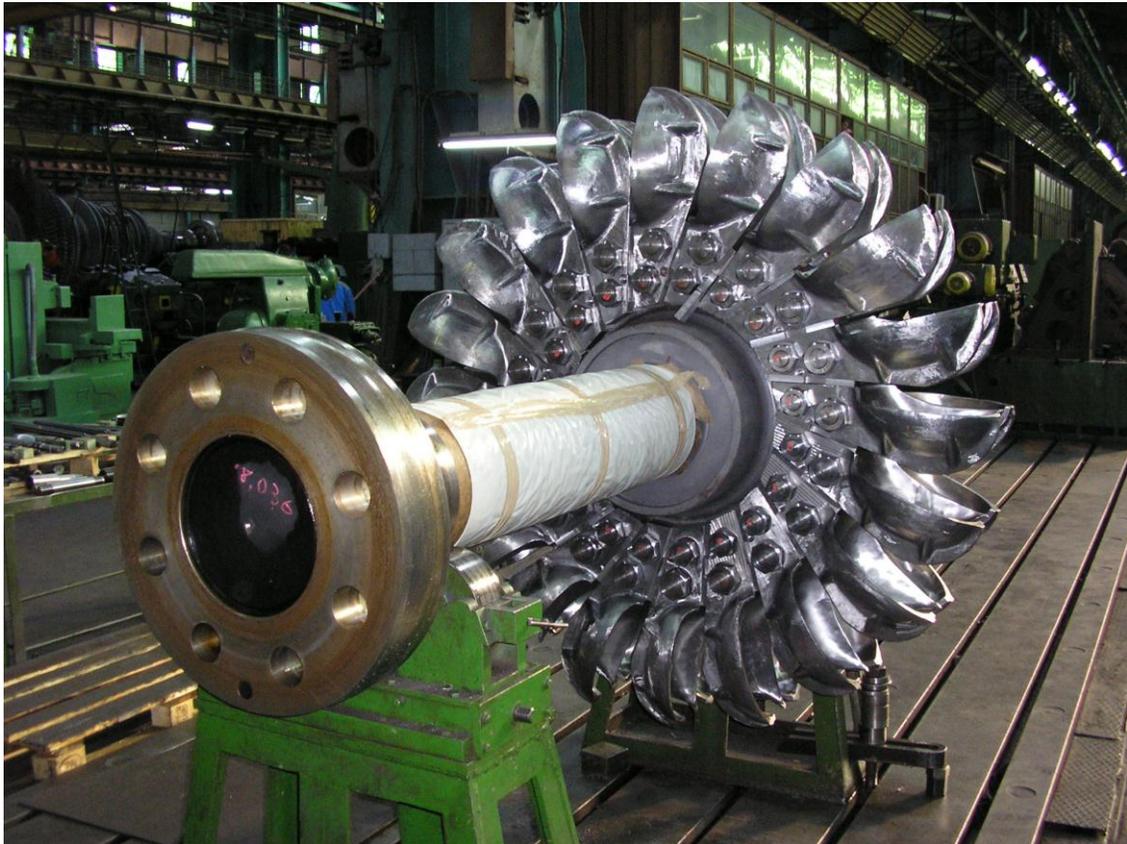


Figura I.3 Turbinas tipo Pelton.

Refs. I.8 y I.14



Figura I.4 Turbinas tipo Kaplan.

Refs. I.15 y I.10



Figura I.5 Vista exterior e interior de un miniproyecto hidroeléctrico.

Refs. I.13 y I.4



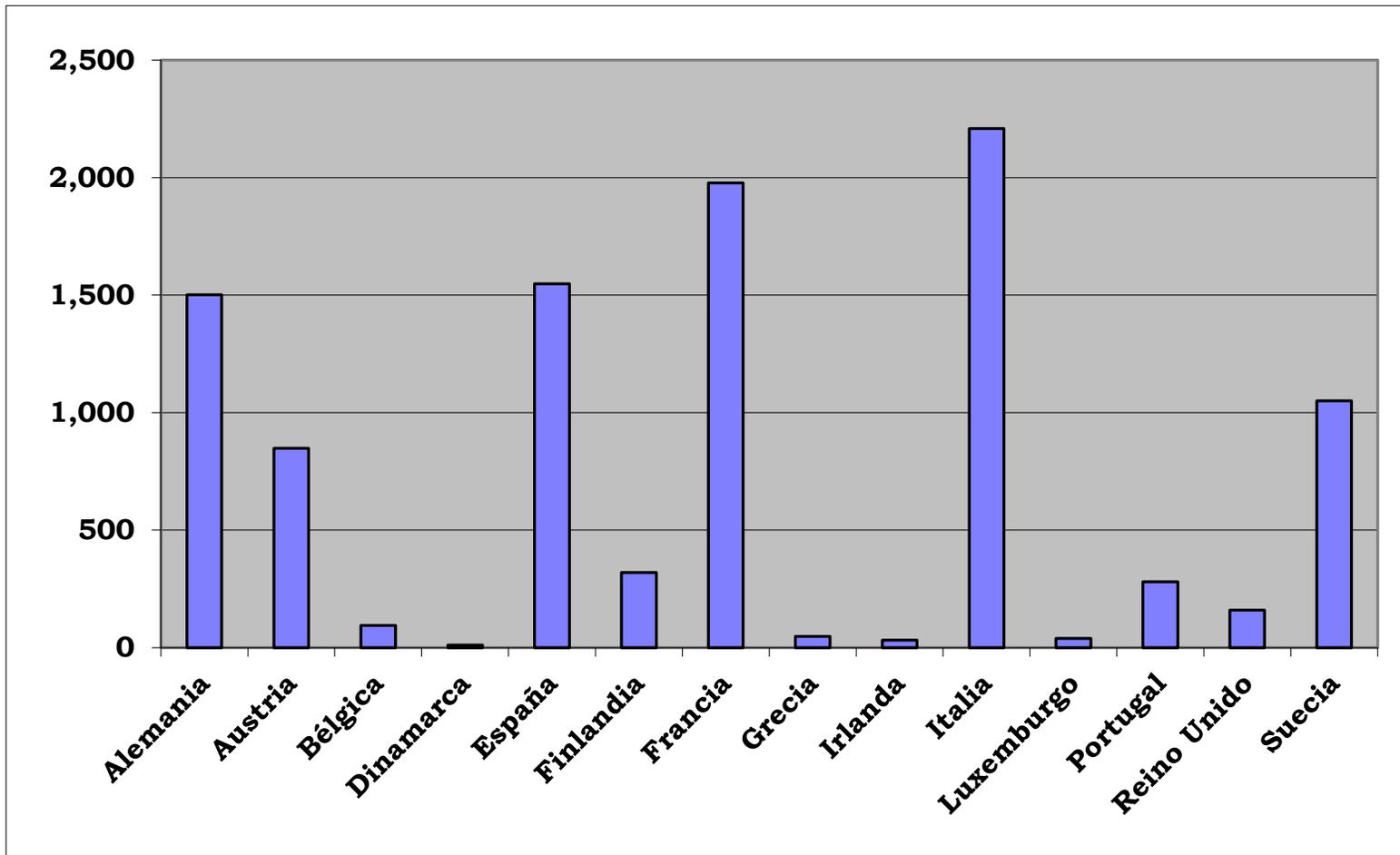
Figura I.6 Vista exterior e interior de un miniproyecto hidroeléctrico.

Refs. I.5 y I.9



Figura I.7 Miniproyectos hidroeléctricos: Sobre la margen de una corriente y en el extremo de una tubería a presión.

Refs. I.7 y I.11

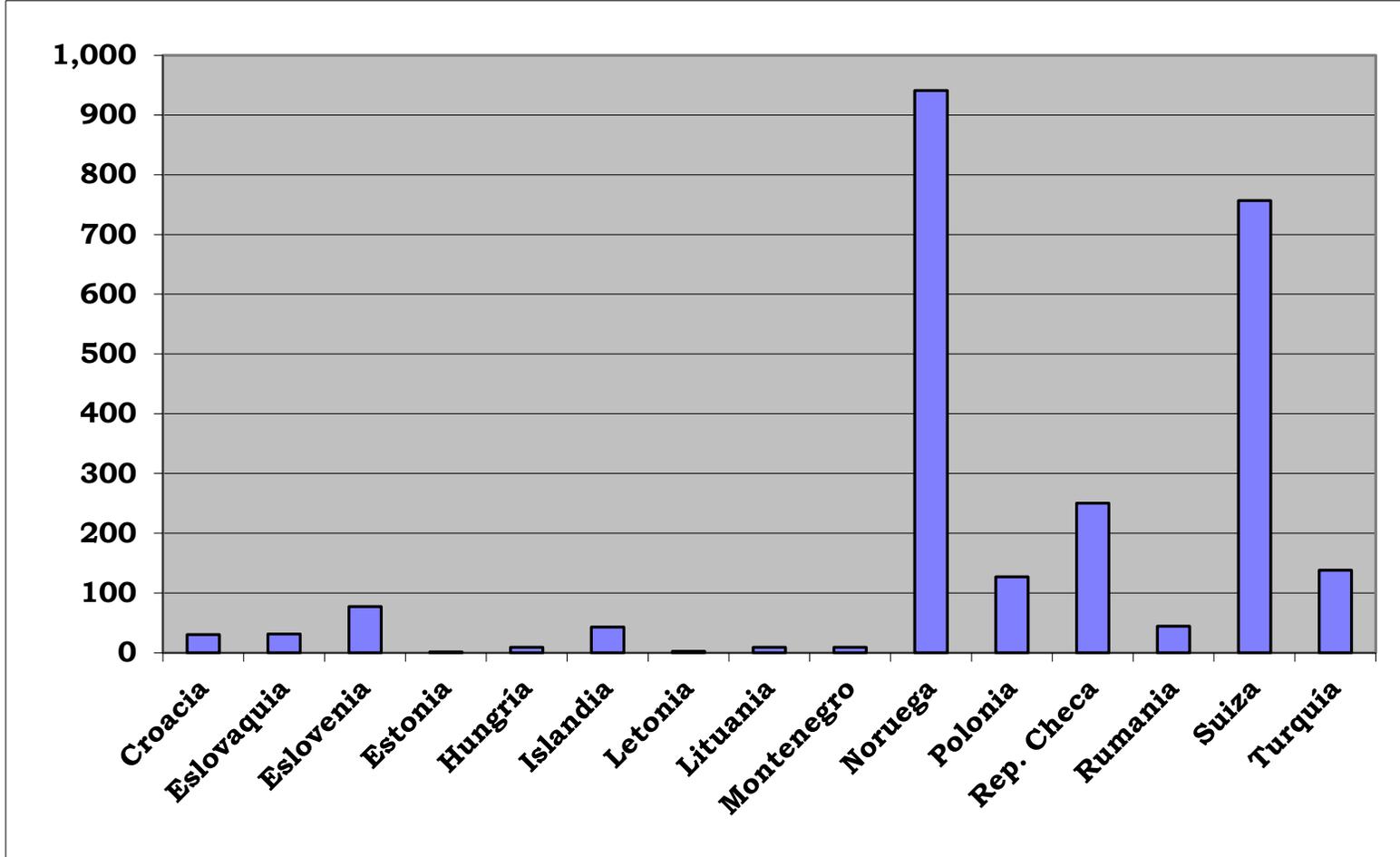


Gráfica I.1 Capacidad instalada (MW) en 1999 en minicentrales en la Unión Europea y en países no miembros (Ref. I.16).

Tesis Profesional: Los miniproyectos hidroeléctricos como una alternativa de generación en México.

*Rubén Montiel Guevara,
Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional Autónoma de México.*



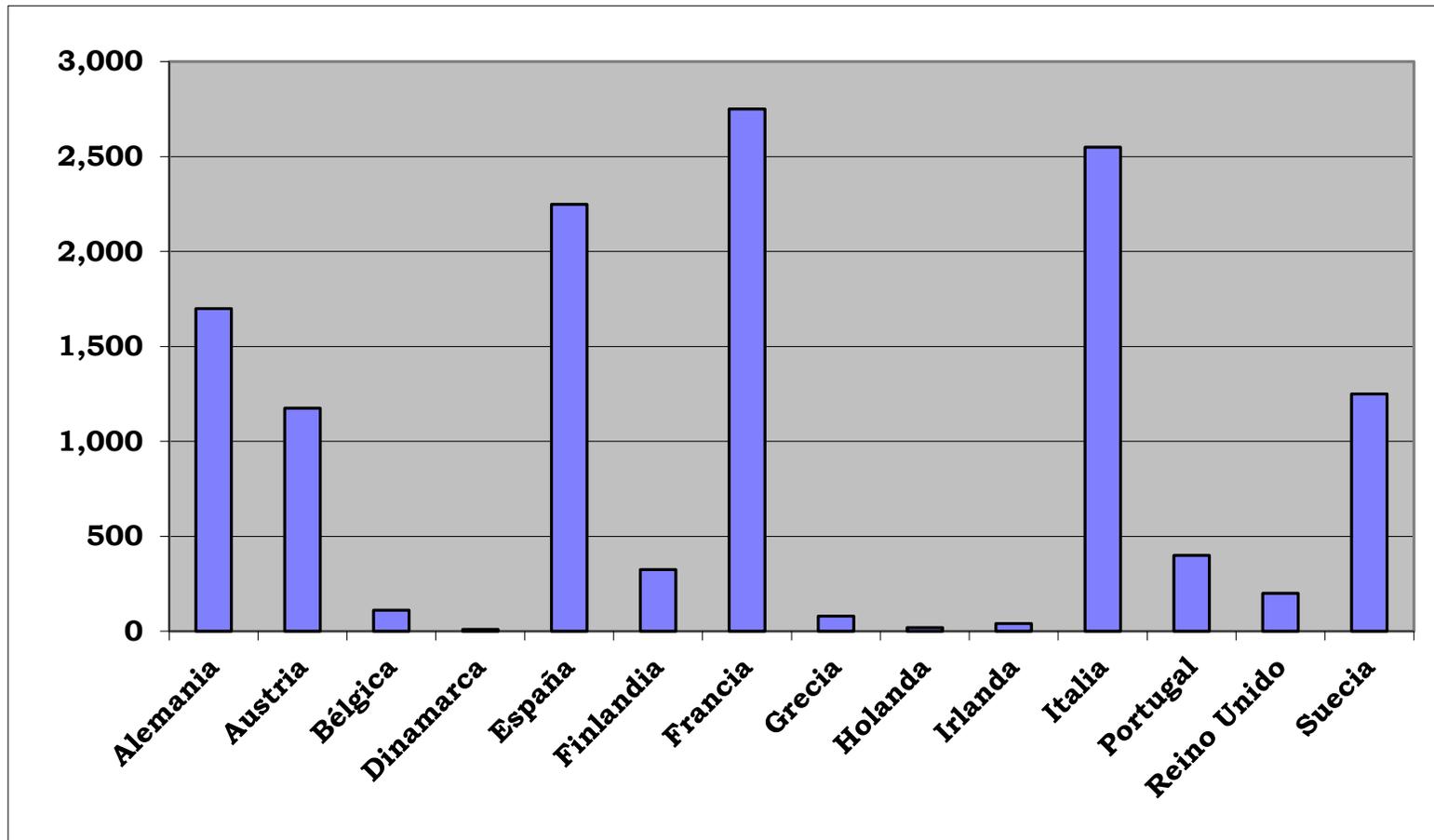


Gráfica I.2 Capacidad instalada (MW) en 1999 en minicentrales en países no miembros de la Unión Europea y de Europa del Este (Ref. I.16).

Tesis Profesional: Los miniproyectos hidroeléctricos como una alternativa de generación en México.

*Rubén Montiel Guevara,
Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional Autónoma de México.*



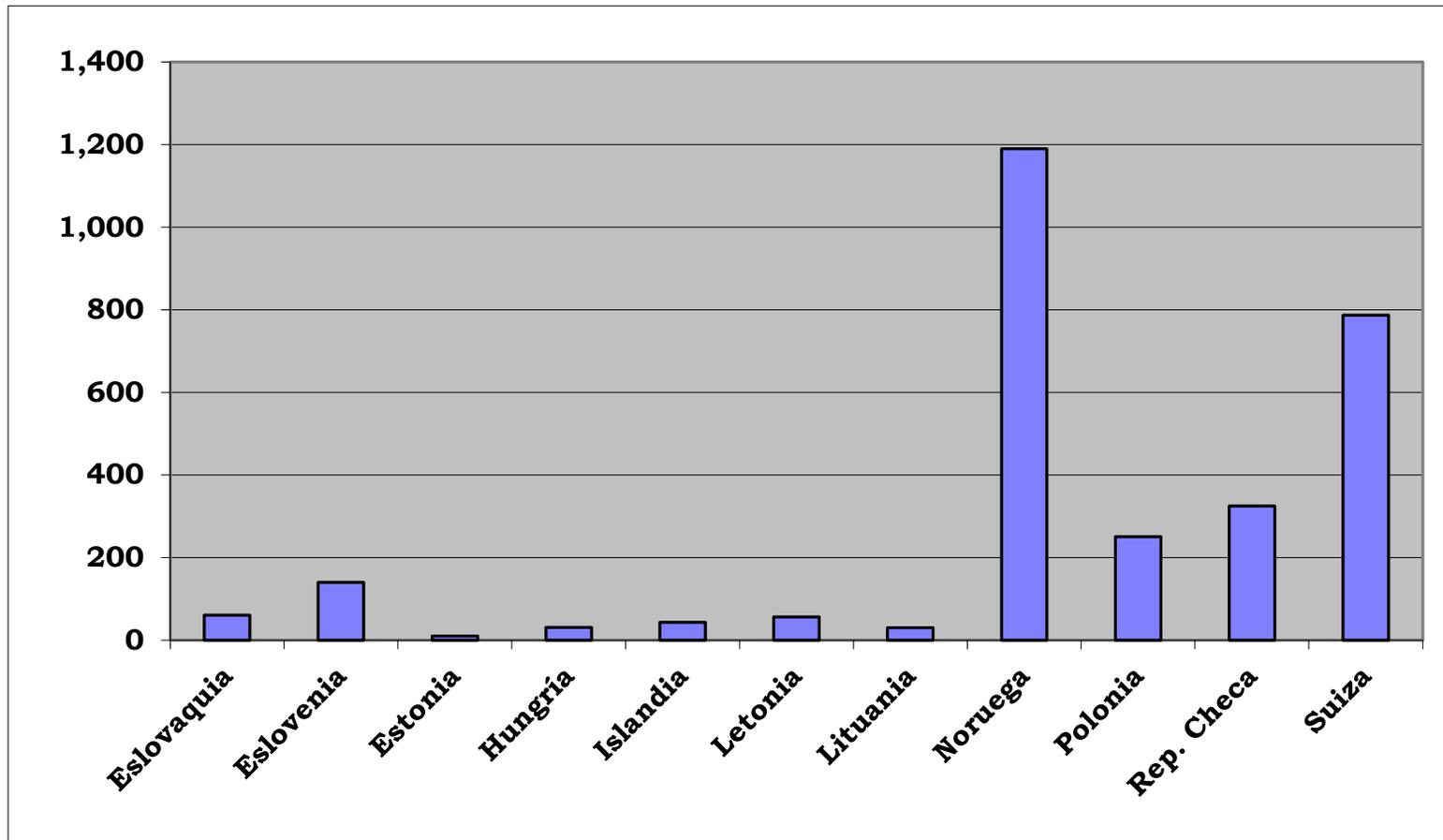


Gráfica I.3 Pronóstico de la capacidad instalada (MW) para 2015 en minicentrales en la Unión Europea y en países no miembros (Ref. I.16).

Tesis Profesional: Los miniproyectos hidroeléctricos como una alternativa de generación en México.

*Rubén Montiel Guevara,
Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional Autónoma de México.*



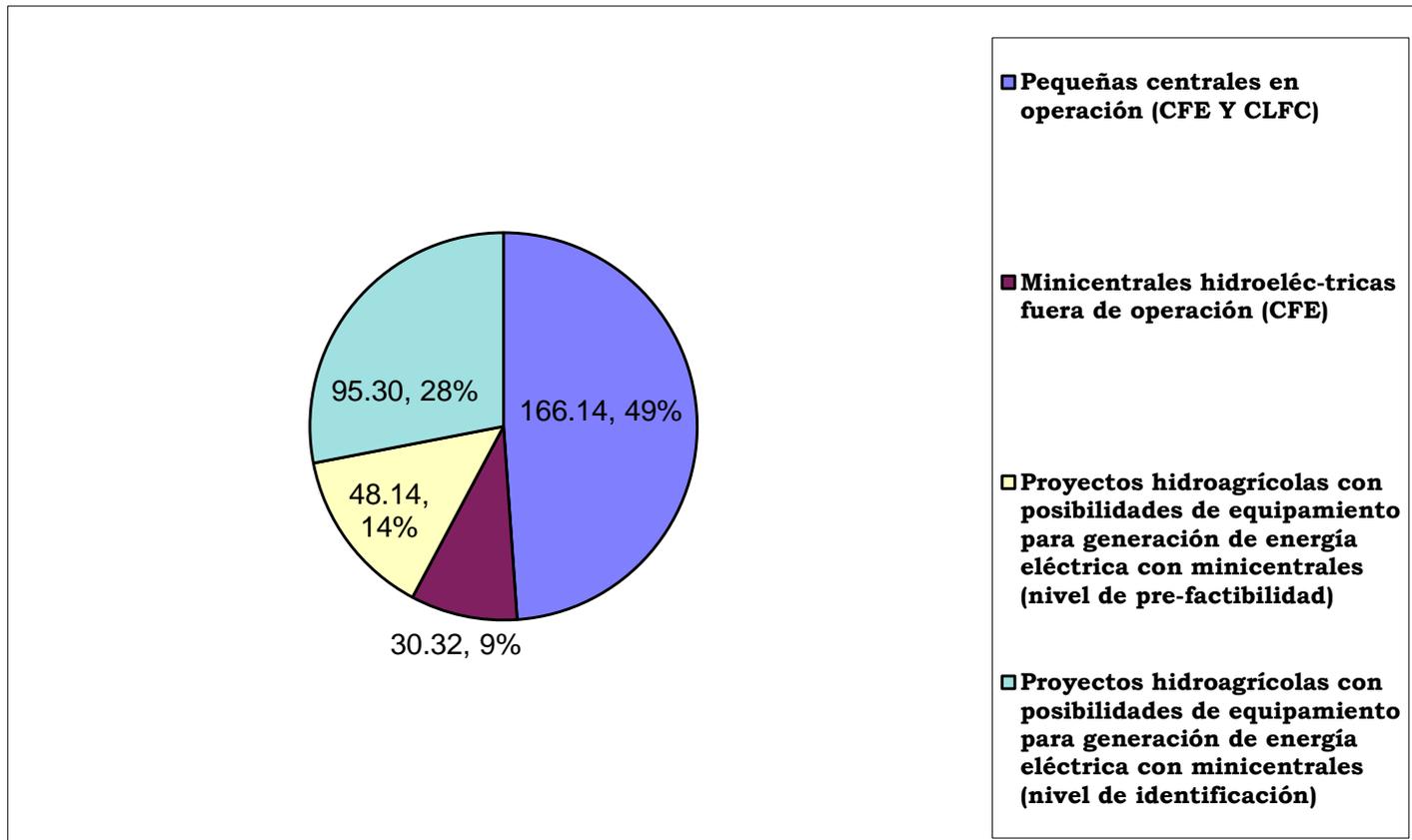


Gráfica I.4 Pronóstico de la capacidad instalada (MW) para 2015 en minicentrales en países miembros de la Unión Europea y de Europa del Este (Ref. I.16).

Tesis Profesional: Los miniproyectos hidroeléctricos como una alternativa de generación en México.

*Rubén Montiel Guevara,
Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional Autónoma de México.*



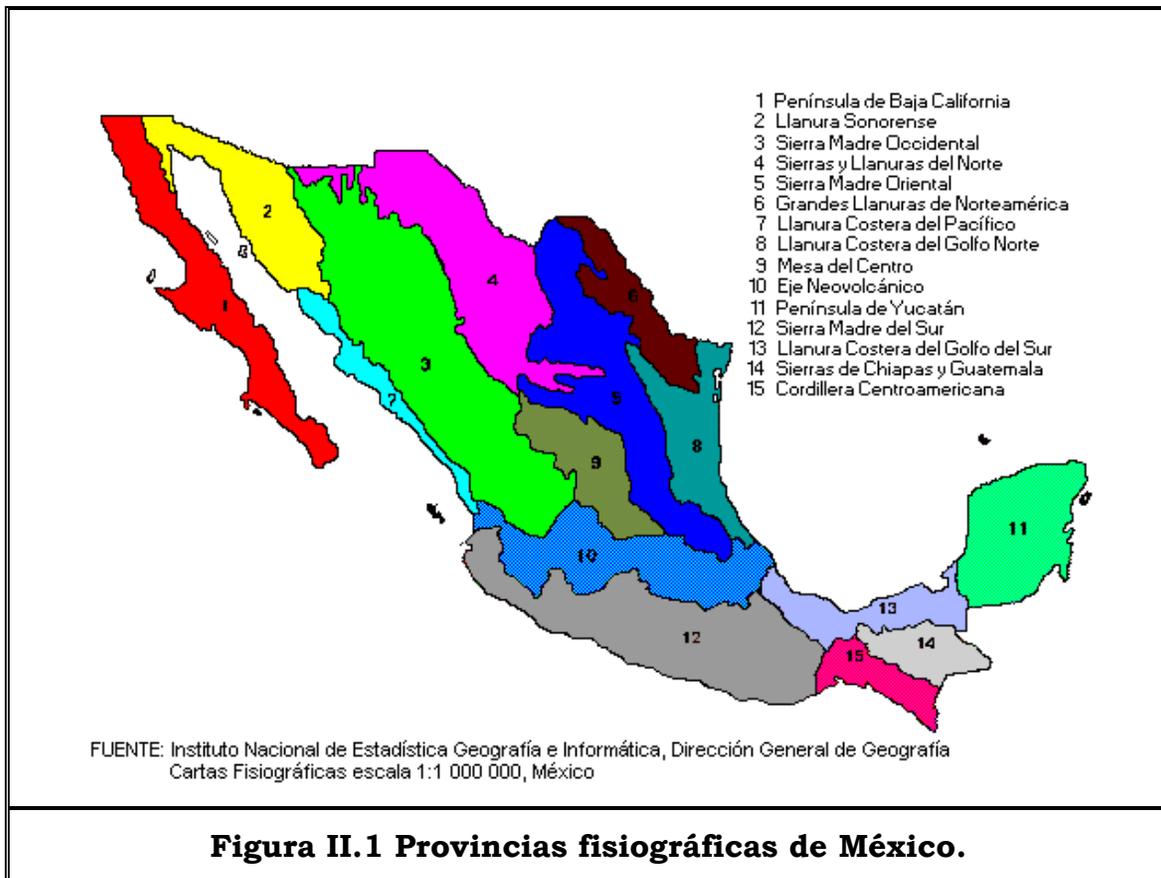


Gráfica I.5 Resumen de posibilidades de miniproyectos hidroeléctricos en operación con un aumento de su capacidad, los que están fuera de servicio y los que no opera la CFE (MW) (Refs. I.3 y I.22).

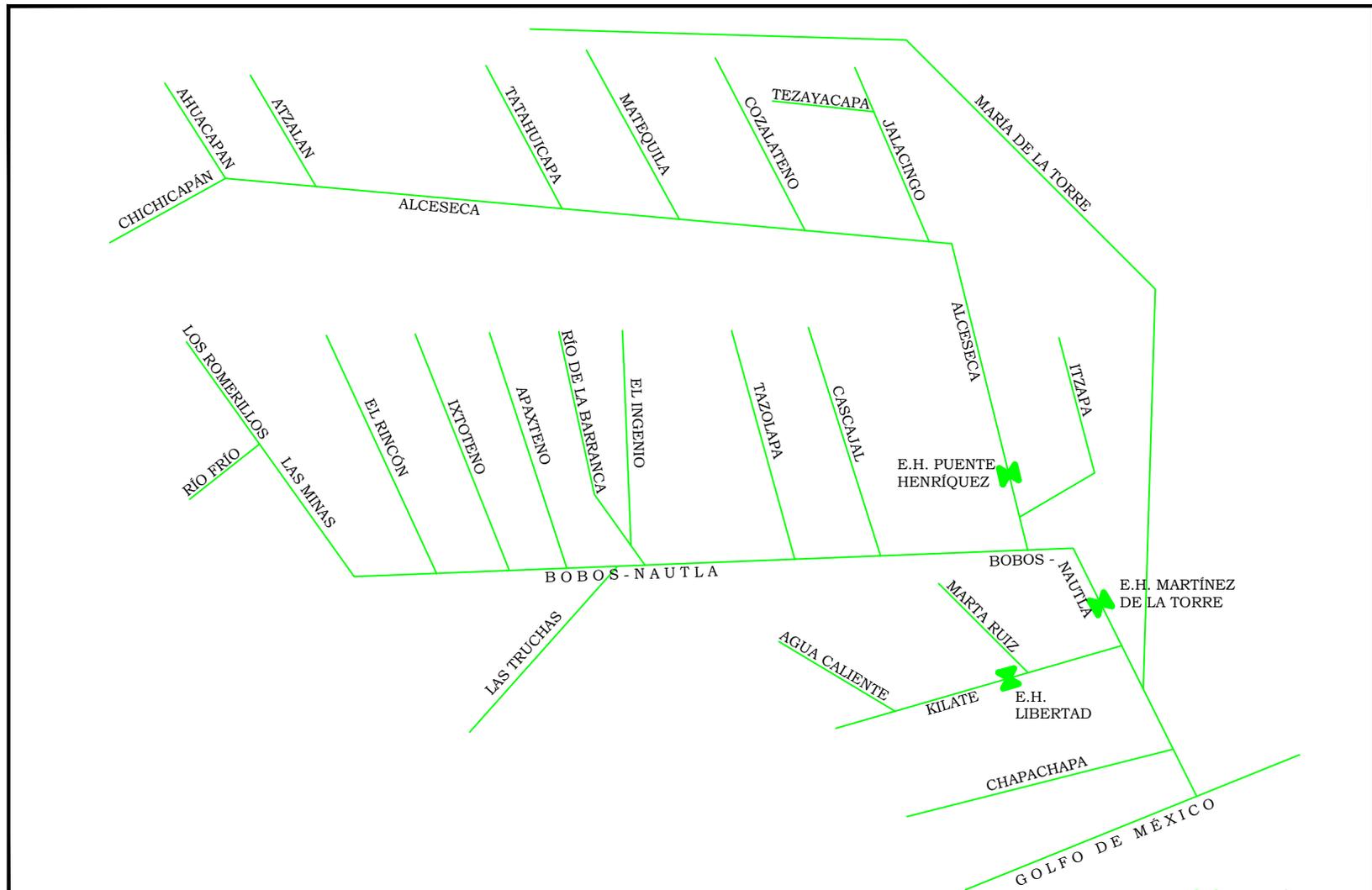
Tesis Profesional: Los miniproyectos hidroeléctricos como una alternativa de generación en México.

*Rubén Montiel Guevara,
Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional Autónoma de México.*





Refs. II.2



Refs. II.3 y II.4

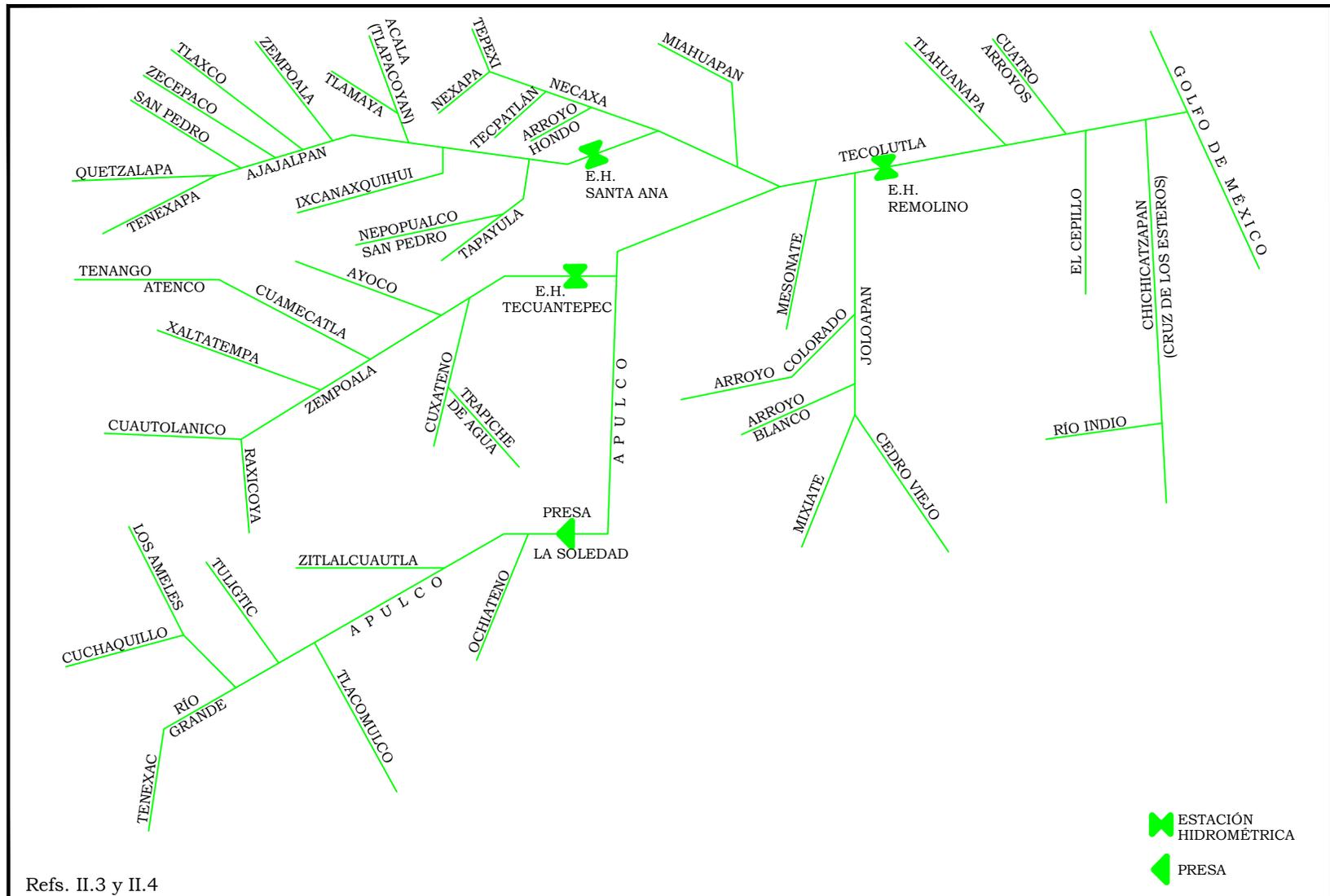
Figura II.3 Río Bobos - Nautla y sus afluentes.

Tesis profesional: Los miniproyectos hidroeléctricos como una alternativa de generación en México.

ESTACIÓN
HIDROMÉTRICA

Rubén Montiel Guevara
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México





Refs. II.3 y II.4

Figura II.4 Río Tecolutla y sus afluentes.

Tesis profesional: Los miniproyectos hidroeléctricos como una alternativa de generación en México.

Rubén Montiel Guevara
 Facultad de Ingeniería
 Universidad Nacional Autónoma de México



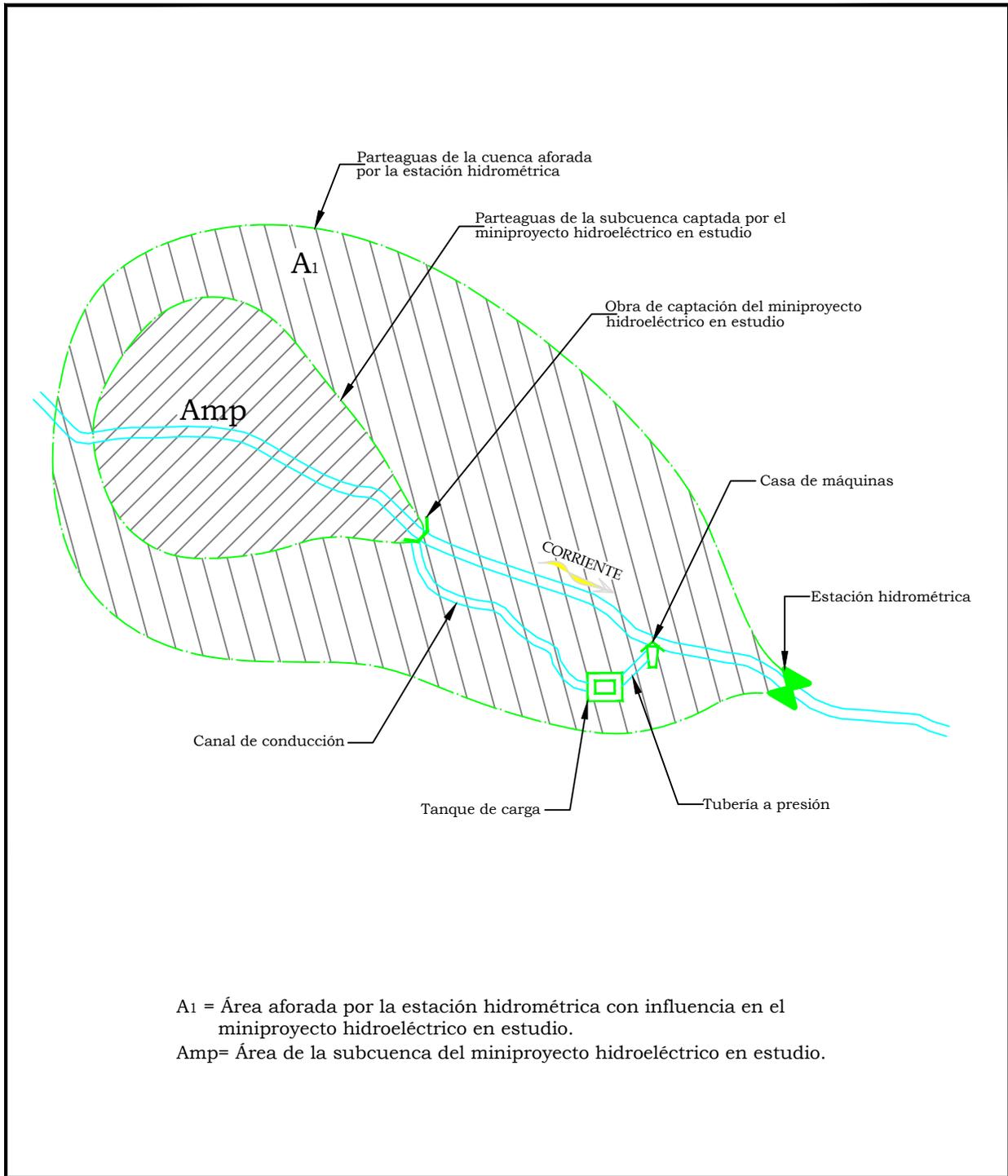
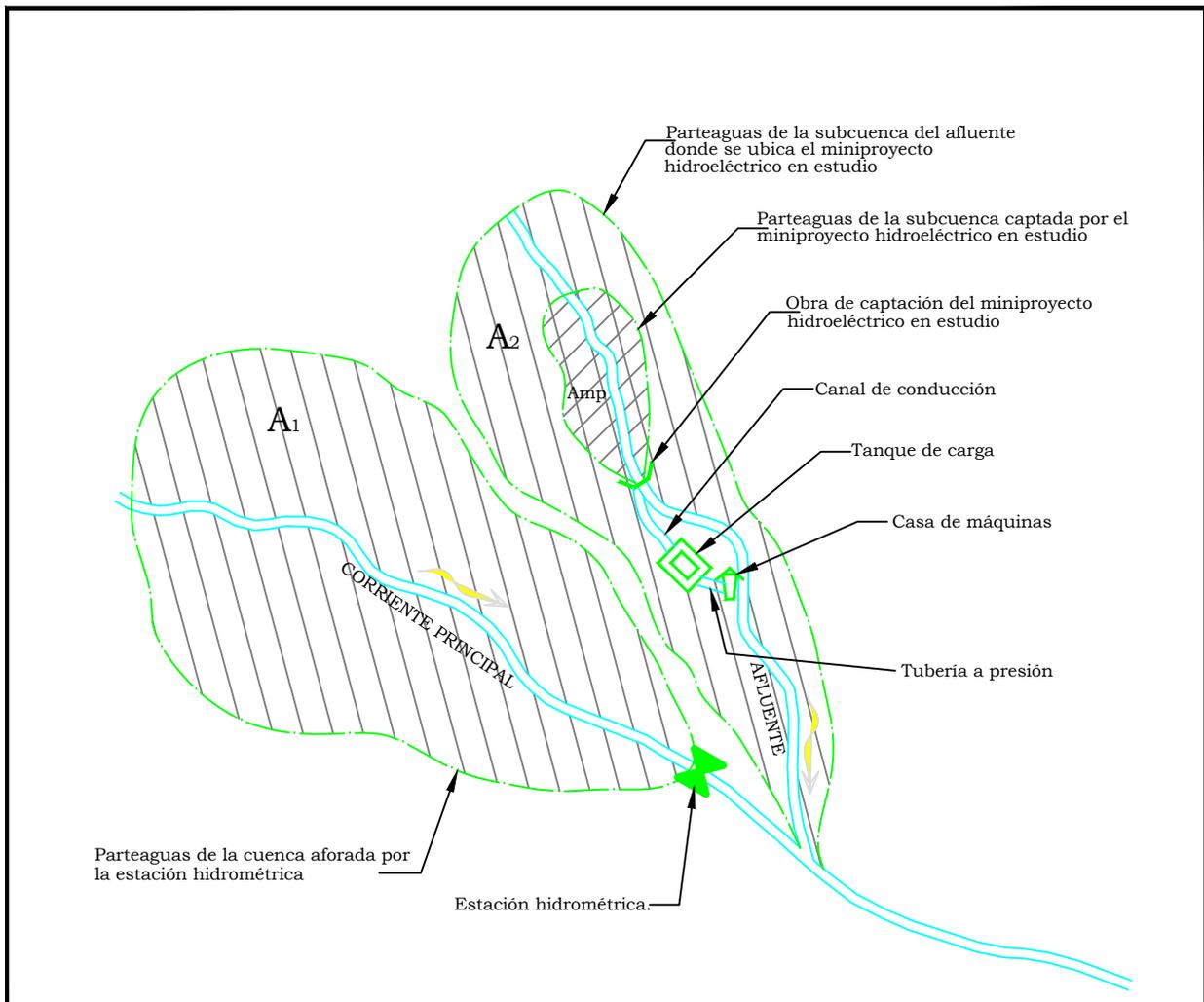


Figura II.5 Diagrama de las áreas de la subcuenca de un miniproyecto hidroeléctrico y de la aforada por una estación hidrométrica, localizada sobre una corriente común aguas abajo del miniproyecto.



- A₁ = Área aforada por la estación hidrométrica con influencia en el miniproyecto hidroeléctrico en estudio.
- A₂ = Área de la subcuenca del afluente donde se ubica el miniproyecto hidroeléctrico en estudio.
- Amp= Área de la subcuenca del miniproyecto hidroeléctrico en estudio.

Figura II. 6 Diagrama de las áreas de la subcuenca de un miniproyecto hidroeléctrico, de un afluente y de la aforada por una estación hidrométrica localizada sobre una corriente principal, aguas arriba de la confluencia de ambos.

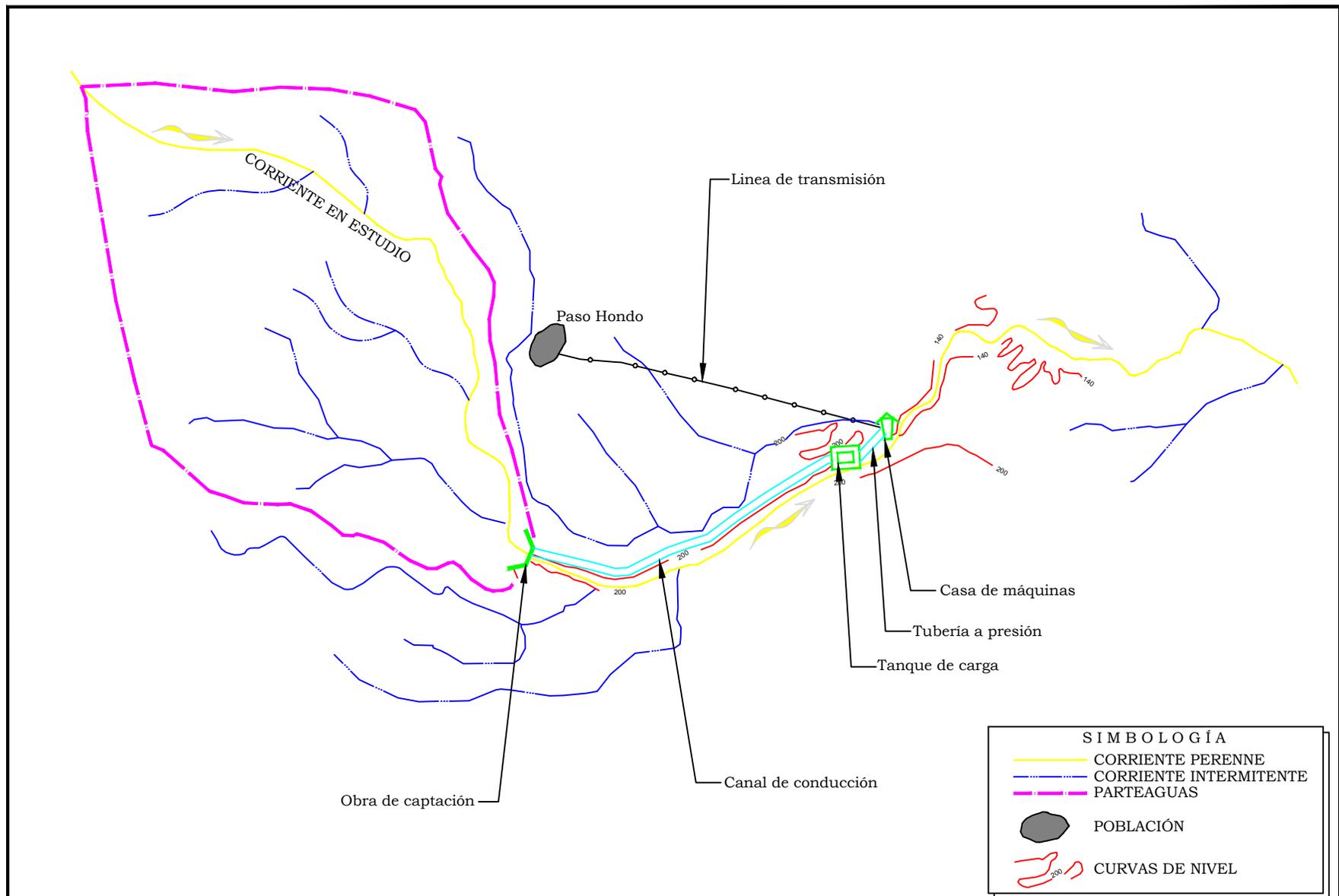
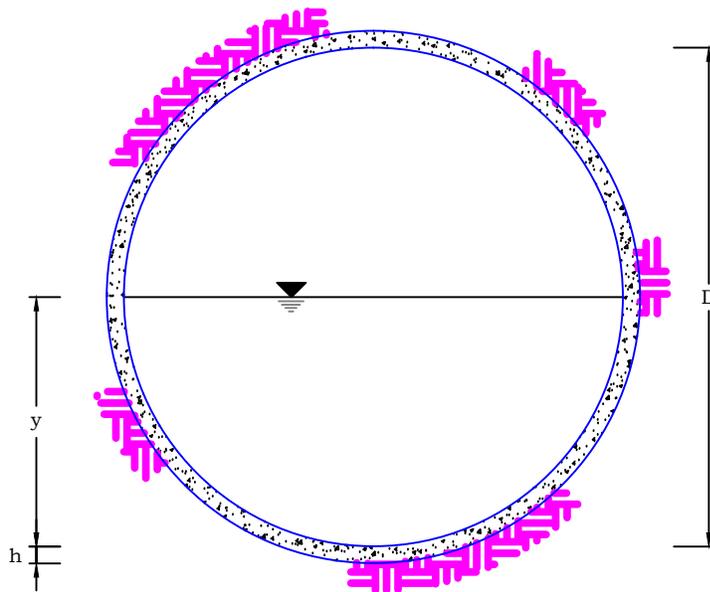
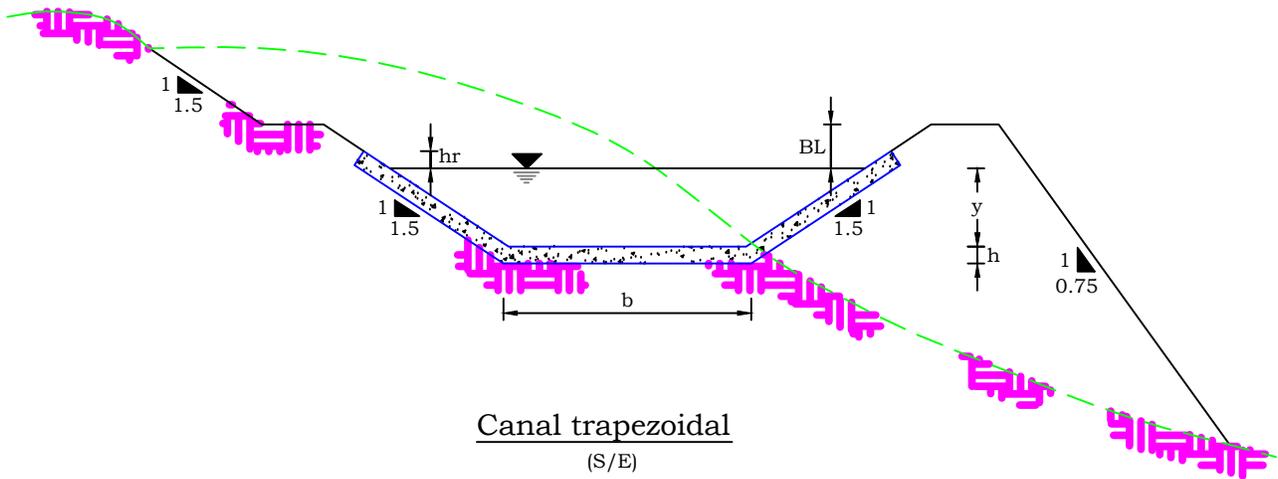


Figura III.1 Arreglo típico de un miniproyecto hidroeléctrico

Tesis profesional: Los miniproyectos hidroeléctricos como una alternativa de generación en México.

Rubén Montiel Guevara
 Facultad de Ingeniería
 Universidad Nacional Autónoma de México





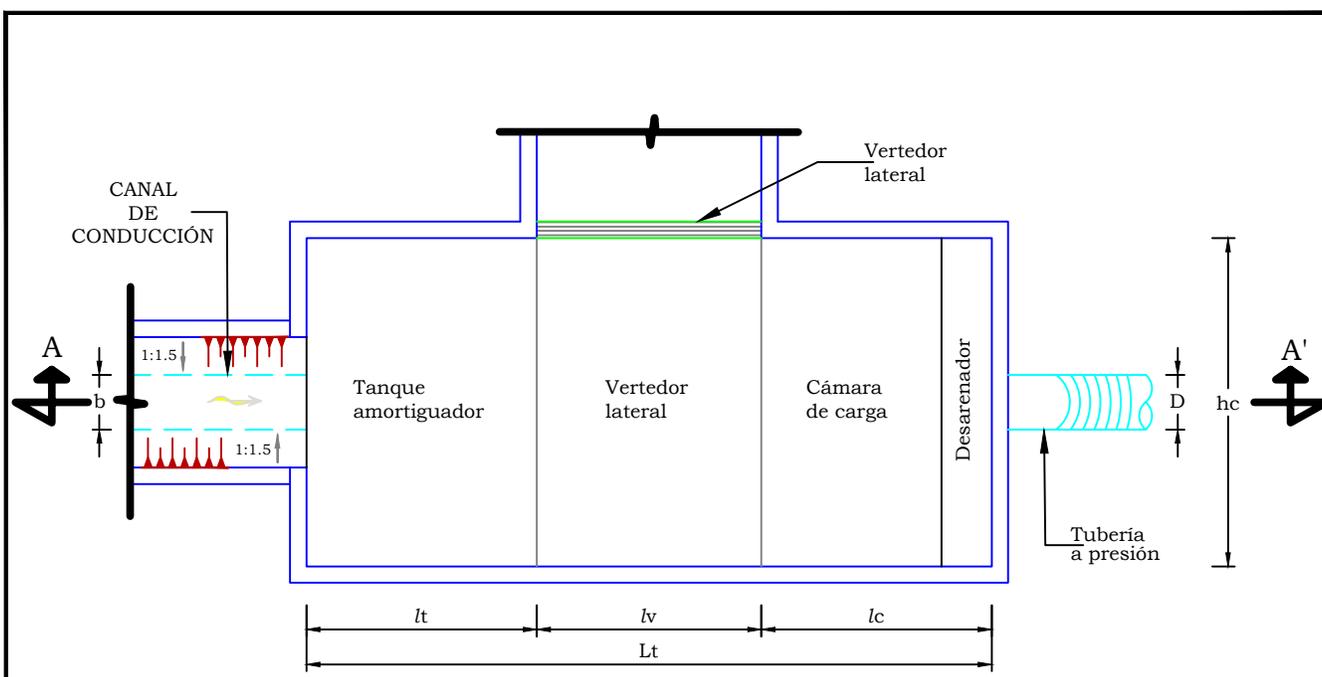
Ref. III.1

Figura III. 3. Principales características de las obras de conducción

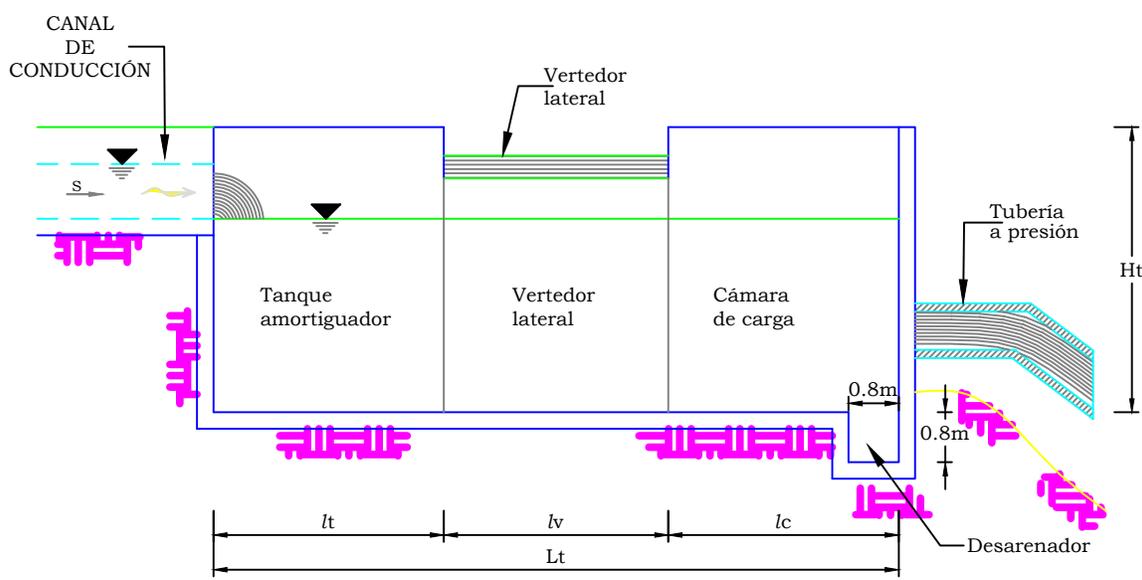
Tesis profesional: Los miniproyectos hidroeléctricos como una alternativa de generación en México.

Rubén Montiel Guevara
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México





PLANTA
(S/E)



CORTE A-A'
(S/E)

Ref. III.12

Figura III. 4. Principales características de los tanques de carga

Tesis profesional: Los miniproyectos hidroeléctricos como una alternativa de generación en México.

Rubén Montiel Guevara
Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional Autónoma de México



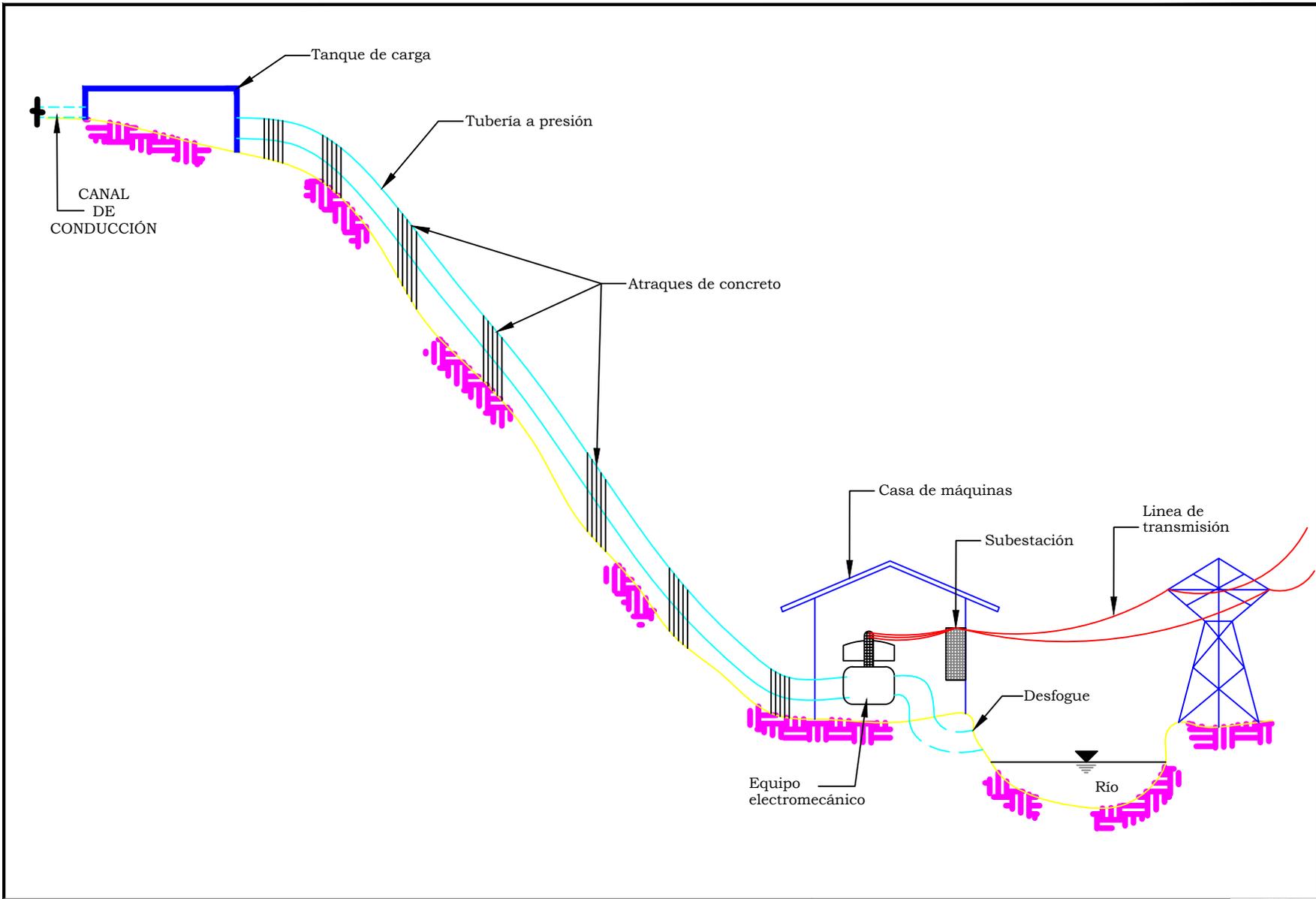


Figura III.5 Perfil típico de tanque de carga, tubería a presión y casa de máquinas

Tesis profesional: Los miniproyectos hidroeléctricos como una alternativa de generación en México.

Rubén Montiel Guevara
 Facultad de Ingeniería
 Universidad Nacional Autónoma de México



ANEXO B

TABLAS

TABLA I.1 Capacidad instalada en minicentrales (1999) y potencial eléctrico de los países de la Unión Europea, países no miembros y de Europa del Este.

PAÍS	1999			Potencial eléctrico (*)				Potencial eléctrico (**)			
	Número de proyectos	Capacidad instalada (MW)	Generación media anual (GWh)	Rehabilitación		Nuevos proyectos		Rehabilitación		Nuevos proyectos	
				Capacidad instalada (MW)	Generación media anual (GWh)	Capacidad instalada (MW)	Generación media anual (GWh)	Capacidad instalada (MW)	Generación media anual (GWh)	Capacidad instalada (MW)	Generación media anual (GWh)
UNIÓN EUROPEA Y PAÍSES NO MIEMBROS											
Alemania	5,625	1,502	6,253	350	1,300	1,100	4,000	210	800	240	900
Austria	1,110	848	4,246	212	1,062	1,272	6,369	127	637	967	4,840
Bélgica	39	95	385	13	100	38	229	5	36	26	156
Dinamarca	38	11	30	0	0	0	0	-	-	-	-
España	1,056	1,548	5,390	100	350	2,419	7,800	100	350	1,000	3,224
Finlandia	225	320	1,280	42	150	150	600	32	130	100	400
Francia	1,700	1,977	7,100	300	1,200	1,500	6,000	300	1,200	1,000	4,000
Grecia	17	48	160	3	8	200	1,300	2	5	100	600
Holanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	95
Irlanda	44	32	120	20	90	76	360	5	20	36	165
Italia	1,668	2,209	8,320	700	2,500	1,300	4,800	140	500	500	1,850
Luxemburgo	29	39	195								
Portugal	60	280	1,100	20	60	610	2,400	20	60	470	1,850
Reino Unido	126	160	840	20	80	250	1,200	20	80	70	365
Suecia	1,615	1,050	4,600	300	1,200	700	3,000	150	700	300	1,200
Subtotales	13,352	10,119	40,019	2,080	8,100	9,615	38,058	1,111	4,518	4,828	19,645
PAÍSES NO MIEMBROS Y DE EUROPA DEL ESTE											
Croacia	13	30	N.D.								
Eslovaquia	180	31	175	37	174	58	261	23	120	37	178
Eslovenia	413	77	270	30	170	280	1,300	10	50	180	780
Estonia	10	1	5	6	50	13	55	5	30	5	20
Hungría	35	9	38	2	3	22	68	2	3	22	68
Islandia	20	43	220								
Letonia	57	2	14	36	90	60	150	36	90	60	150
Lituania	29	9	30	17	58	130	585	17	58	40	186
Montenegro	7	9	21	3	7	100	300	3	7		300
Noruega	547	941	4,305	180	800	2,300	10,000	110	500	800	3,500
Polonia	472	127	705	-	-	320	1,600			320	1,600
Rep. Checa	1,136	250	677	30	100	370	1,148	15	50	200	700
Rumania	9	44	N.D.								
Suiza	1,109	757	3,300	500	1,400	1,000	2,000	50	250	220	2,000
Turquía	67	138	500								
Subtotales	4,104	2,468	10,260	841	2,852	4,653	17,467	271	1,158	1,884	9,482
TOTALES	17,456	12,587	50,279	2,921	10,952	14,268	55,525	1,382	5,676	6,712	29,127

(*) Con restricciones técnicas únicamente.

(**) Con restricciones económicas y ambientales.

Ref. I.16



TABLA I.2 Pronóstico al año 2015 para pequeñas centrales hidroeléctricas, Europa.

PAÍS	Capacidad instalada (MW)	Generación media anual (GWh)	PAÍS	Capacidad instalada (MW)	Generación media anual (GWh)
UNIÓN EUROPEA			PAÍSES NO MIEMBROS Y DE EUROPA DEL ESTE		
Alemania	1,700	7,000	Croacia		
Austria	1,176	5,889	Eslovaquia	60	350
Bélgica	112	520	Eslovenia	140	900
Dinamarca	10	30	Estonia	10	50
España	2,248	7,560	Hungría	31	106
Finlandia	325	1,340	Islandia	43	220
Francia	2,750	11,000	Letonia	56	152
Grecia	80	320	Lituania	30	100
Holanda	19	95	Montenegro	-	-
Irlanda	42	160	Noruega	1,190	5,750
Italia	2,550	9,600	Polonia	250	1,300
Luxemburgo	N.D	N.D.	Rep. Checa	325	1,000
Portugal	400	1,600	Rumania		
Reino Unido	200	1,050	Suiza	787	3,400
Suecia	1,250	5,400	Turquía	N.D.	N.D.
Subtotales	12,862	51,564	Subtotales	2,922	13,328
			TOTALES	15,784	64,892

Ref. I.16

TABLA I.3 Pequeñas centrales en operación (CFE y CLFC).

No.	Nombre	Estado	Año de puesta en servicio	No. de unidades	Tipo de turbina	Capacidad instalada (MW)	Generación media anual (GWh)
CFE							
1	Portezuelos I y II	Puebla	1898	3	Pelton y Francis	3.06	8.04
2	Ixtaczoquitlán	Veracruz	2005	1	Francis	1.60	9.81
3	Tirio	Michoacán	1905	3	Pelton	1.10	1.83
4	San Pedro Porúas	Michoacán	1928	2	Pelton	2.56	8.67
5	Huazuntlán	Veracruz	1933	1	Francis	1.60	2.50
6	Bartolinas	Michoacán	1940	2	Francis	0.75	1.40
7	Jumatán	Nayarit	1941	4	Pelton	7.30	19.18
8	Texolo	Veracruz	1928	2	Francis	1.60	9.40
9	Micos	S.L.P.	1946	2	Francis	0.50	1.31
10	Electroquímica	S.L.P.	1952	1	Francis	1.40	7.10
11	Schpoiná	Chiapas	1963	3	Francis	2.24	11.40
12	Tamazulapan	Oaxaca	1962	2	Pelton	2.48	6.00
13	Mocúzari	Sonora	1959	1	Kaplan	6.90	18.13
14	Colina	Chihuahua	1928	1	Francis	3.00	7.88
15	Platanal	Michoacán	1903	2	Francis	9.20	24.18
16	Itzicuaró	Michoacán	1929	2	Francis	0.70	1.85
17	Zumpimito	Michoacán	1944	4	Francis	6.40	16.82
18	Intermedia	Jalisco	1963	1	Kaplan	5.32	13.98
19	Colotlipa	Guerrero	1946	4	Francis	8.00	21.02
20	Encanto	Veracruz	N.D.	2	Francis	10.00	26.28
21	Bombaná	Chiapas	1951	4	Pelton	5.24	13.77
Subtotales						80.95	230.57
CLFC							
22	Temascaltepec	México	1905	4	Francis	2.34	8.07
23	Juando	Hidalgo	1946	2	Francis	3.60	5.70
24	Zepayautla	México	1937	1	Kaplan	0.66	0.19
25	Zictepec	México	1937	1	Francis	0.38	0.55
26	San Simón	México	1938	2	Francis	2.54	3.80
27	Villada	México	1927	1	Francis	1.28	4.52
28	Fernández Leal	México	1927	1	Francis	1.28	5.14
29	Tlilán	México	1928	1	Francis	0.68	2.96
30	Cañada	Hidalgo	1928	1	Francis	1.22	0.91
Subtotales						13.98	31.84
TOTALES						94.94	262.41
TOTALES c/REHAB.						166.14	459.22

Refs. I.3 y I.22

TABLA I.4 Minicentrales hidroeléctricas fuera de operación (CFE).

No.	Nombre	Estado	Año de puesta en servicio	Capacidad instalada (MW)	Generación media anual (GWh)
1	Huixtla	Chiapas	1855	0.38	2.35
2	La Luz	Oaxaca	1903	0.40	2.43
3	San Sebastián	Hidalgo	1908	1.20	7.36
4	La Trinidad	Hidalgo	1908	1.80	11.04
5	El Sabino	Michoacán	1909	3.50	21.46
6	La Soledad	Oaxaca	1910	0.29	1.77
7	Comoapan	Veracruz	1923	0.38	2.33
8	San Miguel Regla	Hidalgo	1924	0.72	4.42
9	Coacoyunga	Hidalgo	1927	2.20	13.49
10	Rosetilla	Chihuahua	1930	0.25	1.53
11	Tzimol	Chiapas	1932	0.26	1.58
12	Río Verde	México	1934	1.60	9.81
13	Barranca Honda	Morelos	1937	3.12	19.13
14	El Olimpo	Chiapas	1941	1.61	9.84
15	Granados	Michoacán	1942	0.94	5.76
16	Cointzio	Michoacán	1943	0.48	2.94
17	La Ventanilla	Puebla	1946	1.20	7.36
18	Xoloat	Puebla	1946	0.43	2.65
19	Xia	Oaxaca	1948	0.17	1.04
20	Tlatlauqui	Puebla	1948	0.11	0.69
21	Aheyahualco	Veracruz	1949	0.30	1.83
22	Las Rosas	Querétaro	1949	1.60	9.81
23	Tula	Veracruz	1951	0.18	1.10
24	Xilita	Puebla	1954	1.00	6.13
25	El Punto	Nayarit	1954	1.03	6.32
26	Piedrecitas	Chiapas	1957	0.80	4.91
27	Excame	Zacatecas	1959	0.62	3.83
28	El Salto	Jalisco	1959	2.98	18.24
29	Pancho Poza	Veracruz	1962	0.16	0.96
30	El Chique	Zacatecas	1964	0.62	3.83
TOTALES				30.32	185.94

Factor de Planta = 0.70

Ref. I.22

TABLA I.5 Proyectos hidroagrícolas con posibilidades de equipamiento para generación de energía eléctrica con minicentrales (nivel de pre-factibilidad).

No.	Nombre	Estado	Capacidad a instalar (MW)	Generación media anual (GWh)
1	Angostura	Sonora	9.00	55.19
2	Canal Princ. Río Conchos	Chihuahua	2.00	12.26
	Acueducto Lerma			
3	San Bartolito	México	2.60	15.94
4	Presa Cajón de la Peña	Jalisco	7.00	42.92
5	Canal Tule (Tomatlán)	Jalisco	5.20	31.89
6	Presa Tacotán	Jalisco	6.61	40.53
7	Marta R. Gómez	Tamaulipas	4.32	26.49
8	Revolución Mexicana	Guerrero	6.00	36.79
9	A. Figueroa (Las Garzas)	Guerrero	3.60	22.08
10	V. Guerrero (Palos Altos)	Guerrero	1.81	11.10
TOTALES			48.14	295.19

Factor de Planta = 0.70

Ref. I.22

TABLA I.6 Proyectos hidroagrícolas con posibilidades de equipamiento para generación de energía eléctrica con minicentrales (nivel de identificación).

No.	Nombre	Capacidad a instalar (MW)	Generación media anual (GWh)
1	Saca de Agua	8.10	49.67
2	Presidio	8.50	52.12
3	La Patria es Primero	8.30	50.90
4	Basilio Badillo	7.30	44.76
5	Canal Hornos	7.10	43.54
6	Canal Culiacán	7.00	42.92
7	Melchor Ocampo	5.60	34.34
8	Endhó	4.40	26.98
9	Totolica	1.70	10.42
10	Canal Las Pilas	2.70	16.56
11	Chihuahua	1.40	8.58
12	San Juan	1.40	8.58
13	Guadalupe Victoria	2.50	15.33
14	Ignacio Allende	2.40	14.72
15	República Española	1.80	11.04
16	Requena	1.80	11.04
17	José A. Alzate	1.70	10.42
18	Canal Calabazas	1.70	10.42
19	Eustaquio Buelna	1.70	10.42
20	Canal Calera	1.30	7.97
21	Canal El Jileno	0.80	4.91
22	Canal Cahuinahua	1.60	9.81
23	Zicuirán	1.20	7.36
24	Canal Amado Nervo	0.70	4.29
25	Chincua	0.70	4.29
26	Canal Ing. Blas Barcácel	1.30	7.97
27	Canal Llera	0.60	3.68
28	San Antonio	0.60	3.68
29	Las Ruinas	0.60	3.68
30	Taxhimay	1.00	6.13
31	San Ildefonso	1.00	6.13
32	Cuquio	0.60	3.68
33	Canal Markazuza	0.50	3.07
34	Tepetitlán	0.90	5.52
35	Gral. Felipe Ángeles	0.80	4.91
36	Canal Santiago Camarena	0.80	4.91
37	Constitución de 1857	0.60	3.68
38	La Calera	0.50	3.07
39	Valerio Trujano	0.50	3.07
40	Abelardo L. Rodríguez	0.60	3.68
41	Canal Ignacio Ramírez	0.50	3.07
42	Leobardo Reynoso	0.50	3.07
TOTALES		95.30	584.38

Factor de Planta = 0.70

Ref. I.22

TABLA I.7 Resumen de posibilidades de miniproyectos hidroeléctricos en operación con un aumento de su capacidad, los que están fuera de servicio y los que no opera la CFE.

Concepto	Potencia (MW)	Generación media anual (GWh)	Observaciones
Pequeñas centrales en operación (CFE Y CLFC)	166.14	459.22	Considerando la rehabilitación y/o aumento en la potencia. (Tabla I.3)
Minicentrales hidroeléctricas fuera de operación (CFE)	30.32	185.94	Tabla I.4
Proyectos hidroagrícolas con posibilidades de equipamiento para generación de energía eléctrica con minicentrales (nivel de pre-factibilidad)	48.14	295.19	Tabla I.5
Proyectos hidroagrícolas con posibilidades de equipamiento para generación de energía eléctrica con minicentrales (nivel de identificación)	95.30	584.38	Tabla I.6
TOTALES	339.90	1,524.73	

TABLA II.1 Corrientes en estudio según su importancia hidrográfica.

Corriente principal	Corriente secundaria	Corriente de tercer orden	Corriente de cuarto orden	Corriente de quinto orden	
Río Actopan	1. Sedeño	1. Caño			
		2. Agua Dorada			
	2. Naolinco		1. Esquilón		
			2. Pies, Río Colorado		
			3. Órgano		
			4. Copal	1. Acatlán	
			5. Vainilla		
	3. Chapopote		1. Río Seco		
			2. Los Chiveros		
	4. Chalcoya		1. El Capitán		
			2. Raya Vainilla		
	5. Topiltepec		1. Arroyo de Los Cedros	1. Las Trancas	
				2. Las Cuchillas	
			2. La Peña		
	6. Mozomboa (Agua Fría)		3. Chiquito		
			1. Arroyo San Vicente		
	7. Paso de la Milpa		2. Arroyo Frío		
			1. Arroyo Negro		
			2. Santa Rosa		
			3. Río Azul	1. El Coyolar	1. El Chicharo
			4. Juan López		2. El Chivo
Río Bobos-Nautla	1. Las Minas	1. Los Romerillos			
		2. Río Frío			
	2. El Rincón				
	3. Ixtoteno				
	4. Apaxteno				
	5. Río de la Barranca				
	6. El Ingenio				
	7. Las Truchas				
	8. Tazolapa				
	9. Cascajal				
	10. Alceseca		1. Atzalan		
			2. Ahuacapan		
			3. Chichicapán		
4. Tatahuicapa					
5. Matequila					
6. Cozalateno					
7. Jalacingo			1. Tezayacapa		
8. Itzapa					
11. Kilate		1. Agua Caliente			
		2. Marta Ruiz			
12. María de la Torre					
13. Chapachapa					

Refs. II.3 y II.4

TABLA II.1 (Cont.) Corrientes en estudio según su importancia hidrográfica.

Corriente principal	Corriente secundaria	Corriente de tercer orden	Corriente de cuarto orden	Corriente de quinto orden	
Río Tecolutla	1. Apulco	1. Tenexac			
		2. Río Grande			
		3. Cuchaquillo			
		4. Los Ameles			
		5. Tuligtic			
		6. Tlacomulco			
		7. Zitlalcuautla			
		8. Ochiatenó			
	9. Zempoala	1. Cuautolanico			
		2. Raxicoya			
		3. Xaltatempa			
		4. Cuamecatla		1. Atenco, Tenango	
		5. Ayoco			
		6. Cuxateno		1. Trapiche de Agua	
	2. Necaxa	1. Nexapa			
		2. Tepexi			
		3. Tecpatlán			
		4. Arroyo Hondo			
		5. Ajajalpan	1. Tenexapa		
			2. Qutezalapa		
			3. San Pedro		
			4. Zecepaco		
			5. Tlaxco		
		6. Zempoala			
	7. Acala (Tlapacoyan)		1. Tlamaya		
	8. Ixcanaxquihui				
	9. Tapayula		1. San Pedro, Nepopualco		
	6. Miahuapan				
3. Mesonate					
4. Joloapan	1. Cedro Viejo				
	2. Mixiate				
	3. Arroyo Blanco				
	4. Arroyo Colorado				
5. Tlahuanapa					
6. Cuatro Arroyos					
7. El Cepillo					
8. Chichicatzapan (Cruz de los Esteros)	1. Río Indio				

Refs. II.3 y II.4

TABLA II.2 Características generales de las estaciones hidrométricas utilizadas

No.	Cuenca	Corriente	Estación	Coordenadas		Área de la cuenca (km ²)	Gasto medio anual (m ³ /s)	Período analizado
				Latitud norte	Longitud oeste			
1	Río Actopan	Río Actopan	Actopan II	19° 29' 40"	96° 34' 42"	844.00	17.253	1951-2006
2	"	Río Actopan	El Naranjillo	19° 25' 20"	96° 22' 54"	1,933.00	14.813	1961-2006
3	"	Canal La Esperanza	Km 0+200	19° 28' 52"	96° 33' 00"	-	1.731	1959-2003
4	"	Canal Principal Santa Rosa	Km 0+300	19° 28' 00"	96° 27' 48"	-	4.180	1957-1992
5	"	Río Paso de la Milpa	Ídolos	19° 24' 12"	96° 33' 12"	455.00	4.522	1963-2006
6	Río Bobos-Nautla	Río Alceseca	Pte. Henríquez	19° 55' 54"	97° 12' 36"	437.60	14.513	1944-1969
7	"	Río Kilate	Libertad	20° 03' 06"	96° 57' 42"	172.50	10.187	1959-2003
8	"	Río Bobos-Nautla	Mtez. de la Torre	20° 03' 42"	97° 02' 18"	1,466.70	54.624	1953-2005
9	Río Tecolutla	Río Zempoala	Tecuntepec	20° 10' 06"	97° 30' 24"	1,067.00	34.366	1961-2003
10	"	Río Ajajalpan	Santa Ana	20° 15' 24"	97° 33' 42"	1,670.00	42.369	1961-1986
11	"	Río Tecolutla	Remolino	20° 23' 54"	97° 15' 06"	7,172.30	188.167	1961-1999

Ref. II.1



TABLA II.3 Est. hidrométrica ACTOPAN II (cuenca: Río Actopan, corriente: Río Actopan)													
Gastos medios mensuales (m ³ /s); área drenada = 844.00 km ²													
AÑO	M E S E S												
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	ANUAL
1951	13.216	11.589	11.003	9.522	9.393	17.200	19.394	16.729	22.520	18.029	17.640	13.777	180.012
1952	12.210	11.331	10.782	10.049	9.476	43.003	38.974	31.410	39.113	30.448	25.963	22.145	284.904
1953	19.381	17.086	15.265	14.197	12.877	12.990	15.023	14.410	12.993	14.487	14.980	14.290	177.979
1954	12.790	12.279	11.548	11.073	10.556	18.177	23.452	18.039	25.539	34.138	21.497	18.932	218.020
1955	17.216	14.929	13.474	12.497	12.242	12.047	38.223	24.826	87.474	63.834	34.800	25.384	356.946
1956	20.426	18.141	15.710	16.190	15.655	21.997	23.852	20.035	26.783	19.123	18.923	18.419	235.254
1957	17.116	15.050	14.245	13.237	12.874	12.423	12.361	14.171	20.103	16.468	15.893	14.316	178.257
1958	13.503	12.743	11.123	10.680	10.426	12.090	23.119	17.758	22.850	27.181	26.610	21.339	209.422
1959	18.290	15.886	15.177	14.387	15.874	20.980	18.771	18.332	17.550	18.023	18.630	16.465	208.365
1960	15.519	14.541	13.132	12.623	10.755	11.617	16.839	19.010	25.550	19.216	16.827	14.781	190.410
1961	13.590	12.904	12.671	11.670	11.123	12.898	24.387	22.679	18.673	18.671	21.143	19.242	199.651
1962	16.939	14.796	11.361	12.460	12.887	12.740	24.877	15.532	18.580	17.335	15.150	14.968	187.625
1963	13.552	12.377	11.920	11.461	11.152	11.410	17.114	17.843	18.245	16.691	14.602	13.072	169.439
1964	11.624	10.431	9.735	9.218	9.058	10.180	11.307	10.850	11.461	13.155	12.002	10.928	129.949
1965	10.108	10.150	11.055	10.389	8.880	11.259	10.911	12.868	10.097	10.437	12.904	11.538	130.596
1966	8.400	7.812	8.952	8.464	9.770	12.338	13.907	14.301	27.514	18.240	17.849	16.012	163.559
1967	14.165	12.740	12.107	11.146	10.751	10.145	11.837	11.297	22.768	19.432	16.450	14.896	167.734
1968	13.468	12.839	11.794	10.489	10.466	10.476	12.137	14.065	13.552	13.174	11.895	10.509	144.864
1969	10.068	9.970	10.729	10.522	10.267	9.674	13.368	20.454	42.476	24.872	22.992	19.498	204.890
1970	17.421	14.521	13.462	12.850	11.910	10.896	13.520	16.216	21.909	19.967	19.842	16.842	189.356
1971	14.318	12.387	11.640	10.770	10.528	11.296	13.175	15.500	17.491	20.331	18.109	16.142	171.687
1972	14.810	13.586	12.556	11.350	10.562	13.260	25.943	27.188	26.589	22.884	23.167	18.935	220.830
1973	17.349	16.088	14.542	14.210	13.779	19.067	20.372	26.665	24.129	23.019	20.091	19.125	228.436
1974	17.631	16.878	14.478	12.131	11.524	15.107	19.759	15.437	51.544	27.122	22.882	20.381	244.874
1975	19.764	17.382	15.426	12.791	14.222	14.917	16.963	15.680	33.794	20.309	21.051	18.642	220.941
1976	16.507	15.399	14.975	14.092	13.473	20.629	24.390	19.118	21.492	19.072	18.714	18.253	216.114
1977	18.041	16.196	14.603	14.070	12.424	16.690	14.163	14.598	17.931	16.172	15.587	14.686	185.161
1978	13.149	12.833	11.814	11.924	10.951	13.207	13.796	18.477	25.900	24.299	20.203	18.353	194.906
1979	16.166	14.462	13.378	12.218	11.361	12.190	14.090	28.769	32.755	20.288	17.903	17.139	210.719
1980	16.403	14.684	13.717	12.252	11.577	13.994	14.349	18.687	25.855	20.333	19.407	18.814	200.072
1981	17.769	17.029	15.470	14.649	14.098	31.835	34.984	36.840	35.893	29.069	23.854	22.120	293.610
1982	20.215	18.426	16.987	16.079	15.609	14.766	14.855	14.192	14.866	16.585	15.203	14.732	192.515
1983	14.522	13.207	11.938	11.489	11.293	12.150	20.856	18.058	21.077	18.192	17.189	15.605	185.576
1984	14.540	13.486	12.725	12.408	12.191	15.832	24.800	22.709	39.097	24.929	22.119	19.359	234.195
1985	18.765	17.052	13.785	12.166	11.143	14.785	23.422	17.949	19.028	22.995	17.597	14.842	203.529
1986	13.136	11.508	10.675	11.886	11.919	15.723	19.341	14.213	20.551	19.565	22.710	17.375	188.601
1987	16.674	14.611	13.189	11.642	11.491	12.175	22.539	19.175	19.008	16.056	14.010	12.081	182.653
1988	11.520	11.350	11.209	11.379	11.100	10.892	12.482	15.263	18.011	15.298	15.583	14.070	158.159
1989	12.280	11.349	10.636	10.653	10.238	9.777	15.532	17.239	19.446	14.791	14.212	12.511	158.664
1990	12.505	12.494	11.614	11.438	10.860	12.071	18.650	19.416	23.681	21.698	17.267	15.901	187.595
1991	14.431	11.713	11.547	10.938	10.949	13.298	26.257	20.452	26.257	24.969	21.151	19.003	210.964
1992	16.846	19.654	17.155	17.197	14.655	19.339	19.310	28.044	30.680	27.031	21.389	19.286	250.586
1993	17.695	16.299	14.701	13.584	12.908	22.790	43.263	21.212	24.789	21.220	18.474	17.674	244.611
1994	16.786	13.799	12.639	13.184	11.887	16.878	13.138	18.306	24.173	19.535	17.955	16.002	194.281
1995	14.188	13.755	12.410	11.801	11.206	11.513	19.254	28.235	20.507	40.243	26.004	23.697	232.815
1996	20.969	19.239	16.819	16.330	15.269	18.640	28.002	30.620	25.054	22.054	19.151	18.577	250.725
1997	15.260	14.263	13.390	12.442	13.107	15.958	24.660	17.949	25.386	35.145	23.433	20.674	231.667
1998	17.587	15.828	14.847	13.408	12.119	11.188	17.315	20.937	32.996	39.916	33.638	23.012	252.792
1999	20.798	18.283	16.438	13.637	13.118	19.588	39.347	21.552	23.003	48.649	25.133	22.877	282.422
2000	22.155	21.827	18.872	14.710	14.294	23.210	20.834	31.861	27.280	23.270	18.897	18.110	255.319
2001	15.870	16.346	15.939	14.528	14.508	18.438	29.554	41.433	53.038	47.250	26.965	17.419	311.287
2002	14.928	13.601	12.842	12.587	12.576	13.144	13.804	15.443	20.042	15.362	16.018	14.619	174.967
2003	13.002	13.006	12.217	11.998	11.764	13.222	14.391	16.273	18.176	19.073	17.600	15.835	176.558
2004	14.870	15.129	12.975	12.524	12.019	14.039	12.659	14.192	14.060	19.717	17.077	14.691	173.952
2005	12.213	10.586	10.410	11.007	11.371	11.231	11.864	26.021	20.636	22.276	14.196	13.034	174.846
2006	10.917	10.020	9.687	8.884	9.167	11.443	23.169	19.134	20.554	17.099	15.358	15.012	170.444
Media	15.421	14.212	13.098	12.348	11.922	15.158	20.083	19.958	25.366	23.013	19.391	17.070	207.041
Máx	22.155	21.827	18.872	17.197	15.874	43.003	43.263	41.433	87.474	63.834	34.800	25.384	356.946
Mín	8.400	7.812	8.952	8.464	8.880	9.674	10.911	10.850	10.097	10.437	11.895	10.509	129.949
Gasto medio anual de todo el período (m³/s)													17.253

Ref. II.1

Tesis Profesional: Los miniproyectos hidroeléctricos como una alternativa de generación en México.

Rubén Montiel Guevara,
Facultad de Ingeniería,

Universidad Nacional Autónoma de México.



TABLA II.4 Est. hidrométrica EL NARANJILLO (cuenca: Río Actopan, corriente: Río Actopan)**Gastos medios mensuales (m³/s), área drenada = 1,933.00 km²**

AÑO	M E S E S												Anual
	Enc.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
1961	8.759	3.867	2.839	1.906	1.780	14.850	50.323	31.208	23.836	21.238	23.376	17.328	201.310
1962	11.971	3.797	1.453	1.838	1.634	7.044	60.857	8.594	16.763	13.865	15.036	14.240	157.092
1963	8.682	1.397	1.145	1.106	1.970	6.568	43.181	18.948	13.534	13.149	8.370	8.211	126.261
1964	5.824	1.430	1.158	1.155	1.299	10.338	12.620	7.220	7.636	11.197	7.690	7.339	74.906
1965	4.806	1.267	0.979	1.076	1.624	29.539	17.299	18.924	18.397	14.873	10.663	9.736	129.183
1966	7.080	2.361	2.117	1.612	3.031	23.461	20.933	17.179	49.075	29.003	25.129	18.982	199.963
1967	14.281	4.362	3.535	1.798	1.415	10.224	14.005	14.027	37.694	25.287	19.881	16.254	162.763
1968	8.754	2.489	1.878	1.403	2.197	7.943	17.977	22.307	20.826	21.722	21.852	20.922	150.270
1969	13.999	2.913	2.251	4.291	1.387	1.546	36.155	64.118	148.236	39.905	24.253	18.163	357.217
1970	11.274	8.173	5.988	2.545	2.110	7.616	15.913	19.087	62.496	26.996	14.216	9.505	185.919
1971	8.019	4.000	2.048	1.802	3.352	6.214	12.475	19.504	21.495	30.977	19.115	12.678	141.679
1972	8.345	4.711	3.419	1.991	3.072	20.566	100.208	33.450	25.686	22.318	21.102	14.760	259.628
1973	9.226	8.255	6.275	4.120	2.684	44.231	44.048	42.377	38.011	30.109	17.096	16.700	263.132
1974	10.822	8.581	5.794	2.337	2.245	38.767	42.931	11.837	92.038	24.780	15.692	14.656	270.480
1975	11.771	7.773	4.894	1.993	2.819	6.205	10.584	3.498	83.942	13.829	13.182	12.824	173.314
1976	8.064	3.756	2.512	2.589	2.105	37.434	48.501	14.187	20.354	19.096	13.278	11.421	183.297
1977	7.619	5.547	3.715	1.789	1.866	20.610	12.074	5.258	10.245	16.846	11.776	10.694	108.039
1978	6.937	4.959	3.328	2.367	2.078	10.329	12.051	19.251	35.590	32.309	19.504	10.947	159.650
1979	8.036	5.740	4.524	2.872	3.318	7.413	10.177	53.612	55.396	15.238	11.930	11.291	189.547
1980	7.658	4.994	3.659	2.682	3.060	16.318	10.208	25.805	34.646	19.010	15.987	13.684	157.711
1981	8.759	4.631	3.133	2.166	2.252	16.096	30.848	23.214	42.986	21.852	15.707	12.741	184.385
1982	8.759	4.631	3.133	2.166	2.252	16.096	30.848	23.214	42.986	21.852	15.707	12.741	184.385
1983	3.152	3.182	1.836	1.673	1.830	5.411	56.486	37.387	31.190	15.469	9.851	6.217	173.684
1984	5.042	4.929	2.236	1.176	2.188	22.480	52.136	36.524	109.482	25.843	16.798	11.721	290.555
1985	11.333	6.460	4.177	3.431	2.235	13.832	27.826	17.600	12.963	18.909	13.142	9.341	141.249
1986	4.681	3.076	2.578	2.010	3.133	8.831	10.416	11.809	70.596	33.021	26.853	16.828	193.833
1987	10.277	6.047	4.171	3.444	2.925	15.383	31.419	21.638	14.128	10.061	5.062	5.180	129.736
1988	3.892	2.233	1.615	1.998	1.579	3.906	8.324	16.791	32.807	15.976	12.348	6.903	108.371
1989	3.770	2.134	1.264	1.093	1.372	2.320	25.061	13.102	18.026	9.227	6.127	6.935	90.429
1990	3.992	3.825	2.188	3.293	2.016	7.236	21.735	16.680	28.926	19.533	13.476	6.989	129.888
1991	3.572	3.353	1.477	1.215	1.477	22.893	59.203	27.687	49.820	36.200	18.390	15.213	240.499
1992	11.892	16.274	8.268	9.624	11.785	15.485	17.854	77.622	70.507	32.150	21.548	18.129	311.138
1993	10.983	6.486	4.436	3.025	4.410	75.440	85.304	24.749	39.830	24.053	12.153	10.518	301.387
1994	12.943	12.643	5.662	4.257	3.269	8.560	9.910	11.436	19.965	11.854	11.881	9.166	121.546
1995	6.115	4.930	6.499	2.116	1.570	3.444	13.084	55.057	39.866	36.153	18.143	11.864	198.840
1996	9.459	6.276	5.371	3.477	2.102	7.590	16.855	46.488	11.972	10.554	8.317	8.187	136.650
1997	4.957	2.775	2.845	3.310	2.678	5.797	14.700	5.469	11.414	47.284	14.892	9.687	125.807
1998	6.619	3.758	3.398	1.806	1.859	1.585	15.372	12.616	66.963	48.399	33.302	24.406	220.082
1999	12.349	6.778	3.835	3.506	2.562	5.682	43.463	24.205	27.730	44.275	17.656	12.801	204.844
2000	9.469	7.876	4.814	3.120	4.007	40.054	18.017	35.125	20.490	18.065	14.381	12.386	187.804
2001	9.227	7.333	5.885	4.070	5.303	6.240	13.844	23.872	24.966	19.151	14.111	10.723	144.727
2002	7.274	4.261	2.797	1.491	1.141	9.830	10.136	8.014	12.544	8.735	11.534	7.909	85.666
2003	4.807	2.697	1.147	0.394	1.336	10.162	36.481	15.478	28.603	8.753	5.399	3.069	118.324
2004	2.628	3.043	3.443	3.341	3.938	28.843	8.163	5.218	7.302	30.882	8.108	6.270	111.180
2005	4.053	3.139	3.393	2.755	4.195	7.252	20.417	52.138	33.728	42.758	18.017	11.401	203.247
2006	4.810	3.007	2.117	1.683	1.582	13.838	61.878	28.548	26.960	22.016	10.304	10.260	187.004
Media	7.973	4.916	3.375	2.498	2.610	15.250	28.963	24.393	37.231	23.365	15.268	11.911	177.753
Máx	14.281	16.274	8.268	9.624	11.785	75.440	100.208	77.622	148.236	48.399	33.302	24.406	357.217
Mín	2.628	1.267	0.979	0.394	1.141	1.546	8.163	3.498	7.302	8.735	5.062	3.069	74.906
Gasto medio anual de todo el período (m³/s)													14.813

Ref. II.1

TABLA II.5 Est. hidrom. Km 0+200 (cuenca: Río Actopan, corriente: Canal Princ. La Esperanza)

Gastos medios mensuales (m ³ /s)													
AÑO	M		E		S		E		S				
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1959	1.226	1.853	2.053	2.236	2.790	2.428	2.083	2.720	2.896	2.962	0.850	0.878	24.976
1960	1.807	3.226	3.253	3.203	3.403	2.936	1.519	2.183	0.895	1.535	0.510	0.641	25.111
1961	1.579	2.731	2.898	2.618	2.590	2.022	1.398	1.580	1.850	1.421	0.459	0.661	21.807
1962	1.222	2.571	2.629	2.444	2.744	2.421	1.400	2.475	2.183	3.070	2.139	2.102	27.400
1963	1.226	1.853	2.053	2.236	2.272	1.664	1.222	2.672	2.898	1.217	0.606	0.803	20.723
1964	1.948	2.429	2.247	2.157	2.090	1.464	1.619	1.959	2.289	1.160	0.448	0.626	20.436
1965	1.567	1.971	2.317	1.944	2.318	1.238	1.360	1.747	2.014	0.838	0.572	0.483	18.369
1966	1.025	1.818	2.080	1.979	2.231	1.560	1.163	1.774	1.519	1.104	0.377	0.592	17.222
1967	1.423	1.735	1.774	1.808	1.947	1.478	1.396	1.450	1.186	1.012	0.245	0.393	15.847
1968	1.316	2.188	2.253	2.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.589	0.259	0.340	0.508	9.464
1969	1.172	1.919	2.005	2.009	2.270	1.981	1.200	1.591	1.283	0.736	0.807	0.942	17.915
1970	1.422	1.781	1.778	2.619	2.551	1.790	1.295	1.550	1.294	0.876	0.498	1.153	18.607
1971	1.183	2.211	2.439	2.818	2.813	1.515	1.109	1.467	1.956	0.728	0.634	0.813	19.686
1972	1.225	1.703	2.248	2.404	2.157	1.255	0.444	0.772	1.532	1.136	1.046	0.803	16.725
1973	0.799	1.228	1.749	2.392	2.465	0.640	0.405	0.675	1.196	1.703	1.399	0.431	15.082
1974	0.346	0.807	1.305	2.200	2.076	1.063	0.925	1.760	2.332	0.776	1.201	0.520	15.311
1975	0.967	1.167	1.541	2.795	2.726	2.305	2.090	2.760	1.168	1.712	1.460	0.961	21.652
1976	0.955	1.316	1.586	1.599	2.156	1.487	0.400	1.681	1.947	1.453	1.251	1.224	17.055
1977	1.263	1.531	2.020	2.416	2.503	2.052	1.091	2.247	2.082	0.373	1.494	1.083	20.155
1978	1.082	1.179	1.430	1.494	2.033	1.762	1.071	1.159	1.135	0.374	0.452	1.374	14.545
1979	0.984	1.302	1.452	1.570	1.581	1.865	2.467	1.802	1.310	1.542	1.845	0.798	18.518
1980	1.230	1.556	1.537	1.907	1.802	1.979	1.966	1.309	1.741	1.219	0.589	0.606	17.441
1981	1.339	2.132	1.885	1.788	1.811	1.609	1.503	1.517	1.807	1.490	0.721	0.972	18.574
1982	1.300	1.681	1.805	1.871	1.810	1.821	1.715	1.554	2.374	2.132	0.678	1.575	20.316
1983	1.451	1.283	1.567	1.527	1.475	1.524	0.744	0.570	0.686	0.771	1.115	1.567	14.280
1984	1.452	1.514	1.919	2.149	2.135	1.352	1.144	1.336	0.794	0.866	0.000	0.000	14.661
1985	0.104	0.142	0.174	0.184	0.193	0.137	0.104	2.672	2.898	0.097	0.068	0.067	6.840
1986	1.774	1.633	1.920	1.935	1.964	1.161	1.014	1.980	1.704	1.034	0.465	1.180	17.764
1987	1.316	1.662	1.934	2.259	2.048	1.793	1.293	1.825	2.230	1.387	2.387	2.003	22.137
1988	2.031	2.219	2.130	2.319	2.577	2.511	2.438	2.534	2.074	3.085	0.938	1.063	25.919
1989	2.551	2.372	2.596	2.526	2.714	2.631	1.774	1.483	1.499	1.658	1.883	1.562	25.249
1990	1.843	2.082	2.200	2.326	2.353	2.190	1.827	1.609	1.024	1.610	0.724	1.936	21.723
1991	2.046	1.967	2.823	2.650	2.539	2.287	0.842	1.431	1.430	0.995	1.585	1.700	22.295
1992	2.061	1.741	2.186	2.462	1.944	1.377	1.034	0.481	0.593	0.997	1.664	1.723	18.262
1993	1.781	2.490	2.703	2.704	2.443	1.671	0.722	1.741	2.291	1.221	2.539	1.599	23.905
1994	1.936	1.635	2.480	2.858	3.037	1.781	2.134	2.674	2.482	2.700	2.809	2.362	28.887
1995	2.349	2.052	2.283	2.104	2.061	2.781	2.364	0.899	1.741	1.930	2.595	2.295	25.453
1996	2.299	2.289	2.474	2.445	2.923	2.858	2.437	1.844	3.252	3.559	3.171	2.617	32.168
1997	2.403	2.444	2.523	2.705	2.471	2.129	0.345	2.392	3.289	0.964	1.640	3.090	26.394
1998	2.413	2.799	2.771	2.763	2.520	2.461	2.041	3.151	2.511	1.069	2.465	2.834	29.797
1999	3.116	3.139	2.898	3.034	2.666	2.701	1.504	2.259	1.556	0.350	0.839	2.675	26.736
2000	1.702	1.992	2.505	2.592	2.737	0.895	2.132	1.816	2.941	1.621	3.209	2.977	27.119
2001	2.741	3.107	2.482	2.307	1.561	2.978	1.618	0.867	0.935	1.730	2.683	2.102	25.112
2002	2.446	2.590	2.504	2.730	2.612	2.319	0.734	1.781	2.038	1.774	2.404	2.356	26.289
2003	2.183	2.771	2.813	2.968	2.318	1.918	0.911	1.338	1.171	0.743	0.792	0.927	20.852
Media	1.591	1.951	2.138	2.268	2.232	1.818	1.333	1.713	1.791	1.355	1.258	1.324	20.773
Máx	3.116	3.226	3.253	3.203	3.403	2.978	2.467	3.151	3.289	3.559	3.209	3.090	32.168
Mín	0.104	0.142	0.174	0.184	0.000	0.000	0.000	0.000	0.589	0.097	0.000	0.000	6.840
Gasto medio anual de todo el período (m³/s)													1.731

Ref. II.1



TABLA II.6 Est. hidrom. Km 0+300 (cuenca: Río Actopan, corriente: Canal Principal Sta. Rosa)

Gastos medios mensuales (m³/s)

AÑO	M E S E S												Anual
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
1957	3.479	5.375	5.686	5.856	4.113	3.690	3.223	3.942	3.718	3.378	3.008	2.416	47.885
1958	2.849	4.700	5.336	5.677	5.422	4.999	3.761	4.253	4.660	2.871	3.009	2.575	50.112
1959	3.002	6.740	7.830	8.360	7.329	5.375	4.934	6.101	5.690	4.348	2.686	2.580	64.975
1960	3.936	7.117	7.080	6.703	6.006	5.734	2.684	4.213	3.444	2.912	2.133	1.986	53.948
1961	3.636	7.415	6.736	7.159	6.387	4.405	4.162	4.427	6.245	2.650	3.379	2.810	59.412
1962	4.925	7.041	7.724	7.282	6.283	5.347	3.046	6.392	3.225	2.650	2.402	2.624	58.941
1963	3.479	6.137	5.973	5.556	5.437	4.226	4.068	5.399	5.987	3.013	3.583	3.027	55.885
1964	3.386	5.826	6.091	5.882	5.513	4.349	4.160	5.468	5.832	2.388	1.941	2.071	52.907
1965	3.572	5.447	5.194	4.995	4.972	3.759	3.595	3.427	3.694	2.420	2.011	1.606	44.692
1966	2.687	5.757	6.122	5.839	5.987	4.108	4.001	4.865	4.987	2.411	1.559	1.869	50.192
1967	2.698	5.431	5.928	5.843	5.536	4.257	3.083	3.819	2.814	1.513	1.036	1.514	43.472
1968	2.948	6.132	6.516	5.713	5.632	4.018	3.305	3.600	3.500	2.014	0.905	1.027	45.310
1969	2.071	4.626	5.166	4.210	5.132	4.831	2.665	2.383	1.661	1.524	1.274	1.951	37.494
1970	3.309	4.524	4.923	6.030	5.822	3.297	2.543	2.881	3.212	1.894	1.356	3.540	43.331
1971	3.208	4.329	5.305	4.981	4.121	3.527	2.658	2.465	2.829	1.105	2.402	2.624	39.554
1972	3.213	3.829	4.176	4.935	4.461	1.603	1.762	0.910	1.615	1.105	2.120	4.820	34.549
1973	4.218	3.776	3.908	4.108	4.912	2.021	1.416	1.715	2.088	1.620	4.267	3.020	37.069
1974	3.224	3.706	4.766	6.359	6.452	5.207	4.275	4.601	4.710	2.762	1.952	2.055	50.069
1975	2.538	3.246	3.825	4.448	3.989	6.854	7.298	7.105	5.489	6.260	4.617	2.997	58.666
1976	4.483	6.481	6.396	6.439	6.243	4.886	4.106	6.149	5.876	5.591	4.470	4.523	65.643
1977	5.150	5.380	5.519	6.458	6.204	5.938	5.808	6.748	5.635	1.507	1.663	1.537	57.547
1978	3.409	4.552	5.626	6.342	6.056	3.651	4.583	3.468	2.558	1.195	0.465	3.172	45.077
1979	4.581	5.085	5.021	5.127	5.368	5.159	5.357	3.481	2.713	3.808	2.989	3.995	52.684
1980	4.330	4.995	5.511	5.378	5.637	5.044	4.612	4.208	4.466	2.640	2.658	3.474	52.953
1981	4.134	5.308	6.069	6.191	6.376	5.931	4.253	3.821	4.776	2.251	3.956	4.895	57.961
1982	4.867	5.709	5.894	6.710	6.112	4.641	5.147	3.699	4.135	2.937	3.759	6.468	60.078
1983	6.407	6.468	6.097	5.493	4.948	5.317	1.903	1.140	1.736	1.547	4.064	4.856	49.976
1984	4.773	4.742	5.896	5.953	5.000	3.423	2.275	1.793	1.751	2.379	3.229	5.058	46.272
1985	3.651	5.111	5.558	6.067	5.808	3.909	2.766	3.529	3.637	1.750	3.429	4.371	49.586
1986	5.614	5.979	5.574	5.655	5.543	2.983	3.170	4.510	3.260	1.820	1.980	2.322	48.411
1987	4.579	5.226	5.745	5.690	6.191	5.274	3.647	3.663	4.956	3.906	6.676	4.047	59.600
1988	4.983	6.201	6.396	5.971	6.074	4.864	4.466	3.850	4.059	2.901	2.144	3.939	55.847
1989	5.081	5.588	5.666	5.483	5.400	4.858	3.977	4.144	4.210	3.973	3.944	3.179	55.503
1990	5.179	5.012	5.086	4.731	4.862	4.305	4.043	5.361	5.361	1.875	2.327	4.676	52.818
1991	5.335	5.747	5.519	5.334	5.476	4.787	2.634	3.276	3.590	1.854	2.404	3.288	49.246
1992	3.272	1.416	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.553	2.153	1.510	3.376	5.644	18.228
Media	3.950	5.282	5.553	5.639	5.413	4.351	3.596	3.927	3.896	2.563	2.755	3.238	50.164
Máx	6.407	7.415	7.830	8.360	7.329	6.854	7.298	7.105	6.245	6.260	6.676	6.468	65.643
Mín	2.071	1.416	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.553	1.615	1.105	0.465	1.027	18.228
Gasto medio anual de todo el período (m³/s)													4.180

Ref. II.1

TABLA II.7 Est. hidrométrica ÍDOLOS (cuenca: Río Actopan, corriente: Río Paso de la Milpa)													
Gastos medios mensuales (m³/s); área drenada = 455.00 km²													
AÑO	M E S E S												Annual
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
1963	1.065	0.914	0.733	0.627	1.187	0.725	8.767	5.258	2.619	1.866	1.232	1.215	26.209
1964	1.134	0.795	0.526	0.436	0.622	4.693	5.216	2.340	2.104	1.522	0.840	0.867	21.095
1965	0.745	0.654	0.607	0.321	0.465	12.454	6.109	6.050	6.499	4.381	1.843	2.086	42.214
1966	1.503	1.695	1.862	1.337	3.483	7.588	8.587	4.339	15.286	6.164	1.371	0.739	53.954
1967	0.797	0.617	0.606	0.436	0.403	2.056	3.364	3.509	9.831	8.427	3.587	1.258	34.891
1968	0.716	0.596	0.631	0.407	1.691	2.078	5.508	7.115	3.399	4.452	3.181	2.578	32.352
1969	1.534	0.458	0.550	0.760	0.524	0.481	8.045	15.293	33.944	3.346	1.162	0.992	67.089
1970	0.663	0.827	0.704	0.501	0.426	1.148	3.897	2.757	20.986	4.342	1.372	0.838	38.461
1971	0.585	0.346	0.231	0.297	0.407	1.396	2.441	3.309	8.116	7.217	2.357	1.143	27.845
1972	0.719	0.620	0.451	0.323	0.864	8.413	27.864	16.299	6.174	4.127	1.967	1.442	69.263
1973	0.664	1.122	0.773	0.604	0.768	22.472	13.238	6.459	10.528	3.879	1.642	1.393	63.542
1974	1.171	0.966	0.805	0.637	0.728	11.784	14.295	2.503	33.051	6.122	2.135	1.451	75.648
1975	0.953	0.799	0.559	0.343	0.678	2.248	4.564	1.674	37.839	2.655	1.338	1.225	54.875
1976	1.048	0.614	0.355	1.011	0.826	19.784	22.865	3.739	6.908	6.484	2.269	1.994	67.897
1977	1.197	1.061	0.768	0.706	0.995	9.952	5.550	2.519	4.037	3.105	2.013	1.421	33.324
1978	1.189	1.055	0.697	0.533	0.496	5.275	3.254	9.603	10.471	7.493	2.135	1.359	43.560
1979	0.998	1.116	0.719	0.797	2.171	6.155	8.476	26.714	21.894	2.462	1.340	1.524	74.366
1980	1.387	1.130	0.762	0.773	1.670	8.550	3.435	13.341	15.061	4.446	3.254	3.088	56.897
1981	2.766	1.799	1.296	1.325	4.646	28.805	23.115	17.728	14.218	6.642	2.256	2.057	106.652
1982	1.226	1.039	1.087	0.894	4.902	3.146	3.304	2.064	3.238	7.387	1.789	1.000	31.076
1983	1.264	1.090	0.842	0.628	0.430	5.366	26.024	13.128	12.039	3.160	2.214	1.534	67.719
1984	1.407	1.355	0.997	0.526	1.210	8.717	23.800	10.100	44.138	4.154	1.887	1.477	99.768
1985	1.457	1.051	0.847	0.889	1.151	7.643	13.220	5.636	4.588	4.004	3.301	1.853	45.640
1986	0.977	0.865	0.744	0.547	2.141	6.748	10.330	1.988	17.969	10.471	7.433	3.371	63.584
1987	1.890	1.335	1.172	1.113	1.013	4.212	8.835	6.006	3.982	2.353	1.319	1.060	34.288
1988	1.025	1.027	1.080	1.221	0.942	3.547	3.888	7.261	14.880	3.377	1.809	1.106	41.162
1989	0.795	0.717	0.555	0.662	0.991	0.959	13.139	6.209	8.154	2.839	1.178	1.635	37.832
1990	1.223	1.593	0.847	1.556	1.090	2.714	5.933	2.722	6.124	3.883	1.789	1.123	30.599
1991	0.812	1.972	0.616	0.706	1.578	10.920	24.208	6.031	18.116	5.297	2.760	1.940	74.955
1992	3.134	6.203	3.055	4.584	2.863	5.223	3.062	21.081	17.304	4.992	3.939	2.000	77.441
1993	1.058	1.130	1.008	0.832	1.490	37.286	32.509	4.447	8.503	4.537	1.864	1.342	96.005
1994	2.956	2.233	1.341	1.145	1.393	1.619	1.699	2.989	7.702	2.945	2.251	1.422	29.696
1995	1.209	0.947	1.050	0.977	0.779	1.982	8.165	27.010	8.430	6.539	3.585	1.936	62.608
1996	1.631	1.234	1.671	1.143	1.188	5.146	5.362	15.566	2.917	4.348	1.880	1.489	43.574
1997	1.276	1.083	1.002	1.416	1.449	2.453	3.701	2.205	3.571	16.639	3.673	3.159	41.627
1998	1.829	1.128	1.119	0.676	0.628	0.606	8.412	4.232	32.122	22.040	6.739	2.164	81.696
1999	2.060	1.196	0.827	0.808	0.738	2.633	22.784	5.311	4.586	22.223	2.525	1.442	67.134
2000	1.499	1.236	0.980	0.734	2.362	23.854	3.650	26.308	7.782	3.946	2.520	2.366	77.239
2001	1.974	1.657	1.417	1.075	2.395	4.211	5.703	13.897	10.756	5.063	3.415	1.864	53.428
2002	1.674	1.355	1.011	1.030	0.705	7.380	4.203	1.984	11.223	4.015	2.087	1.417	38.084
2003	1.301	1.127	0.813	1.130	0.969	4.094	10.028	3.105	11.498	4.300	3.475	1.597	43.437
2004	1.367	1.151	1.081	2.606	1.478	7.238	2.099	2.580	4.819	13.064	2.596	1.424	41.506
2005	1.196	1.210	1.361	0.734	2.335	1.775	4.484	19.560	9.732	11.284	2.390	1.906	57.968
2006	1.407	1.130	0.751	0.534	1.268	8.566	25.685	4.371	6.513	5.262	2.049	1.843	59.378
Media	1.329	1.210	0.930	0.917	1.376	7.366	10.291	8.326	12.356	6.074	2.449	1.640	54.263
Máx	3.134	6.203	3.055	4.584	4.902	37.286	32.509	27.010	44.138	22.223	7.433	3.371	106.652
Mín	0.585	0.346	0.231	0.297	0.403	0.481	1.699	1.674	2.104	1.522	0.840	0.739	21.095
Gasto medio anual de todo el período (m³/s)													4.522

Ref. II.1



TABLA II.8 Est. hidrom. PUENTE HENRÍQUEZ (cuenca: Río Bobos corriente: Río Alceseca)

Gastos medios mensuales (m³/s); área drenada = 437.60 km²

AÑO	M E S E S												Anual
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
1944	8.430	9.100	9.010	8.260	8.970	17.000	14.300	15.200	84.400	24.700	14.200	12.000	225.570
1945	11.600	11.400	10.800	9.940	10.100	9.850	11.200	13.700	20.600	31.500	18.100	13.800	172.590
1946	12.400	13.100	12.000	13.000	12.400	22.100	14.600	13.400	31.700	19.700	16.100	12.500	193.000
1947	11.600	12.400	11.900	12.900	12.400	11.600	12.600	12.140	19.300	27.300	14.700	15.000	173.840
1948	13.900	12.200	10.200	10.100	10.200	10.300	14.100	10.200	16.000	13.600	12.300	10.900	144.000
1949	10.200	10.700	13.800	9.410	11.000	10.600	7.880	8.550	21.800	16.400	11.700	8.750	140.790
1950	9.050	8.970	9.390	22.200	7.940	13.000	11.100	11.000	9.800	31.300	12.600	8.370	154.720
1951	11.300	9.860	9.760	9.100	7.630	11.300	17.100	13.800	19.800	19.800	12.600	12.100	154.150
1952	10.900	10.000	9.790	10.800	9.490	24.500	22.800	18.500	33.700	25.300	19.700	15.100	210.580
1953	12.700	12.400	11.900	11.800	10.700	11.800	14.000	14.300	18.700	24.800	18.400	12.600	174.100
1954	11.400	13.900	12.200	11.100	11.500	17.900	22.300	14.000	43.700	39.200	22.100	14.000	233.300
1955	11.900	12.000	10.400	7.680	7.480	8.170	25.000	22.600	44.000	42.900	28.200	21.900	242.230
1956	17.300	13.900	14.100	13.000	13.400	20.400	16.400	18.600	39.200	22.100	19.300	16.100	223.800
1957	14.000	13.500	13.500	14.200	12.400	13.200	13.600	19.300	20.200	20.800	14.700	11.700	181.100
1958	11.600	10.800	10.900	10.300	12.000	15.000	19.600	15.400	26.200	23.000	25.500	18.700	199.000
1959	13.260	12.660	13.470	11.990	11.410	18.600	16.800	16.890	15.800	21.800	15.700	11.400	179.780
1960	10.100	9.780	9.670	9.450	8.360	9.070	14.900	14.200	23.700	13.400	14.200	12.600	149.430
1961	11.200	11.000	9.930	9.140	8.910	12.400	13.500	15.400	18.000	21.200	18.000	11.400	160.080
1962	10.400	10.600	10.400	11.300	11.100	11.100	10.900	11.700	14.800	15.800	11.900	11.200	141.200
1963	9.490	9.190	8.970	8.670	9.080	8.770	14.700	17.500	19.600	15.300	13.300	10.500	145.070
1964	9.890	9.800	9.310	9.630	9.700	16.100	15.400	10.800	12.800	17.800	13.500	13.700	148.430
1965	13.700	10.900	10.500	10.300	9.540	11.900	13.800	19.900	15.300	17.900	16.800	10.900	161.440
1966	9.950	10.200	10.400	9.740	9.980	18.300	21.400	15.000	25.200	24.600	15.700	11.500	181.970
1967	11.200	11.000	10.200	9.470	9.610	13.200	11.200	12.200	26.200	19.500	14.200	10.900	158.880
1968	10.100	10.100	10.100	9.620	10.100	14.400	17.900	15.400	19.800	23.600	13.300	14.600	169.020
1969	11.800	9.680	9.010	9.250	10.400	10.200	15.800	27.600	1.535	2.104	1.509	1.095	109.983
Media	11.514	11.121	10.831	10.860	10.223	13.875	15.495	15.280	24.686	22.131	15.704	12.435	174.156
Máx	17.300	13.900	14.100	22.200	13.400	24.500	25.000	27.600	84.400	42.900	28.200	21.900	242.230
Mín	8.430	8.970	8.970	7.680	7.480	8.170	7.880	8.550	1.535	2.104	1.509	1.095	109.983
Gasto medio anual de todo el período (m³/s)													14.513

Ref. II.1



TABLA II.9 Estación hidrométrica LIBERTAD (cuenca: Río Bobos, corriente: Río Kilate)

Gastos medios mensuales (m³/s); área drenada = 172.50 km²

AÑO	M E S E S												
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1959	8.274	7.414	5.354	5.204	5.195	8.735	10.399	6.053	5.545	15.940	15.090	7.285	100.486
1960	7.430	4.552	5.662	7.336	3.704	2.982	8.204	8.166	17.615	15.154	20.338	10.096	111.239
1961	11.380	5.539	4.099	2.460	1.842	4.148	11.370	17.640	13.240	17.730	28.130	13.320	130.898
1962	10.440	3.618	4.585	11.620	4.256	2.653	7.645	4.956	17.110	14.860	8.850	75.170	165.763
1963	8.309	4.849	3.878	1.708	2.186	2.637	8.814	9.511	15.700	9.472	8.300	11.810	87.174
1964	7.332	6.810	7.700	8.324	4.461	10.790	9.968	4.913	5.651	13.770	15.470	14.220	109.409
1965	24.620	10.110	7.289	15.070	6.727	8.735	10.399	10.954	21.546	15.923	12.990	10.096	154.458
1966	8.274	7.414	5.354	5.204	5.195	6.659	8.863	4.276	21.210	18.450	6.730	4.173	101.800
1967	7.476	8.497	5.816	3.494	2.811	5.749	3.643	4.858	20.810	22.110	8.163	4.099	97.526
1968	2.789	2.982	3.489	2.715	2.803	4.452	6.767	6.639	11.470	8.833	9.190	19.070	81.199
1969	7.796	7.166	6.281	6.590	12.510	2.017	9.262	18.070	24.590	16.360	14.570	8.768	133.980
1970	4.798	10.372	6.549	2.900	2.066	5.327	10.945	14.278	18.850	23.986	7.222	3.685	110.978
1971	5.633	10.173	8.944	9.134	6.639	6.061	6.222	10.954	8.976	20.871	22.945	9.803	126.355
1972	5.493	7.586	4.539	5.495	6.443	17.725	17.095	10.743	10.141	8.755	21.058	7.709	122.782
1973	4.360	6.037	4.002	3.958	9.333	8.442	15.478	17.922	9.365	13.449	4.203	10.464	107.013
1974	4.868	6.185	3.552	4.973	1.703	16.769	8.459	4.113	25.131	13.478	17.291	7.514	114.036
1975	5.311	18.940	2.852	3.245	3.074	9.584	6.753	4.851	27.912	19.822	7.158	12.732	122.234
1976	18.318	4.990	7.330	4.483	10.083	19.321	15.753	11.028	14.473	27.667	11.560	5.930	150.936
1977	6.431	7.145	3.336	2.028	1.822	3.105	5.477	4.620	4.656	12.966	19.298	10.789	81.673
1978	6.362	7.288	9.541	3.482	1.692	9.846	5.139	12.036	28.830	16.597	14.069	8.185	123.067
1979	7.797	8.144	4.632	4.642	10.971	11.096	7.132	17.919	41.644	5.045	15.545	9.361	143.928
1980	8.959	7.608	5.778	6.021	3.623	3.462	3.145	6.409	32.218	21.807	10.556	9.530	119.116
1981	10.042	12.445	5.758	3.313	3.917	33.520	20.133	25.949	30.704	15.064	7.538	11.410	179.793
1982	6.955	9.077	8.954	10.770	12.852	2.585	3.000	5.046	14.279	25.178	17.828	6.438	122.959
1983	7.005	3.199	1.945	1.638	0.880	2.683	17.999	16.333	23.244	15.841	21.179	19.476	131.422
1984	11.209	5.701	3.345	1.879	16.463	14.905	21.471	16.392	72.329	9.224	6.119	4.562	183.599
1985	4.399	6.549	7.573	8.356	4.647	5.681	13.823	10.294	21.177	20.788	6.261	12.901	122.449
1986	7.392	4.286	2.392	3.440	5.012	8.862	10.798	5.522	5.456	29.733	26.151	9.923	118.967
1987	4.417	6.368	5.892	4.136	4.564	11.863	12.998	10.835	25.051	9.580	10.606	8.959	115.270
1988	8.451	5.986	7.874	18.810	5.572	20.925	14.384	19.412	24.046	11.212	5.006	9.375	151.054
1989	6.424	6.529	4.715	3.417	2.993	2.748	9.598	12.859	36.447	10.878	18.703	11.865	127.176
1990	6.737	6.392	5.607	11.344	4.663	3.667	9.499	15.354	16.997	23.713	9.213	5.945	119.133
1991	11.898	5.256	4.080	3.990	2.447	7.236	8.661	4.036	12.857	18.398	20.325	7.643	106.827
1992	7.109	7.864	7.092	5.627	10.248	5.878	6.019	22.368	32.958	17.577	15.522	2.871	141.133
1993	4.205	5.407	3.101	3.981	8.136	13.741	8.641	9.074	28.904	21.415	5.368	3.636	115.608
1994	4.205	5.407	3.101	3.981	8.136	13.741	8.641	9.074	28.904	21.415	5.368	3.636	115.608
1995	5.332	4.940	3.575	2.536	1.429	1.484	9.724	11.926	14.288	19.168	27.839	12.797	115.039
1996	4.174	4.184	4.160	10.055	6.011	3.097	3.953	9.241	11.195	12.406	17.898	6.829	93.202
1997	3.814	5.761	7.522	7.169	6.636	3.133	10.821	3.558	17.696	20.653	6.815	5.859	99.438
1998	5.083	3.933	2.371	2.058	1.884	1.627	10.462	10.082	34.398	41.237	51.272	4.647	169.053
1999	4.447	4.236	2.173	4.107	2.097	8.172	20.976	10.283	27.158	49.052	3.823	4.928	141.453
2000	2.457	3.265	7.623	9.501	7.954	11.974	2.609	12.506	14.941	8.141	8.634	15.313	104.918
2001	4.111	5.502	8.048	2.948	8.772	4.518	4.256	5.281	23.896	30.608	5.319	6.069	109.327
2002	5.379	7.148	2.883	1.356	2.944	6.491	4.339	3.501	28.270	29.358	31.081	4.592	127.343
2003	10.055	4.874	2.667	10.948	1.621	3.068	4.520	5.917	25.452	22.985	1.068	0.857	94.033
Media	7.283	6.616	5.178	5.677	5.311	8.042	9.650	10.350	21.496	18.593	13.948	10.096	122.241
Máx	24.620	18.940	9.541	18.810	16.463	33.520	21.471	25.949	72.329	49.052	51.272	75.170	183.599
Mín	2.457	2.982	1.945	1.356	0.880	1.484	2.609	3.501	4.656	5.045	1.068	0.857	81.199
Gasto medio anual de todo el período (m³/s)													10.187

Ref. II.1

TABLA II.10 Est. hidrom. MTEZ. DE LA TORRE (cuenca y corriente: Río Bobos-Nautla)													
Gastos medios mensuales (m ³ /s); área drenada = 1,466.70 km ²													
AÑO	M E S E S												
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Annual
1953	40.678	30.335	24.614	26.141	22.043	22.802	31.225	27.536	89.199	170.767	90.904	34.431	610.675
1954	29.409	44.747	29.295	21.841	21.089	38.069	76.433	25.823	172.428	197.980	61.344	28.206	746.664
1955	26.019	26.952	22.738	18.090	14.423	13.085	73.282	50.798	261.492	143.658	98.032	79.822	828.391
1956	47.885	34.196	38.900	28.615	30.604	50.924	51.137	48.400	200.653	67.455	69.078	46.277	714.124
1957	32.772	27.731	33.893	40.139	28.040	31.965	31.373	48.849	71.189	72.747	46.563	34.424	499.685
1958	39.674	23.104	24.932	19.852	25.317	35.048	75.595	35.110	71.364	91.349	117.067	85.792	644.204
1959	47.437	37.566	55.406	46.410	34.733	75.757	53.356	49.178	47.520	101.068	95.415	47.192	691.038
1960	35.806	34.157	36.134	44.272	33.836	32.832	65.812	50.136	104.976	51.191	67.612	46.575	603.339
1961	43.379	38.318	31.608	21.333	23.395	40.197	57.312	89.282	84.055	127.053	127.264	60.666	743.862
1962	49.971	33.127	28.366	50.006	28.996	28.103	40.858	30.742	70.346	76.611	51.790	60.411	549.327
1963	39.483	30.098	25.632	24.067	21.618	20.093	51.862	48.873	88.602	70.993	61.636	55.659	538.616
1964	38.534	31.478	27.960	34.061	34.787	76.710	54.065	29.688	44.564	85.715	87.285	83.935	628.782
1965	82.602	34.161	30.976	43.517	30.458	37.209	47.200	93.128	62.424	87.369	64.399	40.700	654.143
1966	34.501	39.165	38.328	35.815	40.324	56.157	62.968	41.488	117.763	126.402	59.124	34.039	686.074
1967	41.565	46.075	31.093	21.494	21.989	31.985	27.422	31.670	167.921	96.061	55.966	33.237	606.478
1968	32.527	23.495	18.668	19.622	16.916	17.434	64.159	47.452	77.815	90.529	54.547	83.455	546.619
1969	50.623	38.243	33.984	32.838	37.756	22.790	58.895	132.575	226.864	98.147	66.784	44.305	843.804
1970	32.109	45.489	32.937	23.271	21.925	37.083	55.267	73.267	75.759	79.258	53.411	26.631	556.767
1971	30.973	36.150	34.604	31.044	21.104	23.648	38.954	45.064	47.187	101.510	99.595	41.581	551.414
1972	30.897	29.547	32.687	28.213	34.108	99.384	78.389	73.633	70.485	65.259	91.699	52.351	686.652
1973	36.162	48.064	41.926	26.755	43.914	42.417	59.940	80.183	66.215	85.732	35.981	51.451	618.740
1974	31.331	30.544	21.597	26.398	21.282	108.052	60.195	35.340	142.944	103.791	73.831	50.391	705.696
1975	34.464	47.085	23.509	21.532	20.318	39.992	36.582	33.476	141.119	135.668	48.814	57.077	639.636
1976	94.624	39.238	32.421	23.246	34.567	100.881	98.401	63.586	83.426	153.836	74.308	46.402	844.936
1977	37.762	40.230	27.544	21.885	18.422	31.015	36.319	36.817	41.745	76.400	77.110	53.196	498.445
1978	35.673	32.089	38.616	26.510	19.249	53.501	39.608	62.617	130.184	113.254	64.849	40.159	656.309
1979	34.934	35.468	26.659	26.992	40.255	72.918	48.289	80.568	173.921	50.014	72.283	50.873	713.174
1980	37.698	34.707	35.400	35.941	23.626	30.092	27.874	40.960	136.935	103.068	57.500	42.719	606.520
1981	43.825	49.820	33.017	23.144	24.983	126.795	106.157	132.651	189.274	111.437	57.863	61.706	960.672
1982	37.482	41.048	36.583	42.154	44.439	24.003	29.287	31.582	100.791	111.068	62.807	34.516	595.761
1983	33.848	24.927	21.056	18.782	16.272	22.965	69.894	57.568	91.131	76.942	89.048	71.391	593.824
1984	51.703	35.985	26.778	22.372	53.778	78.068	90.948	75.564	256.103	87.404	45.305	34.784	858.792
1985	28.445	31.145	35.069	31.456	22.214	33.964	62.278	65.773	78.079	112.977	42.230	54.043	597.673
1986	41.954	28.698	21.065	24.512	29.146	44.869	54.314	34.289	36.345	103.035	113.467	43.274	574.968
1987	27.087	25.164	28.158	23.520	28.627	41.296	58.545	54.972	81.341	47.313	36.959	28.090	481.072
1988	25.250	21.247	27.719	57.337	20.579	79.501	41.108	41.582	115.946	65.035	39.342	41.296	575.941
1989	30.500	32.419	24.006	23.927	20.798	18.864	40.437	49.460	165.637	65.078	77.597	57.889	606.610
1990	34.789	30.539	32.127	46.322	36.249	32.941	53.757	80.710	109.905	115.814	65.700	45.936	684.789
1991	50.410	34.759	23.833	23.811	19.340	41.497	66.045	30.583	64.443	135.734	127.031	60.605	678.091
1992	40.465	40.728	33.412	38.919	57.132	54.810	58.115	109.126	173.847	173.719	128.841	39.941	949.053
1993	34.979	36.401	24.532	30.489	40.156	70.741	52.225	55.526	141.735	116.911	52.310	32.074	688.078
1994	32.523	49.815	27.663	35.581	22.274	28.644	23.718	60.062	73.038	76.061	37.120	45.872	512.371
1995	37.078	41.988	30.491	24.205	18.693	21.534	59.983	87.836	111.070	162.032	115.161	70.569	780.639
1996	58.104	49.410	35.654	51.371	28.025	28.361	26.804	57.522	58.462	56.251	95.955	50.075	595.994
1997	35.879	42.073	66.353	51.340	40.179	31.851	62.058	37.820	75.790	97.841	50.971	41.751	633.906
1998	34.081	36.390	44.712	38.335	30.742	37.817	65.985	47.294	133.595	185.916	125.039	52.293	832.198
1999	32.283	30.707	23.072	25.329	21.305	43.783	69.912	43.366	137.474	199.516	58.150	42.128	727.026
2000	30.568	25.858	27.432	33.605	27.613	62.452	36.172	74.098	78.777	53.918	39.921	58.747	549.161
2001	34.078	32.740	33.700	28.344	33.211	36.098	33.579	46.810	102.395	148.883	64.506	39.785	634.130
2002	27.615	31.704	33.968	29.257	35.683	54.308	41.822	36.279	68.815	74.542	85.990	41.209	561.193
2003	45.645	36.208	26.177	41.780	14.681	35.391	45.286	46.888	135.173	147.297	55.868	36.058	666.450
2004	29.414	21.660	24.838	43.057	69.312	30.991	33.815	36.916	67.179	82.773	23.036	29.220	492.210
2005	18.392	21.047	17.163	13.305	20.149	54.420	41.437	96.563	89.010	216.618	65.029	42.741	695.875
Media	38.602	34.793	30.925	30.984	29.069	45.398	53.336	56.549	109.518	106.547	71.310	48.452	655.483
Máx	94.624	49.820	66.353	57.337	69.312	126.795	106.157	132.651	261.492	216.618	128.841	85.792	960.672
Mín	18.392	21.047	17.163	13.305	14.423	13.085	23.718	25.823	36.345	47.313	23.036	26.631	481.072
Gasto medio anual de todo el período (m³/s)													
54.624													

Ref. II.1



TABLA II.11 Est. hidrom. TECUANTEPEC (cuenca: Río Tecolutla, corriente: Río Zempoala)

Gastos medios mensuales (m³/s); área drenada = 1,067.00 km²

AÑO	M E S E S												Anual
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
1961	14.189	11.987	9.797	12.318	12.613	39.529	58.730	40.420	67.100	62.720	56.130	19.910	405.443
1962	11.250	4.190	6.410	18.170	6.950	15.450	34.640	12.050	65.180	33.270	16.280	13.460	237.300
1963	9.350	6.090	4.440	2.900	5.280	13.100	96.510	47.640	47.680	29.530	25.680	15.800	304.000
1964	11.390	8.930	7.600	13.220	11.320	47.720	40.100	23.030	32.710	55.170	50.710	39.450	341.350
1965	25.230	11.090	9.430	20.150	13.300	38.700	55.300	96.390	30.140	66.090	28.370	9.610	403.800
1966	11.210	13.560	17.990	12.950	14.590	60.220	54.190	32.620	94.690	79.510	21.980	9.620	423.130
1967	14.300	11.000	8.230	4.920	11.200	33.500	21.680	35.980	115.000	48.120	31.120	13.970	349.020
1968	14.240	9.300	9.760	15.000	14.280	22.310	53.120	55.430	68.670	52.400	19.800	36.390	370.700
1969	21.600	14.290	11.290	17.340	10.540	6.630	66.050	124.200	165.500	53.850	25.580	16.420	533.290
1970	8.781	17.480	10.240	5.410	10.300	43.000	45.400	68.000	80.800	53.400	14.000	7.830	364.641
1971	8.300	8.870	10.000	35.500	7.250	22.100	47.900	55.400	43.000	110.000	71.040	21.600	440.960
1972	21.300	13.700	20.600	9.740	15.000	84.200	78.900	92.000	49.400	42.600	33.700	20.600	481.740
1973	8.890	14.000	6.810	4.320	32.400	53.100	66.700	98.200	55.500	63.600	17.400	24.500	445.420
1974	9.440	8.880	5.950	7.780	3.880	131.000	72.100	40.000	160.000	67.400	39.500	22.600	568.530
1975	13.000	14.200	4.860	4.430	3.680	14.400	26.800	56.800	142.000	104.000	22.200	26.600	432.970
1976	33.800	12.800	17.200	7.370	18.400	64.400	80.480	83.620	82.320	107.000	35.500	19.100	561.990
1977	13.800	14.200	6.890	3.900	4.810	25.900	43.700	19.300	21.300	61.400	29.600	17.100	261.900
1978	5.940	7.240	11.400	5.870	4.240	42.900	43.600	60.200	86.300	96.600	38.500	14.800	417.590
1979	11.200	14.100	8.440	9.480	19.950	37.300	23.200	108.200	140.200	23.700	39.900	20.400	456.070
1980	12.400	9.730	9.480	14.600	5.780	10.100	11.700	24.800	109.000	60.000	21.300	17.300	306.190
1981	19.000	14.800	9.750	16.700	17.000	88.200	83.100	150.000	98.200	61.600	31.800	30.500	620.650
1982	13.920	14.760	12.830	19.760	23.670	12.550	34.630	18.290	56.450	63.920	23.630	13.280	307.690
1983	13.310	7.770	6.490	5.100	2.710	8.530	99.280	55.550	60.790	42.480	37.350	25.380	364.740
1984	19.840	11.690	5.620	3.660	27.460	54.070	98.790	64.170	175.660	39.260	14.990	9.090	524.300
1985	8.770	12.000	21.220	9.140	9.480	102.460	56.004	57.755	88.198	63.333	31.929	18.871	479.159
1986	12.430	6.850	4.220	8.190	14.040	63.150	45.600	16.380	28.760	80.940	70.240	15.950	366.750
1987	7.560	6.010	8.850	5.470	7.680	33.670	108.790	62.550	68.000	30.680	15.630	10.870	365.760
1988	9.680	7.130	8.170	34.000	8.130	56.790	53.670	47.960	88.760	27.120	17.940	14.390	373.740
1989	9.780	22.210	4.550	4.380	5.090	4.860	24.350	35.470	144.190	40.620	32.930	22.030	350.460
1990	16.700	9.570	12.900	23.700	18.400	23.800	68.000	56.500	121.310	78.100	35.800	24.500	489.280
1991	27.700	12.500	9.090	6.180	5.220	31.500	72.000	22.300	71.000	96.900	51.400	22.300	428.090
1992	21.600	19.600	14.800	20.400	33.000	38.300	52.300	105.810	132.390	125.660	40.900	12.100	616.860
1993	11.800	12.000	8.940	23.730	11.800	71.200	74.100	56.500	126.260	86.900	26.400	11.900	521.530
1994	10.670	21.960	8.740	13.940	17.510	11.820	11.280	42.120	46.150	45.340	18.200	21.550	269.280
1995	13.140	16.200	10.680	6.040	5.840	9.080	68.220	90.530	65.510	68.770	51.350	22.670	428.030
1996	12.800	14.800	12.100	29.300	12.200	20.000	28.600	77.600	47.600	44.900	38.300	17.000	355.200
1997	8.480	22.900	28.680	25.140	13.240	13.530	43.880	15.540	59.550	57.510	47.800	16.410	352.660
1998	9.130	5.990	5.810	3.980	2.650	3.080	32.500	32.300	105.510	143.000	83.000	19.600	446.550
1999	10.360	10.730	6.520	8.260	8.340	18.750	59.320	50.210	122.560	343.510	33.800	12.090	684.450
2000	12.100	10.560	10.080	27.510	14.320	66.200	26.700	91.750	49.530	39.580	4.710	19.320	372.360
2001	8.990	10.990	7.950	12.540	9.430	14.460	32.070	26.950	83.500	69.750	13.400	4.920	294.950
2002	6.550	8.180	7.700	3.400	3.230	19.690	34.500	8.770	38.030	43.880	35.890	9.050	218.870
2003	15.680	11.250	4.270	7.420	4.630	12.730	25.420	47.000	106.560	103.750	33.220	23.340	395.270
Media	13.479	12.002	9.925	12.635	11.647	36.837	52.416	55.960	84.673	71.346	33.230	18.237	412.388
Máx	33.800	22.900	28.680	35.500	33.000	131.000	108.790	150.000	175.660	343.510	83.000	39.450	684.450
Mín	5.940	4.190	4.220	2.900	2.650	3.080	11.280	8.770	21.300	23.700	4.710	4.920	218.870
Gasto medio anual de todo el período (m³/s)													34.366

Ref. II.1



TABLA II.12 Est. hidrométrica SANTA ANA (cuenca: Río Tecolutla, corriente: Río Ajajalpan)

Gastos medios mensuales (m^3/s); área drenada = 1,670.00 km^2

AÑO	M E S E S												Anual
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
1961	14.295	11.551	10.613	11.155	12.608	55.791	81.971	71.800	82.700	53.500	40.800	17.100	463.884
1962	10.560	6.180	6.030	14.560	10.570	18.160	67.920	22.810	88.760	55.090	19.700	15.540	335.880
1963	12.080	6.800	5.560	4.330	7.700	23.030	0.000	80.020	62.390	27.230	24.830	14.120	268.090
1964	10.700	9.540	6.980	10.980	18.330	79.470	61.890	26.180	44.300	59.340	49.000	37.310	414.020
1965	27.930	10.380	8.610	15.840	12.450	54.480	86.810	178.800	55.300	66.930	25.760	8.920	552.210
1966	10.530	12.970	16.480	16.850	16.390	93.550	81.360	54.070	94.540	67.130	23.110	9.790	496.770
1967	12.650	11.290	10.680	7.450	15.020	55.791	81.971	101.810	158.777	61.291	35.796	13.259	565.785
1968	16.000	9.420	10.900	16.500	14.100	39.400	72.200	105.000	108.000	68.800	22.000	31.800	514.120
1969	20.100	13.900	14.500	13.500	9.700	9.290	114.000	162.000	228.000	45.500	21.800	16.600	668.890
1970	9.760	17.800	11.200	6.300	8.030	58.900	83.830	110.000	136.000	62.400	18.200	11.700	534.120
1971	13.600	14.400	15.200	22.900	9.800	33.000	90.400	128.000	102.000	154.000	72.200	23.200	678.700
1972	22.100	14.100	14.200	8.680	14.100	109.000	105.000	97.800	84.000	63.400	33.200	19.700	585.280
1973	10.200	10.060	9.200	5.360	20.570	65.100	127.100	151.300	90.500	75.800	16.300	18.610	600.100
1974	11.100	10.800	9.400	11.200	7.000	89.900	107.100	55.100	111.000	49.150	26.600	19.500	507.850
1975	12.400	11.100	5.830	4.620	5.540	24.700	54.700	107.000	184.500	85.500	20.900	20.600	537.390
1976	28.200	16.000	19.700	13.500	24.900	98.800	126.000	119.000	197.000	130.000	46.800	25.700	845.600
1977	16.200	15.900	8.110	5.940	5.630	36.700	75.150	30.600	26.800	85.800	33.000	17.100	356.930
1978	7.840	7.210	11.400	6.570	7.410	76.900	67.300	79.500	84.000	110.000	29.400	13.400	500.930
1979	11.300	15.400	9.400	9.760	17.500	50.400	40.300	127.000	150.000	15.800	30.500	17.600	494.960
1980	10.300	7.900	8.360	12.800	6.720	26.900	26.000	61.000	122.000	48.600	22.700	18.800	372.080
1981	19.800	15.400	9.980	27.900	12.900	126.000	99.900	191.000	98.900	66.400	25.900	32.500	726.580
1982	10.873	11.403	12.238	11.206	25.030	15.757	38.763	33.755	59.816	72.403	28.301	14.133	333.679
1983	12.765	5.998	3.779	2.671	2.155	14.081	148.928	77.893	78.524	47.278	40.060	24.721	458.853
1984	20.239	14.126	6.918	5.008	2.841	6.531	16.166	11.097	207.071	51.759	16.750	9.929	368.433
1985	7.821	12.958	27.075	11.890	10.177	60.012	85.986	96.416	66.432	76.460	15.695	16.580	487.503
1986	12.176	6.021	3.604	12.492	18.791	113.537	75.849	31.001	65.753	110.255	75.796	25.279	550.554
Media	14.289	11.485	10.613	11.152	12.152	55.199	77.561	88.844	107.195	69.608	31.350	18.980	508.430
Máx	28.200	17.800	27.075	27.900	25.030	126.000	148.928	191.000	228.000	154.000	75.796	37.310	845.600
Mín	7.821	5.998	3.604	2.671	2.155	6.531	0.000	11.097	26.800	15.800	15.695	8.920	268.090
Gasto medio anual de todo el período (m^3/s)													42.369

Ref. II.1



TABLA II.13 Est. hidrométrica REMOLINO (cuena: Río Tecolutla, corriente: Río Tecolutla)

Gastos medios mensuales (m³/s); área drenada = 7,172.30 km²

AÑO	M E S E S												Anual
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
1961	87.552	76.360	63.911	71.088	79.088	192.000	376.000	306.000	290.000	270.000	252.000	112.000	2,176.000
1962	85.310	55.520	52.090	96.200	59.340	122.000	215.000	99.510	288.000	196.000	93.600	80.030	1,442.600
1963	68.000	49.060	37.420	31.780	39.520	82.140	462.200	368.200	236.500	122.800	114.000	67.200	1,678.820
1964	58.000	54.360	47.030	60.960	78.170	268.500	248.000	109.300	165.000	241.300	241.500	261.900	1,834.020
1965	148.100	78.730	62.480	93.090	75.900	186.800	340.600	639.200	249.300	301.400	137.000	69.780	2,382.380
1966	68.660	72.800	79.330	77.060	82.960	367.200	329.400	225.500	484.400	343.000	131.800	70.750	2,332.860
1967	80.650	78.740	65.750	51.500	65.740	149.000	148.000	239.000	573.000	282.000	163.900	85.900	1,983.180
1968	88.200	59.400	61.300	74.200	90.300	159.700	268.400	318.000	392.800	272.800	135.500	183.000	2,103.600
1969	123.000	80.500	69.500	79.800	61.600	44.900	373.000	530.000	819.000	256.000	145.000	96.900	2,679.200
1970	64.800	84.700	65.300	49.500	62.900	235.000	300.000	330.000	425.000	283.000	96.100	62.300	2,058.600
1971	60.700	59.300	53.600	85.000	46.400	109.000	281.000	383.000	298.000	579.000	327.000	131.000	2,413.000
1972	113.000	96.000	95.400	79.540	80.100	394.000	405.000	446.000	322.000	254.000	172.000	118.000	2,575.040
1973	70.900	65.400	58.800	40.500	95.300	236.000	415.000	578.000	334.000	295.000	104.000	109.000	2,401.900
1974	76.700	66.200	53.000	61.300	44.700	312.000	395.000	200.000	575.000	320.000	180.000	126.000	2,409.900
1975	92.400	89.500	54.700	48.100	45.600	101.000	194.000	328.000	645.000	416.000	120.000	114.000	2,248.300
1976	153.000	100.000	86.600	74.000	146.000	298.000	515.000	429.000	603.000	594.000	198.000	122.000	3,318.600
1977	104.000	93.200	66.100	43.800	59.400	153.000	240.000	144.000	118.000	314.000	203.000	113.000	1,651.500
1978	60.200	58.100	68.100	59.700	49.100	276.000	227.000	331.000	396.000	493.000	200.400	94.970	2,313.570
1979	78.600	81.080	61.700	72.900	100.100	177.000	142.000	438.300	683.000	116.600	174.000	102.100	2,227.380
1980	82.400	70.800	66.200	79.300	60.500	89.400	88.300	193.000	495.000	302.000	147.000	114.000	1,787.900
1981	119.000	98.100	70.900	79.200	114.000	524.000	436.000	722.000	484.000	364.000	150.000	171.800	3,333.000
1982	88.933	79.800	90.519	143.677	161.483	89.300	175.690	128.274	215.146	282.712	138.710	83.400	1,677.644
1983	74.600	52.800	45.139	36.100	37.000	62.800	502.258	339.548	348.200	218.806	176.270	122.658	2,016.179
1984	106.819	72.400	48.039	31.356	140.003	290.600	599.161	403.064	906.833	250.064	109.570	75.748	3,033.657
1985	61.822	71.689	125.900	82.713	72.416	231.120	358.419	363.677	296.967	411.742	98.450	108.041	2,282.956
1986	71.303	46.300	39.600	55.486	76.748	392.263	285.645	133.810	202.330	453.129	425.000	103.954	2,285.568
1987	62.600	48.800	52.400	37.200	43.500	174.227	491.710	335.161	358.467	147.719	77.500	58.400	1,887.684
1988	63.403	59.989	55.226	156.967	58.467	274.383	281.968	306.806	482.600	158.790	114.117	88.193	2,100.909
1989	62.400	122.000	44.900	40.200	41.200	40.300	162.000	256.000	710.000	204.000	176.000	139.000	1,998.000
1990	102.774	81.714	70.871	109.733	101.645	126.530	409.452	393.064	591.533	417.161	174.416	127.532	2,706.425
1991	160.045	93.200	64.200	58.200	47.100	177.870	442.000	167.510	431.610	446.258	311.000	150.622	2,549.615
1992	118.629	119.000	90.800	117.807	207.751	194.917	302.326	484.419	677.000	607.774	253.566	91.300	3,265.289
1993	78.300	81.200	56.300	96.000	84.300	342.650	401.225	318.774	499.100	354.290	153.387	71.700	2,537.226
1994	39.900	72.300	50.100	60.900	78.900	67.700	66.800	254.281	320.300	190.474	97.300	89.700	1,388.655
1995	74.600	81.500	69.700	33.700	29.300	57.200	309.645	418.806	337.170	298.555	243.000	109.723	2,062.899
1996	73.700	68.400	61.600	105.170	54.480	97.470	155.520	371.800	235.800	187.780	165.680	91.740	1,669.140
1997	58.490	92.640	143.930	131.980	103.000	99.920	285.520	128.150	315.300	315.210	124.570	58.060	1,856.770
1998	88.000	47.700	39.400	27.200	24.200	19.200	163.340	175.600	523.230	834.090	458.660	128.890	2,529.510
1999	83.640	64.150	56.870	52.990	41.720	110.700	250.210	257.030	523.600	834.090	458.660	128.890	2,862.550
Media	85.978	74.960	65.249	71.433	75.383	187.841	308.764	322.892	432.082	339.193	185.683	108.543	2,258.001
Máx	160.045	122.000	143.930	156.967	207.751	524.000	599.161	722.000	906.833	834.090	458.660	261.900	3,333.000
Mín	39.900	46.300	37.420	27.200	24.200	19.200	66.800	99.510	118.000	116.600	77.500	58.060	1,388.655
Gasto medio anual de todo el período (m³/s)													188.167

Ref. II.1

TABLA II.14 Localización y áreas de las subcuencas de los miniproyectos hidroeléctricos.

No.	Nombre del miniproyecto	Corriente de quinto orden	Corriente de cuarto orden	Corriente de tercer orden	Corriente secundaria	Corriente principal	Área de la subcuenca del miniproyecto (A_{mp}) (km ²)
1	Tronconal	-	-	-	Sedeño	Actopan	65.82
2	Loma de Rogel	-	-	-	"	"	149.07
3	La Moraleja	-	-	Esquilón	Naolinco	Actopan	39.69
4	Los Frailes	-	-	Pies, Río Colorado	"	"	429.31
5	San Lorenzo	-	Acatlán	Copal	"	"	21.30
6	La Bodega	-	-	Río Seco	Chapopote	Actopan	34.85
7	Cerro Gordo	-	-	Los Chiveros	"	"	60.50
8	Santa Cruz	-	-	-	"	"	65.82
9	La Bolsa	-	-	El Capitán	Chalcoya	Actopan	53.83
10	Mata de Caña	-	-	-	"	"	83.94
11	Las Trancas	-	Las Trancas	Arroyo de Los Cedros	Topiltepec	Actopan	18.25
12	Los Cedros	-	-	"	"	"	60.22
13	Llano de Luna	-	-	-	"	"	76.64
14	Ocotillo	-	-	Chiquito	"	"	106.75
15	Corral Falso	-	-	-	Paso de la Milpa	Actopan	98.12
16	La Zapateria	-	-	-	"	"	115.37
17	Huatamimilo	-	-	Tatahuicapa	Alceseca	Bobos-Nautla	207.73
18	Chiconta	-	-	Matequila	"	"	179.03
19	Nicolás Bravo	-	Tezayacapa	Cozalateno	"	"	42.02
20	Huaxtla	-	-	"	"	"	167.49
21	Kilate Sur	-	-	-	Kilate	Bobos-Nautla	16.90
22	San Bartolo	-	-	-	"	"	58.19
23	Buenos Aires	-	-	Agua Caliente	"	"	79.79
24	Conta *	-	-	-	Ma. de la Torre	Bobos-Nautla	110.84
25	Congr. Hidalgo *	-	-	-	"	"	126.82
26	Teteyahualco *	-	-	-	"	"	128.96
27	San Lucas *	-	-	-	"	"	130.55
28	Tilapa *	-	-	-	"	"	166.26
29	Hueytentan	-	-	Zempoala	Apulco	Tecolutla	286.02
30	Yehuala	Atenco, Tenango	Xaltatempa	"	"	"	156.65
31	Tempextla	-	Cuamecatla	"	"	"	97.48
32	Tenepaniglia	-	Ayoco	"	"	"	45.98
33	Chagchaloyan	-	Cuxateno	"	"	"	63.15
34	Quetzalapa	-	Quetzalapa	Ajaljalpan	Necaxa	Tecolutla	58.25
35	Filomeno Mata	-	Acala (Tlapacoyan)	"	"	"	76.51
36	Cacochón	Tlamaya	"	"	"	"	52.43
37	Tapayula	San Pedro, Nepopualco	Tapayula	"	"	"	131.27
38	Dos Ríos Viejo	-	-	Cedro Viejo	Joloapan	Tecolutla	145.87

* Proyectos que se encuentran sobre una corriente cuya confluencia con el río se encuentra aguas abajo de la estación hidrométrica correspondiente.

Refs. II.1, II.3 y II.4

TABLA II.15 Relación de áreas y gastos de diseño de los miniproyectos hidroeléctricos.

No.	Nombre del miniproyecto	Área de la subcuenca del miniproyecto (A_{mp}) (km ²)	Estación hidrométrica	Área de la E. h. (A_1) (km ²)	Gasto medio anual de la Est. hidr. (Q_1) (m ³ /s)	Área de la subcuenca del afluente (A_2) (km ²)	Suma de áreas de la E.h.+ afluente (A_3) (km ²)	Factor de maximización (f_1)	Gasto maximizado (Q_3) (m ³ /s)	Factor de transporte (f_2)	Gasto transportado (Q_2) (m ³ /s)	Relación de áreas (miniproj/E.h. ó afluente)	Gasto de diseño del miniproyecto (Q_{mp}) (m ³ /s)
1	Tronconal	65.82	Actopan II	844.00	17.253	-	-	-	-	-	-	0.08	1.38
2	Loma de Rogel	149.07	"	844.00	17.253	-	-	-	-	-	-	0.18	3.11
3	La Moraleja	39.69	Actopan II	844.00	17.253	-	-	-	-	-	-	0.05	0.86
4	Los Frailes	429.31	"	844.00	17.253	-	-	-	-	-	-	0.51	8.80
5	San Lorenzo	21.30	"	844.00	17.253	-	-	-	-	-	-	0.03	0.52
6	La Bodega	34.85	Actopan II	844.00	17.253	-	-	-	-	-	-	0.04	0.69
7	Cerro Gordo	60.50	"	844.00	17.253	-	-	-	-	-	-	0.07	1.21
8	Santa Cruz	65.82	"	844.00	17.253	-	-	-	-	-	-	0.08	1.38
9	La Bolsa	53.83	El Naranjillo, Km 0+200 y Km 0+300	1,933.00	20.724	-	-	-	-	-	-	0.03	0.62
10	Mata de Caña	83.94	"	1,933.00	20.724	-	-	-	-	-	-	0.04	0.83
11	Las Trancas	18.25	El Naranjillo, Km 0+200 y Km 0+300	1,933.00	20.724	-	-	-	-	-	-	0.01	0.21
12	Los Cedros	60.22	"	1,933.00	20.724	-	-	-	-	-	-	0.03	0.62
13	Llano de Luna	76.64	"	1,933.00	20.724	-	-	-	-	-	-	0.04	0.83
14	Ocotillo	106.75	"	1,933.00	20.724	-	-	-	-	-	-	0.06	1.24
15	Corral Falso	98.12	Ídolos	455.00	4.522	-	-	-	-	-	-	0.22	0.99
16	La Zapatería	115.37	"	455.00	4.522	-	-	-	-	-	-	0.25	1.13
17	Huatamimilo	207.73	Puente Enriquez	437.60	14.513	-	-	-	-	-	-	0.47	6.82
18	Chicontla	179.03	"	437.60	14.513	-	-	-	-	-	-	0.41	5.95
19	Nicolás Bravo	42.02	"	437.60	14.513	-	-	-	-	-	-	0.10	1.45
20	Huaxtla	167.49	"	437.60	14.513	-	-	-	-	-	-	0.38	5.51
21	Kilate Sur	16.90	Libertad	172.50	10.187	-	-	-	-	-	-	0.10	1.02
22	San Bartolo	58.19	"	172.50	10.187	-	-	-	-	-	-	0.34	3.46
23	Buenos Aires	79.79	"	172.50	10.187	-	-	-	-	-	-	0.46	4.69
24	Conta *	110.84	Martinez de la Torre	1,466.70	54.624	320.79	1,787.490	1.219	66.587	0.179	11.919	0.35	4.18
25	Congr. Hidalgo *	126.82	"	1,466.70	54.624	320.79	1,787.490	1.219	66.587	0.179	11.919	0.40	4.78
26	Teteyahualco *	128.96	"	1,466.70	54.624	320.79	1,787.490	1.219	66.587	0.179	11.919	0.40	4.78
27	San Lucas *	130.55	"	1,466.70	54.624	320.79	1,787.490	1.219	66.587	0.179	11.919	0.41	4.90
28	Tilapa *	166.26	"	1,466.70	54.624	320.79	1,787.490	1.219	66.587	0.179	11.919	0.52	6.21
29	Hueytenantan	286.02	Tecuanatepec	1,067.00	34.366	-	-	-	-	-	-	0.27	9.28
30	Yehuala	156.65	"	1,067.00	34.366	-	-	-	-	-	-	0.15	5.15
31	Tempextla	97.48	"	1,067.00	34.366	-	-	-	-	-	-	0.09	3.09
32	Tenepaniglia	45.98	"	1,067.00	34.366	-	-	-	-	-	-	0.04	1.37
33	Chagchaloyan	63.15	"	1,067.00	34.366	-	-	-	-	-	-	0.06	2.06
34	Quetzalapa	58.25	Santa Ana	1,670.00	42.369	-	-	-	-	-	-	0.03	1.27
35	Filomeno Mata	76.51	"	1,670.00	42.369	-	-	-	-	-	-	0.05	2.12
36	Cacochón	52.43	"	1,670.00	42.369	-	-	-	-	-	-	0.03	1.27
37	Tapayula	131.27	"	1,670.00	42.369	-	-	-	-	-	-	0.08	3.39
38	Dos Rios Viejo	145.87	Remolino	7,172.30	188.167	-	-	-	-	-	-	0.02	3.76

* Proyectos que se encuentran sobre una corriente cuya confluencia con el río se encuentra aguas abajo de la estación hidrométrica correspondiente.

Refs. II.1, II.3 y II.4

TABLA III.1 Dimensionamiento de canales de conducción

No.	Proyecto	Gasto de diseño del miniproyecto (m ³ /s)	Ancho de plantilla b (m)	Pendientes	Tirante normal y (m)	Área A (m ²)	Velocidad v (m/s)	Revestimiento sobre el agua hr (m)	Altura total del revestim. (m)	Bordo Libre BL (m)	Altura total del canal (m)	Tirante crítico yc (m)	Tipo de régimen
1	Tronconal	1.38	1.30	0.000600	0.62	1.37	1.01	0.18	0.80	0.52	1.14	0.41	Subcrítico
2	Loma de Rogel	3.11	1.60	0.000350	0.99	3.07	1.01	0.19	1.18	0.63	1.62	0.60	Subcrítico
3	La Moraleja	0.86	1.10	0.000850	0.47	0.85	1.01	0.15	0.62	0.46	0.93	0.34	Subcrítico
4	Los Frailes*	4.40	1.80	0.000180	1.34	5.08	0.87	0.19	1.53	0.65	1.99	0.69	Subcrítico
		8.80	2.00	0.000180	1.81	8.53	1.03	0.30	2.11	0.80	2.61	0.98	Subcrítico
5	San Lorenzo	0.52	0.80	0.001000	0.39	0.54	0.96	0.15	0.54	0.45	0.84	0.30	Subcrítico
6	La Bodega*	0.34	0.65	0.000900	0.35	0.41	0.83	0.15	0.50	0.45	0.80	0.26	Subcrítico
		0.69	1.00	0.000900	0.43	0.71	0.97	0.15	0.58	0.48	0.91	0.32	Subcrítico
7	Cerro Gordo	1.21	1.25	0.000600	0.59	1.24	0.98	0.18	0.77	0.50	1.09	0.39	Subcrítico
8	Santa Cruz	1.38	1.30	0.000600	0.62	1.38	1.00	0.18	0.80	0.50	1.12	0.41	Subcrítico
9	La Bolsa	0.62	0.90	0.000900	0.42	0.65	0.95	0.15	0.57	0.48	0.90	0.32	Subcrítico
10	Mata de Caña	0.83	1.10	0.000750	0.48	0.86	0.97	0.15	0.63	0.50	0.98	0.33	Subcrítico
11	Las Trancas	0.21	0.60	0.002500	0.22	0.20	1.05	0.15	0.37	0.45	0.67	0.20	Subcrítico
12	Los Cedros	0.62	0.90	0.000900	0.42	0.65	0.95	0.15	0.57	0.48	0.90	0.31	Subcrítico
13	Llano de Luna	0.83	1.10	0.000750	0.48	0.87	0.95	0.15	0.63	0.50	0.98	0.33	Subcrítico
14	Ocotillo	1.24	1.25	0.000600	0.59	1.27	0.98	0.18	0.77	0.50	1.09	0.40	Subcrítico
15	Corral Falso	0.99	1.15	0.000750	0.52	0.99	1.00	0.17	0.69	0.50	1.02	0.36	Subcrítico
16	La Zapatería	1.13	1.20	0.000600	0.57	1.18	0.96	0.18	0.75	0.50	1.07	0.38	Subcrítico
17	Huatamimilo*	2.27	1.50	0.000180	1.02	3.10	0.73	0.19	1.21	0.55	1.57	0.52	Subcrítico
		2.28	1.50	0.000180	1.02	3.11	0.73	0.19	1.21	0.55	1.57	0.52	Subcrítico
18	Chiconta	5.95	1.90	0.000200	1.48	6.12	0.97	0.22	1.70	0.70	2.18	0.80	Subcrítico
19	Nicolás Bravo	1.45	1.40	0.000600	0.62	1.43	1.01	0.19	0.81	0.55	1.17	0.41	Subcrítico
20	Huaxtla	5.51	1.90	0.000200	1.43	5.78	0.95	0.20	1.63	0.70	2.13	0.77	Subcrítico
21	Kilate Sur	1.02	1.15	0.000650	0.54	1.06	0.96	0.17	0.71	0.50	1.04	0.37	Subcrítico
22	San Bartolo*	1.73	1.50	0.000300	0.79	2.10	0.82	0.19	0.98	0.55	1.34	0.44	Subcrítico
		1.73	1.50	0.000300	0.79	2.10	0.82	0.19	0.98	0.55	1.34	0.44	Subcrítico
23	Buenos Aires	4.69	1.80	0.000250	1.27	4.72	0.99	0.19	1.46	0.70	1.97	0.72	Subcrítico
24	Conta	4.18	1.80	0.000250	1.20	4.34	0.96	0.19	1.39	0.69	1.89	0.67	Subcrítico
25	Congregación Hidalgo	4.78	1.80	0.000250	1.28	4.78	1.00	0.19	1.47	0.69	1.97	0.73	Subcrítico
26	Teteyahualco	4.78	1.80	0.000250	1.28	4.78	1.00	0.19	1.47	0.69	1.97	0.73	Subcrítico
27	San Lucas	4.90	1.80	0.000250	1.30	4.88	1.00	0.19	1.49	0.69	1.99	0.74	Subcrítico
28	Tilapa	6.21	1.90	0.000200	1.52	6.32	0.98	0.22	1.74	0.70	2.22	0.82	Subcrítico
29	Hueytenant*	4.64	1.80	0.000180	1.37	5.29	0.88	0.19	1.56	0.69	2.06	0.71	Subcrítico
		4.64	1.80	0.000180	1.37	5.29	0.88	0.19	1.56	0.69	2.06	0.71	Subcrítico
30	Yehuala	5.15	1.90	0.000250	1.31	5.06	1.02	0.20	1.51	0.70	2.01	0.74	Subcrítico
31	Tempextla	3.09	1.60	0.000350	0.99	3.05	1.01	0.19	1.18	0.63	1.62	0.60	Subcrítico
32	Tenepaniglia	1.37	1.30	0.000600	0.62	1.37	1.00	0.18	0.80	0.50	1.12	0.41	Subcrítico
33	Chagchaloyan	2.06	1.50	0.000600	0.72	1.85	1.11	0.19	0.91	0.55	1.27	0.49	Subcrítico
34	Quetzalapa	1.27	1.25	0.000600	0.60	1.29	0.98	0.18	0.78	0.50	1.10	0.40	Subcrítico
35	Filomeno Mata*	1.06	1.15	0.000600	0.56	1.12	0.95	0.17	0.73	0.50	1.06	0.37	Subcrítico
		1.06	1.15	0.000600	0.56	1.12	0.95	0.17	0.73	0.50	1.06	0.37	Subcrítico
36	Cacochón	1.27	1.25	0.000600	0.60	1.29	0.98	0.18	0.78	0.50	1.10	0.40	Subcrítico
37	Tapayula*	1.70	1.50	0.000350	0.75	1.96	0.87	0.19	0.94	0.55	1.30	0.44	Subcrítico
		1.69	1.50	0.000350	0.75	1.95	0.87	0.19	0.94	0.55	1.30	0.44	Subcrítico
38	Dos Ríos Viejo	3.76	1.75	0.000350	1.06	3.54	1.06	0.19	1.25	0.65	1.71	0.64	Subcrítico

Coefficiente de rugosidad $n = 0.013$

Talud $k = 1.5$

* **Miniproyectos en los que el gasto se dividió por el número de obras de captación.**

TABLA III.2 Dimensionamiento de túneles de conducción

No.	Proyecto	Gasto de diseño del miniproyecto (m ³ /s)	Diámetro D (m)	Pendiente s	Tirante normal y (m)	y/D	Velocidad v (m/s)	Tirante crítico yc (m)	Tipo de régimen
1	La Moraleja*	0.43	1.20	0.000800	0.53	0.44	0.92	0.36	Subcrítico
2	Ocotillo*	0.62	1.20	0.000600	0.71	0.59	0.90	0.42	Subcrítico
3	Huatamimilo*	2.27	2.00	0.000350	1.36	0.68	1.01	0.70	Subcrítico
4	Chagchaloyan*	1.03	1.40	0.000500	0.94	0.67	0.95	0.52	Subcrítico

Coefficiente de rugosidad $n = 0.013$

*** Miniproyectos en los que el gasto se dividió por el número de obras de captación.**

TABLA III.3 Dimensionamiento de tanques de carga

No.	Proyecto	Gasto de diseño Q (m³/s)	Tirante crítico a la llegada yc (m)	Carga hidrául. (desnivel) H (m)	Tubería comercial		Vel. económica v (m/s)	Prof. del tanque h (m)	Long. real de la tubería (m)	Vol. de agua en la tubería V (m³)	Vel. en la tubería vt (m/s)	Tiempo de vaciado tv (s)	Long. tanque amort. lt (m)	Long. cresta vertedor lv (m)	Tirante sobre la cresta y1 (m)	Vol. de cámara de carga Vc (m³)	Área de cámara de carga Ac (m²)	Cámara de carga		Prof. total tanque Ht (m)	Long. total tanque Lt (m)
					Denominación tubería (mm x mm)	D interior (mm)												hc ancho (m)	lc largo (m)		
1	Troncal	1.38	0.41	260.00	OC 762 x 15.88	730.24	5.71	2.19	477.07	199.80	3.30	145	2.57	5.00	0.27	119.88	54.72	10.00	5.47	2.39	13.04
2	Loma de Rogel	3.11	0.60	100.00	OC 1067 x 15.88	1,035.24	3.54	3.11	509.90	429.20	3.69	138	3.71	10.00	0.29	257.52	82.92	15.00	5.53	3.31	19.23
3	La Moraleja	0.86	0.34	380.00	OC 610 x 17.48	575.04	6.91	1.73	796.49	206.86	3.31	241	2.10	5.00	0.19	124.11	71.94	10.00	7.19	1.93	14.29
4	Los Frailes	8.80	0.98	120.00	OC 1524 x 25.40	1,473.20	3.88	4.42	465.73	793.87	5.16	90	5.72	20.00	0.36	476.32	107.77	15.00	7.18	4.62	32.90
5	San Lorenzo	0.52	0.30	100.00	OC 457 x 6.35	444.30	3.54	1.33	316.23	49.03	3.35	94	1.74	5.00	0.14	29.42	22.07	10.00	2.21	1.53	8.95
6	La Bodega	0.69	0.32	200.00	OC 508 x 12.70	482.60	5.01	1.45	632.46	115.69	3.77	168	1.85	5.00	0.17	69.41	47.94	10.00	4.79	1.65	11.65
7	Cerro Gordo	1.21	0.39	100.00	OC 610 x 9.53	590.94	3.54	1.77	223.61	61.33	4.41	51	2.27	5.00	0.24	36.80	20.76	10.00	2.08	1.97	9.35
8	Santa Cruz	1.38	0.41	100.00	OC 762 x 9.53	742.94	3.54	2.23	412.31	178.74	3.18	130	2.59	5.00	0.27	107.24	48.12	10.00	4.81	2.43	12.40
9	La Bolsa	0.62	0.32	100.00	OC 508 x 9.53	488.94	3.54	1.47	412.31	77.41	3.30	125	1.86	5.00	0.16	46.45	31.67	5.00	6.33	1.67	13.20
10	Mata de Caña	0.83	0.33	100.00	OC 610 x 9.53	590.94	3.54	1.77	412.31	113.08	3.03	136	2.07	5.00	0.19	67.85	38.27	10.00	3.83	1.97	10.90
11	Las Trancas	0.21	0.20	100.00	OC 324 x 6.35	311.20	3.54	0.93	412.31	31.36	2.76	149	1.19	5.00	0.08	18.82	20.16	5.00	4.03	1.13	10.22
12	Los Cedros	0.62	0.31	100.00	OC 610 x 9.53	590.94	3.54	1.77	559.02	153.32	2.26	247	2.00	5.00	0.16	91.99	51.89	10.00	5.19	1.97	12.19
13	Llano de Luna	0.83	0.33	100.00	OC 610 x 9.53	590.94	3.54	1.77	412.31	113.08	3.03	136	2.07	5.00	0.19	67.85	38.27	10.00	3.83	1.97	10.90
14	Ocotillo	1.24	0.40	100.00	OC 762 x 9.53	742.94	3.54	2.23	509.90	221.05	2.86	178	2.54	5.00	0.25	132.63	59.51	10.00	5.95	2.43	13.49
15	Corral Falso	0.99	0.36	100.00	OC 610 x 9.53	590.94	3.54	1.77	316.23	86.73	3.61	88	2.18	5.00	0.21	52.04	29.35	10.00	2.94	1.97	10.12
16	La Zapatería	1.13	0.38	100.00	OC 762 x 7.92	749.16	3.54	2.25	316.23	139.39	2.56	123	2.49	5.00	0.23	83.64	37.21	10.00	3.72	2.45	11.21
17	Huatamimilo	6.82	0.52	80.00	OC 1422 x 15.88	1,390.24	3.17	4.17	170.00	258.06	4.49	38	3.89	15.00	0.37	154.84	37.12	15.00	2.47	4.37	21.36
18	Chiconta	5.95	0.80	100.00	OC 1219 x 12.70	1,193.60	3.54	3.58	180.28	201.72	5.32	34	4.67	15.00	0.34	121.03	33.80	15.00	2.25	3.78	21.93
19	Nicolás Bravo	1.45	0.41	100.00	OC 762 x 9.53	742.94	3.54	2.23	316.23	137.09	3.34	95	2.59	5.00	0.28	82.25	36.90	10.00	3.69	2.43	11.28
20	Huaxtla	5.51	0.77	200.00	OC 1219 x 22.23	1,174.54	5.01	3.52	447.21	484.55	5.09	88	4.53	15.00	0.32	290.73	82.51	15.00	5.50	3.72	25.03
21	Kilate Sur	1.02	0.37	100.00	OC 610 x 9.53	590.94	3.54	1.77	412.31	113.08	3.72	111	2.20	5.00	0.22	67.85	38.27	10.00	3.83	1.97	11.03
22	San Bartolo	3.46	0.44	60.00	OC 914 x 9.53	894.94	2.74	2.68	161.55	101.62	5.50	29	2.92	10.00	0.31	60.97	22.71	15.00	1.51	2.88	14.43
23	Buenos Aires	4.69	0.72	70.00	OC 1067 x 12.70	1,041.60	2.96	3.12	165.53	141.05	5.50	30	4.14	10.00	0.38	84.63	27.08	15.00	1.81	3.32	15.94
24	Conta	4.18	0.67	160.00	OC 1067 x 19.05	1,028.90	4.48	3.09	430.81	358.20	5.03	86	3.96	10.00	0.35	214.92	69.63	15.00	4.64	3.29	18.60
25	Congr. Hidalgo	4.78	0.73	140.00	OC 1067 x 19.05	1,028.90	4.19	3.09	471.27	391.84	5.75	82	4.16	10.00	0.39	235.10	76.17	15.00	5.08	3.29	19.23
26	Teteyahualco	4.78	0.73	100.00	OC 1067 x 15.88	1,035.24	3.54	3.11	316.23	266.18	5.68	56	4.16	10.00	0.39	159.71	51.42	15.00	3.43	3.31	17.59
27	San Lucas	4.90	0.74	100.00	OC 1219 x 12.70	1,193.60	3.54	3.58	223.61	250.20	4.38	51	4.44	10.00	0.39	150.12	41.92	15.00	2.79	3.78	17.23
28	Tilapa	6.21	0.82	40.00	OC 1524 x 15.88	1,492.24	2.24	4.48	352.28	616.10	3.55	99	5.20	15.00	0.35	369.66	82.57	15.00	5.50	4.68	25.70
29	Hueytenant	9.28	0.71	200.00	OC 1524 x 25.40	1,473.20	5.01	4.42	282.84	482.12	5.44	52	4.75	15.00	0.46	289.27	65.45	15.00	4.36	4.62	24.11
30	Yehuala	5.15	0.74	200.00	OC 1219 x 22.23	1,174.54	5.01	3.52	360.56	390.66	4.75	76	4.42	15.00	0.31	234.40	66.52	15.00	4.43	3.72	23.86
31	Tempextla	3.09	0.60	120.00	OC 914 x 12.70	888.60	3.88	2.67	323.11	200.38	4.98	65	3.47	10.00	0.29	120.23	45.10	15.00	3.01	2.87	16.48
32	Tenepanigla	1.37	0.41	180.00	OC 610 x 12.70	584.60	4.75	1.75	308.06	82.69	5.10	60	2.35	5.00	0.27	49.61	28.29	10.00	2.83	1.95	10.17
33	Chagchaloyan	2.06	0.49	80.00	OC 762 x 9.53	742.94	3.17	2.23	215.41	93.38	4.75	45	2.86	5.00	0.35	56.03	25.14	10.00	2.51	2.43	10.38
34	Quetzalapa	1.27	0.40	370.00	OC 610 x 24.61	560.78	6.82	1.68	791.77	195.56	5.14	154	2.27	5.00	0.25	117.33	69.74	10.00	6.97	1.88	14.24
35	Filomeno Mata	2.12	0.37	60.00	OC 762 x 7.92	749.16	2.74	2.25	161.55	71.21	4.81	34	2.45	5.00	0.36	42.73	19.01	10.00	1.90	2.45	9.35
36	Cacochón	1.27	0.40	100.00	OC 610 x 6.35	597.30	3.54	1.79	180.28	50.51	4.53	40	2.33	5.00	0.25	30.31	16.91	10.00	1.69	1.99	9.02
37	Tapayula	3.39	0.44	100.00	OC 914 x 12.70	888.60	3.54	2.67	269.26	166.98	5.47	49	2.91	10.00	0.31	100.19	37.58	15.00	2.51	2.87	15.41
38	Dos Ríos Viejo	3.76	0.64	60.00	OC 1067 x 12.70	1,041.60	2.74	3.12	355.11	302.59	4.41	81	3.87	10.00	0.33	181.66	58.13	15.00	3.88	3.32	17.75

TABLA III.4 Dimensionamiento de la tubería a presión

No.	Proyecto	Gasto Q (m³/s)	Cota de carga (msnm)	Cota de generac. (msnm)	Carga hidráulica (desnivel) (m)	Long. tubería en planta (m)	Long. real tubería (m)	Diám. econ. (m)	Tubería comercial			Vel. (m/s)	T/2= 2L/a (s)	hmáx (m)	H (m)	Esp. transit. δ (mm)	Esp. vibrac. δ (mm)	Esp. vacío δ (mm)	Esp. real (mm)	a (m/s)	Peso tubería (kg/m)	Peso total tubería (ton)
									Denominación (mm x mm)	D int. (mm)	Denominac. (in. x in.)											
1	Tronconal	1.38	1,200.00	940.00	260.00	400.00	477.07	0.68	OC 762 x 15.88	730.24	30 x 0.625	3.30	0.81	157.43	417.43	14.05	3.03	7.30	15.88	1,182.06	292.20	139.40
2	Loma de Rogel	3.11	700.00	600.00	100.00	500.00	509.90	1.10	OC 1067 x 15.88	1,035.24	42 x 0.625	3.69	0.92	188.15	288.15	13.79	3.79	10.35	15.88	1,111.86	411.64	209.90
3	La Moraleja	0.86	1,500.00	1,120.00	380.00	700.00	796.49	0.53	OC 610 x 17.48	575.04	24 x 0.668	3.31	1.29	263.64	643.64	16.63	2.64	5.75	17.48	1,238.30	255.42	203.44
4	Los Frailes	8.80	600.00	480.00	120.00	450.00	465.73	1.68	OC 1524 x 25.40	1,473.20	60 x 1.00	5.16	0.82	240.32	360.32	22.98	4.88	14.73	25.40	1,136.65	938.73	437.19
5	San Lorenzo	0.52	1,100.00	1,000.00	100.00	300.00	316.23	0.51	OC 457 x 6.35	444.30	18 x 0.25	3.35	0.58	105.94	205.94	5.62	2.31	4.44	6.35	1,096.25	70.57	22.32
6	La Bodega	0.69	900.00	700.00	200.00	600.00	632.46	0.52	OC 508 x 12.70	482.60	20 x 0.50	3.77	1.04	238.44	438.44	10.36	2.41	4.83	12.70	1,215.43	155.13	98.11
7	Cerro Gordo	1.21	500.00	400.00	100.00	200.00	223.61	0.74	OC 610 x 9.53	590.94	24 x 0.375	4.41	0.40	98.61	198.61	6.64	2.68	5.91	9.53	1,122.63	141.12	31.56
8	Santa Cruz	1.38	400.00	300.00	100.00	400.00	412.31	0.78	OC 762 x 9.53	742.94	30 x 0.375	3.18	0.77	131.11	231.11	8.79	3.06	7.43	9.53	1,071.57	176.85	72.92
9	La Bolsa	0.62	600.00	500.00	100.00	400.00	412.31	0.55	OC 508 x 9.53	488.94	20 x 0.375	3.30	0.71	136.06	236.06	6.56	2.42	4.89	9.53	1,161.29	117.15	48.30
10	Mata de Caña	0.83	400.00	300.00	100.00	400.00	412.31	0.63	OC 610 x 9.53	590.94	24 x 0.375	3.03	0.73	124.93	224.93	7.25	2.68	5.91	9.53	1,122.63	141.12	58.19
11	Las Trancas	0.21	600.00	500.00	100.00	400.00	412.31	0.35	OC 324 x 6.35	311.20	12 x 0.25	2.76	0.70	113.80	213.80	4.63	1.98	3.11	6.35	1,170.13	49.73	20.50
12	Los Cedros	0.62	500.00	400.00	100.00	550.00	559.02	0.55	OC 610 x 9.53	590.94	24 x 0.375	2.26	1.00	126.34	226.34	7.29	2.68	5.91	9.53	1,122.63	141.12	78.89
13	Llano de Luna	0.83	400.00	300.00	100.00	400.00	412.31	0.63	OC 610 x 9.53	590.94	24 x 0.375	3.03	0.73	124.93	224.93	7.25	2.68	5.91	9.53	1,122.63	141.12	58.19
14	Ocotillo	1.24	300.00	200.00	100.00	500.00	509.90	0.74	OC 762 x 9.53	742.94	30 x 0.375	2.86	0.95	145.83	245.83	9.22	3.06	7.43	9.53	1,071.57	176.85	90.18
15	Corral Falso	0.99	700.00	600.00	100.00	300.00	316.23	0.68	OC 610 x 9.53	590.94	24 x 0.375	3.61	0.56	114.16	214.16	7.00	2.68	5.91	9.53	1,122.63	141.12	44.63
16	La Zapatería	1.13	600.00	500.00	100.00	300.00	316.23	0.71	OC 762 x 9.92	749.16	30 x 0.312	2.56	0.62	80.95	180.95	7.36	3.07	7.49	9.92	1,025.10	147.29	46.58
17	Huatamimilo	6.82	800.00	720.00	80.00	150.00	170.00	1.59	OC 1422 x 15.88	1,390.24	56 x 0.625	4.49	0.33	76.33	156.33	10.59	4.68	13.90	15.88	1,044.03	550.67	93.61
18	Chiconta	5.95	900.00	800.00	100.00	150.00	180.28	1.46	OC 1219 x 12.70	1,193.60	48 x 0.50	5.32	0.35	95.91	195.91	11.24	4.18	11.94	12.70	1,026.69	377.81	68.11
19	Nicolás Bravo	1.45	1,000.00	900.00	100.00	300.00	316.23	0.80	OC 762 x 9.53	742.94	30 x 0.375	3.34	0.59	105.62	205.62	8.04	3.06	7.43	9.53	1,071.57	176.85	55.93
20	Huaxtla	5.51	900.00	700.00	200.00	400.00	447.21	1.28	OC 1219 x 22.23	1,174.54	48 x 0.875	5.09	0.77	227.63	427.63	21.85	4.14	11.75	22.23	1,155.52	656.10	293.41
21	Kilate Sur	1.02	500.00	400.00	100.00	400.00	412.31	0.68	OC 610 x 9.53	590.94	24 x 0.375	3.72	0.73	153.38	253.38	7.92	2.68	5.91	9.53	1,122.63	141.12	58.19
22	San Bartolo	3.46	300.00	240.00	60.00	150.00	161.55	1.24	OC 914 x 9.53	894.94	36 x 0.375	5.50	0.31	88.85	148.85	7.27	3.44	8.95	9.53	1,026.89	212.57	34.34
23	Buenos Aires	4.69	200.00	130.00	70.00	150.00	165.53	1.38	OC 1067 x 12.70	1,041.60	42 x 0.50	5.50	0.31	91.04	161.04	8.63	3.80	10.42	12.70	1,059.65	330.21	54.66
24	Conta	4.18	1,060.00	900.00	160.00	400.00	430.81	1.17	OC 1067 x 19.05	1,028.90	42 x 0.75	5.03	0.75	216.70	376.70	17.32	3.77	10.29	19.05	1,151.15	492.33	212.10
25	Congr. Hidalgo	4.78	740.00	600.00	140.00	450.00	471.27	1.26	OC 1067 x 19.05	1,028.90	42 x 0.75	5.75	0.82	270.98	410.98	18.71	3.77	10.29	19.05	1,151.15	492.33	232.02
26	Teteyahualco	4.78	600.00	500.00	100.00	300.00	316.23	1.33	OC 1067 x 15.88	1,035.24	42 x 0.625	5.68	0.57	179.62	279.62	13.44	3.79	10.35	15.88	1,111.86	411.64	130.17
27	San Lucas	4.90	500.00	400.00	100.00	200.00	223.61	1.34	OC 1219 x 12.70	1,193.60	48 x 0.50	4.38	0.44	97.94	197.94	11.34	4.18	11.94	12.70	1,026.69	377.81	84.48
28	Tilapa	6.21	220.00	180.00	40.00	350.00	352.28	1.69	OC 1524 x 15.88	1,492.24	60 x 0.625	3.55	0.69	125.06	165.06	11.74	4.93	14.92	15.88	1,026.73	560.52	197.46
29	Hueytenant	9.28	1,500.00	1,300.00	200.00	200.00	282.84	1.60	OC 1524 x 25.40	1,473.20	60 x 1.00	5.44	0.50	153.86	353.86	22.61	4.88	14.73	25.40	1,136.65	938.73	265.51
30	Yehuala	5.15	1,600.00	1,400.00	200.00	300.00	360.56	1.24	OC 1219 x 22.23	1,174.54	48 x 0.875	4.75	0.62	171.27	371.27	19.24	4.14	11.75	22.23	1,155.52	656.10	236.56
31	Tempextla	3.09	1,200.00	1,080.00	120.00	300.00	323.11	1.07	OC 914 x 12.70	888.60	36 x 0.50	4.98	0.59	160.91	280.91	11.87	3.42	8.89	12.70	1,096.25	282.29	91.21
32	Tenepanigla	1.37	1,200.00	1,020.00	180.00	250.00	308.06	0.71	OC 610 x 12.70	584.60	24 x 0.50	5.10	0.52	157.11	337.11	9.79	2.66	5.85	12.70	1,181.88	187.07	57.63
33	Chagchaloyan	2.06	800.00	720.00	80.00	200.00	215.41	0.95	OC 762 x 9.53	742.94	30 x 0.375	4.75	0.40	102.32	182.32	7.35	3.06	7.43	9.53	1,071.57	176.85	38.10
34	Quetzalapa	1.27	2,200.00	1,830.00	370.00	700.00	791.77	0.62	OC 610 x 24.61	560.78	24 x 0.969	5.14	1.23	406.97	776.97	19.22	2.60	5.61	24.61	1,287.70	355.28	281.30
35	Filomeno Mata	2.12	300.00	240.00	60.00	150.00	161.55	1.01	OC 762 x 7.92	749.16	30 x 0.312	4.81	0.32	77.71	137.71	6.08	3.07	7.49	7.92	1,025.10	147.29	23.79
36	Cacochón	1.27	500.00	400.00	100.00	150.00	180.28	0.75	OC 610 x 6.35	597.30	24 x 0.250	4.53	0.35	81.67	181.67	6.29	2.69	5.97	6.35	1,026.48	94.53	17.04
37	Tapayula	3.39	300.00	200.00	100.00	250.00	269.26	1.14	OC 914 x 12.70	888.60	36 x 0.50	5.47	0.49	147.29	247.29	10.69	3.42	8.89	12.70	1,096.25	282.29	76.01
38	Dos Ríos Viejo	3.76	200.00	140.00	60.00	350.00	355.11	1.29	OC 1067 x 12.70	1,041.60	42 x 0.50	4.41	0.67	156.60	216.60	10.92	3.80	10.42	12.70	1,059.65	330.24	117.27

TABLA III.5 Cálculo de la carga neta

No.	Proyecto	v (m/s)	D interior (m)	Long. real de la tubería (m)	Re	f	h _f (m)	Carga bruta Hb (m)	Carga neta H (m)
1	Tronconal	3.30	0.73024	477.07	2,409,792	0.01268	4.60	260.00	255.40
2	Loma de Rogel	3.69	1.03524	509.90	3,820,036	0.01181	4.04	100.00	95.96
3	La Moraleja	3.31	0.57504	796.49	1,903,382	0.01327	10.27	380.00	369.73
4	Los Frailes	5.16	1.47320	465.73	7,601,712	0.01092	4.68	120.00	115.32
5	San Lorenzo	3.35	0.44430	316.23	1,488,405	0.01396	5.68	100.00	94.32
6	La Bodega	3.77	0.48260	632.46	1,819,402	0.01365	12.96	200.00	187.04
7	Cerro Gordo	4.41	0.59094	223.61	2,606,045	0.01303	4.89	100.00	95.11
8	Santa Cruz	3.18	0.74294	412.31	2,362,549	0.01266	3.62	100.00	96.38
9	La Bolsa	3.30	0.48894	412.31	1,613,502	0.01371	6.42	100.00	93.58
10	Mata de Caña	3.03	0.59094	412.31	1,790,548	0.01327	4.33	100.00	95.67
11	Las Trancas	2.76	0.31120	412.31	858,912	0.01517	7.81	100.00	92.19
12	Los Cedros	2.26	0.59094	559.02	1,335,524	0.01350	3.32	100.00	96.68
13	Llano de Luna	3.03	0.59094	412.31	1,790,548	0.01327	4.33	100.00	95.67
14	Ocotillo	2.86	0.74294	509.90	2,124,808	0.01273	3.64	100.00	96.36
15	Corral Falso	3.61	0.59094	316.23	2,133,293	0.01315	4.67	100.00	95.33
16	La Zapatería	2.56	0.74916	316.23	1,917,850	0.01280	1.80	100.00	98.20
17	Huatamimilo	4.49	1.39024	170.00	6,242,178	0.01109	1.39	80.00	78.61
18	Chiconta	5.32	1.19360	180.28	6,349,952	0.01133	2.47	100.00	97.53
19	Nicolás Bravo	3.34	0.74294	316.23	2,481,420	0.01263	3.06	100.00	96.94
20	Huaxtla	5.09	1.17454	447.21	5,978,409	0.01138	5.72	200.00	194.28
21	Kilate Sur	3.72	0.59094	412.31	2,198,297	0.01313	6.46	100.00	93.54
22	San Bartolo	5.50	0.89494	161.55	4,922,170	0.01193	3.32	60.00	56.68
23	Buenos Aires	5.50	1.04160	165.53	5,728,800	0.01160	2.84	70.00	67.16
24	Conta	5.03	1.02890	430.81	5,175,367	0.01166	6.30	160.00	153.70
25	Congregación Hidalgo	5.75	1.02890	471.27	5,916,175	0.01161	8.96	140.00	131.04
26	Teteyahualco	5.68	1.03524	316.23	5,880,163	0.01160	5.83	100.00	94.17
27	San Lucas	4.38	1.19360	223.61	5,227,968	0.01141	2.09	100.00	97.91
28	Tilapa	3.55	1.49224	352.28	5,297,452	0.01107	1.68	40.00	38.32
29	Hueytentan	5.44	1.47320	282.84	8,014,208	0.01090	3.16	200.00	196.84
30	Yehuala	4.75	1.17454	360.56	5,579,065	0.01141	4.03	200.00	195.97
31	Tempextla	4.98	0.88860	323.11	4,425,228	0.01199	5.51	120.00	114.49
32	Tenepanigla	5.10	0.58460	308.06	2,981,460	0.01298	9.07	180.00	170.93
33	Chagchaloyan	4.75	0.74294	215.41	3,528,965	0.01243	4.14	80.00	75.86
34	Quetzalapa	5.14	0.56078	791.77	2,882,409	0.01308	24.87	370.00	345.13
35	Filomeno Mata	4.81	0.74916	161.55	3,603,460	0.01240	3.15	60.00	56.85
36	Cacochón	4.53	0.59730	180.28	2,705,769	0.01299	4.10	100.00	95.90
37	Tapayula	5.47	0.88860	269.26	4,860,642	0.01195	5.52	100.00	94.48
38	Dos Ríos Viejo	4.41	1.04160	355.11	4,593,456	0.01170	3.95	60.00	56.05

Viscosidad cinemática "ν" (a 20°C)= 0.000001 m²/s

Rugosidad absoluta "ε" = 0.07 mm



TABLA III.6 Cálculo de la potencia y generación

No.	Proyecto	Gasto medio anual (m ³ /s)	Carga neta H (m)	Potencia media anual (MW)	Generación neta anual (GWh)	Vel. específica Ns (rev./min)	Tipo de turbina	Diámetro de la turbina (m)
1	Tronconal	1.38	255.40	2.77	16.99	27.04	Pelton de un chiflón	1.20
2	Loma de Rogel	3.11	95.96	2.34	14.35	84.49	Pelton de seis chiflones	0.74
3	La Moraleja	0.86	369.73	2.50	15.33	16.18	Pelton de un chiflón	1.45
4	Los Frailes	8.80	115.32	7.96	48.81	123.84	Francis lenta	1.31
5	San Lorenzo	0.52	94.32	0.38	2.33	34.79	Pelton de un chiflón	0.73
6	La Bodega	0.69	187.04	1.01	6.19	24.10	Pelton de un chiflón	1.03
7	Cerro Gordo	1.21	95.11	0.90	5.52	52.98	Pelton de tres chiflones	0.73
8	Santa Cruz	1.38	96.38	1.04	6.38	56.02	Pelton de tres chiflones	0.74
9	La Bolsa	0.62	93.58	0.46	2.82	38.65	Pelton de dos chiflones	0.73
10	Mata de Caña	0.83	95.67	0.62	3.80	43.65	Pelton de dos chiflones	0.74
11	Las Trancas	0.21	92.19	0.15	0.92	22.49	Pelton de un chiflón	0.72
12	Los Cedros	0.62	96.68	0.47	2.88	37.51	Pelton de dos chiflones	0.74
13	Llano de Luna	0.83	95.67	0.62	3.80	43.65	Pelton de dos chiflones	0.74
14	Ocotillo	1.24	96.36	0.94	5.76	53.27	Pelton de tres chiflones	0.74
15	Corral Falso	0.99	95.33	0.74	4.54	47.90	Pelton de dos chiflones	0.73
16	La Zapatería	1.13	98.20	0.87	5.33	50.05	Pelton de tres chiflones	0.75
17	Huatamimilo	6.82	78.61	4.21	25.82	145.41	Francis lenta	1.15
18	Chiconta	5.95	97.53	4.55	27.90	115.45	Francis lenta	1.18
19	Nicolás Bravo	1.45	96.94	1.10	6.75	57.20	Pelton de tres chiflones	0.74
20	Huaxtla	5.51	194.28	8.40	51.51	66.28	Pelton de cuatro chiflones	1.05
21	Kilate Sur	1.02	93.54	0.75	4.60	49.38	Pelton de dos chiflones	0.73
22	San Bartolo	3.46	56.68	1.54	9.44	132.36	Francis lenta	0.94
23	Buenos Aires	4.69	67.16	2.47	15.15	135.60	Francis lenta	1.03
24	Conta	4.18	153.70	5.04	30.91	68.81	Pelton de cuatro chiflones	0.93
25	Congregación Hidalgo	4.78	131.04	4.92	30.17	82.99	Pelton de seis chiflones	0.86
26	Teteyahualco	4.78	94.17	3.53	21.65	106.24	Francis lenta	1.12
27	San Lucas	4.90	97.91	3.77	23.12	104.58	Francis lenta	1.14
28	Tilapa	6.21	38.32	1.87	11.47	237.92	Francis normal	1.01
29	Hueytenantan	9.28	196.84	14.34	87.93	85.20	Francis lenta	1.52
30	Yehuala	5.15	195.97	7.92	48.57	63.67	Pelton de cuatro chiflones	1.05
31	Tempextla	3.09	114.49	2.78	17.05	73.85	Pelton de seis chiflones	0.80
32	Tenepaniglia	1.37	170.93	1.84	11.28	36.41	Pelton de dos chiflones	0.98
33	Chagchaloyan	2.06	75.86	1.23	7.54	82.17	Pelton de seis chiflones	0.65
34	Quetzalapa	1.27	345.13	3.44	21.09	20.68	Pelton de un chiflón	1.40
35	Filomeno Mata	2.12	56.85	0.95	5.83	103.57	Francis lenta	0.87
36	Cacochón	1.27	95.90	0.96	5.89	54.16	Pelton de tres chiflones	0.74
37	Tapayula	3.39	94.48	2.51	15.39	89.22	Francis lenta	1.07
38	Dos Ríos Viejo	3.76	56.05	1.65	10.12	138.94	Francis lenta	0.95
TOTALES				103.54	634.93			

Eficiencia del conjunto turbina-generador " η " = 0.80
 Velocidad de giro del rodete " N " = 450 rev/min
 Factor de planta = 0.70



TABLA III.7 Características generales de los miniproyectos hidroeléctricos

No.	Proyecto	Long. camino de acceso (km)	No. de obras de captac.	Long. del canal (km)	Long. del túnel (km)	Tanque de carga		Long. real de la tubería (m)	Gasto medio anual (m³/s)	Carga neta H (m)	Potencia media anual (MW)	Generación neta anual (GWh)	Tipo de turbina	Diámetro de la turbina (m)	Long. línea transm. (km)	
						Long. (m)	ancho (m)									
1	Tronconal	1.00	1	1.00	-	13.04	10.00	477.07	1.38	255.40	2.77	16.99	Pelton de un chiflón	1.20	0.30	
2	Loma de Rogel	2.50	1	4.40	-	19.23	15.00	509.90	3.11	95.96	2.34	14.35	Pelton de seis chiflones	0.74	0.80	
3	La Moraleja	2.50	2	1.90	0.50	14.29	10.00	796.49	0.86	369.73	2.50	15.33	Pelton de un chiflón	1.45	0.90	
4	Los Frailes	2.50	2	3.60 y 3.20	-	32.90	15.00	465.73	8.80	115.32	7.96	48.81	Francis lenta	1.31	0.10	
5	San Lorenzo	4.50	1	1.50	-	8.95	10.00	316.23	0.52	94.32	0.38	2.33	Pelton de un chiflón	0.73	0.90	
6	La Bodega	3.50	2	0.5 y 2.00	-	11.65	10.00	632.46	0.69	187.04	1.01	6.19	Pelton de un chiflón	1.03	1.50	
7	Cerro Gordo	4.50	1	2.60	-	9.35	10.00	223.61	1.21	95.11	0.90	5.52	Pelton de tres chiflones	0.73	1.70	
8	Santa Cruz	4.50	1	5.00	-	12.40	10.00	412.31	1.38	96.38	1.04	6.38	Pelton de tres chiflones	0.74	0.40	
9	La Bolsa	4.50	1	3.90	-	13.20	5.00	412.31	0.62	93.58	0.46	2.82	Pelton de dos chiflones	0.73	0.50	
10	Mata de Caña	7.00	1	7.50	-	10.90	10.00	412.31	0.83	95.67	0.62	3.80	Pelton de dos chiflones	0.74	0.20	
11	Las Trancas	3.50	1	2.80	-	10.22	5.00	412.31	0.21	92.19	0.15	0.92	Pelton de un chiflón	0.72	2.60	
12	Los Cedros	2.00	1	3.80	-	12.19	10.00	559.02	0.62	96.68	0.47	2.88	Pelton de dos chiflones	0.74	1.20	
13	Llano de Luna	2.50	1	6.50	-	10.90	10.00	412.31	0.83	95.67	0.62	3.80	Pelton de dos chiflones	0.74	0.60	
14	Ocotillo	3.00	2	10.00	1.20	13.49	10.00	509.90	1.24	96.36	0.94	5.76	Pelton de tres chiflones	0.74	1.70	
15	Corral Falso	1.50	1	4.40	-	10.12	10.00	316.23	0.99	95.33	0.74	4.54	Pelton de dos chiflones	0.73	2.00	
16	La Zapateria	6.00	1	4.00	-	11.21	10.00	316.23	1.13	98.20	0.87	5.33	Pelton de tres chiflones	0.75	1.50	
17	Huatamimilo	5.00	3	2.40 y 3.30	0.95	21.36	15.00	170.00	6.82	78.61	4.21	25.82	Francis lenta	1.15	0.50	
18	Chiconta	6.00	1	1.30	-	21.93	15.00	180.28	5.95	97.53	4.55	27.90	Francis lenta	1.18	0.85	
19	Nicolás Bravo	7.00	1	1.70	-	11.28	10.00	316.23	1.45	96.94	1.10	6.75	Pelton de tres chiflones	0.74	2.10	
20	Huaxtla	4.00	1	4.00	-	25.03	15.00	447.21	5.51	194.28	8.40	51.51	Pelton de cuatro chiflones	1.05	1.60	
21	Kilate Sur	5.50	1	1.90	-	11.03	10.00	412.31	1.02	93.54	0.75	4.60	Pelton de dos chiflones	0.73	1.20	
22	San Bartolo	6.00	2	1.20 y 1.80	-	14.43	15.00	161.55	3.46	56.68	1.54	9.44	Francis lenta	0.94	0.95	
23	Buenos Aires	6.00	1	5.70	-	15.94	15.00	165.53	4.69	67.16	2.47	15.15	Francis lenta	1.03	0.20	
24	Conta	3.50	1	3.10	-	18.60	15.00	430.81	4.18	153.70	5.04	30.91	Pelton de cuatro chiflones	0.93	0.30	
25	Congregación Hidalgo	4.00	1	2.50	-	19.23	15.00	471.27	4.78	131.04	4.92	30.17	Pelton de seis chiflones	0.86	0.80	
26	Teteyahualco	4.00	1	1.00	-	17.59	15.00	316.23	4.78	94.17	3.53	21.65	Francis lenta	1.12	0.30	
27	San Lucas	3.00	1	1.80	-	17.23	15.00	223.61	4.90	97.91	3.77	23.12	Francis lenta	1.14	0.50	
28	Tilapa	2.00	1	3.10	-	25.70	15.00	352.28	6.21	38.32	1.87	11.47	Francis normal	1.01	0.45	
29	Hueytentan	4.50	2	3.00 y 2.00	-	24.11	15.00	282.84	9.28	196.84	14.34	87.93	Francis lenta	1.52	0.50	
30	Yehuala	5.00	1	5.00	-	23.86	15.00	360.56	5.15	195.97	7.92	48.57	Pelton de cuatro chiflones	1.05	0.40	
31	Tempextla	4.00	1	4.50	-	16.48	15.00	323.11	3.09	114.49	2.78	17.05	Pelton de seis chiflones	0.80	0.70	
32	Tenepaniglia	8.00	1	3.30	-	10.17	10.00	308.06	1.37	170.93	1.84	11.28	Pelton de dos chiflones	0.98	1.30	
33	Chagchaloyan	2.00	2	2.40	0.80	10.38	10.00	215.41	2.06	75.86	1.23	7.54	Pelton de seis chiflones	0.65	1.85	
34	Quetzalapa	2.00	1	1.10	-	14.24	10.00	791.77	1.27	345.13	3.44	21.09	Pelton de un chiflón	1.40	1.40	
35	Filomeno Mata	11.00	2	1.50 y 5.00	-	9.35	10.00	161.55	2.12	56.85	0.95	5.83	Francis lenta	0.87	3.60	
36	Cacochón	6.50	1	4.20	-	9.02	10.00	180.28	1.27	95.90	0.96	5.89	Pelton de tres chiflones	0.74	0.50	
37	Tapayula	17.00	2	2.50 y 2.00	-	15.41	15.00	269.26	3.39	94.48	2.51	15.39	Francis lenta	1.07	1.00	
38	Dos Ríos Viejo	5.50	1	3.60	-	17.75	15.00	355.11	3.76	56.05	1.65	10.12	Francis lenta	0.95	4.50	
TOTALES												102.21	634.93			



TABLA III.8 Volúmenes de obra de la obra de captación

Limpieza y trazo			Excavación (dentellón)			Concreto ciclópeo (cortina)			Concreto ciclópeo (dentellón)			Total concreto ciclópeo
Largo l (m)	Ancho b (m)	Área A (m ²)	Área A (m ²)	Largo l (m)	Vol. V (m ³)	Área A (m ²)	Largo l (m)	Vol. V (m ³)	Área A (m ²)	Largo l (m)	Vol. V (m ³)	Vol. V (m ³)
38.00	20.00	760.00	30.000	20.00	600.00	240.00	20.00	4,800.00	30.00	20.00	600.00	5,400.00

TABLA III.9 Volúmenes de obra de canales de conducción

No.	Proyecto	Ancho de plantilla b (m)	Área excavación A (m ²)	Área terraplén A (m ²)	Long. del canal (km)	Vol. excavación V (m ³)	Vol. terraplén V (m ³)	Altura total revestim. (m)	Long. total revestim. (m)	Área revestim. A (m ²)	Espesor revestim. h (m)	Volumen revestim. V (m ³)
1	Tronconal	1.30	3.11	2.63	1.00	3,112.81	2,631.56	0.80	4.18	4,180.00	0.08	334.40
2	Loma de Rogel	1.60	5.34	4.24	4.40	23,480.60	18,669.20	1.18	5.85	25,740.00	0.08	2,059.20
3	La Moraleja	1.10	2.48	2.20	1.90	4,709.03	4,174.66	0.62	3.34	6,346.00	0.08	507.68
4	Los Frailes*	1.80	9.79	7.31	3.60	35,226.00	26,298.00	1.53	7.32	26,352.00	0.08	2,108.16
		2.00	18.41	11.64	3.20	58,920.00	37,232.00	2.11	9.61	30,752.00	0.08	2,460.16
5	San Lorenzo	0.80	1.67	1.48	1.50	2,506.88	2,212.50	0.54	2.75	4,125.00	0.08	330.00
6	La Bodega*	0.65	1.22	1.17	0.50	610.00	585.00	0.50	2.45	1,225.00	0.08	98.00
		1.00	2.16	1.98	2.00	4,320.00	3,960.00	0.58	3.09	6,180.00	0.08	494.40
7	Cerro Gordo	1.25	2.95	2.52	2.60	7,680.97	6,559.72	0.77	4.03	10,478.00	0.08	838.24
8	Santa Cruz	1.30	3.11	2.63	5.00	15,564.06	13,157.81	0.80	4.18	20,900.00	0.08	1,672.00
9	La Bolsa	0.90	1.92	1.73	3.90	7,473.38	6,737.25	0.57	2.96	11,544.00	0.08	923.52
10	Mata de Caña	1.10	2.48	2.20	7.50	18,588.28	16,478.91	0.63	3.37	25,275.00	0.08	2,022.00
11	Las Trancas	0.60	0.76	0.87	2.80	2,131.50	2,422.00	0.37	1.93	5,404.00	0.08	432.32
12	Los Cedros	0.90	1.92	1.73	3.80	7,281.75	6,564.50	0.57	2.96	11,248.00	0.08	899.84
13	Llano de Luna	1.10	2.48	2.20	6.50	16,109.84	14,281.72	0.63	3.37	21,905.00	0.08	1,752.40
14	Ocotillo	1.25	2.95	2.52	10.00	29,542.19	25,229.69	0.77	4.03	40,300.00	0.08	3,224.00
15	Corral Falso	1.15	2.64	2.31	4.40	11,602.94	10,145.44	0.69	3.64	16,016.00	0.08	1,281.28
16	La Zapatería	1.20	2.80	2.41	4.00	11,182.50	9,657.50	0.75	3.90	15,600.00	0.08	1,248.00
17	Huatamimilo*	1.50	4.38	3.81	2.40	10,512.00	9,144.00	1.21	5.86	14,064.00	0.08	1,125.12
		1.50	4.38	3.81	3.30	14,454.00	12,573.00	1.21	5.86	19,338.00	0.08	1,547.04
18	Chicontla	1.90	14.10	9.47	1.30	18,328.38	12,311.00	1.70	8.03	10,439.00	0.08	835.12
19	Nicolás Bravo	1.40	3.43	2.85	1.70	5,831.00	4,842.88	0.81	4.32	7,344.00	0.08	587.52
20	Huaxtla	1.90	14.10	9.47	4.00	56,395.00	37,880.00	1.63	7.78	31,120.00	0.08	2,489.60
21	Kilate Sur	1.15	2.64	2.31	1.90	5,010.36	4,380.98	0.71	3.71	7,049.00	0.08	563.92
22	San Bartolo*	1.50	4.38	3.81	1.20	5,256.00	4,572.00	0.98	5.03	6,036.00	0.08	482.88
		1.50	4.38	3.81	1.80	7,884.00	6,858.00	0.98	5.03	9,054.00	0.08	724.32
23	Buenos Aires	1.80	9.79	7.31	5.70	55,774.50	41,638.50	1.46	7.06	40,242.00	0.08	3,219.36
24	Conta	1.80	9.79	7.31	3.10	30,333.50	22,645.50	1.39	6.81	21,111.00	0.08	1,688.88
25	Congregación Hidalgo	1.80	9.79	7.31	2.50	24,462.50	18,262.50	1.47	7.10	17,750.00	0.08	1,420.00
26	Teteyahualco	1.80	9.79	7.31	1.00	9,785.00	7,305.00	1.47	7.10	7,100.00	0.08	568.00
27	San Lucas	1.80	9.79	7.31	1.80	17,613.00	13,149.00	1.49	7.17	12,906.00	0.08	1,032.48
28	Tilapa	1.90	14.10	9.47	3.10	43,706.13	29,357.00	1.74	8.17	25,327.00	0.08	2,026.16
29	Hueytentan*	1.80	9.79	7.31	3.00	29,355.00	21,915.00	1.56	7.42	22,260.00	0.08	1,780.80
		1.80	9.79	7.31	2.00	19,570.00	14,610.00	1.56	7.42	14,840.00	0.08	1,187.20
30	Yehuala	1.90	14.10	9.47	5.00	70,493.75	47,350.00	1.51	7.34	36,700.00	0.08	2,936.00
31	Tempextla	1.60	5.34	4.24	4.50	24,014.25	19,093.50	1.18	5.85	26,325.00	0.08	2,106.00
32	Tenepaniglia	1.30	3.11	2.63	3.30	10,272.28	8,684.16	0.80	4.18	13,794.00	0.08	1,103.52
33	Chagchaloyan	1.50	4.38	3.81	2.40	10,518.00	9,132.00	0.91	4.78	11,472.00	0.08	917.76
34	Quetzalapa	1.25	2.95	2.52	1.10	3,249.64	2,775.27	0.78	4.06	4,466.00	0.08	357.28
35	Filomeno Mata*	1.15	2.64	2.31	1.50	3,960.00	3,465.00	0.73	3.78	5,670.00	0.08	453.60
		1.15	2.64	2.31	5.00	13,200.00	11,550.00	0.73	3.78	18,900.00	0.08	1,512.00
36	Cacochón	1.25	2.95	2.52	4.20	12,407.72	10,596.47	0.78	4.06	17,052.00	0.08	1,364.16
37	Tapayula*	1.50	4.38	3.81	2.50	10,950.00	9,525.00	0.94	4.89	12,225.00	0.08	978.00
		1.50	4.38	3.81	2.00	8,760.00	7,620.00	0.94	4.89	9,780.00	0.08	782.40
38	Dos Ríos Viejo	1.75	6.77	4.90	3.60	24,363.00	17,640.00	1.25	6.26	22,536.00	0.08	1,802.88

* **Miniproyectos en los que el gasto se dividió por el número de obras de captación.**

Tesis Profesional: Los miniproyectos hidroeléctricos
como una alternativa de generación en México.

TABLA III.10 Volúmenes de obra de túneles de conducción

No.	Proyecto	Diámetro D (m)	Área excavación A (m ²)	Long. del túnel (km)	Vol. excavación V (m ³)	Perímetro revestim. P (m)	Área revestim. A (m ²)	Espesor revestim. h (m)	Volumen revestim. V (m ³)
1	La Moraleja*	1.20	1.45	0.50	725.00	3.90	1,950.00	0.08	156.00
2	Ocotillo*	1.20	1.45	1.20	1,740.00	3.90	4,680.00	0.08	374.40
3	Huatamimilo*	2.00	3.66	0.95	3,477.00	6.41	6,089.50	0.08	487.16
5	Chagchaloyan*	1.40	1.91	0.80	1,528.00	4.52	3,616.00	0.08	289.28

* Miniproyectos en los que el gasto se dividió por el número de obras de captación.

TABLA III.11 Volúmenes de obra de tanques de carga

No.	Proyecto	Longitud total del tanque (m)	Ancho del tanque (m)	Prof. total del tanque (m)	Limpieza y trazo (m ²)	Área excavación A (m ²)	Vol. excavación V (m ³)	Área plantilla A (m ²)	Vol. plantilla V (m ³)	Vol. relleno V (m ³)	Área cimbra A (m ²)	Vol. concreto V (m ³)	Acero de refzo. (ton)
1	Tronconal	13.04	10.00	2.39	130.41	182.89	446.49	139.79	6.99	117.81	253.70	53.56	8.03
2	Loma de Rogel	19.23	15.00	3.31	288.51	364.38	1,213.48	302.36	15.12	222.23	499.97	110.85	16.63
3	La Moraleja	14.29	10.00	1.93	142.90	197.88	398.68	152.78	7.64	103.05	220.16	52.75	7.91
4	Los Frailes	32.90	15.00	4.62	493.54	596.75	2,806.38	512.87	25.64	406.16	940.04	196.41	29.46
5	San Lorenzo	8.95	10.00	1.53	89.49	133.79	211.55	97.23	4.86	70.94	146.54	34.50	5.18
6	La Bodega	11.65	10.00	1.65	116.49	166.19	286.95	125.31	6.27	83.10	174.31	42.78	6.42
7	Cerro Gordo	9.35	10.00	1.97	93.48	138.57	275.76	101.38	5.07	87.53	183.89	39.04	5.86
8	Santa Cruz	12.40	10.00	2.43	123.99	175.19	432.48	133.11	6.66	116.62	250.78	51.96	7.79
9	La Bolsa	13.20	5.00	1.67	65.99	107.79	199.00	73.43	3.67	70.06	143.60	28.87	4.33
10	Mata de Caña	10.90	10.00	1.97	109.00	157.19	317.15	117.51	5.88	93.05	196.76	43.49	6.52
11	Las Trancas	10.22	5.00	1.13	51.08	86.91	114.00	57.33	2.87	45.71	89.22	20.33	3.05
12	Los Cedros	12.19	10.00	1.97	121.88	172.65	351.52	130.91	6.55	97.63	207.44	47.19	7.08
13	Llano de Luna	10.90	10.00	1.97	109.00	157.19	317.15	117.51	5.88	93.05	196.76	43.49	6.52
14	Ocotillo	13.49	10.00	2.43	134.87	188.24	467.43	144.42	7.22	121.28	261.78	55.27	8.29
15	Corral Falso	10.12	10.00	1.97	101.16	147.79	296.25	109.36	5.47	90.26	190.26	41.25	6.19
16	La Zapatería	11.21	10.00	2.45	112.07	160.88	396.98	120.71	6.04	112.22	240.33	48.48	7.27
17	Huatamimilo	21.36	15.00	4.37	320.41	400.53	1,753.90	335.11	16.76	300.71	685.55	135.87	20.38
18	Chiconta	21.93	15.00	3.78	328.92	410.17	1,564.00	343.85	17.19	267.60	607.61	129.80	19.47
19	Nicolás Bravo	11.28	10.00	2.43	112.78	161.73	396.43	121.45	6.07	111.82	239.44	48.53	7.28
20	Huaxtla	25.03	15.00	3.72	375.40	462.85	1,750.69	391.57	19.58	283.68	646.46	143.11	21.47
21	Kilate Sur	11.03	10.00	1.97	110.25	158.70	320.51	118.82	5.94	93.50	197.80	43.86	6.58
22	San Bartolo	14.43	15.00	2.88	216.46	282.72	811.32	228.39	11.42	173.33	384.32	84.68	12.70
23	Buenos Aires	15.94	15.00	3.32	239.17	308.46	1,020.25	251.71	12.59	204.54	457.56	96.61	14.49
24	Conta	18.60	15.00	3.29	279.07	353.68	1,169.03	292.67	14.63	217.54	488.82	107.82	16.17
25	Congregación Hidalgo	19.23	15.00	3.29	288.52	364.39	1,206.92	302.38	15.12	221.11	497.35	110.59	16.59
26	Teteyahualco	17.59	15.00	3.31	263.78	336.35	1,113.82	276.97	13.85	212.85	477.51	103.59	15.54
27	San Lucas	17.23	15.00	3.78	258.51	330.38	1,242.37	271.56	13.58	237.33	534.74	108.25	16.24
28	Tilapa	25.70	15.00	4.68	385.50	474.30	2,236.61	401.94	20.10	354.00	813.45	161.86	24.28
29	Hueytenantan	24.11	15.00	4.62	361.65	447.27	2,078.49	377.46	18.87	337.65	774.05	153.08	22.96
30	Yehuala	23.86	15.00	3.72	357.88	443.00	1,671.80	373.58	18.68	276.26	628.60	137.77	20.67
31	Tempextla	16.48	15.00	2.87	247.17	317.52	914.72	259.92	13.00	182.56	406.33	93.11	13.97
32	Tenepaniglia	10.17	10.00	1.95	101.74	148.49	295.20	109.97	5.50	89.78	189.18	41.26	6.19
33	Chagchaloyan	10.38	10.00	2.43	103.76	150.92	367.45	112.07	5.60	107.95	230.32	45.78	6.87
34	Quetzalapa	14.24	10.00	1.88	142.44	197.33	389.53	152.30	7.62	101.06	215.57	52.20	7.83
35	Filomeno Mata	9.35	10.00	2.45	93.49	138.59	336.84	101.39	5.07	104.20	221.40	42.80	6.42
36	Cacochón	9.02	10.00	1.99	90.19	134.63	269.35	97.96	4.90	87.02	182.65	38.25	5.74
37	Tapayula	15.41	15.00	2.87	231.20	299.42	858.33	243.52	12.18	177.25	393.70	88.61	13.29
38	Dos Ríos Viejo	17.75	15.00	3.32	266.18	339.07	1,129.66	279.44	13.97	214.84	482.22	104.55	15.68

TABLA III.12 Volúmenes de obra de las casas de máquinas.

No.	Proyecto	Dimensiones finales de la casa de máquinas			Limpieza y trazo (m ²)	Excavac. (m ³)	Relleno (m ³)	Plantilla fc=150 kg/cm ² (m ³)	Piso fc=200 kg/cm ² (m ³)	Malla (m ⁴)	Concreto en cimentac. fc=200 kg/cm ² (m ³)	Acero refzo. (ton)	Acero estruct. (ton)	Lámina Pintro (m ²)
		L (m)	B (m)	H (m)										
1	Tronconal	15.00	12.00	10.00	180.00	88.38	50.81	0.60	16.94	169.36	12.25	1.83	9.20	690.74
2	Loma de Rogel	11.00	8.00	10.00	88.00	43.13	24.80	0.29	8.27	82.65	5.98	0.89	4.49	337.08
3	La Moraleja	15.00	12.00	10.00	180.00	88.38	50.81	0.60	16.94	169.36	12.25	1.83	9.20	690.74
4	Los Frailes	15.00	12.00	10.00	180.00	88.38	50.81	0.60	16.94	169.36	12.25	1.83	9.20	690.74
5	San Lorenzo	11.00	8.00	10.00	88.00	43.13	24.80	0.29	8.27	82.65	5.98	0.89	4.49	337.08
6	La Bodega	13.00	10.00	10.00	130.00	63.81	36.68	0.43	12.23	122.28	8.84	1.32	6.64	498.71
7	Cerro Gordo	11.00	8.00	10.00	88.00	43.13	24.80	0.29	8.27	82.65	5.98	0.89	4.49	337.08
8	Santa Cruz	11.00	8.00	10.00	88.00	43.13	24.80	0.29	8.27	82.65	5.98	0.89	4.49	337.08
9	La Bolsa	11.00	8.00	10.00	88.00	43.13	24.80	0.29	8.27	82.65	5.98	0.89	4.49	337.08
10	Mata de Caña	11.00	8.00	10.00	88.00	43.13	24.80	0.29	8.27	82.65	5.98	0.89	4.49	337.08
11	Las Trancas	11.00	8.00	10.00	88.00	43.13	24.80	0.29	8.27	82.65	5.98	0.89	4.49	337.08
12	Los Cedros	11.00	8.00	10.00	88.00	43.13	24.80	0.29	8.27	82.65	5.98	0.89	4.49	337.08
13	Llano de Luna	11.00	8.00	10.00	88.00	43.13	24.80	0.29	8.27	82.65	5.98	0.89	4.49	337.08
14	Ocotillo	11.00	8.00	10.00	88.00	43.13	24.80	0.29	8.27	82.65	5.98	0.89	4.49	337.08
15	Corral Falso	11.00	8.00	10.00	88.00	43.13	24.80	0.29	8.27	82.65	5.98	0.89	4.49	337.08
16	La Zapatería	11.00	8.00	10.00	88.00	43.13	24.80	0.29	8.27	82.65	5.98	0.89	4.49	337.08
17	Huatamimilo	13.00	10.00	10.00	130.00	63.81	36.68	0.43	12.23	122.28	8.84	1.32	6.64	498.71
18	Chiconta	13.00	10.00	10.00	130.00	63.81	36.68	0.43	12.23	122.28	8.84	1.32	6.64	498.71
19	Nicolás Bravo	11.00	8.00	10.00	88.00	43.13	24.80	0.29	8.27	82.65	5.98	0.89	4.49	337.08
20	Huaxtla	13.00	10.00	10.00	130.00	63.81	36.68	0.43	12.23	122.28	8.84	1.32	6.64	498.71
21	Kilate Sur	11.00	8.00	10.00	88.00	43.13	24.80	0.29	8.27	82.65	5.98	0.89	4.49	337.08
22	San Bartolo	13.00	10.00	10.00	130.00	63.81	36.68	0.43	12.23	122.28	8.84	1.32	6.64	498.71
23	Buenos Aires	13.00	10.00	10.00	130.00	63.81	36.68	0.43	12.23	122.28	8.84	1.32	6.64	498.71
24	Conta	13.00	10.00	10.00	130.00	63.81	36.68	0.43	12.23	122.28	8.84	1.32	6.64	498.71
25	Congregación Hidalgo	13.00	10.00	10.00	130.00	63.81	36.68	0.43	12.23	122.28	8.84	1.32	6.64	498.71
26	Teteyahualco	13.00	10.00	10.00	130.00	63.81	36.68	0.43	12.23	122.28	8.84	1.32	6.64	498.71
27	San Lucas	13.00	10.00	10.00	130.00	63.81	36.68	0.43	12.23	122.28	8.84	1.32	6.64	498.71
28	Tilapa	13.00	10.00	10.00	130.00	63.81	36.68	0.43	12.23	122.28	8.84	1.32	6.64	498.71
29	Hueytenant	15.00	12.00	10.00	180.00	88.38	50.81	0.60	16.94	169.36	12.25	1.83	9.20	690.74
30	Yehuala	13.00	10.00	10.00	130.00	63.81	36.68	0.43	12.23	122.28	8.84	1.32	6.64	498.71
31	Tempextla	13.00	10.00	10.00	130.00	63.81	36.68	0.43	12.23	122.28	8.84	1.32	6.64	498.71
32	Tenepanigla	13.00	10.00	10.00	130.00	63.81	36.68	0.43	12.23	122.28	8.84	1.32	6.64	498.71
33	Chagchaloyan	13.00	10.00	10.00	130.00	63.81	36.68	0.43	12.23	122.28	8.84	1.32	6.64	498.71
34	Quetzalapa	15.00	12.00	10.00	180.00	88.38	50.81	0.60	16.94	169.36	12.25	1.83	9.20	690.74
35	Filomeno Mata	11.00	8.00	10.00	88.00	43.13	24.80	0.29	8.27	82.65	5.98	0.89	4.49	337.08
36	Cacochón	11.00	8.00	10.00	88.00	43.13	24.80	0.29	8.27	82.65	5.98	0.89	4.49	337.08
37	Tapayula	13.00	10.00	10.00	130.00	63.81	36.68	0.43	12.23	122.28	8.84	1.32	6.64	498.71
38	Dos Ríos Viejo	13.00	10.00	10.00	130.00	63.81	36.68	0.43	12.23	122.28	8.84	1.32	6.64	498.71



**Tabla III.13 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: TRONCONAL**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	3,112.81	127.73	397,599.22
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	2,631.56	49.45	130,130.64
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	334.40	2,045.53	684,025.23
				SUBTOTAL	1,211,755.09
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	130.41	11.01	1,435.81
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	446.49	149.03	66,540.40
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	6.99	2,045.41	14,296.39
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	117.81	75.52	8,897.01
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	253.70	357.09	90,593.73
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	53.56	2,118.31	113,456.68
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	8.03	21,424.50	172,038.74
				SUBTOTAL	467,258.76
1.4	Tubería a presión	m	477.07	12,531.83	5,978,560.14
				SUBTOTAL	5,978,560.14
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	180.00	11.01	1,981.80
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	88.38	149.03	13,171.27
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	50.81	75.52	3,837.17
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.60	2,045.41	1,227.25
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	16.94	2,118.31	35,884.17
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	169.36	42.31	7,165.62
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	12.25	2,118.31	25,949.30
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.83	21,424.50	39,206.84
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	9.20	51,531.50	474,089.80
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	690.74	205.00	141,601.70
				SUBTOTAL	744,114.92
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	3,988,134.47	3,988,134.47
2.2	Generador	pza.	1.00	4,105,140.00	4,105,140.00
2.3	Subestación	kVA	2.77	250,000.00	692,500.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.30	2,700,000.00	810,000.00
				SUBTOTAL	9,595,774.47
	INDIRECTOS (4%)			SUMA	25,969,606.98
				SUMA	1,038,784.28
	UTILIDAD (8%)			SUMA	27,008,391.26
				SUMA	2,160,671.30
	IVA (16%)			SUMA	29,169,062.56
				SUMA	4,667,050.01
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)			SUMA	33,836,112.57
				SUMA	1,691,805.63
				TOTAL	35,527,918.20

**Tabla III.14 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: LOMA DE ROGEL**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	23,480.60	127.73	2,999,177.04
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	18,669.20	49.45	923,191.94
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	2,059.20	2,045.53	4,212,155.38
				SUBTOTAL	8,134,524.36
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	288.51	11.01	3,176.50
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	1,213.48	149.03	180,844.92
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	15.12	2,045.41	30,922.51
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	222.23	75.52	16,782.81
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	499.97	357.09	178,534.29
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	110.85	2,118.31	234,814.66
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	16.63	21,424.50	356,289.44
				SUBTOTAL	1,001,365.13
1.4	Tubería a presión	m	509.90	16,913.52	8,624,203.85
				SUBTOTAL	8,624,203.85
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	88.00	11.01	968.88
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	43.13	149.03	6,427.66
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	24.80	75.52	1,872.90
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.29	2,045.41	593.17
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	8.27	2,118.31	17,518.42
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	82.65	42.31	3,496.92
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	5.98	2,118.31	12,667.49
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	0.89	21,424.50	19,067.81
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	4.49	51,531.50	231,376.44
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	337.08	205.00	69,101.40
				SUBTOTAL	363,091.09
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	3,645,483.55	3,645,483.55
2.2	Generador	pza.	1.00	3,467,880.00	3,467,880.00
2.3	Subestación	kVA	2.34	250,000.00	585,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.80	2,700,000.00	2,160,000.00
				SUBTOTAL	9,858,363.55
				SUMA	35,953,691.58
	INDIRECTOS (4%)				1,438,147.66
				SUMA	37,391,839.24
	UTILIDAD (8%)				2,991,347.14
				SUMA	40,383,186.38
	IVA (16%)				6,461,309.82
				SUMA	46,844,496.20
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				2,342,224.81
				TOTAL	49,186,721.01

**Tabla III.15 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: LA MORALEJA**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación (2)				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	1,520.00	11.01	16,735.20
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	1,200.00	275.61	330,732.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	10,800.00	1,444.15	15,596,820.00
				SUBTOTAL	15,944,287.20
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	4,709.03	127.73	601,484.40
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	4,174.66	49.45	206,436.94
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	507.68	2,045.53	1,038,474.67
				SUBTOTAL	1,846,396.01
1.3	Túnel de conducción				
1.3.1	Excavación en material común p/túneles	m ³	725.00	127.73	92,604.25
1.3.2	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	156.00	2,045.53	319,102.68
				SUBTOTAL	411,706.93
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	142.90	11.01	1,573.33
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	398.68	149.03	59,415.28
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	7.64	2,045.41	15,624.89
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	103.05	75.52	7,782.34
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	220.16	357.09	78,616.93
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	52.75	2,118.31	111,740.85
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	7.91	21,424.50	169,467.80
				SUBTOTAL	444,221.42
1.4	Tubería a presión	m	796.49	8,336.27	6,639,755.69
				SUBTOTAL	6,639,755.69
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	180.00	11.01	1,981.80
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	88.38	149.03	13,171.27
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	50.81	75.52	3,837.17
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.60	2,045.41	1,227.25
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	16.94	2,118.31	35,884.17
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	169.36	42.31	7,165.62
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	12.25	2,118.31	25,949.30
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.83	21,424.50	39,206.84
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	9.20	51,531.50	474,089.80
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	690.74	205.00	141,601.70
				SUBTOTAL	744,114.92
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	3,772,443.12	3,772,443.12
2.2	Generador	pza.	1.00	3,705,000.00	3,705,000.00
2.3	Subestación	kVA	2.50	250,000.00	625,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.90	2,700,000.00	2,430,000.00
				SUBTOTAL	10,532,443.12
				SUMA	36,562,925.29
	INDIRECTOS (4%)				1,462,517.01
				SUMA	38,025,442.30
	UTILIDAD (8%)				3,042,035.38
				SUMA	41,067,477.68
	IVA (16%)				6,570,796.43
				SUMA	47,638,274.11
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				2,381,913.71
				TOTAL	50,020,187.82

**Tabla III.16 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: LOS FRAILES**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación (2)				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	1,520.00	11.01	16,735.20
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	1,200.00	275.61	330,732.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	10,800.00	1,444.15	15,596,820.00
				SUBTOTAL	15,944,287.20
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	94,146.00	127.73	12,025,268.58
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	63,530.00	49.45	3,141,558.50
1.2.3	Concreto fc = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	4,568.32	2,045.53	9,344,635.61
				SUBTOTAL	24,511,462.69
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	493.54	11.01	5,433.88
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	2,806.38	149.03	418,234.81
1.3.3	Plantilla de concreto fc = 150 kg/cm ²	m ³	25.64	2,045.41	52,451.47
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	406.16	75.52	30,673.20
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	940.04	357.09	335,678.88
1.3.6	Concreto fc = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	196.41	2,118.31	416,057.27
1.3.7	Acero de refuerzo fy = 4,200 kg/cm ²	ton	29.46	21,424.50	631,165.77
				SUBTOTAL	1,889,695.28
1.4	Tubería a presión	m	465.73	23,394.89	10,895,702.12
				SUBTOTAL	10,895,702.12
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	180.00	11.01	1,981.80
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	88.38	149.03	13,171.27
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	50.81	75.52	3,837.17
1.5.4	Plantilla de concreto fc = 150 kg/cm ²	m ³	0.60	2,045.41	1,227.25
1.5.5	Piso de concreto fc = 200 kg/cm ²	m ³	16.94	2,118.31	35,884.17
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	169.36	42.31	7,165.62
1.5.7	Concreto fc = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	12.25	2,118.31	25,949.30
1.5.8	Acero de refuerzo fy = 4,200 kg/cm ²	ton	1.83	21,424.50	39,206.84
1.5.9	Acero estructural fy = 2,530 kg/cm ²	ton	9.20	51,531.50	474,089.80
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	690.74	205.00	141,601.70
				SUBTOTAL	744,114.92
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	9,414,660.61	9,414,660.61
2.2	Generador	pza.	1.00	11,796,720.00	11,796,720.00
2.3	Subestación	kVA	7.96	250,000.00	1,990,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.10	2,700,000.00	270,000.00
				SUBTOTAL	23,471,380.61
				SUMA	77,456,642.82
	INDIRECTOS (4%)				3,098,265.71
				SUMA	80,554,908.53
	UTILIDAD (8%)				6,444,392.68
				SUMA	86,999,301.21
	IVA (16%)				13,919,888.19
				SUMA	100,919,189.40
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				5,045,959.47
				TOTAL	105,965,148.87

**Tabla III.17 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: SAN LORENZO**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	2,506.88	127.73	320,203.78
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	2,212.50	49.45	109,408.13
1.2.3	Concreto fc = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	330.00	2,045.53	675,024.90
				SUBTOTAL	1,104,636.81
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	89.49	11.01	985.28
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	211.55	149.03	31,527.30
1.3.3	Plantilla de concreto fc = 150 kg/cm ²	m ³	4.86	2,045.41	9,943.76
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	70.94	75.52	5,357.39
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	146.54	357.09	52,327.97
1.3.6	Concreto fc = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	34.50	2,118.31	73,081.70
1.3.7	Acero de refuerzo fy = 4,200 kg/cm ²	ton	5.18	21,424.50	110,978.91
				SUBTOTAL	284,202.31
1.4	Tubería a presión	m	316.23	5,092.84	1,610,508.79
				SUBTOTAL	1,610,508.79
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	88.00	11.01	968.88
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	43.13	149.03	6,427.66
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	24.80	75.52	1,872.90
1.5.4	Plantilla de concreto fc = 150 kg/cm ²	m ³	0.29	2,045.41	593.17
1.5.5	Piso de concreto fc = 200 kg/cm ²	m ³	8.27	2,118.31	17,518.42
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	82.65	42.31	3,496.92
1.5.7	Concreto fc = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	5.98	2,118.31	12,667.49
1.5.8	Acero de refuerzo fy = 4,200 kg/cm ²	ton	0.89	21,424.50	19,067.81
1.5.9	Acero estructural fy = 2,530 kg/cm ²	ton	4.49	51,531.50	231,376.44
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	337.08	205.00	69,101.40
				SUBTOTAL	363,091.09
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	1,374,876.40	1,374,876.40
2.2	Generador	pza.	1.00	563,160.00	563,160.00
2.3	Subestación	kVA	0.38	250,000.00	95,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.90	2,700,000.00	2,430,000.00
				SUBTOTAL	4,463,036.40
	INDIRECTOS (4%)			SUMA	15,797,619.00
					631,904.76
	UTILIDAD (8%)			SUMA	16,429,523.76
					1,314,361.90
	IVA (16%)			SUMA	17,743,885.66
					2,839,021.71
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)			SUMA	20,582,907.37
					1,029,145.37
				TOTAL	21,612,052.74

**Tabla III.18 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: LA BODEGA**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación (2)				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	1,520.00	11.01	16,735.20
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	1,200.00	275.61	330,732.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	10,800.00	1,444.15	15,596,820.00
				SUBTOTAL	15,944,287.20
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	4,930.00	127.73	629,708.90
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	4,545.00	49.45	224,750.25
1.2.3	Concreto fc = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	592.40	2,045.53	1,211,771.97
				SUBTOTAL	2,066,231.12
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	116.49	11.01	1,282.55
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	286.95	149.03	42,764.16
1.3.3	Plantilla de concreto fc = 150 kg/cm ²	m ³	6.27	2,045.41	12,815.52
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	83.10	75.52	6,275.71
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	174.31	357.09	62,244.36
1.3.6	Concreto fc = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	42.78	2,118.31	90,621.30
1.3.7	Acero de refuerzo fy = 4,200 kg/cm ²	ton	6.42	21,424.50	137,545.29
				SUBTOTAL	353,548.89
1.4	Tubería a presión	m	632.46	5,688.33	3,597,641.19
				SUBTOTAL	3,597,641.19
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	130.00	11.01	1,431.30
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	63.81	149.03	9,509.60
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	36.68	75.52	2,770.07
1.5.4	Plantilla de concreto fc = 150 kg/cm ²	m ³	0.43	2,045.41	879.53
1.5.5	Piso de concreto fc = 200 kg/cm ²	m ³	12.23	2,118.31	25,906.93
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	122.28	42.31	5,173.67
1.5.7	Concreto fc = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	8.84	2,118.31	18,725.86
1.5.8	Acero de refuerzo fy = 4,200 kg/cm ²	ton	1.32	21,424.50	28,280.34
1.5.9	Acero estructural fy = 2,530 kg/cm ²	ton	6.64	51,531.50	342,169.16
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	498.71	205.00	102,235.55
				SUBTOTAL	537,082.01
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	2,318,242.91	2,318,242.91
2.2	Generador	pza.	1.00	1,496,820.00	1,496,820.00
2.3	Subestación	kVA	1.01	250,000.00	252,500.00
2.4	Línea de transmisión	km	1.50	2,700,000.00	4,050,000.00
				SUBTOTAL	8,117,562.91
	INDIRECTOS (4%)			SUMA	30,616,353.32
				SUMA	1,224,654.13
	UTILIDAD (8%)			SUMA	31,841,007.45
				SUMA	2,547,280.60
	IVA (16%)			SUMA	34,388,288.05
				SUMA	5,502,126.09
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)			SUMA	39,890,414.14
				SUMA	1,994,520.71
				TOTAL	41,884,934.85

**Tabla III.19 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: CERRO GORDO**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	7,680.97	127.73	981,090.30
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	6,559.72	49.45	324,378.15
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	838.24	2,045.53	1,714,645.07
				SUBTOTAL	3,020,113.52
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	93.48	11.01	1,029.21
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	275.76	149.03	41,096.51
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	5.07	2,045.41	10,368.18
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	87.53	75.52	6,610.27
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	183.89	357.09	65,665.28
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	39.04	2,118.31	82,698.82
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	5.86	21,424.50	125,547.57
				SUBTOTAL	333,015.84
1.4	Tubería a presión	m	223.61	8,354.71	1,868,196.70
				SUBTOTAL	1,868,196.70
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	88.00	11.01	968.88
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	43.13	149.03	6,427.66
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	24.80	75.52	1,872.90
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.29	2,045.41	593.17
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	8.27	2,118.31	17,518.42
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	82.65	42.31	3,496.92
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	5.98	2,118.31	12,667.49
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	0.89	21,424.50	19,067.81
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	4.49	51,531.50	231,376.44
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	337.08	205.00	69,101.40
				SUBTOTAL	363,091.09
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	2,179,124.49	2,179,124.49
2.2	Generador	pza.	1.00	1,333,800.00	1,333,800.00
2.3	Subestación	kVA	0.90	250,000.00	225,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	1.70	2,700,000.00	4,590,000.00
				SUBTOTAL	8,327,924.49
	INDIRECTOS (4%)			SUMA	21,884,485.24
				SUMA	875,379.41
	UTILIDAD (8%)			SUMA	22,759,864.65
				SUMA	1,820,789.17
	IVA (16%)			SUMA	24,580,653.82
				SUMA	3,932,904.61
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)			SUMA	28,513,558.43
				SUMA	1,425,677.92
				TOTAL	29,939,236.35

**Tabla III.20 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: SANTA CRUZ**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	15,564.06	127.73	1,987,997.38
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	13,157.81	49.45	650,653.70
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	1,672.00	2,045.53	3,420,126.16
				SUBTOTAL	6,058,777.24
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	123.99	11.01	1,365.13
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	432.48	149.03	64,452.49
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	6.66	2,045.41	13,613.23
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	116.62	75.52	8,807.14
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	250.78	357.09	89,551.03
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	51.96	2,118.31	110,067.39
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	7.79	21,424.50	166,896.86
				SUBTOTAL	454,753.27
1.4	Tubería a presión	m	412.31	12,546.56	5,173,072.15
				SUBTOTAL	5,173,072.15
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	88.00	11.01	968.88
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	43.13	149.03	6,427.66
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	24.80	75.52	1,872.90
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.29	2,045.41	593.17
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	8.27	2,118.31	17,518.42
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	82.65	42.31	3,496.92
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	5.98	2,118.31	12,667.49
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	0.89	21,424.50	19,067.81
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	4.49	51,531.50	231,376.44
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	337.08	205.00	69,101.40
				SUBTOTAL	363,091.09
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	2,356,261.29	2,356,261.29
2.2	Generador	pza.	1.00	1,541,280.00	1,541,280.00
2.3	Subestación	kVA	1.04	250,000.00	260,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.40	2,700,000.00	1,080,000.00
				SUBTOTAL	5,237,541.29
				SUMA	25,259,378.64
	INDIRECTOS (4%)				1,010,375.15
				SUMA	26,269,753.79
	UTILIDAD (8%)				2,101,580.30
				SUMA	28,371,334.09
	IVA (16%)				4,539,413.45
				SUMA	32,910,747.54
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				1,645,537.38
				TOTAL	34,556,284.92

**Tabla III.21 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: LA BOLSA**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	7,473.38	127.73	954,574.83
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	6,737.25	49.45	333,157.01
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	923.52	2,045.53	1,889,087.87
				SUBTOTAL	3,176,819.71
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	65.99	11.01	726.55
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	199.00	149.03	29,656.97
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	3.67	2,045.41	7,509.72
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	70.06	75.52	5,290.93
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	143.60	357.09	51,278.12
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	28.87	2,118.31	61,155.61
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	4.33	21,424.50	92,768.09
				SUBTOTAL	248,385.99
1.4	Tubería a presión	m	412.31	5,695.68	2,348,385.82
				SUBTOTAL	2,348,385.82
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	88.00	11.01	968.88
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	43.13	149.03	6,427.66
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	24.80	75.52	1,872.90
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.29	2,045.41	593.17
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	8.27	2,118.31	17,518.42
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	82.65	42.31	3,496.92
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	5.98	2,118.31	12,667.49
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	0.89	21,424.50	19,067.81
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	4.49	51,531.50	231,376.44
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	337.08	205.00	69,101.40
				SUBTOTAL	363,091.09
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	1,505,449.38	1,505,449.38
2.2	Generador	pza.	1.00	681,720.00	681,720.00
2.3	Subestación	kVA	0.46	250,000.00	115,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.50	2,700,000.00	1,350,000.00
				SUBTOTAL	3,652,169.38
	INDIRECTOS (4%)			SUMA	17,760,995.59
				SUMA	710,439.82
	UTILIDAD (8%)			SUMA	18,471,435.41
				SUMA	1,477,714.83
	IVA (16%)			SUMA	19,949,150.24
				SUMA	3,191,864.04
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)			SUMA	23,141,014.28
				SUMA	1,157,050.71
				TOTAL	24,298,064.99

**Tabla III.22 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: MATA DE CAÑA**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	18,588.28	127.73	2,374,281.00
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	16,478.91	49.45	814,882.10
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	2,022.00	2,045.53	4,136,061.66
				SUBTOTAL	7,325,224.76
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	109.00	11.01	1,200.09
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	317.15	149.03	47,264.86
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	5.88	2,045.41	12,017.81
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	93.05	75.52	7,027.14
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	196.76	357.09	70,261.03
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	43.49	2,118.31	92,125.30
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	6.52	21,424.50	139,687.74
				SUBTOTAL	369,583.97
1.4	Tubería a presión	m	412.31	8,354.71	3,444,730.48
				SUBTOTAL	3,444,730.48
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	88.00	11.01	968.88
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	43.13	149.03	6,427.66
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	24.80	75.52	1,872.90
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.29	2,045.41	593.17
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	8.27	2,118.31	17,518.42
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	82.65	42.31	3,496.92
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	5.98	2,118.31	12,667.49
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	0.89	21,424.50	19,067.81
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	4.49	51,531.50	231,376.44
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	337.08	205.00	69,101.40
				SUBTOTAL	363,091.09
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	1,783,433.38	1,783,433.38
2.2	Generador	pza.	1.00	918,840.00	918,840.00
2.3	Subestación	kVA	0.62	250,000.00	155,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.20	2,700,000.00	540,000.00
				SUBTOTAL	3,397,273.38
	INDIRECTOS (4%)			SUMA	22,872,047.28
				SUMA	914,881.89
	UTILIDAD (8%)			SUMA	23,786,929.17
				SUMA	1,902,954.33
	IVA (16%)			SUMA	25,689,883.50
				SUMA	4,110,381.36
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)			SUMA	29,800,264.86
				SUMA	1,490,013.24
				TOTAL	31,290,278.10

**Tabla III.23 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: LAS TRANCAS**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	2,131.50	127.73	272,256.50
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	2,422.00	49.45	119,767.90
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	432.32	2,045.53	884,323.53
				SUBTOTAL	1,276,347.93
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	51.08	11.01	562.39
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	114.00	149.03	16,989.42
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	2.87	2,045.41	5,863.17
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	45.71	75.52	3,452.02
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	89.22	357.09	31,859.57
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	20.33	2,118.31	43,065.24
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	3.05	21,424.50	65,344.73
				SUBTOTAL	167,136.54
1.4	Tubería a presión	m	412.31	3,567.64	1,470,973.65
				SUBTOTAL	1,470,973.65
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	88.00	11.01	968.88
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	43.13	149.03	6,427.66
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	24.80	75.52	1,872.90
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.29	2,045.41	593.17
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	8.27	2,118.31	17,518.42
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	82.65	42.31	3,496.92
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	5.98	2,118.31	12,667.49
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	0.89	21,424.50	19,067.81
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	4.49	51,531.50	231,376.44
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	337.08	205.00	69,101.40
				SUBTOTAL	363,091.09
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	832,268.55	832,268.55
2.2	Generador	pza.	1.00	222,300.00	222,300.00
2.3	Subestación	kVA	0.15	250,000.00	37,500.00
2.4	Línea de transmisión	km	2.60	2,700,000.00	7,020,000.00
				SUBTOTAL	8,112,068.55
	INDIRECTOS (4%)			SUMA	19,361,761.36
				SUMA	774,470.45
	UTILIDAD (8%)			SUMA	20,136,231.81
				SUMA	1,610,898.54
	IVA (16%)			SUMA	21,747,130.35
				SUMA	3,479,540.86
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)			SUMA	25,226,671.21
				SUMA	1,261,333.56
				TOTAL	26,488,004.77

**Tabla III.24 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: LOS CEDROS**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	7,281.75	127.73	930,097.93
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	6,564.50	49.45	324,614.53
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	899.84	2,045.53	1,840,649.72
				SUBTOTAL	3,095,362.18
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	121.88	11.01	1,341.90
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	351.52	149.03	52,387.03
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	6.55	2,045.41	13,388.23
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	97.63	75.52	7,373.02
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	207.44	357.09	74,074.75
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	47.19	2,118.31	99,963.05
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	7.08	21,424.50	151,685.46
				SUBTOTAL	400,213.44
1.4	Tubería a presión	m	559.02	8,354.71	4,670,449.98
				SUBTOTAL	4,670,449.98
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	88.00	11.01	968.88
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	43.13	149.03	6,427.66
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	24.80	75.52	1,872.90
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.29	2,045.41	593.17
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	8.27	2,118.31	17,518.42
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	82.65	42.31	3,496.92
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	5.98	2,118.31	12,667.49
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	0.89	21,424.50	19,067.81
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	4.49	51,531.50	231,376.44
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	337.08	205.00	69,101.40
				SUBTOTAL	363,091.09
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	1,532,177.58	1,532,177.58
2.2	Generador	pza.	1.00	696,540.00	696,540.00
2.3	Subestación	kVA	0.47	250,000.00	117,500.00
2.4	Línea de transmisión	km	1.20	2,700,000.00	3,240,000.00
				SUBTOTAL	5,586,217.58
	INDIRECTOS (4%)			SUMA	22,087,477.87
				SUMA	883,499.11
	UTILIDAD (8%)			SUMA	22,970,976.98
				SUMA	1,837,678.16
	IVA (16%)			SUMA	24,808,655.14
				SUMA	3,969,384.82
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)			SUMA	28,778,039.96
				SUMA	1,438,902.00
				TOTAL	30,216,941.96

**Tabla III.25 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: LLANO DE LUNA**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	16,109.84	127.73	2,057,709.86
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	14,281.72	49.45	706,231.05
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	1,752.40	2,045.53	3,584,586.77
				SUBTOTAL	6,348,527.68
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	109.00	11.01	1,200.09
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	317.15	149.03	47,264.86
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	5.88	2,045.41	12,017.81
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	93.05	75.52	7,027.14
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	196.76	357.09	70,261.03
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	43.49	2,118.31	92,125.30
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	6.52	21,424.50	139,687.74
				SUBTOTAL	369,583.97
1.4	Tubería a presión	m	412.31	8,354.71	3,444,730.48
				SUBTOTAL	3,444,730.48
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	88.00	11.01	968.88
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	43.13	149.03	6,427.66
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	24.80	75.52	1,872.90
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.29	2,045.41	593.17
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	8.27	2,118.31	17,518.42
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	82.65	42.31	3,496.92
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	5.98	2,118.31	12,667.49
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	0.89	21,424.50	19,067.81
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	4.49	51,531.50	231,376.44
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	337.08	250.00	84,270.00
				SUBTOTAL	378,259.69
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	1,783,433.38	1,783,433.38
2.2	Generador	pza.	1.00	918,840.00	918,840.00
2.3	Subestación	kVA	0.62	250,000.00	155,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.60	2,700,000.00	1,620,000.00
				SUBTOTAL	4,477,273.38
	INDIRECTOS (4%)			SUMA	22,990,518.80
					919,620.75
	UTILIDAD (8%)			SUMA	23,910,139.55
					1,912,811.16
	IVA (16%)			SUMA	25,822,950.71
					4,131,672.11
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)			SUMA	29,954,622.82
					1,497,731.14
				TOTAL	31,452,353.96

**Tabla III.26 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: OCOTILLO**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación (2)				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	1,520.00	11.01	16,735.20
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	1,200.00	275.61	330,732.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	10,800.00	1,444.15	15,596,820.00
				SUBTOTAL	15,944,287.20
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	29,542.19	127.73	3,773,423.93
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	25,229.69	49.45	1,247,608.17
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	3,224.00	2,045.53	6,594,788.72
				SUBTOTAL	11,615,820.82
1.3	Túnel de conducción				
1.3.1	Excavación en material común p/túneles	m ³	1,740.00	127.73	222,250.20
1.3.2	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	374.40	2,045.53	765,846.43
				SUBTOTAL	988,096.63
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	134.87	11.01	1,484.92
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	467.43	149.03	69,661.09
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	7.22	2,045.41	14,769.91
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	121.28	75.52	9,159.07
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	261.78	357.09	93,479.02
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	55.27	2,118.31	117,078.99
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	8.29	21,424.50	177,609.11
				SUBTOTAL	483,242.11
1.4	Tubería a presión	m	509.90	12,546.56	6,397,490.94
				SUBTOTAL	6,397,490.94
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	88.00	11.01	968.88
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	43.13	149.03	6,427.66
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	24.80	75.52	1,872.90
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.29	2,045.41	593.17
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	8.27	2,118.31	17,518.42
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	82.65	42.31	3,496.92
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	5.98	2,118.31	12,667.49
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	0.89	21,424.50	19,067.81
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	4.49	51,531.50	231,376.44
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	337.08	205.00	69,101.40
				SUBTOTAL	363,091.09
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	2,223,759.32	2,223,759.32
2.2	Generador	pza.	1.00	1,393,080.00	1,393,080.00
2.3	Subestación	kVA	0.94	250,000.00	235,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	1.70	2,700,000.00	4,590,000.00
				SUBTOTAL	8,441,839.32
				SUMA	44,233,868.11
	INDIRECTOS (4%)				1,769,354.72
				SUMA	46,003,222.83
	UTILIDAD (8%)				3,680,257.83
				SUMA	49,683,480.66
	IVA (16%)				7,949,356.91
				SUMA	57,632,837.57
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				2,881,641.88
				TOTAL	60,514,479.45

**Tabla III.27 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: CORRAL FALSO**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	11,602.94	127.73	1,482,043.53
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	10,145.44	49.45	501,692.01
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	1,281.28	2,045.53	2,620,896.68
				SUBTOTAL	4,604,632.22
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	101.16	11.01	1,113.77
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	296.25	149.03	44,150.14
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	5.47	2,045.41	11,184.30
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	90.26	75.52	6,816.44
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	190.26	357.09	67,939.94
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	41.25	2,118.31	87,380.29
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	6.19	21,424.50	132,617.66
				SUBTOTAL	351,202.54
1.4	Tubería a presión	m	316.23	8,354.71	2,642,009.94
				SUBTOTAL	2,642,009.94
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	88.00	11.01	968.88
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	43.13	149.03	6,427.66
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	24.80	75.52	1,872.90
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.29	2,045.41	593.17
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	8.27	2,118.31	17,518.42
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	82.65	42.31	3,496.92
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	5.98	2,118.31	12,667.49
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	0.89	21,424.50	19,067.81
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	4.49	51,531.50	231,376.44
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	337.08	205.00	69,101.40
				SUBTOTAL	363,091.09
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	1,957,775.05	1,957,775.05
2.2	Generador	pza.	1.00	1,096,680.00	1,096,680.00
2.3	Subestación	kVA	0.74	250,000.00	185,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	2.00	2,700,000.00	5,400,000.00
				SUBTOTAL	8,639,455.05
	INDIRECTOS (4%)			SUMA	24,572,534.44
				SUMA	982,901.38
	UTILIDAD (8%)			SUMA	25,555,435.82
				SUMA	2,044,434.87
	IVA (16%)			SUMA	27,599,870.69
				SUMA	4,415,979.31
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)			SUMA	32,015,850.00
				SUMA	1,600,792.50
				TOTAL	33,616,642.50

**Tabla III.28 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: LA ZAPATERÍA**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	11,182.50	127.73	1,428,340.73
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	9,657.50	49.45	477,563.38
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	1,248.00	2,045.53	2,552,821.44
				SUBTOTAL	4,458,725.55
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	112.07	11.01	1,233.89
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	396.98	149.03	59,161.93
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	6.04	2,045.41	12,345.07
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	112.22	75.52	8,474.85
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	240.33	357.09	85,819.44
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	48.48	2,118.31	102,695.67
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	7.27	21,424.50	155,756.12
				SUBTOTAL	425,486.97
1.4	Tubería a presión	m	316.23	12,553.78	3,969,881.85
				SUBTOTAL	3,969,881.85
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	88.00	11.01	968.88
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	43.13	149.03	6,427.66
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	24.80	75.52	1,872.90
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.29	2,045.41	593.17
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	8.27	2,118.31	17,518.42
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	82.65	42.31	3,496.92
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	5.98	2,118.31	12,667.49
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	0.89	21,424.50	19,067.81
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	4.49	51,531.50	231,376.44
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	337.08	205.00	69,101.40
				SUBTOTAL	363,091.09
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	2,136,674.50	2,136,674.50
2.2	Generador	pza.	1.00	1,289,340.00	1,289,340.00
2.3	Subestación	kVA	0.87	250,000.00	217,500.00
2.4	Línea de transmisión	km	1.50	2,700,000.00	4,050,000.00
				SUBTOTAL	7,693,514.50
	INDIRECTOS (4%)			SUMA	24,882,843.56
				SUMA	995,313.74
	UTILIDAD (8%)			SUMA	25,878,157.30
				SUMA	2,070,252.58
	IVA (16%)			SUMA	27,948,409.88
				SUMA	4,471,745.58
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)			SUMA	32,420,155.46
				SUMA	1,621,007.77
				TOTAL	34,041,163.23

**Tabla III.29 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: HUATAMIMILLO**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación (3)				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	2,280.00	11.01	25,102.80
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	1,800.00	275.61	496,098.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	16,200.00	1,444.15	23,395,230.00
				SUBTOTAL	23,916,430.80
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	24,966.00	127.73	3,188,907.18
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	21,717.00	49.45	1,073,905.65
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	2,672.16	2,045.53	5,465,983.44
				SUBTOTAL	9,728,796.27
1.3	Túnel de conducción				
1.3.1	Excavación en material común p/túneles	m ³	3,477.00	127.73	444,117.21
1.3.2	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	487.16	2,045.53	996,500.39
				SUBTOTAL	1,440,617.60
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	320.41	11.01	3,527.71
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	1,753.90	149.03	261,383.72
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	16.76	2,045.41	34,271.87
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	300.71	75.52	22,709.62
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	685.55	357.09	244,803.05
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	135.87	2,118.31	287,814.78
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	20.38	21,424.50	436,631.31
				SUBTOTAL	1,291,142.06
1.4	Tubería a presión	m	170.00	21,307.51	3,622,276.70
				SUBTOTAL	3,622,276.70
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	130.00	11.01	1,431.30
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	63.81	149.03	9,509.60
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	36.68	75.52	2,770.07
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.43	2,045.41	879.53
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	12.23	2,118.31	25,906.93
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	122.28	42.31	5,173.67
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	8.84	2,118.31	18,725.86
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.32	21,424.50	28,280.34
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	6.64	51,531.50	342,169.16
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	498.71	205.00	102,235.55
				SUBTOTAL	537,082.01
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	8,963,433.07	8,963,433.07
2.2	Generador	pza.	1.00	6,239,220.00	6,239,220.00
2.3	Subestación	kVA	4.21	250,000.00	1,052,500.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.50	2,700,000.00	1,350,000.00
				SUBTOTAL	17,605,153.07
				SUMA	58,141,498.51
	INDIRECTOS (4%)				2,325,659.94
				SUMA	60,467,158.45
	UTILIDAD (8%)				4,837,372.68
				SUMA	65,304,531.13
	IVA (16%)				10,448,724.98
				SUMA	75,753,256.11
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				3,787,662.81
				TOTAL	79,540,918.92

**Tabla III.30 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: CHICONTA**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	18,328.38	127.73	2,341,083.98
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	12,311.00	49.45	608,778.95
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	835.12	2,045.53	1,708,263.01
				SUBTOTAL	4,658,125.94
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	328.92	11.01	3,621.41
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	1,564.00	149.03	233,082.92
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	17.19	2,045.41	35,165.71
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	267.60	75.52	20,209.15
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	607.61	357.09	216,971.45
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	129.80	2,118.31	274,956.64
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	19.47	21,424.50	417,135.02
				SUBTOTAL	1,201,142.30
1.4	Tubería a presión	m	180.28	19,088.32	3,441,242.33
				SUBTOTAL	3,441,242.33
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	130.00	11.01	1,431.30
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	63.81	149.03	9,509.60
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	36.68	75.52	2,770.07
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.43	2,045.41	879.53
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	12.23	2,118.31	25,906.93
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	122.28	42.31	5,173.67
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	8.84	2,118.31	18,725.86
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.32	21,424.50	28,280.34
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	6.64	51,531.50	342,169.16
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	498.71	205.00	102,235.55
				SUBTOTAL	537,082.01
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	8,935,241.36	8,935,241.36
2.2	Generador	pza.	1.00	6,743,100.00	6,743,100.00
2.3	Subestación	kVA	4.55	250,000.00	1,137,500.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.85	2,700,000.00	2,295,000.00
				SUBTOTAL	19,110,841.36
				SUMA	36,920,577.54
	INDIRECTOS (4%)				1,476,823.10
				SUMA	38,397,400.64
	UTILIDAD (8%)				3,071,792.05
				SUMA	41,469,192.69
	IVA (16%)				6,635,070.83
				SUMA	48,104,263.52
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				2,405,213.18
				TOTAL	50,509,476.70

**Tabla III.31 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: NICOLÁS BRAVO**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	5,831.00	127.73	744,793.63
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	4,842.88	49.45	239,480.42
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	587.52	2,045.53	1,201,789.79
				SUBTOTAL	2,186,063.84
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	112.78	11.01	1,241.71
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	396.43	149.03	59,079.96
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	6.07	2,045.41	12,420.75
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	111.82	75.52	8,444.65
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	239.44	357.09	85,501.63
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	48.53	2,118.31	102,801.58
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	7.28	21,424.50	155,970.36
				SUBTOTAL	425,460.64
1.4	Tubería a presión	m	316.23	12,546.56	3,967,598.67
				SUBTOTAL	3,967,598.67
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	88.00	11.01	968.88
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	43.13	149.03	6,427.66
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	24.80	75.52	1,872.90
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.29	2,045.41	593.17
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	8.27	2,118.31	17,518.42
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	82.65	42.31	3,496.92
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	5.98	2,118.31	12,667.49
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	0.89	21,424.50	19,067.81
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	4.49	51,531.50	231,376.44
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	337.08	205.00	69,101.40
				SUBTOTAL	363,091.09
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	2,427,650.45	2,427,650.45
2.2	Generador	pza.	1.00	1,630,200.00	1,630,200.00
2.3	Subestación	kVA	1.10	250,000.00	275,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	2.10	2,700,000.00	5,670,000.00
				SUBTOTAL	10,002,850.45
				SUMA	24,917,208.29
	INDIRECTOS (6%)				1,495,032.50
				SUMA	26,412,240.79
	UTILIDAD (10%)				2,641,224.08
				SUMA	29,053,464.87
	IVA (16%)				4,648,554.38
				SUMA	33,702,019.25
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				1,685,100.96
				TOTAL	35,387,120.21

**Tabla III.32 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: HUAXTLA**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	56,395.00	127.73	7,203,333.35
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	37,880.00	49.45	1,873,166.00
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	2,489.60	2,045.53	5,092,551.49
				SUBTOTAL	14,169,050.84
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	375.40	11.01	4,133.15
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	1,750.69	149.03	260,905.33
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	19.58	2,045.41	40,046.06
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	283.68	75.52	21,423.51
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	646.46	357.09	230,844.40
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	143.11	2,118.31	303,151.34
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	21.47	21,424.50	459,984.02
				SUBTOTAL	1,320,487.81
1.4	Tubería a presión	m	447.21	19,066.22	8,526,604.25
				SUBTOTAL	8,526,604.25
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	130.00	11.01	1,431.30
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	63.81	149.03	9,509.60
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	36.68	75.52	2,770.07
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.43	2,045.41	879.53
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	12.23	2,118.31	25,906.93
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	122.28	42.31	5,173.67
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	8.84	2,118.31	18,725.86
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.32	21,424.50	28,280.34
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	6.64	51,531.50	342,169.16
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	498.71	205.00	102,235.55
				SUBTOTAL	537,082.01
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	7,266,224.95	7,266,224.95
2.2	Generador	pza.	1.00	12,448,800.00	12,448,800.00
2.3	Subestación	kVA	8.40	250,000.00	2,100,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	1.60	2,700,000.00	4,320,000.00
				SUBTOTAL	26,135,024.95
				SUMA	58,660,393.46
	INDIRECTOS (4%)				2,346,415.74
				SUMA	61,006,809.20
	UTILIDAD (8%)				4,880,544.74
				SUMA	65,887,353.94
	IVA (16%)				10,541,976.63
				SUMA	76,429,330.57
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				3,821,466.53
				TOTAL	80,250,797.10

**Tabla III.33 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: KILATE SUR**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	5,010.36	127.73	639,973.28
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	4,380.98	49.45	216,639.46
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	563.92	2,045.53	1,153,515.28
				SUBTOTAL	2,010,128.02
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	110.25	11.01	1,213.85
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	320.51	149.03	47,765.61
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	5.94	2,045.41	12,151.78
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	93.50	75.52	7,061.12
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	197.80	357.09	70,632.40
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	43.86	2,118.31	92,909.08
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	6.58	21,424.50	140,973.21
				SUBTOTAL	372,707.05
1.4	Tubería a presión	m	412.31	8,354.71	3,444,730.48
				SUBTOTAL	3,444,730.48
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	88.00	11.01	968.88
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	43.13	149.03	6,427.66
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	24.80	75.52	1,872.90
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.29	2,045.41	593.17
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	8.27	2,118.31	17,518.42
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	82.65	42.31	3,496.92
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	5.98	2,118.31	12,667.49
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	0.89	21,424.50	19,067.81
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	4.49	51,531.50	231,376.44
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	337.08	205.00	69,101.40
				SUBTOTAL	363,091.09
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	1,969,329.90	1,969,329.90
2.2	Generador	pza.	1.00	1,111,500.00	1,111,500.00
2.3	Subestación	kVA	0.75	250,000.00	187,500.00
2.4	Línea de transmisión	km	1.20	2,700,000.00	3,240,000.00
				SUBTOTAL	6,508,329.90
	INDIRECTOS (4%)			SUMA	20,671,130.14
					826,845.21
	UTILIDAD (8%)			SUMA	21,497,975.35
					1,719,838.03
	IVA (16%)			SUMA	23,217,813.38
					3,714,850.14
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)			SUMA	26,932,663.52
					1,346,633.18
				TOTAL	28,279,296.70



**Tabla III.34 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: SAN BARTOLO**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación (2)				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	1,520.00	11.01	16,735.20
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	1,200.00	275.61	330,732.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	10,800.00	1,444.15	15,596,820.00
				SUBTOTAL	15,944,287.20
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	13,140.00	127.73	1,678,372.20
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	11,430.00	49.45	565,213.50
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	1,207.20	2,045.53	2,469,363.82
				SUBTOTAL	4,712,949.52
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	216.46	11.01	2,383.22
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	811.32	149.03	120,911.02
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	11.42	2,045.41	23,357.56
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	173.33	75.52	13,089.88
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	384.32	357.09	137,236.83
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	84.68	2,118.31	179,378.49
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	12.70	21,424.50	272,091.15
				SUBTOTAL	748,448.15
1.4	Tubería a presión	m	161.55	14,715.56	2,377,298.72
				SUBTOTAL	2,377,298.72
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	130.00	11.01	1,431.30
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	63.81	149.03	9,509.60
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	36.68	75.52	2,770.07
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.43	2,045.41	879.53
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	12.23	2,118.31	25,906.93
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	122.28	42.31	5,173.67
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	8.84	2,118.31	18,725.86
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.32	21,424.50	28,280.34
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	6.64	51,531.50	342,169.16
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	498.71	205.00	102,235.55
				SUBTOTAL	537,082.01
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	8,170,409.65	8,170,409.65
2.2	Generador	pza.	1.00	2,282,280.00	2,282,280.00
2.3	Subestación	kVA	1.54	250,000.00	385,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.95	2,700,000.00	2,565,000.00
				SUBTOTAL	13,402,689.65
				SUMA	37,722,755.25
	INDIRECTOS (4%)				1,508,910.21
				SUMA	39,231,665.46
	UTILIDAD (8%)				3,138,533.24
				SUMA	42,370,198.70
	IVA (16%)				6,779,231.79
				SUMA	49,149,430.49
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				2,457,471.52
				TOTAL	51,606,902.01

**Tabla III.35 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: BUENOS AIRES**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	55,774.50	127.73	7,124,076.89
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	41,638.50	49.45	2,059,023.83
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	3,219.36	2,045.53	6,585,297.46
				SUBTOTAL	15,768,398.18
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	239.17	11.01	2,633.26
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	1,020.25	149.03	152,047.86
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	12.59	2,045.41	25,742.51
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	204.54	75.52	15,446.86
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	457.56	357.09	163,390.10
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	96.61	2,118.31	204,649.93
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	14.49	21,424.50	310,441.01
				SUBTOTAL	874,351.53
1.4	Tubería a presión	m	165.53	16,920.89	2,800,914.92
				SUBTOTAL	2,800,914.92
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	130.00	11.01	1,431.30
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	63.81	149.03	9,509.60
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	36.68	75.52	2,770.07
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.43	2,045.41	879.53
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	12.23	2,118.31	25,906.93
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	122.28	42.31	5,173.67
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	8.84	2,118.31	18,725.86
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.32	21,424.50	28,280.34
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	6.64	51,531.50	342,169.16
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	498.71	205.00	102,235.55
				SUBTOTAL	537,082.01
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	8,527,601.95	8,527,601.95
2.2	Generador	pza.	1.00	3,660,540.00	3,660,540.00
2.3	Subestación	kVA	2.47	250,000.00	617,500.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.20	2,700,000.00	540,000.00
				SUBTOTAL	13,345,641.95
				SUMA	41,298,532.19
	INDIRECTOS (4%)				1,651,941.29
				SUMA	42,950,473.48
	UTILIDAD (8%)				3,436,037.88
				SUMA	46,386,511.36
	IVA (16%)				7,421,841.82
				SUMA	53,808,353.18
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				2,690,417.66
				TOTAL	56,498,770.84

**Tabla III.36 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: CONTA**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	30,333.50	127.73	3,874,497.96
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	22,645.50	49.45	1,119,819.98
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	1,688.88	2,045.53	3,454,654.71
				SUBTOTAL	8,448,972.65
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	279.07	11.01	3,072.56
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	1,169.03	149.03	174,220.54
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	14.63	2,045.41	29,931.51
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	217.54	75.52	16,428.62
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	488.82	357.09	174,552.73
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	107.82	2,118.31	228,396.18
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	16.17	21,424.50	346,434.17
				SUBTOTAL	973,036.31
1.4	Tubería a presión	m	430.81	16,906.17	7,283,347.10
				SUBTOTAL	7,283,347.10
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	130.00	11.01	1,431.30
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	63.81	149.03	9,509.60
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	36.68	75.52	2,770.07
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.43	2,045.41	879.53
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	12.23	2,118.31	25,906.93
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	122.28	42.31	5,173.67
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	8.84	2,118.31	18,725.86
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.32	21,424.50	28,280.34
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	6.64	51,531.50	342,169.16
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	498.71	205.00	102,235.55
				SUBTOTAL	537,082.01
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	5,515,372.95	5,515,372.95
2.2	Generador	pza.	1.00	7,469,280.00	7,469,280.00
2.3	Subestación	kVA	5.04	250,000.00	1,260,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.30	2,700,000.00	810,000.00
				SUBTOTAL	15,054,652.95
	INDIRECTOS (4%)			SUMA	40,269,234.62
				SUMA	1,610,769.38
	UTILIDAD (8%)			SUMA	41,880,004.00
				SUMA	3,350,400.32
	IVA (16%)			SUMA	45,230,404.32
				SUMA	7,236,864.69
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)			SUMA	52,467,269.01
				SUMA	2,623,363.45
				TOTAL	55,090,632.46

**Tabla III.37 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: CONGREGACIÓN HIDALGO**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	24,462.50	127.73	3,124,595.13
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	18,262.50	49.45	903,080.63
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	1,420.00	2,045.53	2,904,652.60
				SUBTOTAL	6,932,328.36
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	288.52	11.01	3,176.61
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	1,206.92	149.03	179,867.29
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	15.12	2,045.41	30,924.55
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	221.11	75.52	16,698.23
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	497.35	357.09	177,598.71
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	110.59	2,118.31	234,263.90
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	16.59	21,424.50	355,432.46
				SUBTOTAL	997,961.75
1.4	Tubería a presión	m	471.27	16,906.17	7,967,370.74
				SUBTOTAL	7,967,370.74
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	130.00	11.01	1,431.30
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	63.81	149.03	9,509.60
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	36.68	75.52	2,770.07
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.43	2,045.41	879.53
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	12.23	2,118.31	25,906.93
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	122.28	42.31	5,173.67
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	8.84	2,118.31	18,725.86
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.32	21,424.50	28,280.34
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	6.64	51,531.50	342,169.16
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	498.71	205.00	102,235.55
				SUBTOTAL	537,082.01
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	5,440,326.51	5,440,326.51
2.2	Generador	pza.	1.00	7,291,440.00	7,291,440.00
2.3	Subestación	kVA	4.92	250,000.00	1,230,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.80	2,700,000.00	2,160,000.00
				SUBTOTAL	16,121,766.51
				SUMA	40,528,652.97
	INDIRECTOS (4%)				1,621,146.12
				SUMA	42,149,799.09
	UTILIDAD (8%)				3,371,983.93
				SUMA	45,521,783.02
	IVA (16%)				7,283,485.28
				SUMA	52,805,268.30
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				2,640,263.42
				TOTAL	55,445,531.72

**Tabla III.38 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: TETEHUALCO**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	9,785.00	127.73	1,249,838.05
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	7,305.00	49.45	361,232.25
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	568.00	2,045.53	1,161,861.04
				SUBTOTAL	2,772,931.34
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	263.78	11.01	2,904.22
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	1,113.82	149.03	165,992.59
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	13.85	2,045.41	28,325.86
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	212.85	75.52	16,074.43
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	477.51	357.09	170,514.05
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	103.59	2,118.31	219,435.73
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	15.54	21,424.50	332,936.73
				SUBTOTAL	936,183.61
1.4	Tubería a presión	m	316.23	16,913.52	5,348,562.43
				SUBTOTAL	5,348,562.43
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	130.00	11.01	1,431.30
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	63.81	149.03	9,509.60
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	36.68	75.52	2,770.07
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.43	2,045.41	879.53
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	12.23	2,118.31	25,906.93
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	122.28	42.31	5,173.67
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	8.84	2,118.31	18,725.86
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.32	21,424.50	28,280.34
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	6.64	51,531.50	342,169.16
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	498.71	205.00	102,235.55
				SUBTOTAL	537,082.01
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	8,705,807.90	8,705,807.90
2.2	Generador	pza.	1.00	5,231,460.00	5,231,460.00
2.3	Subestación	kVA	3.53	250,000.00	882,500.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.30	2,700,000.00	810,000.00
				SUBTOTAL	15,629,767.90
				SUMA	33,196,670.89
	INDIRECTOS (4%)				1,327,866.84
				SUMA	34,524,537.73
	UTILIDAD (8%)				2,761,963.02
				SUMA	37,286,500.75
	IVA (16%)				5,965,840.12
				SUMA	43,252,340.87
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				2,162,617.04
				TOTAL	45,414,957.91

**Tabla III.39 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: SAN LUCAS**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	17,613.00	127.73	2,249,708.49
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	13,149.00	49.45	650,218.05
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	1,032.48	2,045.53	2,111,968.81
				SUBTOTAL	5,011,895.35
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	258.51	11.01	2,846.20
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	1,242.37	149.03	185,150.40
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	13.58	2,045.41	27,772.58
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	237.33	75.52	17,923.16
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	534.74	357.09	190,950.31
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	108.25	2,118.31	229,307.06
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	16.24	21,424.50	347,933.88
				SUBTOTAL	1,001,883.59
1.4	Tubería a presión	m	223.61	19,088.32	4,268,339.24
				SUBTOTAL	4,268,339.24
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	130.00	11.01	1,431.30
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	63.81	149.03	9,509.60
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	36.68	75.52	2,770.07
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.43	2,045.41	879.53
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	12.23	2,118.31	25,906.93
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	122.28	42.31	5,173.67
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	8.84	2,118.31	18,725.86
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.32	21,424.50	28,280.34
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	6.64	51,531.50	342,169.16
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	498.71	205.00	102,235.55
				SUBTOTAL	537,082.01
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	8,748,304.21	8,748,304.21
2.2	Generador	pza.	1.00	5,587,140.00	5,587,140.00
2.3	Subestación	kVA	3.77	250,000.00	942,500.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.50	2,700,000.00	1,350,000.00
				SUBTOTAL	16,627,944.21
				SUMA	35,419,288.00
	INDIRECTOS (4%)				1,416,771.52
				SUMA	36,836,059.52
	UTILIDAD (8%)				2,946,884.76
				SUMA	39,782,944.28
	IVA (16%)				6,365,271.08
				SUMA	46,148,215.36
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				2,307,410.77
				TOTAL	48,455,626.13

**Tabla III.40 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: TILAPA**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
	SUBTOTAL				7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	43,706.13	127.73	5,582,583.98
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	29,357.00	49.45	1,451,703.65
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	2,026.16	2,045.53	4,144,571.06
	SUBTOTAL				11,178,858.69
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	385.50	11.01	4,244.36
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	2,236.61	149.03	333,321.99
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	20.10	2,045.41	41,106.60
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	354.00	75.52	26,734.08
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	813.45	357.09	290,474.86
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	161.86	2,118.31	342,869.66
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	24.28	21,424.50	520,186.86
	SUBTOTAL				1,558,938.41
1.4	Tubería a presión	m	352.28	23,416.96	8,249,326.67
	SUBTOTAL				8,249,326.67
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	130.00	11.01	1,431.30
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	63.81	149.03	9,509.60
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	36.68	75.52	2,770.07
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.43	2,045.41	879.53
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	12.23	2,118.31	25,906.93
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	122.28	42.31	5,173.67
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	8.84	2,118.31	18,725.86
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.32	21,424.50	28,280.34
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	6.64	51,531.50	342,169.16
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	498.71	205.00	102,235.55
	SUBTOTAL				537,082.01
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	8,527,766.46	8,527,766.46
2.2	Generador	pza.	1.00	2,771,340.00	2,771,340.00
2.3	Subestación	kVA	1.87	250,000.00	467,500.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.45	2,700,000.00	1,215,000.00
	SUBTOTAL				12,981,606.46
	INDIRECTOS (4%)				519,264.26
	UTILIDAD (8%)				103,852.52
	IVA (16%)				207,705.04
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				649,080.30
	TOTAL				58,112,290.32

**Tabla III.41 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: HUEYTENTAN**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación (2)				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	1,520.00	11.01	16,735.20
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	1,200.00	275.61	330,732.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	10,800.00	1,444.15	15,596,820.00
				SUBTOTAL	15,944,287.20
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	48,925.00	127.73	6,249,190.25
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	36,525.00	49.45	1,806,161.25
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	2,968.00	2,045.53	6,071,133.04
				SUBTOTAL	14,126,484.54
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	361.65	11.01	3,981.77
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	2,078.49	149.03	309,757.36
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	18.87	2,045.41	38,603.02
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	337.65	75.52	25,499.33
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	774.05	357.09	276,405.51
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	153.08	2,118.31	324,270.89
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	22.96	21,424.50	491,906.52
				SUBTOTAL	1,470,424.40
1.4	Tubería a presión	m	282.84	23,394.89	6,617,010.69
				SUBTOTAL	6,617,010.69
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	180.00	11.01	1,981.80
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	88.38	149.03	13,171.27
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	50.81	75.52	3,837.17
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.60	2,045.41	1,227.25
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	16.94	2,118.31	35,884.17
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	169.36	42.31	7,165.62
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	12.25	2,118.31	25,949.30
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.83	21,424.50	39,206.84
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	9.20	51,531.50	474,089.80
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	690.74	205.00	141,601.70
				SUBTOTAL	744,114.92
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	9,752,441.00	9,752,441.00
2.2	Generador	pza.	1.00	21,251,880.00	21,251,880.00
2.3	Subestación	kVA	14.34	250,000.00	3,585,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.50	2,700,000.00	1,350,000.00
				SUBTOTAL	35,939,321.00
				SUMA	74,841,642.75
	INDIRECTOS (4%)				2,993,665.71
				SUMA	77,835,308.46
	UTILIDAD (8%)				6,226,824.68
				SUMA	84,062,133.14
	IVA (16%)				13,449,941.30
				SUMA	97,512,074.44
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				4,875,603.72
				TOTAL	102,387,678.16

**Tabla III.42 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: YEHUALA**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	70,493.75	127.73	9,004,166.69
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	47,350.00	49.45	2,341,457.50
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	2,936.00	2,045.53	6,005,676.08
				SUBTOTAL	17,351,300.27
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	357.88	11.01	3,940.26
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	1,671.80	149.03	249,148.35
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	18.68	2,045.41	38,206.21
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	276.26	75.52	20,863.16
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	628.60	357.09	224,466.77
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	137.77	2,118.31	291,839.57
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	20.67	21,424.50	442,844.42
				SUBTOTAL	1,271,308.74
1.4	Tubería a presión	m	360.56	19,066.22	6,874,516.28
				SUBTOTAL	6,874,516.28
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	130.00	11.01	1,431.30
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	63.81	149.03	9,509.60
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	36.68	75.52	2,770.07
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.43	2,045.41	879.53
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	12.23	2,118.31	25,906.93
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	122.28	42.31	5,173.67
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	8.84	2,118.31	18,725.86
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.32	21,424.50	28,280.34
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	6.64	51,531.50	342,169.16
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	498.71	205.00	102,235.55
				SUBTOTAL	537,082.01
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	7,038,726.45	7,038,726.45
2.2	Generador	pza.	1.00	11,737,440.00	11,737,440.00
2.3	Subestación	kVA	7.92	250,000.00	1,980,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.40	2,700,000.00	1,080,000.00
				SUBTOTAL	21,836,166.45
	INDIRECTOS (4%)			SUMA	55,842,517.35
				SUMA	2,233,700.69
	UTILIDAD (8%)			SUMA	58,076,218.04
				SUMA	4,646,097.44
	IVA (16%)			SUMA	62,722,315.48
				SUMA	10,035,570.48
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)			SUMA	72,757,885.96
				SUMA	3,637,894.30
				TOTAL	76,395,780.26

**Tabla III.43 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: TEMPEXTLA**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	24,014.25	127.73	3,067,340.15
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	19,093.50	49.45	944,173.58
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	2,106.00	2,045.53	4,307,886.18
				SUBTOTAL	8,319,399.91
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	247.17	11.01	2,721.34
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	914.72	149.03	136,320.72
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	13.00	2,045.41	26,582.15
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	182.56	75.52	13,786.93
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	406.33	357.09	145,096.38
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	93.11	2,118.31	197,235.84
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	13.97	21,424.50	299,300.27
				SUBTOTAL	821,043.63
1.4	Tubería a presión	m	323.11	14,708.21	4,752,369.73
				SUBTOTAL	4,752,369.73
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	130.00	11.01	1,431.30
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	63.81	149.03	9,509.60
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	36.68	75.52	2,770.07
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.43	2,045.41	879.53
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	12.23	2,118.31	25,906.93
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	122.28	42.31	5,173.67
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	8.84	2,118.31	18,725.86
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.32	21,424.50	28,280.34
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	6.64	51,531.50	342,169.16
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	498.71	205.00	102,235.55
				SUBTOTAL	537,082.01
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	3,996,205.96	3,996,205.96
2.2	Generador	pza.	1.00	4,119,960.00	4,119,960.00
2.3	Subestación	kVA	2.78	250,000.00	695,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.70	2,700,000.00	1,890,000.00
				SUBTOTAL	10,701,165.96
	INDIRECTOS (4%)			SUMA	33,103,204.84
				SUMA	1,324,128.19
	UTILIDAD (8%)			SUMA	34,427,333.03
				SUMA	2,754,186.64
	IVA (16%)			SUMA	37,181,519.67
				SUMA	5,949,043.15
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)			SUMA	43,130,562.82
				SUMA	2,156,528.14
				TOTAL	45,287,090.96

**Tabla III.44 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: TENEPANIGLIA**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	10,272.28	127.73	1,312,078.32
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	8,684.16	49.45	429,431.71
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	1,103.52	2,045.53	2,257,283.27
				SUBTOTAL	3,998,793.30
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	101.74	11.01	1,120.16
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	295.20	149.03	43,993.66
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	5.50	2,045.41	11,246.69
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	89.78	75.52	6,780.19
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	189.18	357.09	67,554.29
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	41.26	2,118.31	87,401.47
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	6.19	21,424.50	132,617.66
				SUBTOTAL	350,714.12
1.4	Tubería a presión	m	308.06	8,347.35	2,571,484.64
				SUBTOTAL	2,571,484.64
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	130.00	11.01	1,431.30
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	63.81	149.03	9,509.60
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	36.68	75.52	2,770.07
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.43	2,045.41	879.53
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	12.23	2,118.31	25,906.93
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	122.28	42.31	5,173.67
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	8.84	2,118.31	18,725.86
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.32	21,424.50	28,280.34
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	6.64	51,531.50	342,169.16
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	498.71	205.00	102,235.55
				SUBTOTAL	537,082.01
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	3,198,061.33	3,198,061.33
2.2	Generador	pza.	1.00	2,726,880.00	2,726,880.00
2.3	Subestación	kVA	1.84	250,000.00	460,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	1.30	2,700,000.00	3,510,000.00
				SUBTOTAL	9,894,941.33
				SUMA	25,325,159.00
	INDIRECTOS (4%)				1,013,006.36
				SUMA	26,338,165.36
	UTILIDAD (8%)				2,107,053.23
				SUMA	28,445,218.59
	IVA (16%)				4,551,234.97
				SUMA	32,996,453.56
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				1,649,822.68
				TOTAL	34,646,276.24



**Tabla III.45 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: CHAGCHALOYAN**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación (2)				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	1,520.00	11.01	16,735.20
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	1,200.00	275.61	330,732.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	10,800.00	1,444.15	15,596,820.00
	SUBTOTAL				15,944,287.20
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	10,518.00	127.73	1,343,464.14
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	9,132.00	49.45	451,577.40
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	917.76	2,045.53	1,877,305.61
	SUBTOTAL				3,672,347.15
1.3	Túnel de conducción				
1.3.1	Excavación en material común p/túneles	m ³	1,528.00	127.73	195,171.44
1.3.2	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	289.28	7,051.00	2,039,713.28
	SUBTOTAL				2,234,884.72
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	103.76	11.01	1,142.40
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	367.45	149.03	54,761.07
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	5.60	2,045.41	11,461.45
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	107.95	75.52	8,152.38
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	230.32	357.09	82,244.97
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	45.78	2,118.31	96,976.23
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	6.87	21,424.50	147,186.32
	SUBTOTAL				401,924.82
1.4	Tubería a presión	m	215.41	12,546.56	2,702,654.49
	SUBTOTAL				2,702,654.49
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	130.00	11.01	1,431.30
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	63.81	149.03	9,509.60
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	36.68	75.52	2,770.07
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.43	2,045.41	879.53
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	12.23	2,118.31	25,906.93
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	122.28	42.31	5,173.67
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	8.84	2,118.31	18,725.86
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.32	21,424.50	28,280.34
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	6.64	51,531.50	342,169.16
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	498.71	205.00	102,235.55
	SUBTOTAL				537,082.01
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	2,570,579.48	2,570,579.48
2.2	Generador	pza.	1.00	1,822,860.00	1,822,860.00
2.3	Subestación	kVA	1.23	250,000.00	307,500.00
2.4	Línea de transmisión	km	1.85	2,700,000.00	4,995,000.00
	SUBTOTAL				9,695,939.48
	SUMA				35,189,119.87
	INDIRECTOS (4%)				1,407,564.79
	SUMA				36,596,684.66
	UTILIDAD (8%)				2,927,734.77
	SUMA				39,524,419.43
	IVA (16%)				6,323,907.11
	SUMA				45,848,326.54
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				2,292,416.33
	TOTAL				48,140,742.87

**Tabla III.46 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: QUETZALAPA**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
	SUBTOTAL				7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	3,249.64	127.73	415,076.52
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	2,775.27	49.45	137,237.10
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	357.28	2,045.53	730,826.96
	SUBTOTAL				1,283,140.58
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	142.44	11.01	1,568.26
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	389.53	149.03	58,051.66
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	7.62	2,045.41	15,575.80
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	101.06	75.52	7,632.05
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	215.57	357.09	76,977.89
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	52.20	2,118.31	110,575.78
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	7.83	21,424.50	167,753.84
	SUBTOTAL				438,135.28
1.4	Tubería a presión	m	791.77	8,319.73	6,587,312.62
	SUBTOTAL				6,587,312.62
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	180.00	11.01	1,981.80
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	88.38	149.03	13,171.27
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	50.81	75.52	3,837.17
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.60	2,045.41	1,227.25
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	16.94	2,118.31	35,884.17
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	169.36	42.31	7,165.62
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	12.25	2,118.31	25,949.30
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.83	21,424.50	39,206.84
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	9.20	51,531.50	474,089.80
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	690.74	205.00	141,601.70
	SUBTOTAL				744,114.92
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	4,486,425.68	4,486,425.68
2.2	Generador	pza.	1.00	5,098,080.00	5,098,080.00
2.3	Subestación	kVA	3.44	250,000.00	860,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	1.40	2,700,000.00	3,780,000.00
	SUBTOTAL				14,224,505.68
	INDIRECTOS (4%)				568,980.23
	UTILIDAD (8%)				1,147,960.46
	IVA (16%)				2,295,920.92
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				711,225.28
	TOTAL				42,750,914.43

**Tabla III.47 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: FILOMENO MATA**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación (2)				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	1,520.00	11.01	16,735.20
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	1,200.00	275.61	330,732.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	10,800.00	1,444.15	15,596,820.00
				SUBTOTAL	15,944,287.20
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	17,160.00	127.73	2,191,846.80
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	15,015.00	49.45	742,491.75
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	1,965.60	2,045.53	4,020,693.77
				SUBTOTAL	6,955,032.32
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	93.49	11.01	1,029.32
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	336.84	149.03	50,199.27
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	5.07	2,045.41	10,369.21
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	104.20	75.52	7,869.18
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	221.40	357.09	79,059.73
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	42.80	2,118.31	90,663.67
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	6.42	21,424.50	137,545.29
				SUBTOTAL	376,735.67
1.4	Tubería a presión	m	161.55	12,553.78	2,028,063.16
				SUBTOTAL	2,028,063.16
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	88.00	11.01	968.88
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	43.13	149.03	6,427.66
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	24.80	75.52	1,872.90
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.29	2,045.41	593.17
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	8.27	2,118.31	17,518.42
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	82.65	42.31	3,496.92
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	5.98	2,118.31	12,667.49
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	0.89	21,424.50	19,067.81
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	4.49	51,531.50	231,376.44
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	337.08	205.00	69,101.40
				SUBTOTAL	363,091.09
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	3,489,836.92	3,489,836.92
2.2	Generador	pza.	1.00	1,407,900.00	1,407,900.00
2.3	Subestación	kVA	0.95	250,000.00	237,500.00
2.4	Línea de transmisión	km	3.60	2,700,000.00	9,720,000.00
				SUBTOTAL	14,855,236.92
	INDIRECTOS (4%)			SUMA	40,522,446.36
				SUMA	1,620,897.85
	UTILIDAD (8%)			SUMA	42,143,344.21
				SUMA	3,371,467.54
	IVA (16%)			SUMA	45,514,811.75
				SUMA	7,282,369.88
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)			SUMA	52,797,181.63
				SUMA	2,639,859.08
				TOTAL	55,437,040.71

**Tabla III.48 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: CACOCHÓN**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	12,407.72	127.73	1,584,838.08
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	10,596.47	49.45	523,995.44
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	1,364.16	2,045.53	2,790,430.20
				SUBTOTAL	4,899,263.72
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	90.19	11.01	992.99
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	269.35	149.03	40,141.23
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	4.90	2,045.41	10,018.42
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	87.02	75.52	6,571.75
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	182.65	357.09	65,222.49
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	38.25	2,118.31	81,025.36
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	5.74	21,424.50	122,976.63
				SUBTOTAL	326,948.87
1.4	Tubería a presión	m	180.28	8,362.08	1,507,515.78
				SUBTOTAL	1,507,515.78
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	88.00	11.01	968.88
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	43.13	149.03	6,427.66
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	24.80	75.52	1,872.90
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.29	2,045.41	593.17
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	8.27	2,118.31	17,518.42
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	82.65	42.31	3,496.92
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	5.98	2,118.31	12,667.49
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	0.89	21,424.50	19,067.81
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	4.49	51,531.50	231,376.44
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	337.08	205.00	69,101.40
				SUBTOTAL	363,091.09
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	2,246,838.52	2,246,838.52
2.2	Generador	pza.	1.00	1,422,720.00	1,422,720.00
2.3	Subestación	kVA	0.96	250,000.00	240,000.00
2.4	Línea de transmisión	km	0.50	2,700,000.00	1,350,000.00
				SUBTOTAL	5,259,558.52
	INDIRECTOS (4%)			SUMA	20,328,521.58
					813,140.86
	UTILIDAD (8%)			SUMA	21,141,662.44
					1,691,333.00
	IVA (16%)			SUMA	22,832,995.44
					3,653,279.27
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)			SUMA	26,486,274.71
					1,324,313.74
				TOTAL	27,810,588.45

**Tabla III.49 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: TAPAYULA**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación (2)				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	1,520.00	11.01	16,735.20
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	1,200.00	275.61	330,732.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	10,800.00	1,444.15	15,596,820.00
				SUBTOTAL	15,944,287.20
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	19,710.00	127.73	2,517,558.30
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	17,145.00	49.45	847,820.25
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	1,760.40	2,045.53	3,600,951.01
				SUBTOTAL	6,966,329.56
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	231.20	11.01	2,545.51
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	858.33	149.03	127,916.92
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	12.18	2,045.41	24,904.91
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	177.25	75.52	13,385.92
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	393.70	357.09	140,586.33
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	88.61	2,118.31	187,703.45
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	13.29	21,424.50	284,731.61
				SUBTOTAL	781,774.65
1.4	Tubería a presión	m	269.26	14,708.21	3,960,332.62
				SUBTOTAL	3,960,332.62
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	130.00	11.01	1,431.30
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	63.81	149.03	9,509.60
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	36.68	75.52	2,770.07
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.43	2,045.41	879.53
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	12.23	2,118.31	25,906.93
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	122.28	42.31	5,173.67
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	8.84	2,118.31	18,725.86
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.32	21,424.50	28,280.34
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	6.64	51,531.50	342,169.16
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	498.71	205.00	102,235.55
				SUBTOTAL	537,082.01
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	8,384,409.48	8,384,409.48
2.2	Generador	pza.	1.00	3,719,820.00	3,719,820.00
2.3	Subestación	kVA	2.51	250,000.00	627,500.00
2.4	Línea de transmisión	km	1.00	2,700,000.00	2,700,000.00
				SUBTOTAL	15,431,729.48
				SUMA	43,621,535.52
	INDIRECTOS (4%)				1,744,861.42
				SUMA	45,366,396.94
	UTILIDAD (8%)				3,629,311.76
				SUMA	48,995,708.70
	IVA (16%)				7,839,313.39
				SUMA	56,835,022.09
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				2,841,751.10
				TOTAL	59,676,773.19



**Tabla III.50 PRESUPUESTO DE OBRA
MINIPROYECTO HIDROELÉCTRICO: DOS RÍOS VIEJO**

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U. (\$)	Importe (\$)
1	OBRA CIVIL				
1.1	Obra de captación				
1.1.1	Limpieza y trazo	m ²	760.00	11.01	8,367.60
1.1.2	Excavación en roca c/agua	m ³	600.00	275.61	165,366.00
1.1.3	Concreto ciclópeo	m ³	5,400.00	1,444.15	7,798,410.00
				SUBTOTAL	7,972,143.60
1.2	Canal de conducción				
1.2.1	Excavación en material común p/canales	m ³	24,363.00	127.73	3,111,885.99
1.2.2	Terraplén c/material prod. de la excavación	m ³	17,640.00	49.45	872,298.00
1.2.3	Concreto f _c = 150 kg/cm ² en revestimiento	m ³	1,802.88	2,045.53	3,687,845.13
				SUBTOTAL	7,672,029.12
1.3	Tanque de carga				
1.3.1	Limpieza y trazo	m ²	266.18	11.01	2,930.64
1.3.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	1,129.66	149.03	168,353.23
1.3.3	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	13.97	2,045.41	28,578.47
1.3.4	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	214.84	75.52	16,224.72
1.3.5	Cimbra de madera aparente	m ²	482.22	357.09	172,195.94
1.3.6	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en muros y losa	m ³	104.55	2,118.31	221,469.31
1.3.7	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	15.68	21,424.50	335,936.16
				SUBTOTAL	945,688.47
1.4	Tubería a presión	m	355.11	16,920.89	6,008,777.25
				SUBTOTAL	6,008,777.25
1.5	Casa de máquinas				
1.5.1	Limpieza y trazo	m ²	130.00	11.01	1,431.30
1.5.2	Excavación en material común p/estructuras	m ³	63.81	149.03	9,509.60
1.5.3	Relleno al 90% PROCTOR c/material excavac.	m ³	36.68	75.52	2,770.07
1.5.4	Plantilla de concreto f _c = 150 kg/cm ²	m ³	0.43	2,045.41	879.53
1.5.5	Piso de concreto f _c = 200 kg/cm ²	m ³	12.23	2,118.31	25,906.93
1.5.6	Malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	m ²	122.28	42.31	5,173.67
1.5.7	Concreto f _c = 200 kg/cm ² en cimentación	m ³	8.84	2,118.31	18,725.86
1.5.8	Acero de refuerzo f _y = 4,200 kg/cm ²	ton	1.32	21,424.50	28,280.34
1.5.9	Acero estructural f _y = 2,530 kg/cm ²	ton	6.64	51,531.50	342,169.16
1.5.10	Lámina de acero "Pintro"	m ²	498.71	205.00	102,235.55
				SUBTOTAL	537,082.01
2	OBRA ELECTROMECAÁNICA				
2.1	Turbina	pza.	1.00	8,240,416.10	8,240,416.10
2.2	Generador	pza.	1.00	2,445,300.00	2,445,300.00
2.3	Subestación	kVA	1.65	250,000.00	412,500.00
2.4	Línea de transmisión	km	4.50	2,700,000.00	12,150,000.00
				SUBTOTAL	23,248,216.10
				SUMA	46,383,936.55
	INDIRECTOS (4%)				1,855,357.46
				SUMA	48,239,294.01
	UTILIDAD (8%)				3,859,143.52
				SUMA	52,098,437.53
	IVA (16%)				8,335,750.00
				SUMA	60,434,187.53
	PROYECTO EJECUTIVO (5%)				3,021,709.38
				TOTAL	63,455,896.91

TABLA III.51 Costos e índices económicos

No.	Proyecto	Potencia media anual (MW)	Generación neta anual (GWh)	Inversión total I _T (\$)	Costo unitario de la inversión (\$/MW)	Costo del kWh nivelado (\$/kWh)	Relación Beneficio/Costo B/C	Período de Recup. de la Inversión (años)
1	Tronconal	2.77	16.99	35,527,918.20	12,825,963.25	0.227	2.97	3.91
2	Loma de Rogel	2.34	14.35	49,186,721.01	21,019,966.24	0.369	1.83	7.49
3	La Moraleja	2.50	15.33	50,020,187.82	20,008,075.13	0.351	1.92	6.97
4	Los Frailes	7.96	48.81	105,965,148.87	13,312,204.63	0.235	2.86	4.09
5	San Lorenzo	0.38	2.33	21,612,052.74	56,873,823.00	0.989	0.68	>30
6	La Bodega	1.01	6.19	41,884,934.85	41,470,232.52	0.723	0.93	>30
7	Cerro Gordo	0.90	5.52	29,939,236.35	33,265,818.17	0.581	1.16	17.24
8	Santa Cruz	1.04	6.38	34,556,284.92	33,227,197.04	0.580	1.16	17.18
9	La Bolsa	0.46	2.82	24,298,064.99	52,821,880.41	0.919	0.73	>30
10	Mata de Caña	0.62	3.80	31,290,278.10	50,468,190.48	0.879	0.77	>30
11	Las Trancas	0.15	0.92	26,488,004.77	176,586,698.47	3.059	0.22	>30
12	Los Cedros	0.47	2.88	30,216,941.96	64,291,365.87	1.118	0.60	>30
13	Llano de Luna	0.62	3.80	31,452,353.96	50,729,603.16	0.883	0.76	>30
14	Ocotillo	0.94	5.76	60,514,479.45	64,377,105.80	1.120	0.60	>30
15	Corral Falso	0.74	4.54	33,616,642.50	45,427,895.27	0.791	0.85	>30
16	La Zapatería	0.87	5.33	34,041,163.23	39,127,773.83	0.683	0.99	>30
17	Huatamimilo	4.21	25.82	79,540,918.92	18,893,329.91	0.332	2.03	6.44
18	Chicontá	4.55	27.90	50,509,476.70	11,100,983.89	0.197	3.42	3.30
19	Nicolás Bravo	1.10	6.75	35,387,120.21	32,170,109.28	0.561	1.20	15.87
20	Huaxtla	8.40	51.51	80,250,797.10	9,553,666.32	0.170	3.96	2.77
21	Kilate Sur	0.75	4.60	28,279,296.70	37,705,728.93	0.657	1.02	25.76
22	San Bartolo	1.54	9.44	51,606,902.01	33,510,975.33	0.585	1.15	17.59
23	Buenos Aires	2.47	15.15	56,498,770.84	22,873,996.29	0.401	1.68	8.49
24	Conta	5.04	30.91	55,090,632.46	10,930,681.04	0.194	3.47	3.24
25	Congregación Hidalgo	4.92	30.17	55,445,531.72	11,269,417.02	0.200	3.37	3.36
26	Teteyahualco	3.53	21.65	45,414,957.91	12,865,427.17	0.228	2.96	3.93
27	San Lucas	3.77	23.12	48,455,626.13	12,852,951.23	0.227	2.96	3.92
28	Tilapa	1.87	11.47	58,112,290.32	31,076,091.08	0.543	1.24	14.69
29	Hueytenant	14.34	87.93	102,387,678.16	7,140,005.45	0.129	5.25	1.99
30	Yehuala	7.92	48.57	76,395,780.26	9,645,931.85	0.172	3.92	2.80
31	Tempextla	2.78	17.05	45,287,090.96	16,290,320.49	0.287	2.35	5.28
32	Tenepaniglia	1.84	11.28	34,646,276.24	18,829,497.96	0.331	2.03	6.41
33	Chagchaloyan	1.23	7.54	48,140,742.87	39,138,815.34	0.682	0.99	>30
34	Quetzalapa	3.44	21.09	42,750,914.43	12,427,591.40	0.220	3.06	3.77
35	Filomeno Mata	0.95	5.83	55,437,040.71	58,354,779.69	1.014	0.66	>30
36	Cacochón	0.96	5.89	27,810,588.45	28,969,362.97	0.506	1.33	12.71
37	Tapayula	2.51	15.39	59,676,773.19	23,775,606.85	0.416	1.62	9.02
38	Dos Ríos Viejo	1.65	10.12	63,455,896.91	38,458,119.34	0.670	1.00	28.26
TOTALES		103.54	634.93	1,841,191,516.92				

	B/C ≥ 1	B/C < 1
	26	12
%	68.42	31.58

ANEXO C

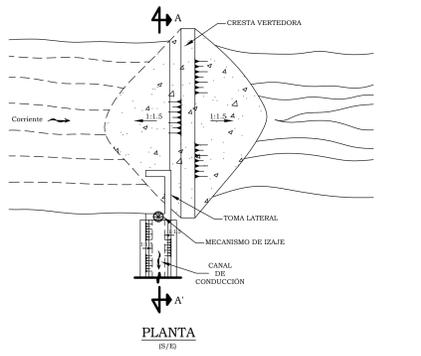
PLANOS

*Tesis Profesional: Los miniproyectos hidroeléctricos
como una alternativa de generación en México.*

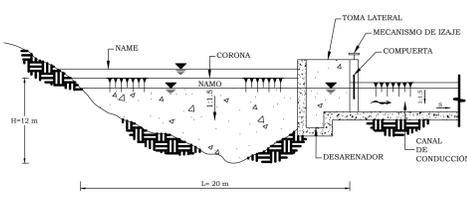
*Rubén Montiel Guevara
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México.*



OBRAS DE CAPTACIÓN



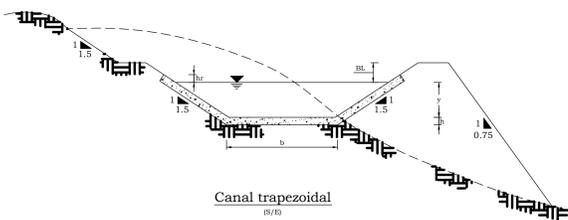
PLANTA (R/10)



CORTE A-A' (R/10)

Cortina		Dentellón		Totales	
Largo l (m)	Ancho b (m)	Excavación c (m ²)	Excavación d (m ²)	Excavación e (m ²)	Excavación f (m ²)
38.00	20.00	4,800.00	600.00	600.00	5,400.00

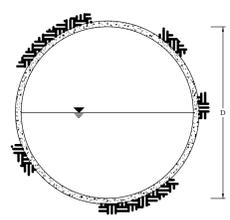
OBRAS DE CONDUCCIÓN (CANALES)



Canal trapezoidal (R/10)

No.	Proyecto	Gasto de diseño		Long. del canal (km)	Pendiente s	Ver. de los normales		Vol. de excavación (m ³)	Vol. de terraplen. (m ³)	Volumen (m ³)	
		a	b			v	v'				
1	Tronconal	1.38	1.00	1.30	0.00000	0.62	1.01	0.52	3,112.81	2,631.56	334.40
2	Loma de Rogel	3.11	4.40	1.60	0.00350	0.99	1.01	0.63	23,480.60	18,669.20	2,059.20
3	La Moraleja	0.86	1.90	1.10	0.00380	0.47	1.01	0.48	4,709.03	4,174.86	507.86
4	Los Frailes	4.40	3.60	1.80	0.00180	1.34	0.81	0.85	35,226.00	29,288.00	2,168.16
5	San Lorenzo	8.80	3.20	2.00	0.00180	1.81	1.03	0.80	58,920.00	37,232.00	2,460.16
6	La Bodega	0.34	0.50	0.65	0.00000	0.35	0.83	0.45	610.00	585.00	98.00
7	Cerro Gordo	0.69	2.00	1.00	0.00090	0.43	0.97	0.48	4,320.00	3,960.00	494.40
8	Santa Cruz	1.38	5.00	1.50	0.00000	0.62	1.00	0.50	15,964.06	13,157.81	1,672.00
9	La Bolsa	0.62	3.80	0.90	0.00090	0.42	0.95	0.48	7,473.38	6,737.25	923.52
10	Mata de Caña	0.83	7.20	1.20	0.00000	0.57	0.96	0.50	11,862.50	9,691.50	1,248.00
11	Las Trancas	0.21	0.60	0.60	0.00250	0.22	1.05	0.45	2,131.50	2,422.00	432.32
12	Los Cedros	0.62	3.80	0.90	0.00090	0.42	0.95	0.48	7,281.75	6,564.50	899.84
13	Llano de Luna	0.83	6.50	1.10	0.00170	0.48	0.95	0.50	16,109.84	14,261.72	1,742.40
14	Ocotillo	1.24	10.00	1.25	0.00060	0.59	0.98	0.50	26,542.19	25,229.69	3,224.00
15	Corral Falso	0.89	4.40	1.15	0.00270	0.52	1.00	0.50	11,802.84	10,145.44	1,281.28
16	La Zapatera	1.13	4.00	1.20	0.00000	0.57	0.96	0.50	11,862.50	9,691.50	1,248.00
17	Huatumilco	2.27	2.40	1.50	0.00180	1.02	0.73	0.55	10,512.00	9,144.00	1,126.12
18	Chicontla	2.28	3.30	1.50	0.00180	1.02	0.73	0.55	14,454.00	12,579.00	1,547.04
19	Nicolás Bravo	0.95	1.30	1.60	0.00200	1.48	0.97	0.70	18,328.38	15,211.00	835.12
20	Kilate Sur	1.45	1.70	1.40	0.00000	1.02	1.01	0.55	5,831.00	4,842.88	587.52
21	Huastla	5.51	4.00	1.90	0.00200	1.43	0.95	0.70	58,395.00	37,660.00	2,469.60
22	San Bartolo	1.02	1.90	1.15	0.00060	0.54	0.89	0.50	5,010.36	4,380.98	569.92
23	Buenos Aires	4.69	5.70	1.80	0.00250	1.27	0.99	0.70	65,774.50	41,638.50	3,219.36
24	Contia	4.18	1.10	1.80	0.00250	1.20	0.96	0.69	30,333.50	22,645.50	1,868.88
25	Congregación Hidalgo	4.76	2.60	1.60	0.00000	1.16	1.00	0.69	24,492.50	19,262.50	1,420.00
26	Tetehualco	4.78	1.00	1.80	0.00250	1.28	1.00	0.69	9,785.00	7,305.00	568.00
27	San Lucas	4.90	1.80	1.80	0.00250	1.30	1.00	0.69	17,613.00	13,149.00	1,032.48
28	Tapayula	6.21	3.10	1.50	0.00200	1.62	0.98	0.70	43,726.13	29,367.00	2,028.16
29	Huaytiantla	4.64	2.00	1.80	0.00180	1.37	0.88	0.69	28,355.00	21,915.00	1,720.00
30	Yehualta	4.64	3.00	1.80	0.00180	1.37	0.88	0.69	19,370.00	14,610.00	1,187.20
31	Tempetapia	1.15	5.00	1.50	0.00000	1.31	1.02	0.70	79,493.75	47,950.00	2,638.00
32	Tempetapia	3.09	4.50	1.60	0.00350	0.99	1.01	0.63	24,014.25	19,094.50	2,106.00
33	Chagchalyan	1.37	3.30	1.30	0.00000	0.82	1.00	0.50	10,272.28	8,884.16	1,103.52
34	Chagchalyan	2.06	2.40	1.50	0.00000	0.72	1.11	0.55	10,516.00	9,152.00	912.76
35	Quetzalapa	1.27	1.10	1.25	0.00000	0.60	0.98	0.50	3,249.64	2,775.27	357.28
36	Filomeno Mata	1.08	1.50	1.15	0.00000	0.58	0.95	0.50	3,960.00	3,465.00	450.60
37	Cacochán	1.70	2.50	1.25	0.00000	0.80	0.98	0.50	12,407.72	10,589.47	1,362.16
38	Tapayula	1.69	2.00	1.50	0.00000	0.75	0.87	0.55	8,760.00	7,820.00	782.40
39	Dos Rios Viejo	3.76	3.60	1.75	0.00350	1.06	1.06	0.65	24,363.00	17,640.00	1,802.88

OBRAS DE CONDUCCIÓN (TÚNELES)

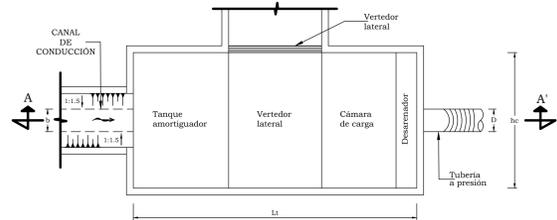


Túnel circular (R/5)

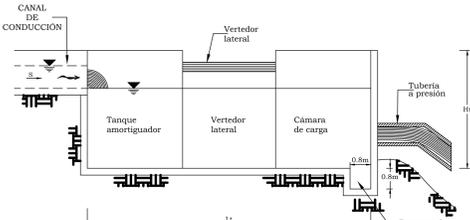
PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS TÚNELES DE CONDUCCIÓN										
No.	Proyecto	Gasto de diseño (m ³)	Long. del túnel (km)	Pendiente s	Diámetro D (m)	Tirante normal y (m)	Velocidad v (m/s)	Vol. excavación (m ³)	Volumen (m ³)	Resistencia (ton)
1	La Moraleja	0.43	0.20	1.20	0.00080	0.53	0.92	725.00	156.00	
2	Ocotillo	0.62	1.20	1.20	0.00080	0.71	0.90	1,740.00	374.40	
3	Huatumilco	2.27	0.95	2.00	0.00350	1.39	1.01	3,477.00	487.16	
4	Chagchalyan	1.03	0.80	1.40	0.00050	0.94	0.95	1,528.00	289.28	

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS A PRESIÓN										
No.	Proyecto	Long. total de la tubería (m)	Denominación comercial (mm x mm)	D int. (mm)	Denominación (m. x in.)	Espesor real (mm)	Peso tubería (kg/m)	Vol. excavación (m ³)	Volumen (m ³)	Resistencia (ton)
1	Tronconal	477.07	OC 162 x 15.88	720.24	30 x 0.625	15.88	202.20			
2	Loma de Rogel	509.90	OC 1097 x 15.88	1,035.24	42 x 0.625	15.88	411.64			
3	La Moraleja	796.49	OC 610 x 17.49	575.04	24 x 0.688	17.48	255.42			
4	Los Frailes	485.73	OC 1024 x 25.40	1,473.20	60 x 1.00	25.40	308.73			
5	San Lorenzo	316.23	OC 457 x 6.35	444.30	18 x 0.25	6.35	70.57			
6	La Bodega	635.46	OC 508 x 12.70	482.60	20 x 0.50	12.70	155.13			
7	Cerro Gordo	223.61	OC 610 x 9.53	590.94	24 x 0.375	9.53	141.12			
8	Santa Cruz	412.31	OC 762 x 9.53	742.94	30 x 0.375	9.53	176.85			
9	La Bolsa	412.31	OC 508 x 9.53	488.94	20 x 0.375	9.53	117.15			
10	Mata de Caña	412.31	OC 610 x 9.53	590.94	24 x 0.375	9.53	141.12			
11	Las Trancas	412.31	OC 324 x 6.35	311.20	12 x 0.25	6.35	49.73			
12	Los Cedros	559.02	OC 610 x 9.53	590.94	24 x 0.375	9.53	141.12			
13	Llano de Luna	412.31	OC 610 x 9.53	590.94	24 x 0.375	9.53	141.12			
14	Ocotillo	509.90	OC 762 x 9.53	742.94	30 x 0.375	9.53	176.85			
15	Corral Falso	316.23	OC 610 x 9.53	590.94	24 x 0.375	9.53	141.12			
16	La Zapatera	316.23	OC 762 x 9.53	742.94	30 x 0.375	9.53	176.85			
17	Huatumilco	170.00	OC 1422 x 15.88	1,390.24	58 x 0.625	15.88	550.67			
18	Chicontla	180.28	OC 1219 x 12.70	1,193.60	48 x 0.50	12.70	377.61			
19	Nicolás Bravo	316.23	OC 762 x 9.53	742.94	30 x 0.375	9.53	176.85			
20	Huastla	447.21	OC 1219 x 22.23	1,174.54	48 x 0.875	22.23	656.10			
21	Kilate Sur	412.31	OC 610 x 9.53	590.94	24 x 0.375	9.53	141.12			
22	San Bartolo	161.65	OC 914 x 9.53	894.84	38 x 0.375	9.53	212.07			
23	Buenos Aires	165.53	OC 1097 x 12.70	1,041.60	42 x 0.50	12.70	330.21			
24	Contia	436.61	OC 1097 x 19.05	1,028.90	42 x 0.75	19.05	492.33			
25	Congregación Hidalgo	471.27	OC 1097 x 19.05	1,028.90	42 x 0.75	19.05	492.33			
26	Tetehualco	316.23	OC 1097 x 15.88	1,035.24	42 x 0.625	15.88	411.64			
27	San Lucas	223.61	OC 1219 x 12.70	1,193.60	48 x 0.50	12.70	377.61			
28	Tapayula	352.28	OC 1024 x 15.88	1,492.24	60 x 0.625	15.88	560.52			
29	Huaytiantla	282.84	OC 1024 x 25.40	1,473.20	60 x 1.00	25.40	638.73			
30	Yehualta	395.59	OC 1174 x 22.23	1,174.54	48 x 0.875	22.23	656.10			
31	Tempetapia	323.11	OC 914 x 12.70	888.60	38 x 0.50	12.70	282.29			
32	Tempetapia	306.06	OC 610 x 12.70	584.60	24 x 0.50	12.70	187.07			
33	Chagchalyan	215.41	OC 610 x 9.53	590.94	24 x 0.375	9.53	141.12			
34	Quetzalapa	791.77	OC 610 x 24.61	560.78	24 x 0.989	24.61	355.28			
35	Filomeno Mata	161.65	OC 762 x 7.92	748.16	30 x 0.512	7.92	147.29			
36	Cacochán	180.28	OC 610 x 6.35	597.30	24 x 0.250	6.35	84.53			
37	Tapayula	286.28	OC 914 x 12.70	888.60	38 x 0.50	12.70	282.29			
38	Dos Rios Viejo	355.11	OC 1097 x 12.70	1,041.60	42 x 0.50	12.70	330.24			

TANQUES DE CARGA



PLANTA (R/5)



CORTE A-A' (R/5)

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS TANQUES DE CARGA										
No.	Proyecto	Longitud total del tanque (m)	Ancho del tanque (m)	Prof. del tanque (m)	Vol. de excavación (m ³)	Vol. de terraplen. (m ³)	Vol. de concreto (m ³)	Vol. de acero de refuerzo (ton)	Acero de refuerzo (kg/m	