



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL  
COVID-19 EN EL SECTOR ELÉCTRICO GUATEMALTECO DURANTE EL AÑO 2020**

**Hugo César Luis Barrera de León**

Asesorado por el Msc Ing. German Antonio Juárez Vidaurre

Guatemala, julio de 2021



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL  
COVID-19 EN EL SECTOR ELÉCTRICO GUATEMALTECO DURANTE EL AÑO 2020**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**HUGO CÉSAR LUIS BARRERA DE LEÓN**

ASESORADO POR EL MSC ING. GERMAN ANTONIO JUÁREZ VIDAURRE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, JULIO DE 2021



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. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Jorge Gilberto González Padilla
EXAMINADORA	Inga. Ana María Navarro Orozco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Snell Chicol Morales
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 PARA EL ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19 EN EL SECTOR ELÉCTRICO GUATEMALTECO DURANTE EL AÑO 2020**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 25 de mayo de 2020.

**Hugo César Luis Barrera de León**



Ref. EEPFI-0578-2021  
Guatemala, 25 de mayo de 2021

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. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL CORONAVIRUS COVID-19 EN EL SECTOR ELÉCTRICO GUATEMALTECO DURANTE EL AÑO 2020**, presentado por el estudiante **Hugo César Luis Barrera De León** carné número **201504540**, 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.

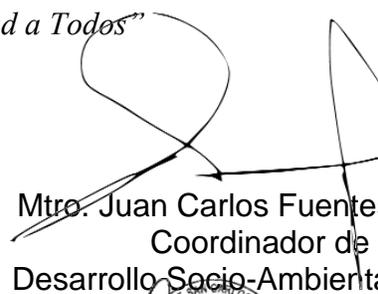
Atentamente,



Mtro. German Antonio Juárez Vidaurre  
Asesor

German Antonio Juárez Vidaurre  
MBA. MSc. Ingeniero Electricista  
Colegiado No. 7512

*"Id y Enseñad a Todos"*



Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque  
Coordinador de Área  
Desarrollo Socio-Ambiental y Energético



Mtro. Edgar Darío Álvarez Coti  
Director

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería

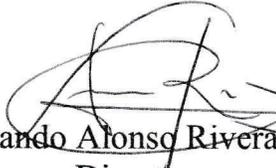




EEP-EIME-014-2021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería 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: **ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL CORONAVIRUS COVID-19 EN EL SECTOR ELÉCTRICO GUATEMALTECO DURANTE EL AÑO 2020**, presentado por el estudiante universitario Hugo César Luis Barrera De León, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo  
Director

Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica



Guatemala, mayo de 2021



DTG. 314-2021

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 PARA EL ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19 EN EL SECTOR ELÉCTRICO GUATEMALTECO DURANTE EL AÑO 2020**, presentado por el estudiante universitario: **Hugo César Luis Barrera de León**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, julio de 2021

AACE/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por haberme permitido realizar una más de mis metas.
<b>Mi padre</b>	Por estar siempre conmigo.
<b>Mi madre</b>	Por su constante apoyo y cariño.
<b>Mi familia</b>	Por ser ejemplo y guía en mi vida.
<b>Mis amigos</b>	Por darme alegría a lo largo de este camino.



## AGRADECIMIENTOS A:

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser la <i>alma mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
<b>Escuela de Postgrado</b>	Por haberme brindado la oportunidad de seguir expandiendo mis conocimientos en el área profesional que me desarrollo.
<b>Mi familia</b>	Por darme todos los medios para que pudiera culminar con mis estudios
<b>Mis amigos</b>	Por haberme acompañado en la carrera y bríndame su solidaridad
<b>Mi asesor</b>	Msc. Ing. German Antonio Juárez Vidaurre, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
4. JUSTIFICACIÓN .....	9
5. OBJETIVOS .....	11
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	13
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. Patogenicidad.....	15
7.1.1. Agente .....	15
7.1.2. Patógeno .....	16
7.1.3. Portador .....	16
7.2. Pandemia .....	16
7.3. Epidemiología.....	17
7.3.1. Epidemia.....	17

7.3.2.	Fases de una epidemia .....	17
7.3.3.	Curva epidémica .....	18
7.3.4.	Brote epidémico .....	18
7.4.	Infeciosidad .....	18
7.4.1.	Duración de la infeciosidad.....	19
7.4.2.	Tasa de contacto infecioso .....	19
7.5.	Contención .....	19
7.5.1.	Control y mitigación.....	20
7.5.2.	Supresión .....	20
7.6.	Distanciamiento físico o social .....	20
7.6.1.	Aislamiento.....	21
7.6.2.	Cuarentena.....	21
7.7.	Eliminación.....	21
7.7.1.	Erradicación .....	22
7.8.	Período de incubación.....	22
7.8.1.	Período infecioso.....	22
7.8.2.	Período de latencia .....	23
7.8.3.	Período de transmisibilidad o contagiosidad .....	23
7.9.	Electricidad.....	23
7.10.	Mercado mayorista.....	23
7.10.1.	Mercado de oportunidad.....	24
7.10.2.	Mercado a termino .....	24
7.10.3.	Mercado de desvíos de potencia.....	24
7.11.	Agentes y participantes del Mercado Mayorista .....	24
7.11.1.	Generadores .....	25
7.11.2.	Distribuidores .....	25
7.11.2.1.	Sistemas de distribución.....	25
7.11.3.	Transportistas.....	25
7.11.4.	Comercializadores.....	26

7.11.5.	Grandes usuarios .....	26
7.12.	Demanda de energía eléctrica.....	26
7.12.1.	Demanda firme .....	27
7.12.2.	Demanda firme efectiva .....	27
7.12.3.	Demanda interrumpible .....	27
7.12.4.	Demanda máxima.....	27
7.12.5.	Demanda máxima proyectada .....	28
7.13.	Matriz energética .....	28
7.14.	Tipos de generación .....	29
7.14.1.	Plantas hidráulicas.....	29
7.14.2.	Turbinas de vapor.....	29
7.14.3.	Motores reciprocantes .....	29
7.14.4.	Plantas eólicas.....	30
7.14.5.	Plantas geotérmicas .....	30
7.14.6.	Plantas fotovoltaicas.....	31
7.14.7.	Importaciones .....	31
7.15.	Indicadores económicos de electricidad.....	31
7.15.1.	Despacho económico .....	32
7.15.2.	Precio spot.....	32
7.15.3.	Oferta firme.....	32
7.15.4.	Oferta firme eficiente .....	32
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	35
9.	METODOLOGÍA.....	39
9.1.	Características del estudio .....	39
9.1.1.	Enfoque .....	39
9.1.2.	Alcance.....	39
9.1.3.	Diseño .....	40

9.2.	Unidades de análisis .....	40
9.3.	Variables .....	40
9.4.	Fases del estudio .....	42
9.4.1.	Fase 1 .....	42
9.4.2.	Fase 2 .....	42
9.4.3.	Fase 3 .....	43
9.4.4.	Fase 4 .....	43
9.5.	Resultados esperados.....	43
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN .....	45
11.	CRONOGRAMA .....	47
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	49
13.	REFERENCIAS .....	51

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Árbol de problemas .....	6
2.	Esquema de solución .....	13
3.	Matriz energética.....	28
4.	Cronograma de ejecución .....	47

### TABLAS

I.	Definición teórica y operativa de variables .....	41
II.	Clasificación de las variables .....	41
III.	Recursos necesarios.....	49



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<b>E</b>	Este
<b>GW</b>	Gigavatio
<b>GWh</b>	Gigavatio hora
<b>h</b>	Horas
<b>=</b>	Igual que
<b><math>X_i</math></b>	i-ésima variable en estudio
<b>KW</b>	Kilovatio
<b>KWh</b>	Kilovatio hora
<b>KV</b>	Kilovoltio
<b>KVh</b>	Kilovoltio hora
<b><math>\bar{x}</math></b>	Media aritmética
<b>MW</b>	Megavatio
<b>MWh</b>	Megavatio hora
<b>N</b>	Norte
<b>O</b>	Oeste
<b>%</b>	Porcentaje
<b>P</b>	Potencia
<b>Q</b>	Quetzales
<b><math>n</math></b>	Suma de valores
<b><math>\Sigma</math></b>	Sumatoria
<b>W</b>	Vatio



## GLOSARIO

<b>AMM</b>	Administrador del Mercado Mayorista.
<b>CNEE</b>	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
<b>COVID-19</b>	Enfermedad por coronavirus de 2019.
<b>Demanda</b>	Exigencia que impone cierta cosa o se deriva de ella.
<b>EEGSA</b>	Empresa eléctrica guatemalteca S.A.
<b>Eficiencia energética</b>	Conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos.
<b>ENDESA</b>	Empresa Nacional de Electricidad S.A.
<b>Energía</b>	Capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, luz, calor, entre otros.
<b>Matriz energética</b>	Representación cuantitativa de la totalidad de energía que utiliza un país.
<b>Mayorista</b>	Venta de mayoreo o distribuidor mayorista es un componente de la cadena de distribución.

<b>MEM</b>	Ministerio de Energía y Minas.
<b>MERS</b>	Síndrome respiratorio de Oriente Medio.
<b>Minorista</b>	Compra productos en pequeñas cantidades a fabricantes o importadores, bien directamente o a través de un mayorista.
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud.
<b>Pandemia</b>	Enfermedad epidémica que se extiende a muchos países o que ataca a casi todos los individuos de una localidad o región.
<b>Población</b>	Conjunto de habitantes de un lugar.
<b>Potencia</b>	Capacidad para realizar una función o una acción, o para producir un efecto determinado.
<b>SARS</b>	Síndrome respiratorio agudo grave.
<b>Virus</b>	Microorganismo compuesto de material genético protegido por un envoltorio proteico

## RESUMEN

El COVID-19 ha sido un virus que se ha ido expandiendo a través de todo el mundo en los últimos meses, lo cual lo ha convertido en una pandemia a nivel mundial, una enfermedad que afecta al ser humano causando fiebre, dolor de cuerpo, dolor de cabeza, diarrea, pérdida del olfato, pérdida del gusto he incluso dificultad al respirar por lo que, si no es cuidado, puede causar severos daños a la salud e incluso la muerte.

Ya que la OMS declaró pandemia el COVID-19, cada país tomo distintas disposiciones con el fin de poder evitar al máximo el contagio de este virus y así sobre guardar la salud de sus pobladores, en donde una de las principales decisiones que se tomó fue guardar distanciamiento social, la cual provocó una serie de cambios radicales a nivel mundial.

El presente diseño de investigación busca poder explicar y representar los cambios que se han generado en el sector eléctrico guatemalteco durante todo el año 2020 debido a la pandemia, por medio de un análisis numérico y gráfico complementándolo con una discusión de resultados y así poder fundamentarlo de una mejor manera.



# 1. INTRODUCCIÓN

En 2019 se identificó un nuevo coronavirus llamado COVID-19, enfermedad que afecta el sistema respiratorio que se originó en el continente asiático específicamente en China el cual generó un brote de enfermedades, durante el mes de marzo del 2020 la Organización Mundial de la Salud, (OMS), declaró esta enfermedad como pandemia, lo que desencadenó una serie de cambios a la vida normal o habitual del ser humano.

Actualmente aún no se cuenta con una vacuna para contrarrestar dicho virus, sin embargo, se han dado medidas de prevención de esta enfermedad las cuales se basan en el distanciamiento social que prácticamente es guardar cuarentena en los domicilios de cada persona para evitar la propagación del COVID-19.

El 13 de marzo del año 2020 fue el primer caso activo de COVID-19 en el territorio guatemalteco, lo que desencadenó una serie de decisiones gubernamentales que provocaron que la población guatemalteca tuviera que estar en sus domicilios y algunos otros cambios, todo eso conllevó a una serie de consecuencias, tanto sociales como económicas, para el país.

El fin de este trabajo de graduación es poder analizar y así dar a entender que tanto influyó el impacto del COVID-19 en el sector eléctrico guatemalteco, por lo que se realizará una búsqueda profunda de diversos datos que permitan la comparación de cambios y consecuencias del año 2020 con años anteriores.

En el capítulo 1 se desarrollará una lista de conceptos claves para el entendimiento del brote del COVID-19 y todo lo que conlleva, además de la regulación y operación del sector eléctrico guatemalteco con el fin de poder tener una mejor apreciación del trabajo de investigación a realizar.

El capítulo 2 se presentarán todos los datos obtenidos del cambio de demanda de energía eléctrica que ha surgido desde el inicio de la pandemia, además de los cambios en la matriz energética del país. Dicha información es proporcionada por el administrador de Mercado Mayorista en donde se logra obtener datos que demuestran que porcentaje ha disminuido o aumentado desde la perspectiva minorista y mayorista referido a la demanda de energía eléctrica y su generación.

Finalmente, en el capítulo 3 se llevará a cabo un análisis de los cambios surgidos en los datos desarrollados en el capítulo anterior con el fin de poder dar a entender el impacto surgido por el COVID-19 en el sector eléctrico guatemalteco durante el año 2020.

## 2. ANTECEDENTES

El COVID-19 ha sido un tema bastante popular y recurrente en los últimos meses por lo que se han realizado varios estudios e investigaciones en los cuales se expresa la forma en la cual el COVID-19 ha afectado varios aspectos de la vida diaria del ser humano.

Mayo Clinic (2019), realiza una descripción general del covid-19 la cual indica que los coronavirus son una familia de virus que pueden causar enfermedades como el resfriado común, el síndrome respiratorio agudo grave (SARS, por sus siglas en inglés), y el síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS, por sus siglas en inglés). En 2019 se identificó un nuevo coronavirus como la causa de un brote de enfermedades que se originó en China. En marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró que este brote de COVID-19 es una pandemia (p.1).

Respecto a la relación COVID-19 y consecuencias en la vida diaria del ser humano, Guido Neidhöfer (2020) autor de la página web, América Latina y el Caribe, menciona que la pandemia actual está afectando seriamente la desigualdad social, la distribución de recursos en el largo plazo y la igualdad de oportunidades en numerosas dimensiones. Deberán diseñarse estrategias adecuadas, con vistas tanto en el tiempo presente como en el futuro próximo, para controlar la propagación y salvar vidas, así como prevenir una crisis social en el largo plazo mediante la protección de los intereses de las familias más vulnerables. La distribución de recursos en el largo plazo y la igualdad de oportunidades. Una de las consecuencias más severas de la situación actual es la intensificación de las desigualdades

tanto económicas como sociales, la cual es, a la vez, un resultado de las estrategias de contención que los gobiernos se han visto forzados a adoptar en el contexto actual (pp. 1-2)

Finalmente, Alberto Levy (2020) autor de la página, BID mejorando vidas, realiza un reporte en donde establece la relación directa que existe entre el COVID-19 y el sector eléctrico; El sector eléctrico en Guatemala también se verá afectada por este contexto. En las últimas semanas, el país ha experimentado una caída en la demanda. En particular, entre el 18 de abril y el 14 de mayo, la caída fue del 8.7 %. Por el otro lado, si comparamos el consumo de energía total en las dos semanas anteriores y las dos posteriores al primer caso de COVID-19 detectado en Guatemala, y la declaratoria de emergencia, la caída fue incluso mayor, casi un 22 %.

La crisis producirá impactos de corto y de mediano plazo. Los efectos de corto plazo están asociados al distanciamiento social, ya que esta medida provoca una reducción significativa de la demanda por el cierre de industrias y del comercio. Aunque se estima de que la demanda residencial aumentó, esta es inferior a la demanda de los otros sectores.

En Guatemala, entre el 2 de marzo y el 5 de abril, las ventas netas de energía cayeron en promedio un 4.5 %, y en algunas semanas hasta un 17 %, según estadísticas del Administrador del Mercado (AMM) (pp. 3-5).

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Contexto general

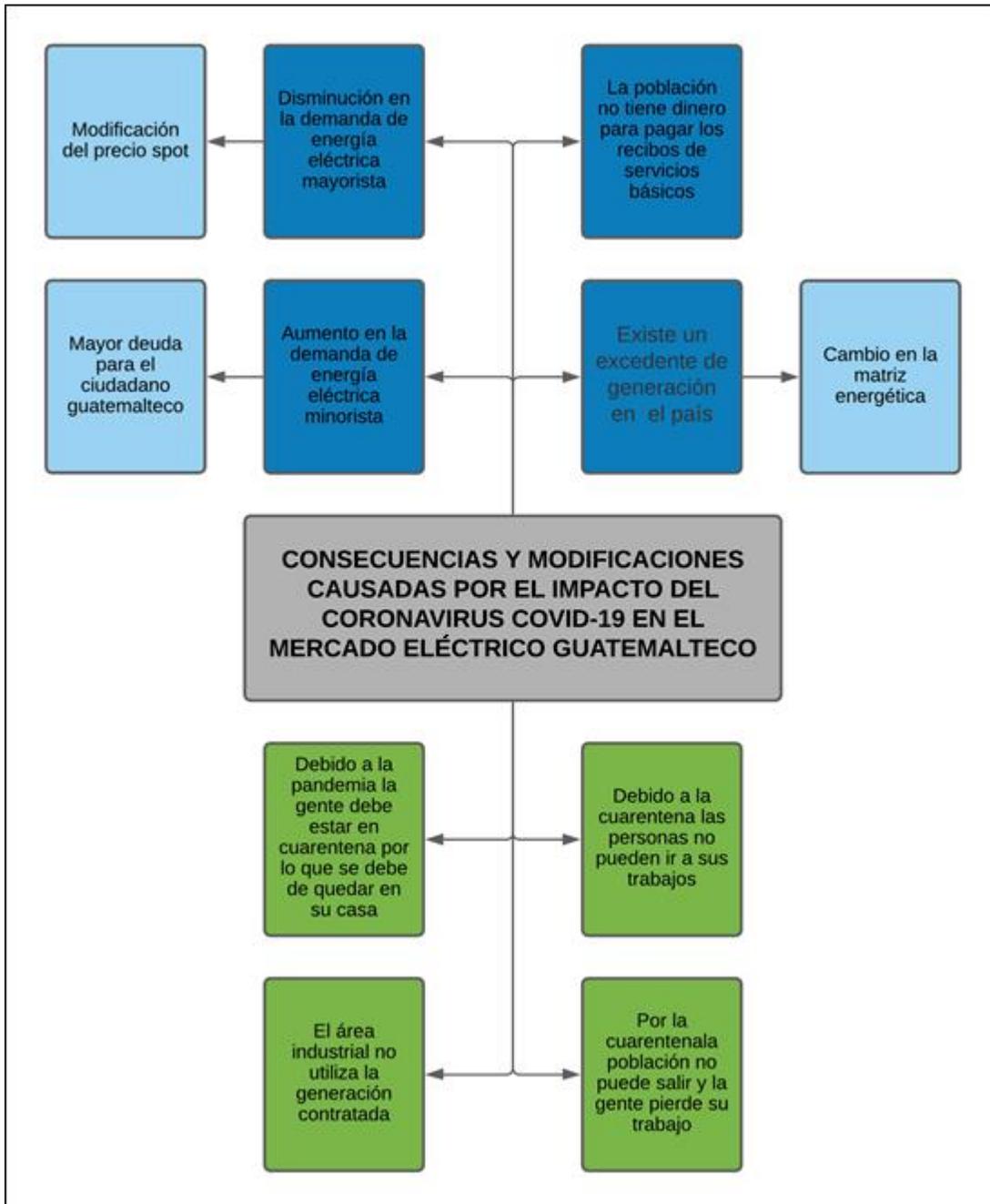
El COVID-19 ha sido un virus el cual se desarrolló en el continente asiático el cual se fue expandiendo a todo el mundo, este virus fue declarado pandemia por la Organización Mundial de la Salud, (OMS).

Es un virus de fácil contagio de manera cercana entre persona y persona, por ende, ha ido cambiando la realidad a la cual el ser humano está acostumbrado obligándolo a un distanciamiento social lo que trajo por consecuencia que la mayoría de las personas deban permanecer en cuarentena creando diversos cambios en el entorno social y económico de un país.

- Descripción del problema

El hecho que la mayoría de las personas fueran obligadas a guardar cuarentena en sus domicilios, incentivo a un cambio en la demanda de energía eléctrica del país además de una disminución de los ingresos económicos de la sociedad guatemalteca. Por lo que es necesario e importante realizar un análisis de todos los cambios y consecuencias que causa a corto, mediano y largo plazo la pandemia en el sector eléctrico guatemalteco durante el año 2020.

Figura 1. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

- Formulación del problema

- Pregunta central

¿Cuál será el impacto económico del COVID-19 en el sector eléctrico guatemalteco durante el año 2020?

- Preguntas auxiliares

- ¿Cómo se comportará el cambio de la demanda de energía eléctrica minorista en el sector eléctrico guatemalteco?
- ¿Cómo se comportará el cambio de la demanda de energía eléctrica mayorista en el sector eléctrico guatemalteco?
- ¿Cuál será el cambio de la oferta y demanda de generación de electricidad en el país?
- ¿Qué consecuencias conllevará el impacto del COVID-19 en el sector eléctrico guatemalteco?

- Delimitación del problema

Dicho problema mencionado anteriormente se llevará a cabo a lo largo de todo el año 2020 en comparación a años anteriores en el territorio del país de Guatemala desde el inicio de la pandemia hasta el fin de éste, analizando estadística y gráficamente el sector eléctrico guatemalteco desde el área de generación hasta el área de distribución.

- Delimitación contextual

Derivado de lo anterior, el problema de interés para el siguiente trabajo de investigación es analizar el impacto causado por el COVID-19 en el sector eléctrico guatemalteco durante el año 2020, para demostrar empíricamente si existe un cambio significativo desde el principio de la pandemia basándose en información brindada por diferentes entes del sector eléctrico como el Administrador del Mercado Mayorista, (AMM), o la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, (CNEE).

- Delimitación geográfica

El tema de investigación propuesto es el análisis del cambio de la demanda y generación de energía eléctrica durante la pandemia por lo que la delimitación geográfica es en todo el territorio guatemalteco ya que la generación está distribuida en diferentes puntos del país a cargo de diferentes entes privados y públicos al igual que las empresas distribuidoras EEGSA y Energuate.

- Delimitación histórica

Debido a que se tratará una pandemia que tuvo sus inicios a lo largo de los meses de noviembre y diciembre del año 2019 en el continente asiático, teniendo el primer caso positivo de COVID-19 el viernes 13 de marzo del año 2020 en el territorio guatemalteco, esta será la fecha de inicio del análisis del tema de investigación hasta el 31 de diciembre del presente año.

## 4. JUSTIFICACIÓN

A fines de justificar este trabajo de graduación la línea de investigación en la cual se trabajará es; eficiencia energética en el sector público, empresarial y domiciliar, ya que se analizará la eficiencia energética y su impacto en la generación, transmisión y distribución.

El COVID-19 ha generado demasiados cambios en el mundo y el sector eléctrico no fue la excepción por lo que es necesario realizar un análisis respecto a los cambios y consecuencias que se han desatado desde el inicio de la pandemia. Debido a que dicha pandemia tiene un alto nivel de infecciosidad, por decisiones gubernamentales y de la organización mundial de la salud se llegó al acuerdo de guardar distanciamiento social entre la población, toque de queda que a lo largo de los meses ha ido cambiando y la prohibición de multitudes en lugares públicos y así poder disminuir la propagación de la pandemia.

Al momento de iniciar las disposiciones gubernamentales mencionadas anteriormente hubo un cambio bastante significativo en la vida del ciudadano guatemalteco ya que varios meses tuvo que estar de 17:00 a 5:00 horas en sus domicilios por el toque de queda o incluso todo el día ya que no podía ir a sus trabajos con el fin de cuidar su salud y no ayudar a la propagación de pandemia. En el momento en que todo esto empezó a ocurrir la demanda de energía eléctrica a nivel nacional tuvo un cambio bastante significativo.

Se desea realizar un análisis para que cualquier persona guatemalteca pueda entender los cambios y consecuencias a corto, mediano y largo plazo que se han generado desde el inicio de la pandemia en el sector eléctrico

guatemalteco, un análisis que abarque desde un aspecto social hasta un aspecto económico los cambios que han existido en la demanda de energía eléctrica a nivel nacional incluyendo los cambios en la matriz energética causada por el cambio en la demanda lo cual genero también cambios en la generación de energía eléctrica en el territorio guatemalteco.

Finalmente, para poder llegar a un conjunto de conclusiones las cuales puedan dar a entender el cambio de demanda que ha existido, la relación que ha existido entre distribuidor-generador y finalmente proponer soluciones para poder llevar a cabo de una mejor forma las consecuencias de la pandemia en el mercado eléctrico guatemalteco y disminuir su impacto.

## 5. OBJETIVOS

- General

Realizar un análisis respecto al impacto del COVID-19 en el sector eléctrico guatemalteco durante el año 2020.

- Específicos

- Analizar el cambio de demanda de energía eléctrica minorista en el país durante el año 2020 en el sector eléctrico guatemalteco.
- Analizar el cambio de demanda de energía eléctrica mayorista en el país durante el año 2020 en el sector eléctrico guatemalteco.
- Comparar el cambio de la oferta y demanda de generación de energía eléctrica en el país respecto al impacto del COVID-19 durante el año 2020 respecto al año 2019.
- Explicar las consecuencias que conlleva los efectos causados por el impacto del COVID-19 en el sector eléctrico guatemalteco



## 6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

De las necesidades principales que se tendrán al realizar este trabajo de graduación será la recolección de datos para poder hacer las comparaciones del antes y después de la pandemia, de las cuales cambian día a día por lo que se tendrá que hacer una búsqueda exhausta de información confiable para poder realizar dicho análisis.

Figura 2. Esquema de solución



Fuente: elaboración propia.

El Ministerio de Energía y Minas al lado de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica proporcionan diversa información la cual será tomada en cuenta para poder entender y comparar las decisiones que se están llevando a cabo para poder superar los retos que se viven durante la pandemia.

El Administrador de Mercado Mayorista igualmente proporciona las gráficas de demanda de energía eléctrica diaria, semanal y mensual por lo cual se tomará en cuenta esta información para poder realizar un estudio en el cambio de demanda que ha surgido desde el inicio de la pandemia



## **7. MARCO TEÓRICO**

A lo largo de los años han surgido diferentes pandemias que han afectado al ser humano de diversos modos, desde el factor salud hasta el factor económico, por eso mismo es importante e interesante el saber que tanto ha afectado el COVID-19 en el sector eléctrico guatemalteco durante el año 2020. Por eso mismo este capítulo se dedica a definir varios conceptos básicos desde un punto de vista médico hasta un punto de vista eléctrico con el fin de tener un mejor entendimiento de las consecuencias y efectos que puede conllevar este tipo de acontecimiento que se vive a nivel mundial.

### **7.1. Patogenicidad**

Capacidad de un agente infeccioso de producir enfermedad en la persona infectada. Depende no solo de las características del agente, sino también de las del huésped. Por ejemplo, los agentes de la rabia y la varicela son altamente patógenos, en el sentido de que prácticamente cada infección en una persona susceptible causa la enfermedad. Los rinovirus (que producen el catarro común) producen enfermedad en cerca del 80 % de las infecciones (OMS, 2020, p. 3).

#### **7.1.1. Agente**

“Microorganismo, sustancia química o forma de radiación cuya presencia, presencia excesiva o relativa ausencia es esencial para la ocurrencia de la enfermedad. Los agentes pueden dividirse en biológicos (organismos vivos,

como virus y bacterias) y no biológicos (químicos, como pesticidas, y físicos, como la radiación)” (OMS, 2020, p. 2).

### **7.1.2. Patógeno**

Según la Organización Mundial de la Salud define el término patógeno como “Microorganismo (virus, bacteria, parásito u otro) que puede causar una enfermedad” (OMS, 2020, p. 2).

### **7.1.3. Portador**

Persona (o animal) que alberga un agente infeccioso específico de una enfermedad, sin presentar síntomas o signos clínicos de esta, y que constituye una fuente potencial de infección para el ser humano. El portador puede ser asintomático (o sano) durante el curso de una infección subclínica; puede estar en incubación durante el período de incubación; y convaleciente, en la fase de convalecencia y de posconvalecencia de las infecciones que se manifiestan clínicamente (OMS, 2020, p. 3).

## **7.2. Pandemia**

Se llama pandemia a la propagación mundial de una nueva enfermedad. Se produce una pandemia de gripe cuando surge un nuevo virus gripal que se propaga por el mundo y la mayoría de las personas no tienen inmunidad contra él. Por lo común, los virus que han causado pandemias con anterioridad han provenido de virus gripales que infectan a los animales (OMS, 2020, p. 7).

### **7.3. Epidemiología**

“Estudio de la frecuencia y distribución de los eventos de salud y de sus determinantes en las poblaciones humanas, y la aplicación de este estudio en la prevención y control de los problemas de salud” (OMS, 2020, p. 1).

#### **7.3.1. Epidemia**

Una epidemia se produce cuando una enfermedad contagiosa se propaga rápidamente en una población determinada, afectando simultáneamente a un gran número de personas durante un periodo de tiempo concreto. Si el brote afecta a regiones geográficas extensas (por ejemplo, varios continentes) se cataloga como pandemia; tal es el caso del VIH. En caso de propagación descontrolada, una epidemia puede colapsar un sistema de salud, como ocurrió en 2014 con el brote de Ébola en África occidental (OMS, 2020, p. 7).

#### **7.3.2. Fases de una epidemia**

- Introducción o surgimiento en una comunidad.
- Transmisión localizada: donde ocurren infecciones esporádicas por el agente patógeno.
- Amplificación: el brote se amplifica en una epidemia o pandemia cuando el patógeno se puede transmitir de persona a persona y causa un brote sostenido en la comunidad, amenazando con extenderse más allá de ella.
- Transmisión reducida, cuando disminuye la transmisión persona a persona debido a la inmunidad adquirida de la población o a

intervenciones eficaces para controlar la enfermedad (OMS, 2020, p. 7).

### **7.3.3. Curva epidémica**

Para establecer que se está ante una epidemia es necesario conocer la frecuencia precedente de la enfermedad. Una de las maneras más simples y útiles es trazar una curva epidémica, que consiste en la representación gráfica de las frecuencias diarias, semanales o mensuales de la enfermedad en un eje de coordenadas, en el cual el eje horizontal representa el tiempo y el vertical las frecuencias. Las frecuencias pueden expresarse en números absolutos o en tasas, y el tiempo puede corresponder a días, semanas, meses o años (OMS, 2020, p. 8).

### **7.3.4. Brote epidémico**

Dos o más casos asociados epidemiológicamente entre sí. La existencia de un caso único bajo vigilancia en una zona donde no existía el padecimiento se considera también un brote. Un brote sucede por el aumento inusual del número de casos de una enfermedad más allá de lo normal. Puede tener una diseminación localizada en un espacio específico (por ejemplo, una comunidad, un pueblo, un barco, una institución cerrada) o extenderse a varios países. Puede durar unos días, varias semanas o varios años (OMS, 2020, p. 8).

## **7.4. Infecciosidad**

“Probabilidad que tiene una persona susceptible de contagiarse por cada exposición única a una persona infecciosa. Esta infecciosidad puede reducirse

con medidas de prevención y protección personal, como el lavado de manos o el uso de condones, mascarillas o guantes, según la enfermedad” (OMS, 2020, p. 8).

#### **7.4.1. Duración de la infecciosidad**

Según la Organización Mundial de la Salud define la duración de la infecciosidad como el “Tiempo en el que la persona infectada puede transmitir la infección. Esta duración puede reducirse si hay un tratamiento disponible” (OMS, 2020, p. 8).

#### **7.4.2. Tasa de contacto infeccioso**

Con cuántas personas susceptibles deben tener contacto una persona infecciosa para producir un caso secundario, teniendo en cuenta su infecciosidad y su duración. Esta tasa puede reducirse con medidas de distanciamiento físico, como el aislamiento o la cuarentena, o con intervenciones de cambio de comportamiento, entre otras (OMS, 2020, p. 8).

### **7.5. Contención**

La contención efectiva y rápida de enfermedades emergentes es tan vital como la detección temprana para evitar una epidemia a gran escala. La contención rápida debe comenzar tan pronto como se detecte el primer caso. Algunas medidas de contención incluyen la detección temprana y el aislamiento de los casos, el rastreo y seguimiento de los contactos, los cercos epidemiológicos, la vacunación masiva, el rociamiento de

insecticidas y la quimioterapia a gran escala, según la enfermedad (OMS, 2020, p. 9).

#### **7.5.1. Control y mitigación**

Una vez que la amenaza de enfermedad infecciosa alcanza un nivel epidémico o pandémico, el objetivo de la respuesta es mitigar su impacto y reducir su incidencia, morbilidad y mortalidad, así como las interrupciones en los sistemas económicos, políticos y sociales. La mitigación se enfoca en desacelerar, aunque no necesariamente en detener, la propagación de la epidemia, reduciendo la demanda máxima de atención médica, al tiempo que protege a las personas con mayor riesgo de tener un cuadro grave de la enfermedad (OMS, 2020, p. 9).

#### **7.5.2. Supresión**

Según la Organización Mundial de la Salud define el término supresión como: “Tiene como objetivo revertir el aumento de la epidemia, reducir el número de casos a niveles bajos y mantener esa situación indefinidamente” (OMS, 2020, p. 9).

#### **7.6. Distanciamiento físico o social**

Para evitar la transmisión de algunas enfermedades, las autoridades de un país pueden instar a la población a adoptar un distanciamiento físico de otras personas, lo que significa evitar besos, abrazos, contacto físico y mantener una distancia entre personas, la cual puede variar según el modo de transmisión de una enfermedad. Las medidas de distanciamiento físico, que incluyen el teletrabajo, el cierre de escuelas y la cancelación o

reprogramación de eventos masivos o grandes reuniones, pueden desacelerar la propagación del virus, de manera que los sistemas de salud puedan abordar la situación. El distanciamiento tiene que ser físico, pero no necesariamente social, dado que las personas pueden seguir socializando por medio de la tecnología (OMS, 2020, p. 9).

#### **7.6.1. Aislamiento**

Según la Organización Mundial de la Salud define el término aislamiento como: “Es separar a las personas enfermas o infectadas de los demás, para evitar que se propague la infección” (OMS, 2020, p. 10).

#### **7.6.2. Cuarentena**

Según la Organización Mundial de la Salud define el término cuarentena como: “Consiste en restringir el movimiento de las personas sanas que pueden haber estado expuestas al virus, pero no están enfermas” (OMS, 2020, p. 10).

### **7.7. Eliminación**

El control de una enfermedad puede llevar a su eliminación, lo que significa que dicha enfermedad está lo suficientemente controlada para evitar que ocurra una epidemia en una zona geográfica definida. La eliminación significa que la enfermedad ya no se considera un problema importante de salud pública (no existen casos nuevos de la enfermedad). Sin embargo, las medidas de intervención (vigilancia y control) deben continuar para evitar su reaparición (OMS, 2020, p. 10).

### **7.7.1. Erradicación**

Es mucho más difícil y raramente se la alcanza, pues implica la eliminación permanente de su incidencia en todo el mundo. Ya no hay necesidad de medidas de intervención. Se deben cumplir tres criterios para erradicar una enfermedad: debe haber una intervención disponible para interrumpir su transmisión; debe haber herramientas de diagnóstico eficientes disponibles para detectar los casos que puedan conducir a la transmisión; y los humanos deben ser el único reservorio. Por el momento, esta situación de erradicación mundial solo se ha logrado en el caso de la viruela (OMS, 2020, p. 10).

## **7.8. Período de incubación**

Lapso que transcurre desde la exposición inicial a un agente infeccioso y la presentación del primer signo o síntoma de la enfermedad que ese agente produce. Varía según la infección. En la mayoría de las enfermedades infecciosas existe la posibilidad de transmisión durante el período de incubación, principalmente en el período inmediato antes de presentar los síntomas y signos que permiten hacer el diagnóstico. La transmisión puede seguir también por algún tiempo después de la recuperación clínica de la persona enferma (OMS, 2020, p. 3).

### **7.8.1. Período infeccioso**

“Lapso en el que la persona puede transmitir la enfermedad. Este período puede preceder a los síntomas y puede durar más que los síntomas” (OMS, 2020, p. 3).

### **7.8.2. Período de latencia**

“Tiempo que transcurre desde la exposición al agente hasta el momento en que la persona puede transmitir la enfermedad (es el período que precede inmediatamente al periodo infeccioso)” (OMS, 2020, p. 3).

### **7.8.3. Período de transmisibilidad o contagiosidad**

“Lapso durante el cual un agente infeccioso puede ser transferido, directa o indirectamente, de una persona a otra, o de un animal infectado a un ser humano o de una persona infectada a un animal, incluidos los artrópodos” (OMS, 2020, p. 3).

## **7.9. Electricidad**

La electricidad es definida según ENDESA, (2020) como: “La electricidad es la energía generada por el movimiento de electrones positivos y negativos en el interior de materiales conductores. Los opuestos se atraen. Las cargas positivas y negativas se unen creando dos tipos de energía: la electricidad estática (generada por fricción) y la electricidad dinámica (concebida por corriente)” (p. 7).

## **7.10. Mercado mayorista**

La Ley General de Electricidad (2013) define que el Mercado Mayorista “Es el conjunto de operaciones de compra y venta de bloques de potencia y energía que se efectúan a corto y a largo plazo entre agentes del mercado” (p.5).

### **7.10.1. Mercado de oportunidad**

El Administrador de Mercado Mayorista (2020) define el mercado de oportunidad como: “En el Mercado de Oportunidad se realizan transacciones de energía al Precio de Oportunidad de la Energía, que es el máximo costo variable en que se incurre cada hora para abastecer un KWh adicional (costo marginal de corto plazo)” (p. 1).

### **7.10.2. Mercado a termino**

Según el AMM (2020) el mercado a término tiene como función: “En el Mercado de Oportunidad se realizan transacciones de energía al Precio de Oportunidad de la Energía, que es el máximo costo variable en que se incurre cada hora para abastecer un KWh adicional (costo marginal de corto plazo)” (p. 2).

### **7.10.3. Mercado de desvíos de potencia**

Finalmente, el AMM (2020) menciona que el mercado de desvío de potencia “se compran los faltantes de los participantes productores que no puedan suministrar la potencia que tienen comprometida. Asimismo, en este mercado se compran los faltantes de los participantes consumidores que tienen una demanda mayor que la cubierta por contratos” (p3).

## **7.11. Agentes y participantes del Mercado Mayorista**

Los agentes y participantes que conforman al Mercado Mayorista son los siguientes;

### **7.11.1. Generadores**

Le Ley General de Electricidad (2013) define a los generadores como “Es la persona, individual o jurídica, titular o poseedora de una central de generación de energía eléctrica, que comercializa total o parcialmente su producción de electricidad” (p.5).

### **7.11.2. Distribuidores**

La ley general de electricidad (2013) define a los distribuidores como " Es la persona, individual o jurídica, titular o poseedora de instalaciones destinadas a distribuir comercialmente energía eléctrica” (p.5).

#### **7.11.2.1. Sistemas de distribución**

La ley general de electricidad (2013) los define como “Es el conjunto de líneas y subestaciones de transformación de electricidad, destinadas a efectuar la actividad de distribución y que funcionen a los voltajes que especifique el reglamento” (p.6).

### **7.11.3. Transportistas**

La ley general de electricidad (2013) define a los transportistas como “Es la persona, individual o jurídica, poseedora de instalaciones destinadas a realizar la actividad de transmisión y transformación de electricidad” (p.6).

#### **7.11.4. Comercializadores**

La Ley General de Electricidad (2013) define a los comercializadores como “Es la persona, individual o jurídica, cuya actividad consiste en comprar y vender bloques de energía eléctrica con carácter de intermediación y sin participación en la generación, transporte, distribución y consumo” (p.5).

#### **7.11.5. Grandes usuarios**

La Ley General de Electricidad (2013) define a los grandes usuarios como “Es aquel cuya demanda de potencia excede al límite estipulado en el reglamento de esta Ley” (p.5).

### **7.12. Demanda de energía eléctrica**

La demanda de energía eléctrica citada por Alvarado, (2017) la define como “La demanda eléctrica de un sistema es la intensidad de corriente, o potencia eléctrica, relativa a un intervalo de tiempo específico, que absorbe su carga para funcionar. Ese lapso se denomina intervalo de demanda, y su indicación es obligatoria a efecto de interpretar un determinado valor de demanda” (p. 2).

En las sociedades se define como “demanda en cada instante electricidad para producir bienes en las fábricas, desarrollar la actividad de comercios y empresas y también para alimentar la vida de los hogares” (Red Eléctrica de España, 2009, p.13). La Red Eléctrica de España (2009) explica que “la electricidad no es almacenable económicamente, en el transcurso del día se van produciendo cambios del requerimiento de esta, lo que da origen a la curva de demanda de un parque generador de electricidad” (p.13).

### **7.12.1. 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. La demanda firme del Sistema Nacional Interconectado es la suma de las demandas firmes de todos los Distribuidores y Grandes Usuarios” (AMM, 1998, p. 7).

### **7.12.2. Demanda firme efectiva**

“Es la demanda máxima mensual de cada distribuidor o gran usuario, registrada durante los períodos de máxima demanda diaria del Sistema Nacional Interconectado, más las pérdidas y reservas necesarias que haya determinado el Administrador del Mercado Mayorista” (AMM, 1998, p. 7).

### **7.12.3. Demanda interrumpible**

Es la demanda que un Gran Usuario se compromete a retirar del Sistema Eléctrico Nacional, en el corto o largo plazo, ante un requerimiento del Centro de Despacho de Carga por emergencias o fallas en el Sistema Nacional Interconectado, por una condición programada y acordada previamente o por una señal de precio, de conformidad con las Normas de Coordinación (Ley General de Electricidad, 2013, p. 66).

### **7.12.4. Demanda máxima**

“Es la potencia máxima del Sistema Nacional Interconectado, registrada por el Administrador del Mercado Mayorista durante el año calendario” (Ley General de Electricidad, 2013, p. 66).

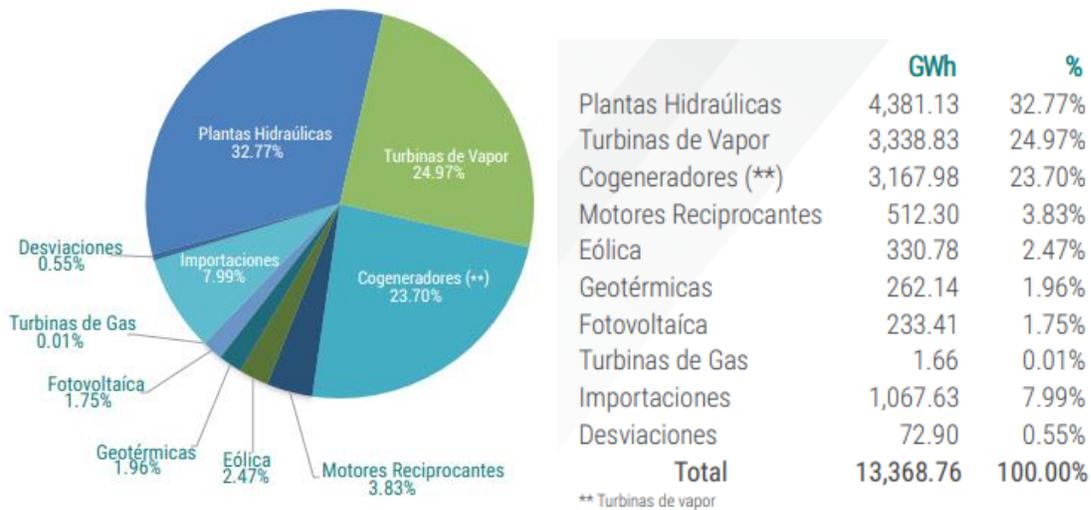
### 7.12.5. Demanda máxima proyectada

“Es la proyección de la Demanda Máxima del Sistema Nacional Interconectado que calcula el Administrador del Mercado Mayorista, según lo establecido en las Normas de Coordinación” (Ley General de Electricidad, 2013, p. 66).

### 7.13. Matriz energética

La matriz energética guatemalteca del año 2019 es la siguiente:

Figura 3. **Matriz energética**



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos del Administrador del Mercado Mayorista

## **7.14. Tipos de generación**

Los tipos de generación más comunes son los siguientes:

### **7.14.1. Plantas hidráulicas**

Una central hidroeléctrica aprovecha las masas de agua en movimiento que circulan por los ríos para transformarlas en energía eléctrica. Para ello, utiliza turbinas acopladas a los alternadores. Según la potencia instalada, las centrales hidroeléctricas pueden ser:

- Centrales hidroeléctricas de gran potencia: más de 10MW de potencia eléctrica.
- Minicentrales hidroeléctricas: entre 1MW y 10MW.
- Micro centrales hidroeléctricas: menos de 1MW de potencia (ENDESA, 2020, p. 1).

### **7.14.2. Turbinas de vapor**

El Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética de la Universidad de Cantabria define una turbina de vapor como “La turbina de vapor es una máquina térmica de combustión externa, giratoria. Que transforma la energía cinética del vapor en energía de rotación” (Díaz, 2014, p. 6).

### **7.14.3. Motores reciprocantes**

Los dos tipos principales de motores de combustión interna son el de encendido por chispa y el de encendido por compresión. En un motor de encendido por chispa una mezcla de combustible y aire se enciende

mediante una bujía. En un motor de encendido por compresión el aire se comprime a presión y temperatura tan altas que la combustión ocurre espontáneamente cuando se inyecta el combustible (Pérez, 2017, p. 7).

#### **7.14.4. Plantas eólicas**

La energía eólica es la energía que se obtiene del viento. Se trata de un tipo de energía cinética producida por el efecto de las corrientes de aire. Esta energía la podemos convertir en electricidad a través de un generador eléctrico. Es una energía renovable, limpia, que no contamina y que ayuda a reemplazar la energía producida a través de los combustibles fósiles.

El mayor productor de energía eólica del mundo es Estados Unidos, seguido de Alemania, China, India y España. En América Latina el mayor productor es Brasil. En España, la energía eólica abasteció de electricidad al equivalente a 12 millones de hogares, esto es un 18 % de las necesidades del país (Fuente AEE, 2018, p. 1).

#### **7.14.5. Plantas geotérmicas**

El Ministerio de Energía y Minas (2018) define la energía geotérmica como; la energía geotérmica está definida como la energía calorífica contenida dentro de la corteza terrestre. Etimológicamente se define por las palabras griegas geos = tierra y termos = calor o sea el calor de la tierra. La energía geotérmica es una energía renovable que se obtiene mediante el aprovechamiento del calor del interior de la tierra, que puede ser utilizada para la generación de energía eléctrica o para otros usos (p. 1).

#### **7.14.6. Plantas fotovoltaicas**

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial. La conexión en serie de estos dispositivos permite obtener diferencias de potencial mayores.

Una de las principales virtudes de la tecnología fotovoltaica es su aspecto modular, pudiéndose construir desde enormes plantas fotovoltaicas en suelo hasta pequeños paneles para tejados. Según la asociación de empresas de energía renovables (APPA, Madrid, 2020, p 1).

#### **7.14.7. Importaciones**

En términos generales, “las transacciones internacionales de electricidad obedecen a convenios internacionales y se armonizan con la regulación para el funcionamiento hacia el mercado interno” (Saavedra, 2016, p.14), lo cual abarca las transacciones internacionales de importación y exportación de electricidad. En cuanto a las importaciones, Saavedra, (2016) menciona que “las ofertas internacionales se toman como una oferta más para el despacho ideal” (p.14). De los parques generadores de electricidad.

#### **7.15. Indicadores económicos de electricidad**

Los indicadores económicos de electricidad con mayor importancia tienden a ser;

### **7.15.1. Despacho económico**

“Es el despacho de las unidades de generación optimizado al mínimo costo para garantizar el abastecimiento de la demanda del Sistema Nacional Interconectado y se calcula según lo establecido en las normas de Coordinación” (AMM, 1998, p. 58).

### **7.15.2. Precio spot**

“Es el valor del Costo Marginal de Corto Plazo de la Energía en cada hora, o en el período que defina La Comisión Nacional de Energía Eléctrica, establecido por el Administrador del Mercado Mayorista como resultado del despacho” (AMM, 2007, p. 68).

### **7.15.3. Oferta firme**

“Es el valor del Costo Marginal de Corto Plazo de la Energía en cada hora, o en el período que defina La Comisión Nacional de Energía Eléctrica, establecido por el Administrador del Mercado Mayorista como resultado del despacho” (AMM, 1998, p. 67).

### **7.15.4. Oferta firme eficiente**

Es la cantidad máxima de potencia que una central generadora o Transacción Internacional puede comprometer en contratos para cubrir la Demanda Firme que se calcula en función de su Oferta Firme y de la eficiencia económica de la central generadora o Transacción Internacional

con respecto al conjunto de centrales generadoras instaladas en el Sistema Nacional Interconectado y Transacciones Internacionales. (AMM, 1998, p. 81)



## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTENIMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Patogenicidad

1.1.1. Agente

1.1.2. Patógeno

1.1.3. Portador

#### 1.2. Pandemia

#### 1.3. Epidemiología

1.3.1. Epidemia

1.3.2. Fases de una epidemia

1.3.3. Curva epidémica

1.3.4. Brote epidémico

#### 1.4. Infecciosidad

1.4.1. Duración de la infecciosidad

1.4.2. Tasa de contacto infeccioso

#### 1.5. Contención

- 1.5.1. Control y mitigación
- 1.5.2. Supresión
- 1.6. Distanciamiento físico o social
  - 1.6.1. Aislamiento
  - 1.6.2. Cuarentena
- 1.7. Eliminación
  - 1.7.1. Erradicación
- 1.8. Periodo de incubación
  - 1.8.1. Periodo infeccioso
  - 1.8.2. Periodo de latencia
  - 1.8.3. Periodo de transmisibilidad o contagiosidad
- 1.9. Electricidad
- 1.10. Mercado Mayorista
  - 1.10.1. Mercado de oportunidad
  - 1.10.2. Mercado a término
  - 1.10.3. Mercado de desvíos de potencia
- 1.11. Agentes y participantes del mercado mayorista
  - 1.11.1. Generadores
  - 1.11.2. Distribuidores
    - 1.11.2.1. Sistemas de distribución
  - 1.11.3. Transportistas
  - 1.11.4. Comercializadores
  - 1.11.5. Grandes usuarios
- 1.12. Demanda de energía eléctrica
  - 1.12.1. Demanda firme
  - 1.12.2. Demanda firme efectiva
  - 1.12.3. Demanda interrumpible
  - 1.12.4. Demanda máxima
  - 1.12.5. Demanda máxima proyectada

- 1.13. Matriz energética
- 1.14. Tipos de generación
  - 1.14.1. Plantas hidráulicas
  - 1.14.2. Turbinas de vapor
  - 1.14.3. Motores reciprocantes
  - 1.14.4. Plantas eólicas
  - 1.14.5. Plantas geotérmicas
  - 1.14.6. Plantas fotovoltaicas
  - 1.14.7. Importaciones
- 1.15. Indicadores económicos de electricidad
  - 1.15.1. Despacho económico
  - 1.15.2. Mercado spot
  - 1.15.3. Precio spot
  - 1.15.4. Oferta firme
  - 1.15.5. Oferta firme eficiente

## 2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

## 3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS



## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1. Características del estudio**

A continuación, se detallan los elementos metodológicos los cuales serán utilizados para realizar dicho análisis del impacto del COVID-19 en el sector eléctrico guatemalteco durante el año 2020.

#### **9.1.1. Enfoque**

La investigación que se realizara tendrá un enfoque cuantitativo ya que se utilizaran datos numéricos y gráficas proporcionadas por entes reguladores y operadores del país con el fin de poder realizar una comparación de los cambios que han surgido desde el inicio de la pandemia hasta el fin del año respecto a los resultados de diferentes años en donde no ha habido problemas o situaciones de emergencia como el COVID-19.

#### **9.1.2. Alcance**

El alcance del estudio a realizar será descriptivo, dado que su fin es poder dar a entender como se ha comportado la demanda de energía eléctrica a lo largo del proceso de la pandemia. Al momento de tener todos los datos necesarios para hacer el estudio se podrá describir cómo se han comportado diferentes factores importantes en el mercado eléctrico como anteriormente dicho, la demanda de energía eléctrica, o la matriz energética por los problemas de sobre generación que se tienen el país.

### **9.1.3. Diseño**

El diseño adoptado para este plan de investigación será no experimental, pues la información necesaria para la comparación del cambio de demanda y generación que ha existido entre la pandemia y otros años anteriores se analizará en su estado original sin ninguna manipulación, ya que todos los datos son brindados por el administrador del mercado mayorista y estos no se pueden modificar.

### **9.2. Unidades de análisis**

La población de estudio será el mercado eléctrico guatemalteco, el cual puede dividirse en agentes del mercado que son 5 diferentes;

- Centrales Generadores
- Distribuidoras
- Comercializadoras
- Grandes usuarios
- Transportistas

Se extraerán muestras de forma intencional, las cuales serán estudiadas en su totalidad.

### **9.3. Variables**

Las variables en estudio se describen a continuación:

Tabla I. **Definición teórica y operativa de variables**

<b>Variable</b>	<b>Definición Teórica</b>	<b>Definición Operativa</b>
Demanda de electricidad [Mwh/día]	Electricidad demandada o requerida en Guatemala por consumidores a nivel nacional y a nivel de exportaciones.	Se obtendrá por medio de proyecciones y resultados reales de demanda de electricidad emitidas por el AMM.
Generación de electricidad [MW]	Consiste en transformar alguna clase de energía (química, cinética, térmica, lumínica, nuclear, solar entre otras), en energía eléctrica.	Se obtendrá por medio de proyecciones y resultados reales de generación de electricidad emitidas por el AMM.
Precio Spot [US\$/MWh]	Costo marginal de corto plazo de la electricidad en Guatemala en cada hora.	Se obtendrá por medio de proyecciones y resultados reales de precio spot emitidas por el AMM, además de cálculos propios con base a la NCC-04.
Costo operativo [US\$/Día]	Costo total de la operación del parque generador de electricidad de Guatemala.	Se obtendrá por medio de proyecciones y resultados reales de generación de electricidad emitidas por el AMM.

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Clasificación de las variables**

<b>Variable</b>	<b>Propiedad</b>	<b>Uso</b>	<b>Nivel de medición</b>
Demanda de electricidad [Mwh/día]	Numérica Continua	Dependiente	Razón
Generación de electricidad [MW]	Numérica Continua	Dependiente	Razón
Precio Spot [US\$/MWh]	Numérica Continua	Dependiente	Razón
Costo operativo [US\$/Día]	Numérica Continua	Dependiente	Razón

Fuente: elaboración propia.

## **9.4. Fases del estudio**

Se presentan y describen las fases en las que se realizará el análisis del impacto de la pandemia sobre el sector eléctrico guatemalteco.

### **9.4.1. Fase 1**

En esta primera fase se realizará la búsqueda, revisión y consulta de fuentes bibliográficas relacionadas con la temática a tratar, como artículos científicos, normas, libros e informes a nivel nacional e internacional, los cuales serán el fundamento para iniciar el análisis de los cambios y consecuencias en el sector eléctrico guatemalteco causado por la pandemia durante el año 2020.

### **9.4.2. Fase 2**

En la segunda fase del trabajo de investigación se tabularán todos los datos obtenidos en la fase anterior con el fin de poder realizar las comparaciones del año 2019 con el año 2020 y así poder obtener los cambios cuantitativos del impacto de la pandemia en el país.

Se busca obtener comparaciones de la demanda minorista, la demanda mayorista, la generación de energía eléctrica, el cambio de la matriz energética y el precio spot por medio de la elaboración de gráficas realizadas por el investigador.

### **9.4.3. Fase 3**

En la fase 3, después de haber realizado todos los cálculos y graficas necesarias mencionadas en la fase 2, se iniciará con el análisis cualitativo del presente tema de investigación con la ayuda de entrevistas a profesionales expertos en el sector eléctrico guatemalteco y así poder realizar la presentación de resultados.

### **9.4.4. Fase 4**

Finalmente, siendo la fase 4 la finalización de la elaboración del tema a investigar, se espera que teniendo ya todos los datos e información necesaria para realizar el análisis del impacto del COVID-19 en el sector eléctrico guatemalteco y apoyando la información con entrevistas a profesionales en el sector, se llevará a cabo la elaboración de diferentes conclusiones con el fin de poder dar a entender y explicar el impacto a corto medio y largo plazo de la pandemia en el sector eléctrico del país durante el año 2020.

## **9.5. Resultados esperados**

Con base en las preguntas de investigación, los objetivos y las diferentes fases de estudio del trabajo de graduación que se realizará, se esperan obtener los siguientes resultados en las diferentes variables que estarán en estudio:

- Un incremento en la demanda minorista del país específicamente en el mes de marzo del año 2020.
- Una disminución en la demanda mayorista del país.
- Precio spot de la energía eléctrica más barato

- Una matriz de generación en donde la generación hidráulica predominó durante el año 2020.

## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para cumplir con los objetivos de este trabajo de investigación es necesario utilizar estadística descriptiva, así como, modelos estadísticos de análisis de series de tiempo que describan un comportamiento aleatorio. Para lo cual se propone el siguiente procedimiento, que parte tanto de la Fase 1. A la Fase 4, mencionadas en la sección de Metodología, por lo que también se presentará el tipo de análisis que se empleará para realizar dichas comparaciones.

- Recopilación de datos

De las diferentes bases públicas con información, se obtendrán los datos, en los cuales se esperan tener el mayor número de observaciones.

- Análisis aritmético y estadístico

Las comparaciones por realizar entre los resultados obtenidos entre un año y otro, para cumplir con los objetivos del trabajo de investigación, se realizarán por medio de operaciones algebraicas, sumas, restas, multiplicaciones y divisiones, además del empleo de estadística descriptiva, más específicamente, se hará uso de medias aritméticas:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

$\bar{x}$ : media aritmética

$n$ : suma de valores de la variable en estudio

$x_i$ :  $i$ -ésima variable en estudio

- Gráficas

El objetivo de graficar es proveer una interpretación del comportamiento de las variables, describir su tendencia, estacionalidad y describir su comportamiento.

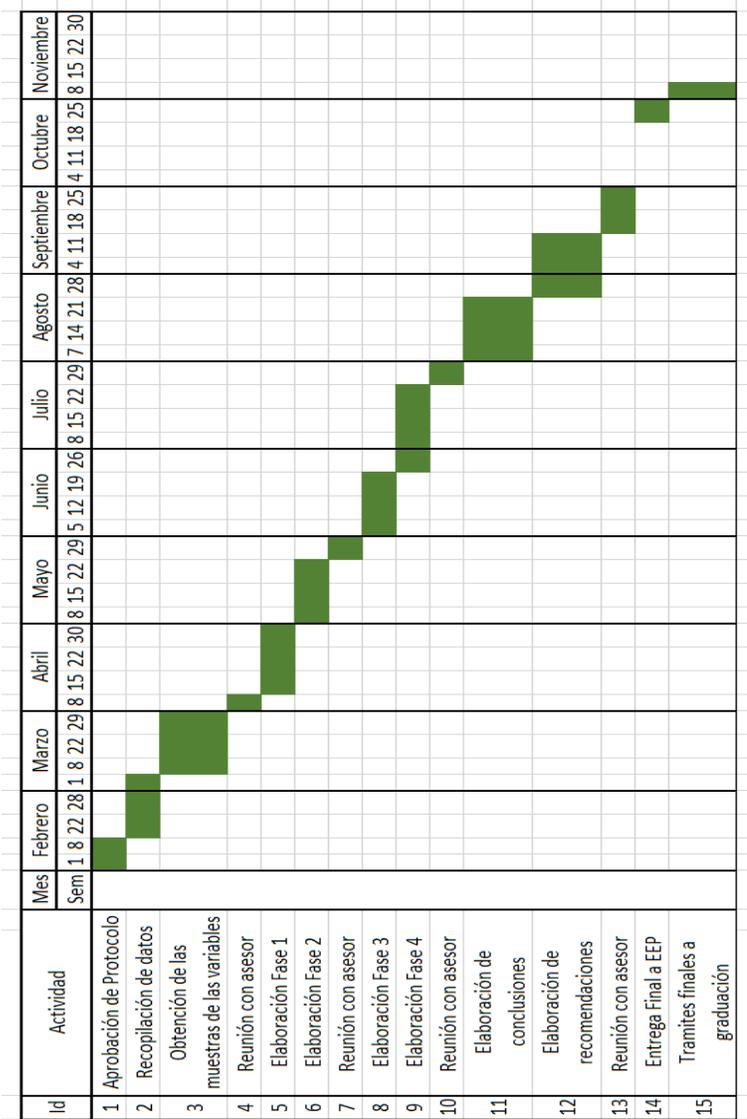
Los resultados que se obtendrán, los datos reales, además de las comparaciones correspondientes, también serán analizados(as) gráficamente haciendo uso de Microsoft Excel, herramienta con la que también se realizarán las operaciones aritméticas y de estadística descriptiva por emplear.

- Tendencia

Se propone realizar una descomposición para extraer la tendencia de las variables, con el fin de poder ver la tendencia que tendrán las variables y así poder inferir el comportamiento del mercado eléctrico guatemalteco en un mediano y largo plazo

# 11. CRONOGRAMA

Figura 4. Cronograma de ejecución



Fuente: elaboración propia.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Se considera que el estudio a realizar es totalmente factible ya que todos los recursos necesarios para utilizar son de dominio público, cada persona tiene la libertad y facilidad de informarse por medio del Administrador del Mercado Mayorista (AMM) los informes que proporciona; mes a mes o el resumen de cada año del compartimiento del sector eléctrico nacional haciendo énfasis en la oferta y demanda de energía eléctrica del territorio guatemalteco.

Tabla III. Recursos necesarios

Recurso	Disponibilidad del recurso	Fuente de financiamiento	Cuantificación
Humano	Investigador y Asesor	No aplica	2 personas
Financiero	Impresiones	Investigador	Q2,000.00
Tecnológico	Paquete de Office 365 e internet	Investigador	Q1,500.00
Acceso a información	Información pública	No aplica	La información necesaria
Equipo	Laptop	Investigador	Q8,000.00
Infraestructura	Domicilio	No aplica	1 domicilio
Viáticos para entrevistas	Diversos puntos de reunión	Investigador	Q500.00
Imprevistos/otros	Varios	Investigador	Q500.00
	<b>TOTAL</b>		<b>Q12,500.00</b>

Fuente: elaboración propia.



### 13. REFERENCIAS

1. Administrador del Mercado Mayorista. (2000). *Reglamento de la ley general de electricidad*. Guatemala, Guatemala: Autor.
2. Benavides, J., y Dussan, M. (2006). *Economía política de las finanzas y subsidios del sector eléctrico de Guatemala*. Washington, DC, Estados Unidos: Banco Interamericano de Desarrollo.
3. Cascella, M., Rajnik, M., Cuomo, A., Dulebohn, S. y Di Napoli, R. (1 de abril de 2020). *Características, evaluación y tratamiento del coronavirus. (COVID-19)* [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32150360/>.
4. Chinazzi, M., Davis, J., Ajelli, M., Gioannini, C., Litvinova, M., Merler, S. y Viboud, C. (23 de enero de 2020). *El efecto de las restricciones de viaje en la propagación del brote del nuevo coronavirus de 2019 (COVID-19)* [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://academianacionaldemedicina.org/publicaciones/covid-19/el-efecto-de-las-restricciones-de-viaje-en-la-propagacion-del-nuevo-brote-de-coronavirus-de-2019-covid-19-articulo-en-science/>.
5. Clavellina Miller, J. y Domínguez Rivas, M. (2020). *Implicaciones económicas de la pandemia por COVID-19 y opciones de política*. México. Instituto Belisario Domínguez.

6. Dammert Lira, A., García Carpio, R., y Molinelli Aristondo, F. (2008). *Regulación y supervisión del sector eléctrico*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial.
7. Díez, P. F. (2014). *Turbinas de vapor. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética*. Universidad de Cantabria. Chile.
8. Espina Alvarado, J. E. (2017). *Carga, demanda y energía eléctrica: conceptos fundamentales para la distribución de electricidad*. Venezuela, Sector Electricidad.
9. Hevia, C., y Neumeyer, A. (2020). *Un marco conceptual para analizar el impacto económico del COVID-19 y sus repercusiones en las políticas*. PNUD LAC C19 PDS, (1). América latina y el caribe.
10. Jiménez Pichardo, C. L. (2016). *Análisis del Marco Jurídico regulatorio y del procedimiento de inversión en el subsector eléctrico de las energías renovables*. Disertación doctoral llevada a cabo en la, Universidad Centroamericana de Nicaragua.
11. Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Energía. (2018). *Energía Geotérmica*. Guatemala, Guatemala: Ministerio de Energía y Minas.
12. Organización Mundial de la Salud. (2020). *COVID-19, Glosario sobre brotes y epidemias. Organización panamericana de la salud*. Washington, Estados Unidos.

13. Paz Antolín, M. J. (2004). *Efectos de las empresas transnacionales en la economía guatemalteca: el sector confección y el sector eléctrico*. Universidad Complutense de Madrid, España.
14. Reglamento del administrador del Mercado Mayorista. (1998). *Acuerdo gubernativo número 299-98*. Guatemala, Guatemala: Ministerio de Energía y Minas.
15. Willis, H. (2002). *Pronóstico espacial de carga eléctrica. 2ª. edición, revisada y ampliada*. Nueva York, Estados Unidos de América: Marcel Dekker, Inc.