



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA  
LA ADJUDICACIÓN DE CONTRATOS DE POTENCIA Y ENERGÍA PARA  
ABASTECER LA DEMANDA DE LAS DISTRIBUIDORAS**

**Bryan Estuardo Interiano de la Cruz**

Asesorado por el MSc. Lic. Nestor José Isaac Herrera Ralda

Guatemala, abril de 2020



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA  
LA ADJUDICACIÓN DE CONTRATOS DE POTENCIA Y ENERGÍA PARA  
ABASTECER LA DEMANDA DE LAS DISTRIBUIDORAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**BRYAN ESTUARDO INTERIANO DE LA CRUZ**  
ASESORADO POR EL MSC. LIC. NESTOR JOSÉ ISAAC HERRERA RALDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, ABRIL DE 2020



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 Roberto 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**

|            |                                    |
|------------|------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| EXAMINADOR | Ing. Fernando Alfredo Moscoso Lira |
| EXAMINADOR | Ing. Luis Manuel Pérez Archila     |
| EXAMINADOR | Ing. Armando Gálvez Castillo       |
| 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 LA PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA ADJUDICACIÓN DE CONTRATOS DE POTENCIA Y ENERGÍA PARA ABASTECER LA DEMANDA DE LAS DISTRIBUIDORAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 27 de enero de 2020.

**Bryan Estuardo Interiano de la Cruz**





## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por mi vida, primeramente, por la vida de mi familia y por todas las inconmensurables bendiciones en nuestras vidas, demostrándonos que al pedir su guía y consejo, cada objetivo trazado tiene un tiempo definido y todo es obrado de forma perfecta por su magnificencia.

### **Mis padres**

Abelino Interiano y Margarita de la Cruz Ortiz por su infinito amor, consejos, reprimendas, paciencia y sobre todo por todo el apoyo mostrado en cada momento de mi vida, los amo con toda mi alma y mi voluntad.

### **Mis hermanos**

Reginaldo, Oscar Armando, Edgar Antonio y Sucely Margarita Interiano de la Cruz y a Henry Interiano Ortiz por el apoyo incondicional en todo lo que realizó y por cuidarme durante toda la vida.

### **Mis sobrinos**

Por hacer de mi vida más feliz con sus ocurrencias y convivencias mutuas.

### **Alguien muy especial**

Gracias por estar a mi lado cuando más lo necesité.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

|  |   |
|--|---|
| <b>Universidad San Carlos de Guatemala</b> | Por otorgarme el privilegio de optar por una educación superior en beneficio del país.  |
| <b>Facultad de Ingeniería</b>              | Por brindarme las herramientas básicas y específicas para desarrollarme de forma correcta en el ámbito profesional de mi oficio, así como, enseñarme a ser autodidacta y mejorar de forma continua. |
| <b>Mis familiares</b>                      | Por el apoyo incondicional y por su cariño siempre palpable.  |
| <b>Mis amigos y compañeros</b>             | Por todos aquellos que me acompañaron y me acompañan en los distintos ámbitos en los que me he desenvuelto, gracias por su estima y confianza.  |



## ÍNDICE GENERAL

|  |     |
|--|-----|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....                          | V   |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....                                | VII |
| GLOSARIO .....   | IX  |
| <br>   |     |
| 1. INTRODUCCIÓN .....                                  | 1   |
| <br>   |     |
| 2. ANTECEDENTES .....                                  | 3   |
| <br>   |     |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                    | 5   |
| 3.1. Contexto general .....                            | 5   |
| 3.2. Descripción del problema .....                    | 6   |
| 3.3. Delimitación del problema .....                   | 7   |
| 3.3.1. Pregunta central .....                          | 7   |
| 3.3.2. Preguntas auxiliares .....                      | 7   |
| 3.3.3. Delimitación del problema .....                 | 8   |
| <br>   |     |
| 4. JUSTIFICACIÓN .....                                 | 9   |
| <br>   |     |
| 5. OBJETIVOS .....                                     | 11  |
| 5.1. General .....                                     | 11  |
| 5.2. Específicos .....                                 | 11  |
| <br>   |     |
| 6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN ..... | 13  |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| 7.         | MARCO TEÓRICO .....   | 15 |
| 7.1.       | Mercado Eléctrico de Guatemala .....                                  | 15 |
| 7.1.1.     | Ministerio de Energía y Minas .....                                   | 16 |
| 7.1.2.     | Comisión Nacional de Energía<br>Eléctrica .....                       | 16 |
| 7.1.3.     | Mercado Mayorista .....   | 20 |
| 7.1.3.1.   | Mercado de oportunidad de la<br>energía .....                         | 22 |
| 7.1.3.2.   | Mercado a término .....   | 23 |
| 7.1.3.3.   | Desvíos de potencia .....   | 23 |
| 7.1.4.     | Administrador del Mercado Mayorista .....                             | 24 |
| 7.1.4.1.   | Agentes .....   | 27 |
| 7.1.4.1.1. | Generadores .....   | 27 |
| 7.1.4.1.2. | Transportistas .....  | 27 |
| 7.1.4.1.3. | Distribuidores .....  | 28 |
| 7.1.4.1.4. | Comercializadores y<br>grandes usuarios.....                          | 28 |
| 7.2.       | Procesos de licitación .....  | 29 |
| 7.2.1.     | Proyecciones de potencia y energía<br>eléctrica.....                  | 29 |
| 7.2.1.1.   | Método de proyección Holt-Winters .....                               | 30 |
| 7.2.2.     | Licitaciones de corto plazo .....                                     | 33 |
| 7.2.3.     | Licitaciones de largo plazo .....                                     | 34 |
| 7.3.       | Tipos de contratos para la adjudicación .....                         | 36 |
| 7.3.1.     | Norma de Coordinación Comercial<br>No. 13 .....                       | 36 |
| 7.3.2.     | Abastecimiento de potencia por<br>diferencia con curva de carga ..... | 37 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 7.3.3. | Abastecimiento de potencia con opción de compra de energía ..... | 38 |
| 7.3.4. | Abastecimiento de potencia sin energía asociada .....            | 38 |
| 7.3.5. | Energía generada .....   | 39 |
| 7.3.6. | Respaldo de potencia .....                                       | 39 |
| 8.     | ÍNDICE PROPUESTO.....  | 41 |
| 9.     | METODOLOGÍA.....   | 43 |
| 9.1.   | Características del estudio .....                                | 44 |
| 9.2.   | Unidades de análisis .....                                       | 44 |
| 9.3.   | Variables.....   | 45 |
| 9.4.   | Fases del estudio .....  | 45 |
| 9.4.1. | Fase 1: revisión literaria.....                                  | 46 |
| 9.4.2. | Fase 2: gestión o recolección de la información .....            | 46 |
| 9.4.3. | Fase 3: análisis de la Información .....                         | 47 |
| 9.4.4. | Fase 4: diseño de la metodología.....                            | 47 |
| 10.    | TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....                         | 49 |
| 11.    | CRONOGRAMA.....  | 51 |
| 12.    | FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....                                   | 53 |
| 13.    | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                 | 69 |





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Cronograma de actividades ..... 51

### TABLAS

- I. Definición teórica y operativa de variables ..... 45  
II. Recursos e insumos a utilizar ..... 54



## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b>  | <b>Significado</b>         |
|-----------------|----------------------------|
| <b>kW</b>       | Kilovatio                  |
| <b>MW</b>       | Megavatio                  |
| <b>GW</b>       | Gigavatio                  |
| <b>kWh</b>      | Kilovatio-hora             |
| <b>MWh</b>      | Megavatio-hora             |
| <b>GWh</b>      | Gigavatio-hora             |
| <b>US\$/día</b> | Dólares al día             |
| <b>US\$MWh</b>  | Dólares por megavatio-hora |



## GLOSARIO

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>AMM</b>            | Administrador del Mercado Mayorista. Ente encargado de la operación técnica-comercial del mercado mayorista en Guatemala.                |
| <b>CNEE</b>           | Comisión Nacional de Energía Eléctrica. Órgano técnico del Ministerio de Energía y Minas que regula el subsector eléctrico guatemalteco. |
| <b>Costo variable</b> | Es el costo declarado al ente operador del mercado, con el cual una máquina es capaz de inyectar al sistema un MWh de generación.        |
| <b>DEORSA</b>         | Distribuidora de Electricidad de Oriente, Sociedad Anónima.  |
| <b>DEOCSA</b>         | Distribuidora de Electricidad de Oriente, Sociedad Anónima.  |
| <b>EEGSA</b>          | Empresa Eléctrica de Guatemala, Sociedad Anónima.  |
| <b>FRC</b>            | Factor de Recuperación de Capital. Factor que convierte un valor presente en una serie de pagos uniformes equivalentes.                  |

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Gran usuario</b>      | Consumidor de energía cuya demanda de potencia excede cien kilovatios (kW), o el límite inferior fijado por el Ministerio de Energía y Minas en el futuro.  |
| <b>LGE</b>               | Ley General de Electricidad.  |
| <b>Matriz energética</b> | Una matriz energética es una radiografía de cómo está balanceado el consumo de energía entre distintas fuentes en un periodo de tiempo.   |
| <b>MEM</b>               | Ministerio de Energía y Minas. 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. |
| <b>MER</b>               | Mercado Eléctrico Regional.   |
| <b>MM</b>                | Mercado Mayorista. Lugar donde se realiza la compra y venta de bloques de energía eléctrica y potencia a corto y largo plazo.   |
| <b>OFE</b>               | Oferta Firme Eficiente.   |
| <b>POE</b>               | Precio de oportunidad de la energía o precio <i>spot</i> . Es el costo marginal de corto plazo de la energía en cada hora, o en el período que defina la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.  |

|                |   |
|----------------|---|
| <b>PPA</b>     | Power Purchase Agreement. (Contrato de Compraventa de Potencia).  |
| <b>RAMM</b>    | Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista.   |
| <b>SNI</b>     | Sistema Nacional Interconectado. Es el sistema de transmisión de energía eléctrica de Guatemala, este comprende la infraestructura eléctrica destinada a la prestación del servicio de transmisión de energía y por medio del cual se efectúan diferentes transferencias de energía eléctrica entre diversas regiones del país y a nivel centroamericano. |
| <b>Usuario</b> | Titular o poseedor del bien inmueble que recibe el suministro de energía eléctrica.   |





## 1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al tema de la adjudicación de contratos de abastecimiento de potencia y energía eléctrica en el mercado a término de las distribuidoras del país por medio de licitaciones públicas, una de las características de este tipo de procesos de adjudicación deriva que no se cuenta con documentación detallada de la realización del proceso, esto es debido a que es realizada por empresas con mucha trayectoria que menoscaban la esencia del proceso porque ya es muy conocido para las mismas. Los tres procesos de licitación realizados en pro del abastecimiento de la demanda del país, donde fueron adjudicadas en su mayoría plantas de generación nuevas con costos que no reducirían la tarifa de los usuarios, sino al contrario la aumentarían no aprovechando las distintas modalidades de compra de energía con las cuales cuenta la distribuidora.

Entonces se hace necesario, realizar una propuesta de una metodología para la adjudicación de contratos para el abastecimiento de la demanda de las distribuidoras, que disminuya o mantenga en un margen aceptable el costo por kWh que pagan los usuarios de estas. Con la puesta en práctica de la metodología a proponer se aseguraría un costo estable de las tarifas de los usuarios, al disolver con esto el constante disturbio social asociado al aumento de estas.

Esta metodología hará uso de todos los recursos disponibles para el abastecimiento de los usuarios, se determinará qué contratos son más convenientes para la demanda de la distribuidora al depender de la demanda a cubrir, asimismo se determinará en este caso, si es más factible la adquisición

de energía por medio de contratos con lapsos definidos por estacionalidad o la adquisición de energía en el mercado de oportunidad del mercado mayorista, al buscar la eficiencia en la adquisición económica de la energía demandada, dado que solo se adquirirá energía de la fuente o las fuentes más baratas. La metodología será viable dado que los oferentes estarían obligados a competir entre ellos y será la metodología la que determine el precio máximo de adjudicación en pro de la disminución de los costos de generación que tengan las distribuidoras.

## 2. ANTECEDENTES

La variación de la matriz energética tuvo como resultado la construcción de muchas plantas nuevas de generación en su mayoría de energía renovable, dichas plantas nuevas abastecerían a la demanda de las distribuidoras y serían adjudicadas mediante una metodología de licitación abierta con rondas de subasta inversa realizadas por consultores internacionales independientes, la realización de dichos procesos de licitación tenía como objetivo primordial la disminución de las tarifas finales aplicadas especialmente a los consumidores residenciales. (Eventos PEG-1, PEG-2 y PEG-3)

Desde otra perspectiva (Rudnick, 2010), definió como tal una metodología de licitación aplicada a los productos de potencia y energía eléctrica como un proceso donde los participantes buscan adjudicarse contratos de avituallamiento en base en las ofertas realizadas. Asimismo indica que los procesos de adjudicación pueden ser realizados en licitación en dos tipos de modalidades que son de corto y largo plazo, el primero solamente serán adjudicadas plantas en operación comercial y principalmente estos se realizan para la cobertura de demanda firme de las distribuidoras, para la licitación de largo plazo se adjudican plantas que están en construcción o tiene poco tiempo de operación comercial, éstas proveen energía eléctrica y potencia durante la duración del contrato.

Asimismo (Vásquez Miranda, 2001), enunció que para realizar un proceso de licitación es necesario observar las características técnicas de la demanda que depende de los siguientes factores: el tipo de usuario, situación económica del país, factores geográficos, de la oferta, producto interno bruto, entre otros.

Asimismo, para efectuar los pasos de la metodología de asignación resulta ineludible comprender las leyes internas del país derivado que es imperativo la puesta en práctica de mandatos políticos y tecnológicos de cada país de conformidad con las exigencias de los consumidores.

Para la adjudicación de un contrato también se debe tener en consideración el objeto y naturaleza del contrato, duración, cargos por energía reactiva, incentivo a la potencia comprometida, garantías de pago del distribuidor, garantías de incumplimiento, multas por incumplimiento, motivos de terminación del contrato, punto de entrega, casos de fuerza mayor, peajes, pérdidas de generación entre otros. (Vásquez Miranda, 2001).

La asignación de PPA por medio de algoritmos de lógica computacional es empleada para tratar de cubrir un suministro y un tiempo de operación óptimo para el avituallamiento de la adquisición del consumo de los usuarios, determinando el valor presente neto de las instalaciones y determinando importes de potencia y energía eléctrica para la exposición de ofertas de importes, los cuales si tienden al descenso indicará que la disputa entre los oferentes es alta, esto resultará en la asignación de óptima para el avituallamiento requerido. (Brodrick, Kang, Brandt y Durlofsky, 2014)

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

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

Debido a que la distribución de energía eléctrica es considerada un monopolio natural, este debe ser regulado por algún ente, este último se debe asegurar que el servicio se brinde de forma homogénea y sin limitación alguna, al corroborar de forma estricta que se brinde con los requerimientos mínimos de calidad, asimismo, se debe asegurar que el costo con el cual se brinda el servicio sea el mínimo, dicho costo mínimo también debe ser eficiente para las empresas encargadas de brindarlo para que les permita realizar todas las actividades relacionadas a la prestación del servicio y operar en un régimen de negocio lucrativo.

Al hablar de costo mínimo se plantea la idea que es el costo más bajo que se debería pagar por el servicio, es decir, que se utilizan todas las herramientas disponibles para obtener el costo mínimo, en este caso para brindar el servicio de distribución al costo mínimo, se necesita contratar las fuentes de generación óptimas para proveer a la demanda que cumplan dicho cometido. Debido a las políticas energéticas instauradas en el país cuyo cometido primordial es para el caso del subsector eléctrico guatemalteco diversificar la matriz energética al construir plantas de generación limpia tales como hidroeléctricas, granjas de paneles solares, parques eólicos y pequeñas hidroeléctricas a filo de agua el objetivo es interrumpido.

### **3.2. Descripción del problema**

La diversificación de la matriz energética dio lugar a la construcción de plantas de generación, esas nuevas plantas fueron adjudicadas para el abastecimiento de la demanda del país, es decir, que los costos de abastecimiento ofertados por parte de los generadores propietarios de estas plantas en las licitaciones realizadas para la adjudicación, no precisamente son costos mínimos derivado que cuentan con costos financieros altos producto de la alta inversión realizada para la construcción de las plantas, adicional a esto, se suma la recuperación de la inversión realizada, esta última será recuperada por medio de la venta de energía y potencia eléctrica a las distribuidoras del país. Todos los costos listados anteriormente, fueron incluidos en las ofertas realizadas por las plantas adjudicadas, y actualmente son trasladados directamente a los usuarios de las distribuidoras en las tarifas correspondientes durante la duración de las adjudicaciones.

Es importante contar con una matriz energética diversificada, pero es de mayor relevancia brindar un servicio económico y eficiente, especialmente si este servicio es regulado dado que mayoritariamente es realizado por entidades gubernamentales, es decir, que evidencia la ineficiencia del gobierno para brindar solución a una problemática social. Entonces, con la adjudicación de plantas nuevas de generación para brindar el servicio de abastecimiento de potencia y energía eléctrica a las distribuidoras con una metodología no orientada a la disminución de las tarifas existentes, sino que simplemente minimizar el costo del abastecimiento con las plantas oferentes que en su mayoría son nuevas y derivado que se adjudicaron en su mayoría plantas nuevas, cuyos costos no son mínimos como ya se expuso, se trasladan ineficiencias de los generadores a los usuarios de las distribuidoras, que se ven

reflejadas en el alto costo de algunas tarifas existentes de las distribuidoras que tiene el servicio para los mismos.

### **3.3. Delimitación del problema**

A continuación, se describen los cuestionamientos al respecto.

#### **3.3.1. Pregunta central**

¿Cómo adjudicar contratos de potencia y energía eléctrica del mercado a término, para el abastecimiento de la demanda de las distribuidoras del país para la reducción de las tarifas de electricidad?

#### **3.3.2. Preguntas auxiliares**

1. ¿Qué tipo de contratos podrían abastecer la demanda creciente de las distribuidoras del país de forma eficiente y económica?
2. ¿Existe alguna metodología para la adjudicación de contratos de abastecimiento, cuyo principal objetivo sea reducir o mantener el costo del kWh suministrado a los usuarios de la distribuidora?
3. ¿Existe alguna metodología para medir el impacto en tarifas de los contratos de abastecimiento adjudicados por medio de licitación pública?
4. ¿Cuál es el impacto de los actuales contratos de abastecimiento adjudicados a plantas nuevas en las tarifas de distribución?

### **3.3.3. Delimitación del problema**

La investigación se llevará a cabo en Guatemala dado que se realizará una propuesta de una metodología para la adjudicación de contratos de energía y potencia, para las 19 distribuidoras autorizadas a brindar el servicio de distribución final de energía eléctrica en el país y registradas ante el Ministerio de Energía y Minas como agentes distribuidores.

La propuesta de esta metodología está orientada específicamente a la adjudicación de contratos de potencia y energía eléctrica en el mercado a término, también dotará a la distribuidora, la capacidad de abastecerse de los requerimientos mensuales de energía, ya sea de los contratos adjudicados o del mercado de oportunidad del mercado mayorista. Con esto se garantiza que siempre se obtendrá la energía de la fuente más barata que existe en el mercado, porque la distribuidora podrá escoger con base en la estacionalidad de la demanda el abastecimiento más económico.

Esta propuesta podrá ser aplicada de tal forma, que pueda comparar las ofertas realizadas por los generadores en procesos de licitación anteriores y obtener las debidas conclusiones en cuanto a la forma de evaluación de las ofertas realizadas, las cuales en su momento fueron las correctas.



## 4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación de la Maestría de Gestión de Mercados Eléctricos Regulados que corresponde a las líneas de investigación de Contratación de Suministros Eléctricos / Análisis y Tendencias en la Matriz Energética Nacional Regional y Global, enfocado a la contratación de suministros de potencia y energía eléctrica de las distribuidoras del país. Las líneas de investigación se eligieron debido a que el tema de investigación comprende tanto la matriz energética nacional como la regional, debido a la existencia de un mercado regional de contratos, las plantas de generación de Centroamérica pueden ofertar para adjudicarse un contrato de abastecimiento.

Existen pocas fuentes bibliográficas acerca de este tipo de metodologías derivado que solo es realizado por empresas privadas especializadas en consultoría de esta índole, y los informes que estas brindan son tan compactos que no exponen detalladamente la metodología utilizada sino que solamente las plantas adjudicadas y la ecuación minimizada derivado del proceso, por tal motivo, se hace necesario proponer una metodología para la adjudicación de contratos en los procesos de licitación, para abastecer la demanda de los distribuidores; dado que al adjudicarlos se debe asegurar que el costo por kWh consumido disminuya o por lo menos se mantenga en un rango aceptable y no se incremente de forma abrupta como consecuencia de la adjudicación de contratos del proceso de licitación.

La metodología estará orientada a la adjudicación de contratos de abastecimiento en procesos de licitación, la cual tendrá como principal objetivo la disminución del costo por kWh que pagan los usuarios de las distribuidoras,

la metodología tendrá como base el aprovechamiento de las flexibilidades de adquisición de energía en el mercado a término y en el mercado de oportunidad de la energía del mercado mayorista por parte de las distribuidoras, con la implementación de esta metodología se estará dotando a las distribuidoras que puedan contratar un suministro para el abastecimiento de sus requerimientos mínimos de energía y potencia en forma económica y eficiente.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Proponer una metodología para la adjudicación de contratos de abastecimiento de potencia y energía eléctrica para el abastecimiento de la demanda de los usuarios de las empresas de distribución, cuyo objetivo sea disminuir los costos de generación trasladado a los usuarios finales.

### **5.2. Específicos**

1. Determinar los contratos que permitirán a las distribuidoras abastecer a sus usuarios, de forma económica y eficiente.
2. Proponer una metodología para la adjudicación de contratos de abastecimiento en procesos de licitación, que reduzca o sostenga el costo de kWh suministrado a los usuarios de la distribuidora.
3. Determinar una metodología que determine el impacto en Q/kWh por contrato de abastecimiento adjudicado en procesos de licitación pública.
4. Determinar el impacto en tarifas de distribución en Q/kWh de los contratos adjudicados en los procesos de licitación pública realizados.



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

Con la realización del presente trabajo de investigación se atenderán necesidades de:

- Una metodología aplicable por las empresas de distribución del país, para adjudicar contratos de abastecimiento a sus usuarios, que permita ser flexible en la adquisición de energía y a la vez tener certeza del abastecimiento de la potencia para el cubrimiento de la demanda firme al contratar la misma en el mercado a término por medio de contratos. Asimismo, la metodología asegurará que el costo trasladado a los usuarios por abastecimiento disminuya o se mantenga con respecto, a los costos actuales incurridos por las mismas.
- Definición clara del tipo de contrato de abastecimiento y proceso de licitación que es necesario realizar por parte de cada distribuidora, así como, los periodos que debe realizar el suministro de energía a través del contrato suscrito en el mercado a término o tomar la energía del mercado de oportunidad del mercado mayorista.



## **7. MARCO TEÓRICO**

En los primeros capítulos, se expondrá la forma en la cual está dispuesto el subsector eléctrico de Guatemala, todos sus participantes y todas las funciones que estos pueden ejercer en concomitancia con lo dispuesto en ley, también se expondrán los diferentes procesos por medio de los cuales las empresas de distribución pueden adjudicar contratos de abastecimiento para sus usuarios finales.

### **7.1. Mercado Eléctrico de Guatemala**

El mercado eléctrico en el país, se encuentra está constituido por 3 grandes partícipes, los cuales son el Ministerio de Energía y Minas (MEM) como ente rector, es decir, que tiene la función de dictaminar las directrices para crecimiento energético en Guatemala, el segundo es la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), entidad reguladora que su actividad primordial consiste en cumplir y vigilar por la puesta en práctica de la ley según lo dictaminado en el artículo 4 de la Ley General de Electricidad (LGE). (Linares Lemus, 2015).

El Administrador del Mercado Mayorista es la institución que según (Linares Lemus, 2015), es la designada por la LGE encargada de la realización de todas las actividades operacionales del sistema eléctrico nacional, lo cual se entiende por la generación y transmisión al ofrecer garantías operativas y el avituallamiento preciso de energía, como postrero se encuentran los participantes del mercado mayorista los cuales están descritos en la LGE como

generadores, transportistas, comercializadores y distribuidores, los grandes consumidores no son considerados como participantes.

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

El MEM es el órgano rector de los sectores de energía, carburantes y minería, su principal función es dictaminar leyes que fomenten la adecuada utilización de los activos biológicos de Guatemala, al hacer alusión a materia concerniente de la electricidad en el artículo 3 de la LGE, indica que es el designado de disponer las directrices que regirán al mismo. Específicamente en respaldar el desenvolvimiento y dirección del subsector guatemalteco, el MEM tiene otras actuaciones de máxima relevancia en el mercado de electricidad de Guatemala. (Ramos Florian, 2007)

Dentro de las múltiples funciones del MEM se encuentran las específicas para el sector eléctrico, según (Ramos Florian, 2007), se puede mencionar: a) Otorgamiento de permisos para asentamiento de plantas de electricidad, asimismo la autorización de superficies de concesión para realizar la actividad de proveer de servicio de electricidad y la actividad de transporte de electricidad en alta tensión. b) Es el encargo de tener el registro y realizar la filiación de los participantes del mercado mayorista y de grandes consumidores. c) Le compete única y exclusivamente el Plan de Expansión del Sistema de Transporte en concordancia con el artículo 54 del reglamento de la LGE.

#### **7.1.2. Comisión Nacional de Energía Eléctrica**

Antes de la divulgación de la LGE el subsector de electricidad se encontraba dispuesto verticalmente, es decir, solo un ente o empresario desarrollaba las funciones instauradas mediante la LGE de generar, transmitir y



distribuir energía eléctrica, en este caso para Guatemala era la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. y el Instituto Nacional de Electrificación (INDE). El tipo de mercado es típico en un mercado eléctrico no maduro, pero a raíz de la divulgación de la LGE mediante el decreto 93-96 de la República de Guatemala, la cual dicta que una misma entidad individual o como sociedad, le es prohibido realizar las actividades simultáneas establecidas en la LGE, el objetivo de la segmentación de las actividades, es que todos los aspectos financieros de las distintas actividades fueran los propios de cada actividad individual y que los costos que sean trasladados a tarifa sean lo más transparente posible. La desarticulación del sistema vertical evitaría que cualquier anomalía en los costos que se trasladan a tarifa y evitar cualquier monopolio en las actividades.

Con la promulgación de la LGE, se instaura la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, ente normalizador del mercado de electricidad, cuya meta es reducir ineficiencias y oscilaciones en los costos que son transferidos por las actividades reguladas a los clientes de los distribuidores, esto se logra a través de esquemas y métodos de cálculos técnicos y económicos, que incentiven la inversión, asimismo lleva a cabo la función de ser una dependencia exclusivamente técnica del MEM contando con un desligamiento totalmente técnico para llevar a cabo sus funciones dictadas por la misma LGE.

Son muchas las funciones de la CNEE pero como ente regulador, pero según lo establecido por (Ramos Florian, 2007), la LGE en su artículo 4 fija funciones que la CNEE debe realizar, dichas funciones son: a) Cumplir y vigilar por la puesta en práctica de la LGE. b) Vigilar porque los adjudicatarios y concesionarios de actividades cumplan la sus obligaciones. c) Hacer cumplir los derechos de los clientes de los distribuidores. d) Evitar conductas que impidan la libre competencia. e) Establecer las tarifas sujetas a normalización. f) Dirimir polémicas surgidas entre los participantes del sector. g) Redactar los

ordenamientos técnicos concernientes a las actividades sujetas a regulación y verificar su cumplimiento. h) Emitir los arreglos y la reglamentación que aseguren el correcto acceso de todos los interesados a las líneas de transporte y redes de consumo residencial propiedad de los distribuidores y su respectivo uso.

Dos de las funciones más importantes de la CNEE son las de definir las tarifas de las actividades reguladas, las mismas consideradas como un monopolio natural, dado que se observan en dichas actividades economías de escala que impiden una competencia numerosa, por tal razón se deben regular de forma exhaustiva, con la primera de las actividades (distribución), la ley les exige a los adjudicados que sean eficientes y productivos con la utilización de los bienes públicos concesionados y que las instalaciones construidas para brindar el servicio requerido sean económicamente dimensionados, además, los mismos deben asegurarse de generar beneficios económicos para el adjudicado propietario de las instalaciones, para ello el ente regulador deberá de utilizar procedimientos de cálculo técnico basados en conceptos económicos universales y aceptables para hacer más atractiva la inversión en el país. (Arias & Cadaviv, 2004).

Los precios regulados a los cuales está sometida la actividad de distribución son: a) Precio por el kWh, dicho precio abarca el funcionamiento y sostenimiento de la red del distribuidor, estándar mínimo de servicio, control de la eficacia del servicio y el importe por la utilización de las redes. b) Cargo fijo, que es el importe que el usuario debe pagar por lectura del medidor, agencias de servicio, el importe por el alquiler del medidor propiedad del distribuidor. c) El precio por kW contratado. d) El precio por kW de potencia máxima. (Arias & Cadaviv, 2004).

Al hacer alusión a la otra actividad normada que es la transferencia de electricidad en alto voltaje, el artículo 50 del reglamento de la LGE, norma la realización de levantamiento de nuevas estructuras para brindar el servicio de transferencia de electricidad en alto voltaje, a través de los siguientes mecanismos: a) Por acuerdo mutuo. b) Por Iniciativa propia y c) Por licitación pública. (Linares Lemus, 2015).

Según lo establecido por (Linares Lemus, 2015), los estatutos legales vigentes respecto a la actividad de transmisión muestran *drivers* de un mercado liberalizado, dado que permite a voluntad la construcción de sistemas de transmisión a los agentes. En Guatemala existen dos sistemas de transmisión que son el sistema principal, es el sistema donde intervienen todos los generadores y el sistema secundario es aquel que utilizan los generadores para conectarse al sistema principal, la diferenciación tiene lugar en las distintas modalidades de construcción de instalaciones y su respectiva remuneración específicamente es a quien corresponde el pago de las mismas. (Linares Lemus, 2015).

Con respecto a las dos primeras modalidades de ampliación del sistema de transporte, estos serán pertenecientes de forma obligatoria al sistema secundario debido que básicamente son utilizadas por agentes generadores, que pactan con un agente transportista la construcción de instalaciones, es decir, que los interesados construyen, supervisan y dan mantenimiento a las instalaciones de transmisión eléctrica y pactan un precio por las mismas que serán pagadas por el o los interesados. También existe la posibilidad de no existir un acuerdo por el uso de las instalaciones, si ese fuera el caso será el ente regulador quien establecerá el monto máximo de pago por las mismas, al hacer la alusión a la tercera modalidad de ampliación, dichas obras serán

pertenecientes al sistema principal de transmisión que es pagado por toda la demanda del país. (Linares Lemus, 2015).

Todo negocio debe ser remunerado especialmente si es un servicio de bien social por tal razón según lo establecido por (Congreso de la República de Guatemala, 1996), el cálculo del pago de las instalaciones construidas por la tercera modalidad y las instalaciones en las cuales no se llegase a un acuerdo mutuo es decir a las construidas por la primera y segunda modalidad, se encuentra compuesto generalmente por los siguientes ítems: a) La inversión por los activos pagado de forma anual durante un lapso de amortización y una duración rentable de los activos de 30 años y considera un valor de sustitución de proyectos óptimamente construidos, se utiliza para dicho cálculo un factor de recuperación de capital (FRC) con una tasa de costo de capital establecida por CNEE. b) Costos anuales de procedimiento y mantención que son el 3 % del total del costo de las instalaciones.

### **7.1.3. Mercado Mayorista**

El mercado de electricidad al por mayor en Guatemala es de competencia al por mayor, se refiere a que el mayor porcentaje de las actividades concernientes al sector de electricidad se encuentran segmentadas para estimular la pugna dentro de los mismos participantes, pero esto no es obligatoriamente certero para el transporte y avituallamiento en media y baja tensión, debido a su naturaleza inherente de monopolios, para el caso específico de la producción de electricidad se detalla como una actividad con una pugna alta, dado que es un modelo marginalista y en este se recompensa la eficiencia y no la ineficiencia. En el mercado mayorista local se ofrecen los siguientes productos y servicios; a) Potencia eléctrica. b) Energía eléctrica. c)

Prestación de transferencia de electricidad en alto voltaje. d) Servicios complementarios. (Ramos Florian, 2007).

En las negociaciones de potencia y energía eléctrica, los precios son fijados por la oferta y el consumo en diferentes modalidades de adquisición de estos, los consumidores del mercado eléctrico dígase distribuidores, comercializadores y grandes usuarios son los que adquieren el servicio y los vendedores (generadores) se disputan el suministro de los mismos al ofrecer precios competitivos. Para la actividad de generación, una competencia libre es donde mayores beneficios se pueden obtener en la medida que se tengan muchos compradores cuyas necesidades de abastecimiento son disputadas por los generadores que ofrecen precios bajos derivados de la alta oferta existente. (Suzuki, 2015).

Pero los beneficios mencionados según (Suzuki, 2015), solo se obtendrían si se contase con un mercado con un sistema *pool*, es decir que toda la potencia y energía producida por los generadores fuese inyectada al *pool* para que los consumidores adquieran la energía requerida a precios competitivos, al no tener en consideración quien sea el proveedor de la misma. Cabe mencionar que el mercado tipo *pool* es una transacción física, es decir, que la energía es producida por la central y es inyectada directamente al *pool*, y no solamente energía comprometida que tiene que ser entregada, ya sea por la central comprometida u otra central propiedad del generador o de un tercero.

Concerniente a los servicios de transporte de energía, no es un mercado competitivo como tal, debido a su naturaleza económica, es decir que cada kW de capacidad de los conductores existentes en cada sistema de transmisión, ya sea sistema principal o sistema secundario se encuentra comprometido futuramente, ya sea con un generador o consumidor del mercado mayorista, y

no existe una competencia como tal en dicho servicio, debido también a su naturaleza de monopolio natural.

Los servicios de transporte se pagan con una anticipación de un mes según la regulación vigente, el sistema principal es el sistema que pagan todos los agentes que consumen energía en el SIN, es decir, toda la demanda interconectada, y es el ente regulador a quien le corresponde fijar un monto máximo de peaje por todas las instalaciones pertenecientes a este sistema transportista, para el caso del sistema secundario derivado que existen dos modalidades para la construcción de instalaciones en la modalidad de acuerdo mutuo, existen dos formas de establecimiento del pago, una es por mutuo acuerdo entre los interesados que fijan un pago por las instalaciones construidas, la segunda tiene lugar cuando los involucrados no llegan a un acuerdo y es el ente regulador quien debe definir el valor máximo de peaje a recibir y determina a quien corresponde dicho pago. Cuando la construcción de instalaciones pertenecientes al sistema secundario se hace por la modalidad de iniciativa propia es el ente regulador quien fija el monto de peaje máximo y a quien corresponde el pago. (Ramos Florian, 2007).

#### **7.1.3.1. Mercado de oportunidad de la energía**

El mercado *spot* de la energía, es un medio en donde se transan faltantes y sobrantes de electricidad de los participantes, es decir que los mismos que cuenten exceso de electricidad puedan transarlos en el mercado spot y dichos excesos puedan ser comprados por los participantes que reporten faltantes. El mercado de oportunidad es un mercado competitivo basado en un modelo marginalista por tal razón todos los agentes participantes en este mercado y que cuenten con excedentes de energía, debe reportar al operador el costo en el cual incurre la o las plantas de su propiedad para producir un MWh; a dicho

costo se le denomina costo variable, con dicho costo informado de forma horaria por cada generador se forma una lista denominada “Lista de Mérito” que se organiza en base a costos del más bajo al más alto, considerando dicha lista las plantas que cuenten con el menor “costo variable” deberán ser las primeras en ser despachadas hasta cubrir el consumo de electricidad de los participantes consumidores. (Alvarez Paz, 2010).

#### **7.1.3.2. Mercado a término**

Conocido también como mercado de contratos, es uno de los mercados existentes dentro del mercado mayorista de Guatemala, es un mercado donde los agentes y grandes usuarios, pactan por medio de contratos de abastecimiento acordados entre las partes en los cuales se establecen cantidad, precios y plazos para el suministro de productos del mercado mayorista. Los distribuidores y grandes usuarios en cumplimiento de la regulación vigente están obligados a contratar en este mercado la totalidad de su demanda firme, calculada por el ente operador del mercado mayorista para el año estacional en curso, son los mayores clientes de este mercado. Además, la reglamentación actual aparte de obligarlos a tener cubierta toda su demanda firme, estipula un lapso mínimo de dos años para la aseguración de esta por medio de acuerdos bilaterales de un lapso a lo sumo de 15 años. (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2013).

#### **7.1.3.3. Desvíos de potencia**

Existe un medio usado por los participantes que hayan signado contratos en el mercado de contratos y compromisos regionales mediante contratos en las diferentes formas permitidas en el MER, y estos no puedan dar cumplimiento a los mismos por cualquier situación, cuando esta condición se

cumple los participantes pueden acudir a un transacción de desvíos de potencia para cumplir los contratos firmados, cuando la compra se realiza por faltantes de potencia se denominan desvíos negativos y cuando se tienen excesos se denominan desvíos positivos, estos son negociados en el mercado de desvíos positivos del mercado mayorista. Para la compra de desvíos negativos cada kilovatio-mes adquirido es valorado a un precio denominado precio de referencia de la potencia, que tiene un importe de \$ 8.90 y para la oferta de excedentes de potencia estos se venden dependiendo de la propuesta de cada participante, que cuenten con excesos, así serán vendidos los mismos, entonces se negocian en un ambiente de disputa liberalizada. (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2013).

#### **7.1.4. Administrador del Mercado Mayorista**

Denominado operador del sistema de electricidad nacional, según lo dispuesto en el artículo 1 del Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista, su objetivo principal es la gestión y disposición del mercado al por mayor de electricidad de Guatemala, además organiza los intercambios de los participantes del MM, al promover un mercado de disputa abierta con reglas que incentivan la inversión en el país, asimismo vela por la cobertura del consumo nacional al no comprometer la estabilidad del sistema. (Guatemala, Congreso de la República, 1998).

La mayoría de entes operadores de sistemas eléctricos de potencia en todo el mundo cuentan con funciones en común, el AMM no es diferente tiene funciones asignadas por la legislación vigente, algunas de sus funciones son las siguientes: a) Establecer importes directos para las transacciones de potencia y energía a corto lapso entre los participantes del mercado al por mayor de la electricidad, cuando no se traten de pactos mutuos entre los mismos, aludiendo



al caso de los importes por energía debe realizar el cometido de examinar los costos de los participantes para proveer energía en determinada hora. b) Asegurar el exacto funcionamiento del SNI y las conexiones con los países vecinos, para ello deberá ser previsor englobando los pormenores del funcionamiento tales como reservas para mitigar oscilaciones latentes entre el consumo y el ofrecimiento de electricidad, tener certeza de la cargabilidad de las líneas de transporte para la evacuación de la producción de los participantes productores. (Ramos Florian, 2007).

La siguiente función es por una de las dos funciones por mucho las más importantes para un ente operador de sistemas eléctricos, parafraseando a (Ramos Florian, 2007), dicha función corresponde a la Coordinación comercial y ejecución de las permutas de electricidad en el mercado al por mayor de electricidad, este aspecto es relativamente importante en las transacciones con contratos debido a que el AMM tiene la responsabilidad de cotejar todos de los compromisos mutuos entre los participantes, para cuadrar tanto en forma física como económica dichos intercambios, asimismo el AMM a los participantes que inyectan energía en el *pool* debe retribuirles dicha electricidad acordada con los participantes consumidores, dicha liquidación es realizada al debitar la cantidad monetaria equivalente de la cuenta bancaria del participante consumidor y trasladar el importe a la cuenta del participante generador, en este punto se debe indicar, que la liquidación se realiza en forma horaria.

Las siguientes funciones encomendadas al AMM son funciones más de monitoreo del subsector eléctrico, entre estas se pueden mencionar: a) Estudios para el plan de progresión de la producción energética, en este asunto el AMM cuenta con la responsabilidad de proporcionar su pericia técnica específicamente en elaborar estudios y proporcionar la información puntual para el análisis del mercado y del SIN, esto con el objetivo de que un órgano técnico

especializado del MEM elabore un plan de progresión de la generación; b) Previsión del comportamiento del sistema, el AMM tiene a su cargo la planificación del sistema la cual ejecuta de forma diaria, mensual y anual al ratificar los datos de operaciones entre los participantes; c) Cálculo de los importes de electricidad de corto lapso, esta función es ejecutada al tomar como base la teoría marginalista, donde todos los involucrados declaran los gastos en los cuales incurrirán para cubrir el consumo de un MWh y con base en dicha declaración puedan ser convocados. (Ramos Florian, 2007).

La segunda función más importante del AMM es la actividad de despacho, para ejecutar dicha función se debe reconocer los requerimientos de potencia y energía eléctrica al equilibrar de forma instantánea el consumo y la generación de estos últimos, esta función a su vez lleva implícita la operación del sistema eléctrico al tomar como base el concepto de un despacho económico, es decir, reducir el importe derivado de operación del sistema optimizándolo para cubrir el consumo nacional. (Alvarez Paz, 2010).

Otra de las funciones que son adyacentes a la actividad del despacho parafraseando a (Alvarez Paz, 2010), consiste en la coordinación de la operación en tiempo real del sistema y de las conexiones con los países interconectados, esta actividad es llevada a cabo por medio de una dependencia especializada del AMM que es el despacho de carga, cuya responsabilidad exclusiva es la coordinación con los generadores de las cantidades de electricidad que deben generar para cubrir el consumo, lo anterior es realizado por medio de un seguimiento exhaustivo al brindar instrucciones y pautas a los productores de cómo operar sus plantas para dotar la electricidad e identificar las posibles contingencias en el sistema de alta tensión, asimismo realiza la revisión económica del sistema y de todas las acciones llevadas a cabo por los participantes en la operación del mismo.

#### **7.1.4.1. Agentes**

Conforme lo sugerido por (Linares Lemus, 2015), los agentes del mercado al por mayor de electricidad son todas las personas individuales o legales que se desenvuelven al llevar a cabo alguna actividad designada en la LGE y tienen participación en el mismo, es decir, ejecutan negociaciones de adquisición y venta de los productos ofrecidos en el mercado al mayor de la electricidad, en el artículo 6 de la LGE se dictamina quiénes son los participantes del mercado al por mayor de la electricidad y el artículo 39 del Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista (RAMM) da a conocer las condiciones que deben efectuar para ser catalogado como participante del mercado al por mayor de electricidad con una actividad específica.

##### **7.1.4.1.1. Generadores**

Según lo dispuesto en la LGE para ser catalogado como un participante productor, debe estar anotado en el registro de generadores, la actividad específica es llevada a cabo por el MEM, y como mínimo debe tener una capacidad instalada de cinco megavatios (5 MW). (Guatemala, Congreso de la República, 1996).

##### **7.1.4.1.2. Transportistas**

Para ser considerado un transportador de electricidad es imprescindible estar registrado ante el MEM como un agente transportista, y contar con capacidad de transporte o conversión de diez megavatios (10 MW) o superior, actualmente se encuentran registrados una totalidad de 12 transportistas que brindan el servicio en los sistemas existentes. (Guatemala, Congreso de la República, 1996).

#### **7.1.4.1.3. Distribuidores**

Para ser considerado un distribuidor, primero se debe tener una licencia para ejercer la función de distribución otorgada por el MEM, la autorización de la pauta para el uso del patrimonio de dominio público para ejecutar la función de distribución, asimismo se debe cumplir con requisitos mínimos, entre ellos, contar con quince mil usuarios o más en la zona de operación. Actualmente en Guatemala se cuentan con 16 distribuidores autorizados en diferentes regiones del país. (Guatemala, Congreso de la República, 1996).

#### **7.1.4.1.4. Comercializadores y grandes usuarios**

Para ser un comercializador en el mercado al por mayor de electricidad debe tenerse una demanda firme de al menos dos megavatios (2 MW), aludiendo a los grandes consumidores, estos no son considerados como participantes en el MM, pero según lo decretado en el RAMM, estos pueden tener participación directa en el mercado al por mayor de electricidad como un gran consumidor participante, un gran consumidor es concurrido en el MM en transacciones o como un gran consumidor con representación, es decir, que todas las transacciones que realice serán ejecutadas a través de un intermediario comercializador que tiene su representación en el MM, actualmente se cuentan con 25 comercializadores en el MM y un total de 806 grandes consumidores registrados en el MEM y tan solo 8 de estos grandes consumidores participan directamente en el MM. (Guatemala, Congreso de la República, 1996).

## **7.2. Procesos de licitación**

Conocido como una metodología de asignación de contratos, son funciones a realizarse y constituidas en la LGE en el artículo 62 y en su reglamento artículo 65 bis, estos artículos dictaminan que los distribuidores a quienes se les fue concesionada una superficie específica para llevar a cabo la distribución de electricidad, deben celebrar metodologías públicas de asignación de contratos para abastecer los requerimientos de consumo de electricidad básicos que afiancen la cobertura del consumo de sus usuarios. Estas contrataciones deben ser establecidas para un periodo mínimo de dos años y un máximo de quince años según lo expuesto en los artículos ya mencionados. (Linares Lemus, 2015).

La contratación se ejecuta para dar cumplimiento a un mandato legal, el cual decreta que los distribuidores, comercializadores y consumidores no convencionales, están obligados a cubrir en el mercado de contratos, todo su consumo firme, dicho consumo firme es calculado cada año estacional por el AMM, el AMM ejecuta una proyección al tomar de base los picos de consumo de los distribuidores, comercializadores y consumidores no habituales, al tener las proyecciones de los picos de consumo, se le agrega un porcentaje adicional de consumo, el cual incluye las pérdidas y los valores de consumo específicos que comprenden reservas para la perfecta operación del SNI. (Guatemala, Congreso de la República, 1998).

### **7.2.1. Proyecciones de potencia y energía eléctrica**

El cálculo de consumos de electricidad para la determinación de consumos firmes, que las distribuidoras deben de contratar en el mercado de contratos del MM cada año estacional, esto con el objetivo de satisfacer el

consumo de sus usuarios y contribuir con un porcentaje de reservas determinado por el operador del sistema, asimismo en todos los periodos estacionales las proyecciones de consumos de electricidad son usadas para definir las tarifas anuales que derivan del Informe de Costos Mayoristas realizado por el AMM para cada agente distribuidor. En dicho reporte todos los importes debidos a la compra de electricidad en el mercado de contratos y en el de ocasión de la energía, este último dato trasladado como una mera proyección, costos de peajes de transferencia en alto voltaje de los sistemas existentes que haga uso el distribuidor, importes por la operación, administración del sistema e importes por servicios adicionales derivado de la operación normal de los agentes distribuidores para satisfacer a su demanda, son utilizados para el establecimiento de la tarifa base anual que es ajustada cada trimestre en el artículo 87 de la LGE. (Linares Lemus, 2015).

La contratación se ejecuta para dar cumplimiento a un mandato legal, el cual decreta que los distribuidores, comercializadores y consumidores no convencionales, están obligados a cubrir en el mercado de contratos, todo su consumo firme, dicho consumo firme es calculado cada año estacional por el AMM, el mismo ejecuta una proyección al tomar de base los picos de consumo de los distribuidores, comercializadores y consumidores no habituales, al tener las proyecciones de los picos de consumo se le agrega un porcentaje adicional de consumo, el cual incluye las pérdidas y los valores de consumo específicos que comprenden reservas para la perfecta operación del SNI. (Guatemala, Congreso de la República, 1998).

#### **7.2.1.1. Método de proyección Holt-Winters**

El método Holt - Winters utiliza series de tiempo dado, en ellas es muy fácil encontrar características importantes como la inclinación, estacionalidad,

ciclos, componentes irregulares o atípicos y ruido, el método Holt – Winters es conocido también como de triple suavización precisada a la inclinación, es decir, que adiciona un parámetro cíclico al modelo Holt, es decir, permite resolver sucesiones de tiempo univariantes que muestran una inclinación cíclica, existen dos tipos de suavización exponencial, el multiplicativo, el cual básicamente es un alisamiento exponencial de los datos con una inclinación y comportamiento estacional, la suavización tiene base en la definición de cuatro componentes.

Según (Mejía Vásquez & Gonzales Chávez, 2009 p. 185), la composición del método Holt-Winters, está basado en lo siguiente:

“Nivel Estimado”

$$A_t = \frac{X_t}{S_t} + (1-\alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \text{ (ecuación 1)}$$

“Estimación de la Tendencia”

$$A_t = \gamma(A_t - A_{t-1}) + (1 - \gamma)T_{t-1} \text{ (ecuación 2)}$$

“Estimación de la Estacionalidad”

$$S_t = \delta \frac{X_t}{A} + (1 - \delta)S_{t-s} \text{ (ecuación 3)}$$

“Predicción de m periodos en el futuro”

$$X_{t+m} = (A_t + mT)S_{t+m-s} \text{ (ecuación 4)}$$

Donde:

$A_t$  = "valor de la suavización para el nivel de la serie en el periodo t"

$\alpha$  = "constante de suavización exponencial para el nivel "

$X_t$  = "valor real de la serie en el perio t"

$T$  = "componente de tendencia de la serie para el periodo t"

$\gamma$  = "constante de suavización exponencial para la tendencia"

$s$  = "componente estacional de la serie de para el periodo t"

$S$  = "longitud de tiempo de la estacionalidad"

$S_{t-s}$  = "factor estacional de la serie calculado para el periodo t"

$m$  = "periodos futuros a predecir"

$X_{t+m}$  = "predicción Holt – Winters para el periodo  $t + m$  "

La suavización realizada en el método Holt-Winters aditivo, tiene su base en el cálculo de cuatro componentes, los cuales son los siguientes:

“Serie suavizada exponencialmente”

$$A_t = \alpha(X_t - S_{t-s}) + (1-\alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \text{ (ecuación 5)}$$

“Estimación de la Tendencia”

$$T_t = \gamma(A_t - A_{t-1}) + (1 - \gamma)T_{t-1} \text{ (ecuación 6)}$$

“Estimación de la estacionalidad”

$$S_t = \partial(X_t - A_t) + (1 - \partial)S_{t-s} \text{ (ecuación 7)}$$

“Predicción de periodos en el futuro”

$$X_{t+m} = (A_t + mT) + S_{t+m-s} \text{ (ecuación 8)}$$

Donde:

$A_t$  = "valor de suavización para el nivel de la serie en el periodo t"

$\alpha$  = "constante de suavización exponencial para el nivel"

$X_t$  = "valor real de la serie en el periodo t"

$T$  = "componente de tendencia de la serie para el periodo t"

$\gamma$  = "constante de suavización exponencial para la tendencia"

$S_t$  = "componente estacional de la serie de para el periodo t"

$S_{t-s}$  = "factor estacional de la serie calculado para el periodo t"

$S$  = "longitud de tiempo de la estacionalidad"

$m$  = "periodos futuros a predecir"

$X_{t+m}$  = "predicción Holt – Winters para el periodo  $t + m$  "

Como todo modelo de pronóstico basado en estacionalidad parafraseando a (Mejía Vásquez & Gonzales Chávez, 2019), no existe la certeza de un método



que articule en determinadas situaciones a analizar, esto dependerá exclusivamente de la pericia del analista, cuál de los dos métodos utilizará dependiendo de los resultados que espere.

Según (Mejía Vásquez & Gonzales Chávez, 2009 p. 189), indican, “una vez realizada la predicción mediante los modelos aditivo y multiplicativo para diferentes constantes de suavización, se procede a verificar que el mejor modelo para predecir el consumo de energía eléctrica es el modelo aditivo”, con factores de suavización igual a 0.4 ya que presentan un mejor acople en las tres variables.

### **7.2.2. Licitaciones de corto plazo**

Las licitaciones de lapso corto son procesos que se llevan a cabo donde asignan contratos establecidos en la NCC-13, estos pueden tener una longevidad máxima de dos años estacionales, tal y como lo dictamina el artículo 54 de la LGE, los tres distribuidores que tienen la mayor parte del territorio nacional concesionado, han llevado a cabo licitaciones de corto plazo, esto derivado a que se debe cumplir con la contratación de su demanda firme en el mercado a término al pactar con generadores que cuenten con oferta firme eficiente, contratos establecidos en la Norma de Coordinación Comercial No. 13.

Entre los contratos típicos asignados en este tipo de metodología, se encuentran los de avituallamiento de Potencia sin Energía Asociada y contratos de “avituallamiento de potencia con opción de compra de energía”, estos tienen la particularidad que han sido signados únicamente para dar cumplimiento al mandato legal de cubrir el consumo firme con contratos definida por el AMM. Al referirse a los contratos de “avituallamiento de potencia con opción de compra de energía”, estos no definen una compra establecida de energía en su periodo

de duración, al contrario, permiten la libre disputa, dado que al ser eficientes en sus costos de producción comparados con los costos que presenta el mercado en cierto periodo pueden obtener ganancias por la venta al distribuidor. (Linares Lemus, 2015).

Analizado desde otra perspectiva, las metodologías de licitación de corto plazo para el caso específico de las distribuidoras DEORSA, DEOCSA y EEGSA, fueron realizadas para reemplazar la potencia no proporcionada como resultado del incumplimiento de otros contratos con otros productores que fueron adjudicados, derivados de las licitaciones vinculadas a los planes de crecimiento de la generación emitidos por el MEM, es obvio, que los contratos adjudicados en los procesos ya mencionados, tienen un costo mayor que los adjudicados en procesos de corto plazo, esto es porque los contratos adjudicados en corto plazo son con plantas de generación que se encuentran en operación y cuyo costo de amortización ya fue pagado. (Ramos Florian, 2007).

### **7.2.3. Licitaciones de largo plazo**

Son pasos para la asignación de contratos de avituallamiento de electricidad, están asociados al plan de desarrollo de la generación, impulsado por el MEM, en Guatemala fueron ejecutadas tres asignaciones de largo lapso denominadas Plan de Expansión de la Generación PEG-1 en el 2011, Plan de Expansión de la Generación PEG-2 en el 2012 y Plan de Expansión de la Generación PEG-3 en el 2013. (Ministerio de Energía y Minas, 2013).

En los procesos ya mencionados EEGSA, DEORSA y DEOCSA asignaron contratos para el cubrimiento de los consumos de sus usuarios por un periodo máximo de quince años, tal y como lo dictamina la normativa vigente, los

contratos asignados en su mayoría obedecen a plantas que aún no estaban construidas, es decir, se adjudicaban proyectos en construcción o por construirse para el avituallamiento de la demanda con fuentes en su mayoría renovables. (Alvarez Paz, 2010).

La mayoría de contratos que fueron asignados son bien conocidos en su tipo, tal y como lo indica (Alvarez Paz, 2010), los contratos que fueron asignados, fueron de abastecimiento de potencia por diferencia con curva de carga (DCC), contratos de energía generada (EG) y minoritariamente contratos de avituallamiento de potencia con opción de compra de energía (OCE) y contratos de avituallamiento de potencia sin energía asociada (PSA). Con la asignación de los contratos se cumple un punto importante de la normativa, al aludir a los participantes distribuidores, quienes son la realización del cubrimiento de la demanda firme y se minimizan, tanto el riesgo del desabastecimiento de energía y el costo, es decir, que se aseguran precios fijos con porcentajes de incremento respecto a la volatilidad de comprar en el mercado *spot*.

Debe indicarse que las contrataciones realizadas no cubren el total del consumo de los distribuidores, dado que al producirla con recursos sustituibles especialmente hídrico dependen mucho de las condiciones climatológicas, es decir, están marcadas por la estacionalidad, por lo tanto, en un país como Guatemala, en el cual son realmente marcadas dos estaciones como lo son invierno y verano, en el verano la energía, la producción de plantas de generación con recurso hídrico tiene un valle y las distribuidoras deben adquirir la energía que consuman sus usuarios en el mercado *spot* del MM. (Wong, 2009).

Como sucede en la mayoría de países de Latinoamérica debido a su poca variabilidad climática (Wong, 2009) asevera, en invierno la producción hídrica aumenta y la entrega de la energía establecida en los contratos asignados y sumada a la energía que suministran los contratos de energía generada, llevan a una sobrecontratación de las distribuidoras, al aludir al tema de energía, esa es una de las principales objeciones de las contrataciones longevas, dado que la energía no consumida por las distribuidoras es vendida en el mercado *spot* a un costo lesivo comparado con el costo adquirido, lo cual provoca un déficit financiero que debe ser trasladado a tarifas, entonces se vuelve importante una planificación en el asunto de contratación de las distribuidoras y evitar el problema ya planteado.

### **7.3. Tipos de contratos para la adjudicación**

Las diferentes formas de contratación del consumo con las cuales los distribuidores, comercializadores y consumidores no habituales pueden suscribir contratos con un generador, nacional o regional, son los establecidos en la NCC-13 y los que declara el Reglamento del Mercado Eléctrico Regional, en estos pactan cantidades de potencia y energía eléctrica, plazos y precios. (Ministerio de Energía y Minas, 2013).

#### **7.3.1. Norma de Coordinación Comercial No. 13**

Es la norma avalada por la CNEE, esta detalla todo lo concerniente al mercado de contratos del mercado al por mayor de electricidad, es decir, todo lo concerniente con acuerdos mutuos entre los participantes del mercado y que deban pasar por el MM, los contratos signados entre participantes deberán ser declarados al AMM, a través de medios electrónicos de chequeo correspondientes para que el mismo pueda liquidar la energía y potencia

acordadas, así mismo el pago por los productos entregados al agente consumidor. (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2013).

### **7.3.2. Abastecimiento de potencia por diferencia con curva de carga**

Estos contratos acuerdan el avituallamiento de una cuota fija de potencia a lo largo del lapso del contrato para la cobertura del consumo firme, esta se deberá respaldar con la oferta firme eficiente (OFE), de no contar con OFE podrá honrar el compromiso con un contrato de respaldo de potencia con otro participante que tenga OFE, pero debe tener la potencia utilizable siempre disponible y no otorgar el avituallamiento ya comprometido con otro participante. (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2013).

Teniendo que en consideración de lo específico del servicio de distribución y lo poco previsible del mismo, (Linares Lemus, 2015) indica, esta clase de contratos comprende la cantidad de energía diaria entregada en forma horaria, la cual puede ser la totalidad de la energía vinculada a la potencia comprometida o un porcentaje de la misma, y será entregada por el generador en concordancia con la curva de consumo del comprador, es decir, que la curva de consumo será abastecida de forma horaria por todos los contratos y de tener faltantes los podrá adquirir en el mercado *spot*. Se debe indicar que, con relación a las cantidades de energía, si el agente vendedor no cuenta con energía para cumplir el contrato de abastecimiento, la podrá adquirir en el mercado *spot*.

### **7.3.3. Abastecimiento de potencia con opción de compra de energía**

En este tipo de contrato se acuerda el avituallamiento de una cuota de potencia fija durante el lapso del contrato, esta tendrá que ser respaldada con OFE a lo largo de la vigencia del mismo, de no contar con OFE, podrá realizar el contrato con un respaldo de potencia con otro participante que cuente con ella, pero deberá tener potencia utilizable y no comprometer un avituallamiento ya comprometido con otro participante. En el caso del avituallamiento de energía, es típico asignarlo a plantas de generación con recursos no sustituibles, es decir, que utilizan combustibles fósiles, carbón o gas natural, para generar la compra, debido a que el costo de producción es menor al costo variable de la máquina que margina en esa hora el mercado *spot*, es decir, que la distribuidora puede optar por la compra de energía de las plantas con las cuales tenga un contrato de opción de compra de energía o en el *spot* siempre tendrá el suministro faltante de la opción más barata. (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2013).

### **7.3.4. Abastecimiento de potencia sin energía asociada**

En esta clase de contrato se acuerda el avituallamiento de potencia fija a lo largo del lapso del contrato, la cual deberá respaldar con OFE, la potencia será exclusiva para cubrir el consumo firme, de no contar el vendedor con OFE por motivos de cualquier índole, podrá suministrar dicha potencia con respaldo de esta con otros participantes. (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2013).

### **7.3.5. Energía generada**

En esta clase de contrato no hay potencia involucrada, es decir, que la central comprometida no tiene asignada OFE, sino que solo entrega la energía producida hora a hora a un consumidor y esta energía estará ligada a la potencia de la planta estipulada en el contrato. (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2013).

### **7.3.6. Respaldo de potencia**

Estos contratos se signan entre productores que cuentan con contratos asignados con otro participante o gran consumidor, y no pueden cumplir con sus compromisos de potencia, la cual es empleada para el cubrimiento de la demanda firme por cualquier índole, entonces recurren a realizar un contrato con otro agente generador que supla el consumo faltante para cumplir con los compromisos adquiridos con otros participantes. (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2013).





## 8. ÍNDICE PROPUESTO

INDICE DE ILUSTRACIONES

INDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO TÉORICO Y CONCEPTUAL

#### 1.1 Mercado Eléctrico de Guatemala

1.1.1 Ministerio de Energía y Minas

1.1.2 Comisión Nacional de Energía Eléctrica

1.1.3 Mercado Mayorista

1.1.3.1 Mercado de Oportunidad de la Energía

1.1.3.2 Mercado a término

1.1.3.3 Desvíos de potencia

1.1.4 Administrador del Mercado Mayorista

1.1.5 Agentes

1.1.5.1 Generadores

1.1.5.2 Transportistas

1.1.5.3 Distribuidores

1.1.5.4 Comercializadores y grandes usuarios

#### 1.2 Procesos de licitación

- 1.2.1 Proyecciones de potencia y energía eléctrica
  - 1.2.1.1 Método Holt-Winters
  - 1.2.1.2 Proyección lineal
- 1.2.2 Licitaciones de corto plazo
- 1.2.3 Licitaciones de largo plazo
- 1.3 Tipos de contrato para la adjudicación
  - 1.3.1 Norma de Coordinación Comercial No. 13
    - 1.3.1.1 Abastecimiento de potencia con diferencia con curva de carga
    - 1.3.1.2 Abastecimiento de potencia con opción de compra de energía
    - 1.3.1.3 Abastecimiento de potencia sin energía asociada
    - 1.3.1.4 Energía generada
    - 1.3.1.5 Respaldo de potencia
    - 1.3.1.6 Respaldo de energía

## 2. LICITACIONES PEG-1, PEG-2 Y PEG-3

## 3. METODOLOGÍA PARA LA CONTRATACIÓN DE POTENCIA Y ENERGÍA ELÉCTRICA

## 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

ANEXOS

## **9. METODOLOGÍA**

La metodología del presente trabajo de investigación estará basada en un estudio de tipo descriptivo con un diseño no experimental, el cual consistirá en una propuesta para una metodología en la cual, mediante la recolección de datos de licitaciones anteriores realizadas por los distribuidores, se realizará una propuesta de metodología de adjudicación cuyo objetivo es la reducción de las tarifas por kWh consumido por los usuarios. La propuesta de la investigación también tiene fundamento al no existir bibliografía detallada acerca de la realización de dichos procesos en Guatemala, por tal motivo se considera necesario realizar esta investigación.

La metodología por plantear será aplicada para la realización de procesos de licitación que deben implementar los distribuidores, es decir, que utilizarán la metodología y replicarla para la adjudicación de contratos que sean económicamente eficientes en el abastecimiento de sus usuarios.

Para desarrollar la investigación como primer paso se realizará una revisión documental de fuentes de información como publicaciones, libros, procesos realizados en otros países, metodologías existentes, conformación de matrices energéticas en otros países como consecuencia de los planes de expansión de la generación, esto con el objetivo de tener un marco teórico fundamentado en conocimientos y experiencias previas a utilizar en la presente investigación.

## **9.1. Características del estudio**

El enfoque del presente trabajo de investigación es mixto (cuantitativo y cualitativo), dado que se tomarán en consideración las variables de tipo cualitativo para poder obtener resultados medibles (cuantitativas).

La investigación será descriptiva, ya que se realizará una propuesta de una metodología, en la cual se detallará todo el proceso de licitación que realizan los distribuidores para la adjudicación de contratos de abastecimiento de sus usuarios.

Asimismo, la investigación podría clasificarse como una investigación aplicada, ya que será una propuesta metodológica que podrá ser aplicada por los agentes distribuidores, dicha metodología tendrá como única finalidad adjudicar los contratos que tiendan a reducir los costos de generación en beneficio de los usuarios.

El diseño de la investigación es de tipo no experimental, ya que existe sustento legal para la realización de los procesos de licitación, por otra parte, ya se han realizado procesos previos, pero no existe ninguna metodología de adjudicación que presente cierta flexibilidad como la que se propondrá en este trabajo de investigación.

## **9.2. Unidades de análisis**

La unidad de análisis será la forma de contratación de todas las distribuidoras del país del abastecimiento de potencia y energía eléctrica, así como, la base legal y técnica de los procesos de licitación realizados por las diferentes distribuidoras y la estructura de estos.

### 9.3. Variables

Las variables en estudio se describen a continuación:

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

| Variable  | Definición teórica  | Definición operativa   |
|---|---|--|
| Costos de contratos   | Son los costos asociados a la adquisición de potencia y energía eléctrica por parte de los agentes distribuidores   | Dólares por kilovatio (USD / kW)<br>Dólares por kilovatio hora (USD / kWh) |
| Cantidades de potencia y energía eléctrica a contratar                | Son las cantidades de potencia y energía eléctrica que la distribuidora deberá contratar para dotar del servicio a sus usuarios finales                       | Kilovatio (kW) y kilovatio hora (kWh)                                      |
| Monómicos máximos de adjudicación                                     | Son los precios máximos que los distribuidores pueden pagar por el abastecimiento de potencia y energía eléctrica, en el proceso de licitación                | Dólares por kilovatio hora (USD / kWh)                                     |
| Impacto en tarifas de contratos adjudicados, pagados por los usuarios | Es el costo que tendrá en tarifas cada contrato adjudicado en el proceso de licitación y que se reflejará en la factura del usuario final de la distribuidora | Quetzales por kilovatio hora (Q / kWh)                                     |

Fuente: elaboración propia.

### 9.4. Fases del estudio

Describir el proceso por medio del cual se realizará el estudio, al indicar las técnicas que aplicarán y las actividades que se realizarán tales como, encuestas, grupos focales, trabajo de campo, mediciones, ensayos de laboratorio, entre otros.

#### **9.4.1. Fase 1: revisión literaria**

Se realizará la recolección de los precios de potencia y energía eléctrica ofertados en las anteriores licitaciones realizadas para realizar el cálculo de valores de variables importantes en los procesos de licitación, asimismo se realizará la revisión de literatura relacionada con los procesos de licitación realizadas en Guatemala y en otros países y se tomará como uno de los fundamentos para la realización de la investigación la poca bibliografía sobre un tema tan importante como es, la adjudicación de contratos a las empresas distribuidoras.

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

Luego de la revisión documental se procederá a la recolección de datos, la cual consistirá en tomar todas y cada una de las ofertas realizadas por los agentes generadores participantes en las licitaciones de largo y corto plazo, realizadas por los tres grandes agentes distribuidores del país, esto se realizará por medio de requerimientos de información pública a la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, ya que según lo establecido en la ley, dichos procesos de licitación deben de ser de carácter público. Se utilizará la información recolectada para estructurar la metodología a proponer para el horizonte de años previstos y utilizar como base, experiencias empíricas de procesos similares realizados en otros países y plasmado en literaturas que se incluirán como parte del marco teórico de esta investigación.

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

Seguidamente de la revisión literaria y recopilación de información, se procederá a realizar un agrupamiento por distribuidora de los contratos adjudicados y sus diferentes costos, para determinar los diferentes monómicos adjudicados y determinar el impacto en tarifas de cada uno de estos, lo cual servirá para sentar las bases para el diseño de la metodología y qué acciones deben evitarse para que los costos trasladados al usuario aumenten.

La utilización de herramientas de análisis estadístico cuantitativo, toman relevancia para el procesamiento y presentación de los datos cualitativos que se recaben y utilicen en el desarrollo de la investigación.

### **9.4.4. Fase 4: diseño de la metodología**

Durante esta fase se formulará la metodología que podrán aplicar las distribuidoras, al detallar todos los aspectos técnicos y económicos necesarios para la adjudicación de contratos que garanticen el abastecimiento de energía y potencia, lo que brindará la pauta para escoger la fuente de energía más económica y estacional que más conviene a los usuarios de las distribuidoras.

También se creará una metodología que mida el impacto en quetzales por kilovatio hora que paguen los usuarios de las distribuidoras, por cada contrato adjudicado independientemente si este abastece solo potencia, energía o ambos productos.





## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Al tener en consideración que los procesos de licitación son llevados a cabo por firmas especializadas en este tipo de procesos que solamente adjudican los contratos con base en las ofertas realizadas, y no toman en consideración los costos incurridos por las distribuidoras posteriormente y cómo afectan estos a los usuarios finales, por tal razón, esta metodología tiene como base la toma en consideración de tales conceptos con el fin de optar por fuentes económicas de suministro, al tratar de no elevar las tarifas como en procesos de licitación realizados.

Según (Hernández, Fernández, & María, 2014, p. 91), “Las tres fases esenciales de los diseños de investigación-acción son: observar (construir un bosquejo del problema y recolectar datos), pensar (analizar e interpretar) y actuar (resolver problemáticas e implementar mejoras), las cuales se dan de manera cíclica”.

Con base en lo descrito anteriormente, se listan las siguientes etapas, las cuales complementan las tres fases generales presentadas:

- Fuentes de la información: se han considerado los datos publicados de la CNEE y el AMM, que regulan y operan respectivamente la actividad de distribución. Asimismo, se tomará información de la OLADE, como parte de las fuentes de información sobre procesos de licitación y adjudicación en otros países, esto a modo de comparativa y homologación de procesos.

- **Compilación datos:** se deberá verificar la confiabilidad de los datos obtenidos de los requerimientos a los entes encargados y compararlos con los precios adjudicados en las licitaciones realizadas por los distribuidores, dado que son muchos los generadores que ofertaron, pero pocos fueron adjudicados.
- **Implementación de métodos de licitación propuestos:** se realizarán simulaciones de adjudicación e impacto en tarifas de cada una de las ofertas y sus diferentes modalidades de pago de peaje, no incluido dentro de las ofertas y se descontarán los costos por kWh a comprometer en cada oferta para observar los resultados y seleccionar la oferta que logre reducir las tarifas a aplicar a los usuarios.
- **Análisis adicionales:** el fin principal de este paso es verificar que no se olvide realizar ninguna clase de análisis pertinente que se pueda aplicar, si es necesario, realizar análisis que no están considerados en este documento como por ejemplo, se realizará alguna otra clase de subasta para determinar tendencias y evaluar diferentes perspectivas de aplicación.
- **Presentación de resultados:** una vez obtenidos los resultados, se deben organizar cada uno de los mismos y cotejar con los resultados obtenidos en investigaciones previas, se debe priorizar la información más valiosa, la cual se debe comentar y describir brevemente en la esencia del análisis y los resultados (Sampieri, 2014). Por lo tanto, se seguirán los pasos anteriormente mencionados para obtener los resultados deseados en la realización de la investigación.

## 11. CRONOGRAMA

El siguiente cronograma se desarrollará en un periodo de ocho meses, con fecha de inicio el 20 de enero de 2020 y concluirá el 20 de agosto del mismo año, la mayoría de actividades se desarrollarán después que concluya la actividad que lo antepone. Para la recopilación de datos y registros históricos de ofertas de abastecimiento, se realizarán de forma simultánea con la fase de revisión documental de papelería y fuentes bibliográficas de procesos realizados en otros países.

Figura 1. Cronograma de actividades

| Periodo   | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Actividad   | 1     | 2       | 3     | 4     | 5    | 6     | 7     | 8      | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 |
| Revisión Documental   | ■     | ■       | ■     | ■     |      |       |       |        |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Recolección de Datos de ofertas de abastecimiento de Corto Plazo            |       | ■       | ■     | ■     | ■    | ■     |       |        |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Recolección de Datos de ofertas de abastecimiento PEG-1,2 y PEG-3           |       |         | ■     | ■     | ■    | ■     |       |        |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Registro y almacenamiento de Datos  |       |         |       |       |      |       |       | ■      | ■ | ■  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Evaluación de variantes de las ofertas realizadas en procesos de licitación |       |         |       |       |      |       |       |        | ■ | ■  | ■  | ■  | ■  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Implementación de las variantes propuestas en las ofertas de suministro     |       |         |       |       |      |       |       |        |   |    |    |    |    | ■  | ■  | ■  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Consolidación de los resultados de las ofertas                              |       |         |       |       |      |       |       |        |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ■  | ■  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Calculo de Monomios de las ofertas de suministro                            |       |         |       |       |      |       |       |        |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ■  | ■  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Determinación de Monomios de Adjudicación máximos para reducir la tarifa    |       |         |       |       |      |       |       |        |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ■  | ■  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Adjudicación de Contratos de Suministro                                     |       |         |       |       |      |       |       |        |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ■  | ■  | ■  |    |    |    |    |    |    |    |
| Impacto en economico en tarifas finales de usuarios                         |       |         |       |       |      |       |       |        |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ■  | ■  |

Fuente: elaboración propia.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El trabajo de investigación es factible, ya que se cuenta con todos los datos y recursos disponibles para la ejecución y desarrollo de este.

- Recurso humano: está compuesto por los siguientes actores a) Investigador. b) Experto en subastas de contratos de abastecimiento de potencia y energía eléctrica para las empresas distribuidoras de Guatemala como asesor de tesis. c) Personal de instituciones públicas a los cuales se les solicitará información de carácter público, a la cual todos los guatemaltecos pueden disponer.
- Recurso informático: se tiene completa disponibilidad a la información requerida y para evitar cualquier inconveniente se tiene previsto solicitarla con base en la Ley de Acceso la Información Pública, dado que dicha información es de carácter público.
- Equipo de computación y conectividad: se utilizará a) computadora personal marca DELL Gaming 15700, la cual cuenta con un sistema operativo Windows versión 10. b) Software como Word, Excel y Power BI para la presentación de datos. c) Impresora marca Epson L220; d) Internet de 5 MB de ancho de banda. e) Teléfono celular.
- Papelería y útiles de oficina: se utilizará para la investigación los siguientes recursos: a) Una resma de papel *bond* tamaño carta y b) Tinta de marca comercial para los cartuchos de la impresora Epson L220.

- Factibilidad económica de la investigación: los recursos utilizados en el proceso de la investigación serán pagados por el investigador y se describen en la tabla siguiente, los recursos son solo indicativos y el financiamiento es propio.

Tabla II. **Recursos e insumos a utilizar**

| <b>RECURSO HUMANO</b> |                       |                 |                       |                 |                    |                   |
|-----------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| <b>Item</b>           | <b>Descripción</b>    | <b>Cantidad</b> | <b>Costo Unitario</b> | <b>Unidades</b> | <b>Costo Total</b> | <b>Porcentaje</b> |
| 1                     | Investigador          | 1               | Q 50.00               | 200 horas       | Q 10,000.00        | 34.04%            |
| 2                     | Asesor de Tesis       | 1               | Q 100.00              | 60 horas        | Q 6,000.00         | 20.42%            |
| <b>MATERIALES</b>     |                       |                 |                       |                 |                    |                   |
| <b>Item</b>           | <b>Descripción</b>    | <b>Cantidad</b> | <b>Costo Unitario</b> | <b>Unidades</b> | <b>Costo Total</b> | <b>Porcentaje</b> |
| 1                     | Computadora           | 1               | Q 7,900.00            |                 | Q 7,900.00         | 26.89%            |
| 2                     | Impresora Epson L220  | 1               | Q 1,650.00            |                 | Q 1,650.00         | 5.62%             |
| 3                     | Internet Residencial  | 1               | Q 300.00              | 6 meses         | Q 1,800.00         | 6.13%             |
| 4                     | Telefono celular      | 1               | Q 300.00              | 6 meses         | Q 1,800.00         | 6.13%             |
| 5                     | Papeleria y utiles    | 1               | Q 50.00               |                 | Q 50.00            | 0.17%             |
| 6                     | Tinta de Cartuchos    | 1               | Q 60.00               |                 | Q 60.00            | 0.20%             |
| 7                     | Licencias de Software | 1               | Q 120.00              |                 | Q 120.00           | 0.41%             |
| <b>TOTAL</b>          |                       |                 |                       |                 | <b>Q29,380.00</b>  | <b>100.00%</b>    |

Fuente: elaboración propia.

Se debe indicar que se cuentan con todos los recursos que se necesitan para llevar a cabo la investigación.

### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Administrador del Mercado Mayorista. (2018). *Informe Estadístico 2018*. Guatemala.
2. Álvarez, F. (2010). *Determinar los retos y las oportunidades que ofrece el mercado eléctrico regional al mercado al mercado eléctrico de Guatemala*. (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.
3. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2013). *Resolución 157-10. Norma de Coordinación Comercial No. 13; Mercado a Término*. Guatemala.
4. Congreso de la República. (1998). *Decreto 299-98. Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista*. Guatemala.
5. *Decreto 93-96. Ley General de Electricidad*. Diario de Centro América, ciudad de Guatemala, 21 de noviembre de 1996.
6. Dunan Liu, Y. X. (2014). *Power Purchase Model of Provincial Grids Based on Diverse Energy Coordination Hedging Optimization*. *Journal of Power and Energy Engineering*. Recuperado de [http://www.scirp.org/pdf/JPEE\\_2014042209300553.pdf](http://www.scirp.org/pdf/JPEE_2014042209300553.pdf)

7. Enrique, A. E., & Vicente, C. H. (2004). *La regulación económica de la distribución de la energía eléctrica. Ecos de Economía: A Latin American Journal of Applied Economics*, 99-138. Recuperado de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ecoseconomia/article/view/2014>
8. Hernández, R., Fernández, C., & María, B. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
9. International Renewable Energy Agency (IRENA). (2012). *Renewable Energy Cost Analysis - Hydropower*. Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos: International Renewable Energy Agency (IRENA).
10. Linares Lemus, M. O. (2015). *Estudios eléctricos de la caracterización de la demanda para el desarrollo de licitaciones de corto plazo para las distribuidoras*. Recuperado de [www.repositorio.usac.edu.gt/3099/1/Melvin%20Orlando%20Linares%20Lemus.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/3099/1/Melvin%20Orlando%20Linares%20Lemus.pdf)
11. Martínez Romero, M. S. (2018). *Naturaleza jurídica del contrato de suministro de energía eléctrica celebrado entre empresas generadoras y clientes libres*. Recuperado de [http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/2837/Tesis\\_Naturaleza\\_juruduca\\_del\\_contrato\\_de\\_suministro\\_de\\_energia\\_electrica.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/2837/Tesis_Naturaleza_juruduca_del_contrato_de_suministro_de_energia_electrica.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
12. Mejía Vásquez, J. E., y Gonzales Chávez, S. (2019). *Predicción del consumo de energía eléctrica de la región Cajamarca mediante modelos Holt-Winters*. Recuperado de



[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012019000300181&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012019000300181&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1815-5901

13. Ministerio de Energía y Minas. (2013). *Planes Indicativos de Generación y Transmisión. Planes Indicativos de Generación y Transmisión*. Guatemala.
14. Ministerio de Energía y Minas. (2017). Energía. *Revista mensual de estadísticas del Ministerio de Energía y Minas*. (2), pp. 2 - 7.
15. Owen Q. Wu, V. B. (2012). *Unit-Contingent Power Purchase Agreement and Asymmetric Information About Plant Outage*. DOI: [org/10.1287/msom.1110.0362](https://doi.org/10.1287/msom.1110.0362).
16. Ramos, I. (2007). *Estudio Jurídico del Ente Operador del Mercado Mayorista de Electricidad*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.
17. Rudnick, H. (2010). *Licitaciones de suministro eléctrico con energía renovable en Brasil y Perú y perspectivas de aplicación en Chile*. (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
18. S. Wong, K. B. (2009). *Electric power distribution system design and planning in a deregulated environment*. *IET Generation, Transmission & Distribution*. DOI:10.1049/iet-gtd.2008.0553
19. Sabina Scarpellini (SS), A. A. (2008). *Introducción a los mercados energéticos (Serie Energías Renovables)*. Recuperado de

[https://books.google.com.gt/books?id=2GbjDAAAQBAJ&pg=PA94&lpg=PA94&dq=contrataci%C3%B3n+de+energ%C3%ADa+y+potencia+para+distribuidores&source=bl&ots=YzQUmbzDbH&sig=ACfU3U1MqWPqSVcdnR59P3m4v7H4\\_AMwYQ&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj31sXzsdXjAhXF0KQKHgkCeM4MhDoATAJ](https://books.google.com.gt/books?id=2GbjDAAAQBAJ&pg=PA94&lpg=PA94&dq=contrataci%C3%B3n+de+energ%C3%ADa+y+potencia+para+distribuidores&source=bl&ots=YzQUmbzDbH&sig=ACfU3U1MqWPqSVcdnR59P3m4v7H4_AMwYQ&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj31sXzsdXjAhXF0KQKHgkCeM4MhDoATAJ)

20. Suzuki, P. A. (2015). *El mercado mayorista de electricidad en Perú*. THEMIS - Revista de Derecho, 261 - 277. Recuperado de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/themis/article/view/15598>
21. Vásquez Miranda, P. F. (2001). *Análisis de los Contratos de Compraventa de Energía Eléctrica a Plazo suscritos entre las Empresas de Generación de Energía Eléctrica que pertenecen al fondo de solidaridad y los Distribuidores*. Recuperado de <https://biddigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5693/1/T1784.pdf>