



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO EN EL PRECIO SPOT DEL  
MERCADO MAYORISTA DE GUATEMALA DEBIDO A LA IMPORTACIÓN DE ENERGÍA  
PROVENIENTE DEL MERCADO ELÉCTRICO REGIONAL DURANTE EL PERÍODO 2021-  
2022**

**Sergio David Hernández Masaya**

Asesorado por el MSc. Ing. Luis Arturo Cerna Rich

Guatemala, febrero de 2023



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO EN EL PRECIO SPOT DEL  
MERCADO MAYORISTA DE GUATEMALA DEBIDO A LA IMPORTACIÓN DE ENERGÍA  
PROVENIENTE DEL MERCADO ELÉCTRICO REGIONAL DURANTE EL PERÍODO 2021-  
2022**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**SERGIO DAVID HERNÁNDEZ MASAYA**  
ASESORADO POR EL MSC. ING. LUIS ARTURO CERNA RICH

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2023



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
EXAMINADOR	Ing. Edgar Eduardo Chaj Ramírez
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alberto Navarro Fuentes
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **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:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO EN EL PRECIO SPOT DEL  
MERCADO MAYORISTA DE GUATEMALA DEBIDO A LA IMPORTACIÓN DE ENERGÍA  
PROVENIENTE DEL MERCADO ELÉCTRICO REGIONAL DURANTE EL PERÍODO 2021-  
2022**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 9 de noviembre de 2022.

**Sergio David Hernández Masaya**



EEPFI-PP-1700-2022

Guatemala, 9 de noviembre de 2022

**Director**  
**Armando Alonso Rivera Carrillo**  
**Escuela De Ingeniería Mecánica Eléctrica**  
**Presente.**

**Estimado Ing. Rivera**

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO EN EL PRECIO SPOT DEL MERCADO MAYORISTA DE GUATEMALA DEBIDO A LA IMPORTACIÓN DE ENERGÍA PROVENIENTE DEL MERCADO ELÉCTRICO REGIONAL DURANTE EL PERÍODO 2021 2022**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Energías renovables e incidencia en la matriz energética de Guatemala. - Estructura y dinámica del mercado eléctrico y sus impactos en la economía nacional y global**, presentado por el estudiante **Sergio David Hernández Masaya** carné número **201404091**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestión De Mercados Eléctricos Regulados.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

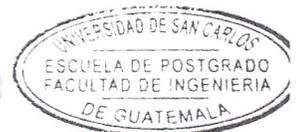
Atentamente,

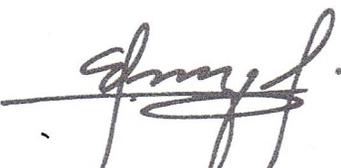
*"Id y Enseñad a Todos"*

**Luis Arturo Cerna Rich**  
**Ing. Mecánico Electricista**  
**Colegiado 6247**

  
Mtro. Luis Arturo Cerna Rich  
Asesor(a)

  
Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque  
Coordinador(a) de Maestría



  
Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





EEP-EIME-1425-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO EN EL PRECIO SPOT DEL MERCADO MAYORISTA DE GUATEMALA DEBIDO A LA IMPORTACIÓN DE ENERGÍA PROVENIENTE DEL MERCADO ELÉCTRICO REGIONAL DURANTE EL PERÍODO 2021 2022**, presentado por el estudiante universitario **Sergio David Hernández Masaya**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

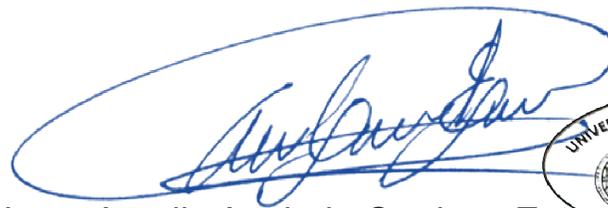
Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo  
Director  
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, noviembre de 2022

LNG.DECANATO.OI.176.2023

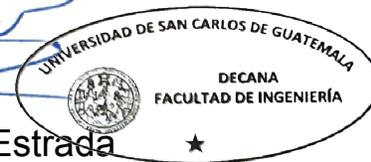
La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO EN EL PRECIO SPOT DEL MERCADO MAYORISTA DE GUATEMALA DEBIDO A LA IMPORTACIÓN DE ENERGÍA PROVENIENTE DEL MERCADO ELÉCTRICO REGIONAL DURANTE EL PERÍODO 2021-2022**, presentado por: **Sergio David Hernández Masaya**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, febrero de 2023

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por haberme permitido realizar una más de mis metas y por darme fuerzas cada día.
<b>Mis padres</b>	Por haberme traído al mundo y guiado a través de él, por luchar cada día y que cada día ser una mejor persona.
<b>Mis hermanos</b>	Hugo, Jaqueline y Byron Hernández, por su apoyo y compañía durante mi vida.
<b>Mi abuela</b>	Juana Graciela Galindo (q. d. e. p.), por sus sabias enseñanzas y consejos durante toda mi vida.
<b>Familia y amigos</b>	Quienes me motivaron siempre con su ayuda incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por haberme permitido realizar una más de mis metas y por darme fuerzas cada día.
<b>Mis padres</b>	Por su amor, sacrificio y guiarme en el camino correcto.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por el centro de enseñanzas que me ha formado como profesional y mejor persona.
<b>Escuela de Posgrado de la Facultad de Ingeniería</b>	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XIII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
3.1. Contexto general .....	7
3.2. Descripción del problema .....	8
3.3. Formulación del problema .....	9
3.4. Delimitación del problema .....	10
4. JUSTIFICACIÓN .....	11
5. OBJETIVOS .....	13
5.1. General .....	13
5.2. Específicos .....	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	15
7. MARCO TEÓRICO .....	19
7.1. Mercado eléctrico de Guatemala .....	19

7.1.1.	Estructura y marco institucional.....	20
7.1.1.1.	Ministerio de Energía y Minas.....	20
7.1.1.2.	Comisión nacional de energía eléctrica.....	21
7.1.1.3.	Administrador del mercado mayorista .....	21
7.1.2.	Marco regulatorio de Guatemala .....	22
7.1.2.1.	Ley general de electricidad .....	22
7.1.2.2.	Reglamento de la ley general de electricidad.....	23
7.1.2.3.	Reglamento del administrador del mercado mayorista .....	23
7.1.3.	Agentes del mercado mayorista .....	24
7.1.3.1.	Generadores .....	25
7.1.3.2.	Transportistas .....	25
7.1.3.3.	Comercializadores .....	26
7.1.3.4.	Distribuidores .....	26
7.1.4.	Tipos de mercados eléctricos .....	27
7.1.4.1.	Mercado a término.....	27
7.1.4.2.	Mercado de oportunidad de energía.....	28
7.1.5.	Política energética de Guatemala .....	28
7.1.5.1.	Matriz energética de Guatemala .....	29
7.1.5.2.	Generación eléctrica de Guatemala .....	29
7.1.5.3.	Política hidrológica de Guatemala .....	30
7.2.	Mercado eléctrico regional .....	31
7.2.1.	Historia del mercado eléctrico regional .....	31
7.2.2.	Estructura del mercado eléctrico regional .....	32
7.2.3.	Marco regulatorio del MER .....	33
7.2.4.	Mercado de oportunidad regional.....	34

	7.2.4.1.	Transacciones en el MOR.....	34
	7.2.5.	Mercado de contratos regionales .....	35
	7.2.5.1.	Tipos de contratos regionales.....	35
	7.2.6.	Historia de transacciones entre Guatemala y el MER .....	36
7.3.		Precio de oportunidad de energía o <i>spot</i> .....	38
	7.3.1.	Teoría marginalista .....	39
	7.3.2.	Norma de coordinación comercial No.4: precio de oportunidad de energía .....	40
	7.3.3.	Costos variables de generación .....	41
	7.3.3.1.	Costo marginal.....	41
	7.3.3.2.	Costo operativo.....	42
	7.3.4.	Lista de mérito.....	43
	7.3.5.	Demanda y oferta firme .....	43
	7.3.6.	Despacho económico .....	44
8.		PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	47
9.		METODOLOGÍA .....	51
	9.1.	Características de estudio.....	51
	9.1.1.	Enfoque del estudio .....	51
	9.1.2.	Alcance de estudio.....	51
	9.1.3.	Diseño del estudio.....	52
	9.2.	Unidad de análisis .....	52
	9.3.	Variables .....	53
	9.4.	Fases de estudio .....	55
	9.4.1.	Fase 1: exploración bibliográfica .....	56
	9.4.2.	Fase 2: gestión o recolección de la información .....	56
	9.4.3.	Fase 3: análisis de la información .....	57

9.4.4.	Fase 4: interpretación de información .....	57
9.5.	Resultados esperados.....	58
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS .....	59
10.1.	Herramientas estadísticas.....	59
11.	CRONOGRAMA .....	63
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	65
13.	REFERENCIAS.....	67
14.	APÉNDICES .....	73

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Esquema de solución.....	17
2.	Agentes participantes en el subsector eléctrico .....	24
3.	Matriz energética de Guatemala durante el año 2021 en GW.....	30
4.	Transmisión regional-línea SIEPAC .....	32
5.	Historial de transacciones internacionales de energía por cada país de C.A 2013-2022.....	37
6.	Comportamiento del precio <i>spot</i> del año 2016-2020.....	39
7.	Curvas convexas de costes de generación, continua y lineal a tramos.....	45

### TABLAS

I.	Clasificación de variables No. 1 .....	53
II.	Clasificación de variables No. 2 .....	54
III.	Clasificación de variables No. 3 .....	55
IV.	Cronograma de actividades .....	63
V.	Factibilidad de la investigación .....	66



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>\$</b>	Dólar americano
<b>US\$/MWh</b>	Dólares americanos por megavatio hora
<b>GW</b>	Gigavatio
<b>h</b>	Hora
<b>h</b>	Horas
<b>KV</b>	Kilovoltio
<b>MW</b>	Megavatio
<b>MWh</b>	Megavatio-hora
<b>%</b>	Porcentaje



## GLOSARIO

<b>AG</b>	Acuerdos Gubernativos.
<b>AMM</b>	Administrador del Mercado Mayorista. Administrador del Mercado Mayorista. Entidad encargada de la operación técnica y comercial del mercado mayorista en Guatemala.
<b>Amperio</b>	Unidad de medida de corriente.
<b>CDMER</b>	Consejo Director del Mercado Eléctrico Regional.
<b>CF</b>	Contratos firmes.
<b>CFF</b>	Contratos firmes flexibles.
<b>CRIE</b>	Comisión Regional de Interconexión Eléctrica. Es el ente regulador y normativo del mercado eléctrico regional, con personalidad jurídica propia, capacidad de derecho público internacional, independencia funcional y especialidad técnica.
<b>CVG</b>	Costo variable de generación. Es el costo en el que incurre una central generadora de electricidad al producir un megavatio-hora.

<b>DF</b>	Demanda firme.
<b>IE</b>	Informe estadístico.
<b>LGE</b>	Ley General de Electricidad.
<b>Matriz energética</b>	Radiografía de cómo está balanceado el consumo de energía eléctrica entre distintas fuentes en un período de tiempo.
<b>MCR</b>	Mercados de Contratos Regionales.
<b>MEG</b>	Mercado eléctrico.
<b>MEG</b>	Mercado eléctrico de Guatemala.
<b>MEM</b>	Ministerio de Energía y Minas.
<b>MER</b>	Mercado regional eléctrico. Es el ámbito en el que se realizan las transacciones regionales de electricidad entre los agentes del mercado.
<b>MM</b>	Mercado mayorista.
<b>MO</b>	Mercado de oportunidad.
<b>MOE</b>	Mercado de oportunidad de energía.
<b>MOR</b>	Mercado de oportunidad regional.

<b>NCC</b>	Normas de Coordinación comercial descritas por el Administrador del Mercado Mayorista.
.	
<b>Orden de mérito</b>	Forma de clasificar las fuentes de energía disponibles, especialmente la generación eléctrica, en función del orden de precios ascendente, junto con la cantidad de energía que se generará.
<b>POE</b>	Precio de oportunidad de energía. Es el valor del costo marginal de corto plazo de la energía en cada hora.
<b>RAMM</b>	Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista.
.	
<b>Spot</b>	Costo del MWh en Guatemala.
<b>Tensión</b>	Diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, medida en voltios.
<b>Vatio</b>	Unidad de medida de potencia.



## RESUMEN

El mercado eléctrico regional es el ámbito en que se realizan las transacciones de compra y venta de energía eléctrica entre los agentes de cada país centroamericano pertenecientes al MER. El aumento de importaciones de energía a través del MER se da por varios factores que se detallan a lo largo de la investigación que determinan los precios de electricidad nacionales.

Se tiene como objetivo principal de este estudio determinar el impacto económico en el precio *spot* debido a la energía importada del mercado eléctrico regional durante el periodo del 2021-2022, basado a todos los datos de dominio público que proporciona el Administrador del Mercado Mayorista a través de los informes de las transacciones económicas mensuales, por lo consiguiente los datos publicados de importaciones de energía son autorizados por la CRIE para regular el mercado eléctrico regional.

Para el análisis del problema central que se describe los precios altos de electricidad, influyen cuatro factores dependientes e independientes conforme el escenario que se está analizando, en efecto se puede precisar el alza de los precios internacionales de los combustibles fósiles, falta de inversión en proyectos en generación a base de tecnologías de mínimo costo, sequías prolongadas e indisponibilidad de generación; lo que provoca que los agentes dentro del mercado eléctrico nacional soliciten e indaguen alternativas para estabilizar los precios de electricidad nacional a base de su despacho económico.

Adicionalmente el mercado eléctrico nacional tiene como prioridad garantizar la seguridad y abastecimiento de energía eléctrica del país para

compensar la oferta y la demanda creciente del país, se debe tener precios estables de energía para el crecimiento de la demanda constante en las estructuras económicas y energéticas que conforma el país, dando énfasis al mejoramiento de la calidad de vida de los guatemaltecos. La primera necesidad es realizar un análisis económico para obtener todos los beneficios que nos brinda la energía de los países centroamericanos.

A partir del desarrollo de proyectos a base de energías renovables y generación convencional como el apoyo de los programas de generación de los países de C.A, se da un aliciente como respaldo dentro del mercado eléctrico para los precios de electricidad, en síntesis se toma una opción de adquirir energía de mínimo costo con relación a la planificación de generación energética de cada país, que se puede ejemplificar como es el caso de El Salvador propicia proyectos de gas natural, Honduras con generación eólica y fotovoltaica, esto podría fortalecer el MER en las exportaciones e importaciones de energía con el beneficio de tener precios estables en cada país centroamericano.

## 1. INTRODUCCIÓN

La importación de energía en Guatemala es un tema con muy poca investigación de análisis e interpretativa dentro del mercado mayorista nacional, se referencia los datos a través de las transacciones de importación de energía gestionado por cada agente, no se debe de alterar ningún valor dentro del despacho económico, podemos examinar las importaciones de energía que hace Guatemala desde el MER lo más certero posible ya que ha sido una opción para estabilizar los precios en el mercado eléctrico guatemalteco ante diferentes factores que influye en los precios altos de electricidad.

Durante el funcionamiento de la línea SIEPAC el mercado eléctrico guatemalteco ha realizado transacciones de exportación e importación de energía a través de sus agentes autorizados por la CRIE, dichas transacciones se transforman en oportunidades a base de diferentes indicadores económicamente viables como también competitivos, razonablemente se indaga una incertidumbre dentro del mercado eléctrico nacional por estabilizar los precios a través de los agentes; en los períodos 2021-2022 se sigue manteniendo el aumento de importaciones en varios meses del año.

Cabe resaltar que en el planteamiento del problema detallado en el capítulo tres se describen las causas, circunstancias y el contexto en general de la base del estudio de la importación de energía. Se hace necesario analizar los impactos económicos para comprobar el comportamiento del precio de oportunidad de energía en el mercado mayorista a través de las transacciones de la importación de energía por medio de contratos entre agentes o del mercado a corto plazo regional.

Se desarrolla una base de recopilación de antecedentes referentes a la importación de energía como también a las características de las transacciones de los últimos años que se han analizado, se demuestra por medio de foros y estudios anteriores la necesidad de adquirir nuevas estrategias para el sector eléctrico guatemalteco a base del mercado *spot*.

En función de lo planteado se detalla las necesidades más importantes, para realizar un análisis completo del impacto económico del precio *spot* al aumentar las importaciones a base de las transacciones por contratos regionales y el precio de oportunidad de energía regional, además que no se ha encontrado otros estudios que abarque todo el tema de importaciones en el mercado mayorista de Guatemala. A través de los últimos capítulos de la investigación se realiza la metodología por medio de herramientas estadísticas, para lo cual se puntualiza cuatro fases para la realización del estudio con el fin de obtener detalladamente los beneficios económicos.

## 2. ANTECEDENTES

Guatemala se ha distinguido por tener un mercado eléctrico naturalmente estable, se caracteriza por la sobreproducción de generación eléctrica mediante sus agentes dentro del mercado nacional, en relación a su operación es difícil tener certezas de las proyecciones a futuro de un ME por la volatilidad de las variables que afectan su funcionamiento. Por ello se puede sustentar la exportación-importación a través de su energía, dichas transacciones son muy importante para un país basado en el balance de precios, acceso a energía de mínimo costo, y promover la competencia a nivel nacional.

En los últimos años el agua ha escaseado en un porcentaje alto por las malas prácticas y gestiones, contaminación ambiental (Funcagua, 2022).

Al no contar con este recurso hídrico puede disminuir la generación hidráulica del país dejando al mercado eléctrico vulnerable en los precios de electricidad. Según el foro de energía eléctrica ¿Quién le pone el cascabel al gato?, se plantea entre los panelistas la pérdida de liderazgo que tiene el subsector de energía o eléctrico guatemalteco por no establecer nuevas estrategias que pueda ayudar a Guatemala ser más competitivo para su desarrollo (Centro de Investigaciones Económicas Nacionales, 2017).

Desde el año 2019 Guatemala ha tenido la necesidad de incrementar sus importaciones de energía con la ayuda del MER, esto se debe al alto valor de los precios internacionales de combustibles, no tener inversiones a futuro inmediato mediante energías renovables y tecnologías de mínimo CVG, no hay estudios

concretos donde se examine paso por paso los beneficios del acceso a la importación de energía por la vía del mercado eléctrico regional.

La CNEE reportó un aumento de las transacciones internacionales con la finalidad de importar energía por la mediación del mercado *spot* regional y por contratos regionales, cabe destacar que en el transcurso del año 2020 se importó 91.52 GWh por ende se tuvo un aumento de 82.04 GWh respecto al año 2019 y se mantuvo las transacciones de importación desde el MER en el año 2021 con 81.06 GWh (CNEE, 2021).

Por la situación que tiene el sector eléctrico guatemalteco de mantener los precios estables ante la pandemia Post-COVID, la falta de infraestructura de energías renovables, se espera tener una proyección de crecimiento en las transacciones de importación de energía.

En el IE del año 2021 a base del Administrador del Mercado Mayorista denotó que el precio SPOT promedio al año fue de 63.36 US\$/MWh, que representa un crecimiento de 22.22 US\$/MWh precedente a la anterior anualidad (Administrador del Mercado Mayorista, 2021).

Dentro de su calendario el MEM presentó sus estrategias e interés de adicionar distintos grupos de energías renovables, para lograr el propósito de conseguir un 85 % de generación no convencional mayoritariamente de energía hidroeléctrica, así como ayudar a la descarbonización del país de igual forma para fortalecer el ME, todo ello con un límite para el año 2050 (MEM, 2020).

Se debe resaltar en el período 2021-2022, como resultado de las sequías se tiene una importación de transacciones regionales considerable desde el mercado eléctrico regional; donde Guatemala ha aprovechado los costos

mínimos de generación en el MOR en las diferentes bandas horarias para mantener los precios de energía estable a través de sus agentes que conforma el MEG así como suplir el alza de los precios combustibles, la inflación que ha sufrido Latinoamérica y la intermitencia de energías renovables.

Según los antecedentes de la CRIE se compara el historial que ha tenido el precio SPOT regional ex ante durante la historia del mercado regional a base de las transacciones internacionales realizadas por las distintas naciones de C.A, donde se ha dado un alza en la tasa de los precios promedios anuales, como efecto se tiene un promedio de 160 USD/MWh basado en el 2013 disminuyendo a 63 USD/MWh en el período 2021 (CRIE, 2021).

Guatemala se ha beneficiado de la compraventa de energía en el MOR por medio de las múltiples transacciones realizadas y examinadas, asimismo Álvarez (2010) destaca varias ventajas que ayuda al mercado eléctrico de las cuales menciona el incremento del desarrollo a consecuencia de la competencia entre los agentes que conforman el MEG, ganancias económicas en las personas y la disminución de costos de energía.

Mediante la comparación económica y evolución del mercado eléctrico no se ha alcanzado del todo los beneficios en la población general debido a las exportaciones e importaciones dentro del MER (Echavarría, 2017).

Se debe resaltar el estudio económico que se realizó por medio del Banco Interamericano de Desarrollo y ejecutado por sus colaboradores Echevarría, Jesurun-Clements, Mercado y Trujillo (2017) se tuvo que analizar cada aspecto de las perspectivas de la línea SIEPAC, para saber los diferentes beneficios en los mercados eléctricos nacionales, para identificar los resultados positivos en este estudio.

La Comisión Económica Para América latina y el Caribe impulsó un estudio donde enfatiza la importancia del mercado de oportunidad regional y políticas de importación, incluyendo en sus proyectos de generación nacional con los estudios del mercado eléctrico regional, para establecer los puntos más importantes dentro del MER (Castillo, 2013).

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El mercado eléctrico es cambiante al igual que es difícil tener certezas de las proyecciones a largo plazo por la volatilidad de las variables que se utiliza en los diferentes métodos del mercado mayorista, algunas variables que podemos referir son los precios de combustibles, costos de la energía y potencia, costos operativos, costos marginales, precios en el mercado *spot*, para ello se establece situaciones inesperadas en la generación que no se puede predecir a largo plazo. Se ha identificado un indicador que es el crecimiento en las transacciones en la importación de energía a pesar de que Guatemala es exportador de energía dentro del MER en la mayoría de los meses del año.

#### **3.1. Contexto general**

Tener un balance en los precios de electricidad en Guatemala siempre ha sido analizado dentro del subsector eléctrico como también ha sido una misión constante para los diferentes sectores del abastecimiento de electricidad; se ha generado varios factores que inciden en la problemática general de los precios altos de electricidad de Guatemala que pueden afectar directamente al mercado mayorista guatemalteco así como a los usuarios finales, dentro de estos factores podemos mencionar: la alta dependencia de los precios internacionales de los combustibles fósiles, la indisponibilidad de generación, sequías prolongadas y falta de infraestructura a base de generación energía renovable nacional.

Guatemala es un país con una gran abundancia de recursos energéticos pero tiene poco aprovechamiento al no tener inversiones en energías renovables

que podrían convertirse en áreas de oportunidad (Administrador del Mercado Mayorista, 2020).

Por ello se tiene la necesidad de importar energía de bajo costo desde el MER para tener los precios estables dentro mercado mayorista nacional, dicha importación en las bandas horarias es muy importante en el mercado de precio de oportunidad de energía regional y los contratos regionales porque se puede aprovechar la generación que inyecta los demás países al MER.

### **3.2. Descripción del problema**

Guatemala depende del recurso hídrico del 43 % medido hasta el segundo trimestre 2022 esto genera una dependencia de generación hidráulica en la matriz energética nacional, lo cual ocasiona una inestabilidad en el mercado eléctrico guatemalteco en períodos de sequías prolongadas que ha venido sufriendo el país, y se soluciona aumentando el precio de la electricidad en algunos períodos. Se debe sumar que en los últimos cuatros años el alza de los precios internacionales de los combustibles fósiles ha generado una variación grande en los costos variables de generación de dichos generadores aumentando sus costos marginales en el despacho económico guatemalteco.

La importación de energía desde el MER ha sido una de las soluciones a corto plazo entre los agentes debido a los diversos factores que afectan a nuestra problemática anteriormente detalladas, la importación de energía podría generar una característica directa para estabilizar los precios de electricidad ante la falta del recurso hídrico, durante estas circunstancias influye la estacionalidad climática nacional ya que nos dará la información en que intervalos se produce la importación de energía y qué porcentaje de esa generación se puede llegar a depender.

En definitiva, no tenemos mayor detalle de los beneficios que esto conlleva cuando el precio del mercado *spot* guatemalteco sea elevado. Para ello es inevitable el análisis de las variables y datos recopilados a base del mercado mayorista, por ello se debe encontrar un equilibrio en los precios de electricidad, ante situaciones donde los períodos del precio *spot* sea elevado.

### **3.3. Formulación del problema**

Las siguientes preguntas de investigación nos van a permitir la solución de nuestro problema:

- Pregunta central

¿Cómo impacta la importación de energía en el precio *spot* a través del mercado eléctrico regional durante el periodo 2021-2022?

- Preguntas auxiliares

Para responder a esta interrogante se deberán contestar las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Cuánta energía importó Guatemala durante el período 2021-2022 desde el mercado eléctrico regional?
- ¿Cómo se beneficia el mercado eléctrico de Guatemala por la energía de mínimo costo de operación importada de Centroamérica?

- ¿Cuál es el impacto de la importación de energía del MER en períodos donde el precio de oportunidad de energía es elevado en Guatemala?

### **3.4. Delimitación del problema**

Todas las importaciones de energía que realiza Guatemala desde el MER son debido a los contratos regionales y del precio de oportunidad de energía regional, se presenta una base de datos recopilados en los últimos dos años, dichos datos se necesitan para formar los diferentes escenarios en el mercado *spot* guatemalteco para poder identificar sus beneficios basados en los costos más bajos de energía, este análisis está basado en el ámbito del mercado eléctrico guatemalteco.

Se debe optar por un análisis económico para poder cuantificar las importaciones, medir los beneficios, antes los límites de capacidad de la línea SIEPAC que debe tener Guatemala, para seguir con un eficiente mercado eléctrico nacional próspero, seguro y confiable. Los datos son de dominio público a través del mercado eléctrico regional como también de las operaciones que realiza el Administrador del Mercado Mayorista.

## 4. JUSTIFICACIÓN

La realización de la presente investigación se justifica en la línea de investigación basada en la estructura y dinámica del mercado eléctrico y sus impactos en la economía nacional y global de la Maestría en Mercados Eléctricos regulados. Para un país en vías de desarrollo es importante siempre tener relaciones bilaterales o regionales con los demás países, para tener un respaldo en el sector energético y mantener el mercado eléctrico guatemalteco estable, factible, y así poder evitar pérdidas económicas ante situaciones imprevistas o fallas en el sistema interconectado. Con este trabajo se obtendrán los beneficios principales a base de un análisis económico de la importación de energía de bajo costo desde el mercado eléctrico regional.

En los últimos años el recurso hídrico ha estado restringido por varios factores que se pueden mencionar la variabilidad del clima, la pérdida de cobertura forestal, sequías prolongadas, esto afecta directamente al ciclo hidrológico, por ello se ha hecho el esfuerzo de realizar políticas para tener una gestión eficiente integrada del recurso hídrico, esto puede llevar a restricciones más estrictas y un aspecto de oposición a nuevas centrales hidroeléctricas, esto da como resultado el aumento de importaciones de energía en los tiempos de sequía prolongados y esta situación tendrá impactos directos en el mercado eléctrico nacional.

En los períodos 2020-2022 las importaciones de energía que se da desde el mercado eléctrico regional a Guatemala son mayores y esto ayuda a mantener los precios más bajos de electricidad en todo el país, no se tiene un estudio completo de todos los beneficios que nos da estas importaciones de energía,

tampoco nos indica cómo ayuda a estabilizar el mercado eléctrico guatemalteco, uno de los factores que influye en las importaciones es el precio alto de los combustibles que se da por diferentes razones políticas y económicas.

Este estudio no trata de justificar los detalles del porqué Guatemala denuncia el Tratado Marco del Mercado Eléctrico Regional y sus dos protocolos; sino de los beneficios de importar energía de bajo costo del MER.

El mercado eléctrico de Guatemala en los últimos tres años ha tenido grandes cambios en sus transacciones regionales, esto debido a los precios altos en su generación a base de combustibles fósiles y las sequías frecuentes que tiene el país, esto hace que Guatemala en algunos meses se vuelva importador de energía ante escenarios económicos que nunca se habían dado.

Esta investigación aportará un análisis de los impactos económicos en el precio de oportunidad de energía nacional conciso, para tener herramientas necesarias, de cómo Guatemala optó por incrementar las importaciones de energía, cabe resaltar el número máximo de transacciones que puede realizar Guatemala para no tener riesgos en la línea SIEPAC.

Se debe tener resultados lo más preciso posible para determinar los impactos en el mercado SPOT en los diferentes escenarios que se propondrá en este estudio económico. Se beneficiará al mercado eléctrico nacional en costos operativos mínimos y a la población en general porque se mantendrán los precios de electricidad asequibles para tener una mejor calidad.

## 5. OBJETIVOS

A continuación, se detallan los objetivos planteados para resolver la problemática general de la investigación:

### 5.1. General

Determinar el impacto económico en el precio *spot* debido a la energía importada del mercado eléctrico regional durante el periodo 2021-2022.

### 5.2. Específicos

- Cuantificar la cantidad de energía importada en Guatemala desde el mercado eléctrico regional durante el período 2021-2022.
- Identificar los beneficios que aporta la energía de mínimo costo de operación importada de Centroamérica al mercado eléctrico guatemalteco.
- Analizar los impactos económicos en el mercado eléctrico guatemalteco debido a la importación de energía del MER en períodos donde el precio de oportunidad de energía es elevado en Guatemala.



## **6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

El presente estudio aportará toda la información de las importaciones que se da desde el mercado eléctrico regional MER al mercado eléctrico guatemalteco, a través del precio de oportunidad de energía y contratos regionales del período de importación 2022 mediante los datos reales que nos brinda el administrador del mercado mayorista de Guatemala y su variación que se da en cada hora por medio de gráficas y tablas.

A partir de ello se hará un proceso de comparación entre el precio SPOT en Guatemala y los precios ex ante del MER en sus diferentes comportamientos y tendremos diferentes escenarios en los precios del mercado eléctrico guatemalteco, para tener los primeros resultados basándonos en los cálculos y poder demostrar cómo bajan los precios al tener importaciones registradas al existir energía más económica en otro país de la región.

Este trabajo no trata de dar una respuesta a temas políticos del sector eléctrico guatemalteco basado a los conflictos con el MER, sino de cómo contribuye tener un mercado eléctrico regional en desarrollo para tener un equilibrio en los precios de electricidad de Guatemala, y poder tener un respaldo por el alza de combustibles, la poca generación de energía renovable que se tiene en Guatemala, el poco desarrollo en tecnologías renovables, y el período de sequía en los ríos para la generación hidroeléctrica; de manera que cada año la demanda es más grande donde se necesita tener un equilibrio de oferta y precios bajos de electricidad para beneficiar a cada guatemalteco.

Al determinar lo anterior podemos identificar los beneficios más importantes al tener energía importada de la región; basados en las transacciones de importaciones de energía en cualquier momento de la banda horaria, los precios bajos que nos brinda el mercado regional, basado en lo anterior podemos decir cómo varía el precio de oportunidad de energía nacional al tener como respaldo dichas importaciones de energía.

Para ello se debe cuantificar toda la energía importada que se dio en el MER al mercado eléctrico guatemalteco para tener una razón económica de este estudio, además abarca también las importaciones para los contratos regionales firmes y no firmes en este trabajo para tener un análisis más completo.

Se debe aclarar que no hay un estudio detallado de las importaciones del MER, cálculos y sus impactos económicos hacia del mercado eléctrico guatemalteco. Detallado lo anterior realizaremos un análisis económico y así poder tener variables medibles y riesgos que nos indique los impactos directos hacia el mercado SPOT nacional.

Se describe cada etapa del análisis como su respectiva solución para resolver el problema descrito en la investigación, para ello tenemos cinco etapas donde observaremos cada variable y analizaremos su comportamiento, donde los pasos que se debe llevar están integrado en la siguiente figura:

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia, empleando en Microsoft Word.



## **7. MARCO TEÓRICO**

Se desarrollarán los fundamentos necesarios para describir el mercado eléctrico de Guatemala como también el MER, con el enfoque de comprender los procedimientos, transacciones, reglamentos, normas que se analiza dentro de un mercado, asimismo las características del precio de oportunidad de energía del mercado nacional. Se debe considerar el objetivo de un despacho económico para incluir el proceso de la venta y compra de energía entre los diferentes agentes que conforman el mercado nacional.

### **7.1. Mercado eléctrico de Guatemala**

El mercado eléctrico de Guatemala considera la energía como regulada en igual forma es libre, se promueve la libre competencia para tener como resultado un mercado estable, es decir brindar los mejores precios al consumidor final. Dentro del mercado nacional la transmisión como la distribución están reguladas, al mismo tiempo se genera un monopolio natural en su estructura, todo servicio entre los agentes se realiza por una licitación pública, por su parte todos los datos son de dominio público para promover las transacciones sin fines de lucro (Administrador del Mercado Mayorista, 2020).

Por consiguiente los principales principios que tiene el mercado nacional según la Ley general de Electricidad de Guatemala, como vital importancia para su funcionamiento, sostenibilidad y eficiencia a largo plazo, a su vez se indica que:

Es libre la generación de electricidad y no se requiere para ello autorización o condición previa por parte del Estado; es libre el transporte de electricidad; son libres los precios por la prestación del servicio de electricidad, con la excepción de los servicios de transporte y distribución sujetos a regulación (Decreto 93-96, 1996, p. 3).

De otro modo podemos observar un mercado flexible así mismo competitivo en su regulación en general.

### **7.1.1. Estructura y marco institucional**

La estructura del MEG se rige por una máxima autoridad en otras palabras será la esfera pública principal llamado Ministerio de Energía Minas o MEM que cumplirá como rector dentro marco institucional; seguido a un ente regulador que lo constituye la Comisión de Energía Eléctrica o la CNEE para cumplir con todos los artículos de la LGE, así como las tarifas del mercado, cabe destacar el ente operador AMM donde se guiará y cumplirá todos los cálculos a base de los artículos de las normas técnicas dentro del mercado nacional.

#### **7.1.1.1. Ministerio de Energía y Minas**

Es la institución que promueve el desarrollo, inversiones, comercialización, reformas, aprovechamiento de la energía eléctrica en Guatemala también es el ente que hace cumplir las políticas asimismo la legislación en los diferentes sectores energéticos del país.

Como lo indica la Ley de Electricidad de Guatemala “es el órgano del Estado responsable de formular y coordinar las políticas, planes de Estado, programas

indicativos relativos al subsector eléctrico y aplicar esta ley y su reglamento para dar cumplimiento a sus obligaciones” (Decreto, 93-96, 1996, p. 4).

Los diferentes agentes del mercado deben cumplir con las normativas y reformas del MER.

#### **7.1.1.2. Comisión nacional de energía eléctrica**

Se encarga de garantizar, así como regular la red eléctrica nacional; cabe decir que puede fiscalizar, exponer y promulgar el marco regulatorio que define las reglas para el subsector eléctrico. Según la LGE se tendrá una de las principales funciones “Definir las tarifas de transmisión y distribución, sujetas a regulación de acuerdo a la presente ley, así mismo como la metodología para el cálculo de las mismas” (Decreto 93-96, 1996, p. 4).

La regulación promueve el desarrollo basado en nuevas políticas para que sus funciones sean lo más transparente posible. De acuerdo a Dammert, Fiorella, y Carbajal (2011) “hay dos esquemas regulatorios la regulación por costo de servicio para establecer una tarifa igual al costo medio, por otra parte la regulación por desempeño para debilitar los vínculos existentes entre los precios regulados”(p. 45-47).

#### **7.1.1.3. Administrador del mercado mayorista**

Se describe como ente operador del MEG para detallar, verificar y analizar el despacho económico eléctrico nacional, como las diferentes transacciones que se realizan en el MM, donde regirá dentro del mercado SPOT basado tanto normas técnicas como de normas comerciales dependiendo la utilización de este. En efecto la RAMM indica que es “el ente encargado de la administración y

coordinación del mercado mayorista” (Acuerdo Gubernativo Número 299-98, 1998, p. 2). Debe tomar en cuenta las observaciones de la CNEE, para aplicar el despacho económico por medio de costos regulados.

### **7.1.2. Marco regulatorio de Guatemala**

El marco regulatorio está constituido por los reglamentos, leyes, acuerdos gubernativos, resoluciones emitidas del subsector eléctrico de Guatemala. Como resultado se han fomentado resoluciones para la mejora frecuente del marco regulatorio desde 1996. Tal que el expresidente de la CNEE el Ing. Carlos Colom menciona que “La presente Ley General de Electricidad y su Reglamento destaca particularmente y fomenta los fallos de la Honorable Corte de Constitucionalidad, dando a conocer las impugnaciones interpuestas contra leyes, reglamentos y disposiciones de carácter general” (Comisión de Energía Eléctrica, 2010, p. 9).

#### **7.1.2.1. Ley general de electricidad**

Todas las instituciones eléctricas de Guatemala se basan como primer punto hacer cumplir todos los artículos e indicaciones por la LGE, que en términos generales nos indica un patrón para desarrollar todas las actividades dentro del MEG. Dentro de dicha ley nos dice que su función “Es una norma el desarrollo del conjunto de actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad” (Decreto del Congreso de la República 93-96, 1996, p. 3).

Se debe de buscar por medio de normas jurídicas la facilidad de dinamizar el funcionamiento del sector eléctrico, a base de los diferentes entes eléctricos de Guatemala; donde cada uno elegirá lo más conveniente dentro de sus

instituciones. Se debe tomar en cuenta una comisión técnica para la formulación de cada propuesta (Decreto 93-96, 1996).

#### **7.1.2.2. Reglamento de la ley general de electricidad**

Este reglamento surgió de las resoluciones y mejoramientos de la evolución de los años que ha tenido la Ley General de Electricidad y se basa a “las actividades de generación, transporte, distribución y comercialización, que incluye la importación y exportación, de electricidad que desarrollan tanto las personas individuales o jurídicas con participación privada, mixta o estatal, independientemente de su grado de autonomía y régimen de constitución” (Acuerdo Gubernativo Número 256-97, 1997, p. 24) .

Se identifican nuevas definiciones dentro del reglamento para esclarecer cualquier error en las resoluciones o acuerdos que se tengan dentro del mercado y las autorizaciones que se deben tener previamente autorizadas.

#### **7.1.2.3. Reglamento del administrador del mercado mayorista**

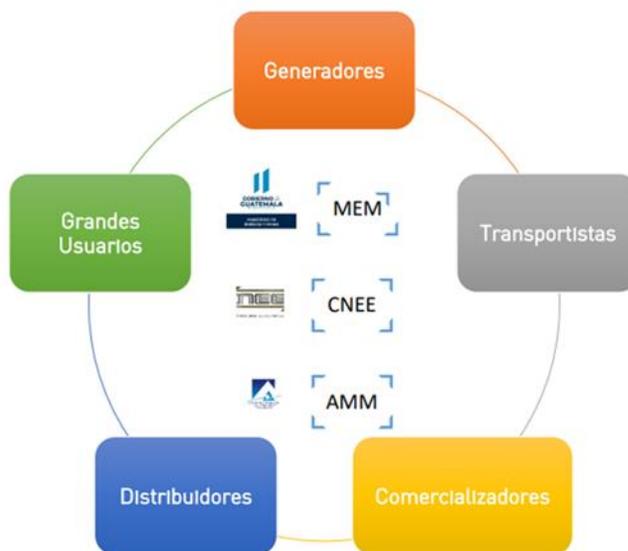
En síntesis la RAMM nos describe todos los procedimientos para la operación del despacho económico agregando diferentes puntos en cada operación, también en la operación incluye los precios, costos, las variables de energía o potencia, procedimientos de los contratos preparados por los agentes, y es el reglamento que especifica la ejecución de dichos contratos dentro del ente operador, en términos generales el reglamento “define los principios generales del Mercado Mayorista, así como la organización, funciones, obligaciones y mecanismos de financiamiento del Administrador del Mercado Mayorista” (Acuerdo Gubernativo Número 299-98, p. 5).

### 7.1.3. Agentes del mercado mayorista

Dentro del MEG se habilitarán agentes para que puedan operar dentro del Mercado Mayorista, cada agente tendrá que cumplir con ciertos requisitos, capacidad y pruebas, para obtener la respectiva autorización de operar por parte de AMM.

Posteriormente se visualiza la figura de los diferentes agentes que participan dentro del MEG y las instituciones que lo conforman para realizar sus respectivas operaciones.

Figura 2. Agentes participantes en el subsector eléctrico



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2020). *Plan de expansión indicativo del sistema de generación 2020-2050*. Consultado el 10 de septiembre de 2022. Recuperado de <https://www.cnee.gob.gt/PlanesExpansion/2020-2050/PlanExpansionGeneracion2020-2050.pdf>

### **7.1.3.1. Generadores**

Son los agentes principales de un mercado eléctrico en general, ya que generan energía a base de fuentes renovables, térmicas, carbón, biomasa, hidráulicas, bunker, diésel, se desarrollan mediante las normativas de la LGE, RAMM y la Regulación del país. Tiene como cometido vender energía con la finalidad de abastecer de energía al país cumpliendo con la demanda creciente cada día de los consumidores.

En cuanto a la Asociación Nacional de Generadores tiene como labor de un agente generador contribuir a la estabilidad, y crecimiento de nuestros agremiados, por medio de la participación activa en el sector eléctrico. Con una visión de promover los intereses comunes, velando por la estabilidad legal y la certeza jurídica (Asociación Nacional de Generadores, 2000).

### **7.1.3.2. Transportistas**

Es el agente que transporta la energía a sus diferentes puntos de consumo, tiene una capacidad superior de 10 MW dentro del mercado eléctrico guatemalteco. La mayor remuneración que recibe dicho agente es el peaje, la LGE lo define como “el pago que devenga el propietario de las instalaciones de transmisión, transformación o distribución por permitir el uso de dichas instalaciones para la transportación de potencia y energía eléctrica por parte de terceros” (Decreto 93-96, 1996, p. 6). Este pago lo regula la Comisión de Energía Eléctrica según la desagregación del peaje de cada agente transportista.

### **7.1.3.3. Comercializadores**

La comercialización es una mercancía de monopolio natural dentro del mercado eléctrico y toma la energía eléctrica como su producto a comercializar en un mercado competitivo, los agentes tendrán una libre competencia para el acceso de dicha energía. Para su funcionamiento se necesita una remuneración para garantizar el servicio, donde los precios serán calculados por medio de la oferta y demanda de energía eléctrica que dispone el mercado Mayorista (Gonzalo, 2012).

Por consiguiente, los agentes Comercializadores tienen como principal función realizar “la actividad por medio de la cual se compra y vende potencia y energía eléctrica en el Mercado Mayorista” (Acuerdo Gubernativo Número 299-98, 1998, p. 2). Tiene la obligación de vender o comprar bloques de energía superiores de 5MW para no recurrir en sanciones, debe pagar los peajes por usar redes ajenas.

### **7.1.3.4. Distribuidores**

El MM define al distribuidor como un agente que “tiene a su cargo la venta de energía eléctrica para los usuarios finales, por lo que están encargadas de organizar licitaciones para la contratación de sus requerimientos de potencia y energía en el corto y largo plazo” (Administrador del Mercado Mayorista, 2020, p. 12).

La distribuidora debe hacer cumplir en sus recibos todas las tarifas pactadas por la CNEE, debe de cumplir todos los mantenimientos necesarios de la red eléctrica correspondiente para brindarle el mejor servicio a todos los

guatemaltecos. La calidad de energía eléctrica es primordial para la función de una distribuidora dentro de sus responsabilidades para una mejora continua.

#### **7.1.4. Tipos de mercados eléctricos**

En este estudio se enfocará en dos tipos de mercados mayoristas que se pueden citar el mercado a término a base de contratos ajustados por los agentes, así como el mercado de oportunidad de energía que se debe a contratos negociados por cada hora, las operaciones necesarias dentro del mercado son analizadas y despachadas a base del AMM. Un modelo de mercado se desarrolla en la “imprescindible su regulación para facilitar las transacciones y dar seguridad a los operadores. La regulación del mercado eléctrico debe diseñar un modelo coherente: contratos de suministro a plazo, la participación de la demanda y la supresión de los precios regulados” (De la Cruz, 2006, p. 127).

##### **7.1.4.1. Mercado a término**

El mercado mayorista según la resolución 157-10 de la NCC-13 define a este modelo de mercado como “contratos con precios, cantidades y duración pactados entre las partes los cuales deben estar enmarcados dentro de lo preceptuado por la Ley, sus reglamentos y las normas de coordinación” (Administrador del Mercado Mayorista, 2000d, p. 1). Principalmente este tipo de mercado se basa en los contratos a base de oferta de la DF, e identifica si el participante es consumidor o productor, posteriormente se hacen las solicitudes, planillas de los contratos, duración del contrato.

Podemos mencionar cinco clases de contratos de los que podemos nombrar “por diferencias con curva de carga, con potencia sin energía asociada, con opción de compra de energía, por diferencias de la demanda faltante y contratos

existentes” (Administrador del Mercado Mayorista, 2000d, p. 5). Cada contrato tiene su propio procedimiento y requisitos que tienen la obligación los participantes en cumplirlo, todo bajo de la supervisión de AMM.

#### **7.1.4.2. Mercado de oportunidad de energía**

Se basa en un mercado a corto plazo donde se puede vender o comprar energía de los excedentes o faltantes entre los participantes cada hora. Uno de los factores muy importantes para este tipo de mercado son los costos variables de generación para cada generador por ello se llama también mercado de costos. En un informe final EIRE define el MOE a base de un análisis de diferentes mercados eléctricos y lo destaca como “las transacciones de oportunidad de energía eléctrica, con un precio establecido en forma horaria, o el precio que defina la Comisión, en caso de que la misma considere necesario reducir éste” (Escuela Iberoamericana de Regulación Eléctrica, 2020, p. 25).

#### **7.1.5. Política energética de Guatemala**

La política energética trata en desarrollar todos los sectores eléctricos como las áreas residenciales, transporte, industriales, comercio y así poder impulsar estrategias en el mercado para su eficaz y eficiente manejo de la energía eléctrica. Desde el año 2010 el MEM ha impulsado proyectos por medio de AG que protegerán los recursos naturales basado en escenarios, así como aprovechar la capacidad energética del país.

Una de las perspectivas que se ha mencionado dentro de la política es “tener un sistema energético fortalecido para afrontar los retos de sostenibilidad y competitividad para alcanzar el desarrollo económico y social que el país tanto

requiere” (Ministerio de Energía y Minas, 2013, p. 44). No obstante, la eficiencia del abastecimiento de electricidad mide la evolución del mercado nacional.

#### **7.1.5.1. Matriz energética de Guatemala**

Es una manera de representar el tipo de tecnología, producción, consumo de los tipos de generación que existe en el país. La matriz energética de Guatemala se ha diversificado en diferentes tipos de tecnología durante los últimos 15 años dando auge a la generación fotovoltaica, eólica, cogeneradores, ha sido un cambio positivo para la oferta de generación de Guatemala para poder abastecer la demanda creciente cada año. Los datos durante el año 2021 de AMM nos indica que el 45.25 % de energía ha sido de origen hidráulico y sumando todos los tipos de tecnología se hace un total de producción de energía para el año 2021 de 13,172.54 GWh (Administrador del Mercado Mayorista, 2021).

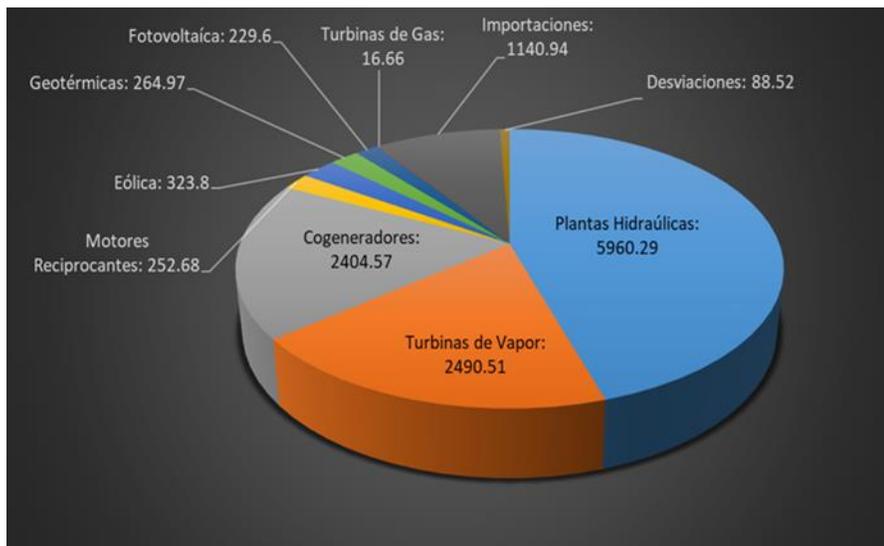
#### **7.1.5.2. Generación eléctrica de Guatemala**

El desarrollo de la versatilidad en la generación del país hace una sólida y eficaz matriz energética con reforzamiento renovable, por ello ha sido un apoyo para suplir la demanda gradual energética del país, simultáneamente realiza operaciones en el MER. En los planes a futuro de la generación eléctrica del 2020-2050 se promueve una generación a futuro aprovechable del recurso hídrico, geotérmico y eólico, a base de estudios previos, esto se utilizará de manera inmejorable a fin de beneficiar al país, así poder optar a precios más bajos para dejar la vinculación de la energía no renovable (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

Para agosto 2022 se tiene una capacidad de 3,382.1546 MW.

A continuación, se describe los porcentajes de cada tipo de generación que cubre el territorio nacional hasta el año 2021:

Figura 3. **Matriz energética de Guatemala durante el año 2021 en GWh**



Fuente: elaboración propia con los datos de AMM (2021). *Informe estadístico.*

### 7.1.5.3. Política hidrológica de Guatemala

Las sequías prolongadas, la contaminación del agua, ríos secos ha sido una dificultad para Guatemala, por ello se creó la política marco para la gestión integrada del recurso hídrico que protege el mal uso del agua asimismo ayuda a fortalecer nuevos procedimientos para la protección del agua. Dentro del marco se mencionó evaluaciones para el recurso hídrico para tener un mejor monitoreo que podemos mencionar la “transparencia y libre acceso a la información en materia del recurso hídrico, seguimiento de las estrategias de la política, gestión

integral del recurso hídrico con participación ciudadana, desarrollo económico” (MARN, 2015, p. 60).

## **7.2. Mercado eléctrico regional**

El Reglamento del MER define dicho mercado como “un mercado mayorista de electricidad a nivel regional cuya organización y funcionamiento se basan en la realización de transacciones comerciales de electricidad mediante intercambios de oportunidad producto de un despacho económico regional y mediante contratos entre los agentes del mercado” (Comisión Regional de Interconexión Eléctrica, 2020, p. 25). Se realizan transacciones entre los agentes por medio de la Interconexión de la línea SIEPAC a base de mercados de contratos y por medio del mercado regional de oportunidad, con la finalidad de satisfacer las necesidades de cada país en adquirir energía de mínimo costo.

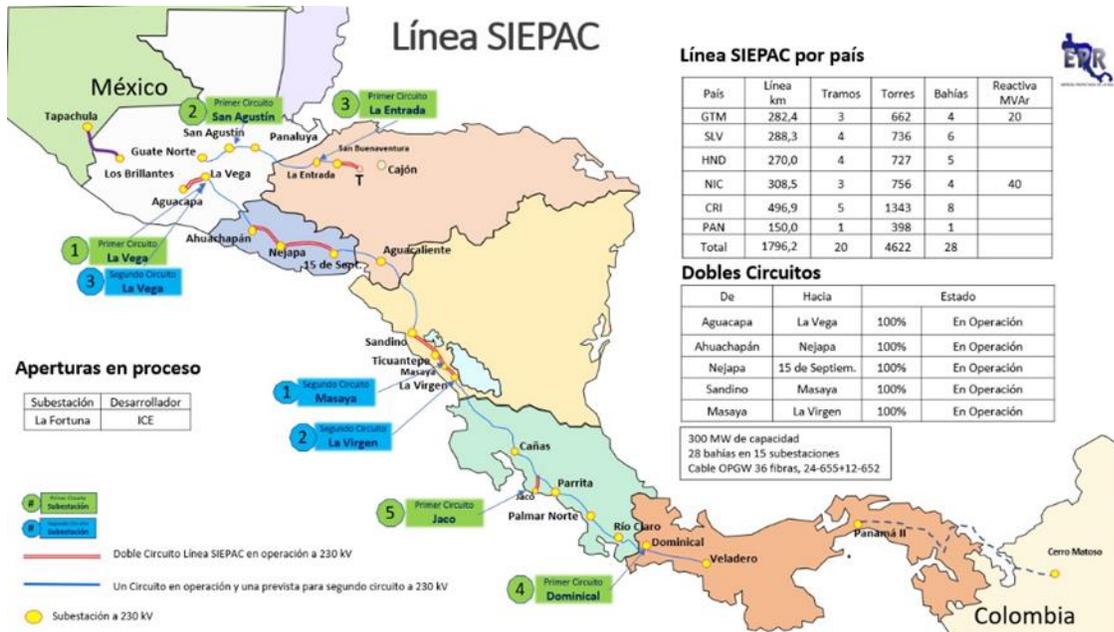
### **7.2.1. Historia del mercado eléctrico regional**

Con la iniciativa de desarrollar, fortalecer, y consolidar los mercados eléctricos centroamericanos se adoptó por un Tratado Marco con la finalidad de potenciar los mercados en el intercambio de energía sobrante o faltante entre los partícipes de C.A, también se aceptó dos protocolos para mejorar el reglamento de contratos y de mercado de oportunidad. Se ha visto el crecimiento y el aumento de transacciones entre los participantes, infraestructuras nuevas.

Tiene como propósito el tratado “la formación y crecimiento gradual de un Mercado Eléctrico regional competitivo, en adelante denominado el Mercado, basado en el trato recíproco y no discriminatorio, que contribuya al desarrollo sostenible de la región dentro de un marco de respeto” (Comisión Regional de Interconexión Eléctrica, 2014, p. 5). Posteriormente analizamos los tramos,

torres, bahías, distancias de la línea de transmisión que tiene la línea SIEPAC para las operaciones del MER.

Figura 4. Transmisión regional-línea SIEPAC



Fuente: Empresa Propietaria de la Red (2022). *Aperturas de la línea SIEPAC*. Consultado el 15 de septiembre de 2022. Recuperado de <https://www.eprsiepac.com/contenido/aperturas/>

### 7.2.2. Estructura del mercado eléctrico regional

Lo constituyen los seis gobiernos de C.A. con el interés de formar el CDMER, por lo consiguiente tiene como principal función hacer cumplir con lo determinado por el segundo protocolo del Tratado del MER, así como coordinar las actividades de las diferentes entidades del MER.

En el desarrollo de la CRIE lo integra el regulador nacional de cada país y se define como “el ente regulador y normativo del Mercado Eléctrico Regional,

con personalidad jurídica propia, capacidad de derecho público internacional, independencia económica, independencia funcional y especialidad técnica, que realizará sus funciones con imparcialidad, y transparencia” (Comisión Regional de Interconexión Eléctrica, 2014, p. 8).

Dentro de sus funciones consiste en regular el mercado regional, garantizar la competencia dentro del mercado, aprobar tarifas e imponer sanciones por cualquier anomalía en el sistema.

También se formó el EOR para los procedimientos de operación del mercado regional, gestión comercial de transacciones dentro del mercado, realizar el plan de expansión del mercado como asegurar la confiabilidad del sistema (Comisión Regional de Interconexión Eléctrica, 2014).

### **7.2.3. Marco regulatorio del MER**

El MER se rige por ciertos reglamentos para operar, guiar y emplear el mercado internacional de C.A por medio de intercambio compra o venta de energía, sin discriminación, para fortalecer los mercados de cada país centroamericano como promover el desarrollo energético. El Tratado Marco de C.A tiene la intención de que “el mercado debe evolucionar gradualmente de una situación inicial limitada hacia una más amplia, abierta competitiva, apoyado en la infraestructura existente y futura, tanto nacional como regional” (Comisión Regional de Interconexión Eléctrica, 2014, p. 6).

El RMER tiene como fin “beneficiar a los habitantes de los países miembros mediante el abastecimiento económico y oportuno de electricidad y la creación de las condiciones necesarias que propicien una mayor confiabilidad, calidad y

seguridad en el suministro de energía eléctrica en la región” (Comisión Regional de Interconexión Eléctrica, 2020, p. 25).

#### **7.2.4. Mercado de oportunidad regional**

La importancia de la creación del MOR consiste principalmente cuando un país miembro tiene indisponibilidades de generación para abastecer su demanda nacional, embalses sin agua en la hidroeléctricas, precios altos de combustibles en la generación térmicas y sus costos marginales se elevan demasiado y hace que los precios de electricidad se eleven, en este tipo de mercado cada país puede importar o exportar energía de mínimo costo con transacciones a corto plazo en cada hora. Una de las variables indicadoras para exportar o importar energía es el POE nacional. (Comisión Regional de Interconexión Eléctrica, 2020).

##### **7.2.4.1. Transacciones en el MOR**

Se plantean a partir de la inyección o retiro de ofertas en la banda horaria, que realizan entre los partícipes con los sobrantes o faltantes de energía dentro del MER, como lo puntualiza la RMER “son producto de un predespacho regional y de la operación en tiempo real y son las que posibilitan la optimización del despacho regional” (Comisión Regional de Interconexión Eléctrica, 2020, p. 26).

Se puede dar en dos modelos de las que podemos mencionar las transacciones de oportunidad programadas (TOP) se efectúa la transacción un día antes de la operación, valorando los precios ex ante, por su parte las transacciones producto de las desviaciones en tiempo real se ejerce la transacción en cada hora en el MER.

### **7.2.5. Mercado de contratos regionales**

Se especifica el MCR dentro del Reglamento del MER como “el conjunto de contratos regionales de inyección y retiro de energía eléctrica en el MER celebrados entre participantes junto con las reglas para su administración y despacho a nivel regional” (Comisión Regional de Interconexión Eléctrica, 2020, p. 15). Dentro de las restricciones que tienen dichos contratos es que solo se pueden realizar por participantes de los diferentes países miembro. Estos contratos son operados en el despacho a nivel regional por el EOR y regulados por la CRIE.

Los contratos regionales son libremente realizados por los participantes regionales, solo deben de seguir las condiciones del reglamento con la obligación que las partes interesadas estén seguras de cumplir con el contrato para evitar sanciones o suspensiones dentro del EOR.

#### **7.2.5.1. Tipos de contratos regionales**

Dentro del MER se encuentra tres tipos de contratos regionales que se pueden destacar los contratos firmes, contratos no firmes financieros y contratos no firmes flexibles cada uno tiene sus características propias, para que los participantes sean libres y pacte el contrato según la necesidad del mercado o requerimientos necesarios dentro del mercado nacional.

Los CF se enfatiza según el RMER “como un contrato que da prioridad de suministro de la energía contratada a la parte compradora, debe tener asociado Derechos de Transmisión entre los nodos de inyección y retiro” (Comisión Regional de Interconexión Eléctrica, 2020, p. 7).

Por exigencia el vendedor debe contener completa la energía firme para cumplir con el contrato y evitar suspensiones.

El AMM deberá tener el registro de cada contrato. Los CFF según la NCC-10 “Son contratos con un precio pactado por las partes, que no contemplan la obligación del suministro de energía eléctrica asociada a una unidad generadora, y que están supeditados al Despacho Económico” (Administrador del Mercado Mayorista, 2000c, p. 3).

El desarrollo de los CNFF conlleva “la entrega o recepción de la energía contratada, afecta el predespacho de energía, puede tener asociadas ofertas de pago máximo por Cargos Variables de Transmisión y ofertas de flexibilidad asociados a la entrega de la energía comprometida en el contrato” (Comisión Regional de Interconexión Eléctrica, 2020, p. 7).

#### **7.2.6. Historia de transacciones entre Guatemala y el MER**

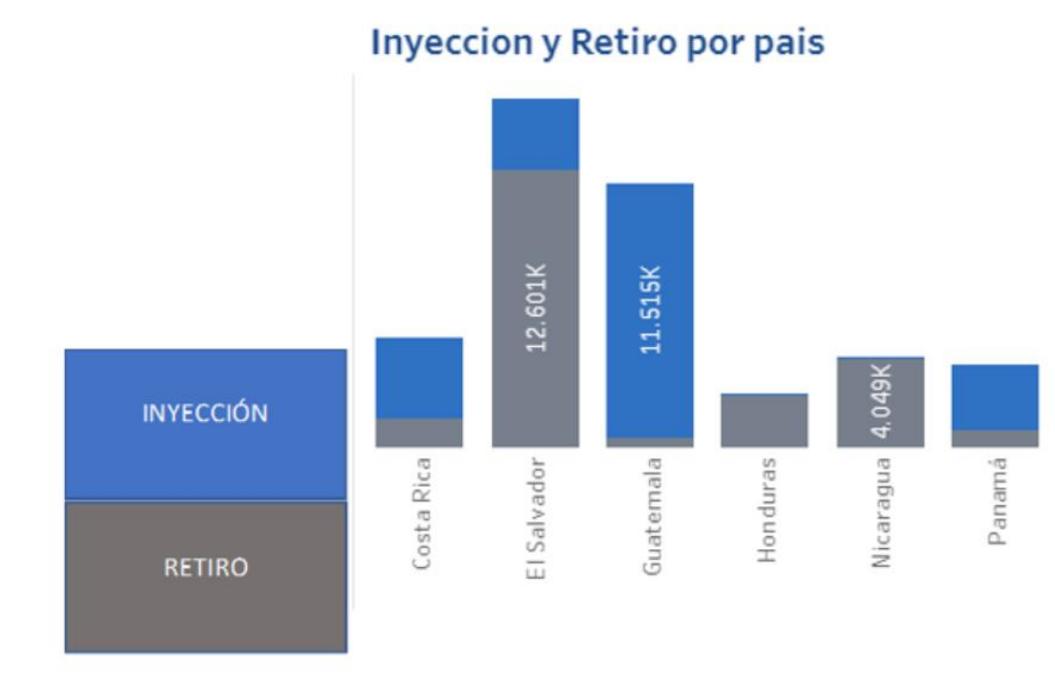
Desde el año 2013 Guatemala ha sido el país que más ha realizado inyecciones de energía a través de transacciones por medio de contratos regionales y mercado de oportunidad regional. Se ha beneficiado en vender los excedentes de energía que ha tenido en los diferentes participantes generadores con los participantes miembros del MER. A pesar de las limitaciones que ha tenido Guatemala en exportar energía por temas de seguridad en las líneas, ha aumentado las transacciones dentro del mercado regional (Comisión Regional de Interconexión Eléctrica , 2022).

En los últimos cuatro años Guatemala también se ha beneficiado de la energía excedente de mínimo costo que brinda el MER principalmente de los países que han desarrollado infraestructura y adhesión de energías renovables

para adquirir generación con CVG bajos, estos costos varían *spot* (Administrador del Mercado Mayorista, 2021).

En seguida visualizamos una imagen del número de transacciones que ha realizado cada país desde el 2013 y de la misma manera se demuestra que Guatemala es el que más inyecta energía en el MER.

Figura 5. **Historial de transacciones internacionales de energía por cada país de C.A 2013-2022**



Fuente: Comisión regional de Interconexión Eléctrica (2022). *Tendencia de transacciones del MER*. Consultado el 18 de septiembre de 2022. Recuperado de <https://crie.org.gt/mer/>

### **7.3. Precio de oportunidad de energía o *spot***

Se desarrolla en un ámbito de mercado de corto período que modifica su precio en las diferentes etapas de la banda horaria basado en transacciones de venta-compra de energía sucesivamente en una determinada hora. Según la Norma NCC-4 define el POE como un “valor del costo marginal de corto plazo de la energía en cada hora, definido como el costo en que incurre el Sistema Eléctrico para suministrar un kilovatio-hora (kWh) adicional de energía a un determinado nivel de demanda de potencia” (Administrador del Mercado Mayorista, 2000b, p. 1).

El último generador que es despachado en dicha hora es el que impone los precios en el mercado del POE, una de las razones de la existencia de dicho mercado es la necesidad de los participantes de comercializar sus faltantes como también sus sobrantes de energía, para ello se debe efectuar con lo acordado en los contratos y poder adquirir energía de bajo costo.

Es también llamado un mercado de costos ya que va a depender de los CVG de los generadores para los precios de energía; por ello en la banda horario el precio final es variable en las diferentes horas y es operado en un despacho económico por el AMM sin fines de lucro. Todo el cálculo para el despacho del precio de oportunidad lo indica la NCC-4 y todas las variables cuantitativas que son dependientes de dicho precio. El precio *spot* ha tenido una baja considerable en los últimos años como lo podemos observar en la siguiente imagen.

Desde luego se puede examinar y comparar en la posterior figura como cambia drásticamente el precio *spot* de los últimos cuatro años:

Figura 6. Comportamiento del precio spot del año 2016-2020



Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2022). *Precio SPOT promedio mensual por banda horaria 2016-2020*. Consultado el 1 de octubre de 2022. Recuperado de [https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Docs/Informe%20estad%20C3%ADstico%20GVP%20final%20\(1\).pdf](https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Docs/Informe%20estad%20C3%ADstico%20GVP%20final%20(1).pdf)

### 7.3.1. Teoría marginalista

El principio básico de la teoría marginalista establece “que la cantidad óptima de una actividad es aquella cantidad a la que el beneficio marginal es igual a su costo marginal” (Krugman, Wells y Graddy, 2013). Entre sus principales productos está la energía eléctrica y la potencia dentro del mercado eléctrico, sus precios se rigen por sus costos marginales que lo define el último generador.

El mercado *spot* de Guatemala utiliza este modelo marginalista en sus transacciones a corto plazo referenciado al último generador que cumple y

contribuye con la totalidad de la demanda en esa hora, la NCC-4 define dicho generador marginal como la última unidad “que tiene máximo costo variable de las unidades generadoras y es la que establece el Precio de Oportunidad de la Energía de una hora” (Administrador del Mercado Mayorista, 2000b, p. 2).

### **7.3.2. Norma de coordinación comercial No.4: precio de oportunidad de energía**

Las normas de coordinación comercial describen todas las reglas, principios, tipos de mercado, transacciones, y procedimientos dentro del Mercado Mayorista; para todos los generadores, transportistas, comercializadores, distribuidores y grandes usuarios que conforman el mercado eléctrico. Establece en forma estricta los cálculos para facturación, liquidación, peaje, pérdidas en su red de potencia, considerando que todos los agentes regulados dentro del subsector eléctrico se deben regir por las quince normas que son descritas por el AMM.

En desarrollo de la NCC-4 indica que los precios para el establecimiento del POE se “deberá calcular los costos variables de generación de los participantes productores, resultantes de aplicar la metodología de cálculo de los costos variables de generación declarada por los agentes” (Administrador del Mercado Mayorista, 2000b, p. 8).

También existen riesgos como lo describe Dammert, Fiorella y Carbajal (2011) “que los precios spot del sistema pueden ser diferentes entre los puntos de inyección y retiro, se puede ver que los generadores asumen un riesgo adicional derivado de potenciales problemas de congestión en la operación en tiempo real del sistema” (p. 127).

### **7.3.3. Costos variables de generación**

Es un indicador para la operación y funcionamiento de un generador que se basa por los costos variables o situaciones inesperadas internacionales de los combustibles, operación, mantenimiento al tener presente que dichos costos se convierten en marginales en el POE. Según las especificaciones y artículos normados dentro del Mercado Mayorista se va a basar en estos costos para realizar la lista de mérito y despachar la energía cada hora según la capacidad que requieran los participantes.

El costo variable también tiene sus propias características diferentes en las unidades generadoras, se define como “el costo variable promedio generalmente disminuye a medida que aumenta la producción del generador, pero puede comenzar a aumentar nuevamente a medida que la producción del generador se acerca al nivel operativo máximo” (Biggar y Reza, 2014).

#### **7.3.3.1. Costo marginal**

Es el costo final del último generador que se despacha a base de sus costos variables, potencia máxima y capacidad de potencia teórica por consiguiente para suplir la demanda y lo coordina el AMM. Se debe monitorear las ofertas de los generadores cada hora porque también el costo marginal puede cambiar por las restricciones que puedan tener los generadores en su producción o su capacidad de generar energía.

La NCC-4 define este costo como el “máximo costo variable de las unidades generadoras, en el nodo de Referencia, que fueron convocadas por el despacho económico y resultaron operando en función de su costo variable de acuerdo con

el resultado del despacho diario” (Administrador del Mercado Mayorista, 2000b, p. 2).

Una de las principales variables que impone el costo marginal es la demanda del sistema eléctrico a corto plazo, donde “se puede determinar qué tecnologías se encuentran en operación, cuál de ellas margina, así como el costo marginal del sistema” (Dammert, Fiorella y Carbajal, 2011). Se despachan los generadores por medio de sus costos variables de generación en la que los generadores renovables utilizan los costos más baratos ya que no utilizan combustibles, en cada hora puede variar el costo marginal.

#### **7.3.3.2. Costo operativo**

Es el costo que se utiliza en cada generador para su debido funcionamiento y poder generar su capacidad de potencia para poder brindar la energía necesaria para el despacho económico. Se genera también el tiempo de funcionamiento del generador ya que se necesita personal, recursos para la producción de energía.

En la clasificación de los costos fijos dentro del mercado eléctrico están los costos operativos, el alquiler del lugar donde se ubican los terrenos, el costo de los operadores que manipulan las centrales eléctricas, la administración de cada central (Biggar y Reza, 2014). Estos costos pueden tomar solo un valor que puede ser financiado en el plazo de la vida útil del generador y estos costos son independientes de los costos que influyen en la producción.

#### **7.3.4. Lista de mérito**

En la norma NCC-8 decreta que “cada semana el AMM establecerá una lista de mérito, la cual establece el criterio para la asignación y remuneración del servicio de manera ascendente conforme al factor de ponderación de las ofertas de prestación del servicio” (Administrador del Mercado Mayorista, 2001b, p. 26). Esta lista es valorada prospectivamente para decidir los pagos que se debe ejecutar para cada generador, con el propósito de tener una coordinación eficiente.

Se desea reducir el costo límite marginal, el AMM cuenta con una lista de mérito, utilizada para despachar el conjunto de generadores a base de su oferta que se requirieran concorde a la demanda. En la lista de mérito se da prioridad a los generadores que funcionan a base de energía renovable ya que no generan CVG altos debido a que no utilizan ninguna clase de combustibles, luego a las unidades generadoras térmicas que depende de los costos variables de combustibles además de su periodicidad de mantenimientos que utilizan convocados conforme al costo marginal.

#### **7.3.5. Demanda y oferta firme**

Se denomina demanda a la capacidad eléctrica total por los consumidores de Guatemala, que incluye todos los sectores del área urbana y rural, la demanda eléctrica se realiza por medio de proyecciones y en función del historial de las diferentes capacidades de potencia de las instalaciones. Se puede definir cinco clases de demandas en el mercado mayorista guatemalteco la demanda firme, demanda proyectada, demanda firme efectiva, demanda interrumpible y la demanda máxima.

Como lo menciona la RAMM la demanda firme “es la demanda de potencia calculada por el Administrador del Mercado Mayorista, que debe ser contratada por cada distribuidor o gran usuario, en el año estacional correspondiente” (Acuerdo Gubernativo Número 299-98, 1998, p. 2).

El gran usuario por medio de las proyecciones del mercado mayorista debe contratar la potencia mínima por medio de la demanda firme. Según Stoft (2002) explica que se “requiere una demanda regulatoria para una combinación de energía en tiempo real, reservas operativas y capacidad instalada, y esta demanda debe estar respaldada por una política reguladora de precios” (p. 108).

La oferta firme la controla cada generador por medio de su producción, depende de la capacidad instalada y capacidad efectiva para formar la oferta firme total en el mercado mayorista. La NCC-2 define la oferta firme como “máxima potencia neta capaz de producir, en función de sus características técnicas, su potencia máxima y disponibilidad, teniendo en cuenta las restricciones propias de la central o de su sistema de transmisión asociado” (Administrador del Mercado Mayorista, 2001a, p. 1).

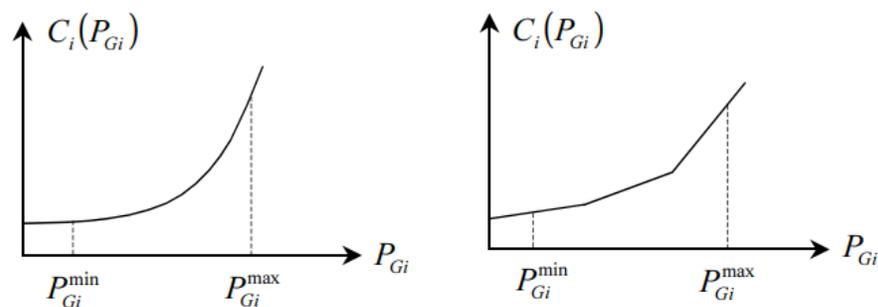
### **7.3.6. Despacho económico**

El despacho económico se apoya por reglas económicas que influyen en el sistema eléctrico, donde los generadores ofrecen su energía en un instante dado o en una banda horaria definida para cumplir con la demanda impuesta por el mercado eléctrico. Los generadores para producir energía eléctrica necesitan algunos costos para cumplir con su oferta de generación, que se basa en sus costos variables de generación que está incluido los costos de producción, precios de combustibles, precios de mantenimiento de los generadores. Los

costos serán directamente proporcionales a la potencia del generador (Nuñez, 2013).

Para un despacho económico tiene como función principal “en repartir la demanda total del sistema entre los generadores disponibles, de forma que el coste total de generación sea el mínimo posible. El coste de generación es variable debido a que las centrales convierten combustible” (Gómez, 2002, p. 262).

Figura 7. **Curvas convexas de costes de generación, continua y lineal a tramos**



Fuente: Gómez (2002). *Análisis y operación de sistemas de energía*. Consultado el 5 de octubre de 2022. Recuperado de [http://departamento.us.es/ielectrica/wp-content/uploads/2021/08/Analisis-y-operacion-de-SEE\\_2010.pdf](http://departamento.us.es/ielectrica/wp-content/uploads/2021/08/Analisis-y-operacion-de-SEE_2010.pdf)



## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Estudios previos (recientes)

1.2 Antecedentes

### 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Mercado eléctrico de Guatemala

2.1.1. Estructura y marco Institucional

2.1.1.1. Ministerio de energía y minas

2.1.1.2. Comisión nacional de energía eléctrica

2.1.1.3. Administrador del mercado mayorista

2.1.2. Marco regulatorio de Guatemala

2.1.2.1. Ley general de electricidad

2.1.2.2. Reglamento de la ley general de electricidad

- 2.1.2.3. Reglamento del administrador del mercado mayorista
- 2.1.3. Agentes del mercado mayorista
  - 2.1.3.1. Generadores
  - 2.1.3.2. Transportistas
  - 2.1.3.3. Comercializadores
  - 2.1.3.4. Distribuidores
- 2.1.4. Tipos de mercados eléctricos
  - 2.1.4.1. Mercado a término
  - 2.1.4.2. Mercado de oportunidad de energía
- 2.1.5. Política Energética de Guatemala
  - 2.1.5.1. Matriz energética de Guatemala
  - 2.1.5.2. Generación eléctrica de Guatemala
  - 2.1.5.3. Política hidrológica de Guatemala
- 2.2. Mercado Eléctrico Regional
  - 2.2.1. Historia del mercado eléctrico regional
  - 2.2.2. Estructura del mercado eléctrico regional
  - 2.2.3. Marco regulatorio del MER
  - 2.2.4. Mercado de oportunidad regional
    - 2.2.4.1. Transacciones en el MOR
  - 2.2.5. Mercado de contratos regionales
    - 2.2.5.1. Tipos de contratos regionales
  - 2.2.6. Historia de transacciones entre Guatemala y el MER
- 2.3. Precio de oportunidad de energía o *spot*
  - 2.3.1. Teoría marginalista
  - 2.3.2. Norma de coordinación comercial No. 4: precio de oportunidad de energía
  - 2.3.3. Costos variables de generación
    - 2.3.3.1. Costo marginal

2.3.3.2. Costo operativo

2.3.4. Lista de mérito

2.3.5. Demanda y oferta firme

2.3.6. Despacho económico

### 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Características del estudio

3.1.1. Diseño

3.1.2. Enfoque

3.1.3. Alcance

3.1.4. Unidad de análisis

#### 3.2. Variables

#### 3.3. Fases del desarrollo de la investigación

3.3.1. Fase 1

3.3.2. Fase 2

3.3.3. Fase 3

3.3.4. Fase 4

#### 3.4. Técnicas de análisis de información

### 4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS



## **9. METODOLOGÍA**

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo con base a la metodología para realizar el estudio del impacto económico en el precio *spot* del Mercado Mayorista de Guatemala donde se describe las características del estudio, las fases de estudio y a dónde queremos llevar el enfoque de nuestro estudio. Se debe destacar todas las variables cuantitativas o cualitativas que podemos analizar para cumplir con todas las fases del estudio.

### **9.1. Características de estudio**

A continuación, se describen las características del estudio:

#### **9.1.1. Enfoque del estudio**

El enfoque de la investigación es mixto, ya que este se basará en un análisis económico a base de todos los datos analizados y medibles cuantitativamente, así como todas las transacciones de importación de energía que se tuvo en dos años para demostrar con precios y costos la validez de dicho análisis con gráficas. El enfoque también es cualitativo porque se describen todas las características y beneficios que pueda llegar a tener el mercado mayorista guatemalteco.

#### **9.1.2. Alcance de estudio**

La presente investigación se define de manera descriptiva dado que nuestro objetivo principal es el impacto económico en el precio *spot* debido a la energía

importada del mercado eléctrico regional, se centrará en recopilar todos los datos de las transacciones de importación de energía a base de los contratos regionales y el mercado de oportunidad regional de los diferentes participantes del mercado eléctrico guatemalteco, de manera exploratoria se analizará todos los datos de importaciones de energía en el precio *spot* del mercado mayorista ya que no se tiene información o trabajos previos con los datos analizados a profundidad y se describe todos los beneficios que pueda llegar a tener el mercado mayorista con transacciones en el MER.

### **9.1.3. Diseño del estudio**

Se enfocará con un diseño no experimental, debido a que no se puede modificar o cambiar ningún dato del despacho económico diario que nos brinda el Administrador del Mercado Mayorista, tampoco se puede cambiar las variables dependientes e independientes de los precios del mercado *spot* de Guatemala. Así mismo en el diseño se tomarán los valores y datos de importaciones de energía desde el MER de dos años para tener una mejor certeza en los resultados.

## **9.2. Unidad de análisis**

Análogamente el análisis tiene como lugar el Mercado Mayorista de Guatemala a través de las transacciones de importación de energía con el MER, precio *spot* en el mercado de Guatemala, demanda y oferta de energía. De las cuales se tomaron muestras de datos de dos años según el día despachado de las cuales serán analizados y estudiados dentro del Mercado Mayorista de Guatemala.

### 9.3. Variables

Las variables utilizadas en este estudio se describen a continuación en base a las siguiente preguntas:

- ¿Cuánta energía importó Guatemala durante el período 2021-2022 desde el mercado eléctrico regional?

Tabla I. **Clasificación de variables No. 1**

<b>Variable</b>	<b>Definición teórica</b>	<b>Definición operativa</b>
<b>Contratos regionales</b>	Es un conjunto de contratos regionales de inyección y retiros entre dos países que conforman el MER.	Número de transacciones internacionales por medio de contratos firmes y contratos no firmes físicos flexibles. nominal.
<b>Precio de oportunidad de energía regional</b>	Es el costo de la energía a corto plazo establecido por los agentes generadores que conforman el Mercado Eléctrico Regional.	Dólares por megavatio hora (USD / MWh)
<b>Porcentaje de variabilidad del precio ex ante del MER y el precio spot de Guatemala</b>	Es el porcentaje para realizar la comparación entre los dos mercados a corto plazo para analizar y verificar las condiciones económicas equivalentes al Mercado Mayorista Guatemalteco.	Se puede analizar por medio de gráficas y datos durante los períodos 2021-2022. El indicador se da por medio de (%) porcentaje.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- ¿Cómo se beneficia el mercado eléctrico de Guatemala por la energía de mínimo costo de operación importada de Centroamérica?

Tabla II. **Clasificación de variables No. 2**

<b>Variable</b>	<b>Definición teórica</b>	<b>Definición operativa</b>
<b>Demanda</b>	Es la potencia del SNI, registrada por el Administrador del Mercado Mayorista durante el año calendario, la demanda se puede clasificar en demanda firme, máxima e interrumpible.	Megavatio (MW).
<b>Oferta</b>	Es la potencia que se puede producir y que está garantizada para abastecer la demanda eléctrica del país en los sectores industriales y residenciales.	Megavatio (MW).
<b>Energía</b>	La capacidad de un cuerpo o sistema para producir transformaciones, con independencia de que éstas se produzcan o no. Es la potencia consumida por hora.	Megavatio hora (MWh).
<b>Potencia</b>	Indica la cantidad de energía eléctrica transferida de una fuente generadora a un elemento consumidor por unidad de tiempo. Se puede medir por medio de potencia contratada, firme y máxima.	Megavatio (MW).
<b>Banda horaria</b>	La banda horaria la conforman las 24 horas del día y se divide en periodos del día donde hay más demanda a nivel del sistema eléctrico y varía los precios en el horario donde hay menos demanda.	Horas (h).
<b>Cargos variables de transmisión regional</b>	Es la remuneración por la disponibilidad y uso de las redes regionales que serán cubiertas por los agentes del mercado de acuerdo con la metodología de la CRIE.	Dólares (USD)

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- ¿Cuál es el impacto de la importación de energía del MER en períodos donde el precio de oportunidad de energía es elevado en Guatemala?

Tabla III. **Clasificación de variables No. 3**

<b>Variable</b>	<b>Definición teórica</b>	<b>Definición operativa</b>
<b>Precio de oportunidad de energía o spot</b>	Es el costo de la energía a corto plazo establecido por el agente generador que margina en el sistema eléctrico.	Dólares por megavatio hora (USD / MWh)
<b>Costo variable de generación</b>	Es un indicador para la función y funcionamiento de un generador que se basa en los costos de los combustibles	Dólares por megavatio hora (USD / MWh)
<b>Porcentaje de generación por tipo de tecnología</b>	Es la disponibilidad de oferta de generación que conforma la matriz energética de Guatemala o lo que es llamado capacidad instalada.	Megavatio (MW) o porcentaje de disponibilidad (%)
<b>Costo marginal</b>	Es el costo en que incurre el sistema eléctrico para suministrar un kilovatio-hora (kWh) adicional de energía a un determinado nivel de demanda de potencia y considerando el parque de generación y transmisión efectivamente disponible.	Dólares por Megavatio hora (USD / MWh)
<b>Costo de producción</b>	Es el costo total del despacho económico para suplir la demanda o la curva de carga de Guatemala.	Dólares (USD)

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

#### 9.4. Fases de estudio

A continuación, se detallan las fases del desarrollo de la investigación.

#### **9.4.1. Fase 1: exploración bibliográfica**

En esta fase se realizará la búsqueda, consulta y revisión sobre el tema de investigación a base de libros, informes, artículos científicos y normas nacionales o internacionales para determinar el enfoque e información necesaria de los procedimientos que se utilizan en las importaciones de energía entre Guatemala y el MER. También se hizo una revisión de literatura necesaria que se utilizaron como fundamento para la realización de nuestros antecedentes y nuestro marco teórico, así como para sustentar nuestro panorama del problema y la manera de precisar las variables.

#### **9.4.2. Fase 2: gestión o recolección de la información**

Debido a la información bibliográfica clasificada, revisada y estudiada se procede a gestionar toda la información necesaria para las bases de nuestro tema para ello se tomaron en cuenta dos Normas de Coordinación Comercial que son la NCC-10 y la NCC-4 respaldada con las bases que se debe tener para el despacho de carga en el mercado mayorista. Se debe tomar en cuenta la recolección de información del marco teórico de la investigación, para tener una perspectiva de lo que es un mercado mayorista, cuál es su propósito, quienes lo conforman y los procedimientos que se debe tener para las transacciones tanto nacionales e internacionales.

Se debe tomar en cuenta todos los datos de transacciones de importación de energía tanto en el precio de oportunidad regional y contratos regionales recopilados del período 2021-2022 serán solamente en los períodos en donde el recurso hídrico es escaso y el precio *spot* del Mercado Mayorista de Guatemala es elevado, se realizará por medio de requerimientos de información pública del

Administrador del Mercado Mayorista y las transacciones de importación de energía que realiza Guatemala desde el MER publicada por la CRIE.

Con todas las bases anteriores establecidas mediante la información recopilada y validadas por la información pública, podemos estructurar nuestro análisis de la metodología mediante escenarios del precio de oportunidad de energía, costos variables de generación, variación de precios mediante la importación de energía.

#### **9.4.3. Fase 3: análisis de la información**

En la tercera fase se realizará las comparaciones necesarias de los datos obtenidos, cálculos para el despacho con los diferentes costos marginales y el procedimiento completo de una transacción de importación de energía desde el MER. Realizar una comparación a través de Excel del precio SPOT con la información pública del AMM de la variación que se tuvo con MER cuando Guatemala estuvo importando energía.

Se determinará las comparaciones entre el precio SPOT promedio diario programado de los días de importación de energía del período 2021-2022, con los costos variables de generación y poder visualizar mediante gráficas el aumento del costo marginal cuando el recurso hídrico disminuye.

#### **9.4.4. Fase 4: interpretación de información**

En un informe formal, propio y con las bases de esta investigación se debe tener las variaciones completas del precio de oportunidad de energía o *spot* del mercado mayorista durante el período 2021-2022, porcentajes de variación con el precio del MER en las diferentes curvas horarias, la disponibilidad de

generación que tiene Guatemala al disminuir el recurso hídrico, comparación de costos marginales del despacho de generación a base combustibles con los costos que tiene el MER y con las bases sólidas.

Debemos tener en cuenta la factibilidad técnica y comercialmente al importar electricidad proveniente del Sistema Eléctrico Regional a través de los beneficios definidos durante las fases de investigación, enumerar los riesgos de corto plazo para la estabilidad de precios en el mercado mayorista guatemalteco.

## **9.5. Resultados esperados**

Durante el análisis de cada fase de la investigación se busca obtener una serie de beneficios económicos en el precio *spot* que se puede dar de dos maneras ya sea cuantitativos como también cualitativos, mediante el análisis de las diferentes variables planteadas a lo largo del proceso del estudio.

Se espera tener una base completa de datos de todas las importaciones realizadas por los agentes dentro del período 2021-2022, para su respectivo análisis mediante las diferentes técnicas estadísticas a través de indicadores para poder alcanzar mejores resultados a la hora de la correlación de datos como también el intervalo de la confiabilidad de la base de datos.

Los resultados de la evaluación nos darán el comportamiento y la volatilidad del precio *spot* a través del coeficiente de variación al mismo tiempo la utilización de otras variables. También se debe de obtener un informe que describa todos los resultados encontrados. Por último, es necesario comprender los datos que AMM pública de las transacciones de importación de energía para interpretar los datos numéricos que disponemos, con el objetivo de obtener una clase de beneficios al mercado mayorista a través del mercado a corto plazo.

## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Basado a las características y el enfoque de la investigación para obtener los beneficios que brinda la importación de energía que realiza Guatemala a través del MER, se debe analizar todas las características que influye en el precio de oportunidad de energía o precio *spot* dentro del mercado mayorista, como base se utilizará proyecciones y técnicas estadísticas para la validez del estudio y que nos permitan establecer comparaciones con el mercado de corto plazo regional (MOR).

### 10.1. Herramientas estadísticas

- Recopilación de datos y análisis de datos: se da a partir de los datos históricos de las transacciones de importaciones de energía del período 2021-2022 que ha tenido Guatemala desde el MER a través de contratos regionales y del mercado de oportunidad regional obtenidos desde la página web de la CRIE. también se cuantificará con la ayuda de los datos históricos del Administrador de Mercado Mayorista las principales variables, de las cuales se puede mencionar el precio *spot*, la energía eléctrica importada, costos variables de generación y datos, todos los datos son de dominio público,
- Escenarios de proyección: se debe proyectar diferentes escenarios con factores cuantitativos directos e indirectos que afecta el precio *spot* para visualizar su comportamiento de acuerdo con nuestras variables definidas para poder analizar de cómo esto afecta o beneficia al mercado mayorista

en la marginalidad de costos. Se debe agregar gráficas para verificar la variabilidad del porcentaje del precio *spot* en los diferentes escenarios.

- Análisis de la volatilidad de precios en el mercado *spot*: se utilizará diferentes herramientas estadísticas, para obtener el comportamiento y la variabilidad de los precios del mercado mayorista, y que tan importante es importar energía cuando los precios suben drásticamente en el mercado a corto plazo de Guatemala basado a la afectación de los diferentes factores negativos; se debe tener en cuenta que se mide el comportamiento pasado del precio SPOT y no el futuro.
- Nivel o índice de confianza: mediante este índice de confianza se establecerá un intervalo superior e inferior de los precios *spot* por cada mes mediante los datos que nos brinda AMM, para poder establecer un límite adecuado y tener un factor indicador donde el mercado mayorista pueda decidir por la opción de aumentar las transacciones de importaciones y buscar la opción de regresar en el límite de confianza para mantener los precios estables en el mercado mayorista.
- Análisis costo/beneficio: se pretende utilizar el análisis costo/beneficio, para poder establecer los beneficios que se obtendrían por tener estable los precios *spot* en el mercado mayorista mediante los análisis anteriores.
- Programa BI: para analizar, verificar y con el fin de comprobar nuestros resultados de todas las variables de nuestra investigación, se utilizará el programa Power BI con la finalidad de ordenar y visualizar gráficamente el comportamiento de estos datos. Se debe considerar durante la investigación algún análisis adicional que sea necesario y que no esté

considerado en este documento se deberá de implementarlo para obtener mejores resultados en el estudio.



## 11. CRONOGRAMA

El siguiente cronograma se desarrollará en un periodo de ocho meses, con fecha de inicio en la primera semana de noviembre de 2022 y concluirá en la última semana de agosto de 2023 donde se analizará las diferentes etapas para realización de la investigación.

Tabla IV. Cronograma de actividades

Año		2022		2023					
Mes		Nov.	Dic.	En.	Febr.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.
Fases	Actividades								
<b>Fase I: Exploración Bibliográfica</b>	Revisión e investigación de la normas de coordinación comercial del AMM	■							
	Revisión de las normativas del marco regulatorio de Guatemala	■							
	Agregar nueva bibliografía necesaria para la complementación del tema	■	■						
<b>Fase II: Gestión o recolección de información</b>	Ordenar todos los datos de las transacciones de la importación de energía del período 2021-2022		■						
	Registro y almacenamiento de datos		■						
	Recopilación de las transacciones de importación de energía realizadas por Guatemala desde el MER		■						
<b>Fase III: Análisis de la información</b>	Desarrollo de escenarios y cálculo necesarios para interpretar la información recopilada			■	■				
	Análisis de la volatilidad de precios en el mercado SPOT y el nivel de confianza de dichos precios				■	■			
<b>Fase IV: Interpretación de la información</b>	Análisis estadístico de los datos y utilizar gráficas mediante las variables determinadas					■	■		
	Informe detallado de los beneficios de la importación de energía hacia el mercado SPOT guatemalteco						■	■	
<b>Fase Final</b>	Presentación y discusión de resultados							■	
	Redacción final y artículo científico								■
	Preparación de la predefensa tesis								■

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

De este modo el principal propósito del cronograma es ejecutar en orden las actividades por semana, para determinar un mayor control y orden en todos los datos para su observación. Se deberá cumplir con lo establecido para seguir avanzando dentro de las fases de la investigación.

## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para llevar a cabo dicha investigación se debe incurrir en ciertos costos para la realización, ejecución y factibilidad del estudio. Se debe contar con el financiamiento para la accesibilidad de los recursos necesarios para considerar factible el proceso de investigación, se pueden dividir en las siguientes categorías:

Inicialmente los recursos humanos estarán conformados por el investigador que será el estudiante de la Maestría en Gestión de Mercados Eléctricos Regulados, quien realizará todo el proceso de búsqueda, recolección y la ejecución de la investigación. El maestro asesor que dará todos sus conocimientos necesarios para aportar en la investigación. Del mismo modo el mobiliario y equipo se utilizará una computadora marca HP Gaming Pavilion para el desarrollo del proyecto y será la herramienta más esencial para el análisis de nuestro estudio. también se invertirá para la licencia del acceso a todo el paquete que nos brinda Microsoft Office

Asimismo, se detalla los servicios básicos para la ejecución del estudio dentro de ellos podemos mencionar la energía eléctrica es el servicio más significativo para el funcionamiento de nuestro equipo de cómputo, iluminación, aire acondicionado. también tendremos suministros secundarios como el pago de internet cada mes, pago de mantenimiento de nuestra computadora cada 3 meses para sus actualizaciones. Posteriormente se utilizará para la investigación recursos secundarios para todo el proceso de ejecución de los que podemos mencionar la resma de papel bond tamaño carta, tinta de marca comercial para los cartuchos de la impresora Epson.

Tabla V. **Factibilidad de la investigación**

<b>Tipo de recurso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>	<b>Financiación</b>
<b>Humano</b>	Honorario del asesor	Ad honorem	Ad honorem	Q. 0.00	Estudiante
<b>Humano</b>	Honorarios del estudiante	Q. 1,000.00	1 pago único	Q. 1,000.00	Ad honorem
<b>Mobiliario y equipo</b>	Equipo de cómputo	Q. 8000.00	1 unidad	Q. 8,000.00	Estudiante
<b>Mobiliario y equipo</b>	Software Microsoft Office	Q. 40.00	12 meses	Q. 480.00	Estudiante
<b>Mobiliario y equipo</b>	Teléfono	Q. 250.00	12 meses	Q. 3,000.00	Estudiante
<b>Mobiliario y equipo</b>	Impresora	Q. 1,200.00	1 unidad	Q. 1,200.00	Estudiante
<b>Papelería y útiles</b>	Resma de papel y cartucho de tinta	Q. 800.00	1 pago único	Q. 800.00	Estudiante
<b>Servicios básicos</b>	Energía eléctrica	Q. 250.00	12 meses	Q. 3,000.00	Estudiante
<b>Servicios básicos</b>	Internet y mantenimiento	Q. 239.00	12 meses	Q. 2,868.00	Estudiante
<b>Servicios básicos</b>	Transporte	Q. 90.00	12 meses	Q. 1,080.00	Estudiante
<b>Subtotal</b>				<b>Q. 21,428.00</b>	
<b>Imprevistos 10 %</b>				<b>Q. 2,142.08</b>	
<b>Total</b>				<b>Q. 23,570.08</b>	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

### 13. REFERENCIAS

1. Acuerdo Gubernativo Número 299-98. Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista. Diario de Centro América. Guatemala. 25 de mayo de 1998.
2. Administrador del Mercado Mayorista (2000a). *Norma de coordinación comercial No. 1 coordinación de despacho de carga. Resolución No. 157-01.* Guatemala: Autor.
3. Administrador del Mercado Mayorista (2000b). *Norma de coordinación comercial No. 4 precio de oportunidad de energía. Resolución No. 157-02.* Guatemala: Autor.
4. Administrador del Mercado Mayorista (2000c). *Norma de coordinación comercial No. 10 exportación e importación de energía eléctrica. Resolución 300-01.* Guatemala: Autor.
5. Administrador del Mercado Mayorista (2000d). *Norma de coordinación comercial No. 13 mercado a término. Resolución No. 157-10.* Guatemala: Autor.
6. Administrador del Mercado Mayorista (2001a). *Norma de coordinación comercial No.2 oferta y demanda firme. Resolución No. 216-01.* Guatemala: Autor.

7. Administrador del Mercado Mayorista (2001b). *Norma de coordinación comercial No.8 cargos por servicios complementarios. Resolución No. 216-04*. Guatemala: Autor.
8. Administrador del Mercado Mayorista (2020). *Mercado Eléctrico de Guatemala y Posibilidades de Inversión*. Guatemala: Autor. Recuperado de [https://www.amm.org.gt/portal/?wpfb\\_dl=610Gu%C3%ADa%20para%20inversiones%20mercado%20el%C3%A9ctrico%20de%20Guatemala%20-VF-\[4\]%20\(1\).pdf](https://www.amm.org.gt/portal/?wpfb_dl=610Gu%C3%ADa%20para%20inversiones%20mercado%20el%C3%A9ctrico%20de%20Guatemala%20-VF-[4]%20(1).pdf).
9. Administrador del Mercado Mayorista (2021). *Informe Estadístico 2021*. Guatemala: Autor.
10. Álvarez, F. (2010). *Determinar los retos y las oportunidades que ofrece el mercado eléctrico regional al mercado eléctrico de Guatemala* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5261/>.
11. Asociación Nacional de Generadores (2000). *La misión de la asociación nacional de generadores*. Guatemala: Autor. Recuperado de <https://ang.org.gt/>.
12. Biggar, D. y Reza, M. (2014). *La economía de los mercados eléctricos*. Estados Unidos: Wiley.
13. Castillo, I. (2013). *Análisis del mercado eléctrico regional de centroamérica y acciones para impulsar proyectos de generación*

*nacional*. México: CEPAL. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11362/26113>.

14. Centro de Investigaciones Económicas Nacionales. (2017). *Energía Eléctrica: ¿Quién le pone la cascable al gato?* Guatemala: CIEN.
15. Comisión de Energía Eléctrica. (2010). *Ley general de electricidad y su reglamento aplicada en fallos de la corte de constitucionalidad*. Guatemala: Autor. Recuperado de <https://www.cnee.gob.gt/pdf/marco-legal/LEY%20GENERAL%20DE%20ELECTRICIDAD%20Comentada.pdf>.
16. Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2021). *Informe estadístico de la gerencia de planificación y vigilancia de mercados eléctricos*. Guatemala: Autor.
17. Comisión Regional de Interconexión Eléctrica (2014). *Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central y sus dos protocolos*. El Salvador: Autor.
18. Comisión Regional de Interconexión Eléctrica (2020). *Reglamento de Mercado Eléctrico Regional*. Centro América: Autor.
19. Comisión Regional de Interconexión Eléctrica (2022). *Hechos relevantes mensuales del MER*. Centro América: Autor.
20. Corte de Constitucionalidad (2002). *Gaceta Jurisprudencial No. 64, expediente 360-2002, sentencia 05-06-2002*. Guatemala: Autor.

21. Dammert, A., Fiorella, M. y Carbajal, M. (2011). *Fundamentos técnicos y económicos del sector eléctrico peruano*. Lima: Osinergmin.
22. De la Cruz, J. (2006). *Bases para el diseño de los mercado eléctricos*. España: Revista del Derecho de las Telecomunicaciones e Infraestructuras de la Red.
23. Decreto 256-97. Reglamento de la Ley de Electricidad. Diario de Centro América. Guatemala. 21 de marzo de 1997.
24. Decreto 93-96. Ley General de Electricidad. Diario de Centro América. 15 de noviembre de 1996.
25. Echavarría, C. (8 de agosto, 2017). Desafíos y avances al desarrollo del mercado eléctrico regional [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://blogs.iadb.org/energia/es/desafios-y-avances-al-desarrollo-del-mercado-electrico-regional-mer/>
26. Echevarría, C., Jesurun-Clements, N., Mercado, J. y Trujillo, C. (2017). *Integración Eléctrica Centroamericana*. Washington, Estados Unidos: Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de <https://publications.iadb.org/es/integracion-electrica-centroamericana-genesis-beneficios-y-prospectiva-del-proyecto-siepac-sistema>.
27. Escuela Iberoamericana de Regulación Eléctrica. (2020). *Experiencias de Comercio Internacional de Energía Eléctrica en la Región: Exportación-Importación-Comercialización*. Montevideo, Uruguay: Comisión de Integración Energética Regional.

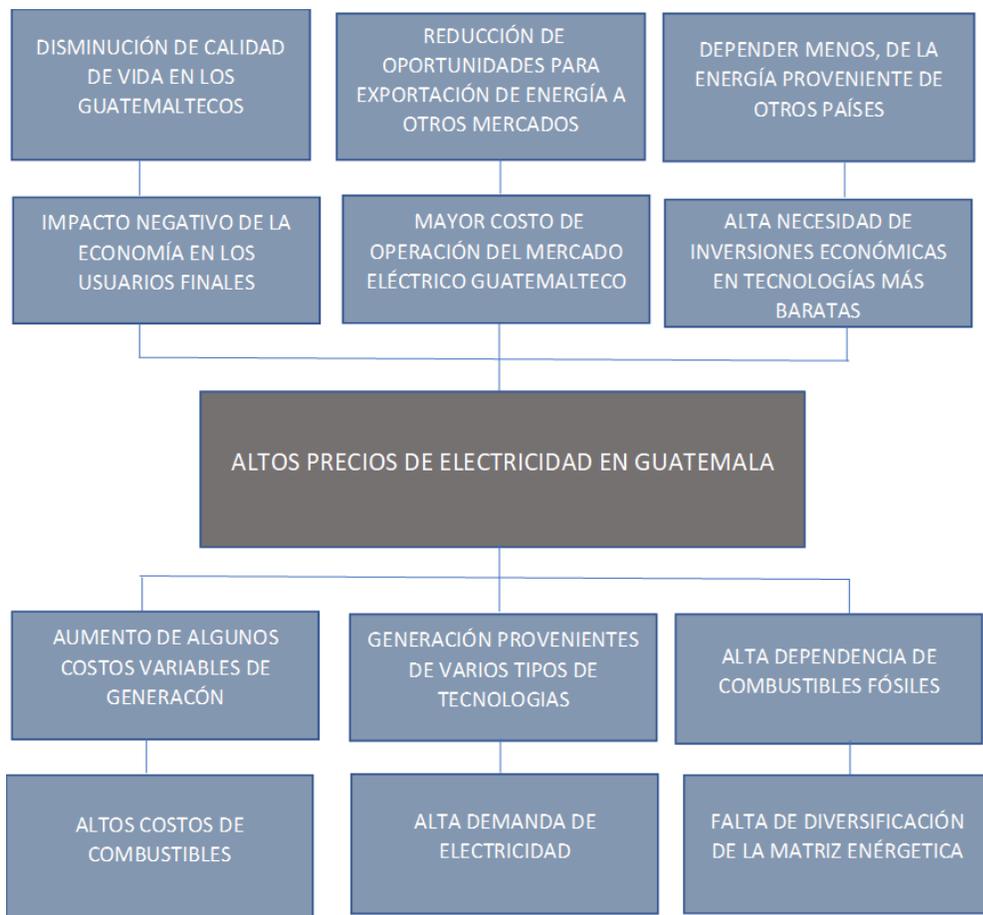
28. Funcagua. (2022). *Estado del Agua de la Región Metropolitana de Guatemala 2022*. Guatemala: el agua nos une.
29. García, Á. (29 de abril, 2021). Despacho entre generadores [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/despacho-entre-generadores/>.
30. Gómez, A. (2002). *Análisis y operación de sistemas de energía eléctrica*. España: McGraw Hill.
31. Gonzalo, J. L. (octubre, 2012). El Sistema Eléctrico Español (VI) Mercado Eléctrico. *El Instituto de Investigación Tecnológica*, 89(5), 20-27. Recuperado de [https://www.iit.comillas.edu/documentacion/IIT-12-202R/El\\_Sistema\\_El%c3%a9ctrico\\_Espa%c3%b1ol\\_\(VI\).\\_Mercado\\_el%c3%a9ctrico.\\_1%c2%aa\\_Parte.pdf](https://www.iit.comillas.edu/documentacion/IIT-12-202R/El_Sistema_El%c3%a9ctrico_Espa%c3%b1ol_(VI)._Mercado_el%c3%a9ctrico._1%c2%aa_Parte.pdf).
32. Krugman, P., Wells, R. y Graddy, K. (2013). *Fundamentos de la economía*. España: Reverté.
33. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2015). *Política Marco para la gestión integrada del Recursos Hídrico*. Guatemala: Autor.
34. Ministerio de Energía y Minas. (2013). *Política Energética 2019-2050*. Guatemala: Autor.
35. Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Plan de expansión del Sistema de Generación 2020-2050*. Guatemala: Autor.

36. Nuñez, A. (29 de diciembre, 2013). Despachos económicos [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://ingenierosenapuros.files.wordpress.com/2013/12/a-despachos-econoc3b3micosmtee-002.pdf>.
  
37. Stoft, S. (2022). *Economía del sistema eléctrico: diseño de mercados para la electricidad*. Estados Unidos: Wiley-IEEE Press.

## 14. APÉNDICES

Con la siguiente información se da a conocer la estructura del árbol de problemas que es la base de nuestra investigación, por efecto también se detalla la matriz de coherencia para las interrogantes que generó nuestro estudio:

### Apéndice 1. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft PowerPoint.

## Apéndice 2. Matriz de coherencia

TITULO	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS
		<b>PRINCIPAL</b>	<b>GENERAL</b>
IMPACTO ECONÓMICO EN EL PRECIO SPOT DEL MERCADO MAYORISTA DE GUATEMALA DEBIDO A LA IMPORTACIÓN DE ENERGÍA PROVENIENTE DEL MERCADO ELÉCTRICO REGIONAL DURANTE EL PERÍODO 2021-2022	Los altos precios de electricidad en Guatemala se deriva por las características que afecta al mercado mayorista que pueden ser los precios elevados internacionales de los combustibles, sequías prolongadas, falta de generación a base de energías renovables, indisponibilidad de centrales generadoras.	¿Cómo impacta la importación de energía en el precio SPOT a través del mercado eléctrico regional durante el periodo 2021-2022?	Determinar el impacto en el precio SPOT debido a la energía importada del mercado eléctrico regional durante el periodo 2021-2022.
		<b>ESPECÍFICOS</b>	<b>ESPECÍFICOS</b>
		¿Cuánta energía importó Guatemala durante el período 2021-2022 desde el mercado eléctrico regional?	Cuantificar la cantidad de energía importada en Guatemala desde el mercado eléctrico regional durante el período 2021-2022.
		¿Cómo se beneficia el mercado eléctrico de Guatemala por la energía de mínimo costo de operación importada de Centroamérica?	Identificar los beneficios que aporta la energía de mínimo costo de operación importada de Centroamérica al mercado eléctrico guatemalteco.
		¿Cuál es el impacto de la importación de energía del MER en períodos donde el precio de oportunidad de energía es elevado en Guatemala?	Analizar los impactos económicos en el mercado eléctrico guatemalteco debido a la importación de energía del MER en períodos donde el precio de oportunidad de energía es elevado en Guatemala.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft PowerPoint.

