



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y
EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR VIVIENDA VERTICAL EN
GUATEMALA BASADO EN NORMAS Y ESTÁNDARES INTERNACIONALES**

Diego José Paniagua Arriola

Asesorado por el Ing. Axel Ernesto Siguí Gil

Guatemala, octubre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y
EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR VIVIENDA VERTICAL EN
GUATEMALA BASADO EN NORMAS Y ESTÁNDARES INTERNACIONALES.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DIEGO JOSÉ PANIAGUA ARRIOLA

ASESORADO POR EL ING. AXEL ERNESTO SIGUÍ GIL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE 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 Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

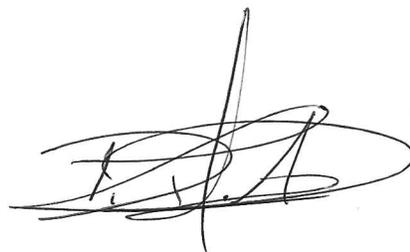
DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Luis Mariano Álvarez Muralles
EXAMINADOR	Ing. Allan Cosillo Pinto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y
EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR VIVIENDA VERTICAL EN
GUATEMALA BASADO EN NORMAS Y ESTÁNDARES INTERNACIONALES.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela Estudios de Postgrado, con fecha 24 de febrero de 2020.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long vertical stroke extending upwards from the center.

Diego José Paniagua Arriola

Ref. EEPFI-287-2020
Guatemala, 24 de febrero de 2020

Director
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Escuela de Ingeniería Civil
Presente.

Estimado Ing. Aguilar:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR VIVIENDA VERTICAL EN GUATEMALA BASADO EN NORMAS Y ESTÁNDARES INTERNACIONALES**, presentado por el estudiante **Diego José Paniagua Arriola** carné número **201314558**, 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.

Sin otro particular,

Atentamente,

Axel Ernesto Siguí Gil
Ingeniero Electricista
Colegiado No. 14867
Mtro. Axel Ernesto Siguí Gil
Asesor

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

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



Guatemala, 26 de febrero 2020

Ingeniero M.Sc.
Edgar Álvarez Cotí
Director Escuela de
Postgrado Facultad
de Ingeniería USAC
Ciudad Universitaria,
Zona 12

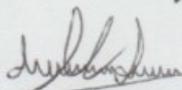
Distinguido Ingeniero Álvarez:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he procedido a revisar y aprobar el protocolo de tesis del estudiante Diego José Paniagua Arriola carné no. 201314558, cuyo título de tesis es "Metodología para la implementación y evaluación de la eficiencia energética en el sector vivienda vertical en Guatemala basado en normas y estándares internacionales", para optar al grado académico de Maestro en Energía y Ambiente.

En tal sentido, en calidad de asesor doy mi anuencia para que el estudiante Paniagua Arriola, continúe con los trámites correspondientes.

Sin otro particular me es grato suscribirme de usted.

Atentamente.



Axel Ernesto Sigui Gil
Ingeniero Electricista
Colegiado No. 14867

M.Sc. Ing. Axel Ernesto Sigui Gil
Colegiado: 14,867
Asesor.



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



ELP-EIC-006-2020

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil 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: **METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR VIVIENDA VERTICAL EN GUATEMALA BASADO EN NORMAS Y ESTÁNDARES INTERNACIONALES**, presentado por el estudiante universitario Diego José Paniagua Arriola, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑADA A TODOS

[Handwritten Signature]
 Ing. Pedro Antomo Aguilar Polanco
 Director
 Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, febrero de 2020

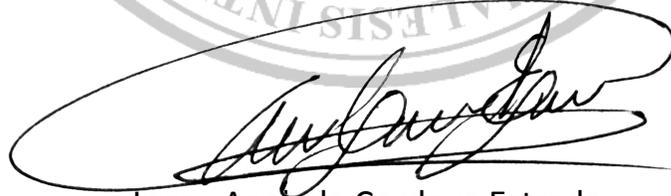


Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua

DTG. 336.2020.

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 Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR VIVIENDA VERTICAL EN GUATEMALA BASADO EN NORMAS Y ESTÁNDARES INTERNACIONALES**, presentado por el estudiante universitario: **Diego José Paniagua Arriola**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la sabiduría e inteligencia necesaria para culminar esta primera gran etapa de mi vida profesional.
- Mis padres** Marta Arriola y Vicente Paniagua, por ser siempre mi fuente de inspiración y por siempre brindarme su apoyo incondicional.
- Mi hermana** Cynthia Paniagua, por siempre estar para mi y apoyarme de muchas formas a lo largo de mi carrera.
- Mi abuela** Porque en el tiempo en el que estuvo entre nosotros fue la fuente de amor que me ayudo a ser la persona que soy y que ahora desde el cielo me cuida.

AGRADECIMIENTOS A:

- Universidad de San Carlos de Guatemala** Mi *alma mater*, por haberme permitido formarme en ella y así ser un profesional de éxito.
- Facultad de Ingeniería** Especialmente al cuerpo docente por brindarme todos los conocimientos que me servirán de base en mi vida profesional.
- Mis amigos** Julio Recinos, Betzabé Sitán, Aurora Martínez, Andrea Chavarría, Brandon Estrada y Edgar Ramos por el apoyo en las diferentes etapas de la carrera profesional y su invaluable amistad.
- Mis amigos de la Facultad** A todos mis amigos y compañeros de la Facultad de Ingeniería, que de una u otra forma me brindaron su amistad y apoyo en esta etapa.
- Mi familia** A mi familia por su cariño y apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	15
5.1. General.....	15
5.2. Específicos	15
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	17
7. MARCO TEÓRICO.....	19
7.1. Cambio climático	19
7.2. Desarrollo sostenible	20
7.3. La conferencia de la ONU sobre la humanidad, reunida en Estocolmo del 5 al 16 de junio de 1972	21
7.4. Conferencia de las Naciones Unidas sobre medio ambiente y desarrollo, Rio de Janeiro 1992	22

7.5.	Protocolo de Kioto	23
7.6.	Energía eléctrica	24
7.6.1.	Fuentes de energía	25
7.7.	Gestión energética y certificaciones de edificios en el mundo	25
7.7.1.	BREEAM	26
7.7.2.	Certificación LEED	27
7.7.2.1.	Construcción ecológica.....	28
7.7.3.	Norma ISO 50001.....	29
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	31
9.	METODOLOGÍA	33
9.1.	Tipo de estudio.....	33
9.2.	Fases de estudio.....	33
9.2.1.	Fase 1: exploración bibliográfica	33
9.2.2.	Fase 2: selección de edificaciones para estudio base.	34
9.2.3.	Fase 3: recolección y análisis de datos base.....	35
9.2.4.	Fase 4: análisis de normas y certificaciones.....	39
9.2.5.	Fase 5: planteamiento de metodología.....	40
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN	41
11.	CRONOGRAMA	43
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	45
13.	REFERENCIAS	47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Fuentes de generación de gases de efecto invernadero	20
2.	Obtención de datos para análisis inicial	34
3.	Cronograma	43

TABLAS

I.	Inspección de edificio. Hoja de auditoría energética.....	35
II.	Recursos necesarios para investigación	45

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
CO₂	Fórmula química del dióxido de carbono.
°C	Grados Celsius

GLOSARIO

CI	Comunidad Internacional
ER	Energía Renovable
Fotovoltaica	Transformación directa de la radiación solar en electricidad.
GEI	Gases responsables del efecto invernadero y cambio climático.
kBEP	Unidad de energía equivalente a la energía liberada durante la quema de un barril.
Mareomotriz	Energía que se obtiene aprovechando las mareas.
NZE	Edificaciones que requieren bajo consumo de energía.
PIB	Indicador económico refleja el valor monetario de bienes y servicios finales producidos por un país

Tropicalizar Adaptar algo a las condiciones de una región o país.

Sustentabilidad Describe cómo los sistemas biológicos se mantienen productivos con el transcurso del tiempo.

Undimotriz Energía que permite la obtención de electricidad a partir de energía mecánica generada por el movimiento de las olas

RESUMEN

El consumo energético en Guatemala en los últimos años se ha visto marcado grandemente por la demanda del sector vivienda, y principalmente por el de vivienda vertical, es decir los edificios de apartamentos, estos han tenido un auge bastante grande en la ciudad capital como lo muestra la Municipalidad de Guatemala, debido al incremento de licencias de construcción para edificaciones de este tipo.

El aumento de edificaciones de vivienda va muy de la mano del consumo energético y este se relaciona con que la generación de energía debe de ser mayor y como consecuencia de una mayor producción de energía es el incremento de generación de gases de efecto invernadero, siendo estos los principales causantes del cambio climático, que desde hace ya algunos años ha sido un tema bastante relevante a nivel mundial.

Siendo este tema uno de los que mas preocupan a nivel mundial, han surgido diversas certificaciones o normas que se orientan a generar la eficiencia energética en edificaciones, nuestro país no se ha quedado atrás con este crecimiento, ya que la economía esta muy centralizada las personas buscan estar cerca de las zonas de negocio y comercio, es por ello que se ve la necesidad de la generación de una metodología en la cual se analicen las certificaciones y normas mas importantes, tales como la certificación LEED y la norma ISO 50001, por mencionar dos de las más importantes y con base en sus lineamientos generarlos adaptados a nuestro país y a la necesidad de nuestra sociedad.

1. INTRODUCCIÓN

La generación de energía, principalmente la proveniente de combustibles fósiles, es uno de los sectores que más GEI (gases de efecto invernadero) emiten a la atmósfera, y de algún tiempo a la fecha se ha tomado la postura por parte de muchos países del mundo en tratar de minimizar el impacto que los seres humanos generamos sobre nuestro planeta, y Guatemala está inmerso en esta problemática mundial llamada cambio climático.

Por tal razón es necesaria la implementación de metodologías en los sectores de los países, que más impacto generen de esta forma y en nuestro caso el sector vivienda representa cerca del 60 % de la demanda energética según datos del Perfil Energético de Guatemala por la URL y teniendo en cuenta que este sector está dividido en vivienda horizontal y vertical, siendo este último el que ha tenido gran crecimiento en los últimos años, debido a que la economía se encuentra centralizada en la ciudad, y con este crecimiento la demanda también aumentaría teniendo estos un crecimiento directamente proporcional, por ello los profesionales involucrados desde la planificación principalmente de edificaciones de vivienda vertical deben de tener en cuenta que hay que realizar estos con la finalidad de que la demanda energética no se vea tan impactada con el gran crecimiento del sector, y esto se puede obtener implementando todo lo concerniente a energía renovable, utilización de espacios, iluminación y ventilación natural, entre otros factores que pueden ser importantes de implementar para que la energía que se requiera sea la menor posible, así mismo la energía generada con recursos renovables es una opción importante para este problema.

Por ello se observa la necesidad de la generación de una metodología para la eficiencia energética en el sector vivienda vertical, la cual estará basada en certificaciones internacionales como es el caso de LEED y normas internacionales como lo es la ISO 50001, dos claros ejemplos de las normas y certificaciones que pueden ser aplicables, claramente si queremos iniciar a implementarlas se deben de analizar y tropicalizar a nuestro entorno, ya que al pretender implementarlas éstas pueden generar costos mayores al momento de planificar y desarrollar proyectos de este tipo, pero también dependerá del segmento al que queremos orientarnos, es por ello que la investigación se centrará en el análisis de estas y como pueden iniciar a tener incidencia en los proyectos y que los arquitectos e ingenieros vean en ellas una herramienta viable de utilizar, siempre pensando en el desarrollo sostenible del sector construcción.

En el capítulo uno se analizará y revisará toda la bibliografía que se requiera para la adecuada explicación del tema que será objeto de estudio y todos los temas que sirven de complemento al mismo. En el capítulo dos se obtendrán datos con ayuda de las encuestas electrónicas y la auditoría energética, realizadas en dos edificaciones de vivienda, lo cual será la guía para determinar algunas de las causas por las que las edificaciones de vivienda representan gran demanda energética. En el capítulo tres se conformará una matriz con los puntos relevantes de las normas y certificaciones que sean aplicables a nuestro país y que más valor generarán. En el cuarto capítulo, basado en la matriz obtenida en el capítulo anterior se planteará la metodología, detallando las mejoras que podrían obtenerse en cada una de las áreas de aplicación.

2. ANTECEDENTES

En el sector edificación, interfieren servicios que generan un alto consumo energético, entre los cuales tenemos principalmente, las instalaciones térmicas de calefacción, los sistemas de climatización, ventilación y la generación de agua caliente y todo lo concerniente a iluminación.

Los sistemas de gestión más frecuentes encontrados en las organizaciones responden a modelos expresados en normas que se han convertido en garantías internacionales, en el caso de la gestión ambiental, la Norma ISO 14001. A nivel internacional no se cuenta con una Norma que oriente el diseño organizacional con la finalidad de que los recursos energéticos se gestionen eficientemente, así como también que vele por el control del impacto ambiental que se produce con el uso de la energía.

Por ello la aplicación de la norma UNE-EN ISO 50001 brinda la oportunidad de un autoconocimiento del uso que se le da a la energía y cuál es el potencial de ahorro y mejora, proporcionando un medio para gestionar la energía de forma activa. También supone un avance a nivel de gestión ambiental, ya que define un sistema optimizado para el correcto uso de la energía, teniendo compatibilidad con sistemas de Gestión de Calidad y Ambiental.

Su aplicación también genera una diferencia en ahorro de costos, aunque al inicio se realice una inversión mayor los ahorros serán de la misma forma. (Lozano, 2013)

Con la finalidad de la mejora de gestión de la energía en las edificaciones surgen nuevos modelos como puede ser la vivienda tipo NZE (Net Zero Energy), que inician con el cálculo de balance energético para lo cual se requiere de un tiempo determinado denominado periodo de balance energético, en donde deben de definirse fronteras energéticas, pues a partir de ellas se definirán los tipos de energía que entran y salen en un edificio, tales como la energía que se puede generar en el sitio por uno u otro recurso, así como los sistemas de energía suministrada por las redes. Es importante también conocer la energía neta necesitada que es la demanda de energía de un edificio, que puede ser el total de energía que demanda el edificio o simplemente la suma de las demandas energéticas de cada carga puntual de interés. (Barbosa & Sarmiento, 2013)

Y es aquí en donde se empiezan a analizar puntos como, que tanto la producción de energía renovable en sitio puede abastecer las necesidades energéticas netas, ya sea de forma parcial o total, y así disminuir la cantidad de energía demandada de las redes de suministro o bien producir en algunos casos excedentes de energía que podrían ser exportados a la red.

La vivienda NZE orienta su implementación a una Vivienda de Interés Social (VIS) en busca de la calidad y confort para sus habitantes cumpliendo reglamentación y garantizando construcciones eficientes y económicas. También se busca la implementación de energías renovables que son reconocidas por su bajo impacto ambiental en comparación de combustibles fósiles, tales como la energía fotovoltaica, térmica, eólica, geotérmica, biomasa, mareomotriz, hidráulica y undimotriz o la generada por el movimiento de las olas. No obstante, todas ellas no pueden ser aprovechadas en un sistema de generación en el sitio.

Alrededor del mundo se han identificado cerca de 300 proyectos de tipo NZEB (Barbosa & Sarmiento, 2013). Siendo el sector de edificaciones de

vivienda, uno de los que más demanda energética genera y teniendo esto íntima relación con el incremento de GEI anual; representando alta incidencia ya que concentran una gran parte de población, y en nuestro país se refleja este crecimiento según datos de la Municipalidad de Guatemala en diferentes zonas del país, en donde existen mayores proyectos de vivienda vertical en ejecución las cuales son: zona 15 con 28 proyectos, seguido de la zona 14 con 15 proyectos y la zona 16 con 13 proyectos y así en las demás zonas oscila la cantidad de proyectos entre 1 y 11 proyectos, haciendo un total de 104 proyectos en ejecución de este tipo de vivienda, con lo cual se puede dimensionar el impacto que tendremos en la demanda energética. (Vasquez, 2019)

En muchos países se está promoviendo la eficiencia energética y sistemas de gestión de energía en los edificios, como una medida de mitigación al cambio climático, esto reduciendo las emisiones de GEI asociados al consumo energético. Estos sistemas en el ciclo de mejora continua PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar), y la Norma Internacional que está diseñada con base a estos lineamientos es la Norma ISO 50001:2011, creada para observar la cantidad de energía utilizada, considerando una mejor eficiencia, mediante parámetros de desempeño energético. (López, 2015)

Para la revisión energética de los edificios y determinación de consumo energético debe de tomarse en cuenta tipo de instalaciones eléctricas, potencias contratadas, parámetros lumínicos, toda la instalación eléctrica en general.

Por todo lo mencionado han surgido estudios e investigaciones por parte de diferentes entidades y en diferentes países de manuales, estrategias, metodologías y/o técnicas para generar la eficiencia energética en las edificaciones de diversos sectores, ya sean comerciales, residenciales, gubernamentales, entre otros.

Geográficamente se tiene un ejemplo, generado por la Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción, denominado Manual de Eficiencia Energética en la Construcción de Edificaciones para Honduras, debido a que autoridades han identificado que un 5% del PIB está representado por este sector, así como el alto consumo energético que representa el sector vivienda. Este se realizó con el apoyo del Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética en Centroamérica 4E, de la Cooperación Alemana al Desarrollo y la Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción, el cual es un documento muy interesante que trata de integrar varias ramas de la Ingeniería tales como la civil, eléctrica, mecánica, así como también la arquitectura bioclimática. Un punto relevante que trata este manual es la eficiencia energética en los equipos eléctricos, también la preocupación por la implementación de auditorías energéticas, esto al momento de que las edificaciones estén en servicio, lo que nos llevará a que existan medidas necesarias y aconsejables tales como sustitución de equipos, la instalación de dispositivos de ahorro, la mejora de las instalaciones, así como también el cambio de hábitos de las personas, que es un tema que genera bastante impacto. Es necesaria la observación del consumo energético verde y de la huella de carbono de la obra. La generación de energía in situ se vuelve un tema relevante para estas edificaciones, así como su adaptación a las condiciones geográficas y climáticas, estos y muchos otros factores tienen incidencia y a través de su análisis surge este manual aplicable a este país.

Colombia por la insuficiente gestión energética y falta de metodologías, nace la necesidad de investigar y crear mecanismos con el propósito de una mejorada GE, por medio de estudios, observación y puesta en marcha de patrones y normas internacionales, enfocado esencialmente a construcciones de uso comercial, donde se detalla la importancia que tiene desde la etapa de la

creación y proyección de las instalaciones, en donde se aproveche la sostenibilidad enfocado a la materia prima a trabajar considerando minuciosamente a los de menor impacto en la obra. También remarca la importancia de la producción de la energía in situ, la adaptación de la edificación al clima, sistemas como el fotocatalíticos y un sistema denominado evaporación activa que es un sistema que recolecta agua pluvial para ciertos usos en las edificaciones. También se basa en aplicaciones en las cuales no es necesario para su trabajo la energía o el agua pero que generan cierto impacto en el confort de las edificaciones y tales como, la protección contra la radiación solar, evaporación pasiva, la reutilización de agua de lluvia por medio de sistemas que la captan y recolectan, así como la generación de sensación de humedad utilizando vegetación, es decir techos o muros verdes.

Por medio de todo lo mencionado anteriormente se genera una propuesta de metodología, por medio de la cual se logre la gestión energética de edificios comerciales con base a normas y certificaciones internacionales entre las que tenemos: LEED, BREEAM, Energy Star, ISO 50001, generando políticas, estrategias y todo lo necesario para que la eficiencia energética en estas edificaciones sea una realidad. (Alis, 2014)

En los países del caribe la Organización Latinoamericana de Energía, apoyada por la Cooperación Austriaca para el Desarrollo, se genera el Programa para Latinoamérica y el Caribe de Eficiencia Energética; que busca el fortalecimiento de programas de eficiencia energética a nivel nacional. La finalidad es la creación de la metodología MRV para la eficiencia energética con medidas de implementación en edificios comerciales y público para los países de la región del Caribe. (OLADE & Cooperación Austriaca para el Desarrollo, 2018)

En países como Argentina, unidos a la preocupación por el alto consumo energético debido al nivel de vida que mantienen las poblaciones actuales, se generó una metodología para auditorías energéticas en edificios, en búsqueda de generar un desarrollo sostenible, sin afectar la actividad económica, la transformación y el progreso del país, pero en búsqueda del balance con los recursos que se cuentan. Con ello se tiene el requerimiento de un correcto manejo de los insumos, implementando diversas técnicas que ayuden a alcanzar la máxima eficiencia, una de ellas es la herramienta del estudio energético en donde se realiza el diagnóstico del grado efectivo con la que es utilizada la energía y con ello establecer la implementación y control de un programa energético. (Gomez, López, & Fernandez, 2012)

En Europa, específicamente en Cataluña, España, se tiene una referencia con respecto a este tipo de investigaciones, ya que se define un tema de gran importancia la determinación de la eficiencia energética. Con el trabajo realizado la idea principal era aportar una visión de eficiencia energética en edificaciones residenciales, entrando en detalle en los diferentes ámbitos de consumo habituales del sector, estableciendo una metodología de cálculo y análisis para la calificación energética de edificios residenciales. (Montserrat, 2012)

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La demanda energética en Guatemala está representada en un 60 % por el sector vivienda; esto según datos obtenidos del Perfil Energético de Guatemala realizado por la Universidad Rafael Landívar, observando específicamente la demanda E por sector, durante el periodo de los años 2001-2016. Por lo tanto, es de vital importancia la búsqueda, desarrollo e implementación de metodologías y estrategias que puedan ser aplicadas para que exista una reducción energética por parte de este sector, ya que según el Informe Estadístico de la Dirección General de Energía de 2016 indica el consumo de este, en 49,214.79 kBEP (kilo barriles equivalentes de petróleo), y en la actualidad principalmente representado por el sector de vivienda vertical; que en los últimos años ha tenido un gran crecimiento en el territorio nacional, tal y como lo muestran las estadísticas de la Municipalidad de Guatemala el 52.8 % de las licencias de construcción son para la edificación de apartamentos, solamente entre el 2017 y 2018 el crecimiento de este sector fue de un 66.6 %, por lo que este crecimiento también se verá reflejado en el la demanda del mismo (Vasquez, 2019).

Surgen investigaciones acerca de las normas que pueden ser aplicadas para generar eficiencia en este tipo de edificaciones, no obstante, en nuestro país su aplicación es casi nula, aunque con el avance de los años estas normas y certificaciones empiezan a tener importancia para los profesionales del sector, por los efectos que tiene la alta demanda de energía de este, tal y como se indicaba anteriormente, sumado al crecimiento que está teniendo, se marca

como una clara necesidad la generación de metodologías que se adapten a nuestro entorno y puedan ser aplicados para minimizar los efectos negativos.

La falta de cultura energética en la población puede ser también una causa muy importante del alto consumo de energía, un claro ejemplo y que se puede observar en cualquier hogar guatemalteco es la mala utilización de la iluminación, y la poca rotación o actualización de las luminarias y electrodomésticos a tecnologías más eficientes sin dar paso a las energías renovables, tema con el cual una metodología determinada puede ayudar a generar una cultura que apoye a minimizar las crecientes emisiones de GEI (gases de efecto invernadero).

Es necesario como profesionales involucrados en el tema nos planteemos como podemos apoyar y mejorar la eficiencia energética en este sector, a su vez para aquellas edificaciones existentes que se necesiten evaluar por medio de metodologías establecidas y hacerlas más eficientes para evitar un impacto negativo al ambiente.

A raíz de lo mencionado surge la pregunta de: ¿Cuál es la metodología para generar eficiencia energética, aplicable al sector vivienda vertical? Lo cual claramente demuestra la necesidad de analizar las normas y estándares internacionales que sean aplicables al entorno, con la finalidad de generar metodologías con las que se pueda respaldar y promover la eficiencia energética en las edificaciones de vivienda vertical, que tal y como se indicaba son el sector que mayor demanda de energía genera en el país y se ve reflejado en la matriz energética.

Con lo descrito surgen las preguntas auxiliares de la investigación, que se detallan a continuación:

- ¿Cuáles son las principales causas de la alta demanda de energía del sector vivienda?
- ¿Qué mejoras se podrían obtener con la aplicación de normas y certificaciones en edificios residenciales?
- ¿Qué normas son aplicables para generar metodologías de eficiencia energética?

4. JUSTIFICACIÓN

Con el desarrollo y construcción de forma sostenible; lo hacemos con un fin en mente, que es el progreso, buscando tener edificios más eficientes y que estén normalizados. Ya que al no hacerlo le estamos haciendo daño al ambiente y heredádoselo a las futuras generaciones, teniendo en cuenta que las edificaciones verticales representan según el Informe Estadístico de la Dirección General de Energía de 2016 un consumo de 49,214.79 kBEP (kilo barriles equivalentes de petróleo) y teniendo en cuenta a que se refiere el Barril Equivalente de Petróleo, este número se podría dimensionar como la quema de aproximadamente 2,067 mil millones de barriles de petróleo, que es 5.7 veces la cantidad de barriles que produce Estados Unidos en un día, siendo estas cantidades exorbitantes. Al observar la matriz energética se puede observar el impacto que el sector vivienda genera en esta, ya que, si se compara con la curva diaria de consumo de países desarrollados, se observa como en el país se marcan las horas pico al momento que la mayoría de habitantes se encuentra en sus hogares, mientras que los países desarrollados poseen una curva más equitativa durante las 24 horas del día.

Se debe mantener una tendencia, optando como nuevas generaciones de arquitectos e ingenieros, a construir eficientemente y ayudar a que las ciudades verdes y eficientes sean una realidad, incluyendo edificaciones saludables, agradables y productivas, en las que se pueda implementar todo lo concerniente a eficiencia energética y energía renovable al momento de construir de manera sostenible, teniendo en cuenta que la demanda E del sector vivienda representa un alto porcentaje en la matriz energética del país, por lo que implementar metodologías que ayuden a que las edificaciones sean más

eficientes y autosustentables, será de gran ayuda para la disminución de esta, para lo cual se requiere conocer las normas, certificaciones y estrategias existentes para que esto pueda ser una realidad y se implemente, y así apoyemos a que el impacto que el sector genera pueda mitigarse conociendo e impulsando estrategias sostenibles ambientalmente.

En la actualidad es un tema de debate con auge en los congresos en los cuales desarrolladores y constructores se reúnen, ya que se han ido obteniendo conocimientos de las nuevas tecnologías que surgen para que puedan ser puestas en práctica y con ello se pueda disminuir el impacto que este sector tiene, aunque esto se orienta principalmente para nuevas construcciones también es importante analizar edificaciones existentes para implementar acciones que puedan mejorar su eficiencia energética. Ya que en estas edificaciones, para cubrir necesidades de calor, frío e iluminación requieren consumo de energía que proviene principalmente de combustibles fósiles los cuales repercuten en la emisión de GEI (gases de efecto invernadero), por lo que una metodología que pueda implementarse tanto en nuevas edificaciones, como en edificaciones existentes, generará grandes beneficios al ambiente e indirectamente a la población ya que habitaran en edificaciones mucho más eficientes energéticamente, aunque también debe de enfocarse en la utilización de luminarias y electrodomésticos con tecnologías más eficientes.

La investigación tiene como base la norma ISO 50001 y certificación LEED, esta última está teniendo crecimiento en Centro América en la última década. Guatemala cuenta con profesionales certificados que pueden ser de gran apoyo para la realización de la misma y con los que pueden generarse propuestas relevantes y que pueden impactar en el sector, propuestas que su aplicación sea viable en nuestro entorno.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Desarrollar una metodología con base a normas y certificaciones internacionales para estudiar la eficiencia energética en el sector vivienda vertical.

5.2. Específicos

- Identificar las causas por las que las edificaciones de vivienda generan mayor demanda energía eléctrica.
- Analizar las mejoras que se pueden generar con la aplicación de las normas y certificaciones, principalmente la certificación LEED y la norma ISO 50001.
- Definir como estas normas y/o procesos internacionales en conjunto pueden aplicarse en la vivienda vertical en Guatemala enfocadas hacia una sola finalidad, la eficiencia energética.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Con el estudio se proyecta contribuir a que los profesionales involucrados en el desarrollo y construcción, principalmente de edificaciones de vivienda vertical, tengan clara la necesidad y los beneficios que se obtienen implementando las normas y certificaciones en el aspecto de la eficiencia energética.

Se planteará, con base al análisis de las diferentes normas y certificaciones internacionales que sean aplicables a nuestro entorno cultural y social, la metodología que ayudará a la reducción de la demanda energética por parte del sector vivienda, enfocándose principalmente en vivienda vertical que es uno de los sectores que ha tenido un gran crecimiento en nuestro país.

Por medio de esta metodología los profesionales involucrados desde la etapa de planificación y desarrollo implementando sistemas que contribuyan a que los habitantes de la edificación puedan utilizar más la iluminación o ventilación natural, o bien la energía requerida por la iluminación en áreas comunes pueda ser generada por medio de recursos renovables como podría ser en gran parte por la energía solar.

Se realizará una auditoria energética en dos proyectos de vivienda vertical habitados para así conocer las principales causas por las cuales este sector representa gran parte de la demanda energética de nuestro país.

Al conocer las principales causas o costumbres que tienen los condóminos podremos proponer de mejor manera las posibles soluciones que pudieran ser

implementadas en proyectos futuros, así como realizar las recomendaciones pertinentes en edificaciones existentes.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Cambio climático

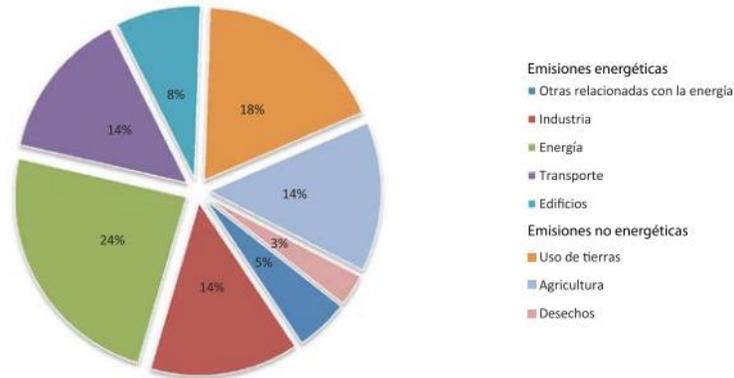
Se denomina a la alteración que sufre el clima con relación al tiempo a nivel mundial, en el cual varían todos los parámetros climáticos (temperatura, precipitaciones, nubosidad).

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático por sus siglas en inglés lo definen así: “En la actualidad se deduce por cambio climático a la variación en el clima que se atribuye, de forma directa o indirecta, a la actividad humana y que se viene a sumar a los cambios naturales del clima observados durante periodos de tiempo comparables.” (IPCC, 2007, pág. 77)

“Las variaciones climáticas globales más recientes, el llamado ciclo de periodos glaciales, tuvieron una duración aproximada de 100,000 años. Estos ciclos se produjeron como resultado de causas naturales.” (IARNA, 2012, pág. 3)

A nivel mundial si se analizan los orígenes de generación de GEI, se observa que los procesos mediante los cuales se produce energía, representan cerca del 24%, seguido de los impactos generados por los cambios de uso de tierra, con el 18%. (Figura 1)

Figura 1. **Fuentes de generación de gases de efecto invernadero**



Fuente: Observatorio ambiental. (2012) *Cambio climático y biodiversidad: un análisis de sus interacciones para Guatemala.*

En la actualidad, se estima que en la atmosfera existen 430 ppm (partes por millón) de CO₂, si comparamos este número con el dato que se tenía en 1850, representa un poco más del 50 %, ya que se tenía como dato 280 ppm, todo esto antes de la Revolución Industrial. Este aumento de gas en la atmosfera se refleja en un incremento de la temperatura del planeta de 0.7 °C, y se estima que en las próximas décadas puede existir un aumento de medio grado más, esto debido a la inercia que ya se tiene de los cambios en el sistema climático. (Common & Stagl, 2008)

7.2. Desarrollo sostenible

A raíz de la preocupación en la comunidad internacional en las últimas décadas del XX, nace el concepto desarrollo sostenible, en donde la relación entre desarrollo económico y social se presenta muy estrecha, así como los efectos que esta tiene en la naturaleza. Con la creación de la CDMA, en el año de 1983, se tuvo la expresión más clara, por parte de las ONU, de la importancia que tenía a nivel global, el ser conscientes de la relación tan estrecha que existe

entre progreso financiero y del ambiente, esta comisión estuvo integrada por personalidades representativas de los diferentes sectores que tienen relación con el tema, desde científicos hasta personalidades del entorno político y social de la CI. (Gómez, 2013)

En el informe *Our Common Future* (WCED, 1987) se examinan los problemas más críticos en torno al desarrollo y el medio ambiente y se indican propuestas de solución, desde allí se difunde el término desarrollo sostenible como aquel que responde a las necesidades del presente de forma igualitaria, pero sin comprometer las posibilidades de sobrevivencia y prosperidad de las generaciones futuras. Establece que la pobreza, la igualdad y la degradación ambiental no pueden analizarse de manera aislada, el documento coloca a la pobreza como una de las causas y consecuencias de los problemas ambientales. (Alaña, Capa, & Sotomayor, 2017, pág. 93)

A lo largo del tiempo la ONU ha incrementado su preocupación por el cambio climático, a raíz de ello han surgido acuerdos, tratados, protocolos o algún otro documento para que las naciones sean un apoyo con el tema del cambio climático y desarrollo sostenible.

7.3. La conferencia de la ONU sobre la humanidad, reunida en Estocolmo del 5 al 16 de junio de 1972

La conferencia realizada en el año de 1972, se refiere a lo fundamental que debe de ser el proteger y mejorar el medio humano, ya que de esto depende en gran medida el bienestar de los pueblos, pero también el desarrollo a nivel económico del mundo, por ello esta debe de ser una tarea del mundo entero y de

sus gobiernos. En cuanto a los países denominados del tercer mundo, los problemas ambientales tienen como origen el subdesarrollo de estas sociedades.

Un claro ejemplo es cuando una población crece, ya que surgen problemas relacionados con el medio, por lo que es necesaria la implementación de normas y medidas que ayuden a neutralizar el efecto que esto puede causar.

Así mismo es muy importante velar por el cuidado de los recursos naturales de la Tierra, como el aire, agua, tierra, flora y fauna, en especial aquellas especies distintivas o únicas de ciertos ecosistemas, velando por las generaciones presentes y futuras, lográndose por medio del cuidado, planificación u ordenación.

El resguardar y administrar de una manera inteligente el patrimonio de la flora y fauna y su hábitat, le concierne específicamente al hombre, ya que muchas de ellas están en grave peligro por diferentes factores. Por ello en esta conferencia se hace énfasis en el balance que debe de existir entre el desarrollo económico y la conservación de la naturaleza, incluida la flora y fauna. (Naciones Unidas, 1972)

7.4. Conferencia de las Naciones Unidas sobre medio ambiente y desarrollo, Rio de Janeiro 1992

“En 1992 tiene lugar en Río de Janeiro la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, llamada a elaborar estrategias y medidas con el objetivo de detener y revertir la degradación ambiental, sobre todo promover el desarrollo sustentable con respecto al medio ambiente.” (Naciones Unidas, 1992, pág. 1)

Tomando en cuenta la declaración realizada años antes en Estocolmo, y basándose en ella, se tiene como objetivo la creación de alianzas equánimes, con el apoyo de los diferentes Estados y sectores claves de las sociedades.

Conforme a las Cartas de las Naciones Unidas y los principios del derecho internacional, se dicta lo siguiente: “Todo Estado tiene derecho sobre sus recursos según sus propias políticas ambientales y de desarrollo” (Naciones Unidas, 1992, pág. 1), lo anterior también rige a las naciones a ser responsables de los movimientos en el territorio, para que estas no produzcan daño al ambiente de otros sitios o alguna región que este fuera de sus límites políticos.

Las naciones deben de cooperar y velar por el desarrollo sostenible, esto mediante el conocimiento científico y la tecnología, intensificando y desarrollando investigaciones sobre tecnologías nuevas e innovadoras, que puedan aportar a minimizar los impactos o contrarrestar este problema. (Naciones Unidas, 1992)

7.5. Protocolo de Kioto

Siguiendo la línea de las anteriores conferencias, realizadas en 1972 y en 1992, se llega a Kioto, en la cual la idea principal era la definición de metas específicas que los países deberían de cumplir para no agravar más el problema, a tal punto que una se centra estrictamente en los países de primer mundo, que claramente son los más industrializados, estos deben de disminuir las emisiones de GEI para el 2012 en 5.2 % debajo de los volúmenes que emitían en 1990. Este protocolo generó polémicas y fuertes tensiones entre algunas naciones, debido a que para que existiera una verdadera reducción era necesario que se realizaran cambios profundos en la forma de producción y consumo de estos países.

A continuación, algunos extractos relevantes de dicho protocolo:

Con el fin de promover el desarrollo sostenible, cada una de las Partes incluidas en el anexo I, al cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3:

- Fomento de la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional;
- Investigación, promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía, de tecnologías de secuestro del dióxido de carbono y de tecnologías avanzadas y novedosas que sean ecológicamente racionales;
- Fomento de reformas apropiadas en los sectores pertinentes con el fin de promover unas políticas y medidas que limiten o reduzcan las emisiones de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal. (Naciones Unidas, 1998, pág. 2)

7.6. Energía eléctrica

Se le denomina energía eléctrica al movimiento causado por cargas eléctricas dentro de los materiales conductores, que se asocia directamente a la corriente eléctrica. Esta produce esencialmente tres efectos: luminoso, térmico y magnético.

7.6.1. Fuentes de energía

Cuando se refiere a recursos renovables, por medio de los cuales se puede generar energía, se está hablando de aquellos que tienen una característica en común, que no se agotan o que por naturaleza se renuevan. Dentro de los cuales se pueden identificar los recursos por los cuales se genera la energía hidráulica, geotérmica, eólica, solar (térmica y fotovoltaica) y la biomásica (leña, carbón vegetal, bagazo de caña de azúcar, biocombustibles y residuos urbanos, forestales, agrícolas y estiércol).

Las fuentes de energía no renovables son aquellas que existen en cantidad limitada y se agotan por su consumo. Su tasa de renovación es escasa a escala humana.

7.7. Gestión energética y certificaciones de edificios en el mundo

Cuando se refiere a gestión energética básicamente se busca la optimización del uso de energía en busca de su uso racional y eficiente, teniendo claro que no debe disminuir el nivel de prestaciones. A través de ella se pueden detectar oportunidades por medio de las cuales se puede llegar a mejorar aspectos de calidad y seguridad en los sistemas energéticos, así mismo se pretende lograr alcanzar altos niveles de eficiencia energética, identificando puntos consumidores e implantando mejoras.

Con lo anterior se pretenden establecer objetivos mediante los cuales se puedan conseguir, principalmente, la optimización energética y técnicas para llegar a ello, tales como:

- Uso de fuentes de ER.

- Sustitución de algunas fuentes de energía.
- Análisis del ahorro energético de las acciones realizadas.
- Aislamiento térmico.
- Aprovechamiento de residuos.
- Análisis del entorno ambiental.
- Estudio de técnicas nuevas de producir y ahorrar energía.
- Análisis económico de la gestión.

Con la finalidad de lograr el uso eficiente de la energía en edificaciones a través del tiempo han surgido diferentes normas y certificaciones.

7.7.1. BREEAM

Con el acrónimo (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method) desarrollado en el Reino Unido este es el más antiguo de los existentes destinados para verificar aspectos relacionados edificios sostenibles. Sus inicios datan del año 1988, siendo lanzado en 1990, en un inicio para evaluar edificaciones nuevas de uso comercial y residencial. (Estevez, 2013). Este método o certificación tiene su base en herramientas y procedimientos cuya finalidad es mostrar o presentar que tan sostenible es una construcción, por medio de mediciones y evaluaciones, tomando en cuenta las diferentes etapas de un proyecto (diseño, planificación, ejecución) y luego de puesto en servicio, su mantenimiento. En esta certificación se tienen diferentes categorías ambientales, lo que permite diferencias distintos niveles de sostenibilidad, también sirve como guía para la construcción sostenible.

Esta certificación tiene la características propias para cada tipología de edificación, iniciando por la de urbanismo, utilizada para evaluar proyectos de urbanización; en uso, esta evalúa cómo se comporta medioambientalmente una

edificación pero debe de llevar más de dos años en servicio; comercial, está orientada como su nombre lo indica a comercios, oficinas e industria ligera, se utiliza para nuevas edificaciones y para obras en remodelación; vivienda, evalúa edificaciones de vivienda nuevos o remodelaciones; y a medida, este último evalúa edificaciones que no están bajo los esquemas de dicha certificación.

Esta certificación evalúa diferentes categorías, pero las más importantes relevantes son: energía, uso eficiente de agua, residuos, contaminación e innovación.

El principio de esta certificación es “Pensar Global, Actuar Local”. (BREEAM ES, 2019)

7.7.2. Certificación LEED

La certificación creada la USGBC, busca que las personas se encuentren en un entorno que sea confortable y así mismo que utilice únicamente los recursos necesarios, aprovechando al máximo los recursos naturales, es decir se basan en las comunidades y edificios ecológicos, orientándose a la construcción ecológica y esta fundamentalmente es un proceso de mejora continua, ya que las prácticas que hoy podemos observar como “mejores prácticas”, el día de mañana se convierten en prácticas estándares, este tipo de construcción será de gran apoyo creando comunidades más vitales, espacios más saludables, tanto en el interior como en el exterior, y de gran forma generará conexiones más sólidas con la naturaleza.

Cuando se refiere a construcción ecológica es necesario tener claro que impactará desde la fase de diseño hasta que la obra esta puesta en operación,

ya que producirán entornos de menor impacto en cada etapa, que serán más sustentables y en última instancia de construcción regenerativa.

El sector construcción genera gran impacto en la salud humana, el medio ambiente y la economía, debido a que, desde que un terreno se limpia para iniciar la construcción en muchas ocasiones se destruyen hábitat de vida silvestre; los materiales utilizados al momento de que son fabricados, trasladados o extraídos pueden generar contaminación de agua y/o el aire; en el proceso constructivo se requieren grandes cantidades de energía y agua; así como la gran cantidad de personal que se tiene en esta industria y su movilización a diario, desde su hogar hasta el punto en el cual se desarrolla el proyecto; también los proveedores, que se movilizan en vehículos, suman a los efectos ambientales nocivos debido al mayor consumo de energía y producción de contaminación.

7.7.2.1. Construcción ecológica

Según la USGBC, en la Guía de Conceptos Básico de Edificios verde y Leed, la define de la siguiente forma: “la construcción ecológica es un proceso que se aplica a los edificios, los sitios, los interiores, las operaciones y las comunidades donde se ubican. El proceso de construcción ecológica fluye a través de todo el ciclo de vida de un proyecto, comenzando por el nacimiento de la idea del proyecto y continuando sin interrupción hasta que el proyecto alcanza el final de su vida útil y sus partes se reciclan o reutilizan.” (USGBC, 2019, pág. 11)

Al referirnos a sustentabilidad hablamos de crear lugares que sean ambientalmente responsables, saludables, justos, equitativos y rentables, mientras que al referirnos a hacer más ecológico el entorno de construcción significa aplicar una mirada holística a los sistemas naturales, humanos y

económicos y encontrar soluciones que favorezcan la calidad de vida de todos. (USGBC, 2019, pág. 11)

La certificación comenzó a desarrollarse poco después de fundarse el USGBC, fue la desarrollada en 1993, y esta constituye normas y requisitos con los que si una edificación cumple se entiende que estos son sostenibles. Esta certificación no se aplica únicamente a edificaciones de vivienda nuevas, sino que también se puede aplicar a edificios rehabilitados e incluso barrios completos. Esta certificación por su significado en español Líder en Eficiencia Energética y Diseño sostenible, orienta a la construcción ecoeficiente y sostenible.

“LEED se ha consolidado como el sistema de evaluación para edificaciones sustentables más amplio del mundo con cerca de 80,000 proyectos participantes alrededor de 162 países, incluyendo más de 32,500 proyectos comerciales certificados.” (Bioconstrucción y energía alternativa, 2020, párr. 3)

7.7.3. Norma ISO 50001

Debido a la importancia que se le da al tema de la gestión energética surge una norma internacional, en donde se engloban prácticas que se consideren las más adecuadas en todo el mundo, a raíz de ello la Organización Internacional de Normalización, por sus siglas en ingles ISO, crea la norma ISO 50001. La norma ayuda a cumplir objetivos relacionados al cuidado del medio ambiente, así como de reducción de emisiones de carbono como parte de una mejora en el desempleo energético.

“Los Sistemas de Gestión de la Energía -SGI- que se basan en la norma ISO 50001 ayudan a desarrollar un enfoque sistemático con respecto al

rendimiento, la adquisición y el consumo de la energía. Los procedimientos relacionados con esta norma se centran exclusivamente en las prácticas de energía sostenibles con numerosos requisitos adicionales que no están contemplados en la norma ISO 14001.” (Lloyd's Register, 2019, párr. 1)

La ISO 50001 y su última versión, 2018, se publicó el 21 de agosto de 2018 y establece los requisitos de un proceso basado en datos y centrado en la mejora continua del rendimiento de la energía. Esta nueva norma considera aspectos energéticos que se integran en una metodología de actualización de energía, en donde se introducen algunos conceptos importantes y novedosos, como el consumo base de energía.

Al implementarla se puede identificar y gestionar los riesgos relativos a su suministro energético en el futuro, se puede medir y controlar el consumo energético e identificar donde puede existir una mejor eficiencia, reducir consumos y misiones de carbono.

Algunas medidas aplicables al ámbito residencial puede ser la iluminación de bajo consumo, así como la modernización de los sistemas de calefacción y/o aire acondicionado. Pero la norma ISO 50001 pretende ir más allá de tecnologías, y pretende proporcionar herramientas para el ahorro energético, fomentando el uso eficiente de la energía, identificando las necesidades reales de las empresas, así como un aspecto muy importante, la comunicación y sensibilización, promoviendo cambio de cultura en el uso de energía. (Normas ISO, 2017)

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Cambio climático

1.1.1 Gases de efecto invernadero

1.2 Desarrollo sostenible

1.2.1 Tratado de Estocolmo

1.2.2 Conferencia Río de Janeiro

1.2.3 Protocolo de Kioto

1.2.4 Construcción sostenible

1.3 Energía Eléctrica

1.3.1 Fuentes de Energía

1.3.2 Eficiencia energética

1.3.3 Auditoría energética

1.4 Gestión energética y certificaciones de edificios en el mundo

1.4.1 Breeam

1.4.2 Certificación Leed

1.4.3 Construcción ecológica

1.4.4 Norma ISO 50001

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Metodología

2.1.1 Tipo de estudio

2.1.2 Datos

2.1.3 Generación de matriz

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Propuesta de metodología para la implementación y evaluación de la eficiencia energética en el sector vivienda vertical en Guatemala.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Tipo de estudio

La investigación a realizar se define como una investigación no experimental transeccional debido a que analiza el nivel o estado de la variable o variables en un momento dado, con un alcance exploratorio debido a que se aborda un problema poco estudiado, y con la investigación a realizar se pueden definir tendencias y comportamientos por los cuales la demanda energética en el sector vivienda vertical es tan alto, proponiendo finalmente una metodología que puedan ser implementadas para mejorar este aspecto. Así mismo la investigación se considera mixta, debido a que el objetivo principal es la generación de la metodología para la eficiencia energética en el sector vivienda vertical, pero también se manejarán datos para poder determinar las causas por las que el sector vivienda representa gran parte del consumo de energía en el país.

9.2. Fases de estudio

El estudio estará comprendido por varias fases, con el fin de analizar bibliografía relacionada al tema, seleccionar edificaciones, obtener datos a analizar y llegar a relacionarlos con las normas seleccionadas.

9.2.1. Fase 1: exploración bibliográfica

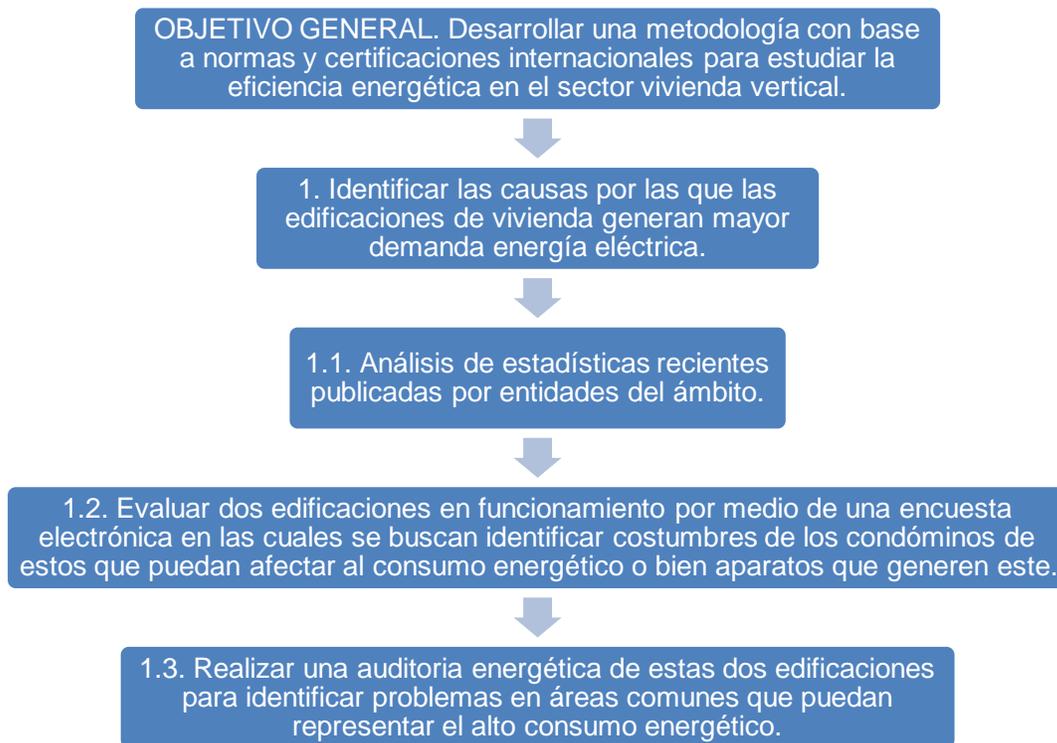
Esta fase consta de la revisión y análisis de toda la bibliografía necesaria para estudiar el tema que será objetivo de estudio. Con la información recabada de todas las fuentes con respaldo confiable, tales como instituciones científicas que aportan información en el ámbito de estudio y instituciones encargadas a

nivel nacional de monitorear las variables que pueden generar valor en la investigación. Toda esta información será recabada por medio de informes generados por estas instituciones, así como las estadísticas que se encuentren en dichos informes o estadísticas presentadas por entidades sólidas y de respaldo que generaran información verídica y de valor.

9.2.2. Fase 2: selección de edificaciones para estudio base.

En esta etapa se determinarán como mínimo 2 edificaciones en funcionamiento en las cuales se realizarán las encuestas de forma electrónica, así como la auditoría energética, ambas irán muy relacionadas, ya que para evitar una encuesta invasiva con los condóminos una parte de la encuesta ira enfocada en datos necesarios para la realización de la auditoría energética, así mismo esta información se recopilará realizando el estudio de campo.

Figura 2. **Obtención de datos para análisis inicial**



Fuente: elaboración propia

9.2.3. Fase 3: recolección y análisis de datos base

Fase en la cual se aplicaran las encuestas en línea para obtener datos e información de costumbres que pueden influir en el alto consumo energético del sector, así como información general de los habitantes del apartamento, con lo cual se pretende obtener información general y conocer el segmento de la vivienda, el análisis está planificado realizarlo en dos edificaciones como mínimo, teniendo en cuenta que si se cuenta con más información se podrá obtener un mejor panorama de la situación y costumbres.

A continuación, se presenta un formato para la auditoría energética base:

Tabla I. **Inspección de edificio. Hoja de auditoría energética**

Normas básicas	Grado de ejecución				Comentarios
	Nunca/nada	1º fase / A veces	Regularmente	Siempre/mucho	
Iluminación y equipos eléctricos					
1	Cuando se dispone de suficiente luz natural o cuando las habitaciones están vacías todas las luces están apagadas			X	
2	Las luces de los lugares de paso (baños, pasillos...) están apagadas cuando no se usen.			X	
3	¿Están instalados los balastos electrónicos para permitir un correcto encendido y funcionamiento de las lámparas?			X	

Continuación tabla I

4	Los monitores están completamente apagados o los ordenadores se ponen en modo de espera cuando no están en uso.	X
5	Los periféricos del ordenador, tales como impresora, escáner...deben estar apagados si no se usan.	X
6	Todo el alumbrado exterior está apagado durante las horas de luz.	X
7	El alumbrado exterior está apagado por la noche.	X
8	Las estufas eléctricas portátiles sólo se deben usar como medida de emergencia siendo autorizada por los directores.	X
9	Los pequeños frigoríficos están prohibidos a menos que existan razones para su uso en circunstancias excepcionales.	X
10	Adquirir sólo los equipos con mayor eficiencia energética (por ejemplo aquellos con la tarjeta energética más alta o los de Energy Star).	X

Continuación tabla I

11	Un programa consolidado se implementa para garantizar que no se desperdicie energía mediante el uso innecesario de equipos (por ejemplo, desconectar y/o eliminar frigoríficos innecesarios y reducir el número de impresoras mediante la creación de una red de trabajo).	
12	Hay sistema de control de iluminación: estabilizador de potencia del alumbrado dependiendo del nivel de luz natural (sensores de luz) o interruptores automáticos (sensores de movimiento) o simplemente temporizadores.	X
13	Programa de limpieza de luminarias.	X
14	Los muros y techos están pintados de colores claros.	X
15	Las bombillas incandescentes se han sustituido por bombillas de bajo consumo.	X
<i>Etc. ...Amplía la lista...</i>		
Calefacción y refrigeración		
1	¿Las ventanas y cortinas están cerradas al terminar el día escolar?	
2	El espacio alrededor del respiradero de la pared o el alféizar de la ventana se mantiene libre de una posible obstrucción.	

Continuación tabla I

3	Las puertas que dan al exterior del edificio no están abiertas más tiempo del necesario.
4	Las puertas internas del gimnasio se mantienen cerradas.
5	Los equipos mecánicos de calefacción y refrigeración se revisan regularmente y los problemas se comunican con prontitud.
6	Los grifos de agua caliente están libres de goteos.
7	¿Está el techo aislado? (pregunta al director o a tu profesor)
8	Los equipos de calefacción o refrigeración (conductos, radiadores, rejillas) están libres de cortinas, muebles, mantas, etc.
9	Las ventanas llevan instalado sistemas de sombras como aleros o toldos para protección del sol durante el verano?
10	Las calderas se revisan regularmente y están bien aisladas.
11	Los ventiladores de escape están apagados si no son necesarios (gimnasio, baños).
12	Cuando hace calor en la habitación, los radiadores se regulan mediante un termostato y no abriendo las ventanas.
13	¿Son eficaces los burletes colocados en las puertas?
	Etc. ..Amplia la lista...

Continuación tabla I

Gestión y concienciación
Hay carteles que favorecen el ahorro de energía repartidos por la escuela (tales como "Si eres el último apaga la luz" o "cierra la puerta y evita pérdidas de calor", etc)
¿Se ha promovido la participación de estudiantes por medio de talleres o concursos?
¿Se ha creado una comisión de energía o de medioambiente formada por alumnos y profesores con el propósito de fomentar las buenas prácticas sobre energía?
<i>Etc. ..Amplia la lista...</i>

Fuente: De León (2019). *Auditoría energética*

9.2.4. Fase 4: análisis de normas y certificaciones

Se realizará el análisis de las normas y certificaciones, identificando los puntos que sean aplicables a nuestro entorno detallando en que norma se referencia dicho punto, esto se trata de tropicalizar a nuestro entorno y a nuestra sociedad lo que indican estas, con ello se pretende realizar una matriz que luego será sujeto de análisis.

9.2.5. Fase 5: planteamiento de metodología

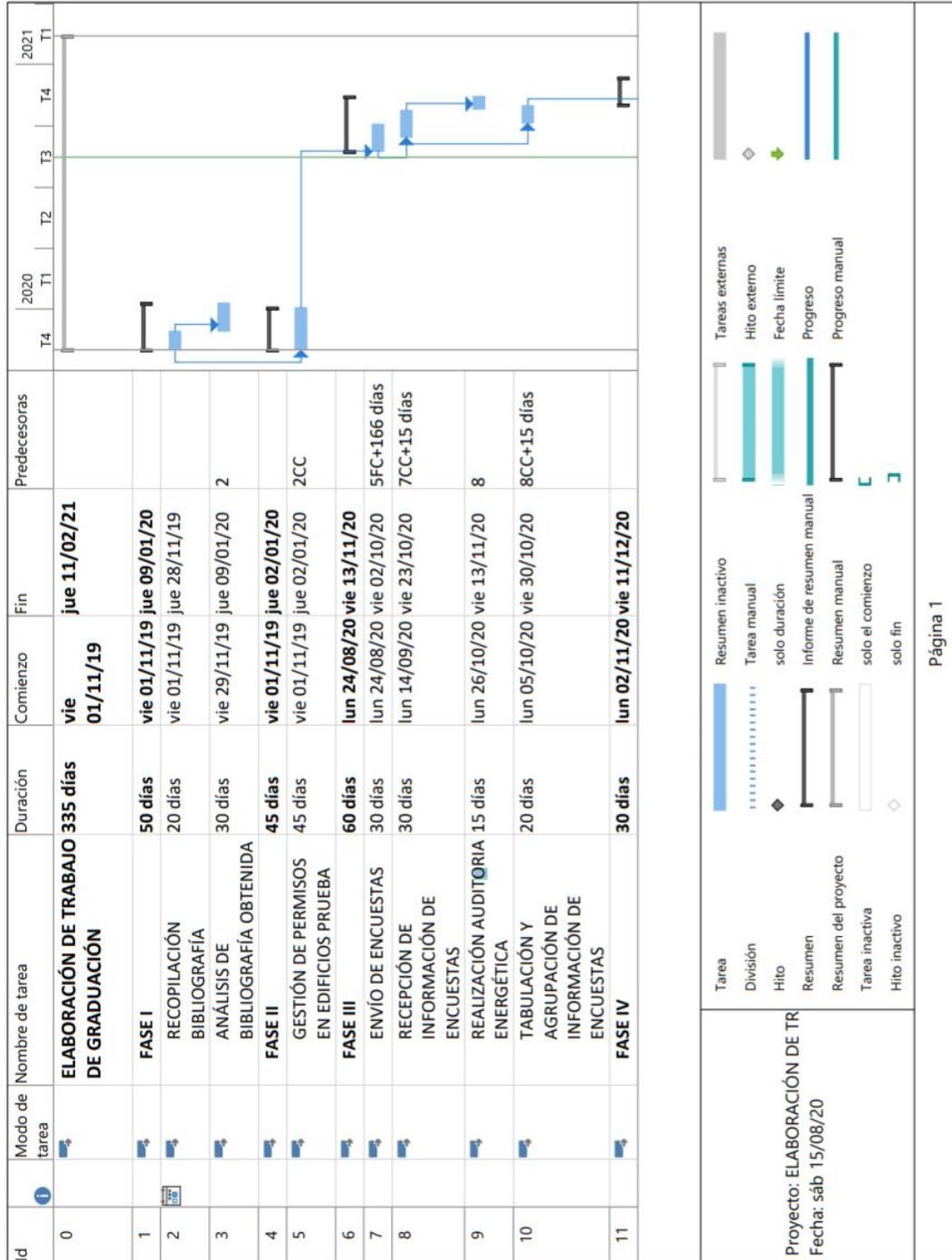
Se pretende detallar y aclarar que la metodología que se obtendrá es un apoyo para que los profesionales del sector construcción puedan familiarizarse con los beneficios de su implementación y que con ello avancemos poniendo en práctica esta para que finalmente esto se realice como un análisis típico en el desarrollo de edificaciones.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN

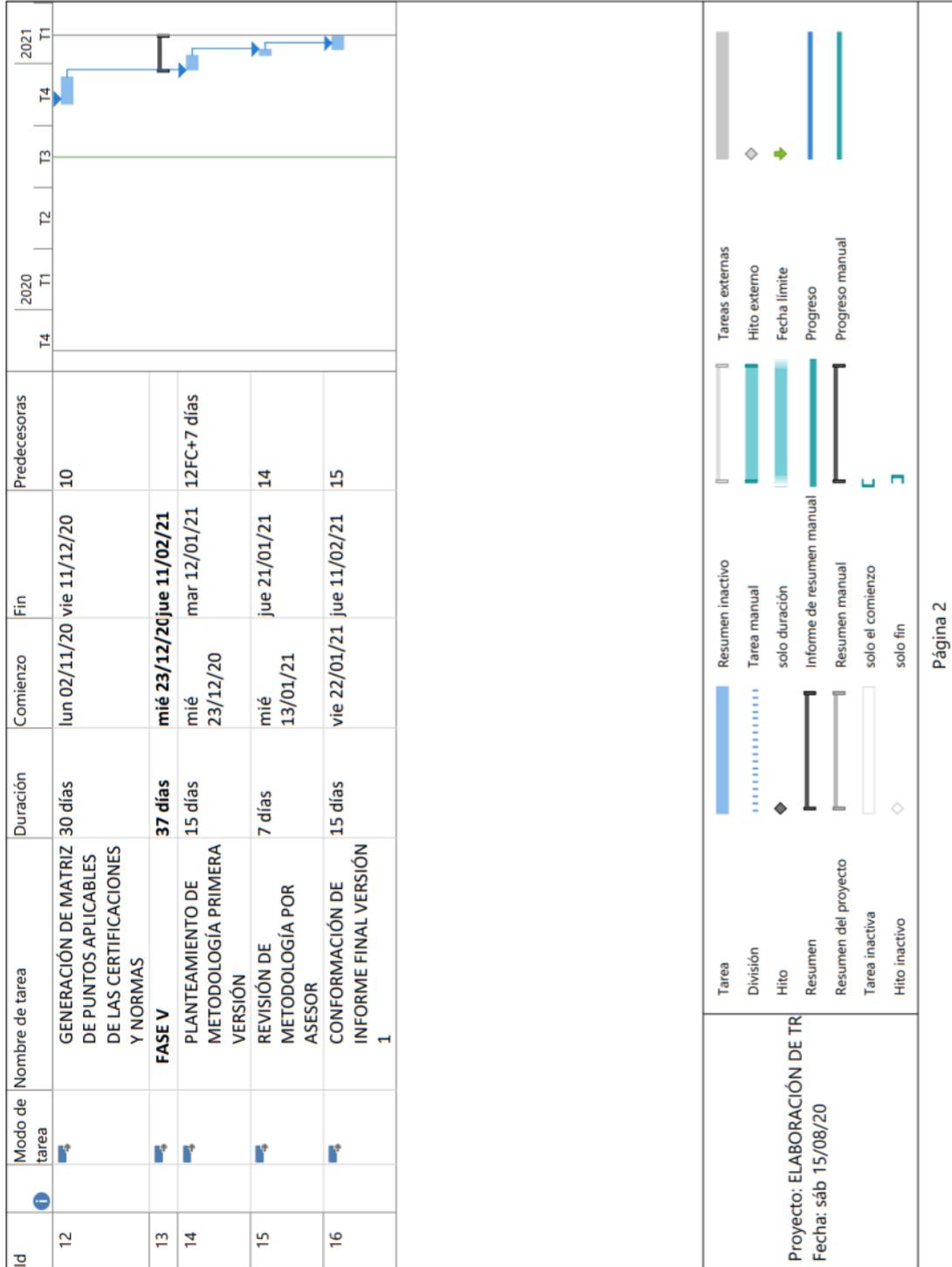
Se propone analizar la información mediante técnicas de estadística descriptiva, ya que uno de los objetivos específicos es identificar causas del porque las edificaciones de vivienda vertical generan gran demanda de energía eléctrica, por lo que se piensa realizar encuestas en las cuales se definirán las principales causas, y utilizando medidas de tendencia central como la moda, podremos definir las 3 principales causas, así mismo se pretenden obtener datos de consumos proporcionados por parte de los condóminos. Por otro lado, se pretende realizar una auditoria energética para conocer principalmente tecnología de electrodomésticos y luminarias que se utilizan, y si en algún caso se utilizan sistemas de calefacción o enfriamiento que trabajen con energía eléctrica, el formato de la auditoria se realizará con base a formatos estándar utilizados en el ámbito.

11. CRONOGRAMA

Figura 3. Cronograma



Continuación figura 3



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El trabajo de investigación se realizará con recursos propios. Teniendo en cuenta el giro de la investigación se tendrán en cuenta los siguientes recursos:

Tabla II. **Recursos necesarios para investigación**

RECURSO	COSTO (Q)
Viáticos	Q.1250
Consumo personal	Q. 500
Equipo de oficina (depreciación)	Q. 2500
TOTAL	Q. 4250

Fuente: elaboración propia.

Analizando los recursos necesarios para la investigación, sumado al permiso en gestión para realizar encuestas y auditorias en dos proyectos de vivienda vertical, se considera que es factible la realización del estudio.

13. REFERENCIAS

1. Alaña, T. P., Capa, L. B., y Sotomayor, J. G. (Enero, 2017). *Desarrollo sostenible y evolución de la legislación ambiental en las MIPYMES del Ecuador*. Universidad y Sociedad [seriada en línea], 9 (1), pp. 91-99. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/>
2. Alis, J. E. (2014), *Metodologías para la evaluación energética de edificios comerciales en Colombia basados en estándares y normas internacionales*. (Tesis de Maestría), Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/46559/1/3482394.2014.pdf>
3. Barbosa, N. C., y Sarmiento, D. A. (2013). *Factibilidad Técnica de aplicaciones energéticas para viviendas de interés social según el enfoque de viviendas Net Zero Energy*. (Tesis de Licenciatura), Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Universidad Industrial de Santander. Recuperado de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2013/149839.pdf>
4. Bioconstrucción y energía alternativa. (2020). *Certificación LEED*. Recuperado de <https://bioconstruccion.com.mx/certificacion-leed/>
5. BREEAM ES. (2019). *El certificado de sostenibilidad en construcción lider en el mundo*. Madrid.

6. Common, M., y Stagl, S. (2008). *Introducción a la Economía Ecológica*. Barcelona, España: Editorial Reverté.
7. Cooperación Alemana y Cámara Hondureña de la Industria de Construcción, (2014), *Manual de Eficiencia Energética en la Construcción de Edificaciones para Honduras*, Tegucigalpa, Honduras: Autor.
8. Estevez, R. (2013). *Eco Inteligencia*. Recuperado de Eco Inteligencia: <https://www.ecointeligencia.com>
9. Gómez, C. (2013). El Desarrollo Sostenible: Conceptos básicos, alcance y criterios para su evaluación. En C. Gómez Gutierrez, *Referencias para un análisis del desarrollo sostenible* (págs. 90-111). Cuba: Universidad de Alcalá. Servicio de Publicaciones. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/pdf/Cap3.pdf>
10. Gomez, R., López, G. R., y Fernandez, J. F. (Agosto, 2012). *Metodologías para auditorias energeticas en edificios*. Argentina: IRESE, Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado de http://www.edutecne.utn.edu.ar/energia_ure_mendoza_2012/09-metodologias-FRM.pdf
11. IARNA. (2012). *Cambio climático y biodiversidad: un análisis de sus interacciones para Guatemala*. Guatemala: Autor.

12. IPCC. (2007). : *Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra, Suiza: Autor.
13. Lloyd's Register. (2019). Norma ISO 50001 sobre Sistemas de Gestión de la Energía. Recuperado de <https://www.lr.org>
14. López, M. R. (2015). *Sistema de gestión de la energía, mediante la metodología ISO 50001:2011, para la Ciudad Universitaria, zona 12, Universidad de San Carlos de Guatemala*. (Tesis de Maestría), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5345/>
15. Lozano, M. (2013). *La implementación de la Norma UNE EN-ISO 50001 en Edificios de Uso Administrativo*. (Tesis de Licenciatura), Universidad de Sevilla, España. Recuperado de <http://www.foroelectricidad.com/download/file>
16. Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Las energías renovables en la generación eléctrica en Guatemala*. Guatemala: Autor.
17. Montserrat, S. (2012). *Eficiencia energética en edificios residenciales y metodología para su calificación energética*. (Tesis de Maestría), Universidad Politecnica de Cataluña, Barcelona, España. Recuperado de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/15708/MEMORIA_PM_SERGIO%20MONSERRAT%20SERRANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

18. Naciones Unidas. (1972). *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Humano*. Estocolmo: Autor
19. Naciones Unidas. (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Río de Janeiro: Autor
20. Naciones Unidas. (1998). *Marco de Las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. Kioto: Autor
21. Normas ISO. (2017). *Normas ISO. Recuperado de ISO 50001 Gestion de la Energía*. Recuperado de <https://www.normas-iso.com>
22. OLADE y Cooperación Austriaca para el Desarrollo. (2018). *Metodología MRV para la Eficiencia Energética con Medidas de Implementación en Edificios Comerciales y Públicos para los países de la Región del Caribe*. Quito, Ecuador: Autor
23. OMM, O. M. (2003). Boletín Volumen 52 No.1. Suiza: *Revista oficial de la Organización Meteorológica Mundial*.
24. USGBC. (2019). *Guía de Conceptos Básicos de Edificios verdes y LEED (Core Concepts and LEED Guide)*. Estados Unidos.

25. Vasquez, E. (5 de febrero, 2019). *La demanda de vivienda vertical creció 66 por ciento.* *elPeriodico.* Recuperado de <https://elperiodico.com.gt/inversion/2019/02/05/la-demanda-de-vivienda-vertical-crecio-66-por-ciento/>