



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**IMPACTO DE LAS AUTORIZACIONES DEFINITIVAS PARA LA INSTALACIÓN DE  
CENTRALES HIDROELÉCTRICAS OTORGADAS POR EL MINISTERIO DE ENERGÍA Y  
MINAS Y SU INCIDENCIA EN LOS PLANES DE EXPANSIÓN DE LA GENERACIÓN  
ELÉCTRICA EN GUATEMALA**

**Erick Armando Pérez Gámez**

Asesorado por el Ing. Francisco Javier González López

Guatemala, septiembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPACTO DE LAS AUTORIZACIONES DEFINITIVAS PARA LA INSTALACIÓN DE  
CENTRALES HIDROELÉCTRICAS OTORGADAS POR EL MINISTERIO DE ENERGÍA Y  
MINAS Y SU INCIDENCIA EN LOS PLANES DE EXPANSIÓN DE LA GENERACIÓN  
ELÉCTRICA EN GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ERICK ARMANDO PÉREZ GÁMEZ**

ASESORADO POR EL ING. FRANCISCO JAVIER GONZÁLEZ LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Fernando Alfredo Moscoso Lira
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier González López
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**IMPACTO DE LAS AUTORIZACIONES DEFINITIVAS PARA LA INSTALACIÓN DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS OTORGADAS POR EL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS Y SU INCIDENCIA EN LOS PLANES DE EXPANSIÓN DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 3 de julio de 2013.

  
**Erick Armando Pérez Gámez**

Guatemala, 23 de abril de 2015

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Unidad EPS  
Director

Respetable Ingeniero:

Por medio de la presente, envío a usted el informe final correspondiente a la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), titulado **"IMPACTO DE LAS AUTORIZACIONES DEFINITIVAS PARA LA INSTALACIÓN DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS OTORGADAS POR EL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS Y SU INCIDENCIA EN LOS PLANES DE EXPANSIÓN DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN GUATEMALA"**.

Este trabajo fue desarrollado por el estudiante **Erick Armando Pérez Gámez**, por la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con carné No. **2008 15199**, quien fue asesorado por el suscrito.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley, solicito darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular me es grato suscribirme.

Atentamente,

  
Ing. Francisco Javier González López  
Ingeniero Electricista, Colegiado No. 2364

Ing. Francisco Javier González López  
Colegiado No. 2364



Guatemala, 31 de julio de 2015.  
Ref.EPS.DOC.4494.07.15.

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Erick Armando Pérez Gámez** de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con carné No. **200815199**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"IMPACTO DE LAS AUTORIZACIONES DEFINITIVAS PARA LA INSTALACIÓN DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS OTORGADAS POR EL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS Y SU INCIDENCIA EN LOS PLANES DE EXPANSIÓN DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN GUATEMALA"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Natanael Requena Gómez  
Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Eléctrica



c.c. Archivo  
NJRG/ra



Guatemala 31 de julio de 2015.  
Ref.EPS.D.373.07.15.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Puente Romero.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"IMPACTO DE LAS AUTORIZACIONES DEFINITIVAS PARA LA INSTALACIÓN DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS OTORGADAS POR EL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS Y SU INCIDENCIA EN LOS PLANES DE EXPANSIÓN DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN GUATEMALA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Erick Armando Pérez Gámez**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. Francisco Javier González y supervisado por el Ing. Natanael Requena Gómez.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvestre Rodríguez Serrano  
DIRECTOR  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

SJRS/ra



Ref. EIME 51. 2015

Guatemala, 3 de AGOSTO 2015.

Señor Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
IMPACTO DE LAS AUTORIZACIONES DEFINITIVAS PARA LA  
INSTALACIÓN DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS  
OTORGADAS POR EL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS Y  
SU INCIDENCIA EN LOS PLANES DE EXPANSIÓN DE LA  
GENERACIÓN ELÉCTRICA EN GUATEMALA, del estudiante  
Erick Armando Pérez Gámez que cumple con los requisitos  
establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
ID Y ENSEÑANZA A TODOS

Ing. Francisco Javier González López  
Coordinador Área Potencia



sro



REF. EIME 51 2015.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; ERICK ARMANDO PÉREZ GÁMEZ titulado: IMPACTO DE LAS AUTORIZACIONES DEFINITIVAS PARA LA INSTALACIÓN DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS OTORGADAS POR EL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS Y SU INCIDENCIA EN LOS PLANES DE EXPANSIÓN DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN GUATEMALA, procede a la autorización del mismo.

Ing. Francisco Javier González López



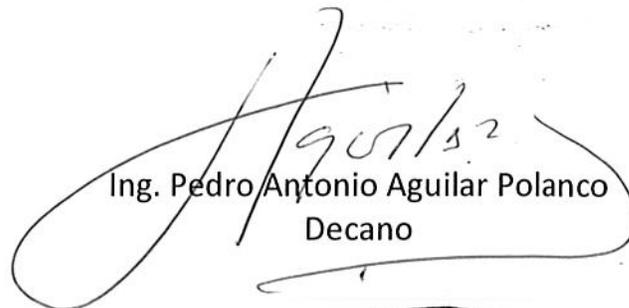
GUATEMALA, 7 DE AGOSTO 2015.



DTG. 474.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **IMPACTO DE LAS AUTORIZACIONES DEFINITIVAS PARA LA INSTALACIÓN DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS OTORGADAS POR EL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS Y SU INCIDENCIA EN LOS PLANES DE EXPANSIÓN DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Erick Armando Pérez Gámez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, septiembre de 2015

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios y La Virgen María** Por darme la sabiduría, fortaleza para salir adelante, salud y vida para alcanzar esta meta.
- Mi padre** Lauro Armando Pérez Vivar, por ser mi ejemplo de responsabilidad y de lucha para alcanzar los objetivos con sacrificio y honradez, sobre todo por brindarme ese amor, cariño y apoyo que nunca me hace falta.
- Mi madre** Claudia Marisol Gámez de Pérez, por brindarme su apoyo incondicional, su amor por sobre todas las cosas, ser mi inspiración y enseñarme que todo lo que en esta vida cuesta, es porque vale la pena.
- Mis hermanos** David, Byron y Brenda Pérez Gámez, por estar a mi lado siempre, darme su apoyo en las buenas y en las malas y por su cariño durante todos los años que hemos vivido.
- Mi abuela** Delia Quiñonez (q. e. p. d.), por ser un ángel en mi vida que siempre me cuida y me llena de sabiduría.

**Mi abuela**

Nicolasa Vivar de Pérez (q. e. p. d.), por ser mi inspiración y el ángel que me ayuda y llena de bendiciones, este triunfo se lo dedico.

**Mi abuelo**

Manuel Gámez (q. e. p. d.), por ser el ángel que me llena de sabiduría y fortaleza.

**Mi abuelo**

Lauro Pérez, por estar siempre pendiente de mi bienestar, enseñarme a ser un hombre trabajador y de bien en esta vida.

**Mi novia**

Lia Boiton Tello, por su apoyo incondicional, por ser mi inspiración durante este recorrido y sueño alcanzado.

**Familia Pérez**

A mis tíos, tías y primos, por su apoyo, cariño y enseñanzas brindadas durante toda esta etapa de mi vida

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por abrirme sus puertas y brindarme todos los conocimientos adquiridos.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por forjarme y enseñarme que todo es posible de realizar, con disciplina y responsabilidad.
<b>Dirección General de Energía (MEM)</b>	Por darme la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos.
<b>Mis amigos y amigas</b>	Erwin Milian, Pablo Soria, Luis Molina, Ricardo Vásquez, Josué García, Elvira Castellanos, Josué Padilla, Gustavo Álvarez, Diego Barrios, Marvin Rodríguez, por brindarme su apoyo incondicional y ser grandes amigos.
<b>Ing. Francisco Gonzales</b>	Por brindarme la oportunidad de ser mi asesor y por sus grandes enseñanzas.
<b>Compañeros de trabajo del Depto. de Desarrollo Energético</b>	Arlyn Escobar, Duby Aguirre, Wendy Retana, Felipe Robles y Yohana de León, por su amistad, apoyo incondicional durante este proceso sus enseñanzas brindadas.

**Ing. Rubén Hernández,  
Ing. Julio Solares y Lic.  
Carlos Viemann**

Por su apoyo incondicional, su amistad  
brindada y por compartir sus conocimientos.

**Ing. Gabriel Velásquez,  
Marvin López y Jorge  
Gallina**

Por su amistad y apoyo incondicional en todo  
momento.

**Ing. Guillermo Puente**

Por el apoyo brindado en la realización del EPS.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Información sobre la institución .....	1
1.1.1. DGE-MEM .....	1
1.1.2. Departamento de Desarrollo Energético.....	3
1.2. Política energética.....	4
1.2.1. Política Energética 2013-2027.....	6
1.2.2. La generación de energía eléctrica en Guatemala .....	7
1.3. Matriz energética .....	10
1.3.1. Composición del parque generador 2013.....	11
1.3.2. Acciones para el cambio de la matriz energética.....	13
1.4. Potencial de energía renovable .....	14
1.4.1. Demanda de electricidad.....	16
1.4.2. Derivados de petróleo.....	17
1.5. Autorizaciones para la instalación de centrales de generación.....	19

1.5.1.	¿Qué es una autorización de centrales de generación? .....	20
1.5.2.	Autorización temporal.....	20
1.5.3.	Autorización definitiva .....	21
1.5.4.	Registro de central generadora menor o igual a 5 MW.....	23
1.5.5.	Ley General de Electricidad .....	23
1.5.6.	Ley de Incentivos para Proyectos de Energía Renovable .....	24
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	27
2.1.	¿Qué es una hidroeléctrica? .....	27
2.1.1.	Presa.....	28
2.1.2.	Obras de toma.....	28
2.1.3.	Canal de conducción.....	29
2.1.4.	Cámara de carga.....	29
2.1.5.	Tubería de presión .....	29
2.1.6.	Casa de máquinas. ....	29
2.1.7.	Turbina .....	30
2.1.8.	Generador .....	30
2.1.9.	Línea de transmisión .....	32
2.2.	Cálculo de la capacidad instalada de un proyecto hidroeléctrico.....	32
2.2.1.	Determinación del caudal turbinado .....	33
2.2.2.	Determinación del salto neto .....	38
2.2.3.	Fórmula de la capacidad instalada y producción ..	39
2.3.	Procedimiento general para solicitud de una autorización definitiva o un registro .....	41
2.3.1.	Procedimientos de una autorización definitiva .....	42

2.3.2.	Procedimientos para un registro .....	45
2.4.	Proyectos hidroeléctricos que impactan e impactarán a la matriz energética de Guatemala.....	46
2.4.1.	Proyectos hidroeléctricos en operación que cuentan con autorización definitiva.....	47
2.4.2.	Proyectos hidroeléctricos pendientes de entrar en operación y que cuentan con autorización definitiva .....	49
2.4.3.	Proyectos hidroeléctricos que se encuentran en trámite de la autorización definitiva .....	52
2.4.4.	Proyectos hidroeléctricos en operación que cuentan con registro .....	53
2.4.5.	Proyectos hidroeléctricos pendientes de entrar en operación y que cuentan con registro.....	56
2.4.6.	Proyectos hidroeléctricos que se encuentran en trámite de registro.....	58
2.5.	Cálculos y comparaciones.....	59
2.5.1.	Matriz energética del 2010 al 2011.....	59
2.5.2.	Matriz energética del 2012 al 2013.....	62
2.5.3.	Matriz energética del 2014 a marzo de 2015.....	64
2.5.4.	Matriz energética de marzo 2015 a matriz energética proyectada incluyendo proyectos pendientes de entrar en operación .....	66
2.5.5.	Matriz energética de marzo 2015 a matriz energética proyectada, incluyendo los proyectos pendientes de entrar en operación y en trámite.....	69

3.	FASE DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE .....	75
3.1.	Público a capacitar .....	75
3.2.	Presentación y capacitación a las comunidades.....	76
3.3.	Presentación y capacitación a estudiantes de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala .....	79
3.4.	Presentación en el Ministerio de Energía y Minas .....	82
	CONCLUSIONES.....	85
	RECOMENDACIONES .....	87
	BIBLIOGRAFÍA.....	89
	ANEXOS.....	91

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Matriz de generación de energía eléctrica 2013, SNI por tipo de combustible .....	11
2.	Composición del parque generador 2013 .....	12
3.	Consumo de energía eléctrica (1986 – 2027) .....	16
4.	Consumo de bunker en la matriz energética .....	19
5.	Partes principales de una hidroeléctrica.....	28
6.	Casa de máquinas de Cuevamaría .....	31
7.	Turbina y generador de Cuevamaría.....	32
8.	Clasificación de los años hidrológicos.....	35
9.	Curva de caudales clasificados .....	37
10.	Esquema general del salto de agua .....	39
11.	Central hidroeléctrica Renace .....	48
12.	Proyecto hidroeléctrico Palo Viejo.....	48
13.	Planta hidroeléctrica Santa María .....	49
14.	Central hidroeléctrica El Manantial.....	51
15.	Centro de mando de El Manantial .....	51
16.	Proyecto hidroeléctrico en construcción de El Cafetal .....	52
17.	Proyecto hidroeléctrico Cuevamaría .....	55
18.	Proyecto hidroeléctrico Visión de Águila .....	55
19.	Generadora eléctrica La Paz.....	57
20.	Construcción y operación del proyecto hidroeléctrico San José .....	57
21.	Pequeña hidroeléctrica Concepción.....	58
22.	Matriz energética 2010.....	60

23.	Matriz energética 2011 .....	61
24.	Matriz energética 2012 .....	63
25.	Matriz energética 2013 .....	63
26.	Matriz energética 2014 .....	65
27.	Matriz energética marzo 2015 .....	65
28.	Matriz energética proyectada con los proyectos pendientes de entrar en operación.....	68
29.	Matriz energética proyectada con los proyectos pendientes de entrar en operación y en trámite .....	70
30.	Tarifas eléctricas en baja tensión.....	72
31.	Demanda de potencia.....	73
32.	Capacitación a comunidad.....	77
33.	Presentación a comunidad .....	77
34.	Participación de la comunidad .....	78
35.	Presentación de beneficios y desarrollo .....	79
36.	Capacitación estudiantes de ingeniería .....	80
37.	Capacitación de la matriz energética .....	81
38.	Capacitación de impacto en la matriz energética .....	81
39.	Presentación en el Ministerio de Energía y Minas .....	82
40.	Personal de la Dirección General de Energía .....	83
41.	Presentación de una hidroeléctrica.....	83
42.	Impacto en la matriz energética.....	84

## TABLAS

I.	Generación de energía eléctrica 2013.....	10
II.	Tecnología y capacidad instalada del parque generador.....	12
III.	Recursos renovables en Guatemala.....	15
IV.	Proyectos en operación con autorización definitiva .....	47

V.	Proyectos pendientes de entrar en operación con autorización definitiva .....	50
VI.	Proyectos en trámite con registro de autorización definitiva .....	53
VII.	Proyectos en operación con registro .....	54
VIII.	Proyectos pendientes de entrar en operación con registro .....	56
IX.	Proyectos en trámite de registro.....	58
X.	Datos de la matriz energética 2010.....	60
XI.	Datos de la matriz energética 2011 .....	60
XII.	Datos de la matriz energética 2012.....	62
XIII.	Datos de la matriz energética 2013.....	62
XIV.	Datos de la matriz energética 2014.....	64
XV.	Datos de la matriz energética marzo 2015.....	64
XVI.	Datos de la proyección de la capacidad instalada.....	67
XVII.	Datos de la matriz energética proyectada con los proyectos pendientes de entrar en operación.....	67
XVIII.	Datos de la proyección de la capacidad instalada.....	69
XIX.	Datos de la matriz energética proyectada con los proyectos pendientes de entrar en operación y en trámite .....	69



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A</b>	Amperios
<b>Q</b>	Caudal
<b>QM</b>	Caudal máximo
<b>Qm</b>	Caudal mínimo
<b>Qsr</b>	Caudal de servidumbre
<b>Qmt</b>	Caudal mínimo técnico
<b>h</b>	Coefficiente de imponderables
<b>UTM</b>	Coordenadas UTM
<b>e</b>	Factor de eficiencia
<b>GHz</b>	Gigahertz
<b>GWh</b>	Gigawatt hora
<b>hddd°mm'ss.s"</b>	Grados, minutos y segundos
<b>Hz</b>	Hertz
<b>kHz</b>	Kilohertz
<b>km</b>	Kilómetros
<b>km<sup>2</sup></b>	Kilómetros cuadrados
<b>kV/m</b>	Kilovolt sobre metro
<b>kV</b>	Kilovoltio
<b>kW</b>	Kilovatios
<b>kWh</b>	Kilovatio hora
<b>LT</b>	Línea de transmisión
<b>MW</b>	Megawatts
<b>m</b>	Metro

<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>msnm</b>	Metro sobre el nivel del mar
<b>P</b>	Potencia
<b>%</b>	Porcentaje
<b>P<sub>A</sub></b>	Presión
<b>R<sub>g</sub></b>	Rendimiento de generador
<b>R<sub>t</sub></b>	Rendimiento de turbina
<b>R<sub>s</sub></b>	Rendimiento de transformador
<b>H<sub>n</sub></b>	Salto neto
<b>T</b>	Tiempo
<b>V/m</b>	Voltios por metro

## GLOSARIO

<b>AMM</b>	Administrador del Mercado Mayorista
<b>Biomasa</b>	Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.
<b>Cambio climático</b>	Modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional.
<b>CNEE</b>	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
<b>Cobertura eléctrica</b>	Es la proporción porcentual entre los hogares electrificados relacionados inversamente con la totalidad de los hogares.
<b>Derivado del petróleo</b>	Producto procesado en una refinería, usando como materia prima el petróleo.
<b>DGE-MEM</b>	Dirección General de Energía del Ministerio de Energía y Minas.
<b>Distribuidor</b>	Es la persona, individual o jurídica, titular o poseedora de instalaciones destinadas a distribuir comercialmente energía eléctrica.

<b>EEM</b>	Empresas Eléctricas Municipales.
<b>EEGSA</b>	Empresa Eléctrica de Guatemala.
<b>Energía eléctrica</b>	Es la energía asociada al flujo o acumulación de electrones, es el flujo de electrones a través de un conductor.
<b>Generador</b>	Es la persona, individual o jurídica, titular o poseedora de una central de generación de energía eléctrica, que comercializa total o parcialmente su producción de electricidad.
<b>Inde</b>	Instituto Nacional de Electrificación.
<b>Insivumeh</b>	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
<b>LGE</b>	Ley General de Electricidad.
<b>Maga</b>	Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.
<b>Matriz energética</b>	Representación cuantitativa de toda la energía disponible, en un determinado territorio, región, país, o continente para ser utilizada en los diversos procesos productivos.
<b>MEM</b>	Ministerio de Energía y Minas

<b>Potencia</b>	Es la velocidad a la que se consume la energía eléctrica.
<b>Precio de oportunidad</b>	Es el máximo costo variable en que se incurre cada hora para abastecer un kilowattthora adicional de demanda.
<b>SEN</b>	Sistema Eléctrico Nacional.
<b>SNI</b>	Sistema Nacional Interconectado.
<b>Tarifa base</b>	Son calculadas por la CNEE cada cinco años y serán ajustadas periódicamente mediante la aplicación de fórmulas que reflejen la variación de los costos de distribución.
<b>Tarifa social</b>	Suministro de energía eléctrica, dirigida a los usuarios con consumos de hasta 300 kilovatios hora. Es una tarifa especial con carácter social, aplicada al suministro de energía eléctrica dirigida a usuarios regulados conectados en baja tensión sin cargo por demanda. De acuerdo a lo definido en la Ley General de Electricidad y su Reglamento, y la Ley de Tarifa Social, un usuario de tarifa social consume la cantidad igual o inferior a 300kWh en un periodo de facturación mensual.



## RESUMEN

El presente trabajo de graduación da a conocer el impacto de las autorizaciones definitivas para la instalación de centrales hidroeléctricas otorgadas por el Ministerio de Energía y Minas y su incidencia en los planes de expansión de la generación eléctrica en Guatemala. Este se realizó por la Universidad de San Carlos de Guatemala a través del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) y la Dirección General de Energía del Ministerio de Energía y Minas, para el desarrollo del país.

En el capítulo 1 se da a conocer información para iniciar la investigación del impacto que generan los proyectos hidroeléctricos en la matriz energética de Guatemala, presentándose los temas de la política energética, matriz energética, el potencial de energía renovable en Guatemala, la autorizaciones que brinda el Ministerio de Energía y Minas para proyectos hidroeléctricos y la ley que rige dichas autorizaciones.

En el capítulo 2 se presentan generalidades eléctricas y parámetros técnicos, los cuales ayudaron para el cálculo de las matrices energéticas de diferentes años, así como para las proyecciones de la matriz energética futura y, de esta manera, determinar el impacto que esto produce en el país.

En el capítulo 3 se dan a conocer las capacitaciones que se brindaron a las comunidades sobre el tema de las hidroeléctricas, así como a los alumnos de la Universidad de San Carlos de Guatemala; además de la presentación de los resultados obtenidos y esperados a la Dirección General de Energía del Ministerio de Energía y Minas.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Establecer el impacto de las autorizaciones definitivas para la instalación de centrales hidroeléctricas otorgadas por el Ministerio de Energía y Minas y su incidencia en los planes de expansión de la generación eléctrica en Guatemala, la cual se ve reflejada en la matriz energética.

### **Específicos**

1. Presentar las generalidades del Ministerio de Energía y Minas, la situación actual de la matriz energética y el potencial de energía renovable del país, así como las autorizaciones que esta institución brinda para la realización de proyectos hidroeléctricos.
2. Dar a conocer la proyección de la matriz energética, incluyendo los proyectos hidroeléctricos que se encuentran en operación, los que están pendientes de entrar en operación y los que se encuentran en trámite, así como los procedimientos para obtener las autorizaciones de proyectos hidroeléctricos dentro del Ministerio de Energía y Minas.
3. Dar a conocer, a través de capacitaciones, el funcionamiento de una hidroeléctrica y el impacto que estas generan dentro de la matriz energética de Guatemala.



## INTRODUCCIÓN

Las autorizaciones para la instalación de proyectos hidroeléctricos que otorga el Ministerio de Energía y Minas tienen el fin de contribuir al desarrollo energético sostenible del país con equidad social y respeto al medio ambiente, son el resultado de un proceso de revisión técnica, metodológico y político, necesario para fortalecer la institucionalidad, la rectoría del Ministerio de Energía y Minas y el conjunto de instituciones públicas vinculadas al sector.

El Ministerio de Energía y Minas, institución rectora del sector energético, consciente de la importancia de la energía como motor de desarrollo del país, ha identificado la necesidad de difundir la importancia del otorgamiento de las autorizaciones para realizar proyectos hidroeléctricos, ya que priorizan la utilización de energías limpias, amigables con el medio ambiente para el consumo nacional; además de impulsar espacios de diálogo interinstitucional que permitan gestionar democráticamente las iniciativas de desarrollo social y económico.

El Ministerio de Energía y Minas, por medio de la Dirección General de Energía, promueve la generación eléctrica a través de energía limpia, en este caso, a través de los proyectos hidroeléctricos. En el presente trabajo se detallan los resultados del impacto de las autorizaciones definitivas para la instalación de centrales hidroeléctricas y su incidencia en los planes de expansión de la generación eléctrica de Guatemala, tema que se evidencia a través de la matriz energética y el impacto que esta genera en la tarifa eléctrica.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado, en el primer capítulo se dará a conocer las investigaciones que se realizan para llevar a cabo el objetivo deseado.

## **1.1. Información sobre la institución**

El presente informe se realizó con ayuda del Departamento de Desarrollo Energético en la Dirección General de Energía del Ministerio de Energía y Minas (DGE-MEM).

### **1.1.1. DGE-MEM**

Conforme la Ley que regulaba las actividades del Organismo Ejecutivo, correspondía al Ministerio de Economía conocer todo lo relativo a los hidrocarburos, minas y canteras, pero por lo creciente y complejo de tales actividades fue necesario separar de dicho Ministerio, la Dirección General de Minería e Hidrocarburos, dando vida mediante el Decreto-Ley 57-78 a la Secretaría de Minería, Hidrocarburos y Energía Nuclear, adscrita a la Presidencia de la República.

Ante el crecimiento e importancia de las actividades relativas al desarrollo de la industria petrolera y minera, y el aprovechamiento del uso pacífico de la energía nuclear y de las fuentes nuevas y renovables de energía, cambió la denominación de tal Secretaría mediante el Decreto-Ley Número 86-83, llamándose Secretaría de Energía y Minas.

No obstante que la Emisión de este Decreto-Ley significó un avance para que dicha Secretaría cumpliera en mejor forma sus funciones, se hizo necesario

contar con un órgano más especializado que atendiera y dinamizara el desarrollo en el Sector, dando lugar a que por medio del Decreto Ley No 106-83 de fecha 8 de septiembre de 1983, naciera a la vida política del país el MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, tomando vigencia a partir del 10 de Septiembre de ese mismo año. Este fue creado con la siguiente visión y misión.

#### VISION

Somos la institución rectora de los sectores energético y minero, que fomenta el aprovechamiento adecuado del los recursos naturales del país.

Conformamos un equipo de trabajo multidisciplinario capacitado que cumple con la legislación y la política nacional, propiciando el desarrollo sostenible; en beneficio de la sociedad.

#### MISIÓN

Propiciar y ejecutar las acciones que permitan la inversión destinada al aprovechamiento integral de los recursos naturales, que proveen bienes y servicios energéticos y mineros velando por los derechos de sus usuarios y de la sociedad en general.

De conformidad con las políticas de Gobierno, se creó la Dirección General de Energía, que es la dependencia que tiene bajo su responsabilidad el estudio, fomento, control, supervisión, vigilancia técnica y fiscalización del uso técnico de la energía.

De conformidad con el Decreto número 57-78 del Congreso de la República de Guatemala (Ley de Creación del Ministerio de Energía y Minas) y sus reformas, y la Ley General de Electricidad contenida en el Decreto 93-96 del Congreso de la República de Guatemala, la cual tiene como función principal velar por el estricto cumplimiento de las leyes y reglamentos atinentes a sus funciones y atribuciones, formulando y coordinando las políticas de Estado y programas indicativos de las diversas fuentes energéticas. Con el objetivo principal de, consolidar la rectoría del Ministerio de Energía y Minas en materia

energética e igualmente consolidar su autoridad reguladora en el control y supervisión radiológica y eléctrica.<sup>1</sup>

### **1.1.2. Departamento de Desarrollo Energético**

La Dirección General de Energía creó el Departamento de Desarrollo Energético, que tiene, las siguientes funciones y atribuciones:

- Emitir opinión técnica respecto a solicitudes relacionadas con autorizaciones definitivas y temporales, registros de agentes, grandes usuarios y participantes del Mercado Mayorista, constitución de servidumbres, registros de centrales generadoras menores o iguales a 5 MW, y todas aquellas relacionadas a la Ley General de Electricidad y sus Reglamentos.
- Realizar evaluaciones socioeconómicas a comunidades rurales del país que no posean energía eléctrica y analizar los proyectos de electrificación rural que se ejecuten con financiamiento total o parcial del Estado.
- Emitir opinión técnica respecto a recursos de revocatoria interpuestos en contra de resoluciones emitidas por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, cuando el Ministerio así lo disponga.
- Llevar el seguimiento, control y supervisión a los contratos de autorización definitiva para la instalación de centrales generadoras y la prestación del servicio de transporte y distribución de electricidad, así como lo relacionado al seguimiento, control y supervisión del registro de centrales generadoras menores o iguales a 5 MW y de las autorizaciones temporales.

---

<sup>1</sup> Dirección General de Energía. *Manual de funciones*. p. 15-16.

## **1.2. Política energética**

La política energética que el Ministerio de Energía y Minas ejecuta tiene un enfoque muy alto de desarrollo social, humano y económico, cuyo objetivo es convertir al país en exportador y productor de energía para los países vecinos, provocando un alto nivel de atracción para invertir y generar empleo, así como cambiar la matriz de generación eléctrica en el país. De esta manera se reducirá, en el mediano y largo plazo, la variación de los precios del crudo en el mercado internacional, lo cual se ve reflejado en los costos de la generación de energía eléctrica.

Guatemala por su ubicación geográfica, temas culturales y falta de recursos, cuenta con áreas rurales que no poseen el servicio de energía eléctrica, provocando que estas personas no puedan mejorar su nivel de vida y que el desarrollo de estas áreas rurales esté parado.

- **Objetivo estratégico de la política energética**

La política energética busca asegurar que la población de Guatemala tenga accesos al suministro de energía eléctrica suficiente, confiables y costeables, respaldando el desarrollo de todos los guatemaltecos y guatemaltecas.

- Los objetivos específicos de la política energética son los siguientes:
  - Mejorar las condiciones del futuro eléctrico de Guatemala, cumpliendo las políticas ambientales, económicas, sociales y de transparencia, generadas por el Gobierno del país.

- Cubrir, de manera confiable, el crecimiento de la demanda de energía actual y futura, evitando racionamientos de energía eléctrica en un futuro.
- Fortalecer el sistema de transmisión, para que Guatemala tenga la capacidad de transmitir la nueva generación de energía que se requiere para cubrir la demanda creciente del país.
- Modificar la matriz energética, reduciendo la dependencia del petróleo, haciéndola más eficiente por medio de la utilización de fuentes de energía renovable, garantizando así que Guatemala cuente con la energía necesaria para mejorar el nivel de todos los habitantes, a precios que permitan su acceso a la mayoría de la población, otorgando a Guatemala las condiciones de competitividad necesarias para ser un destino atractivo de inversión extranjera.
- La política energética que el Ministerio de Energía y Minas implementa, tiene como fin, por medio de la matriz energética, promover el cambio del parque generador actual, el cual utiliza un alto porcentaje de derivados del petróleo.
- La política energética promueve el cambio de la matriz energética, lo cual implica el fortalecimiento del Sistema Nacional de Transmisión de Energía, asegurando que en un futuro cercano se eviten las fallas generadas en el suministro de energía, debidas a la sobrecarga actual de este sistema.
- Se contempla el plan de expansión del sistema de transporte, el cual da vida al Sistema Nacional Interconectado, de esta manera se mejorará la calidad y la eficiencia energética, llevando el servicio de

energía eléctrica a miles de comunidades que aún no gozan de electricidad.

- Garantizar la seguridad energética por medio del ahorro en el consumo, ya que el uso eficiente de la energía eléctrica permitirá cubrir la demanda con menor oferta, ocasionando ahorros para la población en materia de alumbrado domiciliar y alumbrado público. Se impulsa el programa de eficiencia en alumbrado público y domiciliar, el cual permitirá, en el corto plazo, bajar el monto de la factura de energía eléctrica de la población.

#### **1.2.1. Política Energética 2013-2027**

La Política Energética 2013-2027 es una actualización cuyo objetivo es fortalecer las condiciones que el país necesita.

Esta política busca que el país sea más competitivo, eficiente y sostenible en el uso y aprovechamiento de los recursos, priorizando la satisfacción de necesidades, desarrollo tecnológico, en el cual el desarrollo humano es un pilar fundamental.

Está orientada a fortalecer la institucionalidad vigente del sector energético y mejorar la coordinación interinstitucional, que coadyuve a transformar la matriz del sector energético a fuentes renovables.

Prioriza la utilización de energías limpias, amigables con el medio ambiente para el consumo nacional; además de impulsar espacios de diálogo interinstitucional que permitan gestionar democráticamente las iniciativas de desarrollo social y económico. Se busca garantizar una visión integral en su implementación, seguimiento y evaluación.

La actualización de la Política considera nuevos retos en función de la dinámica nacional e internacional en materia energética, tales como la respuesta a demandas sociales, mejorar las condiciones económicas del país, un uso responsable del medio ambiente y el fortalecimiento del Estado que garantice el bienestar de los guatemaltecos y guatemaltecas.

El aporte de la Política Energética para el desarrollo del país dependerá también de una acción conjunta y coordinada con ejecutores, tanto del sector público como del sector privado.

### **1.2.2. La generación de energía eléctrica en Guatemala**

La generación de energía eléctrica es la transformación de alguna clase de energía (mecánica, térmica, química, luminosa, entre otras).

La forma más común de llevar a cabo esta transformación, y una de las formas implementadas en Guatemala, es proporcionando movimiento a una turbina que luego moverá un generador eléctrico. Para hacer girar a la turbina se deberá utilizar diferentes medios, como la fuerza de un río, el viento, motores, entre otras.

Las instalaciones en donde se encuentran los generadores eléctricos se llaman centrales eléctricas o centrales generadoras y la mayor parte trabajan con dispositivos generadores basados en el sistema descrito anteriormente, diferenciándose fundamentalmente en el método empleado para hacer girar la turbina. Al método que se utiliza para hacer girar la turbina se le llama fuente primaria de energía.

En Guatemala, actualmente las fuentes primarias de energía utilizadas son el bunker y el diésel (derivados del petróleo), el movimiento del agua de los ríos (hidroeléctricas), el vapor de agua (geotérmicas), el carbón mineral y la biomasa; los derivados del petróleo y las hidroeléctricas actualmente son las principales fuentes de generación.

En la actualidad, más del 44 % de la energía que se consume en Guatemala depende de una de las formas de tecnología existentes más caras. Se consume cincuenta veces más energía que hace un siglo y este aumento en la demanda plantea nuevos problemas, lo cual exige nuevas reflexiones.

El Consejo Mundial de la Energía estima que en los próximos veinte años, el consumo energético mundial aumentará aproximadamente en 50 %. Asimismo, en 1952 las Naciones Unidas declaró que los países en desarrollo tienen el derecho de disponer libremente de sus recursos naturales. Estos deben ser utilizados para realizar los planes de desarrollo económico de acuerdo a sus intereses nacionales.

Por lo tanto, las decisiones que Guatemala tome en referencia a la política energética, tendrán una influencia significativa en seguridad y calidad del abastecimiento, eficiencia en la producción y utilización de la energía, explotación racional de los recursos naturales, cobertura de requerimientos en cantidad y calidad, precios bajos o constantes y una apertura regional, entre otros.

Antes de la promulgación de la Ley General de Electricidad (LGE) en 1996, el Instituto Nacional de Electrificación (Inde), atendía especialmente la electrificación del área rural departamental y la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA) cubría el área central, ambas funcionando como agentes del mercado.

El subsector eléctrico contaba en ese entonces con una estructura de mercado tipo monopólico, la cual se integraba verticalmente en la generación, transmisión y distribución de la electricidad, conjuntamente con la participación de 17 Empresas Eléctricas Municipales (EEM) de distribución.

El subsector, a principios de 1990, experimentó una etapa muy difícil, situación que provocó cortes en el suministro de electricidad por un tiempo mayor de ocho horas diarias, debido a la falta de nuevos proyectos de generación y una demanda creciente.

La situación anterior forzó a las autoridades a eliminar los subsidios y provocar la interrogante sobre el modelo utilizado, por lo cual se inició un proceso para reformar y definir una estrategia.

La estrategia definida tuvo como objetivo modernizar el subsector, este fundamento fue vital para la promulgación de la Ley General de Electricidad (LGE), la cual entró en vigencia en noviembre de 1996.

La modernización del subsector eléctrico produjo su desmonopolización, el establecimiento de un nuevo marco regulatorio y legal, provocó la reestructuración de las dos empresas eléctricas estatales, la privatización de una parte importante de la generación y del segmento de la distribución.

Esta nueva Ley regula las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización, colocando y definiendo como autoridad máxima y ente rector del sector energía del país al Ministerio de Energía y Minas (MEM).

De igual manera, esta nueva Ley ordena la creación de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) como ente regulador y como órgano

técnico del Ministerio de Energía y Minas (MEM), y establece al Administrador del Mercado Mayorista (AMM) como ente operador, el cual estará a cargo de una entidad privada, sin fines de lucro y encargado del despacho energético.

### 1.3. Matriz energética

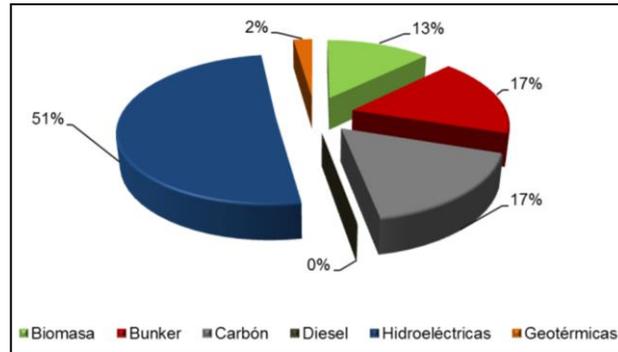
En la tabla I y la figura 1 se muestra la composición de la matriz de generación de energía eléctrica en 2013, del Sistema Nacional Interconectado por tipo de combustible. En la figura se observa que el 51 % corresponde a hidroeléctrica, 2 % a geotérmica, 13 % a biomasa, 17 % a bunker, 17 % a carbón, 0 % a diésel. La tabla muestra la generación de energía eléctrica en gigawatt hora.

Tabla I. **Generación de energía eléctrica 2013**

Generación de energía eléctrica 2013 del Sistema Nacional Interconectado por tipo de combustible en gigawatt hora	
Biomasa	1 171,155
Bunker	1 583,889
Carbón	1 565,721
Diésel	4,669
Hidroeléctricas	4 630,836
Geotérmicas	212,346
<b>Total</b>	<b>9 168,616</b>

Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Figura 1. **Matriz de generación de energía eléctrica 2013, SNI por tipo de combustible**



Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

### 1.3.1. **Composición del parque generador 2013**

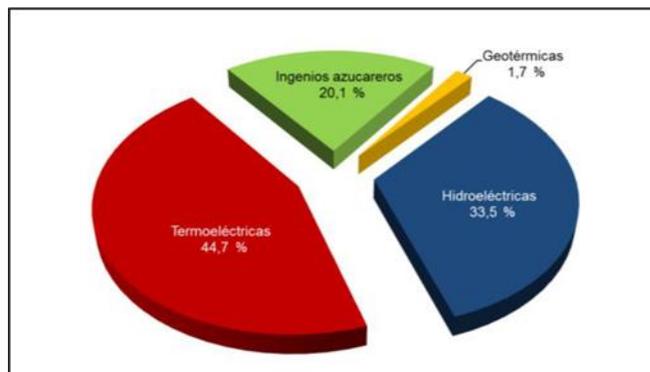
En la tabla II y la figura 2 se muestra la composición del parque generador del Sistema Nacional Interconectado para el año 2013. Se observa que 997,0 MW de capacidad instalada lo representan las centrales hidroeléctricas, lo cual corresponde al 33,5 % de la gráfica de la composición del parque generador; las geotérmicas representan 49,2 MW de la capacidad instalada, lo cual corresponde el 1,7 % de la gráfica de la composición del parque generador, las termoeléctricas representan 1 328,4 MW de la capacidad instalada, lo cual corresponde al 44,7 % de la gráfica de la composición del parque generador y los ingenios azucareros representan 599,2 MW de la capacidad instalada, lo cual corresponde el 20,1% de la gráfica de la composición del parque generador.

Tabla II. **Tecnología y capacidad instalada del parque generador**

Tecnología	Capacidad instalada (MW)
Hidroeléctricas	997,0
Termoeléctricas	1 328,4
Ingenios azucareros	599,2
Geotérmicas	49,2
<b>Total</b>	<b>2 973,8</b>

Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Figura 2. **Composición del parque generador 2013**



Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

La matriz de generación de energía eléctrica 2013 de Guatemala es hidrotérmica, tal y como se puede apreciar en la tabla y gráficas mostradas. Se observa claramente cómo la generación térmica depende primordialmente de bunker (motores reciprocantes, cogeneración y turbinas diésel), por lo tanto, el parque generador de Guatemala es muy susceptible a los incrementos de los precios del petróleo, razón por la cual se pretende mejorar la matriz energética para que se involucre en ella la mayor parte de energía renovable y provocar un cambio que se vea reflejado en los precios de la energía eléctrica.

### **1.3.2. Acciones para el cambio de la matriz energética**

Guatemala ha sufrido el impacto de los precios del petróleo en el mercado internacional, lo cual se ve reflejado en los costos de la energía eléctrica.

Derivado de lo expuesto anteriormente, el Ministerio de Energía y Minas, por medio de la política energética, busca, promueve e impulsa el cambio o modificación de la matriz energética y provocar que el parque generador energético actual baje su dependencia de los derivados del petróleo.

Modificar la composición actual del parque generador de Guatemala tiene objetivos de corto, mediano y largo plazo, cuyo fin es que en el 2022 haya un porcentaje alto de generación de energía eléctrica, por recursos hídricos, para que los usuarios residenciales e industriales se vean beneficiados en el costo de la tarifa eléctrica.

El cambio de la matriz energética se verá reflejado en la modificación del parque generador del país, con lo que los guatemaltecos se beneficiarán con mejores precios de la energía eléctrica.

El Plan de Expansión del Parque Generador, se basa en los siguientes lineamientos, cuyo fin será, incrementar el parque generador actual:

- Repotenciación de centrales hidroeléctricas y geotérmicas existentes.
- Promoción de nuevos proyectos de generación térmica, con base en carbón.
- Promoción de nuevos proyectos de generación hidroeléctrica.

- Implementación de proyectos de generación para comunidades aisladas del Sistema Nacional Interconectado (SNI), mediante el uso de energía solar y otros recursos renovables de energía.
- Apoyar la ejecución de proyectos hidroeléctricos binacionales con México y El Salvador.
- Promover y apoyar el desarrollo geotérmico en el país.
- Convertir generación de alto costo por bunker a generación por carbón, donde sea factible.

#### **1.4. Potencial de energía renovable**

Guatemala es un país rico en recursos naturales, los cuales son y pueden ser aún más aprovechados para la generación de energía eléctrica.

Uno de los potenciales con los que cuenta Guatemala es el hidrocarburífero, ya que aproximadamente el 65 % del territorio se compone de rocas sedimentarias, lo cual indica la probabilidad de encontrar petróleo en cualquier parte del país.

La ubicación geográfica y topografía de todo el territorio guatemalteco posee un potencial hídrico, compuesto por sistemas montañosos de los cuales se derivan dos grandes regiones hidrográficas: la de los ríos que desembocan en el océano Pacífico y los que lo hacen en el Atlántico.

Por otro lado, hablando del potencial geotérmico, Guatemala es un país volcánico, posee 36 volcanes, esto hace que el territorio nacional sea un lugar en el cual el potencial geotérmico sea muy atractivo para la realización de dichos proyectos.

La industria azucarera de Guatemala, a la fecha, a tenido un incremento muy notorio e importante, por medio de la cogeneración de energía eléctrica, su participación en la matriz energética supera los 350 MW.

Guatemala es un país que tiene una considerable cantidad de recursos renovables, cuenta con un potencial aprovechable de 6 000 MW en energía hidroeléctrica, de los cuales se utiliza actualmente el 16,39 % (983,99 MW) y un potencial aprovechable de 1 000 MW de energía geotérmica, de los cuales se utiliza 4,92 % (49,2 MW). A continuación, la tabla III describe los diferentes tipos de recursos renovables que posee Guatemala, así como la cantidad del potencial aprovechable y el porcentaje que en la actualidad se utiliza.

**Tabla III. Recursos renovables en Guatemala**

Recurso	Estimado	Aprovechamiento
Petróleo	Reserva de 195 146 605 barriles	Producción de 10 500 barriles/día
Gas natural	No contabilizado	Sin aprovechar
Potencia hidroeléctricas	6 000 MW	16,39 %
Potencial geotérmico	1 000 MW	4,92 %
Potencial eólico	280 MW	Sin aprovechar
Potencial solar	5,3 kWh/m <sup>2</sup> /día	Utilizado en sistemas aislados y 5MW en conexión a la red
Potencial biomástico	No contabilizado	306,5 MW aprovechados

Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

La utilización de los recursos renovables de Guatemala para la generación de energía eléctrica le permitirá al país lo siguiente:

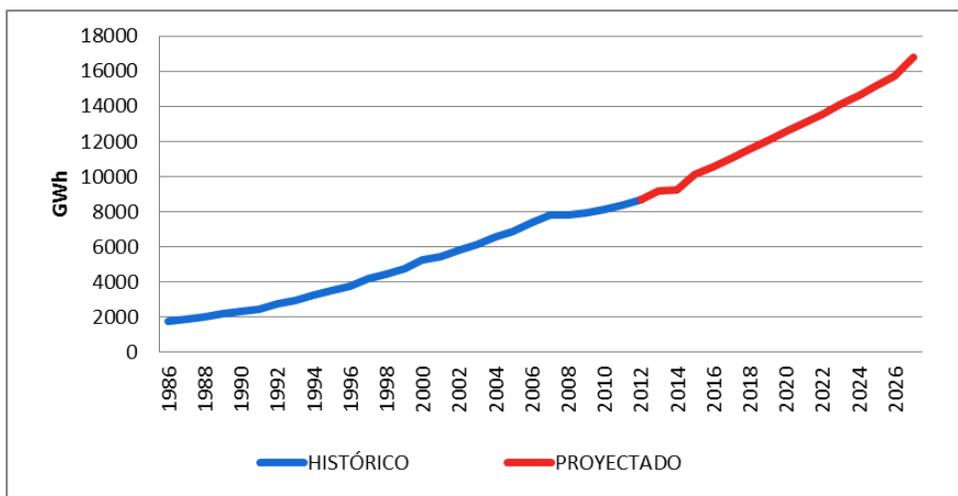
- Disminuir la dependencia energética del exterior, ya que los recursos renovables de energía son recursos autóctonos.
- Reducir el costo de la energía eléctrica, ya que este no dependería de los precios del barril de petróleo.
- En el mediano y largo plazo, estabilizar los precios de la electricidad.

- Ahorrar divisas, porque se estaría disminuyendo la compra de barriles de petróleo.
- Proteger al medio ambiente, al reducirse la cantidad de contaminantes.
- Diversificar la oferta energética.
- Aumentar la competitividad de las empresas nacionales.
- Crear fuentes de trabajo.

### 1.4.1. Demanda de electricidad

En los últimos años, se ha notado que la demanda de energía eléctrica en Guatemala se ha incrementado, en un promedio sostenido de 7 % anual, tal y como se puede observar en la gráfica que a continuación se presenta.

Figura 3. Consumo de energía eléctrica (1986 – 2027)



Fuente: Dirección General de Energía, Ministerio de Energía y Minas. *Estadísticas energéticas 2012*. p. 156.

Durante el período 2008-2012, la demanda tuvo una desaceleración en su crecimiento, esto debido y asociado directamente a la crisis económica mundial que impactó en la economía nacional. En el 2012 hubo un aumento de consumo de energía eléctrica de 350 GWh con relación al año 2011.

La demanda de potencia eléctrica, como se puede observar, en la actualidad reporta valores cercanos a los 1 500 MW, mientras que el parque generador de Guatemala posee una capacidad instalada cercana a los 2 700 MW, lo cual indica e implica una sobreoferta, principalmente de centrales de generación térmica.

Tomando como base el supuesto que la demanda de energía eléctrica mantendrá un crecimiento promedio de 7 % anual para el periodo 2012 - 2027, la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) proyecta una demanda de energía para el año 2027 de 16 800 GWh. Con las proyecciones de demanda de energía arriba indicadas y con un factor de carga alto, la capacidad instalada de potencia necesaria para cubrir la demanda en el año 2027 será aproximadamente de 3 000 MW.

#### **1.4.2. Derivados de petróleo**

En los últimos diez años el consumo de petróleo y sus derivados han mostrado un alza promedio de 1,38 % anual.

En la gráfica que a continuación se presenta se aprecia que el consumo de estos productos está influenciado por factores externos, como precio internacional del barril de petróleo.

El uso de los derivados del petróleo se ve reflejado en la economía a nivel mundial, así como se ve reflejado en la cantidad de generación de energía eléctrica a partir de derivados del petróleo (termoeléctricas), lo cual repercute en los precios de la tarifa eléctrica.

En la gráfica se muestra el desglose del consumo de los productos derivados de petróleo del periodo de 2002 al 2012, en la cual se observa cómo afectó la crisis económica del año 2008 en el consumo.

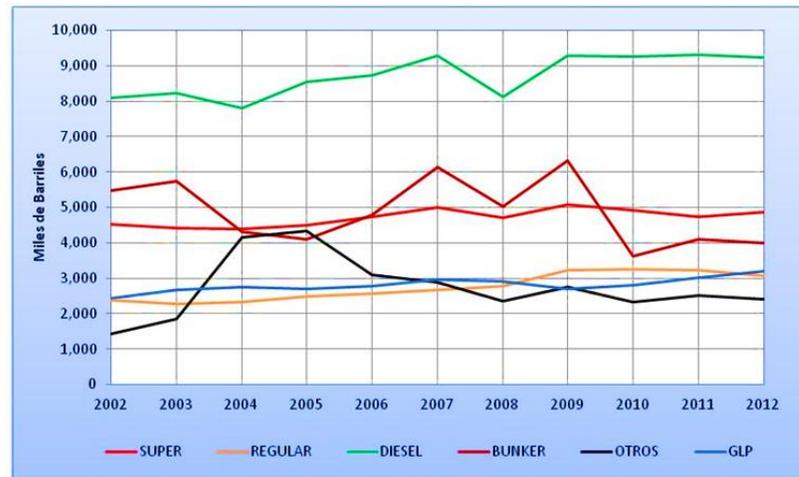
A excepción de la gasolina regular, todos los otros productos mostraron una baja en el consumo, la cual se revirtió en el 2009 con la recuperación de la economía del país.

En lo que se refiere al bunker, para el 2010 se puede apreciar una baja considerable en relación al 2009, que representa el efecto del cambio en la matriz energética.

La baja considerable del bunker para el 2010 se refleja en el cambio de la matriz energética debido a que la generación de electricidad a partir de bunker pasó de 3 035 GWh a únicamente 1 892 GWh.

Esta transformación de la matriz energética implica acciones orientadas a garantizar la sostenibilidad del uso racional y eficiente de los recursos, de los cuales el país ya ha dado los primeros pasos.

Figura 4. Consumo de bunker en la matriz energética



Fuente: Dirección General de Hidrocarburos, Ministerio de Energía y Minas.

### 1.5. Autorizaciones para la instalación de centrales de generación

El Decreto No. 93-96 de la Ley General de Electricidad, en el régimen eléctrico, establece que:

Es libre la instalación de centrales generadoras, estas no requerirán de autorización de ente gubernamental alguno, sin embargo las únicas limitaciones que tendrán son las de cumplir con la conservación del medio ambiente y de la protección a las personas, a sus derechos y a sus bienes.

Para utilizar bienes de dominio público, para la instalación de una Central Generadora, se requerirá de la respectiva autorización del Ministerio de Energía y Minas, esto cuando la potencia de la central exceda de 5 MW.

Para la instalación y operación de centrales nucleoelectricas, este tipo de proyectos será regido por una ley especial. Para las centrales geotermicas, el aprovechamiento del recurso tendrá el mismo tratamiento que la autorización para uso de bienes de dominio público. Sin embargo, en cuanto a su actividad como generador de energía eléctrica, las centrales nucleoelectricas y las geotermicas se registrarán por las disposiciones de esta ley.

### **1.5.1. ¿Qué es una autorización de centrales de generación?**

Una autorización para la instalación de una central generadora es aquella cuyo fin principal es la de facultar al adjudicatario para que utilice bienes de dominio público, dicha autorización será otorgada de acuerdo a lo que la Ley General de Electricidad, establezca o indique.

Cualquier persona individual o jurídica podrá solicitar la autorización para la instalación de centrales generadoras.

### **1.5.2. Autorización temporal**

Es aquella que se podrá otorgar para la realización de obras de generación que prevean la utilización de recursos hídricos o geotermicos, esto siempre y cuando la potencia de la central sea superior a los 5 megavatios (MW).

La autorización temporal permite efectuar estudios, mediciones y sondeos de las obras que se necesiten para la realización del proyecto de generación sobre bienes de dominio público y en terrenos particulares, con lo cual se indemnizará a los propietarios de todo daño y perjuicio causado.

Las solicitudes para la obtención de la autorización temporal serán presentadas por el interesado al Ministerio, en original y copia, utilizando el formulario que para este efecto elaboró el Ministerio, así como el mapa de localización objeto de la solicitud.

Las autorizaciones temporales serán otorgadas por el Ministerio en un plazo máximo de 60 días de presentada la solicitud, previa verificación que el interesado ha acompañado todos los antecedentes requeridos y la publicará, por cuenta del peticionario, en el diario oficial y en un diario de mayor circulación nacional.

Las autorizaciones temporales serán otorgadas por resolución del Ministerio y las mismas no serán limitativas para que otro interesado solicite una autorización temporal para la misma área.

El plazo máximo o la vigencia de la autorización temporal será de un año.

### **1.5.3. Autorización definitiva**

Se otorga para proyectos mayores a 5 MW, para utilizar bienes de dominio público en la realización del proyecto.

Para obtener la autorización definitiva para la instalación de centrales hidroeléctricas o geotérmicas mayores de 5 MW, los interesados deberán presentar en plica su solicitud ante el Ministerio de Energía y Minas, con toda la información que se especifique en el título II, del artículo 4 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, incluida la relativa a las servidumbres que se deban imponer en predios de propiedad pública o privada.

A la plica se le adjuntará el documento que contiene las generalidades de la solicitud, se deberá presentar original y copia, utilizando el formulario de solicitud preparado por el Ministerio y el mapa de localización del proyecto de la solicitud.

El Ministerio publicará en el Diario de Centro América y en otro de mayor circulación, por una sola vez y a costa del solicitante, las generalidades de la solicitud de autorización, contenidas en el documento adjunto a la plica. El Ministerio deberá resolver sobre las solicitudes de autorización en un plazo de noventa días contados a partir de la fecha en que se presenten, previo a que el solicitante haya cumplido con lo estipulado en el artículo 10 de la Ley General de Electricidad y de acuerdo con lo que al respecto establece su reglamento.

La autorización será otorgada por el Ministerio, mediante acuerdo ministerial, no pudiendo exceder del plazo de cincuenta años, ni tener carácter de exclusividad, de tal manera que terceros puedan competir con el adjudicatario en el mismo servicio.

La autorización quedará firme por medio de un contrato de autorización. En el mismo quedarán establecidos las obligaciones que asume el autorizado, las garantías, los procedimientos para rescindir, ampliar o extender la autorización, la duración de la autorización y otros aspectos que el Ministerio considere necesario.

Cuando un recurso hidráulico se utilice en forma compartida para generar electricidad y para otros usos, o bien, cuando se trate de dos o más aprovechamientos hidráulicos de energía eléctrica en el mismo cauce, el titular de la autorización para el aprovechamiento del recurso deberá prever que no se afecte el ejercicio permanente de otros derechos.

#### **1.5.4. Registro de central generadora menor o igual a 5 MW**

Un registro para la instalación de centrales hidroeléctricas o geotérmicas, se realiza para aquellas centrales de generación que cuentan con una capacidad menor o igual a los 5 MW.

Para tal efecto, los interesados podrán solicitar el registro correspondiente de su proyecto a la Dirección General de Energía en el formulario preparado para el registro de dichos proyectos.

Los solicitantes para la realización de los proyectos de centrales de generación de energía eléctrica deberán adjuntar el estudio de evaluación de impacto ambiental y la resolución de aprobación emitida por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), con el fin de poder cerciorar que no provocaran ningún daño o perjuicio al medio ambiente, así como a comunidades que por alguna razón se encuentren cerca del proyecto.

Con la promulgación de la Ley General de Electricidad en 1996 se ha promovido la apertura en el subsector eléctrico y, como resultado de ello, la participación del sector privado en la instalación de centrales de generación eléctrica en Guatemala se ha incrementado.

#### **1.5.5. Ley General de Electricidad**

La ley fundamental en materia de electricidad se sustenta a través de los principios que a continuación se detallan:

Es libre la generación de electricidad y no se requiere para ello autorización o condición previa por parte del Estado, más que las reconocidas por la Constitución Política de la República de Guatemala y las leyes del país.

- Es libre el transporte de electricidad, también es libre el servicio de distribución privada de electricidad.
- El transporte de electricidad que implique la utilización de bienes de dominio público y el servicio de distribución final de electricidad estarán sujetos a autorización.
- Son libres los precios por la prestación del servicio de electricidad, con la excepción de los servicios de transporte y distribución, sujetos a autorización. Las transferencias de energía entre generadores, comercializadores, importadores y exportadores que resulten de la operación del mercado mayorista, estarán sujetas a regulación en los términos de la Ley.

#### **1.5.6. Ley de Incentivos para Proyectos de Energía Renovable**

La Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable, se encuentra en el Decreto núm. 52-2003, tiene como objetivo promover el desarrollo de proyectos de energía renovable y establecer los incentivos fiscales, económicos y administrativos para el efecto.

Parte de estos incentivos es la exención de derechos arancelarios para las importaciones, incluyendo el impuesto al valor agregado (IVA), cargas y derechos consulares sobre la importación de maquinaria y equipo utilizados exclusivamente para la generación de energía en el área donde se ubiquen los

proyectos de energía renovable, para los periodos de preinversión y de construcción, los cuales no excederán de diez años.

Otro de los incentivos es la exención del impuesto sobre la renta (ISR), por 10 años. Este incentivo tiene una vigencia exclusiva a partir de la fecha en que el proyecto inicia la operación comercial.



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

En esta fase se ponen en práctica los conceptos de ingeniería eléctrica aprendidos durante la carrera, ya que previo a realizar el análisis de cómo afecta y qué impacto tiene la puesta en marcha de los proyectos hidroeléctricos en la matriz energética de Guatemala, se debe saber cómo funciona una hidroeléctrica y cuáles son las principales partes que la conforman, así como el proceso que se lleva dentro del Ministerio de Energía y Minas para que dichos proyectos sean autorizados.

### **2.1. ¿Qué es una hidroeléctrica?**

Es un conjunto de instalaciones que tienen como objetivo principal, aprovechar las diferencias de alturas de las distintas zonas geográficas del país, así como la fuerza que posee el agua de un río y transformarla en energía eléctrica. A continuación se describen algunas de las partes principales que conforman un proyecto hidroeléctrico, los cuales se detallan en la figura 5.

- Presa (1)
- Obras de toma (2)
- Canal de conducción (3)
- Cámara de carga (4)
- Tubería de presión (5)
- Casa de máquinas (6)

Figura 5. **Partes principales de una hidroeléctrica**



Fuente: Dirección General de Energía, Ministerio de Energía y Minas.

### 2.1.1. **Presa**

Es una estructura que debe tener la capacidad suficiente para contrarrestar la presión del agua acumulada, debe ser sólida y compacta, brindando seguridad a las regiones habitadas aguas abajo.

### 2.1.2. **Obras de toma**

Es la parte encargada de desviar el agua para conducirla por el canal de conducción.

### **2.1.3. Canal de conducción**

Es la parte de los proyectos hidroeléctricos encargada de transportar el agua hasta la cámara de carga.

### **2.1.4. Cámara de carga**

Sirve de transición entre el canal de conducción y la tubería de presión, evita la entrada de aire a la tubería de presión.

### **2.1.5. Tubería de presión**

Esta parte del proyecto hidroeléctrico es la encargada de transportar el agua desde la cámara de carga hasta la casa de máquinas, deberá resistir altas presiones, debido a la fuerza que llevará el agua dentro de ella.

### **2.1.6. Casa de máquinas.**

Es el emplazamiento donde se sitúa el equipamiento de la central hidroeléctrica: turbinas, bancadas, generadores, alternadores, cuadros eléctricos, cuadros de control, entre otros.

La ubicación del edificio debe analizarse muy atentamente, considerando los estudios topográficos, geológicos y geotécnicos, y la accesibilidad al mismo. El edificio puede estar junto a la presa, situarse al pie de esta, estar separado aguas abajo, cuando haya posibilidad de aumentar la altura del salto, e incluso puede construirse bajo tierra.

### **2.1.7. Turbina**

La turbina hidráulica es el elemento clave de la central hidroeléctrica, esta aprovecha la energía cinética y potencial que contiene el agua, transformándola en un movimiento de rotación que, transferido mediante un eje al generador produce energía eléctrica. Las turbinas hidráulicas se clasifican en dos grupos: turbinas de acción y turbinas de reacción.

En una turbina de acción la presión del agua se convierte primero en energía cinética, aprovechando únicamente la velocidad del flujo de agua para hacerlas girar. El tipo más utilizado es el denominado turbina Pelton, esta se emplea en saltos elevados que tienen poco caudal. Aunque existen otras, como la Turgo, con inyección lateral y la turbina de doble impulsión o de flujo cruzado, también conocida como turbina Ossberger o Banki-Michell.

En una turbina de reacción, la presión del agua actúa como una fuerza sobre la superficie de los álabes y decrece a medida que avanza hacia la salida. Este tipo de turbinas cuentan con un diseño de rotor que permite aprovechar la presión que aún le queda al agua a su entrada, para convertirla en energía cinética. Esto hace que el agua al salir del rotor tenga una presión por debajo de la atmosférica. Las turbinas de reacción más utilizadas son las Francis y la Kaplan.

### **2.1.8. Generador**

Es la máquina que transforma la energía mecánica de rotación de la turbina en energía eléctrica.

El generador basa su funcionamiento en la inducción electromagnética. El principio de su funcionamiento se basa en la ley de Faraday, mediante la cual, cuando un conductor eléctrico se mueve en un campo magnético se produce una corriente eléctrica a través de él.

El generador, o alternador, está compuesto de dos partes fundamentales: rotor o inductor móvil, cuya función es generar un campo magnético variable al girar, arrastrado por la turbina. Estátor o inducido fijo, sobre el que se genera la corriente eléctrica aprovechable.

En centrales menores de 1 000 KW la tensión de trabajo del generador es de 400 o 660 voltios. Para potencias más elevadas, la generación se produce en media tensión (3 000, 5 000 o 6 000 voltios).

Figura 6. **Casa de máquinas de Cuevamaría**



Fuente: Dirección General de Energía, Ministerio de Energía y Minas.

Figura 7. **Turbina y generador de Cuevamaría**



Fuente: Dirección General de Energía, Ministerio de Energía y Minas.

### **2.1.9. Línea de transmisión**

Es el conjunto de dispositivos que sirven para transportar la energía eléctrica desde una fuente de generación (en este caso una hidroeléctrica) a los centros de consumo (las cargas u hogares), buscando siempre maximizar la eficiencia, haciendo las pérdidas por calor o por radiaciones lo más pequeñas posibles.

### **2.2. Cálculo de la capacidad instalada de un proyecto hidroeléctrico**

La capacidad instalada de un proyecto hidroeléctrico es proporcional a la altura del salto y al caudal turbinado.

Debido a que estas dos variables son de suma importancia para determinar el diseño de las instalaciones y el dimensionamiento de los equipos, deben definirse y determinarse correctamente.

### **2.2.1. Determinación del caudal turbinado**

La elección de un caudal de diseño adecuado es fundamental para definir el equipamiento a instalar, para que la energía producida sea la máxima posible en función de la hidrología.

Conocer el régimen de caudales del río en la zona donde estará la toma de agua del proyecto hidroeléctrico es imprescindible para la determinación del caudal de diseño del aprovechamiento.

La medición de los caudales del río que será aprovechado para el proyecto hidroeléctrico se realiza en las estaciones de aforo, en estas se registran los caudales instantáneos que circulan por el tramo del río.

A partir de los caudales registrados instantáneos se determinan los caudales máximos, medios y mínimos diarios, correspondientes a un gran número de años, con los que se elaboran series temporales agrupadas por años hidrológicos.

La obtención de los datos de estaciones de aforo y caudales hidrológicos se pueden obtener gracias a las siguientes instituciones: Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (Maga), Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh) y el Instituto Nacional de Electrificación (Inde).

En función de la ubicación del futuro aprovechamiento, como primer punto, se recopilarán las series hidrológicas de las estaciones de aforo existentes en la zona de implantación del proyecto hidroeléctrico, con los datos de caudales medios diarios, para realizar el correspondiente estudio hidrológico.

Cuando no existe ninguna estación de aforo en la cuenca donde se situará el proyecto hidroeléctrico, se debe realizar un estudio hidrológico teórico basado en datos de precipitaciones de la zona en la cual se ejecutará el proyecto hidroeléctrico y en aforos existentes en cuencas que sean muy parecidas.

Asimismo, se deberá recopilar y analizar las series de datos pluviométricos que se tengan disponibles, completando los períodos en los que falten datos por medio de métodos de correlación de cuencas. Para esto hay que determinar previamente las características físicas de la cuenca a estudiar, principalmente la superficie, los índices que definen la forma y el relieve de esa superficie.

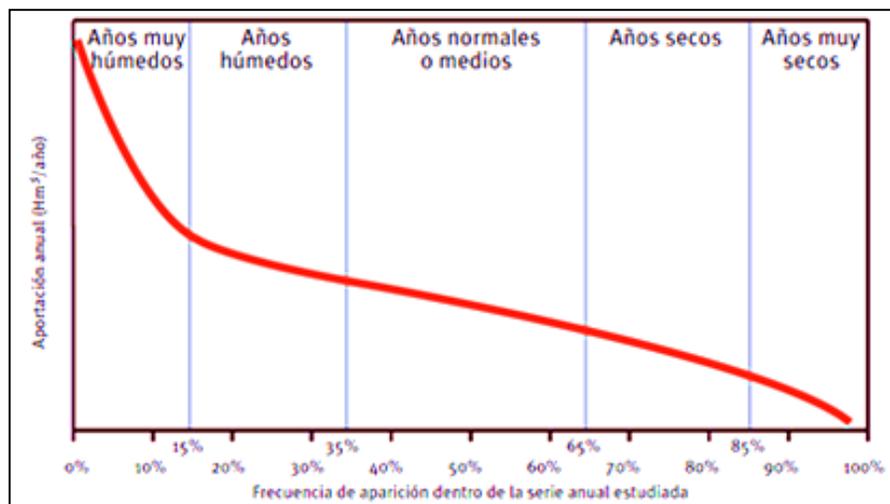
Luego, se relacionan las aportaciones de ambas cuencas en función de las precipitaciones, superficies y coeficientes de escorrentía, teniendo en cuenta los índices de compacidad y de pendiente.

De esta relación resulta un factor corrector que permite obtener las aportaciones y caudales de la cuenca estudiada, que han sido calculadas a partir de los datos de una cuenca semejante.

Es conveniente completar estos datos, además, con medidas directas del caudal en una sección del río a lo largo de al menos un año.

Al final, en todo estudio hidrológico, sea este teórico o con datos reales de caudales, se obtendrá una serie anual lo suficientemente grande para realizar una distribución estadística que tipifique los años en función de la aportación registrada: años muy secos, secos, medios, húmedos y muy húmedos.

Figura 8. **Clasificación de los años hidrológicos**



Fuente: *Manual de energía renovables, hidroeléctricas*. p. 32.

Luego de elaborar la distribución anterior, se tomará un año representativo y se construirá la curva de caudales clasificados de la cuenca estudiada, la cual dará el caudal en la toma de agua utilizada por el proyecto hidroeléctrico en función de los días del año en que se supera dicho valor.

La curva de caudales clasificados proporciona información muy importante de forma gráfica sobre el volumen de agua existente, el volumen turbinado y el volumen vertido por servidumbre, mínimo técnico o caudal ecológico.

Para elaborar esta curva, hay que calcular los siguientes parámetros:

- QM: caudal máximo alcanzado en el año.
- Qm: caudal mínimo del año.
- Qsr: caudal de servidumbre que es necesario dejar en el río por su cauce normal. Incluye el caudal ecológico y el necesario para otros usos. El caudal ecológico lo fija el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), si no se conociera, una primera estimación es considerarlo igual al 10 % del caudal medio interanual.
- Qmt: caudal mínimo técnico, el cual es directamente proporcional al caudal de equipamiento  $Q_e$  con un factor de proporcionalidad  $K$  que depende del tipo de turbina.

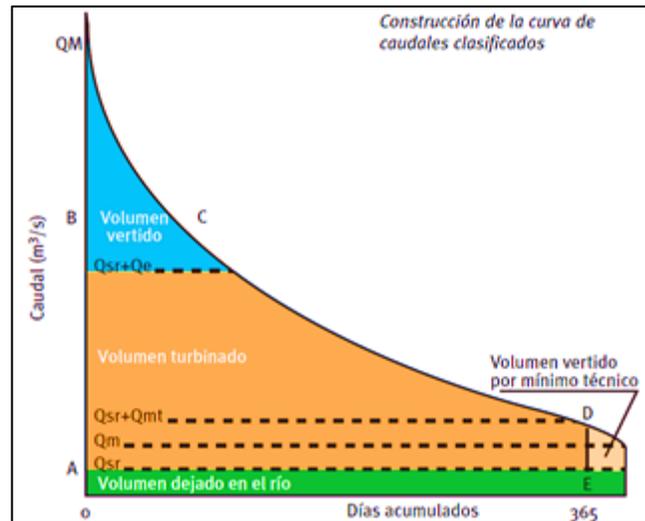
$$Q_{mt} = K * Q_e$$

Para una primera aproximación, se tomarán los siguientes valores de “K”:

- Para turbinas Pelton:  $k = 0,10$
- Para turbinas Kaplan:  $k = 0,25$
- Para turbinas Semikaplan  $k = 0,40$
- Para turbinas Francis  $k = 0,40$

El caudal de equipamiento  $Q_e$  se elegirá de forma que el volumen turbinado sea máximo, es decir, el área encerrada entre los puntos A, B, C, D, E, A sea la máxima de la figura siguiente.

Figura 9. **Curva de caudales clasificados**



Fuente: *Manual de energía renovables, hidroeléctricas*. p. 33.

Otra forma de determinar el caudal de equipamiento  $Q_e$  es, una vez descontado el caudal de servidumbre a la curva de caudales clasificados, se elige el caudal de equipamiento en el intervalo de la curva comprendido entre el  $Q_{80}$  y el  $Q_{100}$ , siendo el  $Q_{80}$  el caudal que circula por el río durante 80 días al año y el  $Q_{100}$  el que circula durante 100 días al año.

Algunas veces no se elige el caudal que proporciona mayor producción, debido a que hay que tener en cuenta otros factores como: la inversión necesaria, instalaciones ya existentes que condicionan el caudal a derivar por ejemplo, canales, túneles, entre otros.

### **2.2.2. Determinación del salto neto**

Es la otra variable fundamental para el diseño de un proyecto hidroeléctrico. Este deberá ser el máximo permitido por la topografía del terreno, teniendo en cuenta los límites que marcan la afección al medio ambiente y la viabilidad económica de la inversión.

A continuación se definen los siguientes conceptos:

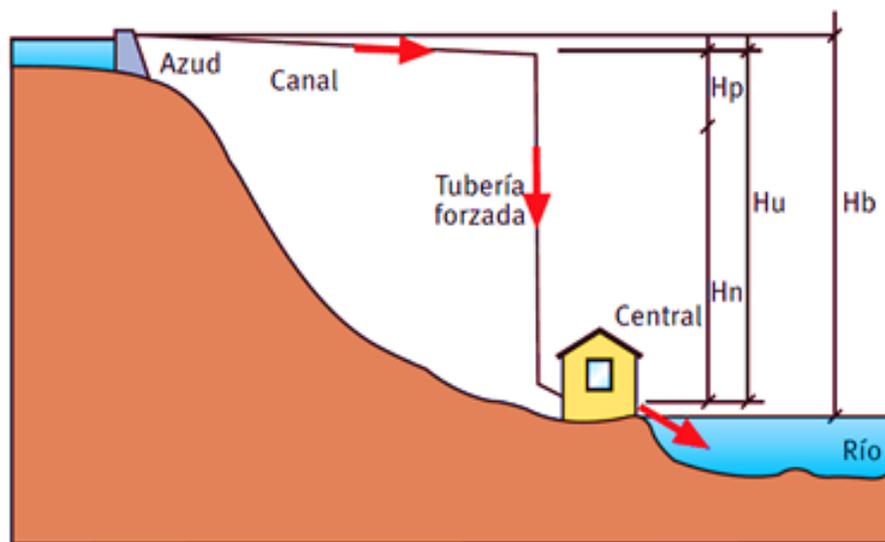
- Salto bruto ( $H_b$ ): altura existente entre el punto de la toma de agua del azud y el punto de descarga del caudal turbinado al río.
- Salto útil ( $H_u$ ): desnivel existente entre la superficie libre del agua en la cámara de carga y el nivel de desagüe en la turbina.
- Salto neto ( $H_n$ ): diferencia entre el salto útil y las pérdidas de carga producidas a lo largo de todas las conducciones.

Representa la máxima energía que se podrá transformar en trabajo en el eje de la turbina.

- Pérdidas de carga ( $H_p$ ): son las pérdidas por fricción del agua contra las paredes del canal y sobre todo en la tubería forzada, más las pérdidas ocasionadas por turbulencia, al cambiar de dirección el flujo, al pasar a través de una rejilla o de una válvula, entre otros. Se miden como pérdidas de presión (o altura de salto) y se calculan mediante fórmulas derivadas de la dinámica de fluidos.

Para una primera aproximación, se puede estimar el salto bruto mediante un plano topográfico. Para una determinación más correcta y exacta es necesario realizar un levantamiento topográfico de la zona; también se puede suponer que las pérdidas de carga son del orden del 5 al 10 % del salto bruto.

Figura 10. **Esquema general del salto de agua**



Fuente: *Manual de energía renovables, hidroeléctricas*. p. 35.

### 2.2.3. **Fórmula de la capacidad instalada y producción**

Los proyectos hidroeléctricos cuentan con una potencia utilizable que varía en función del caudal de agua disponible para ser turbinado y el salto existente en cada instante. La expresión que proporciona la potencia instalada es la que se describe a continuación:

$$P = 9,81 * Q * H_n * e$$

A continuación se describen cada uno de los componentes de la fórmula anterior y sus dimensionales:

P: potencia en kilowatt

Q: caudal de equipamiento en metros cúbicos por segundo

Hn: salto neto existente en metros

e: factor de eficiencia de la central, que es igual al producto de los rendimientos de los diferentes equipos que intervienen en la producción de la energía:

e:  $R_t * R_g * R_s$

R<sub>t</sub>: rendimiento de la turbina

R<sub>g</sub>: rendimiento del generador

R<sub>s</sub>: rendimiento del transformador de salida

Según sea el tipo de equipo y el fabricante, el rendimiento de la maquinaria utilizada en el proyecto hidroeléctrico varía, pero, a efectos de una primera aproximación, se puede tomar como factor de eficiencia para un proyecto hidroeléctrico moderno el valor de 0,85.

Luego que se conoce la potencia, es posible calcular la producción media del proyecto hidroeléctrico, como producto de la potencia en cada momento por las horas de funcionamiento.

La producción podría calcularse con la expresión siguiente:

$$E \text{ (kWh)} = 9,81 * Q * H_n * T * e * h$$

A continuación se describe cada uno de los componentes de la expresión anterior:

T: número de horas de funcionamiento (con Hn y Q fijos)

h: coeficiente de imponderables que refleja las pérdidas de energía debidas al mantenimiento y reparación de la central, incluso la disponibilidad del agua y la necesidad del mercado eléctrico.

### **2.3. Procedimiento general para solicitud de una autorización definitiva o un registro**

De acuerdo al artículo 8 de la Ley General de Electricidad se establece que la generación de electricidad es libre si la potencia de la central generadora no excede de 5MW.

Pero, en concordancia con la *Norma técnica de generación distribuida renovable y usuarios autoprodutores con excedentes de energía*, emitida por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) mediante resolución CNEE-227-2014, y derivado de la necesidad de contar con datos estadísticos, la Dirección General de Energía realiza la anotación en el “Registro de centrales menores o iguales a 5 MW”, en caso contrario de exceder esta potencia se deberá obtener una autorización definitiva de uso de bienes de dominio público.

La autorización o el registro para la realización de proyectos hidroeléctricos requieren de una serie de procedimientos dentro del Ministerio de Energía y Minas, los cuales se describen a continuación, de acuerdo al tipo de proyecto que se quiera ejecutar fundamentados legalmente en los artículos 1, 8 y 13 del Decreto núm. 93-96 de la Ley General de Electricidad.

### **2.3.1. Procedimientos de una autorización definitiva**

La realización de los proyectos hidroeléctricos que ayudarán a mejorar la matriz energética requieren de una autorización por parte del Ministerio de Energía y Minas. Los pasos para obtenerla son:

- Recepción de la solicitud: la solicitud deberá ser presentada en la ventanilla de la Dirección General de Energía (DGE), esta deberá incluir la documentación legal, declaración jurada sobre aceptaciones según el tipo de solicitud, descripción general del proyecto y plica.

Estos documentos se fundamentan legalmente y técnicamente en los artículos 12 y 14 de la Ley General de Electricidad y el artículo 4 del Reglamento de la Ley General de Electricidad.

- Dictamen de revisión Inicial de la solicitud: para emitir este dictamen se deberá verificar si el área, tramo o trazo solicitado no ha sido otorgado con anterioridad, o verificar si no existe otro proyecto hidroeléctrico que se vea afectado por el proyecto que se está solicitando. Para esto, se revisará el “Registro de autorizaciones definitivas”, en esta etapa también se podrán requerir aclaraciones o ampliaciones al interesado.
- Procedencia o no procedencia de la solicitud: la Dirección General de Energía con base en el dictamen técnico de revisión inicial de la solicitud, resolverá la procedencia o no procedencia de la autorización definitiva para la ejecución del proyecto hidroeléctrico.
- Publicación del edicto: si se ha resuelto la procedencia de la solicitud, el requirente publicará en el Diario de Centro América y en otro diario de

mayor circulación, el edicto que contendrá las generalidades de la solicitud, con el fin de que cualquier persona pueda plantear manifestación de objeción o de interés en la misma solicitud.

Si dentro de los 8 días siguientes a la publicación se presentara manifestación de objeción, se adicionará al expediente y se resolverá con la solicitud principal. En caso de presentarse manifestación de interés, dentro de los 30 días siguientes se formalizará la solicitud.

- Apertura de plicas: dentro de los 15 días siguientes, la Dirección General de Energía procederá al acto público de apertura de plicas, en la cual se procede a revisar la documentación técnica y legal del proyecto hidroeléctrico, con lo cual se elabora el acta donde se hará constar el contenido de la plica.
- Dictamen técnico: contendrá el análisis sobre la documentación técnica presentada y las conclusiones de la inspección técnica que se realiza al proyecto que está solicitando la autorización, en el cual se explican todas las generalidades y las principales obras del proyecto hidroeléctrico.

En este mismo se verifica el tramo solicitado y si no existen otras instalaciones o usos que se puedan ver afectados por la construcción del proyecto, entre otros aspectos.

Principalmente, la opinión técnica será sobre la calificación o no calificación técnica de la solicitud presentada.

- Calificación o no calificación técnica de solicitudes: la Dirección General de Energía emitirá opinión razonada sobre la calificación o no calificación

técnica de la solicitud, remitiendo el expediente a Asesoría Jurídica del Ministerio de Energía y Minas.

- Dictamen de Asesoría Jurídica y PGN: al contar con estas dos opiniones el Ministerio resolverá en definitiva.
- Acuerdo ministerial: el Ministerio con base en los dictámenes técnicos y legal sobre la solicitud, emitirá la resolución y acuerdo ministerial, consignándose en el mismo la información referida en el artículo 18 de la Ley General de Electricidad.
- Publicación del acuerdo: el solicitante procederá a realizar la publicación del acuerdo ministerial en el Diario de Centro América y en un diario de mayor circulación.
- Suscripción del contrato: sin exceder del plazo de 30 días posteriores a la fecha de publicación del acuerdo ministerial, el solicitante y el notario autorizante deberán apersonarse ante el despacho del señor ministro, para la suscripción del contrato de autorización definitiva de bienes de dominio público.
- Registro y archivo: luego de la suscripción del contrato o bien del vencimiento del plazo indicado en el numeral anterior Secretaria General del Ministerio de Energía y Minas trasladará el expediente a La Dirección General de Energía para su registro o archivo según corresponda.

### **2.3.2. Procedimientos para un registro**

De acuerdo a las *Normas técnicas de la generación distribuida renovable y usuarios autoprodutores con excedentes de energía*, emitidas por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), mediante la resolución CNEE-227-2014, y para fines estadísticos, la Dirección General de Energía realiza la anotación en el “Registro de centrales menores o iguales a 5 MW”.

Esto se hace para determinar cómo estos proyectos impactan en la matriz energética de Guatemala y para el control del potencial hídrico del país. Para el registro de estos proyectos hidroeléctricos en la Dirección General de Energía existe una serie de procedimientos, los cuales se describen a continuación:

- **Recepción de la solicitud:** la solicitud deberá ser presentada en la ventanilla de la Dirección General de Energía (DGE), esta deberá incluir la documentación legal, aprobación y estudios que de conformidad con las leyes ambientales, se deban cumplir, descripción y documentación técnica del proyecto hidroeléctrico.
- **Dictamen técnico:** se realiza una revisión técnica y un análisis de las principales obras del proyecto, también se verifica que no exista una autorización definitiva de uso de bienes de dominio público otorgada.

En este dictamen se indican las generalidades que los ingenieros a cargo del proyecto exponen sobre las principales obras de la central y su funcionamiento.

- Resolución: la Dirección General de Energía, con la opinión técnica, resolverá la procedencia o no de la inscripción en el “Registro de centrales generadoras menores o iguales a 5MW”.
- Notificación: se notifica la resolución de aprobación del proyecto hidroeléctrico a las partes que figuren dentro del expediente de la solicitud.
- Registro y archivo: una vez transcurrido el plazo de 5 días hábiles de la notificación de la resolución, la Dirección General de Energía procederá a realizar la inscripción en el Registro.

#### **2.4. Proyectos hidroeléctricos que impactan e impactarán a la matriz energética de Guatemala**

A continuación se presenta cada uno de los proyectos hidroeléctricos existentes actualmente en Guatemala, mostrando los proyectos que cuentan con autorización definitiva para la instalación de centrales hidroeléctricas y que están operando, los que están pendientes de entrar en operación y los que están en trámite de autorización. También se presentan los registros de centrales hidroeléctricas que actualmente están operando, los que están pendientes de entrar en operación y los que están en trámite de registro. Cada uno de estos proyectos impactan la matriz energética de Guatemala y la impactarán grandemente al tratar de tener una matriz con un porcentaje alto de recursos renovables.

### 2.4.1. Proyectos hidroeléctricos en operación que cuentan con autorización definitiva

La tabla IV muestra todos los proyectos hidroeléctricos que cuentan con autorización definitiva del Ministerio de Energía y Minas y que se encuentran en operación, así como la capacidad instalada de cada uno de ellos. Se observa que son 20 proyectos en operación los que actualmente alimentan de energía eléctrica al sistema.

Tabla IV. **Proyectos en operación con autorización definitiva**

Núm.	Nombre proyecto	Entidad	Capacidad instalada (MW)
1	Hidroeléctrica Río Bobos	Hidronorte, S. A.	10,00
2	Matanzas-Chilascó	Tecnoguat, S. A.	12,00
3	Central Generadora Eléctrica Montecristo	Generadora Montecristo, S. A.	13,00
4	Hidroeléctrica Cuevamaría	Recursos Energéticos Pasac, S. A.	9,30
5	Hidroeléctrica Pasabien	Inversiones Pasabien, S. A.	12,75
6	Santa Teresa	Agro-Comercializadora Del Polochic, S. A.	24,00
7	Renace	Recursos Naturales y Celulosas, (RENACE S. A.)	68,10
8	Hidroeléctrica Río Las Vacas	Hidroeléctrica Río Las Vacas, S. A.	42,00
9	Hidro Canadá	Generadora de Occidente, Limitada.	47,40
10	Poza Verde	Papeles Elaborados, S. A.	12,17
11	Hidro Xacbal	Hidro Xacbal, S. A.	94,00
12	Hidroeléctrica El Recreo	Hidrotama, S. A.	26,00
13	Planta Hidroeléctrica Santa María	Empresa de Generación de Energía Eléctrica del Inde (EGEE)	6,88
14	Hidroeléctrica Los Esclavos	Empresa de Generación de Energía Eléctrica del Inde (EGEE)	13,00
15	Planta Hidroeléctrica Jurún Marinalá	Empresa de Generación de Energía Eléctrica del Inde (EGEE)	60,00
16	Planta Hidroeléctrica Aguacapa	Empresa de Generación de Energía Eléctrica del Inde (EGEE)	90,00
17	Planta Hidroeléctrica Chixoy	Empresa de Generación de Energía Eléctrica del Inde (EGEE)	300,00
18	Palo Viejo	Renovables de Guatemala, S. A.	84,00
19	Hidroeléctrica Panán	Inversiones Atenas, S. A.	6,90
20	Hidroeléctrica Cholomá	Hidroeléctrica Cholomá, S. A.	10,00

Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Las siguientes fotografías muestran algunos de los proyectos hidroeléctricos en operación y con la respectiva autorización. En ellos se realizó una inspección técnica, durante la cual se explicaron las generalidades de la central generadora.

Figura 11. **Central hidroeléctrica Renace**



Fuente: San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

Figura 12. **Proyecto hidroeléctrico Palo Viejo**



Fuente: San Juan Cotzal, Quiché.

Figura 13. **Planta hidroeléctrica Santa María**



Fuente: Samalá, Quetzaltenango.

#### **2.4.2. Proyectos hidroeléctricos pendientes de entrar en operación y que cuentan con autorización definitiva**

La tabla V muestra todos los proyectos hidroeléctricos que tiene una autorización definitiva del Ministerio de Energía y Minas y que están pendientes de entrar en operación, debido a que aún se encuentran en construcción. Se observa que son 30 proyectos en este estado; también se muestra la capacidad instalada con la que contará cada uno de ellos.

Tabla V. **Proyectos pendientes de entrar en operación con autorización definitiva**

Núm.	Nombre proyecto	Entidad	Capacidad instalada (MW)
1	Hidroeléctrica Sulín	Central Hidroeléctrica Sulín, S. A.	19,00
2	Hidroeléctrica El Manantial	Alternativa de Energía Renovable, S. A.	40,00
3	El Cóbano	Hidroeléctrica El Cóbano, S. A.	7,00
4	Renace II	Recursos Naturales y Celulosas, (RENACE S. A.)	195,00
5	Río Hondo II	Hidroeléctrica Río Hondo, S. A.	32,00
6	Tres Ríos	Hidroeléctrica Tres Ríos, S. A.	49,19
7	Hidroeléctrica Finca Lorena	Agen, S. A.	16,50
8	Hidroeléctrica Las Ánimas	Grupo Corporativo Catedral, S. A.	10,00
9	Hidroeléctrica San Cristóbal-DUKE	Inver-Energy y Compañía, Sociedad en Comandita por Acciones	19,00
10	El Volcán	Inversiones Agrícolas Diversificadas, S. A.	26,00
11	Cuatro Chorros	Generación Limpia Guatemala, S. A.	36,00
12	El Sisimite	Generadora Nacional, S. A.	40,00
13	Hidroeléctrica Santa Rita	Hidroeléctrica Santa Rita, S. A.	19,47
14	Hidroeléctrica Entre Ríos	Corrientes del Río, S. A.	8,25
15	El Orégano	Desarrollo de Generación Eléctrica y Manejo de Recursos Naturales Las Tres Niñas, S. A.	120,00
16	Hidroeléctrica La Vega I	Hidroxil, S. A.	38,00
17	Hidro Salá	Hidro Salá, S. A.	15,00
18	Hidroeléctrica Las Fuentes II	Energías del Ocosito, S. A.	12,00
19	La Vega II	Hidroxil, S. A.	18,75
20	Hidroeléctrica Pojom II	Generadora San Mateo, S. A.	20,00
21	Desarrollos Peña	Hidrogen, S. A.	10,00
22	Hidro Xacbal Delta	Energía Limpia de Guatemala, S. A.	75,00
23	Hidroeléctrica El Cafetal	Hidro Juminá, S. A.	8,36
24	Oxec	Oxec, S. A.	25,50
25	San Andrés	Generadora San Andrés, S. A.	10,80
26	Hidroeléctrica Raaxha	Hidroeléctrica Raaxha, S. A.	10,00
27	Hidroeléctrica Las Brisas	Hidroeléctrica Las Brisas, S. A.	25,00
28	El Recreo II	Genepal, S. A.	23,00
29	Hidroeléctrica El Raudal	Hidroeléctrica El Raudal, S. A.	12,00
30	Oxec II	Oxec II, S. A.	45,00

Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Las siguientes fotografías muestran algunos de los proyectos hidroeléctricos pendientes de entrar en operación, en los que se realizó una inspección técnica, durante la cual se explicaron las generalidades de la central generadora.

Figura 14. **Central hidroeléctrica El Manantial**



Fuente: Quetzaltenango.

Figura 15. **Centro de mando de El Manantial**



Fuente: Quetzaltenango.

Figura 16. **Proyecto hidroeléctrico en construcción de El Cafetal**



Fuente: Purulhá, Baja Verapaz.

### **2.4.3. Proyectos hidroeléctricos que se encuentran en trámite de la autorización definitiva**

La tabla VI muestra todos los proyectos hidroeléctricos que en trámite de autorización definitiva en el Ministerio de Energía y Minas. Se puede observar que son 13 proyectos los que entrarán a funcionar y a alimentar el sistema del país, además, se especifica la capacidad instalada con la que contará cada uno de ellos.

Tabla VI. **Proyectos en trámite con registro de autorización definitiva**

<b>Núm.</b>	<b>Nombre proyecto</b>	<b>Entidad</b>	<b>Capacidad instalada (MW)</b>
1	Hidroeléctrica Pojom I	Generadora del Rio, S. A.	10,20
2	Hidroeléctrica "La Campana"	Binajcap, S. A.	40,90
3	La Cascata	ENEL Guatemala, S. A.	137,00
4	Hidroeléctrica Esmeralda	Hidroeléctrica Esmeralda, S. A.	18,23
5	Hidroeléctrica Nican Seis Punto Cincuenta y Tres Megavatios (6.53 MW)	Hidroeléctrica Cabilajú, S. A.	6,53
6	Hidroeléctrica Palín II	Empresa de Generación de Energía Eléctrica del Inde (EGEE)	5,76
7	Ampliación Hidroeléctrica El Manantial	Alternativa de Energía Renovable, S. A.	12,00
8	Hidroeléctrica Chichaic	Empresa de Generación de Energía Eléctrica del Inde (EGEE)	0,70
9	Hidroeléctrica La Libertad	Cinco M, S. A.	9,60
10	Hidroeléctrica San Luis	Cinco M, S. A.	12,20
11	Proyecto Renace IV	Renace, S. A.	85,00
12	Hidroeléctrica Guayacán	Proyectos Sostenibles de Guatemala, S. A.	3,00
13	Hidroeléctrica La Esperanza	Hidroeléctrica La Esperanza, S. A.	14,99

Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

#### **2.4.4. Proyectos hidroeléctricos en operación que cuentan con registro**

La tabla VII muestra todos los proyectos hidroeléctricos que cuentan con registro en el Ministerio de Energía y Minas y que están en operación, así como la capacidad instalada de cada uno de ellos. Se observa que son 26 proyectos que actualmente alimentan de energía eléctrica al sistema.

Tabla VII. **Proyectos en operación con registro**

núm.	Nombre Proyecto	Entidad	Capacidad Instalada MW
1	Hidroeléctrica Candelaria	Hidroeléctrica Candelaria, S. A.	4,50
2	La Perla	Hidrosacpur, S. A.	4,70
3	Hidroeléctrica Luarca	Constructora S & M.	0,18
4	Hidroeléctrica Los Cerros	ENASA, Energía Nacional, S. A.	1,20
5	Central Generadora Santa Elena	Servicios en Generación, S. A.	0,70
6	Hidroeléctrica SDMM	Hidropower, SDMM, S. A.	2,20
7	Visión de Águila	Visión de Águila, S. A.	2,00
8	Pequeña Hidroeléctrica Ixtalito-PHE IXTALITO	Ixtal, S. A.	1,493
9	Hidroeléctrica Kaplan Chapina	Papeles Elaborados, S. A.	2,00
10	Hidroeléctrica Cuevamaría	Recursos Energéticos Pasac, S. A.	3,90
11	Hidroeléctrica Sacjá	Hidroeléctrica Sac-já, S. A.	2,00
12	Hidroeléctrica Jesbon Maravillas	Corporación Jesbon, S. A.	0,94
13	Central Generadora El Prado	Generadora de Energía El Prado, S. A.	0,50
14	Minihidroeléctrica San Joaquín II o Minihidroeléctrica San Joaquín 2.	Servicios de Agua La Corona, S. A.	0,80
15	Hidroaguná	Hidroaguná, S. A.	2,00
16	Hidroeléctrica el Zambo	Agroprop, S. A.	0,984
17	Hidroeléctrica El Libertador 1.88 MW	Regional Energetica, S. A.	1,88
18	Finca Las Margaritas Fase II	Oscana, S. A.	1,71
19	Central Generadora Las Victorias, S.A.	Generadora Eléctrica Las Victorias, S. A.	0,75
20	Hidroeléctrico El Coralito	Coralito, S. A.	2,1
21	Hidroeléctrica Cerro Vivo	Compra de Materias Primas, S. A.	2,40
22	MiniCentral Generadora Hidráulica Monte María I y Monte María II (GDR)	Monte María, S. A.	0,552
23	Hidroeléctrica Guayacán	Proyectos Sostenibles de Guatemala, S. A.	3,00
24	Pequeña Central Hidroeléctrica Tuto Dos	Punta del Cielo, S. A.	0,96
25	Hidroeléctrica Santa Teresa	Agropecuaria Altorr, S. A.	1,90
26	Hidroeléctrica Pacayas	Aguilar Arimany Asociados Consultores, S. A.	5,00

Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Las siguientes fotografías muestran algunos de los proyectos hidroeléctricos en operación, en los que se realizó una inspección técnica, durante la cual se explicaron las generalidades de la central generadora.

Figura 17. **Proyecto hidroeléctrico Cuevamaría**



Fuente: Cantel, Quetzaltenango.

Figura 18. **Proyecto hidroeléctrico Visión de Águila**



Fuente: Cobán, Alta Verapaz.

### 2.4.5. Proyectos hidroeléctricos pendientes de entrar en operación y que cuentan con registro

La tabla VIII muestra todos los proyectos hidroeléctricos que tienen registro en el Ministerio de Energía y Minas y que están pendientes de entrar en operación, debido a que aún se encuentran en construcción. Se observa que son 28 proyectos en este estado; así también se muestra la capacidad instalada con la que contará cada uno de ellos.

Tabla VIII. **Proyectos pendientes de entrar en operación con registro**

Núm.	Nombre proyecto	Entidad	Capacidad instalada MW
1	Hidroeléctrica Ixpil	Agroindustrias El Niágara, S. A.	5,00
2	Hidroeléctrica San Francisco	Industria Agrícola Loma Azul, S. A.	0,40
3	Hidroeléctrica Mopá	Empresa Metalística, S. A.	1,50
4	Central Hidroeléctrica El Vergel	Fausto Scheel Aguilar	1,50
5	Turingia CHT	Servicios Electromecánicos Limitada	4,50
6	Hidroeléctrica Los Cerros II	Energía Nacional, S. A.	1,50
7	Hidroeléctrica Maxanal	Hidroeléctrica Maxanal, S. A.	2,80
8	Hidroeléctrica Canbalam I	Hidro Santa Cruz, S. A.	4,96
9	Hidroeléctrica El Brote	Hidroeléctrica El Brote, S. A.	4,90
10	Hidroeléctrica San Luis	Hidroeléctrica San Luis, S. A.	2,094
11	Hidroeléctrica Talcanac	Talcanac, S. A.	4,95
12	Providencia	Ixtal, S. A.	4,9
13	Hidroeléctrica Mongoy	Gonzalo Estuardo Enrique Salguero Ruata	0,70
14	Hidroeléctrica Turubalá	Fuerza de Gravedad, S. A.	5,00
15	Los Nogales	El Sarral, S. A.	2,37
16	Peña Flor - Los Sisitos	Proveedora de Energía Renovable Peñaflor, S. A.	0,50794
17	Hidroeléctrica El Salto Marinalá	Agroindustrial Piedra Negra, S. A.	4,93
18	Hidroxcobil, S.A.	Hidroxcobil, S. A.	3,5
19	Hidroeléctrica Los Patos (menor de 5 MW)	Agrícola La Entrada, S. A.	4,9
20	Hidroeléctrica Samuc	Hidroeléctrica Samuc, S. A.	1,28
21	Pequeña Central Hidroeléctrica Santa Margarita	Ecopotencia, Sociedad Anónima	1,60
22	Hidroeléctrica El Panal	Regional Energética, Sociedad Anónima	3,08
23	Generadora Eléctrica La Paz	Generadora Eléctrica La Paz, S. A.	0,95
24	Pequeña Central Hidroeléctrica Cholíva	Hidroeléctrica Cholíva, S. A.	0,70
25	Pequeña Hidroeléctrica El Conacaste	Caudales Renovables, S. A.	3,00
26	Las Uvitas	Desarrollos Las Uvitas, S. A.	1,88
27	Pequeña Hidroeléctrica Concepción	Hidro Concepción, S. A.	0,15
28	Construcción y Operación del Proyecto Hidroeléctrico San José	Servicios de Agua La Corona, S. A.	0,43

Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Las siguientes fotografías muestran algunos de los proyectos hidroeléctricos pendientes de entrar en operación, en los que se realizó una inspección técnica, durante la cual se explicaron las generalidades de la central generadora.

Figura 19. **Generadora eléctrica La Paz**



Fuente: Cobán, Alta Verapaz.

Figura 20. **Construcción y operación del proyecto hidroeléctrico San José**



Fuente: Cobán, Alta Verapaz.

Figura 21. **Pequeña hidroeléctrica Concepción**



Fuente: Cobán, Alta Verapaz.

#### 2.4.6. **Proyectos hidroeléctricos que se encuentran en trámite de registro**

La tabla IX muestra todos los proyectos hidroeléctricos en trámite de registro en el Ministerio de Energía y Minas, se observa que son 3 proyectos en este estado; también se muestra la capacidad instalada con la que contará cada uno de ellos.

Tabla IX. **Proyectos en trámite de registro**

<b>Núm.</b>	<b>Nombre proyecto</b>	<b>Entidad</b>	<b>Capacidad instalada MW</b>
1	Hidroeléctrica Monte Verde	Hidroeléctrica Monte Verde, S. A.	4,20
2	El Porvenir	Empresa de Generación de Energía Eléctrica del Inde (EGEE)	2,28
3	Hidroeléctrica Santa Anita	Hidroeléctrica Santa Anita, S. A.	1,78

Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

## **2.5. Cálculos y comparaciones**

Al realizar un análisis comparativo de la matriz energética de 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 y la matriz energética actual, así como la matriz energética con los proyectos que están pendientes de entrar en operación y los que están en trámite, se observó el impacto que tienen los proyectos hidroeléctricos autorizados y registrados por el MEM.

Estas autorizaciones otorgadas por el Ministerio de Energía y Minas impactan en la matriz energética, lo que se refleja en el menor uso de tecnología del petróleo para no depender tanto de dicha tecnología, pero sí de la tecnología renovable, en este caso, por medio de los proyectos hidroeléctricos que autoriza el MEM.

A continuación se detallarán cada una de las matrices energéticas elaboradas durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) con los datos proporcionados por el Ministerio de Energía y Minas. Con ellas se observará cómo impactan los proyectos hidroeléctricos en la matriz energética y los beneficios que esto trae al país de Guatemala.

### **2.5.1. Matriz energética del 2010 al 2011**

En las tablas X y XI y las figuras 22 y 23 se presentan los datos de la matriz energética del 2010 al 2011.

Tabla X. **Datos de la matriz energética 2010**

Tecnología	Capacidad instalada (MW)	Porcentaje
Hidroeléctricas	825,94	34,03 %
Termoeléctricas	1 170,51	48,23 %
Ingenios	381,50	15,72 %
Geotérmicas	49,20	2,03 %
Total	2 427,15	100,00 %

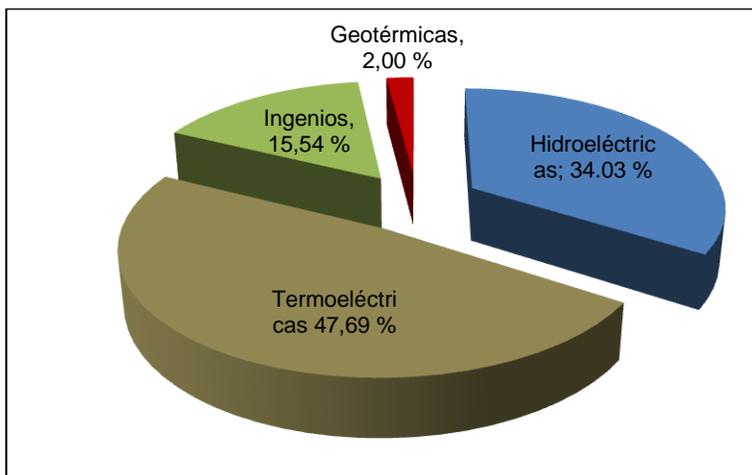
Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Tabla XI. **Datos de la matriz energética 2011**

Tecnología	Capacidad instalada (MW)	Porcentaje
Hidroeléctricas	855,99	33,63 %
Termoeléctricas	1 189,50	46,74 %
Ingenios	450,50	17,70 %
Geotérmicas	49,20	1,93 %
Total	2 545,19	100,00 %

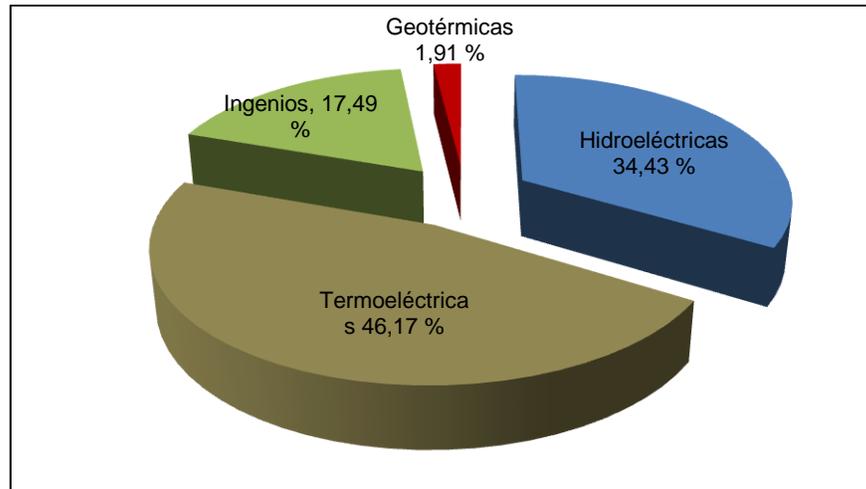
Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Figura 22. **Matriz energética 2010**



Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Figura 23. **Matriz energética 2011**



Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Al realizar el análisis comparativo entre 2010 y 2011 se observa que la capacidad instalada en hidroeléctricas se incrementó de 33,63 % al 34,43 %. Sin embargo, se observa que en ambos casos, la generación por derivados del petróleo tiene un valor más importante y, además, tiene un impacto directo en los costos marginales del mercado de oportunidad (*spot*).

Es importante mencionar que los demás datos de las otras tecnologías (termoelectricas, ingenios, geotérmicas) que aparecen en las gráficas anteriores se calcularon con proporcionadas por el Ministerio de Energía y Minas, no se hace un análisis más profundo debido a que este trabajo está enfocado en los proyectos hidroeléctricos que autoriza y registra el Ministerio de Energía y Minas.

## 2.5.2. Matriz energética del 2012 al 2013

En las tablas XII y XIII y las figuras 24 y 25 se presentan los datos de la matriz energética del 2012 al 2013.

Tabla XII. **Datos de la matriz energética 2012**

Tecnología	Capacidad instalada (MW)	Porcentaje
Hidroeléctricas	959,85	34,79 %
Termoeléctricas	1 281,91	46,46 %
Ingenios	468,00	16,96 %
Geotérmicas	49,20	1,78 %
Total	2 758,96	100,00 %

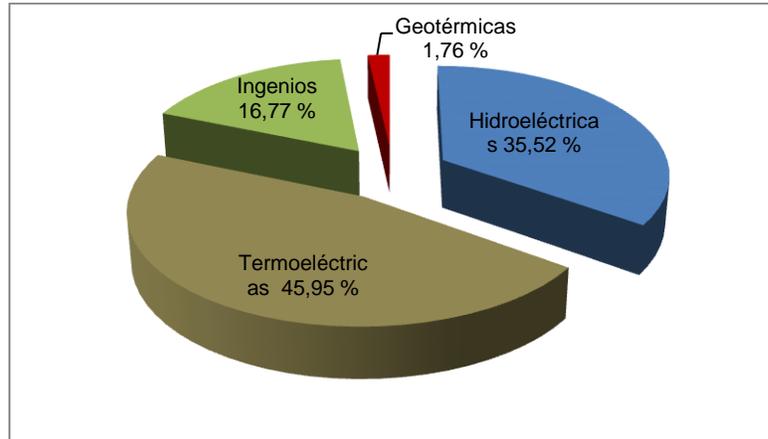
Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Tabla XIII. **Datos de la matriz energética 2013**

Tecnología	Capacidad instalada (MW)	Porcentaje
Hidroeléctricas	964,29	35,18%
Termoeléctricas	1 128,30	41,16%
Ingenios	599,20	21,86%
Geotérmicas	49,20	1,79%
Total	2 740,99	100,00%

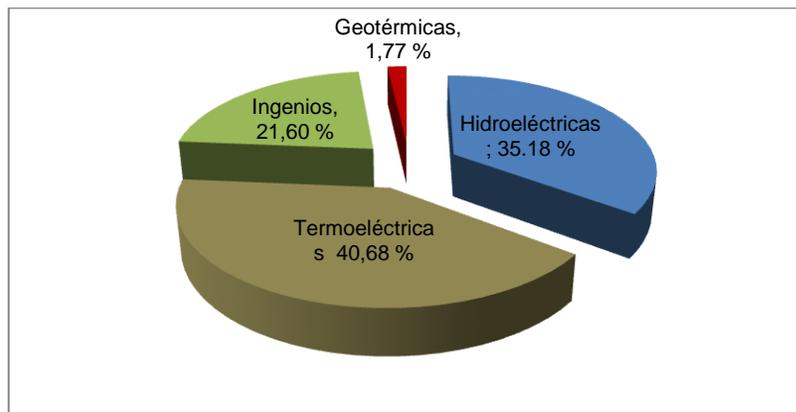
Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Figura 24. **Matriz energética 2012**



Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Figura 25. **Matriz energética 2013**



Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Al realizar el análisis comparativo entre 2012 y 2013 se observa que la capacidad instalada hidroeléctricas se incrementó de 34,79 % al 35,18 %. Sin embargo, se observa que en ambos casos la generación por derivados del petróleo tiene un valor muy importante; aunque tuvo un decrecimiento de

45,95 % a 40,68 %, pero cabe recalcar que sigue teniendo un impacto directo en los costos marginales del mercado de oportunidad (*spot*).

### 2.5.3. Matriz energética del 2014 a marzo de 2015

En las tablas XIV y XV y las figuras 26 y 27 se presentan los datos de la matriz energética del 2014 al 2015.

Tabla XIV. Datos de la matriz energética 2014

Tecnología	Capacidad instalada (MW)	Porcentaje
Hidroeléctricas	981,88	31,42 %
Termoeléctricas	1 314,21	42,05 %
Ingenios	774,75	24,79 %
Geotérmicas	49,20	1,57 %
Solar	5,00	0,16 %
Total	3 125,04	100,00 %

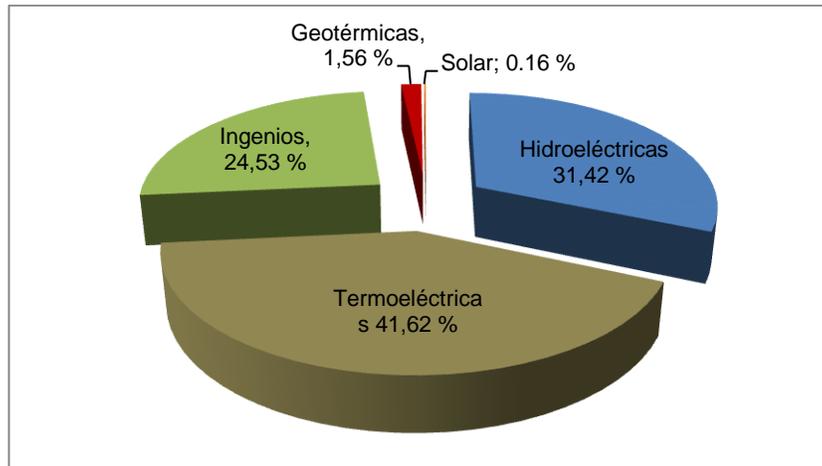
Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Tabla XV. Datos de la matriz energética marzo 2015

Tecnología	Capacidad Instalada (MW)	Porcentaje
Hidroeléctricas	990,74	32,21 %
Termoeléctricas	1 314,21	42,73 %
Ingenios	666,55	21,67 %
Geotérmicas	49,20	1,60 %
Solar	55,00	1,79%
Total	3 075,70	100,00%

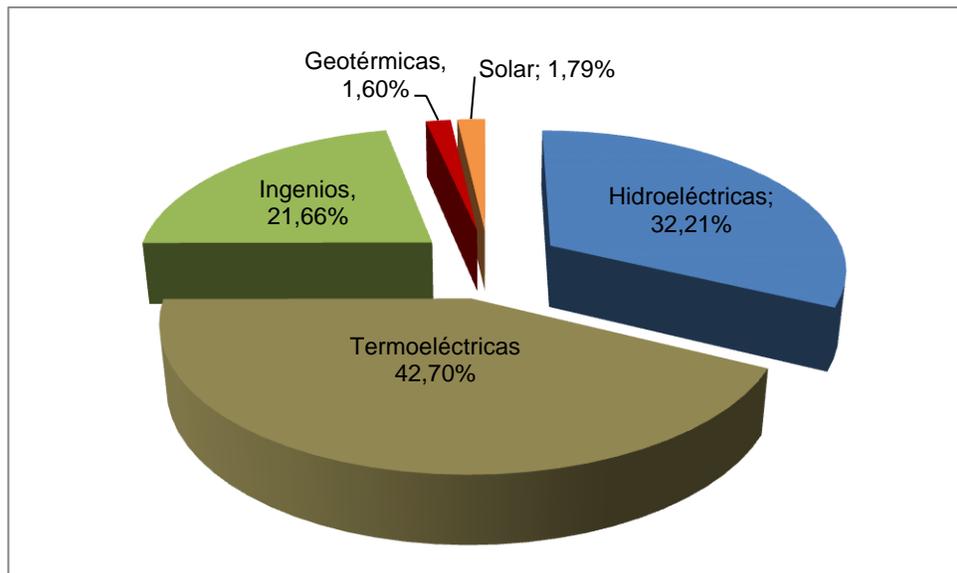
Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Figura 26. **Matriz energética 2014**



Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Figura 27. **Matriz energética marzo 2015**



Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Al realizar el análisis comparativo entre 2014 y marzo 2015, se puede observar que la capacidad instalada en hidroeléctricas se incrementó de 31,42 % al 32,21 %. Sin embargo, se observa que la generación por derivados del petróleo, según los porcentajes indicados, sigue manteniéndose en casi los mismos niveles sin tener un cambio tan fuerte, pero sigue siendo un porcentaje muy importante y tiene un impacto directo en los costos marginales del mercado de oportunidad (*spot*).

Es importante mencionar que los demás datos de las otras tecnologías (termoeléctricas, ingenios, geotérmicas, solar) que aparecen en las gráficas anteriores se calcularon con la información proporcionadas por el Ministerio de Energía y Minas, no se hace un análisis más profundo debido a que este trabajo está enfocado en los proyectos hidroeléctricos que autoriza y registra el Ministerio de Energía y Minas.

#### **2.5.4. Matriz energética de marzo 2015 a matriz energética proyectada incluyendo proyectos pendientes de entrar en operación**

La tabla XVI muestra los proyectos hidroeléctricos que están pendientes de entrar en operación, con la respectiva capacidad instalada con la que entrarán a operar en el sistema del país, también se muestra la capacidad que se posee hasta marzo de 2015.

Tabla XVI. **Datos de la proyección de la capacidad instalada**

<b>Pendiente de entrar en operación</b>	
<b>Proyectos hidroeléctricos</b>	<b>MW</b>
Con autorización	985,82
Con registro	73,98
Total	1 059,80
<b>Capacidad instalada a marzo de 2015 de los proyectos hidroeléctricos</b>	
Actual	990,74
Capacidad instada total	2 050,54

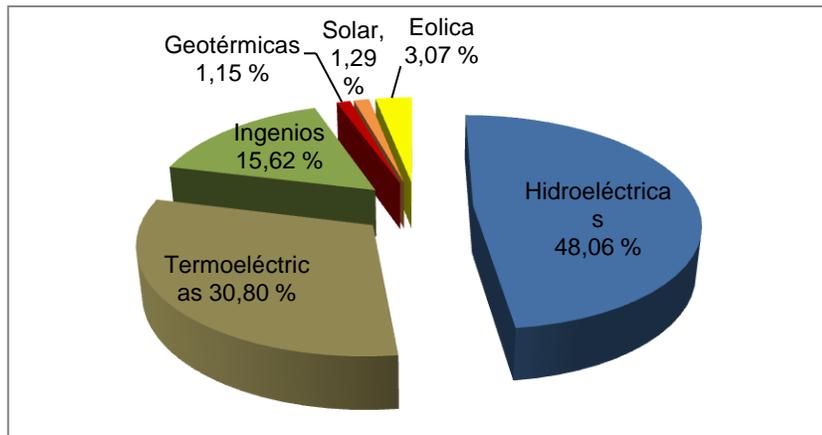
Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Tabla XVII. **Datos de la matriz energética proyectada con los proyectos pendientes de entrar en operación**

<b>Tecnología</b>	<b>Capacidad Instalada (MW)</b>	<b>Porcentaje</b>
Hidroeléctricas	2 050,54	48,06 %
Termoeléctricas	1 314,21	30,80 %
Ingenios	666,55	15,62 %
Geotérmicas	49,20	1,15 %
Solar	55,00	1,29 %
Eólica	130,80	3,07 %
Total	4 266,30	100,00 %

Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Figura 28. **Matriz energética proyectada con los proyectos pendientes de entrar en operación**



Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Al realizar el análisis comparativo entre la matriz energética de marzo 2015, figura 27, y la matriz energética proyectada con los proyectos pendientes de entrar en operación, figura 28, se observa que la capacidad instalada en hidroeléctricas se incrementó de 32,21 % al 48,06 %.

Por lo tanto, se constata como el incremento de la capacidad de los proyectos hidroeléctricos autorizados por el Ministerio de Energía y Minas impactan de manera positiva en la matriz energética de Guatemala, ya que se observa que la dependencia de los derivados del petróleo disminuye de 42,70 % a 30,80 %, lo cual se verá reflejado en el costo de la energía eléctrica.

Es importante mencionar que los demás datos de las otras tecnologías (termoeléctricas, ingenios, geotérmicas, solar y eólica) que aparecen en la figura 28, se calcularon con la información proporcionadas por el Ministerio de Energía y Minas, no se hace un análisis más profundo debido a que este trabajo

está enfocado en los proyectos hidroeléctricos que autoriza y registra el Ministerio de Energía y Minas.

### 2.5.5. Matriz energética de marzo 2015 a matriz energética proyectada incluyendo los proyectos pendientes de entrar en operación y en trámite

A continuación se presentan las tablas energéticas.

Tabla XVIII. **Datos de la proyección de la capacidad instalada**

En trámite	
Proyectos hidroeléctricos	MW
De autorización	356,11
De registro	8,26
Total	364,37
Capacidad instalada actual de los proyectos hidroeléctricos	
Actual	990,74
Capacidad instalada de los proyectos pendientes de entrar en operación	
Total	1 050,80
Capacidad instalada total	2 405,80

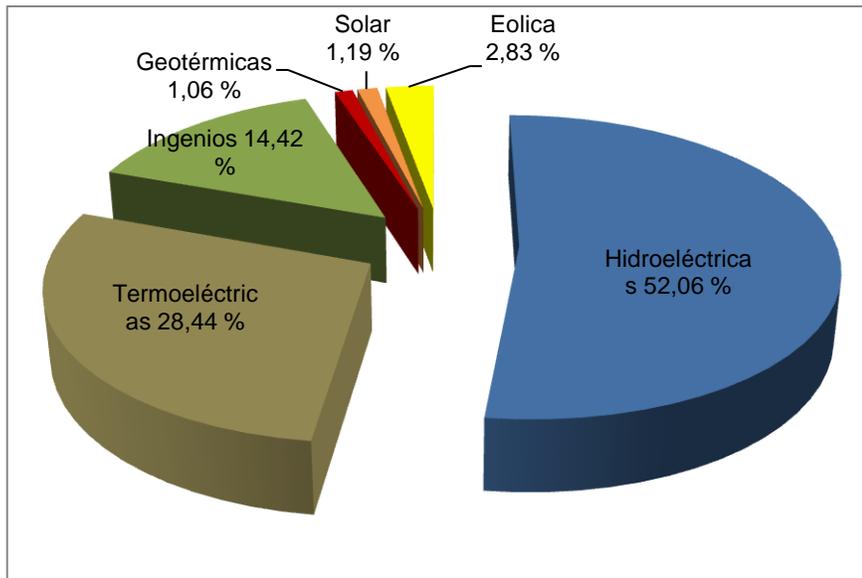
Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Tabla XIX. **Datos de la matriz energética proyectada con los proyectos pendientes de entrar en operación y en trámite**

Tecnología	Capacidad Instalada (MW)	Porcentaje
Hidroeléctricas	2 405,80	52,06 %
Termoeléctricas	1 314,21	28,44 %
Ingenios	666,55	14,42 %
Geotérmicas	49,20	1,06 %
Solar	55,00	1,19 %
Eólica	130,80	2,83 %
Total	4 621,56	100,00 %

Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Figura 29. **Matriz energética proyectada con los proyectos pendientes de entrar en operación y en trámite**



Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

Al realizar el análisis comparativo entre la matriz energética de marzo 2015, figura 27, y la matriz energética proyectada con los proyectos pendientes de entrar en operación y en trámite, figura 29, se observa que la capacidad instalada en hidroeléctricas se incrementó de 32,21 % al 52,06 %.

Por lo tanto, constata como el incremento de la capacidad de los proyectos hidroeléctricos autorizados por el Ministerio de Energía y Minas impactan de manera positiva la matriz energética de Guatemala.

Se observa también que la dependencia de los derivados del petróleo disminuye de 42,70 % a 28,44 %, lo cual se verá reflejado en el costo de la energía eléctrica.

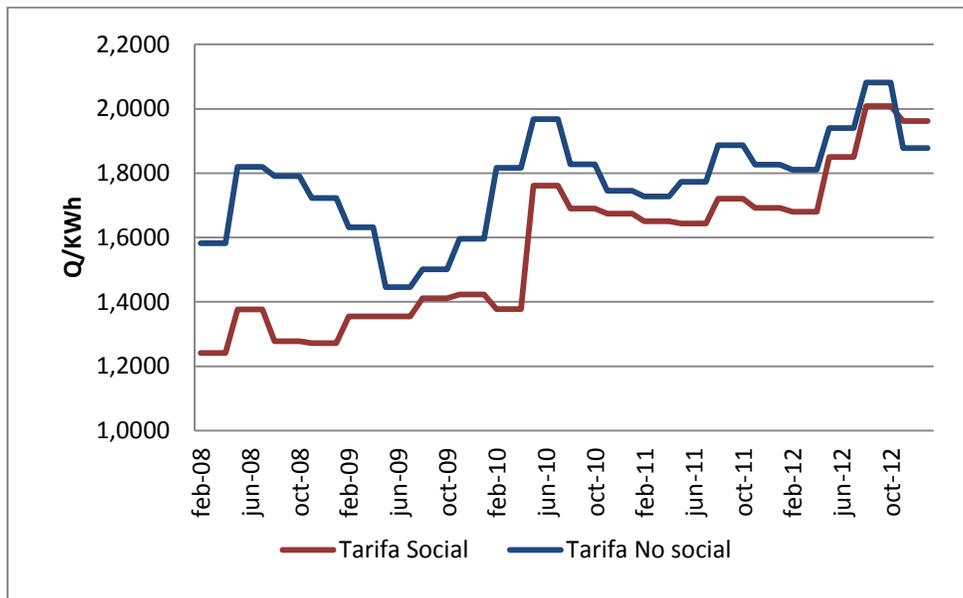
Es importante mencionar que los demás datos de las otras tecnologías (termoeléctricas, ingenios, geotérmicas, solar y eólica) que aparecen en la figura 29, se calcularon con la información proporcionadas por el Ministerio de Energía y Minas, no se hace un análisis más profundo debido a que este trabajo está enfocado en los proyectos hidroeléctricos que autoriza y registra el Ministerio de Energía y Minas.

De acuerdo a los análisis comparativos realizados y al trabajo del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se refleja la importancia de la generación de energía eléctrica a través de proyectos hidroeléctricos, ya que con el aumento de los mismos se provoca un impacto muy importante en la matriz energética, debido a que estos forman parte de la generación de energía eléctrica con fuentes renovables.

Cada vez que un proyecto hidroeléctrico entra a funcionar, aumenta el porcentaje de generación a través de energías renovables, lo cual provoca que la dependencia de los derivados del petróleo disminuya o se mantenga equilibrada en el sentido de que no aumenta la dependencia de ellos, y esto se refleja en las tarifas eléctricas de Guatemala.

Las tarifas eléctricas de Guatemala están definidas por nivel de voltaje y consumo. Sin embargo, para tener un parámetro de referencia a continuación se muestra el comportamiento de las tarifas en baja tensión: social y no social.

Figura 30. **Tarifas eléctricas en baja tensión**



Fuente: elaboración propia, con base en información del MEM.

El comportamiento de las tarifas eléctricas en los últimos años ha reportado una tasa de crecimiento interanual de aproximadamente 1 %, lo cual depende, en gran medida, de los costos asociados a la matriz de generación eléctrica.

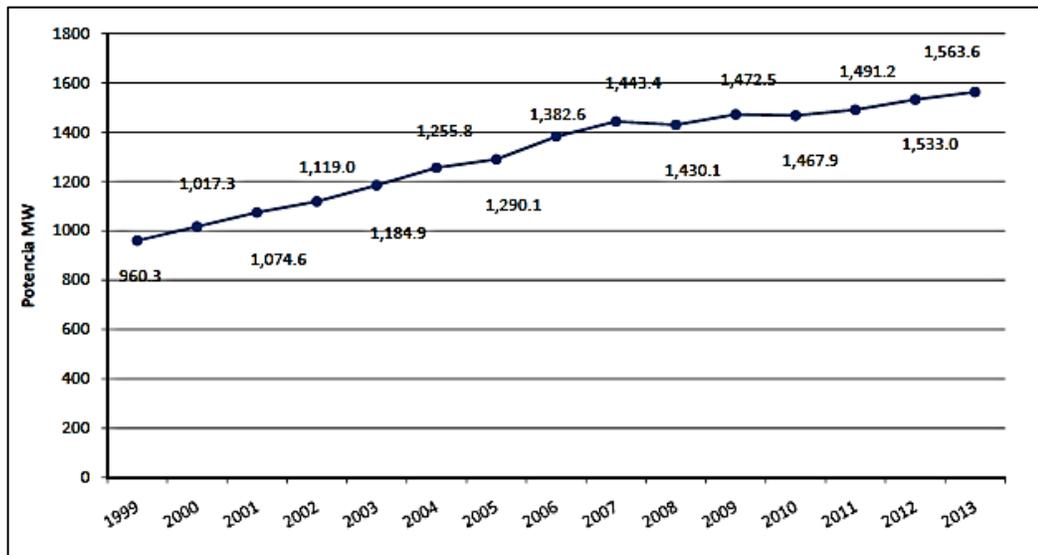
En época seca, las tarifas dependerán en mayor medida de los precios de los derivados del petróleo, por lo tanto se establece también que la matriz energética no puede ser 100 % de recursos renovables. Además, en la actualidad, de todos los proyectos hidroeléctricos en operación, solo Chixoy opera las 24 horas del día.

En época lluviosa, las tarifas disminuyen por el efecto de las lluvias en la producción hidroeléctrica. Sin embargo, es de hacer notar que debido a que

dentro de la matriz eléctrica aún se tiene un porcentaje alto de los derivados del petróleo, las tarifas reflejarán sus costos.

Se impulsa el uso de los recursos renovables, en este caso por la construcción de proyectos hidroeléctricos, para hacer del sector energético un área económica competitiva y atractiva para la inversión en el país, ya que la demanda de potencia se ha incrementado considerablemente en el transcurso de los años, como se observa en la figura 31.

Figura 31. **Demanda de potencia**



Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Guía del inversionista 2014*. p. 17.



### **3. FASE DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE**

#### **3.1. Público a capacitar**

El impacto de las autorizaciones que otorga el Ministerio de Energía y Minas para la instalación de centrales hidroeléctricas y su incidencia en los planes de expansión de la generación eléctrica de Guatemala, se refleja en la matriz energética del país, ya que, como se observó el trabajo realizado con la puesta en marcha de cada uno de los proyectos hidroeléctricos se mejora e impacta positivamente la matriz energética.

Con el aumento de proyectos hidroeléctricos, se produce un aumento de generación de energía eléctrica por medio de recursos renovables, lo que provoca una reducción en la dependencia de los derivados del petróleo, lo cual se notará en la tarifa eléctrica y en el costo del servicio para cada uno de los guatemaltecos o, en otras palabras, en el costo de la factura de luz que llega a cada uno de los hogares.

Por lo anteriormente expuesto, como parte del presente trabajo, se realizaron diferentes capacitaciones que indicaban la importancia de las Autorizaciones de proyectos hidroeléctricos por el Ministerio de Energía y Minas, así como el funcionamiento de una hidroeléctrica y los beneficios que aportan como parte de la generación de energía eléctrica con tecnologías renovables, y cómo estas impactan en la matriz energética del país.

Las capacitaciones se presentaron a diferentes comunidades de los diferentes departamentos de Guatemala. Durante estas se les explicó la

importancia de la energía eléctrica en sus comunidades o aldeas, el desarrollo que esto podría provocar en sus vidas y cómo podría facilitarles sus trabajos cotidianos.

Una de las capacitaciones se realizó con la población de los estudiantes de las distintas carreras de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac), en la cual se explicó qué era una hidroeléctrica, cómo opera, el proceso que se realiza en el Ministerio de Energía y Minas para la autorización y el registro de proyectos hidroeléctricos, y cómo estos impactan la matriz energética de Guatemala.

También se realizó una presentación a los diferentes departamentos de la Dirección General de Energía del Ministerio de Energía y Minas, en la cual se expuso el impacto que causa en la matriz energética de Guatemala las autorizaciones y registros de los proyectos hidroeléctricos, así como su importancia para reducir el porcentaje de dependencia de los derivados del petróleo y, a la vez, promocionar e impulsar la inversión en los recursos renovables de Guatemala, en este caso en hidroeléctricas.

### **3.2. Presentación y capacitación a las comunidades**

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se realizó una presentación a diferentes comunidades con el fin de indicarles qué es un proyecto hidroeléctrico, cómo funciona y qué beneficios trae a sus comunidades por medio de la energía eléctrica.

**Figura 32. Capacitación a comunidad**



Fuente: proyecto San José, Diócesis de Huehuetenango, Huehuetenango.

**Figura 33. Presentación a comunidad**



Fuente: proyecto San José, Diócesis de Huehuetenango, Huehuetenango.

Figura 34. Participación de la comunidad



Fuente: proyecto San José, Diócesis de Huehuetenango, Huehuetenango.

En la figura 32 se muestran las personas que acudieron a dicha capacitación. En la figura 33 se observa la presentación que se les impartió a los pobladores. En la figura 34 se aprecia cómo las personas participaron en forma conjunta, participando sus dudas y comentarios sobre los proyectos hidroeléctricos. Como parte de la capacitación, se les explicó cómo trabaja el Ministerio de Energía y Minas y cuál es el proceso que lleva un proyecto hidroeléctrico para ser autorizado y registrado, enfatizando cada uno de los requisitos que se evalúan.

En la figura 35 se muestra la presentación de los beneficios y el desarrollo que se puede lograr con la electricidad.

Figura 35. **Presentación de beneficios y desarrollo**



Fuente: Proyecto San José, Diócesis de Huehuetenango, Huehuetenango.

### **3.3. Presentación y capacitación a estudiantes de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.**

A los estudiantes de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala se les impartió una capacitación y presentación sobre el tema de hidroeléctricas, explicándoles cómo operan y cuántas hay actualmente en Guatemala.

En la capacitación se les indicó cuál es el trabajo principal del Ministerio de Energía y Minas y cómo es el proceso para autorizar y registrar un proyecto hidroeléctrico, señalando la diferencia entre una autorización y un registro.

Figura 36. **Capacitación estudiantes de ingeniería**



Fuente: Facultad de Ingeniería, Usac.

Se les explicó en qué consiste la matriz energética de Guatemala y cómo está compuesta actualmente, así como el impacto que tienen los proyectos hidroeléctricos en ella.

Se les presentaron los proyectos hidroeléctricos que operan actualmente en Guatemala, indicando las generalidades de cada uno de ellos y mostrándoles cómo estos se representan dentro de la matriz energética.

De igual manera, se les mostraron los proyectos que están pendientes de entrar en operación y los que están en trámite, cómo cada uno impactará la matriz al entrar a funcionar, enseñando los beneficios y en dónde se verá reflejado cada uno de estos impactos.

Figura 37. **Capacitación de la matriz energética**



Fuente: Facultad de Ingeniería, Usac.

Figura 38. **Capacitación de impacto en la matriz energética**



Fuente: Facultad de Ingeniería, Usac.

### 3.4. Presentación en el Ministerio de Energía y Minas

Se presentó en la Dirección General de Energía del Ministerio de Energía y Minas el trabajo del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS). Se mostró la matriz energética actual con la capacidad instalada, indicando cómo ha ido variando y cómo han impactado todos los proyectos hidroeléctricos autorizados y registrados por el Ministerio de Energía y Minas.

De igual manera, se presentaron las proyecciones de la matriz energética, tomando en cuenta los proyectos que están pendientes de entrar en operación y en trámite, y cómo esto hace un cambio significativo, minimizando la dependencia de los derivados del petróleo.

Figura 39. Presentación en el Ministerio de Energía y Minas



Fuente: Dirección General de Energía, MEM.

Figura 40. **Personal de la Dirección General de Energía**



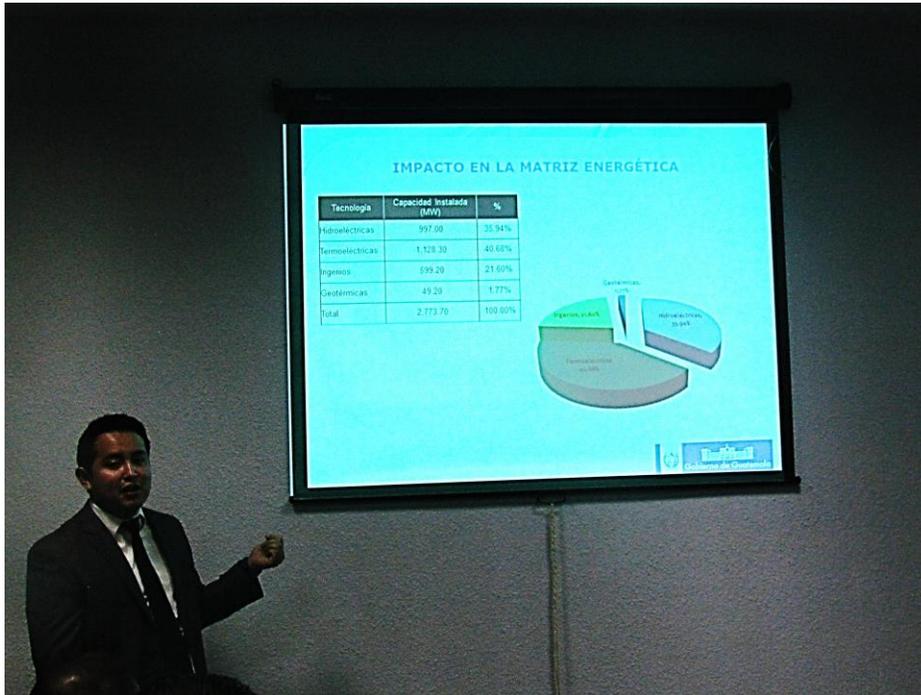
Fuente: Dirección General de Energía, MEM.

Figura 41. **Presentación de una hidroeléctrica**



Fuente: Dirección General de Energía, MEM.

Figura 42. Impacto en la matriz energética



Fuente: Dirección General de Energía, MEM.

## CONCLUSIONES

1. El Ministerio de Energía y Minas es el órgano responsable de otorgar autorizaciones para la instalación de centrales generadoras aplicando la Ley General de Electricidad y su Reglamento para dar cumplimiento a sus obligaciones.
2. La matriz energética actual cuenta con 990,74 MW de capacidad instalada a través de proyectos hidroeléctricos, que equivalen al 32,21 % en la matriz energética de Guatemala.
3. La contribución a la matriz energética proyectada, a través de las autorizaciones otorgadas por el Ministerio de Energía y Minas que se encuentran pendientes de entrar en operación y en trámite, sería de 2 405,80 MW, lo que representa el 52,06 % de dicha matriz.
4. El aumento de la capacidad instalada para la generación de energía eléctrica a través de centrales hidroeléctricas, tiene como fin la reducción del uso de los derivados del petróleo dentro de la matriz energética, con el propósito de disminuir el valor de la tarifa eléctrica, ayudar a la economía del país y reducir el impacto ambiental por emisiones de gases tóxicos.
5. Durante las capacitaciones impartidas, cuando el público expuso sus inquietudes y experiencias, se evidenció que por falta de diálogo y comunicación entre las empresas que realizan los proyectos

hidroeléctricos y los individuos o grupos afectados, estos temas que promueven el desarrollo del país provocan conflictos sociales.

## RECOMENDACIONES

1. La Dirección General de Energía del Ministerio de Energía y Minas debe considerar realizar un programa de capacitaciones sobre el funcionamiento de una hidroeléctrica, el proceso para ser autorizados y el impacto que esto produce en la matriz energética a los estudiantes de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala y a todo el público que se considere necesario.
2. Que el Ministerio de Energía y Minas considere informar a todos los interesados en construir proyectos hidroeléctricos sobre la importancia que tiene el establecer un sistema de diálogo con las personas o comunidades que habitan cerca de esos proyectos, para evitar conflictos sociales.
3. Que la Dirección General de Energía considere dar charlas informativas a las comunidades con mayor índice de conflicto social, con el fin de aclarar dudas y brindarles la mayor información posible sobre las ventajas y beneficios que ellos pueden obtener a través de la construcción de centrales hidroeléctricas cercanas a sus comunidades.
4. Que la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, a través de la Universidad de San Carlos de Guatemala, considere seguir promoviendo el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), con el fin de aportar los conocimientos relacionados con el sector eléctrico del país.



## BIBLIOGRAFÍA

1. CASTRO, Adriana. *Minicentrales hidroeléctricas*. Madrid: IDAE, 2006. 186 p.
2. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Mercado de energía eléctrica. Guatemala: guía del inversionista*, 2014. Guatemala: CNEE, 2014. 158 p.
3. Guatemala. *Marco legal del Subsector eléctrico de Guatemala, compendio de leyes y reglamentos*, 2012. p. 104.
4. Ministerio de Energía y Minas. *Electricidad*. [en línea]. <<http://www.mem.gob.gt/>>, [Consulta: 4 de agosto 2014]. Viceministerio del Área Energética. Guatemala 2014,
5. \_\_\_\_\_. *Política Energética 2013-2027*. Guatemala: MEM, 2014. 51 p.
6. \_\_\_\_\_. *Estadística energética 2010*. Guatemala: MEM, 2010. 19 p.
7. \_\_\_\_\_. *Estadística Energética 2011*. Guatemala: MEM, 2011. 29 p.
8. \_\_\_\_\_. *Guía del Inversionista 2012*. Guatemala: MEM, 2012. 29 p.



## **ANEXOS**

Formularios para solicitud de autorización definitiva y registros dentro del Ministerio de Energía y Minas.



## INSTRUCTIVO PARA LA PRESENTACIÓN DE SOLICITUDES DE AUTORIZACIÓN DEFINITIVA PARA UTILIZAR BIENES DE DOMINIO PÚBLICO PARA LA INSTALACIÓN DE CENTRALES GENERADORAS HIDROELÉCTRICAS

### 1 GENERALIDADES

**1.1 REQUISITOS DE LA SOLICITUD.** El solicitante deberá presentar la solicitud en la Dirección General de Energía, ubicada en la 24 calle 21-12 de la zona 12, ciudad de Guatemala. La solicitud comprenderá original y copia digital en DVD de lo siguiente:

1.1.1 Formulario de solicitud, que contendrá las generalidades del objeto de la solicitud. [\(ANEXO 1\)](#)

1.1.2 Documentación Legal

Para Persona Individual. Fotocopia legalizada de:

- a. Documento Personal de Identificación o pasaporte (este último en caso sea extranjero).
- b. Patente de comercio de empresa.
- c. Sí se actúa como mandatario de persona individual, documento correspondiente con su respectiva razón registral.

Para Personas Jurídicas. Fotocopia legalizada de:

- a. Documento Personal de Identificación o pasaporte del Representante Legal (éste último en caso sea extranjero).
- b. Documento con el cual se acredita la calidad con que actúa el Representante Legal, con su respectiva razón de inscripción registral vigente.
- c. Testimonio de la escritura pública de constitución de la sociedad y sus modificaciones si las hubiere, con su respectiva razón registral.
- d. Patentes de comercio de sociedad y empresa.

1.1.3 Declaración Jurada sobre aceptaciones. [\(ANEXO 2\)](#)

1.1.4 Documentación Técnica

a. Resumen Ejecutivo del Proyecto, que contenga entre otras lo siguiente:

- La ubicación del proyecto (Indicar la finca, caserío, aldea, comunidad, municipio(s), departamento(s), donde se ubicará el proyecto).
- Los accesos a las cotas (máxima y mínima), casa de máquinas y cota mínima, estos accesos deberán ser descritos desde la ciudad capital hacia los puntos ya indicados.
- La potencia a instalar, número y tipo de turbinar a instalar.
- Energía anual a generar y factor de planta.
- Ríos y cotas a utilizar (cotas máximas y mínimas).
- Caudal de diseño y caudal ecológico en m<sup>3</sup>/seg.
- Caída bruta y neta en metros.
- Presupuesto del proyecto.
- La distancia a la que se estará interconectando.
- Las coordenadas utilizando el sistema de referencia WGS 84 en UTM y Geodésicas de la(s) cota(s) máxima(s) y mínima(s) de los ríos a utilizar, de pie de presa, casa de máquinas, desfogue y cota mínima del proyecto.

- b. Mapa cartográfico donde se muestre la ubicación del proyecto, así como el acceso al proyecto, desde la cabecera municipal.
- c. Mapa de ubicación del proyecto desde la cota máxima solicitada a la cota mínima, enmarcando el(los) río(s) a utilizar. La ubicación deberá ser en un mapa original del Instituto Geográfico Nacional -IGN-, escala 1:50,000.
- d. Mapa (con sus respectivas curvas de nivel) donde figuran las principales obras del proyecto indicando las coordenadas utilizando el sistema de referencia WGS84 en UTM y Geodésicas de las cotas máxima y mínima, incluir la línea de transmisión si la misma forma parte del proyecto objeto de la solicitud, con sus respectivas coordenadas de localización de la interconexión, así como, de los municipios y departamentos por donde pasará la línea de transmisión hasta su interconexión (en formato A1 en escala 1:12,500), firmado y timbrado por un Ingeniero Civil.
- e. Plano en planta (con sus respectivas curvas de nivel) donde figuran las principales obras del proyecto (presa, embalse, obras de toma, desarenadores, canales, túneles, cámara de carga -tanque de compensación, chimenea de equilibrio (si fuere el caso), tubería(s) de presión, casa de máquinas, desfogue y línea de transmisión si fuera el caso), en formato A1 en escala 1:12,500), firmado y timbrado por un Ingeniero Civil.

**2 CONTENIDO DE LA PLICA.** Conforme lo establecido en la Ley General de Electricidad, su Reglamento y demás regulación aplicable; la plica (debidamente sellada) deberá contener los documentos que a continuación se detalla en original y copia digital en DVD:

**2.1 Descripción y planos generales del proyecto.** En cumplimiento de la literal c) del Artículo 4 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, el solicitante presentará para centrales hidroeléctricas, la siguiente información:

**2.1.1 Descripción del proyecto.**

- Descripción, tipo y dimensiones de las características técnicas de los principales componentes del proyecto, conteniendo como mínimo lo siguiente: presas, canales, túneles o tuberías de conducción, cámara de compensación, chimenea de equilibrio (si fuere el caso); casa de máquinas, turbina y generador; tipo de regulación, indicando si las instalaciones son existentes o nuevas, así como si el equipo es nuevo o usado. Además incluir un cuadro con las principales características técnicas del proyecto.
- Descripción de las obras de derivación, que deberá contener: Detalle de las obras; indicación del comportamiento previo y posterior a la construcción de las obras.
- Evaluación del recurso que incluya factor de planta de la central, producción de energía anual y mensual.
- Estudio hidrológico, que deberá contener: Descripción de la cuenca, régimen de precipitación, régimen de caudales (procesamiento de datos, caudales mensuales, curva de duración de caudales, discusión de resultados, caudales de los tributarios, etc.), crecidas, cualquier otra información disponible, conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas. Este estudio deberá ir independiente del estudio de Evaluación de Impacto Ambiental.

- Describir ampliamente si el proyecto hidroeléctrico será a filo de agua o si es de embalse. Si será de embalse indicar: Tipo; volumen total y útil; nivel máximo, normal y mínimo; curva volumen-cota del embalse; curva área-cota del embalse; y curva potencia firme-cota del embalse.
- Estudios de geología, geofísica y mecánicas de suelos.

#### 2.1.2 Planos y Mapas. Todos los planos tendrán que ir firmados y timbrados por un Ingeniero Civil.

- Plano que identifique la cuenca hidrológica de la central.
- Planos en planta y perfil de: presa(s), obras de toma, embalses, desarenadores, canales o túneles, tanque de compensación (cámara de carga), tubería de presión, casa de máquinas, equipo electromecánico.

Estos planos deberán ir acotados y separados por componente; la escala será de 1:12,500. Tanto la descripción como los planos deberán ser independientes del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental.

- Diagrama unifilar de la central hasta la interconexión (si fuere el caso), estos deberán ir firmados y timbrados por un Ingeniero Electricista.

#### 2.1.3 En el caso que la central tenga asociadas subestaciones, se incluirá lo siguiente:

- Descripción de las principales características técnicas de la subestación, entre las que se incluirán: Nombre de la subestación del proyecto, nombre de la subestación o línea a interconectarse, tipo de subestación y área a ocupar.
- Descripción de las principales características técnicas del equipamiento de la subestación. En cuanto a los transformadores, entre las que se incluirán: Capacidad (OA, FA, FAO) en KVA; y nivel de voltaje correspondiente; tipo de conexión, y nivel básico de aislamiento.
- Planos en planta de la subestación que muestren la disposición general de los campos de transformación y de línea, y del equipamiento.

#### 2.1.4 En el caso que la central tenga asociadas líneas de transporte secundarias de energía eléctrica, se incluirá lo siguiente:

- Planos en planta delimitando el trazo de la ruta de la línea de transporte, el cual incluirá las subestaciones eléctricas de entrada, salida e intermedias. La escala de este plano deberá ser 1:12,500 u otro tipo de escala cuando el Ministerio lo requiera.
- Descripción de las principales características técnicas de la línea de transmisión, entre las que se incluirán: Nombre de la línea, tipo, longitud (Km), voltaje de operación (kV); límite térmico. Incluir sus respectivas coordenadas utilizando el sistema de referencia WGS84 (UTM y Geodésicas) de localización de la interconexión. Además indicar los municipios y departamentos por donde pasará la línea de transmisión hasta su interconexión (en formato A1 en escala 1:12,500), firmado y timbrado por un Ingeniero Civil.
- Descripción de las características físicas de los conductores de fase e hilo de guarda.
- Planos descriptivos de las estructuras de soporte, ángulo y remate, entre otros.

- 2.2 Calendario de Ejecución de las Obras.** En cumplimiento de la literal d) del Artículo 4 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, el solicitante presentará la información siguiente:
- Calendario de ejecución de las obras e instalaciones necesarias, desde la fecha prevista de inicio de construcción, fin de construcción, hasta la fecha de la operación comercial; el mismo deberá contener como mínimo todas las principales obras del proyecto (presa, embalse, obras de toma, desarenadores, canales, túneles, cámara de carga - tanque de compensación, chimenea de equilibrio, tubería(s) de presión, casa de máquinas, montaje de equipo electromecánico, desfogue), pruebas, operación comercial. Debe de incluir el período en meses de toda la construcción y el número de días que se llevara para cada obra principal descrita. Dentro de este calendario presentar también otras actividades complementarias necesarias para realizar el proyecto (caminos de acceso, compra de terrenos, servidumbres, ingeniería, etc.). [\(ANEXO 3\)](#)
- 2.3 Presupuesto del Proyecto.** En cumplimiento de la literal e) del Artículo 4 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, el solicitante presentará la información siguiente:
- Descripción del costo total del proyecto, asimismo presentar cuadro de estos costos. Este cuadro contendrá: desglose de costos de construcción de todas las obras que conformarán el proyecto (deberá contener como mínimo las obras principales del proyecto), desglose de los costos de las actividades complementarias indicadas en el numeral 2.2. [\(ANEXO 4\)](#)
- 2.4 Ubicación del área.** En cumplimiento de la literal f) del Artículo 4 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, el solicitante presentará en un mapa en escala 1:12,500, el área afectada por las obras. Este será el de las mismas características del numeral 1.1.4 literal d.
- 2.5 Especificación de los bienes de dominio público y particulares.** En cumplimiento de la literal g) del Artículo 4 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, el solicitante presentará lo siguiente:
- Especificación de los bienes de dominio público y particulares que se utilizarán, con la individualización de aquellos con cuyos propietarios el interesado no ha llegado a un acuerdo directo de compra o de servidumbre para su utilización, para cuyo efecto el interesado deberá indicar la dirección o el lugar en donde puede notificar o citar en forma personal a tales propietarios o a sus representantes legales; adjuntando el mapa respectivo de todos los bienes que utilizará el proyecto en escala 1:12,500. [\(ANEXO 5\)](#)
  - Fotocopias legalizadas de los documentos con que el solicitante acredite la propiedad o posesión de los inmuebles donde se ubicará el proyecto.
  - Información relativa a las servidumbres que se deban imponer en predios de propiedad pública o privada.
- 2.6 Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental.** En cumplimiento de la literal i) del Artículo 4 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, el solicitante presentará el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental y la resolución de aprobación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales – MARN-.
- 2.7 Estudios Eléctricos que muestren el Impacto sobre el Sistema de Transmisión.** En cumplimiento de la literal j) del Artículo 4 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, el solicitante presentará los Estudios Eléctricos aprobados por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), que muestren el impacto sobre el sistema de transmisión del proyecto propuesto, de conformidad con lo establecido en las Normas de Estudio de Acceso a la Capacidad de Transporte –NEAST-, elaboradas por la CNEE. El nombre y la capacidad de la central deberán de coincidir con toda la documentación que se presente.

- 2.8 Planes de seguridad.** En cumplimiento de la literal k) del Artículo 4 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, el solicitante presentará Declaración Jurada en que conste que leyó, entendió y acepta cumplir lo establecido en las Normas de Seguridad de Presas –NSP–, emitidas por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), en especial lo establecido en el Artículo 11, Así mismo, que se compromete a cumplir con los planes de seguridad para las instalaciones que sobre el particular emita la CNEE y de otras Leyes o disposiciones que regulen este aspecto. [\(ANEXO 6\)](#)
- 2.9 Inducción sobre la Norma de Seguridad de Presas.** Presentar nota de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica donde se indique que ha recibido la inducción relacionada con la Norma de Seguridad de Presas -NSP-.
- 2.10 Planes de Exploración, Desarrollo y Explotación del Recurso.** En cumplimiento de la literal l) del Artículo 4 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, el solicitante presentará Declaración Jurada en caso no tengan planes de exploración con fines energéticos y con otros fines. Describir ampliamente si se tienen planes y en qué consisten. [\(ANEXO 7\)](#)
- 2.11 Reglas de Manejo del Agua:** En cumplimiento del Artículo 12 de la Ley General de Electricidad, el solicitante presentará Declaración Jurada en la que se haga constar, que cuando un recurso hidráulico se utilice en forma compartida para generar electricidad y para otros usos, o bien cuando se trata de dos o más aprovechamientos hidráulicos de energía eléctrica en el mismo cauce, el titular de la autorización del aprovechamiento del recurso deberá indicar que no se afectará el ejercicio permanente de otros derechos. [\(ANEXO 8\)](#)

### **3 DEFINICIONES.** Para los efectos de la aplicación de este Instructivo se establecen las siguientes definiciones:

- ♦ **Central generadora:** Toda infraestructura utilizada para la generación de energía eléctrica.
- ♦ **Cota máxima:** Es la altura máxima a utilizar para todo el proyecto, en m.s.n.m., tomando en cuenta el margen de seguridad aguas arriba de la cota de corona (como máximo 2 m.s.n.m.)
- ♦ **Cota de corona de presa:** Altura sobre el nivel del mar de parte superior de la presa, la cual refleja el espejo de agua donde el río termina su cauce natural, en m.s.n.m.
- ♦ **Cota pie de presa:** Es la cota donde se ubique la presa a nivel del lecho del río, en m.s.n.m.
- ♦ **Cota de desfogue:** Es la altura a la cual el agua se regresa al cauce natural del río, en m.s.n.m.
- ♦ **Cota mínima:** Es la altura mínima a utilizar para todo el proyecto, en m.s.n.m. tomando en cuenta el margen de seguridad aguas abajo de la cota de desfogue (como máximo 2 m.s.n.m.)
- ♦ **Cauce:** Concavidad del terreno, natural o artificial, por donde corre un río, arroyo, canal o quebrada.
- ♦ **Delimitación de las Cotas de Autorización para una Central Hidroeléctrica:** Es el tramo del río comprendido de la Cota Máxima y la Cota Pie de Presa y el tramo del río entre la Cota de desfogue de aguas de la central y la Cota Mínima.
- ♦ **Generalidades de la solicitud:** Serán las contenidas en el formulario.
- ♦ **Localización del proyecto:** Estará definida desde la cota máxima, siguiendo el recorrido del diseño del proyecto hasta la cota mínima.
- ♦ **Objeto de la solicitud:** Será todo el proyecto delimitado por las cotas máxima y mínima sobre el río.
- ♦ **Principales obras de del proyecto:** serán aquellas comprendidas desde la presa hasta el desfogue (presa, embalse, obras de toma, desarenadores, canales, túneles, cámara de carga (tanque de compensación), chimenea de equilibrio, tubería(s) de presión, casa de máquinas y montaje de equipo electromecánico, desfogue). Si fuere el caso subestaciones y línea de transmisión.

### 3.1 Notas importantes:

- **EL NOMBRE DEL PROYECTO.** El Nombre del Proyecto debe de coincidir con el del estudio eléctrico, con el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, con el Formulario, y toda la documentación que se presente. El nombre de la central no deberá coincidir con los proyectos ya Autorizados o Registrados en este Ministerio (consultar la página Web de este Ministerio de proyectos ya Autorizados, Registrados o en Trámite).
- **POTENCIA DEL PROYECTO.** La capacidad instalada debe de coincidir con el del Estudio Eléctrico, con el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, con el Formulario y toda la documentación que se presente.
- Todos los planos deberán ir en formato A1 y doblados para ponerles en fólder oficio con su gancho.
- Presentar un índice (en el orden descrito en el presente instructivo) de toda la información contenida en la plica en el que se indique los folios de los documentos presentados.
- Todos los estudios, descripción técnica, planos, etc.; deben presentarse de forma independiente a lo contenido en el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Estudios hidrológicos, Estudios Eléctricos, Estudio ambiental, etc., deberán presentarse separados con sus respectivo fólder o leitz.
- Si el proyecto utilizara más de un río, poner todas las cotas máximas de los ríos utilizados. Así mismo si consiste en más de una central, indicar todas las características y cotas de desfogue.
- Toda la información tendrá que ir en los espacios creados para el efecto, no se aceptarán formularios que hayan tenido alteración en su formato.
- Toda la documentación deberá venir en idioma español.
- Cuando un nuevo proyecto se pretende implementar entre la cota máxima y la mínima del proyecto sobre el mismo río o ríos que pudieran tener relación con el proyecto, deberá presentar los estudios en los cuales se demuestre que no se verá afectado el ejercicio permanente de los proyectos en operación o ya autorizados. [\(ANEXO 9\)](#)
- En la Patente de Comercio, el OBJETO tendrá que ser acorde o relacionado con la energía eléctrica.

Atentamente,

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

## ANEXOS

### 4.1 ANEXO 1

#### FORMULARIO PARA SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DEFINITIVA PARA UTILIZAR BIENES DE DOMINIO PÚBLICO PARA LA INSTALACIÓN DE CENTRALES GENERADORAS HIDROELÉCTRICAS

Ministerio de Energía y Minas:

Atentamente solicito Autorización Definitiva para Utilizar Bienes de Dominio Público para la Instalación de Centrales Generadoras Hidroeléctricas.

#### DATOS DEL SOLICITANTE Y/O REPRESENTANTE LEGAL:

Nombre completo: \_\_\_\_\_

Actúa a: Título personal  En representación de: Persona jurídica  Persona individual

Edad: \_\_\_\_\_ (años), Estado civil: Soltero (a)  Casado (a)  NIT \_\_\_\_\_

Profesión u Oficio: \_\_\_\_\_

Nacionalidad: \_\_\_\_\_

DPI o Pasaporte (en caso de extranjero): \_\_\_\_\_

Extendido por: \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_

Lugar para recibir notificaciones: \_\_\_\_\_

Teléfonos: \_\_\_\_\_

Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Calidad con que actúa: \_\_\_\_\_

Descripción del (de los) documento (s) con que acredita la calidad con que actúa: \_\_\_\_\_

#### DATOS DE LA ENTIDAD:

Nombre, Razón o Denominación Social: \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_

Dirección Sede Social: \_\_\_\_\_

NIT: \_\_\_\_\_

Lugar para recibir notificaciones: \_\_\_\_\_

Teléfonos: \_\_\_\_\_ Correo electrónico: \_\_\_\_\_

**DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL PROYECTO**

- a.** Nombre del Proyecto (Este deberá ser el mismo en el EIA, Estudios Eléctricos y en toda la documentación presentada): \_\_\_\_\_
- b.** Localización del Proyecto
- ◆ Finca, caserío, aldea, etc.: \_\_\_\_\_
  - ◆ Municipio (s): \_\_\_\_\_
  - ◆ Departamento(s): \_\_\_\_\_
  - ◆ Nombre de (los) río (s): \_\_\_\_\_
- c.** Tipo de Proyecto:  
A filo de agua:  De embalse:  Capacidad máxima del embalse (m<sup>3</sup>): \_\_\_\_\_
- d.** Río (s) / Cota (s) Máxima: \_\_\_\_\_ m.s.n.m.
- e.** Río (s) / Cota pie de presa: \_\_\_\_\_ m.s.n.m.
- f.** Cota Casa de máquinas: \_\_\_\_\_ m.s.n.m.
- g.** Río cota desfogue: \_\_\_\_\_ m.s.n.m.
- h.** Río / Cota Mínima: \_\_\_\_\_ m.s.n.m.
- i.** Coordenadas del proyecto utilizando el sistema de referencia WGS84, en UTM y Geodésicas de:
- |                                  |                   |
|----------------------------------|-------------------|
| Cota máxima UTM: _____           | Geodésicas: _____ |
| Cota máxima UTM: _____           | Geodésicas: _____ |
| Cota pie de presa UTM: _____     | Geodésicas: _____ |
| Cota pie de presa UTM: _____     | Geodésicas: _____ |
| Cota casa de máquinas UTM: _____ | Geodésicas: _____ |
| Cota casa de máquinas UTM: _____ | Geodésicas: _____ |
| Cota de desfogue UTM: _____      | Geodésicas: _____ |
| Cota de desfogue UTM: _____      | Geodésicas: _____ |
| Cota mínima UTM: _____           | Geodésicas: _____ |
| Cota mínima UTM: _____           | Geodésicas: _____ |
- j.** Cantidad de Turbinas: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_
- k.** Capacidad a instalar de la central (MW). (Este deberá ser el mismo tanto en el EIA, Estudios Eléctricos y toda la documentación presentada): \_\_\_\_\_
- l.** La línea de transmisión formará parte del proyecto: Si , No ; si la respuesta fuera afirmativa, indicar todas las características técnicas en la descripción del Proyecto según lo establece en el Instructivo en sus numerales 2.1.3 y 2.1.4
- m.** Plazo solicitado: \_\_\_\_\_ años.
- Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

f) \_\_\_\_\_

Firma Persona Individual o Representante Legal

## INSTRUCTIVO PARA LA PRESENTACIÓN DE SOLICITUDES DE REGISTRO DE CENTRALES GENERADORAS HIDROELECTRICAS MENORES O IGUALES A 5 MW

### 1. GENERALIDADES

**1.1 REQUISITOS DE LA SOLICITUD.** El solicitante deberá presentar la solicitud en la Dirección General de Energía, ubicada en la 24 calle 21-12 de la zona 12, ciudad de Guatemala. La solicitud comprenderá original y copia digital de lo siguiente:

1.1.1 Formulario de solicitud, que contendrá las generalidades del objeto de la solicitud. [\(ANEXO 1\)](#)

1.1.2 Documentación Legal

Para Persona Individual

- a. Fotocopia legalizada de la Cédula de Vecindad, del Documento Personal de Identificación o pasaporte (este último en caso sea extranjero).
- b. Fotocopia legalizada de la patente de comercio de empresa.
- c. Sí se actúa como mandatario de persona individual, adjuntar fotocopia legalizada del documento correspondiente con su respectiva razón registral.

Para Personas Jurídicas

- a. Fotocopia legalizada de la Cédula de Vecindad, Documento Personal de Identificación o pasaporte del Representante Legal (éste último en caso sea extranjero).
- b. Fotocopia legalizada del documento con el cual se acredita la calidad con que actúa el Representante Legal, vigente, con su respectiva razón de registro.
- c. Fotocopia legalizada del testimonio de la escritura pública de constitución de la sociedad y sus modificaciones si las hubiere, con su respectiva razón registral.
- d. Fotocopia legalizada de las patentes de comercio de sociedad y empresa.

1.1.3 Declaraciones Juradas. [\(ANEXO 2\)](#), [\(ANEXO 3\)](#), [\(ANEXO 4\)](#), [\(ANEXO 5\)](#)

### 2. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

- 2.1. **Resumen Ejecutivo del Proyecto:** Resumen Ejecutivo en la que se indique entre otras como la ubicación del proyecto Indicar la finca, caserío, aldea, comunidad, municipio(s), departamento(s), donde se ubicará el proyecto); la potencia a instalar, energía anual a generar, factor de planta; ríos y cotas a utilizar (cotas máximas y mínimas), caudal de diseño y caudal ecológico; caída bruta y neta en metros; y la distancia a la que se estará interconectando.
- 2.2. **Descripción, tipo y dimensiones de las características técnicas de los principales componentes del proyecto:** Documento o estudio que contenga la descripción, tipo y dimensiones de las características técnicas de los principales componentes del proyecto (presas y obras de toma, canales de conducción, cámara de carga, tuberías de presión, casa de máquinas, generadores y turbinas, entre otros; tipo de regulación; subestación y línea de transmisión; indicar si las instalaciones son existentes o serán nuevas).
- 2.3. **Subestaciones y líneas de transmisión:** Capacidad de la Subestación de la central en MVA y niveles de tensión de transformación en KV; Capacidad de la Subestación de la central en MVA y niveles de tensión de transformación en KV; Nombre de la Subestación o Línea a la cual se interconectará, para lo cual se deberá de indicar el nombre de la subestación o de la línea, ubicación (localidad, municipio, departamento) del punto de interconexión donde se conectara y las coordenadas del punto de interconexión en UTM y Geodésicas.

- 2.4. **Calendario de Ejecución de las Obras.** El solicitante presentará el Calendario de ejecución de las obras e instalaciones necesarias, desde la fecha prevista de inicio de construcción, fin de construcción, hasta el inicio de la operación comercial; el mismo deberá contener como mínimo todas las principales obras del proyecto, entre otros. Así como, otras actividades complementarias necesarias para realizar el proyecto (caminos de acceso, compra de terrenos, servidumbres, acuerdos, ingeniería, etc.). [\(ANEXO 6\)](#)

El calendario de ejecución de obras, debe de incluir el período en meses de toda la construcción y el número de días que se llevará para cada obra principal descrita.

- 2.5. **Especificación de los bienes de dominio público y particulares.** El solicitante presentará la Especificación de los bienes de dominio público y particulares que se utilizarán para el desarrollo del proyecto. [\(ANEXO 7\)](#)
- 2.6. **Estudio de Evaluación del Impacto Ambiental.** Presentar el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental y la Resolución de aprobación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales – MARN- (referencia Artículo 8, Decreto Número 68-86), así como, copia de la Licencia Ambiental Vigente.

- 2.7. **Mapas y Planos.** El solicitante presentará lo siguiente:

2.7.1 Mapa de ubicación de la Central Generadora desde la cota máxima (cota de corona de presa) solicitadas a la cota mínima, así como, el acceso al proyecto desde la cabecera municipal. Este Mapa será el original del Instituto Geográfico Nacional -IGN-, escala 1:50,000.

2.7.2 Mapa (con sus respectivas curvas de nivel) donde figuran las principales obras del proyecto, indicando las coordenadas utilizando el sistema de referencia WGS84 en UTM y Geodésicas de las cotas máxima y mínima, incluyendo la línea de transmisión con sus respectivas coordenadas de localización de la interconexión, así como, de los municipios y departamentos por donde pasará la línea de transmisión hasta su interconexión (en formato A1 en escala 1:12,500), timbrado, sellado y firmado por un Ingeniero Civil.

2.7.3 Mapa de todos los bienes de dominio público y privado que utilizará el proyecto, en escala 1:12,500. [\(ANEXO 7\)](#)

2.7.4 Plano en planta (con sus respectivas curvas de nivel) donde figuran las principales obras del proyecto (presas y obras de toma, canales de conducción, cámara de carga, tuberías de presión, casa de maquinas, subestación y línea de transmisión en formato A1 en escala 1:12,500), donde se muestre claramente todos los componentes y dimensiones de la central, timbrado, sellado y sellado por un Ingeniero Civil.

### 3. DEFINICIONES.

Para los efectos de la aplicación de este Instructivo se establecen las siguientes definiciones:

- **Central generadora:** Toda infraestructura utilizada para la generación de energía eléctrica.
- **Cota máxima:** Altura máxima a utilizar para todo el proyecto, en m.s.n.m.
- **Cota de corona de presa:** Altura sobre el nivel del mar de parte superior de la presa, la cual refleja el espejo de agua donde el río termina su cauce natural, en m.s.n.m.
- **Cota pie de presa:** Es la altura (m.s.n.m.) donde se ubique la presa a nivel del lecho del río.
- **Cota de casa de máquinas:** Es la altura (m.s.n.m.) donde se ubicará la casa de máquinas.
- **Cota de desfogue:** Es la altura a la cual el agua se regresa al cauce natural del río, en m.s.n.m.
- **Cota mínima:** Es la altura mínima a utilizar para todo el proyecto, en m.s.n.m.
- **Delimitación de las Cotas de Autorización para una Central Hidroeléctrica:** Es el tramo del río comprendido de la cota máxima y la cota pie de presa y el tramo del río entre la cota de desfogue de aguas de la central y la cota mínima.
- **Localización del proyecto:** Estará definida desde la cota máxima, siguiendo el recorrido del diseño del proyecto hasta la cota mínima.

### 4. NOTAS IMPORTANTES.

- **EL NOMBRE DEL PROYECTO.** El Nombre del Proyecto debe de coincidir con el del estudio eléctrico, con el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, con el Formulario, y toda la documentación que se presente. El nombre de la central no deberá coincidir con los proyectos ya Autorizados o Registrados en este Ministerio (consultar la página Web de este Ministerio de proyectos ya Autorizados, Registrados o en Trámite).
- **POTENCIA DEL PROYECTO.** La capacidad instalada debe de coincidir con el del Estudio Eléctrico, con el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, con el Formulario y toda la documentación que se presente.
- Todos los planos deberán ir en formato A1 y doblados, y colocados en el folder que contiene la solicitud.
- Todos los estudios, descripción técnica, planos, etc.; deben presentarse de forma independiente a lo contenido en el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Si la central utilizara más de un río, poner todas las cotas máximas y mínimas de los ríos utilizados.
- Toda la información tendrá que ir en los espacios creados para el efecto, no se aceptarán formularios que hayan tenido alteración en su formato.
- Toda la documentación deberá venir en idioma español.

- Si los interesados desean únicamente un **Registro**, solamente deberá cumplir con los requisitos del formulario y del presente Instructivo.
- Los interesados en solicitar la **AUTORIZACIÓN DEFINITIVA** para las centrales generadoras hidroeléctricas menores o iguales a 5 MW la pueden realizar, debiendo cumplir con lo establecido en la Ley General de Electricidad, su Reglamento (Artículo 4), Acuerdo Ministerial AG-110-2002 y el Instructivo para la presentación de este tipo de solicitudes.

Atentamente,  
**MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS**

## 5. ANEXOS

### 5.1 ANEXO 1

#### FORMULARIO PARA SOLICITUD DE REGISTRO DE CENTRALES GENERADORAS HIDROELECTRICAS MENORES O IGUALES A 5 MW

Ministerio de Energía y Minas:

Atentamente, en forma voluntaria y por convenir a mis intereses, acudo a solicitar el Registro para Utilizar Bienes de Dominio Público para la Instalación de Centrales Generadoras Hidroeléctricas menores o iguales a 5 MW. Para el efecto, presento lo siguiente:

#### DATOS DEL SOLICITANTE Y/O REPRESENTANTE LEGAL:

Nombre completo: \_\_\_\_\_

Calidad con que actúa: a) Título personal  b) En representación de la sociedad

Edad: \_\_\_\_\_ (años), Estado civil: Soltero (a)  Casado (a)  NIT: \_\_\_\_\_

Profesión u Oficio: \_\_\_\_\_

Nacionalidad: \_\_\_\_\_

DPI, Cédula de Vecindad o Pasaporte (en caso de extranjero): \_\_\_\_\_

Extendido (a) por: \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_

Lugar para recibir notificaciones: \_\_\_\_\_

Teléfonos: \_\_\_\_\_ Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Calidad con que actúa: \_\_\_\_\_

Descripción del (de los) documento (s) con que acredita la calidad con que actúa: \_\_\_\_\_

#### DATOS DE LA ENTIDAD:

Nombre, Razón o Denominación Social: \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_

Dirección Sede Social: \_\_\_\_\_

NIT: \_\_\_\_\_ Lugar para recibir notificaciones: \_\_\_\_\_

Teléfonos: \_\_\_\_\_ Correo electrónico: \_\_\_\_\_

**DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA CENTRAL**

- a. Nombre de la Central Generadora: \_\_\_\_\_
- b. Capacidad Instalada de la central (MW): \_\_\_\_\_  
 El nombre de la central generadora y la capacidad instalada, deberá ser el mismo tanto en el EIA, Estudios Eléctricos y en toda la documentación que se presente.
- c. Localización de la Central Generadora
- Finca, caserío, aldea, etc.: \_\_\_\_\_
  - Municipio (s): \_\_\_\_\_
  - Departamento (s): \_\_\_\_\_
  - Nombre del río (s): \_\_\_\_\_
- d. Tipo de Central Hidroeléctrica:
- A filo de agua:  De embalse:  Capacidad del embalse (m³): \_\_\_\_\_
- Tipo de Regulación: Diaria:  Semanal:
- e. Río (s) / cota (s) máxima: \_\_\_\_\_ m.s.n.m.
- f. Río (s) / cota (s) pie de presa: \_\_\_\_\_ m.s.n.m.
- g. Cota casa de máquinas: \_\_\_\_\_ m.s.n.m.
- h. Río / cota de desfogue: \_\_\_\_\_ m.s.n.m.
- i. Río / cota mínima: \_\_\_\_\_ m.s.n.m.
- j. Coordenadas de la central generadora utilizando el sistema de referencia WGS84, en UTM y Geodésicas de:
- |                                  |                   |
|----------------------------------|-------------------|
| Cota máxima UTM: _____           | Geodésicas: _____ |
| Cota máxima UTM: _____           | Geodésicas: _____ |
| Cota pie de presa UTM: _____     | Geodésicas: _____ |
| Cota casa de máquinas UTM: _____ | Geodésicas: _____ |
| Cota de desfogue UTM: _____      | Geodésicas: _____ |
| Cota mínima UTM: _____           | Geodésicas: _____ |
- k. Cantidad de Turbinas: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_
- l. Longitud de la Línea de Transmisión de interconexión al sistema (km): \_\_\_\_\_
- Nivel de tensión de la línea (kV): \_\_\_\_\_
  - Capacidad de transporte de la línea (MVA): \_\_\_\_\_
  - Subestación de interconexión al sistema: \_\_\_\_\_
- m. Fechas del proyecto:
- Inicio de construcción (día, mes, año): \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_
  - Fin de construcción (día, mes, año): \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_
  - Operación Comercial (día, mes, año): \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

f) \_\_\_\_\_

Firma Persona Individual o Representante Legal