



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE  
APLICACIÓN MÓVIL DE AUDITORÍA ENERGÉTICA DOMICILIAR PARA FOMENTAR LA  
MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE  
GUATEMALA**

**Jorge Eduardo Morales Tobar**

Asesorado por la M.A. Inga. Gabriela María Díaz Domínguez

Guatemala, julio de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE  
APLICACIÓN MÓVIL DE AUDITORÍA ENERGÉTICA DOMICILIAR PARA FOMENTAR LA  
MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE  
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JORGE EDUARDO MORALES TOBAR**

ASESORADO POR LA MA. INGA. GABRIELA MARÍA DÍAZ DOMÍNGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS**

GUATEMALA, JULIO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|            |                                      |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos      |
| EXAMINADOR | Ing. César Augusto Fernández Cáceres |
| EXAMINADOR | Ing. Edgar Estuardo Santos Sutuj     |
| EXAMINADOR | Ing. Ludwing Federico Altán Sac      |
| SECRETARIO | Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas     |

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE  
APLICACIÓN MÓVIL DE AUDITORÍA ENERGÉTICA DOMICILIAR PARA FOMENTAR LA  
MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE  
GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 30 de marzo de 2022.

**Jorge Eduardo Morales Tobar**



EEPFI-PP-0638-2022

Guatemala, 26 de abril de 2022

Director  
Carlos Gustavo Alonzo  
Escuela De Ingenieria En Sistemas  
Presente.

Estimado Ing. Alonzo

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

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE APLICACIÓN MÓVIL DE AUDITORÍA ENERGÉTICA DOMICILIAR PARA FOMENTAR LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión y uso eficiente de la energía - Uso eficiente en edificaciones urbanas y rurales**, presentado por el estudiante **Jorge Eduardo Morales Tobar** carné número **199810992**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Energía Y Ambiente.

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

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Gabriela María Díaz Domínguez  
Ingeniera en Ciencias y Sistemas  
Colegiado 12264

Mtro. Gabriela María Díaz Domínguez  
Asesor(a)

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



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





EEP-EICS-0638-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria En Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE APLICACIÓN MÓVIL DE AUDITORÍA ENERGÉTICA DOMICILIAR PARA FOMENTAR LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Eduardo Morales Tobar**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Carlos Gustavo Alonzo  
Director  
Escuela De Ingenieria En Sistemas

Guatemala, abril de 2022

LNG.DECANATO.OI.507.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE APLICACIÓN MÓVIL DE AUDITORÍA ENERGÉTICA DOMICILIAR PARA FOMENTAR LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **Jorge Eduardo Morales Tobar**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada ★

Decana

Guatemala, julio de 2022

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Dios</b>       | Por darme la vida y todas las bendiciones recibidas durante cada etapa de mi vida.  |
| <b>Mis padres</b> | Mirian Tobar y Julio Monterroso (q. e. p. d.) por haberme guiado en cada etapa de mi vida y por su amor y apoyo incondicional.                    |
| <b>Mi esposa</b>  | Paula Ruíz, quien ha querido compartir su vida conmigo, me ha dado su amor incondicional y se ha llenado de paciencia y comprensión.              |
| <b>Mi hijo</b>    | Esteban Morales, por ser mi mayor tesoro y fuente más pura de inspiración.  |
| <b>Mi familia</b> | Por sus sabias enseñanzas y consejos quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas durante toda mi vida. |

## AGRADECIMIENTOS A:

|   |  |
|---|--|
| <b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b> | Por ser la <i>alma mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos.                        |
| <b>Facultad de Ingeniería</b>                 | Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación. |
| <b>Mis amigos</b>                             | Por haberme acompañado durante la carrera.   |
| <b>Mi asesor</b>                              | M.A. Ing. Gabriela María Díaz Domínguez, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.  |

## ÍNDICE GENERAL

|   |      |
|---|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....                         | V    |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....                               | VII  |
| GLOSARIO .....  | IX   |
| RESUMEN.....  | XIII |
| <br>  |      |
| 1. INTRODUCCIÓN .....                                 | 1    |
| <br>  |      |
| 2. ANTECEDENTES .....                                 | 5    |
| <br>  |      |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                   | 9    |
| 3.1. Contexto general .....                           | 9    |
| 3.2. Descripción del problema .....                   | 9    |
| 3.3. Formulación del problema .....                   | 9    |
| 3.4. Delimitación del problema .....                  | 10   |
| <br>  |      |
| 4. JUSTIFICACIÓN .....                                | 11   |
| <br>  |      |
| 5. OBJETIVOS .....                                    | 13   |
| 5.1. General.....                                     | 13   |
| 5.2. Específicos .....                                | 13   |
| <br>  |      |
| 6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN ..... | 15   |
| <br>  |      |
| 7. MARCO TEÓRICO.....                                 | 17   |
| 7.1. Auditoría energética .....                       | 17   |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 7.1.1.   | Tipos .....  | 18 |
| 7.1.2.   | Objetivos .....  | 18 |
| 7.2.     | Marco legal del servicio de energía eléctrica .....  | 19 |
| 7.2.1.   | Marco Legal y Estructura del subsector eléctrico ....  | 19 |
| 7.2.2.   | Definición de usuario .....  | 21 |
| 7.2.3.   | Tipos de usuarios .....  | 21 |
| 7.2.3.1. | Baja tensión simple social .....   | 22 |
| 7.2.3.2. | Baja tensión simple .....  | 22 |
| 7.2.3.3. | Baja tensión horaria .....   | 23 |
| 7.3.     | Eficiencia energética .....  | 24 |
| 7.3.1.   | Problemáticas.....   | 25 |
| 7.3.1.1. | Barreras estructurales .....   | 25 |
| 7.3.2.   | Etiquetado energético .....  | 25 |
| 7.4.     | Metodología de desarrollo.....   | 28 |
| 7.4.1.   | UML.....   | 29 |
| 7.5.     | Tecnologías de desarrollo .....  | 29 |
| 7.5.1.   | Ionic.....   | 29 |
| 7.5.2.   | AngularJS.....   | 30 |
| 8.       | PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO .....   | 31 |
| 9.       | METODOLOGÍA .....  | 35 |
| 9.1.     | Características del estudio .....  | 35 |
| 9.2.     | Unidades de análisis .....   | 36 |
| 9.3.     | Variables .....  | 36 |
| 9.4.     | Fases del estudio .....  | 38 |
| 9.4.1.   | Fase 1: Revisión bibliográfica.....  | 38 |
| 9.4.2.   | Fase 2: Revisión de requerimientos con especialistas<br>en auditoría y eficiencia energética ..... | 39 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 9.4.3. | Fase 3: Desarrollo de la investigación .....      | 39 |
| 10.    | TÉCNICAS DE ANÁLISIS .....                        | 41 |
| 11.    | CRONOGRAMA .....                                  | 43 |
| 12.    | FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....                    | 45 |
| 12.1.  | Recursos humanos.....                             | 45 |
| 12.2.  | Recursos tecnológicos, físicos y materiales ..... | 45 |
| 12.3.  | Recursos financieros .....                        | 46 |
| 12.4.  | Acceso a la información y permisos .....          | 47 |
| 13.    | REFERENCIAS.....                                  | 49 |



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|    |   |    |
|----|---|----|
| 1. | Subsector eléctrico - Marco Legal.....                                | 20 |
| 2. | Estructura y las instituciones – subsector eléctrico .....            | 20 |
| 3. | Ejemplo de etiqueta energética (México) .....                         | 27 |
| 4. | Etapas de la metodología para el desarrollo de aplicaciones móvil ... | 28 |
| 5. | Cronograma .....  | 43 |

### TABLAS

|      |  |    |
|------|--|----|
| I.   | Rango consumo BTSS .....   | 22 |
| II.  | Variables .....  | 37 |
| III. | Bitácora de análisis .....   | 39 |
| IV.  | Presupuesto para recursos humanos.....                             | 45 |
| V.   | Presupuesto para recursos tecnológicos, físicos y materiales ..... | 46 |
| VI.  | Resumen presupuesto .....  | 46 |



## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b> | <b>Significado</b>                      |
|----------------|---|
| <b>A</b>       | Amperios                                |
| <b>AT</b>      | Alta tensión                            |
| <b>AE</b>      | Auditoría energética                    |
| <b>BT</b>      | Baja tensión                            |
| <b>EE</b>      | Energía eléctrica                       |
| <b>kBEP</b>    | kilo Barril Equivalente de Petróleo     |
| <b>kvarh</b>   | Kilo Voltio-amperio reactivo hora       |
| <b>ERS</b>     | Especificación de requisito de software |
| <b>kW</b>      | Kilovatio hora                          |
| <b>MW</b>      | Mega Vatio                              |
| <b>MWh</b>     | Mega vatio hora                         |
| <b>%</b>       | Porcentaje                              |
| <b>Q</b>       | Quetzales                               |
| <b>W</b>       | Watts                                   |



## GLOSARIO

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>Android</b>            | Nombre de un sistema operativo que se emplea en dispositivos móviles.   |
| <b>Autoproduccion</b>     | Es un usuario del sistema de distribución que inyecta energía eléctrica a dicho sistema.  |
| <b>Balance Energético</b> | Valor estadístico de un sistema dado, proceso, región o área económica, en un período de tiempo dado, de la cantidad de oferta de energía y la energía consumida, incluyendo las pérdidas por conversión, transformación y transporte, así como las formas de energía no empleadas con fines energéticos. |
| <b>CSS</b>                | CSS son las siglas de <i>Cascading Style Sheets</i> - Hojas de Estilo en Cascada - que es un lenguaje que describe la presentación de los documentos estructurados en hojas de estilo para diferentes métodos de interpretación.  |
| <b>Demanda</b>            | Medida de las potencias eléctricas instantáneas solicitadas por el mercado consumidor, durante un periodo especificado.   |

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Domicilio</b>         | Lugar en que legalmente se considera establecido alguien para el cumplimiento de sus obligaciones y el ejercicio de sus derechos.   |
| <b>Electricidad</b>      | Forma de energía basada en la electricidad, que puede manifestarse en reposo, como electricidad estática, o en movimiento, como corriente eléctrica.  |
| <b>Energía</b>           | Capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, luz, calor, entre otros.   |
| <b>Energía eléctrica</b> | Resulta de la existencia de un diferencial de potencial entre dos puntos, lo que genera la energía capaz para realizar un trabajo.  |
| <b>ERS</b>               | Especificación de requisitos de <i>software</i> , descripción completa del comportamiento del sistema que se va a desarrollar.  |
| <b>Framework</b>         | Es un conjunto estandarizado de conceptos, prácticas y criterios para enfocar un tipo de problemática particular que sirve como referencia, para enfrentar y resolver nuevos problemas de índole similar. |
| <b>Frontend</b>          | El <i>Front end</i> es la parte de una web que conecta e interactúa con los usuarios que la visitan.  |
| <b>HTML</b>              | Las siglas HTML quieren decir <i>HyperText Markup Language</i> lo cual significa lenguajes de marcas de hipertexto, se basa en un lenguaje de marcas para   |

crear documentos que puedan ser distribuidos por Internet.

**INDE**

Instituto Nacional de Electrificación.

**Java**

Lenguaje de programación orientado a objetos

**JavaScript**

JavaScript (abreviado comúnmente JS) es un lenguaje de programación interpretado, dialecto del estándar ECMAScript. Se define como orientado a objetos, basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y dinámico.

**Matriz energética**

Representación gráfica cuantitativa de la energía disponible o en uso, en un determinado país, territorio o entidad.

**MVC**

El MVC o Modelo-Vista-Controlador es un patrón de arquitectura de software que, utilizando 3 componentes (Vistas, Models y Controladores) separa la lógica de la aplicación de la lógica de la vista en una aplicación.

**Protocolo Kyoto**

Se adoptó al Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) en la tercera sesión de la Conferencia de las Partes del CMCC en 1997 en Kioto, Japón.

|                  |   |
|------------------|---|
| <b>Prototipo</b> | Es la primera versión que se lanza para dar a conocer un producto o servicio que reúne gran cantidad de características que poseerá la versión final.   |
| <b>SDK</b>       | <i>Software Development Kit</i> , es un conjunto de herramientas de software que tiene la finalidad de facilitar al desarrollador la creación de aplicaciones.  |
| <b>SNI</b>       | Sistema Nacional Interconectado.  |
| <b>Software</b>  | Es un término informático que hace referencia a un programa o conjunto de programas de cómputo, así como datos, procedimientos y pautas que permiten realizar distintas tareas en un sistema informático. |
| <b>Spot</b>      | Costo del MWh en Guatemala.   |
| <b>Tensión</b>   | Diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, medida en Voltios.  |
| <b>Vatio</b>     | Unidad de medida de potencia.   |

## RESUMEN

El incremento en los precios del servicio de energía eléctrica es un tema que impacta a la sociedad guatemalteca y que tiene consecuencias a nivel económico, considerando ahora que aún existe un porcentaje elevado de la población que labora en modalidad teletrabajo/híbrida o reciben clases virtuales a raíz de la pandemia de COVID 19. Adicional se debe considerar que año con año se tiene un crecimiento en el consumo eléctrico domiciliario, lo cual puede ocasionar un serio problema si no se puede suplir del servicio a los hogares. también se debe considerar que este incremento en el consumo tiene un alto impacto a nivel ambiental, por lo tanto, derivado de lo anterior es necesario buscar métodos y herramientas para mejorar la eficiencia en el consumo de energía eléctrica en los hogares sin sacrificar el confort.

En el trabajo se describen algunos aspectos importantes sobre la ley y política energética, los componentes de la facturación, las tarifas por el servicio eléctrico, entre otros. También se describen los elementos y procedimientos a considerar en la realización de una auditoría energética, adicional se

El presente diseño de investigación busca desarrollar un prototipo de aplicación móvil, donde los usuarios contarán con guías y herramientas que permitan mejorar la eficiencia energética al identificar los consumos de los dispositivos eléctricos y electrónicos utilizados en los hogares.



# 1. INTRODUCCIÓN

El consumo de energía en Guatemala se ha incrementado año con año, esto se debe a varios factores tales: económicos, desarrollo tecnológico, pandemias (COVID 19), fenómenos naturales, falta de educación energética, incremento de la población, entre otros. Solo en el año 2021, la demanda energética tuvo un crecimiento de 8.27 % en comparación al año, tal como lo indica la siguiente cita:

En 2021, la demanda de energía en el SIN fue de 11,454.28 GWh, con un crecimiento de 8.27 % respecto a 2020. El departamento de Guatemala representó el 41.28 % de la demanda nacional, con un crecimiento 7.05 % respecto al año anterior. (AMM, 2022, p.5)

En el 2022 se espera que se mantenga el incremento el incremento en la demanda de energía eléctrica.

El incremento en el consumo tiene consecuencias que se ven reflejadas a nivel económico para la población guatemalteca, dado el incremento en la factura eléctrica, considerando que aún existe un porcentaje elevado de la población que labora en modalidad teletrabajo/híbrida o reciben clases virtuales a raíz de la pandemia de COVID 19.

Se estará realizando una investigación bibliográfica sobre conceptos relacionados a auditorías y eficiencia energética. Posterior se tendrá reuniones con especialistas en las áreas antes indicadas, con el objetivo de establecer las especificaciones de requisito de software (ERS) considerando las

particularidades del país. Posterior se hará el análisis, diseño, desarrollo, pruebas del prototipo.

Con este trabajo se obtendrá un prototipo de aplicación móvil que sea sencilla e intuitiva, donde el usuario tendrá acceso a herramientas y guías que le permitan identificar los consumos de los dispositivos eléctricos y electrónicos, controlar y optimizar el uso de la energía eléctrica, con el objetivo de establecer cierto grado de eficiencia con la que es utilizada la energía sin afectar el confort domiciliario. La aplicación también estará considerando los diferentes elementos involucrados en la facturación energética en el ámbito nacional.

Se propone por medio de la investigación, desarrollar un prototipo de aplicación móvil que permita realizar auditorías energéticas, fomente la eficiencia en el consumo eléctrico reduzca la facturación eléctrica y además que considere elementos particulares de Guatemala tales como: tensiones que se manejan en la capital, las empresas que proporcionan el servicio eléctrico, marco legal, iniciativas, los impuestos, tasas y tarifas.

Con la solución propuesta se espera que exista una mejora significativa en la eficiencia energética y una reducción en la demanda eléctrica domiciliar. También se estará beneficiando al medio ambiente al contribuir en la reducción de los efectos de gases invernadero consecuencia de la producción de energía

En cuanto a la factibilidad de estudio propuesto, se contará con las herramientas e insumos necesarios para desarrollar el prototipo de aplicación móvil.

Esta investigación se presentará en 6 capítulos. En el primero se incluyen los antecedentes, que dan sustento a la investigación. En el segundo capítulo, se

incluye la teoría relacionada al concepto de auditoria energética, tipo de auditorías energética y sus objetivos. Adicional se incluye teoría sobre eficiencia energética, problemáticas, etiquetado energético entre otros. También se incluye información sobre la facturación, se describen los tipos de consumidores, categorías de tarifas y demás aspectos de los componentes de facturación. En el tercer capítulo se presenta el marco conceptual donde especifica las tecnologías para desarrollar la aplicación. En el cuarto capítulo se presenta el desarrollo de la investigación donde se desarrollará el análisis de desarrollo del prototipo de aplicación móvil. En el quinto capítulo se presenta los resultados obtenidos y por último en el sexto se analizan los resultados agregando al final las conclusiones y recomendaciones del estudio.



## 2. ANTECEDENTES

Actualmente somos una sociedad que año con año depende más de los recursos energéticos, sin medir los impactos generados por el consumo desmedido de estos recursos, así como también el impacto económico que se genera a la población por pago de facturación de servicios energía eléctrica. Por lo anterior, Guatemala al igual a otros países han adquirido compromisos derivado de la ratificación de la Convención del Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático en 1992 (Protocolo de Kyoto); como parte de los compromisos en Guatemala, se debe fomentar el ahorro energético en todos los sectores como medida de mitigación al cambio climático y por ende reducción en el impacto económico del guatemalteco.

Sobre la demanda de electricidad a nivel mundial, en el artículo *Global Energy Review 2021* en su artículo indica:

Electricity demand is heading for its fastest growth in more than 10 years. Electricity demand is due to increase by 4.5 % in 2021, or over 1 000 TWh. This is almost five times greater than the decline in 2020, cementing electricity's share in final energy demand above 20 %. Almost 80 % of the projected increase in demand in 2021 is in emerging market and developing economies. (IEA, 2021, p. 3)

Como lo indica el artículo se espera un alza de la demanda para el 2021 del 4.5 % a nivel mundial para la energía eléctrica. Adicional se indica que el aumento corresponde a economías de mercados emergentes y en desarrollo. En

Guatemala para el 2021, también se tuvo un incremento en el consumo tal como lo describe en el artículo de la revista digital se afirma:

En 2021, la demanda de energía en el SIN fue de 11,454.28 GWh, con un crecimiento de 8.27 % respecto a 2020. El departamento de Guatemala representó el 41.28 % de la demanda nacional, con un crecimiento 7.05 % respecto al año anterior. En los últimos cinco años, la demanda nacional ha crecido a un ritmo de 3.13%, por lo que el crecimiento observado se debe a la recuperación, luego de la caída de 2020 ocasionada por las medidas de confinamiento a raíz de la pandemia del COVID 19. (AMM, 2022, p. 1)

El alto porcentaje de consumo se mantendrá para el año 2022, debido a que aún existe un porcentaje alto de guatemaltecos que laboran en modalidad de teletrabajo o híbrida. También se debe considerar que aún se imparten en algunas instituciones nacionales o privadas clases virtuales, incrementando el consumo de los dispositivos electrónicos y eléctricos que se registran a nivel domiciliario. Existen varias aristas a considerar como las conductuales, tal como lo indica los autores Tesis Doctoral de García Martín (2017):

En la literatura relativa a la eficiencia energética, los métodos de variación del comportamiento energético en el sector residencial se dividen en dos tipos: los que mejoran la información del usuario con respecto a su consumo, y los económicos, que incentivan hábitos más eficientes a base, de un modo u otro, de premiarlos económicamente. (p. 23)

Para lograr la eficacia energética es necesario contar con herramientas y metodologías que faciliten el análisis de consumo energético y permitan identificar áreas de oportunidad para el ahorro. Tal como se describe en el compendio de información Metodologías para auditorías energéticas en edificio

“Es la aplicación de un conjunto de técnicas que permiten determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía” (Gómez Girini, López, & Félix Fernández, 2012, p. 2), además explica de manera general los tipos de auditorías. También indica cuales son las etapas para la realización de una auditoría energética, así como también se proporcionan conceptos básicos relacionados a la auditoría energética.

En el libro *Gestión de la eficiencia Energética: cálculo del consumo, indicadores y mejoras* de los autores presentan los requisitos generales de la gestión de energía y auditoría energética, el mismo será utilizado para establecer los requerimientos mínimos que debe tener el prototipo de aplicación móvil (Peña & Sánchez, 2012).

En la guía de IDEA (2010) indica “En esta pequeña Guía se han identificado los diferentes consumos de energía que se producen en la vida cotidiana y la oportunidad de mejorarlos llevando a cabo prácticas muy sencillas” (p. 9) por lo tanto será de beneficio al trabajo de investigación.

El artículo de investigación *Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles* se concluye que “Las aplicaciones móviles pueden ayudar a solventar los problemas de tipo particular o general de la sociedad, debido a sus características de movilidad y ubicuidad” (Gasca Mantilla, Camargo Ariza, & Medina Delgado, 2014, p. 33). El artículo hace referencia a metodologías para el desarrollo de software.

Actualmente existen varias aplicaciones que permiten optimizar el consumo eléctrico domiciliario, pero las mismas no consideran las particularidades como tarifas, impuestos entre otros, que se presentan en los hogares guatemaltecos.



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

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

En Guatemala la dependencia energética se está incrementando día con día derivado de muchos factores que se presentan en el país. Esto tiene un alto impacto al medio ambiente al no contar en el país con una matriz energética conformada solamente de recursos renovables, también se tiene que considerar el impacto económico en los hogares guatemaltecos generados por los incrementos en la tarifa de consumo eléctrico.

#### **3.2. Descripción del problema**

El incremento en el consumo energético está relacionado con factores como: el crecimiento económico, la falta de una cultura de ahorro, el comportamiento del guatemalteco por satisfacer un mayor número de necesidades tales como la adquisición descontrolada de dispositivos eléctricos y electrónicos, así como mejorar el confort en el hogar, lo cual impacta en un incremento en el consumo de energía eléctrica principalmente en los hogares.

#### **3.3. Formulación del problema**

En los hogares guatemaltecos se tiene la necesidad de identificar aquellos consumos energéticos que tiene impacto en la economía del hogar, así como en la eficiencia energética, por lo cual se plantea el desarrollo de una herramienta que permita fomentar la eficiencia energética e identificar los consumos.

- **Pregunta central**

¿Es posible desarrollar un prototipo de aplicación móvil que permita realizar una auditoría energética domiciliar identificando los consumos eléctricos para fomentar la mejora de la eficiencia energética en los hogares de la ciudad de Guatemala?

- **Preguntas auxiliares**

- ¿Qué conceptos y metodologías se deben considerar en la realización de una auditoría energética y los mecanismos para fomentar la eficiencia del consumo energético?
- ¿Cuáles son las funcionalidades técnicas y lógicas que se deben implementar para la realización de auditorías energética domiciliar?
- ¿Qué procedimientos y herramientas serán implementados para el desarrollo del prototipo de aplicación móvil?

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

Este trabajo de investigación se limitará al desarrollo de un prototipo de aplicación móvil con sistema operativo Android, que permitirá realizar auditorías energéticas eléctrica a nivel domiciliar considerando dispositivos eléctricos y electrónicos, así como la facturación de los servicios de distribución de energía eléctrica en la ciudad de Guatemala. Adicional la herramienta podrá realizar propuesta de mejoras solo a nivel de las instalaciones de iluminación.

## 4. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con la línea de investigación del área energética, en la gestión y uso eficiente de la energía en el uso eficiente en edificaciones urbanas y rurales de la Maestría en Energía y Ambiente de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se establece desarrollar un prototipo de aplicación móvil capaz de realizar auditorías energéticas para fomentar el uso eficiente de la energía eléctrica domiciliar beneficiando a la economía familiar del guatemalteco.

Con este trabajo se obtendrá un prototipo de aplicación móvil que sea sencilla e intuitiva, donde el usuario tendrá acceso a herramientas y guías que le permitan identificar los consumos de los dispositivos eléctricos y electrónicos, controlar y optimizar el uso de la energía eléctrica, con el objetivo de establecer cierto grado de eficiencia con la que es utilizada la energía sin afectar el confort domiciliar. La aplicación también estará considerando los diferentes elementos involucrados en la facturación energética en el ámbito nacional.

La herramienta pretende aportar el conocimiento para identificar y caracterizar las variables que afectan el consumo eléctrico domiciliar, como podemos medirlos, el costo relacionado del consumo e identificar áreas de oportunidad para mejorar el uso de la energía eléctrica y así reducir los costos generados por la alta facturación del servicio.

El prototipo de aplicación móvil estará beneficiando al ambiente, ya que se estará fomentando el ahorro y la eficiencia energética en los hogares y así evitar al país una crisis energética y colaborar a la reducción de los efectos de gases invernadero a nivel mundial, consecuencia de la producción de energía.

También se estará beneficiando a los guatemaltecos, porque se contará con una aplicación que estará disponible para los guatemaltecos con dispositivo móvil con sistema operativo Android y que les permitirá gestionar su consumo eléctrico y así obtener un beneficio económico derivado del ahorro en la facturación eléctrica consecuente a su aplicación y uso sin impactar su confort.

En Guatemala no se cuenta con una aplicación móvil que permita gestionar el consumo de energía eléctrica y que considere las particularidades del país (tarifas, tasas, impuestos, entre otros) por lo tanto es pertinente ya que tiene un beneficio económico derivado del ahorro consecuente al uso de la aplicación móvil, y al reducir el consumo energético en los hogares se estará beneficiando al medio ambiente.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Desarrollar un prototipo de aplicación móvil que permita realizar una auditoría energética para identificar y reducir el consumo eléctrico fomentando la mejora de la eficiencia de los equipos eléctricos y electrónicos en los hogares de la ciudad de Guatemala.

### **5.2. Específicos**

1. Llevar a cabo una investigación bibliográfica sobre conceptos aplicables a la implementación de una auditoría energética e identificar los mecanismos para fomentar la eficiencia energética domiciliar.
2. Realizar entrevistas con especialistas en las áreas de eficiencia y auditoría energética considerando el ámbito nacional, para establecer las especificaciones de requisito de software.
3. Detallar los procedimientos y herramientas para el análisis, diseño, desarrollo y pruebas del prototipo de aplicación móvil con sistema operativo Android.



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

En Guatemala, especialmente en el sector residencial los consumidores no son conscientes del consumo realizados por sus equipos (eléctricos y electrónicos) y desconocen en muchas ocasiones el precio por unidad de energía consumida, así como los impactos a nivel económico y al medio ambiente. También se debe considerar la dificultad que se puede tener para interpretar las facturas. Adicional no se cuentan con el conocimiento y las herramientas adecuadas que consideren los diferentes aspectos y particularidades del país (hábitos de consumo de tecnología, leyes, políticas, económicas y ambientales).

Se propone desarrollar un prototipo de aplicación móvil, que estará beneficiando a los guatemaltecos que tengan acceso a dispositivos móviles con sistema operativo Android. Entre las necesidades laborales a cubrir están: brindar conocimiento del consumo realizado por sus equipos (eléctrico y electrónicos), reducir la facturación por servicio de distribución de energía eléctrica, fomentar la eficiencia domiciliar facilitando elementos que ayuden al continuo proceso de eficiencia energética.

Se estará realizando una investigación bibliográfica sobre conceptos relacionados a auditorías y eficiencia energética. Posterior se tendrá reuniones con especialistas en las áreas antes indicadas, con el objetivo de establecer las especificaciones de requisito de software (ERS) considerando las particularidades del país. Posterior se hará el análisis, diseño, desarrollo y pruebas del prototipo.

Actualmente no se cuenta con una aplicación móvil que considere elementos particulares de Guatemala tales como: tensiones que se manejan en la capital, las empresas que proporcionan el servicio eléctrico, marco legal, iniciativas, los impuestos, tasas y tarifas.

Es pertinente ya que brindará un mayor conocimiento y educación a la población sobre consumo y eficiencia energética. Adicionalmente proporcionará beneficio económico derivado del ahorro consecuente al uso de la aplicación móvil, y al reducir el consumo energético en los hogares se estará beneficiando al medio ambiente.

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Auditoría energética**

Existen una amplia variedad de conceptos que se utilizan para definir auditoría energética, pero muchos dependen del contexto que se encuentren, pero según Gómez Girini, López y Félix Fernando (2012):

Consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, para así, establecer el punto de partida para la implementación y control de un Programa de Ahorro de Energía, ya que se determina dónde y cómo es utilizada la misma, además, de especificar cuanta energía es no aprovechada. (p. 2)

Para poder lograr un ahorro de energía, es necesario contar con un registro de los equipos existentes en la residencia detallando por ejemplo su potencia, horas de operación y días a la semana de utilización. Con esto se podrá conocer de acuerdo con el tipo de tecnología que equipos son los que consumen la mayor parte de energía eléctrica y con esto lograr tomar decisiones con el objeto de implementar medidas de eficiencia energética.

Por tal razón se considera la auditoría energética como un elemento importante para conocer esos consumos que muchas veces pasan desapercibido, adicional debe ser fomentado la utilización de estas herramientas a todos niveles tal como lo indica García Martín (2017):

Las auditorías energéticas deben ser fomentadas a todos los niveles: sector residencial, PYMES y grandes empresas, en este último caso se considerarán obligatorias al menos una vez cada 4 años, con la excepción de las empresas que dispongan de sistemas de gestión de la energía y medioambientales certificados. (p. 30)

### **7.1.1. Tipos**

Las auditorías energéticas pueden clasificarse según su profundidad como: a. diagnóstico energético: a) análisis actual de la infraestructura eléctrica; b) auditoría energética: contempla el punto anterior y adicional, se proponen mejoras que buscan el ahorro de energía, así como el estudio económico de la misma; c) auditoría energética particular: se incluyen todos los aspectos antes mencionados y se incluye el análisis del proceso productivo, incluso se puede recomendar modificaciones en los procesos productivos (cambio de tecnología); d) auditoría energética dinámica y continua: está identificado con la gestión energética que se mantiene constante; según el área: puede ser la industria o en edificios ya construidos. (Gómez Girini, López, & Félix Fernando, 2012)

### **7.1.2. Objetivos**

Cuando se realiza una auditoría energética se pueden obtener varios objetivos entre los que se pueden mencionar “Obtener datos sobre consumos, costes de energía y de producción para mejorar el entendimiento de los factores que contribuyen a la variación de los índices energéticos de las instalaciones consumidoras de energía” (Rey Martínez & Gómez, 2006, p. 29).

Adicional los autores Rey Martínez y Velasco Gómez (2006) enmarca que “Identificar las áreas de oportunidad que ofrecen potencial de ahorro de

energía” (p. 29), es otro beneficio que se puede obtener de realizar una auditoría energética.

## **7.2. Marco legal del servicio de energía eléctrica**

Para el desarrollo de la herramienta es necesario conocer las leyes y las entidades responsables de establecer las normas y regulaciones para el servicio de energía eléctrica en Guatemala.

Se mencionará los diferentes tipos de usuarios que establecen las normativas, así como el rango establecido para su clasificación. A continuación, se describe brevemente el marco legal para el servicio de energía eléctrica en Guatemala, así las instituciones que conforman el subsector eléctrico.

### **7.2.1. Marco Legal y Estructura del subsector eléctrico**

El Informe Estadístico 2021 de CNEE (2021) indica que:

El marco regulatorio del sector eléctrico guatemalteco se basa en un modelo de mercado competitivo a nivel de generación y comercialización que se fundamenta en el libre acceso a las redes, la existencia de un sistema de costos, la competencia en el mercado (transacciones del día a día) y la competencia por el mercado (licitaciones para el suministro de los usuarios finales). (p. 15)

A continuación, se presenta como el subsector eléctrico de Guatemala se encuentra regido en el marco legal:

Figura 1. **Subsector eléctrico - Marco Legal**



Fuente: CNEE (2021). *Informe Estadístico 2021*.

En la siguiente imagen se resume la estructura y las instituciones que conforman el subsector eléctrico

Figura 2. **Estructura y las instituciones – subsector eléctrico**



Fuente: CNEE (2021). *Informe Estadístico 2021*.

### **7.2.2. Definición de usuario**

La resolución CNEE-153-2018 en el apartado II (Condiciones Generales) punto tres, define al usuario como:

Se reconoce como Usuario, conforme al artículo 6 de la Ley General de Electricidad, al titular o poseedor del bien inmueble que recibe el suministro de energía eléctrica. Únicamente el Usuario o su representante legal podrán ampliar, renegociar o modificar las condiciones del servicio contratado. (CNEE, 2018, p. 3)

### **7.2.3. Tipos de usuarios**

En Guatemala los consumidores del servicio de energía eléctrica son asignados a categorías. Dependiendo de la categoría se aplica tarifas al consumo de energía eléctrica, la resolución CNEE-153-2018 en el apartado III (Categorías Tarifarias) punto veinte, define los tipos de usuario como:

Los Usuarios del servicio de energía eléctrica se clasifican en tres grupos:

- a) Usuarios con servicio en baja tensión, cuya Potencia Máxima Demandada es menor o igual a once kilovatios (11 kW);
- b) Usuarios con servicios en baja o media tensión, cuya Potencia Máxima Demandada es mayor de once kilovatios (11 KW);
- y c) Usuarios con servicio en baja o media tensión que ostentan la calidad de Gran Usuario otorgada por el Ministerio de Energía y Minas, y por consiguiente estén inscritos en el Registro de Grandes Usuarios y que utilizan la red de la Distribuidora para ser suministrados por un comercializador o generador. (CNEE, 2018, p. 10)

### 7.2.3.1. Baja tensión simple social

Esta se considera de ayuda para los guatemaltecos y la misma recibe subsidio por una entidad pública (INDE), en su página la EEGSA proporciona Información de la tarifa e indica que:

La tarifa BTSS es de carácter social, aplicada al suministro de energía eléctrica, dirigida a usuarios regulados conectados en Baja Tensión, de acuerdo con lo definido en la Ley General de Electricidad y su Reglamento. Esta tarifa es subsidiada por el INDE. Su facturación está compuesta por Cargo por Consumo (CF) y Cargo Único por Energía (CUE). (EEGSA, s. f., párr. 1)

A continuación, los rangos que se reconocen en BTSS:

Tabla I. Rango consumo BTSS

| Rango consumo facturación mensual de 30 días | Consumo promedio diario |
|--|-------------------------|
| 1 - 60 kWh                                   | 2 kWh                   |
| 61 - 88 kWh                                  | 2.93 kWh                |
| 89 - 300 kWh                                 | 10 kWh                  |

Fuente: elaboración propia.

### 7.2.3.2. Baja tensión simple

Se le conoce como tarifa BTS y a este tipo de tarifa no se aplica el subsidio como el anterior y la potencia demandada no supera los 11 kW tal como lo indica la EEGSA en su página web:

La tarifa BTS se puede aplicar a usuarios en general y para cualquier uso de la energía, el usuario que la requiera no deberá sobrepasar una Potencia Máxima Demandada de 11 kW, se puede asignar a un servicio en Baja Tensión, a estos servicios pueden medir Energía kWh, Energía Reactiva (Kvarh) y Potencia Máxima (kW), si poseen un medidor que lo registre, caso contrario solamente registrará el primer rubro (kWh). Por energía su factura incluirá un Cargo por Consumidor (CF) más un Cargo Único por Energía (CUE) sobre el total de energía medida en un periodo de facturación. (EEGSA, s. f., p. 2)

Al no contar con un subsidio este tipo de tarifas tiene un mayor impacto en la facturación siendo los usuarios candidatos para mejorar la eficiencia energética.

### **7.2.3.3. Baja tensión horaria**

Se le conoce como BTSH y al igual que la tarifa anterior, no cuenta con subsidio. Este tipo de tarifa busca fomentar el uso eficaz de la energía y potencia debido a que los usuarios podrán adecuar su consumo en horarios.

La tarifa Baja Tensión Simple Horaria (BTSH) es para usuarios en general y cualquier uso de energía que no sobrepase una Potencia Máxima Demanda de 11 kW, para un servicio en Baja Tensión, se mide la energía por Banda Horaria con un medidor inteligente, ideal para clientes que puedan adecuar su consumo o utilizar la energía en horarios nocturnos, está compuesta por Cargo por consumidor (CF), Cargo Único por Energía de punta (CUEP), Cargo Único por Energía Intermedia (CUEI), Cargo Único por Energía de Valle (CUEV), Cargo Único por Energía de Valle Adicional (CUEVa) un beneficio adicional. (EEGSA, s. f., p. 3)

### **7.3. Eficiencia energética**

Según IDEA (2010) “Los países serán más competitivos en la medida en que aumente su eficiencia energética: es decir, en la medida en que los consumos de energía por unidad de producto producido o de servicio prestado sean cada vez menores” (p. 27) , por lo anterior Guatemala para ser competitivo debe fomentar el ahorro energético en todas las áreas, adicional al fomentar la eficiencia energética se tienen otros beneficios como la mitigación al cambio climático y los efectos de gases invernaderos.

A continuación, se cita una definición sencilla a los términos de Eficiencia Energética y Uso Racional de la Energía Eléctrica:

Pues bien, a grandes rasgos, estos términos quieren decir obtener el máximo rendimiento de la energía consumida y de las instalaciones necesarias para su generación, transporte y utilización garantizando un funcionamiento sin interferencias de todos los receptores conectados a la red de distribución. (Autonell et al., 2016, p. 13)

La eficiencia energética, puede ser implementado en empresas (de cualquier tamaño) incluyendo en el domicilio, el trabajo de investigación estará enfocada a la mejorar de la eficiencia, la misma puede tener diferentes elementos a considerar tal como Rey Martínez y Gómez (2006) nos indica “Las actuaciones para la mejora de la eficiencia energética en el sector residencial se basan tanto en la mejora del equipamiento electrodoméstico como en las mejoras en la edificación residencial” (p. 6).

### **7.3.1. Problemáticas**

Anteriormente se dieron definiciones de eficiencia energética, pero también es necesario describir las problemáticas y obstáculos que se plantean al momento de tratar este tema. Como lo indica García Martín (2017) “El control del consumo energético se enfrenta a muchos obstáculos, que en general, por impedir alcanzar resultados energéticamente óptimos, se conocen con el nombre de barreras” (p. 89), estas barreras deben ser consideradas al momento de implementar políticas de eficiencia energética con el objetivo de alcanzar el éxito y las mismas pueden ser clasificadas como barreras estructurales y barreras conductuales (Reiss & White, 2008).

#### **7.3.1.1. Barreras estructurales**

García Martín (2017), nos dice que “Las barreras estructurales son defectos del mercado y obstáculos de tipo político sobre los que el usuario no tiene control, pero que influyen en sus decisiones y su comportamiento en las cuestiones energéticas” (p. 89), en síntesis, se puede decir que son todos aquellos factores externos los cuales no se tiene control. Relacionado con este tipo de barrera podemos mencionar para Latinoamérica: barreras regulatorias y de política, barreras organizacionales y culturales, barreras informativas, barreras de mercado, barreras técnicas y barreras financieras (Aiello, 2018).

### **7.3.2. Etiquetado energético**

La etiqueta energética se considera una herramienta informativa que se encuentra al alcance de los compradores. Estas etiquetas contienen información relevante sobre el consumo y eficiencia que aportan los fabricantes que cumplen

con ciertas normativas que la regulan, la valorización de los etiquetados pueden variar dependiendo de la región. La siguiente cita nos indica que:

Las etiquetas tienen una parte común, que hace referencia a la marca, denominación del aparato y clase de eficiencia energética; y otra parte, que varía de unos electrodomésticos a otros, y que hace referencia a otras características, según su funcionalidad: por ejemplo, la capacidad de congelación para frigoríficos o el consumo de agua para lavadoras. (IDAE, 2010, p. 59)

La etiqueta energética, como se indicó anteriormente es un herramienta de utilidad en el ámbito de la eficiencia, tal como lo indica la siguiente cita:

La decisión de incluir la etiqueta, desde los inicios de la normalización de eficiencia energética, se basó en la importancia de informar al usuario final sobre el consumo o eficiencia de los productos, para que este pueda comparar entre equipos de diferentes marcas y elegir el que ofrezca un mejor desempeño energético. (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, 2020, párr. 3)

A continuación se presenta un ejemplo de una etiqueta energética y la información que puede proveer la misma:

Figura 3. Ejemplo de etiqueta energética (México)



Fuente: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (2020). *La etiqueta de eficiencia energética, una herramienta muy útil para los usuarios*. Consultado el 10 de enero de 2022 Recuperado de <https://www.gob.mx/conuee/articulos/la-etiqueta-de-eficiencia-energetica-una-herramienta-muy-util-para-los-usuarios?idiom=es>.

Sobre Energy Star García Martín (2017) indica que “puede encontrarse en más de 60 categorías de productos, incluidos los principales electrodomésticos, equipos de oficina, alumbrado y aparatos electrónicos para el hogar. También se utiliza para la categorización energética de viviendas y edificios comerciales e industriales” (p. 104).

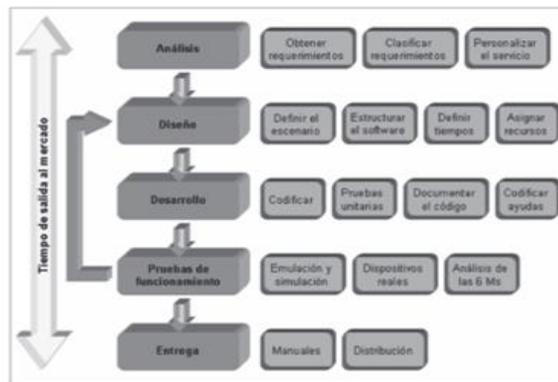
En la guía realizada por IDAE se hace referencia sobre la utilización de etiqueta “Energy Star” y la reducción que es alcanzada con los productos que cuentan con esta etiqueta “Los equipos ofimáticos con etiqueta ‘Energy Star’ tienen la capacidad de pasar a un estado de reposo transcurrido un tiempo determinado en el que no se haya utilizado el equipo” (IDAE, 2010, p. 94).

## 7.4. Metodología de desarrollo

Para el desarrollo de la aplicación es necesario tener conocimiento sobre las diferentes metodologías, según se propone en la siguiente cita:

La metodología propuesta para el desarrollo de aplicaciones para móviles se fundamenta en la experiencia de investigaciones previas en aplicaciones móviles, la evaluación del potencial de éxito para servicios de tercera generación denominada 6 M, la ingeniería de software educativo con modelado orientado por objetos (ISE-OO), y principalmente en los valores de las metodologías ágiles. (Gasca Mantilla, Camargo Ariza, & Medina Delgado, 2014, p. 23)

Figura 4. Etapas de la metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles



Fuente: Gasca Mantilla, Camargo Ariza y Medina Delgado (2014). *Metodología para el Desarrollo de aplicaciones móviles*.

#### **7.4.1. UML**

En la siguiente cita se define UML como “UML (Unified Modeling Language o lenguaje unificado de modelación) es un lenguaje gráfico destinado al modelado de sistemas y procesos. Está basado en la orientación a objetos” (Debrauwer, van der Heyde, & van der Heyde, 2016, p. 13), es un estándar y se utilizará en el desarrollo del prototipo, con el objetivo de modelar los requerimientos y así facilitar la comunicación de requerimientos tal como lo indican en la siguiente cita “Es así que lograr una buena comunicación, aparte de establecer una adecuada comprensión de los requerimientos del usuario final” (Duran-Blandón, 2011, p. 84).

#### **7.5. Tecnologías de desarrollo**

En la actualidad existen muchas herramientas para desarrollar software para aplicaciones móviles, algunas son de costo y otras son gratis. A continuación, se describirán algunas de las herramientas utilizadas para el desarrollo del trabajo de investigación.

##### **7.5.1. Ionic**

Este es una de las herramientas a utilizar en el trabajo de investigación, tal como lo indican en la siguiente cita:

*Ionic Framework es un SDK de frontend de código abierto para desarrollar aplicación híbrida basada en tecnologías web (HTML, CSS y JS). Es decir, un framework que nos permite desarrollar aplicaciones para iOS nativo, Android y la web, desde una única base de código. (Agúero Atmitim, 2021, párr. 1)*

Como característica principal de la herramienta “Permite desarrollar y desplegar aplicaciones híbridas, que funcionan en múltiples plataformas, como iOS nativo, Android, escritorio y la web (como una aplicación web progresiva), todo ello con una única base de código” (Agúero Atmitim, 2021, p. 2).

### **7.5.2. AngularJS**

Es una herramienta para el desarrollo de aplicaciones web de lado del cliente, tal como se indica en la siguiente cita “Es un framework para el desarrollo de aplicaciones web del lado del cliente, que empleando JavaScript. Utiliza el patrón Model-View-Controller (MVC) aunque Google lo define como Model-View-Whatever (MVW, whatever works for you)” (Cardozo, Arévalos, Jara, López, & González, 2019, p. 58), considerando lo anterior se estará utilizando como herramienta de desarrollo y de las características que posee “con este framework es posible sincronizar el modelo y la vista de manera automática utilizando ciertas directivas proporcionadas por AngularJS” (Cardozo, Arévalos, Jara, López, & González, 2019, p. 58).

## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

### 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Auditoría energética

2.1.1. Tipos

2.1.2. Objetivos

2.2. Marco legal del servicio de energía eléctrica

2.2.1. Marco Legal y Estructura del subsector eléctrico

2.2.2. Definición de usuario

2.2.3. Tipos de usuarios

2.2.3.1. Baja tensión simple social

2.2.3.2. Baja tensión simple

2.2.3.3. Baja tensión horaria

- 2.3. Eficiencia energética
  - 2.3.1. Problemáticas
    - 2.3.1.1. Barreras estructurales
  - 2.3.2. Etiquetado energético
- 2.4. Metodología de desarrollo
  - 2.4.1. UML
- 2.5. Tecnologías de desarrollo
  - 2.5.1. Ionic
  - 2.5.2. AngularJS

### 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1. Características del estudio
  - 3.1.1. Diseño
  - 3.1.2. Enfoque
  - 3.1.3. Alcance
  - 3.1.4. Unidad de análisis
- 3.2. Variables
- 3.3. Fase del desarrollo de la investigación
  - 3.3.1. Fase 1
  - 3.3.2. Fase 2
  - 3.3.3. Fase 3
- 3.4. Técnicas de análisis de información

### 4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS  
APÉNDICES  
ANEXOS



## **9. METODOLOGÍA**

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

El enfoque del estudio propuesto contará con variables cualitativas y cuantitativas, considerándose un enfoque mixto. Las variables cualitativas corresponden a los parámetros necesarios a considerar para realizar una auditoría energética y los mecanismos utilizados para conseguir la eficiencia energética. Las variables cuantitativas serán utilizadas en la fase de desarrollo para validar la congruencia de los resultados del uso del prototipo.

El alcance de la investigación es de tipo descriptivo, dado que se estará diseñando el prototipo en base a los requerimientos establecidos de las entrevistas a especialistas, así como de la revisión bibliográfica, con el objetivo de establecer la descripción más completa posible sobre auditoría y eficiencia energética.

El diseño adoptado será experimental, dado que al contar con el prototipo el usuario podrá experimentar la aplicación a partir de su uso diario ingresando información y obteniendo resultados según los datos proporcionados. Adicional se hará verificaciones con los especialistas con el objetivo de establecer si el prototipo es aceptable.

Se utilizará un método de investigación lógico – deductivo, dado que los datos obtenidos corresponden a investigaciones donde se definen premisas y metodologías que se deben considerar para solucionar el problema planteado.

El paradigma adoptado es positivista, dado que se busca verificar los conceptos obtenidos de los especialistas y revisiones bibliográficas con el objetivo de construir el conocimiento necesario para el desarrollo del prototipo.

## **9.2. Unidades de análisis**

Para esta investigación se consideran la auditoria energética como unidad de análisis, dado que se necesita conocer los parámetros necesarios para realizar una auditoria energética. Otra unidad de análisis es la eficiencia energética, dado que se requiere establecer los mecanismos que son utilizados para lograr la eficiencia de la energética. Por último, se tiene el desarrollo de software, con el cual se establecerá las metodologías y herramientas para desarrollar el prototipo.

## **9.3. Variables**

Es importante tener claro las variables a utilizar, por lo tanto, en el presente trabajo se estará enfocando en la variable auditoría energética donde se recopilará información de las metodologías utilizadas actualmente y que se utilizar como insumo para el desarrollo del prototipo de aplicación móvil.

Adicional se estará identificando los mecanismos para mejorar la eficiencia energética siendo esta la segunda variable a utilizar. Por último, se tendrá la variable desarrollo de software, con la cual se estará detallando la metodología, así como las herramientas utilizadas para desarrollar el prototipo de aplicación móvil.

Tabla II. **Variables**

| Variable               | Definición teórica  | Definición operativa  |
|------------------------|---|---|
| Auditoría energética   | Una Auditoría Energética es un estudio técnico de una unidad (empresa, vivienda, comercio, edificio, etc.) para comprobar si la gestión energética está optimizada. Esto significa que el estudio técnico explicará si se puede ahorrar en gasto energético o no, y en caso de existir margen de ahorro explicará dónde y cómo se puede conseguir | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se valora por medio de revisiones bibliográficas sobre las dimensiones del tema y se utilizará una bitácora de análisis para registrar los avances.</li> <li>▪ Se contratará a especialistas en auditorías energética para ampliar el conocimiento y el mismo será condesando en un documento utilizando documentos de especificación de requerimientos</li> </ul> |
| Eficiencia energética  | La eficiencia energética, tanto del lado de la demanda como de la oferta, no implica sacrificios, exige cambio de hábitos e incorporación de tecnologías eficientes, para mejor los servicios usando menos energía.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se valora por medio de revisiones bibliográficas sobre las dimensiones del tema y se utilizará una bitácora de análisis para registrar los avances.</li> <li>▪ Se contratará a especialistas en eficiencia energética para ampliar el conocimiento y el mismo será condesando en un documento utilizando diagramas de UML</li> </ul>                               |
| Desarrollo de software | Es el conjunto de procesos y procedimientos para el diseño y desarrollo involucrados en la escritura de software para dispositivos informáticos pequeños e inalámbricos, como teléfonos inteligentes y otros dispositivos portátiles.   | Posterior al levantado de requerimientos, se realizará el desarrollo del primer prototipo funcional de aplicación para realizar auditorías energéticas domiciliar   |

Fuente: elaboración propia.

## **9.4. Fases del estudio**

El presente trabajo de investigación contara con tres fases del estudio que permiten dar respuesta a las preguntas planteaas. A continuación, se describen las fases:

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

En la primera fase se realizará una consulta de todas las bibliografías posibles como: libro, artículos científicos avalados por universidades, tesis doctorales y tesis de maestría que estén relacionadas a los temas de auditoría y eficiencia energética; adicional se recolectará información sobre la ley general de electricidad, se identificará las entidades responsables de suministrar el servicio eléctrico y se estará detallando los elementos involucrados en facturación de energía eléctrica domiciliar (impuestos, tarifas, entre otros). Además, se estará obteniendo información general sobre el cálculo del consumo y operación de elementos a nivel domiciliar. Para el desarrollo del prototipo se estará consultadas aplicaciones similares que puedan proporcionar ideas para la creación del prototipo. El objetivo de esta fase es contar con la base de conocimientos mínimos a considerar para la implementación de la solución (prototipo de aplicación móvil).

El instrumento para recolectar los datos de la revisión bibliográfica será a través de una bitácora de análisis.

Tabla III. **Bitácora de análisis**

| No. | Título Documento | Nivel de aporte (Alto/Medio/Bajo) | ¿Es útil? (Si/No) | Porcentaje de utilidad |
|-----|------------------|-----------------------------------|-------------------|------------------------|
|     |                  |                                   |                   |                        |
|     |                  |                                   |                   |                        |
|     |                  |                                   |                   |                        |

Fuente: elaboración propia.

#### **9.4.2. Fase 2: Revisión de requerimientos con especialistas en auditoría y eficiencia energética**

En esta fase se tiene como objetivo obtener requerimientos funcionales y técnicos a través de entrevistas con especialistas en el área de auditoría y eficiencia energética. También se revisará con los expertos los requerimientos obtenidos de la fase uno y se ampliará la base de conocimientos y requerimientos. La cantidad de expertos a entrevistar serán de 2 personas mínimo.

El instrumento para la recolección de datos será la entrevista, destinado a obtener información acerca de las variables definidas en el estudio.

#### **9.4.3. Fase 3: Desarrollo de la investigación**

Con los conocimientos y los requerimientos bien definidos, para el desarrollo se empleará el método ágil utilizando una herramienta de prototipado combinándola una vez iniciado el desarrollo con el método incremental, con el

objetivo de obtener versiones que puedan ser evaluados por los especialistas y así obtener mejoras.

A continuación, se indican las etapas que tendrá el desarrollo de la aplicación:

- Análisis.
- Diseño.
- Codificación.
- Pruebas.

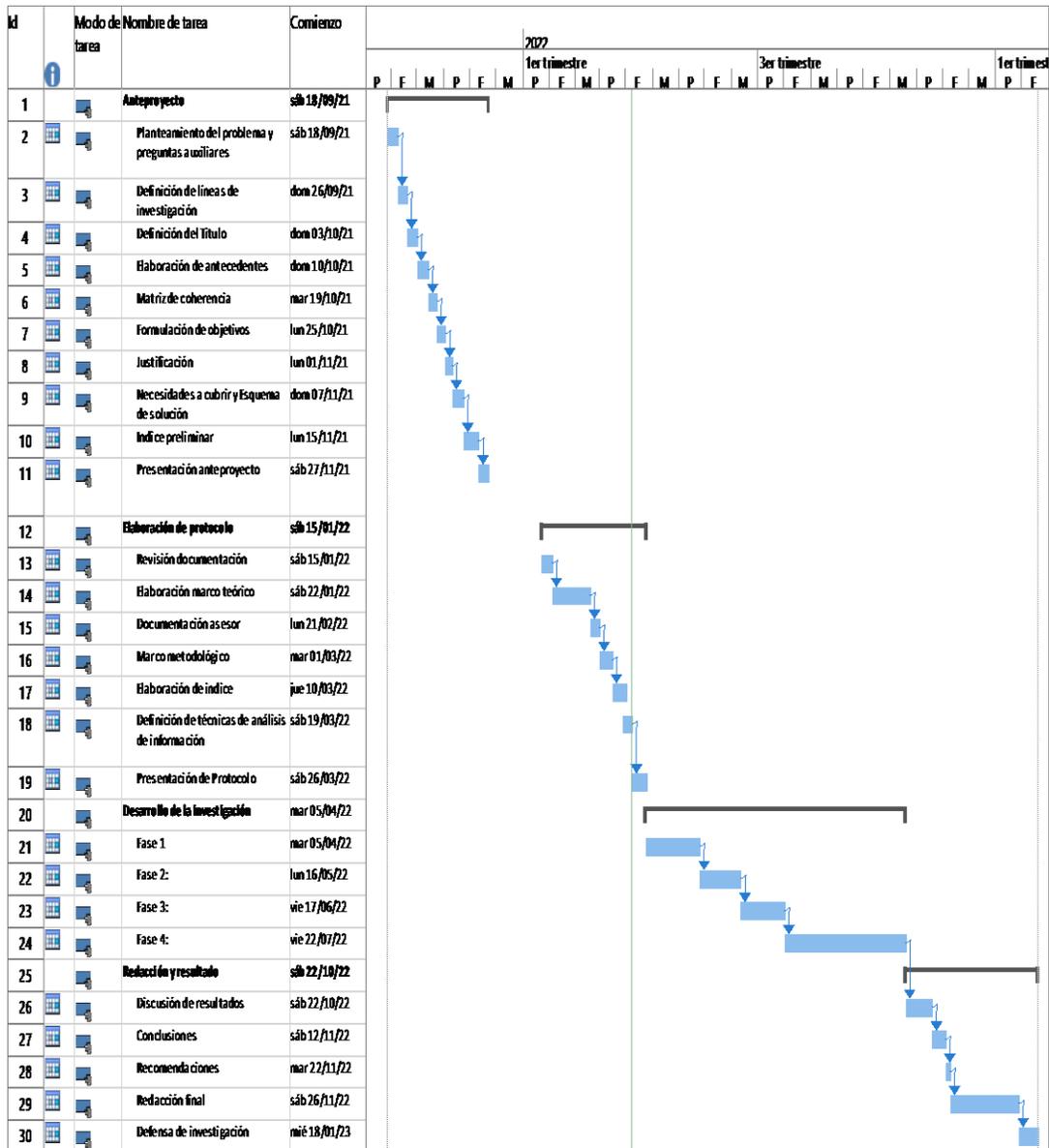
## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

En la fase de prueba se enviaron encuestas vía electrónica a los usuarios que se les proporciono acceso al prototipo. Se utilizó los formularios de *Goggle docs* para realizar las encuestas, la aplicación permitió el análisis del resultado dado que la misma realiza un análisis estadístico sobre las encuestas realizadas. De los resultados obtenidos se analizó de nuevo y se realizaron los ajustes correspondientes y se generó una nueva versión del prototipo.



# 11. CRONOGRAMA

Figura 5. Cronograma



Fuente: elaboración propia



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

### 12.1. Recursos humanos

En el presente trabajo de investigación, se requerirá la asesoría de 2 expertos que posean experiencia en auditoría y eficiencia energética en el ámbito guatemalteco; Adicional se contará con el apoyo de un asesor con título de maestría, quien estará apoyando en la elaboración del documento, a continuación, se presenta el presupuesto para recursos humanos:

Tabla IV. **Presupuesto para recursos humanos**

| CONCEPTO                   | Parcial      |
|----------------------------|--------------|
| ESPECIALISTAS (2 personas) | Q. 5,000.00  |
| ASESOR                     | Q. 5,000.00  |
| INVESTIGADOR               | Q. 5,000.00  |
| TOTAL                      | Q. 15,100.00 |

Fuente: elaboración propia.

### 12.2. Recursos tecnológicos, físicos y materiales

Los recursos tecnológicos son considerados vitales para el desarrollo del prototipo de aplicación móvil (Computadora y tableta), en el caso de las herramientas de codificación se utilizarán las disponibles sin costo. Con la suscripción de Office 365 se contará con las herramientas tales como Word®,

Excel® y Visio® así como los beneficios de mantener la información disponible en cualquier momento y dispositivo. A continuación, se presenta el presupuesto:

Tabla V. **Presupuesto para recursos tecnológicos, físicos y materiales**

| CONCEPTO                        | Parcial             |
|---------------------------------|---------------------|
| SOFTWARE DE CODIFICACIÓN        | Q. 0.00             |
| COMPUTADORA                     | Q. 7,500.00         |
| TABLETA                         | Q. 2,300.00         |
| IMPRESORA                       | Q. 1,250.00         |
| SUSCRIPCIÓN OFFICE 365 (ANUAL)  | Q. 650.00           |
| INTERNET Y ARTÍCULOS DE OFICINA | Q. 825.00           |
| GASOLINA Y PARQUEO              | Q. 525.00           |
| <b>TOTAL</b>                    | <b>Q. 13,050.00</b> |

Fuente: elaboración propia.

### 12.3. Recursos financieros

Para el desarrollo del trabajo de investigación se incluirá Q. 800.00 por concepto de imprevistos. A continuación, se presenta el resumen:

Tabla VI. **Resumen presupuesto**

| CONCEPTO                                    | Parcial             |
|---|---------------------|
| RECURSOS HUMANOS                            | Q. 15,000.00        |
| RECURSOS TECNOLÓGICOS, FÍSICOS Y MATERIALES | Q. 13,050.00        |
| IMPREVISTOS                                 | Q. 800.00           |
| <b>TOTAL</b>                                | <b>Q. 28,850.00</b> |

Fuente: elaboración propia.

#### **12.4. Acceso a la información y permisos**

En el presente trabajo de investigación, no es requerido solicitar permisos y los accesos a la información se encuentran disponibles en la red.



### 13. REFERENCIAS

1. Administrador del Mercado Mayorista. (2022, 31 enero). *Guatemala 2021: Demanda de energía a nivel departamental*. Recuperado de <https://rd.amm.org.gt/2022/01/31/demanda-energia-departamental-2021/>
2. Agüero Atmitim, J. M. (2021, 22 febrero). *Qué es Ionic: ventajas y desventajas de usarlo para desarrollar apps móviles híbridas*. Recuperado de <https://profile.es/blog/que-es-ionic/>
3. Aiello, R. G. (2018, 10 septiembre). *¿Cuáles son algunas de las principales barreras para los programas de eficiencia energética en el sector eléctrico en América Latina?* Recuperado de <https://blogs.iadb.org/energia/es/cuales-son-algunas-de-las-principales-barreras-para-los-programas-de-eficiencia-energetica-en-el-sector-electrico-en-america-latina/>
4. Autonell, J., Balcells, J., Barra, V., Brossa, J., Fornieles, F., García, B., & Serra, J. (2016). *Eficiencia en el uso de la energía eléctrica* (1.a ed.). Ciudad de México, México: Alfaomega.
5. Cardozo, C., Arévalos, C., Jara, M., López, G., & González, N. (2019, septiembre). *Aplicativo Móvil para Auditoría Energética Residencial*, 54–70. Presentado en VI Simposio Argentino sobre Tecnología y Sociedad (STS 2019) - JAIIO 48 (Salta), Salta, Argentina. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/89313>

6. CNEE (Ed.). (2018). RESOLUCION CNEE-153-2018. Recuperado de <https://www.cnee.gob.gt/pdf/resoluciones/2018/CNEE%20153%202018.pdf>
7. CNEE. (2021). Informe Estadístico 2021. Gerencia de Planificación y Vigilancia de Mercados Eléctricos. Recuperado de [https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Docs/Informe%20estad%20C3%ADstico%20GVP%20final%20\(1\).pdf](https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Docs/Informe%20estad%20C3%ADstico%20GVP%20final%20(1).pdf)
8. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2020, 23 abril). *La etiqueta de eficiencia energética, una herramienta muy útil para los usuarios.* Recuperado de <https://www.gob.mx/conuee/articulos/la-etiqueta-de-eficiencia-energetica-una-herramienta-muy-util-para-los-usuarios?idiom=es>
9. Debrauwer, L., van der Heyde, F., & van der Heyde, F. (2016). UML 2.5 Iniciación, ejemplos y ejercicios corregidos (4.a ed.). Barcelona, España: Ediciones ENI.
10. Duran-Blandón, E. (2011). El uso del UML en la fase de análisis del proceso de desarrollo de un software educativo. *Revista Ingeniería Solidaria*, 7(12–13), 83–91.
11. EEGSA. (s. f.). Información de tarifas – EEGSA. Recuperado de <https://eegsa.com/factura-eegsa-2/calculadora-de-facturas/informacion-de-tarifas/>

12. García Martín, N. (2017). *Propuesta y evaluación de tratamientos para la mejora de la eficiencia energética en el sector residencial mediante el desarrollo de experimentos económicos* (tesis doctoral). Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales, España. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=122677>
13. Gasca Mantilla, M. C., Camargo Ariza, L. L., & Medina Delgado, B. (2014). Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles. *Tecnura*, 18(40), 20–35. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257030546003>
14. Gómez Girini, R., López, R. G., & Félix Fernando, J. (2012). Metodologías para auditorías energéticas en edificios. *Eficiencia Energética*. Argentina. Recuperado de [http://www.edutecne.utn.edu.ar/energia\\_ure\\_mendoza\\_2012/09-metodologias-FRM.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/energia_ure_mendoza_2012/09-metodologias-FRM.pdf)
15. IDAE. (2010). *Guía Práctica de la Energía. Consumo Eficiente y Responsable* (3). Autor. Recuperado de [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_11406\\_Guia\\_Practica\\_Energia\\_3ed\\_A2010\\_509f8287.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11406_Guia_Practica_Energia_3ed_A2010_509f8287.pdf)
16. IEA. (2021). *Global Energy Review 2021 – Analysis*. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021>
17. MEM – Ministerio de Energía y Minas. (s. f.). Recuperado de <https://mem.gob.gt/>

18. Peña, A. C., & Sánchez, J. M. G. (2012). Gestión de la eficiencia energética : cálculo del consumo, indicadores y mejora (1.a ed.). Madrid, España: AENOR.
19. Reiss, P. C., & White, M. W. (2008). What changes energy consumption? Prices and public pressures. *The RAND Journal of Economics*, 39(3), 636–663.
20. Rey Martínez, F. J., & Gómez, E. V. (2006). EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS. Madrid, España: Thomson Editores Spain.