



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

**MANUAL DE DISEÑO ELÉCTRICO DE PROYECTOS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES Y
SOSTENIBLES, ENFOCADO A OBTENER UNA CERTIFICACIÓN LEED A NIVEL DE
DISEÑO ELÉCTRICO CON BASE EN LA NORMA ASHRAE 90.1 Y NFPA 70 NEC EN UNA
EMPRESA PRIVADA DE DISEÑO ELÉCTRICO, GUATEMALA, GUATEMALA**

Luis Emilio Gamboa Jimenez

Asesorado por el Ing. Edgar Oswaldo Valenzuela Flores

Guatemala, julio de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUAL DE DISEÑO ELÉCTRICO DE PROYECTOS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES Y
SOSTENIBLES, ENFOCADO A OBTENER UNA CERTIFICACIÓN LEED A NIVEL DE
DISEÑO ELÉCTRICO CON BASE EN LA NORMA ASHRAE 90.1 Y NFPA 70 NEC EN UNA
EMPRESA PRIVADA DE DISEÑO ELÉCTRICO, GUATEMALA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA DIRECCIÓN DE LA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
POR

LUIS EMILIO GAMBOA JIMÉNEZ

ASESORADO POR EL ING. EDGAR OSWALDO VALENZUELA FLORES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, JULIO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a. i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Jorge Gilberto González Padilla
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
EXAMINADOR	Ing. José Guillermo Bedoya Barrios
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

MANUAL DE DISEÑO ELÉCTRICO DE PROYECTOS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES Y SOSTENIBLES, ENFOCADO A OBTENER UNA CERTIFICACIÓN LEED A NIVEL DE DISEÑO ELÉCTRICO CON BASE EN LA NORMA ASHRAE 90.1 Y NFPA 70 NEC EN UNA EMPRESA PRIVADA DE DISEÑO ELÉCTRICO, GUATEMALA, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado Escuela de Mecánica Eléctrica, con fecha 31 de mayo de 2024.



Luis Emilio Gamboa Jiménez



ESCUELA DE ESTUDIOS DE
POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA

<https://postgrado.ingenieria.usac.edu.gt>

EEPFI-PP-0944-2024

Guatemala, 4 de mayo de 2024

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

Estimado Mtro. Rivera

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

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **MANUAL DE DISEÑO ELÉCTRICO DE PROYECTOS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES Y SOSTENIBLES, ENFOCADO A OBTENER UNA CERTIFICACIÓN LEED A NIVEL DE DISEÑO ELÉCTRICO CON BASE EN LA NORMA ASHRAE 90.1 Y NFPA 70 NEC EN UNA EMPRESA PRIVADA DE DISEÑO ELÉCTRICO, GUATEMALA, GUATEMALA.**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gerencia Estratégica - Evaluación financiera de problemas**, presentado por el estudiante **Luis Emilio Gamboa Jiménez** carné número **201113825**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Gestión Industrial.

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.

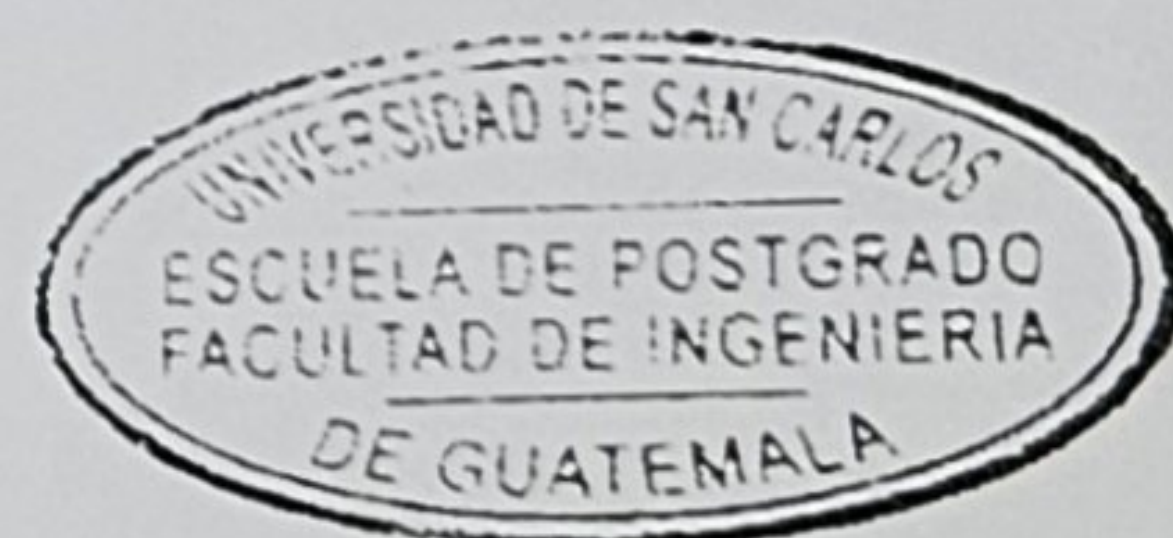
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Edgar Oswaldo Valenzuela Flores
Asesor(a)

EDGAR OSWALDO VALENZUELA FLORES
INGENIERO ELECTRICISTA
COLEGIADO No. 8839

Mtro. Kenneth Lubeck Corado Esquivel
Coordinador(a) de Maestría



Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Oficina Virtual





EEP-EIME-0944-2024

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **MANUAL DE DISEÑO ELÉCTRICO DE PROYECTOS ENERGETICAMENTE EFICIENTES Y SOSTENIBLES, ENFOCADO A OBTENER UNA CERTIFICACIÓN LEED A NIVEL DE DISEÑO ELÉCTRICO CON BASE EN LA NORMA ASHRAE 90.1 Y NFPA 70 NEC EN UNA EMPRESA PRIVADA DE DISEÑO ELÉCTRICO, GUATEMALA, GUATEMALA.**, presentado por el estudiante universitario **Luis Emilio Gamboa Jiménez**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



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

Guatemala, mayo de 2024



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.291.2024

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **MANUAL DE DISEÑO ELÉCTRICO DE PROYECTOS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES Y SOSTENIBLES, ENFOCADO A OBTENER UNA CERTIFICACIÓN LEED A NIVEL DE DISEÑO ELÉCTRICO CON BASE EN LA NORMA ASHRAE 90.1 Y NFPA 70 NEC EN UNA EMPRESA PRIVADA DE DISEÑO ELÉCTRICO, GUATEMALA, GUATEMALA.**, presentado por: **Luis Emilio Gamboa Jimenez** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.

Guatemala, julio de 2024



Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2024 Correlativo: 291 CUI: 1782836060101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Su amor incondicional y fortaleza me han sostenido a lo largo de este viaje, brindándome la fuerza para superar los desafíos y la perseverancia para alcanzar este logro.

Mi madre

Paula Jiménez por tu amor y apoyo incondicional han sido mi roca durante todo este viaje académico.

Mis hermanos

Sylvana, Enmanuel y Adeldo Gamboa, gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba de mí mismo. Este logro es nuestro, un testimonio de nuestro vínculo indestructible y de la importancia vital de tener hermanos como ustedes a mi lado.

Mi tío

Julio Jiménez, éste logro lleva la marca indeleble del apoyo recibido en cada conversación, cada consejo y cada momento compartido ha contribuido a mi crecimiento y éxito.

Asesor

Quiero expresar mi profunda gratitud por tu orientación sabia y apoyo inquebrantable a lo largo de este viaje académico. Tu experiencia y conocimiento han iluminado mi camino.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala

Agradezco profundamente a esta institución por su compromiso con la excelencia educativa, que ha moldeado mi entendimiento del mundo y ha preparado el camino para mis futuros logros.

Mis amigos

Cada uno de ustedes por nombre ha sido una fuente de alegría, inspiración y fortaleza. Sus risas han sido mi música, sus consejos han sido mi brújula y su amor ha sido mi ancla en los tiempos turbulentos.

Ingenieros

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todos mis respetados catedráticos por su dedicación incansable y pasión por la enseñanza.

Mi novia

Fernanda Barrios. Gracias por comprender las noches tardías de estudio, por animarme cuando me sentía abrumado y por celebrar cada pequeño logro como si fuera el más grande. Tu amor me ha dado la fuerza para seguir adelante y creer en mí mismo incluso cuando tenía dudas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
JUSTIFICACIÓN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Generalidades	1
1.1.1. Análisis de resultados de investigaciones previas	1
1.1.1.1. Antecedentes nacionales	2
1.1.1.2. Antecedentes internacionales	2
1.1.2. Discusión de resultados de investigaciones previas	20
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
2.1. Contexto general	23
2.2. Definición del problema	24
2.2.1. Problemas específicos	24
2.2.2. Delimitación del problema	26
2.2.3. Pregunta principal de investigación	27
2.2.4. Preguntas complementarias de investigación	27
2.3. Necesidades a cubrir o satisfacer	27

2.4.	Ubicación del área o lugar en estudio	29
3.	INFORMACIÓN GENERAL	31
3.1.	Aspectos generales.....	31
3.1.1.	Antecedentes históricos del departamento de Guatemala.....	31
3.1.2.	Aspectos geográficos	31
3.1.3.	Aspectos generales de la empresa de diseño eléctrico ubicada en zona 12 de la ciudad de Guatemala.....	32
3.1.3.1.	Reseña histórica.....	32
3.1.3.2.	Valores	33
3.1.3.3.	Estructura organizacional	33
3.1.3.4.	Servicios.....	34
3.1.3.5.	FODA	35
4.	MARCO TEÓRICO	37
4.1.	Impacto ambiental.....	37
4.1.1.	Gases de efecto invernadero	38
4.1.2.	Edificios energéticamente sustentables	39
4.2.	Eficiencia energética	40
4.2.1.	Eficiencia de motores	42
4.2.2.	Eficiencia de aire acondicionado.	43
4.2.3.	Eficiencia lumínica.....	44
4.2.4.	Uso de energías renovables.....	44
4.3.	Impacto económico	46
4.4.	Certificación LEED	46
4.5.	Normativas	47
4.6.	Mantenimiento.....	47

4.7.	LEED en Guatemala.....	48
5.	MARCO METODOLÓGICO	49
5.1.	Diseño de la investigación	49
5.2.	Enfoque de la investigación.....	49
5.3.	Tipo de investigación.....	50
5.4.	Variables.....	51
5.4.1.	Operacionalización de variables	52
5.5.	Universo y población de estudio.....	54
5.5.1.	Criterios de inclusión	55
5.5.2.	Criterios de exclusión	55
5.6.	Muestreo.....	56
5.7.	Técnicas de recolección de datos	56
5.8.	Instrumentos de recolección de datos	57
5.9.	Procesamiento y análisis de datos	58
5.10.	Límites de la investigación.....	59
5.11.	Obstáculos.....	59
5.12.	Aspectos éticos de la investigación	60
5.13.	Autonomía de la investigación	60
5.14.	Riesgos de la investigación	61
6.	CRONOGRAMA Y COSTOS DE ESTUDIO.....	63
7.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	65
7.1.	Factibilidad técnica	65
7.2.	Factibilidad económica	65
7.3.	Factibilidad operativa.....	65
7.4.	Factibilidad legal y ética.....	66
7.5.	Factibilidad social y cultural	66

8.	PROPUESTA DE ÍNDICE.....	67
	REFERENCIAS	71
	APÉNDICES.....	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Ubicación geográfica	32
Figura 2.	Organigrama.....	34
Figura 3.	Análisis FODA	35

TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables	53
Tabla 2.	Cronograma de actividades	63
Tabla 3.	Costos del estudio	64

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
S	Potencia aparente
Q	Potencia reactiva
P	Potencia real
Q	Quetzales

GLOSARIO

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
CNE	Comisión Nacional de Energía.
EEGSA	Empresa Eléctrica de Guatemala.
GGBC	Guatemala Green Building Council.
LEED	Leadership in Energy and Environment Design.
NDA	Acuerdo de confidencialidad.
NEC	National Electrical Code.
NFPA	National Fire Protection Association.
KW	Kilowatt

RESUMEN

El marco metodológico propuesto para elaborar un manual de diseño eléctrico de proyectos energéticamente eficientes y sostenibles, con el objetivo de obtener la certificación LEED a nivel de diseño eléctrico basado en las normas ASHRAE 90.1 y NFPA 70 NEC, comienza con una evaluación de la situación actual en Guatemala en términos de edificaciones que utilizan energías eficientes y sostenibles para reducir la huella de carbono.

El manual se concibe como una lista verificable de pasos y mejores prácticas, proporcionando orientación a los diseñadores que buscan obtener la certificación LEED. Los puntos LEED se asignarán en función de las recomendaciones consideradas, validadas por un certificador externo.

La investigación adoptará un enfoque no experimental aplicado mediante el método CIFE, combinando elementos cuantitativos y cualitativos. Las variables, tanto independientes como dependientes, se abordarán en relación con los estándares de eficiencia eléctrica y los requisitos de certificación LEED.

El tipo de investigación será descriptivo, examinando la documentación de la Green Building Council of Guatemala y las normas ASHRAE 90.1 y NFPA 70 NEC. Esto permitirá desarrollar un manual adaptable tanto para edificaciones nuevas como existentes.

El estudio se centrará en una muestra de proyectos nuevos y anteriores certificados LEED, utilizando técnicas de recolección de datos como rúbricas, listas de cotejo y encuestas. Estos instrumentos se seleccionan para evaluar el

conocimiento, verificar el cumplimiento de estándares y recopilar retroalimentación del personal.

El procesamiento y análisis de datos se realizará de manera meticulosa, considerando los límites de la investigación, como la evolución de las normativas y la adaptabilidad del manual. Los aspectos éticos, como la transparencia con los interesados y la autonomía del manual, se abordarán para garantizar la integridad del proceso.

JUSTIFICACIÓN

Desde la revolución industrial, los niveles de CO₂ han aumentado en un 41 % y las temperaturas medias globales 1 °C, esto se conjuga en un desequilibrio atmosférico, que ocasiona cambios climáticos e impactan directamente en los ecosistemas. El CO₂ es uno de los gases de invernadero liberado en su mayoría por la actividad humana, siendo el gas que más afecta la atmósfera porque se emite en mayores cantidades y permanece en la atmósfera por más tiempo que otros, aumenta 2 % cada año (Zúñiga, 2015, p. 6).

Existen varios subtemas que son resueltos si el manual descrito anteriormente se realiza y se pone en práctica, ya que, por medio de la implementación de las normativas de la certificación, las edificaciones pueden ser energéticamente sustentables.

El agotamiento de los recursos naturales y el cambio climático exigen la adopción de prácticas sostenibles en el sector de la construcción ya que la electricidad es un recurso esencial en centros comerciales, y su consumo responsable es crucial para reducir la huella de carbono.

Los edificios de oficinas certificados LEED obtienen reconocimiento global y demuestran un compromiso con prácticas ambientales responsables ya adopción de prácticas sostenibles puede reducir los costos operativos a largo

plazo, aumentando la rentabilidad y las empresas transnacionales que están certificadas a nivel internacional, no tendrán inconvenientes con ser parte del edificio, ya que cumple con todas las políticas solicitadas.

La certificación LEED exige la presentación de reportes de consumos de energía, y con esta información se puede determinar un comportamiento normal del edificio, lo que se traduce en que es posible utilizar toda la información que se recopila para generar un plan de mantenimiento predictivo y preventivo antes de tener que tomar medidas correctivas y tener que detener operaciones durante un tiempo indefinido.

Aplicando un adecuado proceso para que los proyectos y construcciones sean sustentables se pueden lograr mejoras en el desempeño y operación de la misma edificación. Reduciendo las emisiones de CO₂ y el consumo de energía de la edificación ya que de esta manera se contribuye en reducir el impacto negativo con el medio ambiente. (Mayta, Melo y Pizarro, 2016, p. 9).

OBJETIVOS

General

Establecer un manual de diseño eléctrico para aplicar a una certificación LEED enfocado a edificios energéticamente eficientes y sostenibles.

Específicos

1. Describir los beneficios económicos que se obtienen con un correcto diseño eléctrico en un edificio certificado LEED.
2. Describir qué se necesita para aplicar correctamente la norma ASHRAE 90.1.
3. Determinar la manera de apoyar al medio ambiente si se opta por alcanzar una certificación LEED.

INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de preocupación por la sostenibilidad, el diseño eléctrico de proyectos desempeña un papel clave en la búsqueda de edificaciones energéticamente eficientes. La adopción de estándares como la norma ASHRAE 90.1 y NFPA 70 NEC es fundamental para garantizar la eficiencia energética y la seguridad eléctrica en la construcción. La obtención de una certificación LEED a nivel de diseño eléctrico se presenta como un objetivo destacado para proyectos comprometidos con la sustentabilidad.

Este trabajo propone un manual de diseño eléctrico enfocado en obtener la certificación LEED, basado en la normativa ASHRAE 90.1 y NFPA 70 NEC. La guía abarca desde principios básicos hasta estrategias avanzadas para optimizar el consumo energético y garantizar la seguridad eléctrica. Se integran aspectos de ingeniería eléctrica y arquitectura sostenible para ofrecer una herramienta indispensable a profesionales del diseño y la construcción.

La premisa central es que la integración de prácticas energéticamente eficientes no solo cumple con los requisitos de certificación, sino que también promueve entornos contruidos más saludables y sostenibles.

1. ANTECEDENTES

La importancia de considerar antecedentes nacionales e internacionales para el *Manual de diseño eléctrico de proyectos energéticamente eficientes y sostenibles* en una empresa guatemalteca de diseño eléctrico es fundamental. A nivel global, la adopción de estándares como la certificación LEED ha demostrado ser esencial para la sostenibilidad y la eficiencia energética en proyectos similares. Además, al basarse en normas reconocidas internacionalmente como ASHRAE 90.1 y NFPA 70 NEC, se garantiza la conformidad con estándares de calidad y seguridad eléctrica. Integrar estos antecedentes en el diseño local asegura que la empresa no solo cumpla con parámetros internacionales, sino que también contribuya al desarrollo sostenible a nivel nacional en Guatemala.

1.1. Generalidades

A nivel nacional no se han encontrado trabajos de maestría enfocados a la eficiencia energética, ni tampoco sobre certificaciones LEED, solamente se encontraron trabajos a nivel de licenciatura que no es posible utilizarlos como referencia en la investigación.

1.1.1. Análisis de resultados de investigaciones previas.

Se realizó una investigación para contar con un respaldo científico sobre el trabajo de investigación realizado, las cuales se describen a continuación.

1.1.1.1. Antecedentes nacionales

La ausencia de tesis de maestría o documentos científicos en Guatemala respaldando el tema del *Manual de diseño eléctrico de proyectos energéticamente eficientes y sostenibles* se puede atribuir a la novedad y especificidad del enfoque propuesto. La mayoría de las investigaciones académicas en el ámbito eléctrico podrían centrarse en aspectos más genéricos o técnicos, mientras que la combinación de eficiencia energética, sostenibilidad y certificación LEED en el diseño eléctrico empresarial es un enfoque más especializado. La escasez de trabajos previos no disminuye la relevancia del tema, sino que destaca la necesidad de explorar y desarrollar enfoques innovadores para promover prácticas sostenibles en el diseño eléctrico en el contexto guatemalteco.

1.1.1.2. Antecedentes internacionales

En su trabajo de graduación Cardenas (2021) indica:

El trabajo de investigación tiene como objetivo principal el describir e interpretar cuáles son las estrategias en edificios inteligentes sostenibles para el pabellón central de la Universidad Nacional de Ingeniería - Lima, 2019. Se trata la temática de los edificios inteligentes sostenibles, de acuerdo con Clements-Croome, Derek., autor de *Intelligent Buildings: an introduction*, vinculado al patrimonio edificado, en un contexto de uso universitario, con énfasis en el tipo de universidad pública, siendo éste un ámbito poco estudiado en el contexto peruano y latinoamericano, por lo que puede ser referente para otras investigaciones.

La investigación se desarrolló bajo el enfoque cualitativo; es de tipo estudio de casos, utilizando métodos de análisis, inducción y hermenéutica, se usaron técnicas de entrevista, observación y análisis documental, cuyos instrumentos fueron la guía de entrevista, guía de observación y la ficha de análisis documental. Se tomó al pabellón central de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) como escenario de estudio, y a las autoridades, arquitectos especialistas en sostenibilidad y jefes de Institutos de Investigación de la UNI, como sujetos de estudio. Los resultados de las entrevistas fueron analizados con el *software* Atlas Ti 7.0.

El estudio ha permitido evaluar la percepción de los interesados e identificar los valores del pabellón central de la UNI como edificio inteligente sostenible, así como generar estrategias que estén al alcance de investigadores, proyectistas, usuarios y autoridades de la UNI para la posible creación e implementación de normas, protocolos y reglamentos que permitan sostener el desarrollo de estas estrategias e influir en la selección y priorización de indicadores de sostenibilidad para edificios inteligentes en el resto del campus de la UNI y en contextos similares. (p. xiii)

Según lo indicado por Cardenas (2021), es importante conocer si el edificio es sostenible, y cuáles son las técnicas a implementar para que un edificio se

considere sostenible, además de apoyarse con inteligencia artificial mediante el *software* Atlas Ti 7.0 para el análisis de datos y lograr una evaluación certera y concisa que se pueden aplicar a otras áreas del campus, y edificaciones externas a las analizadas.

Chávez y Trebick (2021) en su trabajo indica:

Escasos son los trabajos que se enfocan en investigar el potencial de los edificios sustentables de promover sustentabilidad en sus ocupantes. Por ello, el siguiente estudio tiene como objetivo analizar el uso de créditos LEED para fomentar comportamientos pro-ambientales. La metodología utilizada es de carácter exploratoria y de lógica descriptiva, y analiza comparativamente edificios de oficinas certificados LEED [Argentina (n= 351), Chile (n= 494), Colombia (n= 432), Perú (n= 282)] en el período 2012-2020. Los resultados revelaron que los créditos más empleados fueron: acceso a transporte público (99.34 %), densidad del entorno (98.34 %) y pautas de diseño y construcción para inquilinos (96.53 %); y los menos empleados: puesta en servicio mejorada (44.30 %), luz diurna (31.31 %) y controlabilidad de los sistemas (7.53 %). Se concluye, finalmente, que aquellos que optan por incluir al ocupante en el diseño, eligen intervenir en la cultura, mientras que quienes optan por no hacerlo, eligen la tecnología. (p. 35)

Chávez y Trebick (2021) hacen mención de que existe poca promoción para promover los edificios sustentables, y más aún promover la sustentabilidad en los clientes finales, los cuales por desconocimiento no se toman en cuenta, por lo que es necesario crear la cultura de sostenibilidad para poder tener una mejora ambiental que ayude a todos.

Seyis, Güven & Bayar (2021) indica lo siguiente:

Los sistemas de clasificación de edificios sostenibles (GBRS, por sus siglas en inglés) se desarrollan para ayudar a los profesionales de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC) a medir el rendimiento de los edificios y cumplir con los requisitos de diseño y construcción sostenible. El diseño de edificios de alto rendimiento de acuerdo con los GBRS mediante el uso de herramientas de análisis y diseño de energía basadas en Building Information Modeling (BIM) promueve la construcción sostenible, ayuda a reducir la huella de carbono y facilita el proceso de certificación de edificios verdes en general. Aunque estudios anteriores abordaron el uso de BIM en la certificación LEED (Leadership in Environmental and Energy Design), un número limitado de estudios se centró en el uso de herramientas basadas en BIM para examinar los créditos y requisitos de LEED v4. El objetivo de este estudio es demostrar de qué manera las herramientas de análisis y diseño de energía basadas en BIM pueden respaldar a los equipos de proyectos en la búsqueda de la certificación LEED para proyectos residenciales. Se realizó una revisión

de la literatura y un estudio de caso, y se examinaron las herramientas Autodesk Revit Green Building Studio, eQUEST, EnergyPlus e IES-VE en términos de cumplir con los créditos del sistema de clasificación LEED v4 Building Design and Construction for Multifamily Midrise. Los resultados demuestran que estas herramientas pueden cumplir con 17 créditos LEED. Este estudio determina los pros y contras de estas cuatro herramientas basadas en BIM en términos del sistema de clasificación LEED v4 BD+C MM. También contribuye a la industria AEC y la literatura con cuatro diagramas de flujo de toma de decisiones que se desarrollaron como pautas para que los profesionales de AEC realicen procesos de certificación LEED basados en BIM de manera más efectiva. (p. 987)

Como indica Seyis, Güven & Bayar (2021), existen herramientas que trabajan por medio de BIM, lo que puede lograr una simulación previa de cómo se comportará el edificio en el tema de consumo energético, mediante las herramientas propias de programas, lo que facilita la obtención de créditos LEED.

Clay, Severnini y Sun (2023) indica que:

Este artículo examina el impacto causal de la certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) en el consumo de energía en edificios de propiedad federal que fueron renovados durante el período 1990-2019. Utilizando un enfoque de coincidencia de puntaje de propensión de diferencia en diferencias, el artículo presenta dos hallazgos.

En primer lugar, a pesar de que el ahorro de energía es un objetivo federal explícito, las renovaciones certificadas por LEED de edificios federales no tuvieron un ahorro de energía estadísticamente significativo en promedio. En segundo lugar, los edificios LEED con puntajes de energía más altos mostraron una mayor eficiencia energética después de la certificación, y las mejoras fueron económicamente significativas. La ausencia de ahorro de energía en promedio parece estar impulsada por tres factores: compensaciones entre la energía y otras áreas para obtener puntos de certificación, posibles cambios en el uso de energía después de que finalizó el período de rendimiento oficial para la certificación LEED, y mejoras en la eficiencia energética de todos los edificios federales. (p. II)

Como indica Clay, Severnini y Sun (2023) se puede tener una renovación de certificación pasado un tiempo, pero el aumento de ahorro energético ya no es significativo, por lo que aplicar una renovación no tiene impacto financiero importante.

También nos indica que, si existe una relación directa entre el punteo y el ahorro financiero en operación, por lo que entre mayor sean los puntos LEED ganados, mayor será el ahorro energético promedio existirá.

Rodríguez y Castaño (2020) en su trabajo indica que:

En México, una de las estrategias para frenar el impacto ambiental producido por la construcción son las certificaciones para edificaciones

sustentables. Existen diferentes obstáculos que evitan su aplicación y con ello un rezago en el desarrollo sustentable. Este trabajo busca conocer esas limitantes a través del estudio de los antecedentes y la situación actual de este tipo de certificaciones en el país, centrándose en la Certificación Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). A través de un estudio de casos se identifica un grupo de variables y se analizan tres edificaciones certificadas a nivel nacional y tres en el estado de San Luis Potosí. Se concluye que el costo, la sofisticación tecnológica y el greenwashing han frenado la implementación de las certificaciones en el país. Se recomienda una metodología y un proceso de certificación incluyente, adaptado, accesible y regulado, considerando una educación y comunicación ambiental como puntos de mejora de la situación actual de las certificaciones. (p. 58)

Como menciona González (2012) existe un término llamado *greenwashing* que frena la implementación de las certificaciones para el desarrollo sustentable, ya que el *greenwashing* es una simple pantalla que hace parecer que una edificación es sustentable energéticamente, pero son simples estrategias de marketing, aunque realmente no lo son, y como tiene un costo de aplicación mucho menor, entonces las empresas no éticas lo utilizan solo como una pantalla.

En esta tesis de doctorado se desarrollan, implementan y evalúan varias experiencias prácticas enfocadas en promover el desarrollo sostenible en

la educación. Teniendo en cuenta que la educación es un elemento clave para lograr la sostenibilidad, con estas prácticas se pretende dotar al alumnado de los conocimientos y las habilidades necesarios para impulsar el desarrollo sostenible.

Estas experiencias se realizan entre alumnado del Máster de Ingeniería Térmica y estudiantes en el programa de doctorado eficiencia energética y sostenibilidad en ingeniería y arquitectura de la Universidad de Vigo. Se emplean nuevos métodos de aprendizaje: el aprendizaje práctico, combinado, colaborativo y basado en proyectos.

Durante el desarrollo de las experiencias prácticas se utilizan instalaciones experimentales en laboratorios de investigación de la Universidad que permiten el control y manejo por parte de los propios estudiantes de las plantas. Se pretende desarrollar la autonomía y autocrítica de los participantes desde un enfoque constructivista del proceso de aprendizaje. Se considera una modalidad de educación atractiva en donde se les permite participar en su propia didáctica.

Tras la realización de los trabajos, se evalúa la capacidad de los estudiantes para incorporar los principios de sostenibilidad. Se encontró, por lo general, una menor consideración por parte del alumnado de los

criterios económicos contra las dimensiones ambientales, técnicas y sociales. El subcriterio ambiental se aplicó en mayor medida en el desarrollo de los trabajos. Se observó una activa participación a la vez que una alta motivación al emplear esta metodología de aprendizaje. (Crespo 2021, p. 1)

Parte importante de lo que nos menciona Crespo (2021), es que, si se empieza a incentivar la sostenibilidad desde el ámbito del aprendizaje, con metodologías que motiven a los alumnos, y futuros profesionales, los cuales, al momento de aplicar sus conocimientos en la vida, tendrán una mayor participación en la implementación de los criterios para crear edificaciones sostenibles y energéticamente eficientes.

Briones (2020) su trabajo indica que:

Los edificios tienen un especial protagonismo en el impacto ambiental de la actividad humana sobre nuestro planeta, siendo responsables del 50 % del consumo de energía y del 30 % de las emisiones de gases de efecto invernadero. Para revertir su influencia en el agravamiento del cambio climático y reducir en lo posible su impacto ambiental, se están diseñando nuevas estrategias para mejorar su eficiencia energética teniendo en cuenta todo su ciclo de vida.

El objetivo general de esta tesis es validar la simulación energética de edificios como herramienta de I+D+i, con el propósito de incrementar

la eficiencia energética y minorar el impacto ambiental de los edificios, contribuyendo así a mitigar en lo posible el cambio climático y a reducir sus efectos adversos. Se han establecido criterios de aplicación de las diferentes herramientas de simulación disponibles según la finalidad del I+D+i a realizar. Estos criterios están orientados a la toma de decisiones por los distintos agentes intervinientes: diseñadores, gestores y responsables de su mantenimiento.

Se han aplicado distintas técnicas de simulación energética en cuatro proyectos de I+D+i, relacionados con el estudio energético de un hospital, el comportamiento energético de dos nuevos materiales de construcción con adición de residuos industriales valorizados, y el estudio de coste-efectividad de medidas de mejora de la eficiencia energética y de incorporación de energías renovables, a nivel de distrito. En todos los casos, los procedimientos de simulación energética empleados se han mostrado útiles para validar los requerimientos propuestos en cada proyecto de I+D+i. (p. 17)

Como indica Briones (2020) la actividad intrínseca del ser humano, tiene un impacto ambiental grave, y hasta hace relativamente poco tiempo, se ha tomado en consideración la necesidad de la implementación de técnicas para mitigar este impacto, y como parte de la mejora de la eficiencia, es poder implementar el uso de energías renovables, en el caso de la tesis citada, se aplica

la técnica de Investigación, desarrollo e Innovación (I+D+i) en diferentes casos de estudio, para analizar su comportamiento, dando resultados satisfactorios.

La investigación se llevó a cabo con el propósito de satisfacer las necesidades de una generación interesada en contribuir a la conservación del medio ambiente y promover prácticas de construcción sostenibles que minimicen el impacto negativo en las ciudades. Se diseñó una Certificación LEED para Viviendas mediante el análisis de documentos, observaciones y entrevistas aplicadas en el contexto local. Se identificaron productos y tecnologías disponibles en el país que cumplen con los requisitos para obtener créditos LEED. Se determinó que la participación de la cadena de custodia en la construcción verde fue crucial, representando el 71.1 % de los créditos para la certificación. Además, se estableció que los parámetros de diseño para el uso del suelo deben considerarse desde el inicio del proyecto, siguiendo los criterios del enfoque integrado de la certificación LEED. Como resultado, se elaboró un manual que contiene los lineamientos del Sistema de Certificación LEED para viviendas, que servirá como referencia y guía para aquellos interesados en el tema. (Zúñiga, 2015, p. vii)

Lo que indica Zuñiga (2015) es la conciencia que se debe de tomar en la conservación del medio ambiente, y que con las tecnologías que se encuentran en el mercado, fue fácil conseguir un buen porcentaje de puntos para poder optar

para la certificación LEED, creando un manual con los lineamientos necesarios para crear un sistema de Certificación LEED en el ámbito de residencias.

No se ha realizado un estudio integral dentro del sector de la educación superior para determinar si la certificación Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) tiene sentido desde el punto de vista económico. Este estudio contribuye a cubrir las lagunas en la literatura al proporcionar costos de construcción y costos de energía y agua para una muestra de edificios LEED certificados en campus dentro de los Estados Unidos. Descubrir si la implementación de prácticas ecológicas en los campus tiene sentido económicamente desde una perspectiva de ciclo de vida completo puede ayudar a abordar posibles barreras económicas iniciales. Este estudio encontró que hay un costo adicional inicial (green premium) para los edificios certificados LEED en los campus. Sin embargo, al analizar estos edificios desde una perspectiva de ciclo de vida, los resultados financieros fueron favorables. (Hopkins, 2014, p. 7)

Como indica Hopkins (2014) en su tesis, en la inversión inicial de una edificación, se tienen costos mayores al aplicar la certificación LEED, pero el beneficio de operación en el tiempo, se tienen mejores resultados económicos para operar, por lo que a largo plazo se tienen mayores ahorros para la administración del edificio.

Quesada (2015) indica que:

Debido a la importancia de lo relativo a la eficiencia energética a nivel global, se están desarrollando en la actualidad en Europa, y por lo tanto en España, políticas tendentes a la reducción de producción de gases de efecto invernadero, así como a la optimización de los consumos energéticos. Consecuencia directa de esto es la gran cantidad de normativa que se ha generado en los últimos años, así como su continua actualización pretendiéndose con esto alcanzar los objetivos fijados de reducción de consumo.

Conocida la importancia de la normativa que afecta directamente al estado energético en el campo de la edificación se pretende establecer el estado del arte de la eficiencia energética en edificios ubicados en Europa y España, trasladándolo a nivel local al municipio de Almería donde el Excmo. Ayuntamiento dispone de varios edificios de diferentes tipologías.

Para ello es necesario describir el marco normativo actual que afecta directamente a las condiciones energéticas de los edificios, así como caracterizar las herramientas de análisis energético en edificios como son las auditorías y la certificación energéticas.

Se pretende realizar un enfoque bajo criterios de investigación y desarrollo utilizando para el análisis energético herramientas de simulación de reconocido prestigio internacional como es Energy Plus, con la que se consigue describir los aspectos de la eficiencia energética en la epidermis edificatoria y las tecnologías de climatización, así como los índices energéticos a utilizar.

Para abarcar un espectro más amplio se han elegido tres tipologías edificatorias existentes de edificios del Excmo. Ayuntamiento de Almería con usos distintos como son el Mercado central de uso comercial, una Escuela Educación Infantil de uso docente y un Centro de Servicios sociales de uso administrativo.

A través del análisis y estudio energético, así como los datos obtenidos de su optimización energética, se obtienen una serie de conclusiones que permiten extrapolarlas a tipologías edificatorias de organismos locales a nivel nacional.

Mediante la tesis se llega a una serie de conclusiones tendentes a la sostenibilidad energética de los edificios que permite que su aplicación sea de gran importancia social, económica y medioambiental para el Excmo. Ayuntamiento de Almería. (pp. III-IV)

Como nos indica Quesada (2015), la eficiencia energética va de la mano con la reducción de gases de efecto invernadero, y en países de primer mundo como en Europa, existen leyes que promueven la implementación de crear edificaciones sostenibles y que la aplicación, además de lo ya mencionado en citas anteriores, tiene un gran impacto social, tomando en cuenta a todos para mejorar como país.

Los elevados niveles de emisiones de gases de efecto invernadero, causados principalmente por la fuerte dependencia energética de los recursos no renovables de origen fósil, conllevan a que –a nivel planetario– urja la necesidad de una rotunda transición energética. Al respecto, políticas de Estado de numerosos países promueven las energías renovables a gran escala, así como la penetración de su generación distribuida, dando origen al eficiente modelo de gestión de la demanda eléctrica conocido como autoconsumo. La República Argentina fomenta dicho modelo desde 2017, declarando de interés nacional la generación distribuida de energías renovables mediante Ley N° 27.424 e invitando a las provincias a adherirse. En este marco, el presente trabajo tiene por objeto realizar un análisis crítico de las legislaciones nacionales y provinciales en la materia. Se concluye que la Ley enunciada propicia la micro-generación de energías renovables en edificios, aportando a la sustentabilidad ambiental. (Alonso-Frank y Michaux, 2020, p. 86)

A nivel de leyes de concientización, es importante que los países puedan implementar leyes que apoyen y creen el hábito de micro generación de energías renovables, ya sea dando facilidades, libre comercio o soluciones viables para que sea factible poder aplicar y que sea atractivo para el inversionista o cliente final y acepte realizar la inversión.

Leite (2017) en su trabajo menciona que:

Las preocupaciones acerca de la eficiencia energética en los últimos años han tomado una importancia, no sólo en los aspectos medioambientales, como también económicos. Las iniciativas impulsadas por las directivas nacionales e internacionales, como requisitos de cumplimiento obligatorio, han despertado la responsabilidad medioambiental de las Universidades en el ámbito mundial. Una de estas experiencias es la de la Universitat Politècnica de Catalunya – UPC, que discute y práctica diferentes acciones en el planeamiento y en la gestión de los recursos naturales y sus impactos a su parque construido.

Teniendo en cuenta dicha experiencia, este trabajo evalúa las acciones concretas, algunas de ellas desarrolladas en los ámbitos de investigaciones en el propio Departament de Tecnologia en l'Arquitectura y de este Programa de Doctorado. A partir de los conocimientos generados, se obtuvieron valores de referencia e indicadores para el desempeño energético de los edificios de la UPC. La evaluación de los

puntos positivos y negativos generó, así, una metodología para la verificación de otro contexto universitario, en este caso, en la Universidade de Passo Fundo - UPF, ubicada en el Sur de Brasil. Para lograr este análisis se definieron los dos escenarios.

Temas relevantes al estudio igualmente son abordados de manera paralela y/o complementar: la caracterización de la matriz energética de Brasil y España, el planeamiento y la gestión de los recursos naturales en edificios universitarios; los parámetros normativos para la eficiencia energética y las interrelaciones con el confort térmico de los usuarios.

A partir de estas estrategias se formuló una metodología de abordaje, perfeccionando y ajustando los métodos desarrollados previamente, además de incluir las nuevas pautas generadas por la investigación específica, con el objetivo de contextualizar las características Brasileñas y de la UPF. Dicha metodología fue utilizada como punto de referencia para los instrumentos de gestión de los recursos naturales y su repercusión económica en la Universidad.

Especialmente presenta como objetivo la transformación de esa metodología en un instrumento operativo y de gestión, en un instrumento de ayuda a la toma de decisiones para la mejora de la ecoeficiencia del

parque existente, que permita valorar económica y ambientalmente las repercusiones de cada factor en el consumo energético y en la habitabilidad de los espacios de educación superior, pero igualmente aplicables a otras tipologías funcionales.

Cinco puntos son desarrollados a lo largo del trabajo: a. análisis de los factores incidentes en el consumo de los recursos energéticos en los edificios universitarios; b. diagnosis del contexto de la ecoeficiencia en la UPF, con énfasis en el uso de la energía; c. evaluación de las condiciones de confort en los espacios académicos y valoración de los correspondientes desempeños de las variables arquitectónicas y de los sistemas en los edificios; d. propuesta de criterios para la toma de decisiones para la ecoeficiencia energética; y e. evaluación de las condiciones reales de los edificios comparándolos con simulaciones de los modelos teóricos ideales para la mejora de la envolvente y de los sistemas.

A partir de los resultados propuestos se indican pautas para apoyo en los procesos de toma de decisiones para la mejora del desempeño energético, térmico y de confort, es decir contribuyendo con la calidad ambiental de los espacios de aprendizaje y trabajo.

Con este trabajo, observándose los análisis y diagnósticos de la evolución de los factores incidentes en el consumo energético, la intención es que la Universidad promueva reflexiones en sus prácticas en las actividades académicas y administrativas hacia la puesta en marcha de herramientas que contribuyan para la Educación para la Sostenibilidad y para el cierre de flujos de materiales y energéticos en sus infraestructuras.

Es imprescindible que los procesos de toma de decisiones y los instrumentos normativos observen las pautas aquí desarrolladas, valorando sus inversiones y costes bajo la perspectiva de las implicaciones de las estrategias de diseño y gestión medioambiental (p.9).

En el caso de las universidades, como casa de estudios, es importante promover desde sus bases la implementación de procesos y decisiones que apoyen el mejoramiento y la educación a sus alumnos para una correcta implementación de herramientas para la sostenibilidad energética en sus edificios, tanto a nivel de aulas, como a nivel de área administrativa.

1.1.2. Discusión de resultados de investigaciones previas

Después de investigar y recabar información sobre el tema de investigación, se logró visualizar que en muchos países se tiene como meta la reducción de la huella de carbono y se incentiva de muchas maneras la implementación de metodologías para realizarlo, la certificación LEED es solamente una acumulación de las buenas prácticas que se deben realizar para

poder gestionar los recursos energéticos y de esta manera poder apoyar al medio ambiente.

Existe mucho desconocimiento por parte de los inversionistas y desarrolladores para poder implementar estas medidas, pero el manual espera poder simplificar la obtención de información, y a la vez, conocer cuáles son los beneficios que se pueden llegar a obtener, ya que hasta el momento se visualiza solamente como un costo extra de inversión, pero no se conocen los beneficios a largo plazo que esto trae consigo.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La creciente demanda de prácticas sostenibles, el diseño eléctrico de proyectos energéticamente eficientes se presenta como un desafío clave para las empresas de diseño eléctrico en Guatemala. A pesar de la importancia de la certificación LEED y las normas ASHRAE 90.1 y NFPA 70 NEC en la consecución de edificaciones sostenibles, la falta de un manual específico que guíe el diseño eléctrico en consonancia con estos estándares ha generado una brecha significativa en el sector. Este vacío dificulta la implementación efectiva de estrategias de eficiencia energética y sostenibilidad. Por lo tanto, surge la necesidad apremiante de desarrollar un manual integral que oriente a las empresas de diseño eléctrico en Guatemala hacia la obtención exitosa de certificaciones LEED, mejorando así la calidad y sostenibilidad de las infraestructuras eléctricas en la región.

2.1. Contexto general

“En el sector de la construcción, existen carencias de normativas que promuevan la conservación del medio ambiente, por lo que se pretende dar a conocer los lineamientos del Sistema de Certificación LEED” (Zúñiga, 2015, p.15). La creciente alza de la huella de carbono hace que se deban tomar medidas de ahorro energético para apoyar en la reducción de la huella de carbono, sin afectar la operación diaria de los edificios. Y una de las maneras de alcanzarlo es por medio de la implementación de la norma ASHRAE 90.1, la cual nos da los parámetros necesarios para alcanzar una baja huella de carbono dada por el consumo de los equipos eléctricos y de aire acondicionado, lo que,

además, nos da un bajo costo de operación al ser más eficientes en el uso de la energía eléctrica.

Para edificios elegibles para recibir una clasificación de eficiencia energética usando la herramienta de Gestión de Carteras ENERGY STAR(R) de EPA, lograr una clasificación de eficiencia energética de al menos 75. Para proyectos fuera de U.S., consultar el Estándar 90.1-2010 de ANSI/ASHRAE/IESNA, Apéndices B y D, para determinar la zona climática apropiada. (Bernal y Gallego, 2018, p. 67)

2.2. Definición del problema

Inexistencia de un manual de diseño eléctrico para aplicar a una certificación LEED enfocado a edificios energéticamente eficientes y sostenibles.

2.2.1. Problemas específicos

En el contexto de la creciente conciencia ambiental y la necesidad de desarrollar construcciones sostenibles, los proyectos de centros comerciales en la ciudad de Guatemala enfrentan el desafío de cumplir con los estándares de eficiencia energética y sostenibilidad, particularmente aquellos establecidos por la Certificación LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). A pesar de la importancia de la certificación *LEED* en la industria de la construcción, la falta de una guía específica y detallada para el diseño eléctrico se ha convertido en un obstáculo significativo para así reducir la huella de carbono.

El planeta presenta deterioro del medio ambiente cada vez más evidente, año a año la naturaleza va perdiendo especies de plantas, animales, ríos, bosques, entre otros, causado las actividades y los asentamientos del hombre. Desde sus comienzos el hombre generó cambios en el ambiente, a pesar de la tecnología primitiva con que contaba, ese desarrollo vino con la contaminación del suelo, aire, agua producto de la incapacidad de poder controlarlos.

Los asentamientos humanos aumentan cada año exponencialmente en lugares sin ningún planeamiento urbano, en algunos casos ocupando áreas fértiles limitado la disponibilidad de suelos cultivables y en otros casos, en áreas desérticas donde no pueden satisfacer las necesidades básicas. Estos comportamientos producen escasez de recursos, mayor producción de residuos, generación de Gases de Efecto Invernadero GEI causantes del cambio climático. (Zuñiga, 2015, p. 4)

El problema radica en la carencia de un manual de diseño eléctrico adaptado a las condiciones y regulaciones locales de Guatemala, que aborde de manera integral los requisitos específicos de la Certificación LEED en el contexto de los centros edificios de oficinas. Esta brecha en el conocimiento no solo limita la capacidad de los profesionales del diseño y la construcción para implementar prácticas sostenibles, sino que también obstaculiza el progreso hacia un desarrollo urbano más ecológico y eficiente en términos energéticos y facilita la

inversión por entidades financieras que incentivan la reducción de la huella de carbono con mejores tasas de interés.

Por lo que los proyectos diseñados y contruidos para contar con unos estándares de calidad, reducción del consumo de recursos naturales, eliminación de procesos tóxicos y protección de la naturaleza, los cuales son los principios básicos para cumplir con una certificación LEED, se pueden ver opacados en el momento en que entran en operación ya que son entes externos los que administran el servicio de estas edificaciones y no siempre generan las prácticas de conservación sostenible para las mismas. (Moreno y Rodríguez, 2020, p. 5)

Después de construido un edificio, pasa al departamento de mantenimiento, y si no se realizó un diseño sostenible, el uso de energía será mucho mayor, lo que se traduce como un aumento en la factura de energía de manera mensual, y al no ser monitoreado no se pueden realizar un plan de mantenimiento predictivo y preventivo para determinar la vida útil de todos los dispositivos eléctricos utilizados para el correcto funcionamiento del edificio.

2.2.2. Delimitación del problema

La presente investigación se llevará a cabo en el departamento de diseño de una empresa privada dedicada al diseño eléctrico enfocado a nuevos diseños a nivel de planificación ubicada en la zona 12, Guatemala, Guatemala.

2.2.3. Pregunta principal de investigación

¿Cómo establecer un manual de diseño eléctrico para aplicar a una certificación LEED enfocado a edificios energéticamente eficientes y sostenibles en una empresa privada de diseño eléctrico?

2.2.4. Preguntas complementarias de investigación

- ¿Qué beneficios económicos se obtienen con un correcto diseño eléctrico en un edificio certificado LEED?
- ¿Cómo se sabe si un edificio es energéticamente eficiente y sostenible?
- ¿De qué manera se apoya al medio ambiente si se opta por alcanzar una certificación LEED?

2.3. Necesidades a cubrir o satisfacer

La huella de carbono aumenta día a día y es importante realizar acciones para poder apoyar al medio ambiente, lo cual es un tema que nos afecta a todos por igual y es responsabilidad de todas las personas tomar cartas en el asunto para poder aplacar los efectos del calentamiento global, y esto se incrementó de manera significativa desde la revolución industrial, como lo indica Quesada (2015), que nos dice que:

La demanda energética ha venido experimentando una tendencia al alza en las tres últimas décadas, a lo largo de las cuales han tenido lugar crisis económico-energéticas a nivel mundial, con impacto negativo en la

actividad económica y en la demanda energética de la mayoría de los países desarrollados. (p. 2)

Como parte de las acciones que se pueden tomar, está la implementación de la certificación LEED que nos aporta una serie de recomendaciones para poder mejorar el uso de las instalaciones de un edificio, dando puntos que se obtienen al obtener una mejora en el manejo y eficiencia de las instalaciones de un edificio.

Dichos puntos nos pueden otorgar un nivel de certificación, los cuales están estipulados como la cantidad de ahorro energético, y por ende la reducción de la huella de carbono al utilizar conscientemente las instalaciones y habiendo utilizado los equipos con especificaciones de un alto desempeño.

Al alcanzar una certificación se demuestra que el edificio es sustentable y verde, lo que le da un punto a favor con las empresas transnacionales que están comprometidas con la reducción del consumo energético como parte de las políticas internas de cada empresa

Esto a su vez no nos genera un costo elevado, Bernal y Gallego (2018) nos dicen que:

El costo para obtener y mantener la certificación debe de ser asumido por los residentes del edificio en todos los escenarios planteados, por lo tanto y de acuerdo con la hipótesis planteada en esta investigación, no es posible evaluar financieramente la obtención de la certificación en el edificio caso de estudio como un proyecto de inversión, por lo cual no es

posible la obtención de indicadores financieros atractivos para el mismo, sin embargo, en dos (2) de los escenarios evaluados es posible obtener el periodo de retorno de la inversión. (p. 135)

2.4. Ubicación del área o lugar en estudio

El estudio se realizará en una empresa de diseño ubicada en la zona 12 del departamento de Guatemala, ciudad de Guatemala.

3. INFORMACIÓN GENERAL

El trabajo de investigación se realizará en una empresa que se dedica al diseño de instalaciones eléctricas, que se encuentra en el departamento de Guatemala, dentro de la ciudad de Guatemala en zona 12.

3.1. Aspectos generales

La empresa de diseño en la que se realizará el estudio tiene a su cargo una gran cantidad de proyectos de diseño eléctrico, donde se puede realizar con relativa facilidad la toma de datos que se requieren.

3.1.1. Antecedentes históricos del departamento de Guatemala

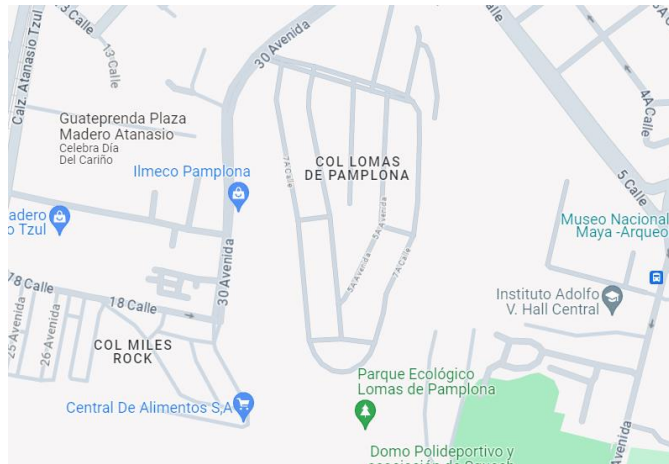
Actualmente existe aún poca relación con las certificaciones que impliquen tener un diseño energéticamente sostenible, ya que implica una mayor inversión inicial, pero tiene muchos beneficios a largo plazo, por lo que en Guatemala la mayor parte de edificaciones certificadas son empresas con un aporte considerable en el mercado guatemalteco, o empresas internacionales que están a favor de apoyar el cambio climático.

3.1.2. Aspectos geográficos

La ubicación geográfica es favorable, ya que se encuentra en una ubicación bastante céntrica con respecto a los clientes y potenciales clientes en empresas de arquitectura.

Figura 1.

Ubicación geográfica



Nota. Ubicación del área de estudio. Obtenido de Google maps (s.f.). *Ubicación y localización.* (<https://www.google.com/maps/@14.5991331,-90.5362225,16.5z?entry=ttu>), consultado el 10 de marzo de 2024. De dominio público.

3.1.3. Aspectos generales de la empresa de diseño eléctrico ubicada en zona 12 de la ciudad de Guatemala

La empresa de diseño cuenta con una gran cantidad de proyectos a su cargo, y con personal que se ha ido especializando en el diseño eléctrico, ofreciendo productos de la mejor calidad posible.

3.1.3.1. Reseña histórica

La empresa de diseño donde se realizará la investigación fue fundada en el 2016, presentándose como una empresa puramente de diseño y asesoría eléctrica, sin entrar en la construcción, por lo que el principal objetivo es velar por los intereses de los clientes.

3.1.3.2. Valores

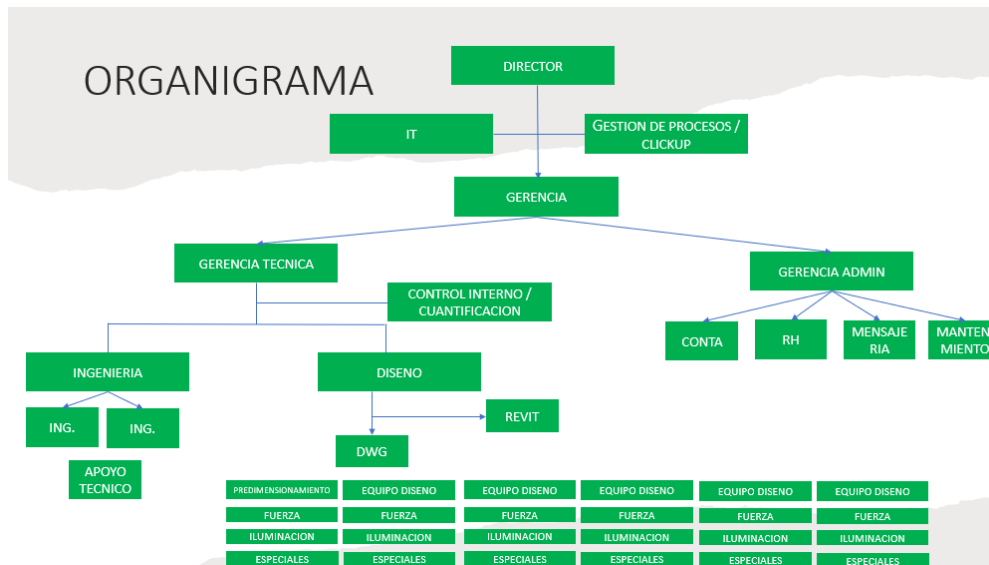
Cuenta con tres valores principales, los cuales son:

- Integridad: nuestra voluntad de mantener y honrar nuestros compromisos no importando el costo de los mismos.
- Excelencia: nuestro compromiso de ser los mejores por medio de la actualización y continua mejora de nuestras técnicas y procedimientos que permitan la satisfacción total de nuestros clientes.
- Seguridad: nosotros estamos comprometidos con la seguridad de nuestros clientes y personal adoptando siempre las últimas tecnologías y mejores prácticas de diseño y coordinación de construcción de instalaciones eléctricas y especiales.

3.1.3.3. Estructura organizacional

La empresa cuenta con un organigrama, en donde se muestran los diferentes puestos y que el personal que cada puesto tiene a su cargo, y cuál es la escalabilidad de puestos dentro de la empresa.

Figura 2.
Organigrama



Nota. Orden jerárquico de la empresa. Elaboración propia, realizado con Visio.

3.1.3.4. Servicios

Cuenta con tres servicios principales que son:

- Diseño de instalaciones eléctricas: se cuenta con un departamento de diseño eléctrico, que se encarga de realizar los archivos en formato de dibujo en 2D CAD, o en formato 3D RVT, según sean las necesidades del cliente, además de los cálculos necesarios para realizar un diseño eficiente y seguro.
- Auditoría de proyectos electromecánicos: se cuenta con equipos de medición de energía capaces de captar las diferentes variables eléctricas y un grupo de personal calificado para interpretar los datos recabados para

poder dar un veredicto certero y una solución a los inconvenientes encontrados.

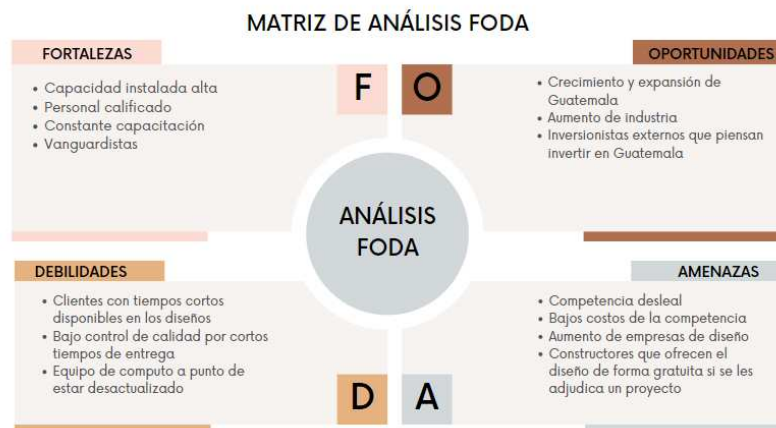
- Coordinación de proyectos electromecánicos: se cuenta con un departamento de supervisión que se encarga de coordinar a los diferentes especialistas en una construcción cuyos equipos utilicen electricidad, como las bombas hidráulicas, aires acondicionados, plantas de tratamiento, elevadores, entre otros, dependiendo de las necesidades propias de cada proyecto.

3.1.3.5. FODA

Como toda empresa cuenta con diferentes fortalezas y debilidades, así mismo con oportunidades y amenazas, por lo que es de vital importancia generar un análisis FODA, para poder conocer de mejor manera su operación.

Figura 3.

Análisis FODA



Nota. Análisis de la empresa. Elaboración propia, realizado con Visio.

4. MARCO TEÓRICO

Desde hace muchos años se ha escuchado sobre la importancia de reducir los gases de efecto invernadero en el mundo, ya que estamos entrando en un punto de no regreso en el que las temperaturas del mundo aumenten a niveles tan altos que generen una posible nueva era glacial. En el caso de Guatemala, ya ha firmado algunos acuerdos internacionales en los que se compromete a reducir su emisión de gases de efecto invernadero, por lo que se considera necesario buscar maneras de cómo reducir dichos gases, el manual acá planteado tiene este fin, cubriendo diversos temas que se verán a continuación.

4.1. Impacto ambiental

En resumen, los problemas ecológicos-ambientales vinculados a la extracción de energía y materiales del entorno físico bajo la forma de recursos naturales y los impactos de la descarga en los ecosistemas de desechos y energía degradada se derivan de las modalidades de desarrollo adoptados por una sociedad. En el análisis de la dimensión ambiental de los estilos de desarrollo hay que tener presente tanto variables vinculadas al medio físico / biológico, como otras referidas a instituciones y relaciones sociales, políticas, económicas y culturales que van dando forma a las modalidades específicas del desarrollo en sociedades particulares. Asimismo, nunca hay que perder de vista otras

tres dimensiones: el carácter histórico de los estilos de desarrollo, la existencia de relaciones de dependencia y la presencia de actores sociales, animados por intereses y valores específicos. (Carrés, 2021, p. 29)

Los combustibles fósiles, además, tienen un carácter limitado; a largo plazo, el aumento sostenido del consumo energético necesariamente devendrá en el agotamiento de estos recursos. Si hoy en día el control y la explotación de los yacimientos ya es fuente de tensiones sociales y conflictos bélicos, el impacto que puede suponer una crisis energética a nivel mundial para las generaciones futuras es muy grande.

El ser humano por su misma naturaleza siempre genera un impacto ambiental esté donde esté, en todo lugar y por pequeña que sea la población de un lugar, siempre tendrá un impacto ambiental, por lo que lo que se puede hacer por el medio ambiente es tratar de mitigar los efectos mediante un uso consciente de los recursos naturales con los que contamos en el mundo.

4.1.1. Gases de efecto invernadero

“Los edificios tienen un especial protagonismo en el impacto ambiental de la actividad humana sobre nuestro planeta, siendo responsables del 50 % del consumo de energía y del 30 % de las emisiones de gases de efecto invernadero” (Briones, 2020, p. 17).

El aumento de la temperatura global ha tenido un impacto significativo desde finales del siglo XIX. La concentración de CO₂ atmosférico se ha

intensificado desde la revolución industrial en un 47 % como lo indica la NASA en su estudio sobre cambio climático global (NASA Global Climate Change). En los últimos 40 años se ha registrado de manera acelerada el efecto de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y los años 2016 y 2020 se consideran los periodos más cálidos registrados (NASA SCIENCE, 2021). (Linares, 2022, p. 2)

Los efectos de los gases de efecto invernadero tienen un impacto directo en el calentamiento global, y se ha notado de manera directa con la sensación térmica en general, y amplificado por la tala desmedida de árboles, por lo que es necesario crear conciencia social, ya que las nuevas generaciones no han tenido la oportunidad de ver el cambio, y no tienen idea de la magnitud del impacto que se ha tenido desde la revolución industrial a la fecha.

4.1.2. Edificios energéticamente sustentables

Actualmente, la concepción de ser sostenible ha sido simplificada en la conocida triple línea base (triple bottom line), la cual sintetiza el equilibrio que existe entre los aspectos económicos, ambientales y sociales. Cada uno de estos ejes tiene como meta un principio utópico: Las cuales son la eficiencia económica, la conservación ambiental y la equidad social. (Mayta, Melo y Pizarro, 2016, p. 4)

Norma ASHRAE 189.1 ofrece un paquete completo de sustentabilidad para la construcción que comprende elementos de ecologización del sitio,

uso eficiente del agua, eficiencia energética, calidad del ambiente intramuros e impacto de la edificación tanto en la atmósfera como en materiales y recursos. Esta norma es una de las opciones de cumplimiento incluidas en el código internacional Ig CC 2012, publicado por el Consejo Internacional de Codificación. (Moreno y Rodríguez, 2020, p. 12)

Para considerar que una edificación es energéticamente sustentable, debe de tener base en las tres líneas que indica Mayta, Melo y Pizarro (2016) en el que se deben de considerar aspectos económicos, ya que debe ser económicamente viable, tiene que ser ambientalmente amigable, ya que la idea es reducir en la medida de lo posible la huella de carbono, y social, creando consciencia en el uso medido de los recursos naturales que tenemos a disposición.

Asimismo, existen normativas que nos dan lineamientos para poder generar un diseño energéticamente sustentable, ASHRAE 189.1, nos da los criterios generales para poder diseñar un edificio que aplique todos los requerimientos para alcanzar una edificación sustentable.

4.2. Eficiencia energética

La eficiencia energética comprende las mejoras del lado de la oferta (SSM SupplySide Management) así como de la demanda (DSM DemandSide Management). En general, al sector energético le preocupa más el lado de la demanda, por ser aquel que requiere una labor de mayor detalle, pues depende de la decisión de cientos de miles de usuarios y no de unos pocos

empresarios como es el caso del otro componente, es decir la eficiencia en la oferta. (Poveda, 2007, p. 4)

Efectivamente, el consumo energético está altamente relacionado con las emisiones de CO₂, y por tanto el ahorro de energía es absolutamente fundamental para la reducción de dichas emisiones. Sin embargo, también hay que recordar que, si el objetivo final es la reducción de emisiones, el ahorro energético debe interpretarse como un medio para lograr este objetivo, y no como un fin en sí mismo. Por tanto, si el objetivo es la mejora medioambiental, las políticas prioritarias deberían ser aquellas enfocadas directamente a la reducción de impactos, como las cuotas de emisión (negociables o no) o los impuestos sobre las emisiones. (Linares, 2022, p. 89)

En el caso específico de la eficiencia energética hay que entender de qué punto se está queriendo hacer el análisis, ya que no es lo mismo verlo desde el punto del distribuidor eléctrico, o desde el punto de vista del usuario final, en definitiva el distribuidor le interesa que su sistema sea eficiente para que pueda vender la mayor cantidad de energía, lo que se traduce en mayores ganancias, pero si hablamos del usuario final, le interesa ser eficiente para pagar la menor cantidad de energía, y al lograr cubrir esta necesidad, indirectamente se está apoyando al medio ambiente, ya que la generación de energía intrínsecamente genera emisiones de gases de efecto invernadero, incluso en la energía solar, con la fabricación de los paneles solares.

Para apoyar la eficiencia energética de las instalaciones eléctricas de una edificación, se debe de tomar en consideración la eficiencia de cada equipo a instalar, en general.

4.2.1. Eficiencia de motores

“La nueva norma de etiquetado en Colombia (RETIQ) requiere que los motores de inducción especifiquen su eficiencia en condiciones nominales. La Comisión Internacional de Electrotecnia (CIE) indica tres formas de calcular la eficiencia de motores de inducción” (Duarte, Guerrero y Carvajal, 2019, p. 175).

Cuando hablamos de eficiencias, inmediatamente viene la idea de cambiar los motores por otros más eficientes. Existen dos ópticas distintas para el tema:

- Si el motor es más costoso, pero más eficiente, la óptica es en cuánto tiempo se recupera la inversión.
- Si el motor es más barato, pero también más eficiente, la óptica es en cuánto tiempo se gana el motor, mediante el ahorro de energía consumida.

Como nos lo mencionan los autores citados, y los libros de texto, existen formas de calcular la eficiencia de un motor, y al tener un motor más eficiente, se puede traducir también como un motor que consume menor cantidad de energía, si lo vemos solamente en el punto de vista económico, importa mucho que un motor sea de bajo costo, pero también eficiente, ya que, si el costo de un motor eficiente es elevado, no compensa comprarlo, aunque esto ayude al medio ambiente.

4.2.2. Eficiencia de aire acondicionado.

Definiendo eficiencia energética (EE) como cociente entre la potencia de enfriamiento del equipo (W_t) y la potencia eléctrica promedio suministrada durante el periodo de determinación de potencia de enfriamiento (W_e). El término EEC corresponde al límite termodinámico máximo y eficiencia energética de Carnot para a un ciclo ideal de refrigeración con procesos de compresión y expansión reversibles, además, adición y rechazo de calor isotérmicos. (Orozco y Fonseca, 2006, p. 180)

La estandarización o generalización, sin tomar en cuenta la percepción y la adaptación humana a los ambientes locales, en lugar de optimizar los sistemas de climatización artificial puede provocar lo contrario. Por lo que el incremento de las temperaturas operativas de aire acondicionado representa una importante oportunidad para ahorrar energía. (Ayala, 2017, p. 22)

Es importante tomar en cuenta tanto la eficiencia de los equipos, para lo cual existen normativas definidas para poder determinar la capacidad de ahorro que se puede tener por los equipos, pero también es importante estandarizar la temperatura en los lugares que están climatizados, ya que si bien, un equipo es eficiente, también su uso debe de ser eficiente para contar con la mayor cantidad de ahorro posible, y, por ende, mejor eficiencia energética.

4.2.3. Eficiencia lumínica

Se demostró que la tecnología LED es el futuro en el ámbito de la iluminación debido a que tiene una mayor eficiencia, consumen menos energía, mejoran los niveles de iluminación, tienen una vida útil larga y una disminución de los contaminantes emitidos a la atmósfera (López, Alvarez y Bassam, 2017, p. 12).

Hoy día, la lámpara LED, diodos emisores de luz, es una de las fuentes de luz disponible más eficiente, con eficacias hasta los 130 lm/W.

Existen muchas tecnologías para generar iluminación, y las tecnologías avanzan cada día más, en la actualidad, la manera más eficiente de generar iluminación es la tecnología LED, lo que pueden mejorar la eficiencia lumínica, teniendo menor cantidad de luminarias en un área, que pueden iluminar la misma área, y con un consumo energético menor.

4.2.4. Uso de energías renovables

Las fuentes de energía renovable (FER) emanan de cuatro procesos naturales a escala planetaria: (1) la energía procedente del Sol, (2) el ciclo del agua, (3) el calor generado por las reacciones internas de la Tierra y, (4) la atracción de la Luna y el Sol sobre los océanos. Estos procesos se aprovechan mediante tecnologías energéticas renovables (TER) que permiten su transformación en energía útil: electricidad, calor, bio-combustibles e hidrógeno. Estas tecnologías constituyen un conjunto

heterogéneo de aplicaciones en distintos estadios de desarrollo; unas todavía en fases de investigación (solar fotovoltaica, solar termoeléctrica, mareomotriz) y otras en situaciones de madurez y creciente difusión en los mercados energéticos (eólica, biomasa, hidráulica y geotérmica). (Gual, 2015, p. 17)

El proceso de transmisión de calor en un edificio de estas características se lleva a cabo principalmente por radiación en un porcentaje de hasta el 75 %, mientras que la conducción y convección sólo ocupan el 25 % restante [2021]. Por tanto, cualquier tipo de aislamiento de un edificio, debe detener principalmente el flujo de calor radiante, sin olvidar la transferencia de calor por conducción.

Entre los diferentes tipos de aislamiento, creemos que los de tipo reflectivo pueden ser los más adecuados y eficientes, ya que, además de su alta capacidad de reflejar el calor, se une la estructura de burbujas de aire retenidas en su interior, proporcionando una alta resistencia al paso del calor a través de las superficies. (López *et. al.*, 2011, p. 216)

El uso de energías renovables es una opción muy buena a la hora de ser más eficientes energéticamente, y en el caso del uso de energía solar, además de generar energía, también sirve como un regulador térmico, ya que la irradiación no llega directamente a la edificación, si no que dicha irradiación solar,

se aprovecha para generar energía eléctrica, por lo que tenemos lugares más frescos, sin necesidad de utilizar equipos de aire acondicionado adicionales.

En el caso del resto de energías renovables, son más complicadas de implementar en los edificios, ya que, para obtener una cantidad de energía considerable para implementar.

4.3. Impacto económico

Al aplicar una certificación, siempre habrá que revisar los costos de implementación, ya que se necesita de un diseño especializado que cumpla con los requisitos de dicha certificación, además que se deben de contratar asesores específicos para conocer si con las decisiones del cliente se cumplen las condiciones mínimas para poder optar por una certificación.

El rubro de energía tiene un impacto de costo de implementación más alto que en un diseño estándar, pero en operación sus costos son menores, ya que todo está pensado para ser más eficiente.

4.4. Certificación LEED

Una de las certificaciones más reconocidas a nivel internacional, es la certificación LEED, la cual tiene como meta reducir todas las emisiones de CO₂ por operación normal de un edificio, sea cual sea su índole, y toca todos los puntos internos de una edificación, desde la arquitectura, posición demográfica, accesibilidad, y por supuesto el consumo de energías para su correcta funcionalidad.

4.5. Normativas

Debe cumplir con los requerimientos mínimos del Standard ASHRAE 90.1-2007 para un uso eficiente de la energía que utilizamos en nuestros proyectos, para esto se debe demostrar un porcentaje de ahorro energético (que va desde el 12 % al 48 % o más) en comparación a un caso base que cumple con el estándar. (Mayta, Melo y Pizarro, 2016, p. 14)

En Guatemala no existe una normativa eléctrica vigente, por lo que se ha trabajado con normativas de otros países como base para realizar un correcto diseño, en el caso de muchos países, sus normativas se basan en el Código Nacional Eléctrico de Estados Unidos, creado por la asociación de bomberos y conocido como NFPA 70 NEC.

Y en el caso de la acreditación a la certificación LEED, en el apartado eléctrico se toma como base la norma Asrae 90.1, que nos da los parámetros de mejora en los diseños, y los niveles de ahorro que se esperan obtener, de igual manera, cada una de las decisiones tomadas para poder aplicarlas en la edificación que se está diseñando, va sumando puntos LEED, que al final se hace un conteo total de puntos que fueron aplicados, para poder dar un nivel de certificación LEED.

4.6. Mantenimiento

“El sistema LEED para Desarrollo de Núcleo y Envolverte se usa cuando el dueño del proyecto no tiene influencia en más del 50 % del área del edificio

durante la etapa de operación del inmueble” (González, 2012, p 10). Como indica González, no se tiene control de la mitad del área de operación de una edificación, por lo que se da con mayor facilidad el tener un derroche de energía sin un uso indispensable, por lo que se vuelve importante tener un sistema de control que mejore el uso de energía en estas áreas, y por ende, tener un mejor control de mantenimiento, ya que el sistema de control puede volverse como un método de mantenimiento preventivo.

4.7. LEED en Guatemala

“En Guatemala hay 22 proyectos con certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) que se refiere al uso energías alternativas, mejora de la calidad ambiental interior, eficiencia del consumo de agua, tipos de materiales, entre otros” (Bolaños, 2019, p.1). También menciona que, en el 2019, existían 22 proyectos que contaban con la certificación LEED, y aunque poco a poco, cada año se van certificando más, lo que significa que cada vez existe un mayor conocimiento, pero es un tema que se debe de seguir impulsando.

5. MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico para elaborar el manual de diseño eléctrico de proyectos energéticamente eficientes y sostenibles enfocado a obtener una certificación LEED a nivel de diseño eléctrico con base en la norma ASHRAE 90.1 y NFPA 70 NEC iniciará por medio de mostrar la situación actual en Guatemala con respecto a edificaciones con el uso adecuado de energías, siendo eficientes y sostenibles en el tiempo, con esto se planea reducir la huella de carbono.

5.1. Diseño de la investigación

El tipo de investigación será no experimental aplicada por el método CIFE, ya que si bien es cierto que se puede decidir qué tipo de equipos se deben de utilizar, están definidos por las capacidades y métodos constructivos que se encuentran disponibles en el mercado.

Además, también se encuentra ligado a los niveles de voltaje disponibles en el edificio, que están previamente definidos por medio de los requerimientos propios del proyecto, como de los voltajes ya estipulados por EEGSA.

5.2. Enfoque de la investigación

El enfoque a utilizar es un enfoque mixto, ya que existe una combinación de elementos que se definen como cuantitativos y cualitativos, por lo que es necesario realizar una combinación de ambos enfoques para realizar la investigación.

- Enfoque cuantitativo: existen variables que son propias de un enfoque cuantitativo, en los cuales mediremos valores físicos, los cuales definen los equipos utilizados, y determinan si es necesario realizar cambios si no son acordes a lo que el edificio pueda ofrecer sin necesidad de realizar cambios físicos en el diseño.
- Enfoque cualitativo: en el caso del enfoque cualitativo, existen variables que no nos dan un valor numérico, sino que se basan en cualidades como lo es el nivel de certificación al que se está apuntando de los 4 posibles niveles de certificación, dependiendo de la inversión o porcentajes de ahorro energético se quieran tener.

5.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se plantea para realizar el manual de diseño eléctrico de proyectos energéticamente eficientes y sostenibles enfocado a obtener una certificación LEED a nivel de diseño eléctrico con base en la norma ASHRAE 90.1 y NFPA es por medio descriptivo, ya que se debe de indagar en la documentación de la GBCG (*Green Building Council of Guatemala*), además de la norma ASHRAE 90.1, ya que en ellos se encuentran los lineamientos técnicos que se deben de seguir, y complementándolos con las bases del diseño eléctrico siguiendo las recomendaciones del NFPA 70 NEC para que cumplan de manera óptima y segura las instalaciones, dando así un servicio continuo eléctrico.

Una de las ventajas de este tipo de investigación, es que se puede aplicar tanto para edificaciones nuevas, como para edificaciones existentes, siendo estas últimas un poco más complejas de llevar a cabo si no se realizó un correcto

diseño original, pudiendo llegar a necesitar un periodo de tiempo de inactividad hasta realizar los cambios necesarios.

5.4. Variables

Como ya se mencionó anteriormente, la investigación es no experimental, por lo que nuestras variables no se pueden manipular para modificar los resultados, lo que sí podemos realizar es conocer cuáles son las variables que podemos tomar en cuenta o cuáles no.

Las variables se deben de conocer, porque todas las variables deben de coexistir en el mismo entorno, como lo es el caso de la frecuencia, en la mayor parte de América se utiliza una frecuencia de 60 Hz, pero muchos de los equipos se pueden importar y si están fabricados a una frecuencia diferente, 50 Hz que sería lo normal, los equipos ya no funcionarán como se supone que deben de hacerlo y de esta manera deja de ser eficiente.

Las variables se separarán en dos divisiones, los cuales son:

- Variables independientes
 - Potencia aparente
 - Potencia reactiva
 - Potencia real
 - Nivel de certificación
 - CAPEX
 - OPEX
- Variables dependientes

- Voltaje
- Corriente
- Energía
- Frecuencia
- Nivel de iluminación
- créditos LEED
- Generación verde
- Eficiencia
- Caída de tensión
- Factor de potencia.

5.4.1. Operacionalización de variables

La operacionalización de variables la realizaremos al definir cuáles son las variables que estaremos visualizando, y que posteriormente se definan de qué manera afectan a la investigación, y asignando medidas para poder entender de manera numérica la manera en la que afectan dichas variables y las consecuencias que puedan tener la modificación de las mismas.

Tabla 1.*Operacionalización de variables*

MANUAL DE DISEÑO ELÉCTRICO DE PROYECTOS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES Y SOSTENIBLES, ENFOCADO A OBTENER UNA CERTIFICACIÓN LEED A NIVEL DE DISEÑO ELÉCTRICO CON BASE EN LA NORMA ASHRAE 90.1 Y NFPA 70 NEC EN UNA EMPRESA PRIVADA DE DISEÑO ELÉCTRICO, GUATEMALA, GUATEMALA.				
Diseño de la investigación:	Enfoque de la investigación:	Tipo de investigación:	Alcance de la investigación	
No experimental	Mixto	Descriptiva	Descriptivo	
Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Voltaje	Variables eléctricas de cualquier equipo	Operabilidad de los equipos	Operación continua de equipos eléctricos	Lista de cotejo
Corriente				Lista de cotejo
Potencia aparente				Lista de cotejo
Potencia reactiva				Lista de cotejo
Potencia real				Lista de cotejo
Energía				Lista de cotejo
Frecuencia				Lista de cotejo
Nivel de iluminación	Visibilidad de operación	Eficiencia en los trabajos	Tiempo de realización de los trabajos	Lista de cotejo
Nivel de certificación	Capacidad de ahorro de energías no renovables	Previsión y continuidad de servicio	Porcentaje de ahorro energético	Lista de cotejo
Créditos LEED	Puntos verdes por aplicar correctamente las recomendaciones	Eficiencia energética	Correcta aplicación	Lista de cotejo

Continuación de la Tabla 1.

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Generación solar	Generación eléctrica alternativa	Reducción en huella de carbono	Ahorro energético	Lista de cotejo
Capex	Costo de implementación	Compra de equipos	Eficiencia	Lista de cotejo
Opex	Costo de operación	Mantenimiento	Continuidad de servicio	Lista de cotejo
Eficiencia	Mayor operación con bajos costos	Bajos costos de operación	Reducción de costos	Lista de cotejo
Caída de tensión	Pérdidas por distancia	Manejo de cargas eléctricas	Reducción de eficiencias	Lista de cotejo

Nota. La tabla muestra la operacionalización de las diferentes variables del proyecto. Elaboración propia, realizado con Excel.

5.5. Universo y población de estudio

Para el estudio de investigación se tiene una población de todos los proyectos nuevos que ingresen a solicitud de los clientes a la empresa de diseño eléctrico donde se trabajará el estudio, y para ello deben de contar con una factibilidad previa y una aprobación por parte del cliente para tomarlo en consideración, por lo que el universo son todos los edificios que se acepten como diseño eléctrico, y la población serán aquellos que tengan la factibilidad y aprobación del cliente para su desarrollo.

5.5.1. Criterios de inclusión

La población deberá de contar con características para ser aptos de poder ingresar al estudio mediante la retroalimentación de uno de los instrumentos además de contar con las siguientes características.

- Edificios que traten de atraer potenciales clientes que se preocupen por el medio ambiente, o empresas multinacionales que están comprometidos con el medio ambiente.
- Inversionistas que deseen contar con beneficios de entidades financieras que apoyan este tipo de proyectos.
- Edificios nuevos que quieran contar con un mejor control de sus instalaciones, y que deseen tener un ahorro en el uso de energías.
- Edificios que deseen tener un mejor control del mantenimiento pudiendo tener un historial y control de los diferentes sistemas y tener una planificación de mantenimientos preventivos y predictivos según el historial de consumos.

5.5.2. Criterios de exclusión

Al igual que en un inicio todo el universo tiene posibilidades de poder ser parte del estudio, existen algunos criterios que hacen que un proyecto no sea apto para poder continuar con el proceso de diseño para poder optar a cualquiera de los niveles de certificación.

- Edificios de bajos recursos que no puedan costear el adaptar el diseño para poder optar por cualquier nivel de certificación.
- Edificios existentes que deban realizar una inversión poco atractiva para poder adecuar las instalaciones existentes y cumplir con los requisitos de la GGBC para optar por cualquier nivel de certificación.
- Viviendas unifamiliares que no puedan diluir los costos de implementación.
- Edificios en los que los inversionistas no deseen realizar las gestiones de certificación.

5.6. Muestreo

El muestreo para realizar la investigación no cuenta con una ecuación estadística debido a que todo el estudio es observacional, por lo que el muestreo es el mismo que la población.

5.7. Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos se tendrá como primer punto, una rúbrica para los encargados del proyecto, en el cual se tendrán una recopilación de datos inicial, teniendo como objetivo principal, saber cuál es el nivel de conocimiento sobre la certificación LEED, y si no tienen suficiente conocimiento, darles una breve explicación para determinar si es apto o no para dar inicio al proceso de certificación LEED.

Si la técnica anterior fue positiva, se pasa a la lista de cotejo de los equipos o sistemas con los que contará, solicitando información propia de los equipos que

se está planteando, esto para poder determinar si los equipos cuentan con los requisitos mínimos de eficiencia y construcción que requiere el ente certificador. y validarlos, si alguno de los equipos no llegase a llenar los requisitos, entonces se hará saber qué puntos no cumplen, y verificar si es viable cambiar estos puntos por otros equipos que, si lo cumplen o en su defecto, ver cuáles son las consecuencias de las decisiones.

Al momento de ejecución del proyecto, se llevará una lista de cotejo con los diferentes ítems a tomar en cuenta, los cuales dan una cantidad de créditos LEED ya establecida, y verificar cuantos puntos se pueden obtener en cada área.

Por último, se tiene una encuesta que se deberá trasladar después de al menos 6 meses de operación, en el cual será trasladada al personal administrativo y de mantenimiento del edificio, para conocer su opinión sobre la facilidad que tienen sobre la operación de los diferentes sistemas instalados.

5.8. Instrumentos de recolección de datos

Para la presente investigación se utilizarán tres instrumentos para la recolección de datos, los cuales son:

- Rúbrica
- Lista de cotejo
- Encuesta

Estos instrumentos fueron escogidos porque son los que nos da la información necesaria para en cada punto del proceso de diseño, iniciando con la rúbrica que nos da información sobre el conocimiento previo que tienen los arquitectos e inversionistas, además del interés que muestren para el proceso de

certificación LEED, ya que muchas veces no es tomado en cuenta por falta de conocimientos, la rúbrica busca conocer si es necesario dar una pequeña charla informativa sobre que es, como funciona, que beneficios tiene, entre otros, lo que determinará si es viable y factible iniciar con el proceso de certificación.

Posterior a esto se tiene una lista de cotejo que busca conocer todos los equipos eléctricos con lo que, se tomará como base la normativa ASHRAE 90.1 para determinar si dichos equipos cuentan con los estándares mínimos que cumplan para el proceso de certificación. Posterior a esto, se da otra lista de cotejo, ya cuando se encuentre en el proceso de verificación, cada aspecto de diseño tiene una puntuación máxima que se traduce en puntos LEED, en el área en la que nos enfocaremos, se tienen un máximo de 33 posibles puntos.

Y al momento de tener la puesta en marcha del edificio, se dará un tiempo prudente para que todo el equipo administrativo y de mantenimiento se familiaricen con la operación de las instalaciones, en este punto se trasladará el último instrumento, el cual es la encuesta donde se busca conocer la satisfacción de los operarios, conociendo si después de obtener la certificación LEED en cualquiera de sus posibles niveles, si son notables los beneficios que se buscan.

5.9. Procesamiento y análisis de datos

Una parte importante a tomar en cuenta es que el procesamiento de datos se puede realizar de manera meticulosa, ya que la muestra es pequeña, por lo que es sencillo, y se pueden revisar las variables una a una.

Al tener los datos se procederá a analizarlos y verificar cuales cumplen los requisitos dados por la ASHRAE 90.1, los cuales se pueden analizar desde los

instrumentos y estos guardándolos en una base de datos, los cuales se pueden revisar siempre que se necesiten.

5.10. Límites de la investigación

Los límites de la investigación están dados por los cambios que se generen en las normativas y procesos de certificación, actualmente el proceso de certificación está dado por la versión V4, que en el tiempo puede variar conforme se vayan actualizando los requisitos de certificación.

Además, es importante conocer que la presente investigación es un manual de diseño, el cual es una guía, lo que implica que, si no se sigue al pie de la letra, el edificio puede seguir funcionando, pero es posible que no se logre contar con algunos de los créditos disponibles, esto viene afectado directamente por el nivel de certificación que se desee alcanzar.

Existen puntos que se pueden salir totalmente de la factibilidad del proyecto como tal, en estos casos se vuelve más un tema de criterio para poder determinar los límites de cada proyecto en específico.

5.11. Obstáculos

La falta de normativas eléctricas en Guatemala, hacen que se dificulte la recepción de este tipo de certificaciones, ya que por lo general se busca una baja inversión, teniendo la mayor cantidad de beneficio posible, esto además de que por lo general el inversionista no es quien llevará la administración del proyecto, hace que la aceptación de este tipo de certificaciones esté un poco más sesgada como posibilidad de mejora.

El desconocimiento también es un factor importante, ya que muy pocas personas conocen de qué se trata una certificación LEED, lo que hace que en ningún momento se vea como un proceso atractivo para poderlo implementar.

5.12. Aspectos éticos de la investigación

La ética profesional es un tema fundamental en todo aspecto profesional, ya que como personas éticas se busca realizar un producto final que cubra todas las necesidades que se presentaron.

Un punto de suma importancia es que existe un ente certificador, el cual tiene a su cargo a distintos gestores que harán las visitas técnicas necesarias para el proceso de certificación, el cual toma los criterios como los interpreta bajo la norma, pero existen puntos en los que tienen diferentes maneras de interpretarse, por lo que el manual de diseño desea cubrir la necesidad de poder apelar a las decisiones del gestor, basados en las normativas respectivas.

Es importante informar a los dueños, encargados e inversionistas sobre lo que se está realizando, y solicitar los permisos necesarios para poder utilizar los nombres de los edificios, en caso contrario se buscará la manera de poder recopilar datos sin dar mayor información sensible.

5.13. Autonomía de la investigación

El manual de diseño está enfocado a poder ser replicable, busca ser lo más claro posible para que cualquier con conocimientos de diseño eléctrico pueda replicarlo, además de poder explicarle a detalle al cliente lo que es la certificación LEED y lo que está busca.

El manual será de uso libre, cualquier persona que cuente con conocimientos básicos para entender los puntos tratados, además que su uso no afecta ninguna otra entidad donde pueda existir conflicto de intereses.

5.14. Riesgos de la investigación

La presente investigación no cuenta con riesgos humanos o animales, ya que está enfocado en diseño, por lo que no existen riesgos ni físicos ni psicológicos, pero si existe un riesgo de privacidad si no se toman las medidas necesarias para proteger la información si no se tiene el permiso de hacerlo público.

6. CRONOGRAMA Y COSTOS DE ESTUDIO

Tabla 2.

Cronograma de actividades

ACTIVIDADES/MESES	2024							2025					
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1. Planificación de Investigación													
Finalización de protocolo de investigación	X	X											
Búsqueda de proyectos aptos		X	X	X									
Búsqueda de proyectos ya certificados		X	X	X									
2. Trabajo de campo													
Recolección de datos				X	X	X							
Comentarios para corrección de datos					X	X	X						
Revisión de correcciones solicitadas						X	X	X					
3. Procesamiento, tabulación e interpretación de la información.						x	x	x	x	x			
4. Divulgación de la información													
Elaboración de informe final										X	X	X	
Desarrollo de conferencia de difusión.												x	

Nota. La tabla muestra el cronograma de trabajo propuesto. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 3.*Costos del estudio*

Tipo de recurso	Materiales	Presupuesto
Recurso humano	Investigador	Q 20,625.00
	Encuestador / tabulador	Q 3,093.75
Recurso administrativo	Matrícula anual	Q 1,031.00
	Curso Seminario III	Q 900.00
	Gestiones de permisos	Q 500.00
Materiales	1 computadora personal	Q 7,500.00
	Cámara fotográfica	Q 950.00
	Impresora	Q 450.00
	Cartuchos de tinta	Q 900.00
	1 resma de hojas	Q 35.00
	Transporte	Q 600.00
	Alimentación	Q 600.00
	Servicios (Energía, Internet, teléfono, entre otros)	Q 1,995.00
	Espacio de trabajo	Q 750.00
	Imprevistos	Q 1,378.00
Financiamiento	Propio	
	Total	Q 41,307.75

Nota. La tabla muestra el presupuesto previsto para la investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

7. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El estudio de investigación tiene varios puntos a tomar en cuenta para determinar si este es factible y viable, y muchos de los temas son variables externas que están fuera de las manos del investigador, las cuales son:

7.1. Factibilidad técnica

Probablemente sea la que está más enfocada a lo que puede realizar el investigador, en el caso del manual de diseño, es factible, ya que se cuenta con suficiente conocimiento, y con la literatura adecuada para poder realizar el estudio.

7.2. Factibilidad económica

En el ámbito económico, los inversionistas son los que toman la decisión si su proyecto en específico es factible o no, pero si el proyecto desea acreditarse como LEED, entonces la factibilidad económica es positiva.

7.3. Factibilidad operativa

Operativamente el manual de diseño estará enfocado a que cualquier persona que tenga conocimientos previos sobre electricidad, pueda interpretarlo y llevarlo a cabo, además, los equipos que hacen viable el ganar los puntos LEED, son equipos que se encuentran comercialmente en Guatemala, por lo que la factibilidad operativa también es positiva.

7.4. Factibilidad legal y ética

Uno de los principales motivos por el cual un edificio se busca acreditarse LEED, es para tener un reconocimiento visible, pero es entendible que mientras esté en proceso de acreditación, no quiera que este dato se filtre, por lo que según sea el caso, será necesario para la tranquilidad del cliente, firmar un NDA para asegurar que su información será segura y confidencial, además de asegurar la ética profesional en todo momento.

7.5. Factibilidad social y cultural

Guatemala no es un país con cultura ambientalista, por lo que, dependiendo de la ubicación exacta del proyecto, puede que la sociedad no esté de acuerdo con el levantamiento de un nuevo edificio, por lo que siempre es necesario llevar a cabo todo el proceso de las licencias ante las diferentes entidades, para poder tener una factibilidad favorable. Además, el manual si se demuestra que es funcional, podrá ser utilizado en otras empresas para poder replicado.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

JUSTIFICACIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Aspectos generales

1.1.1. Antecedentes históricos del departamento de Guatemala

1.1.2. Aspectos geográficos

1.1.3. Aspectos generales de la empresa de diseño eléctrico ubicada en zona 12 de la ciudad de Guatemala

1.1.3.1. Reseña histórica

1.1.3.2. Valores

1.1.3.3. Estructura organizacional

1.1.3.4. Servicios

1.1.3.5. FODA

1.2. Antecedentes del estudio

1.2.1. A nivel nacional

1.2.2. A nivel internacional

1.2.3. Análisis a nivel nacional e internacional

- 1.3. Definición del problema
 - 1.3.1. Delimitación del problema
 - 1.3.2. Preguntas principales de investigación
 - 1.3.2.1. Preguntas complementarias
 - 1.3.3. Necesidades que cubre la investigación
- 2. MARCO TEÓRICO
 - 2.1. Impacto ambiental
 - 2.1.1. Gases de efecto invernadero
 - 2.1.2. Edificios energéticamente sustentables
 - 2.2. Eficiencia energética
 - 2.2.1. Eficiencia de motores
 - 2.2.2. Eficiencia de aire acondicionado
 - 2.2.3. Eficiencia lumínica
 - 2.2.4. Uso de energías renovables
 - 2.3. Impacto económico
 - 2.4. Certificación LEED
 - 2.5. Normativas
 - 2.6. Mantenimiento
 - 2.7. LEED en Guatemala
- 3. MARCO METODOLÓGICO
 - 3.1. Diseño de la investigación
 - 3.2. Enfoque de la investigación
 - 3.3. Tipo de investigación
 - 3.4. Variable
 - 3.4.1. Operacionalización de variables
 - 3.5. Universo, población
 - 3.5.1. Criterios de inclusión

- 3.5.2. Criterios de exclusión
 - 3.6. Muestreo
 - 3.7. Técnicas de investigación
 - 3.8. Técnicas de recolección de datos
 - 3.9. Instrumentos de recolección de datos
 - 3.10. Procesamiento y análisis de datos
 - 3.11. Límites de la investigación
 - 3.12. Obstáculos
 - 3.13. Aspectos éticos de la investigación
 - 3.14. Autonomía de la investigación
 - 3.15. Riesgos
4. RESULTADOS
- 4.1. Plan para establecer proyectos que deseen certificarse LEED
 - 4.2. Comprensión del uso LEED
 - 4.3. Definición de los alcances
 - 4.4. Investigación y análisis
 - 4.5. Revisión de datos
 - 4.6. Identificación de recursos
 - 4.7. Evaluación de riesgos
 - 4.8. Presentación al cliente
 - 4.9. Retroalimentación del cliente
 - 4.10. Ajustes por retroalimentación
 - 4.11. Conclusiones con la recolección de datos
5. GENERACIÓN DE MANUAL
- 5.1. Plan de acción
 - 5.2. Generación de plantillas
 - 5.3. Puesta en marcha

- 5.4. Optimización en el uso de energías
- 5.5. Medición energética
- 5.6. Respuesta de la demanda
- 5.7. Uso de energías renovables
- 5.8. Uso correcto de refrigerantes
- 5.9. Compensación de carbono y energía verde
- 5.10. Validación de equipos
- 5.11. Generación de diseño
- 5.12. Normativas
- 5.13. Aplicación

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

REFERENCIAS

- Alonso-Frank, A. y Michaux, M. (2020). Introducción de energías renovables en edificios. Estrategia prioritaria de la política pública energética argentina. *Revista AUS*, 83, 86-93.
https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/206826/CONICET_Digital_Nro.e7c0a64c-e038-4899-be06-ac990e4fe9f3_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Ayala, A. (2017). Ahorro energético en edificaciones con aire acondicionado. *Revista Biotecnia*, 19, 19-22.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7930582>
- Bernal, A. y Gallego, M. (2018). *Impacto en sostenibilidad y costos de la certificación LEED O+M Multifamily a través de un caso de estudio en un edificio residencial existente en la ciudad de Bogotá-Colombia* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana de Colombia]. Archivo digital.
<http://hdl.handle.net/10554/40874>
- Bolaños, R. (15 de octubre de 2019). *Con la certificación LEED de construcción La visión es hacer mejores edificios para las personas*. Prensa Libre.
<https://www.prensalibre.com/economia/con-la-certificacion-leed-de-construccion-la-vision-es-hacer-mejores-edificios-para-las-personas/>
- Briones, R. (2020). *Simulación energética de edificios para la mejora de la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental del sector de la*

edificación. [Tesis de doctorado, Universidad de Burgos de España]. Archivo digital. <http://hdl.handle.net/10259/5674>

Cardenas, A. (2021). *Edificio inteligente sostenible. Estudio de casos: El pabellón central de la Universidad Nacional de Ingeniería - Lima, 2019* [Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma de Perú]. Archivo digital. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4282>

Carrés, J. (2021). *Propuesta metodológica para la implantación del análisis de riesgo en las auditorías de eficiencia energética* [Tesis de doctorado, Universitat Politècnica de Catalunya de España]. Archivo digital. <http://hdl.handle.net/10803/671747>

Chávez, A. y Trebick, M. (2021). Diseño de edificios de oficinas sustentables para promover ocupantes sustentables. *Revista Hábitat Sustentable*, 11(2), 34-45. <https://doi.org/10.22320/07190700.2021.11.02.03>

Clay, K., Severini, E. y Sun, X. (2023). Does LEED Certification Save Energy? Evidence From Retrofitted Federal Building [¿La certificación LEED ahorra energía? Evidencia del edificio federal modernizado]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 121, 102-866. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2023.102866>

Crespo, B. (2021). *Nuevas metodologías aplicadas al estudio de la eficiencia energética y la sostenibilidad* [Tesis de doctorado, Universidad de Vigo de España]. Archivo digital. <http://hdl.handle.net/11093/3413>

Duarte, J., Guerrero, O. y Carvajal, C. (2019). Estimación de los parámetros de motores de inducción a partir de las medidas de pérdidas de potencia.

Revista UIS Ingenierías, 18(3), 175-182.
<https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/6416/9562>

González, C. (2012). *Análisis de costos de operación y mantenimiento en Edificios de oficinas con parámetros LEED implementados*. [Tesis de maestría, Universidad de los Andes de Chile]. Archivo digital. <http://hdl.handle.net/1992/11672>

Gual, M. (2005). *Políticas de promoción de la energía renovable. Un modelo de análisis Sistémico-Coevolutivo*. [Tesis de doctorado, Universidad Pablo de Olavide de España]. Archivo digital. <http://hdl.handle.net/10433/11839>

Hopkins, E. (2014). *LEED Certification of Campus Buildings: A Cost-Benefit Approach* [Tesis de doctorado, Seton Hall University de Estados Unidos]. Archivo digital. <https://scholarship.shu.edu/dissertations/2064>

Leite, M. (2017). *La inserción de la eficiencia energética en los edificios universitarios brasileños : las políticas y los procesos de toma de decisiones*. [Tesis de doctorado, Universitat Politècnica de Catalunya de España]. Archivo digital. <https://www.tdx.cat/handle/10803/461416?locale-attribute=es#page=1>

Linares, M. (2022). *La estrategia empresarial para la gestión de emisiones de gases efecto invernadero*. [Tesis de doctorado, Universitat de València de España]. Archivo digital. <https://roderic.uv.es/handle/10550/84977>

López, F., Cuadros, F., Segador, C., Ruiz, A., García, J., Mena, A., Soutullo, S., Giocola, E., Ferrer, J. y Heras, M. (2011). Edificio Peter: un ejemplo de

construcción bioclimática y de integración de energías renovables. *DYNA Ingeniería e Industria*, 86, 212-221. <http://hdl.handle.net/10272/13075>

López, J., Álvarez, J. y Bassam, A. (2017). Eficiencia Energética en Luminarias: Estudio de Caso. *Ingeniería*, 21(3), 1-12. <https://www.redalyc.org/journal/467/46754522001/html/>

Mayta, D., Melo, F. y Pizarro, P. (2016). *Desarrollo y gestión de un proyecto inmobiliario corporativo sustentable enfocado a la certificación LEED* [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas de Perú]. Archivo digital. <http://hdl.handle.net/10757/620805>

Moreno, M. y Rodríguez, O. (2020). *Propuesta del plan estratégico para la realización de consultorías en edificaciones certificadas bajo la metodología LEED* [Tesis de especialización, Universidad Católica de Colombia]. Archivo digital. <https://hdl.handle.net/10983/25653>

Orozco, C. y Fonseca, N. (2006). Aspectos normativos, legales y método de ensayo en las pruebas de equipos de acondicionamiento de aire de recinto. *Revista Scientia Et Technica*, XII(30), 179-183. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4832266>

Poveda, M. (2007). *Eficiencia energética: recurso no aprovechado*. OLADE. <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0054.pdf>

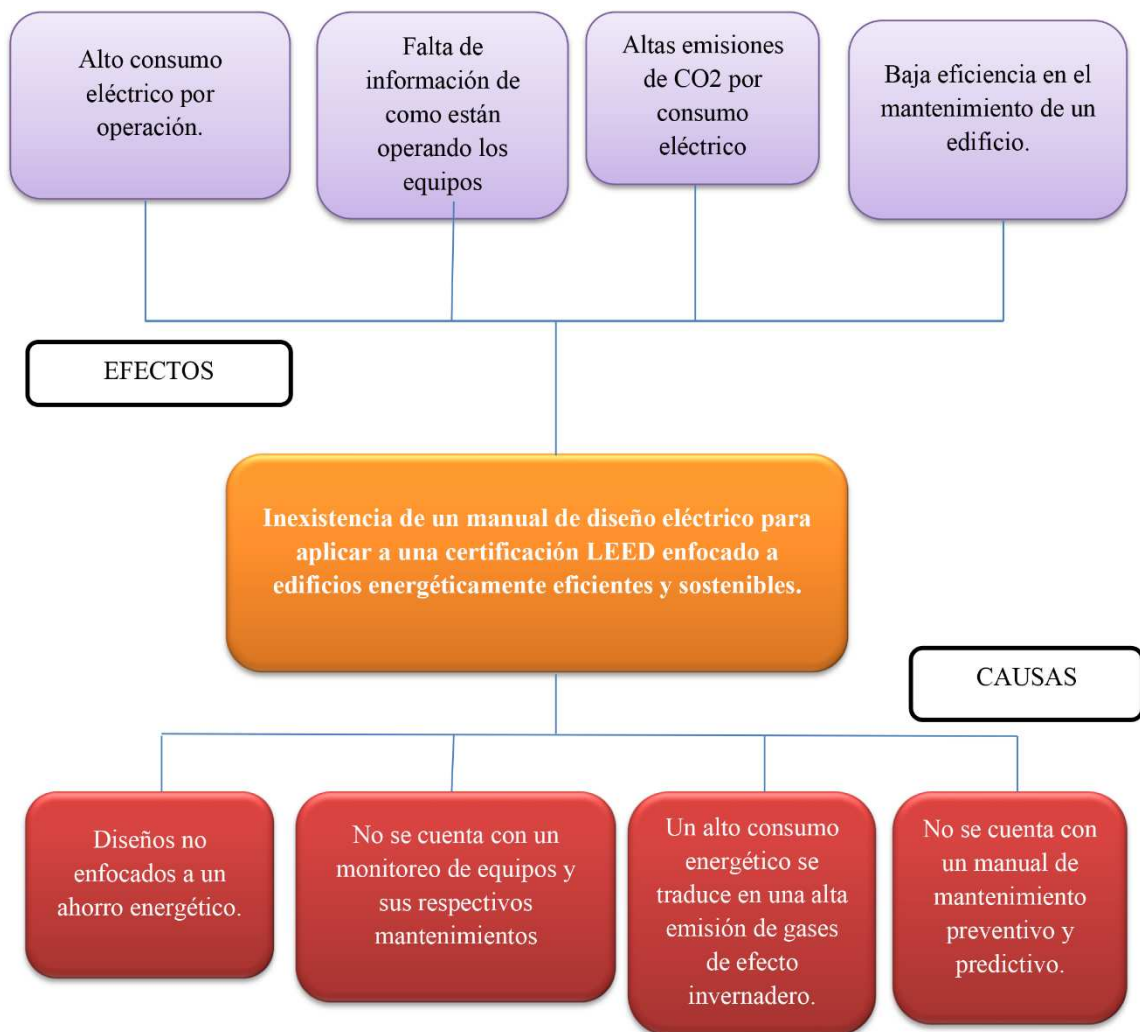
Quesada, D. (2015). *Estudios de la eficiencia energética en edificios municipales comparando herramientas de simulación con medidas experimentales* [Tesis de doctorado, Universidad de Valladolid de España]. Archivo digital. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/18072>

- Rodríguez, F. y Castaño, A. (2020). Aproximación a la situación actual de Certificaciones para Edificaciones Sustentables en México y San Luis Potosí. *Arquitectura y Urbanismo*, *XLI*(2), 58-72. <https://www.redalyc.org/journal/3768/376864178006/html/>
- Seyis, S., Guven, G. & Bayar, B. (2021). Bim-Based energy analysis and design tools for leed certification [Herramientas de análisis y diseño energético basadas en Bim para la certificación leed]. *Bursa Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, *26*(3), 987-1002. DOI: [10.17482/uumfd.915932](https://doi.org/10.17482/uumfd.915932)
- Zúñiga, I. (2015). *Viviendas sostenibles con requisitos de certificación LEED para viviendas en el municipio de Santa Lucia*. [Tesis de maestría, Universidad Tecnológica Centroamericana de Honduras]. Archivo digital. <https://repositorio.unitec.edu/xmlui/handle/123456789/8654?show=full>

APÉNDICES

Apéndice 1.

Árbol de problemas



Nota. Con base a la pregunta central fue cómo se realizaron las preguntas secundarias. Elaboración propia, realizado con Visio.

Apéndice 2.

Matriz de coherencia

MANUAL DE DISEÑO ELÉCTRICO DE PROYECTOS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES Y SOSTENIBLES, ENFOCADO A OBTENER UNA CERTIFICACIÓN LEED A NIVEL DE DISEÑO ELÉCTRICO CON BASE EN LA NORMA ASHRAE 90.1 Y NFPA 70 NEC EN UNA EMPRESA PRIVADA DE DISEÑO ELÉCTRICO, GUATEMALA, GUATEMALA.			
Problema	Objetivos	Preguntas de investigación	Metodología
Problema principal	General	Pregunta general	
Inexistencia de un manual de diseño eléctrico para aplicar a una certificación LEED enfocado a edificios energéticamente eficientes y sostenibles.	Establecer un manual de diseño eléctrico para aplicar a una certificación LEED enfocado a edificios energéticamente eficientes y sostenibles.	¿Cómo establecer un manual de diseño eléctrico para aplicar a una certificación LEED enfocado a edificios energéticamente eficientes y sostenibles en una empresa privada de diseño eléctrico?	No experimental, cualitativa
Problemas secundarios	Específico	Preguntas específicas	
Desconocimiento de los beneficios económicos que se obtienen con un correcto diseño eléctrico en un edificio certificado LEED	Describir los beneficios económicos que se obtienen con un correcto diseño eléctrico en un edificio certificado LEED	¿Qué beneficios económicos se obtienen con un correcto diseño eléctrico en un edificio certificado LEED?	No experimental, cualitativa
Falta de conocimiento para aplicar correctamente la norma ASHRAE 90.1	Describir que se necesita para aplicar correctamente la norma ASHRAE 90.1	¿Cómo se sabe si un edificio es energéticamente eficiente y sostenible?	No experimental, cualitativa
Necesidad de apoyar al medio ambiente optando por alcanzar una certificación LEED	Determinar la manera de apoyar al medio ambiente si se opta por alcanzar una certificación LEED	¿De qué manera se apoya al medio ambiente si se opta por alcanzar una certificación LEED?	No experimental, cuantitativa

Nota. Es una síntesis del proceso de la investigación. Elaboración propia, realizado con Visio.

Apéndice 3.

Rubrica

RUBRICA DE REVISIÓN		 ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO FACULTAD DE INGENIERÍA				
Nombre del proyecto		PONDERACION				
	%	2	4	6	8	10 nota
Conocimientos	25	No conoce que es la certificación LEED	Tiene pocos conocimientos , pero ha oído hablar del tema	Conoce acerca del tema, pero nunca han aplicado el tema	Conoce del tema, y lo ha tomado en cuenta solo algunos aspectos	Tiene conocimientos amplios, y ha tomado medidas en proyectos anteriores
Puesta en marcha mejorada	50	No se toma en cuenta	Se toma muy poco en cuenta	Se toma en cuenta	Se toma mucho en cuenta	Se toma totalmente en cuenta
Optimización en el uso de energías		No se toma en cuenta	Se toma muy poco en cuenta	Se toma en cuenta	Se toma mucho en cuenta	Se toma totalmente en cuenta
Medición energética		No se toma en cuenta	Se toma muy poco en cuenta	Se toma en cuenta	Se toma mucho en cuenta	Se toma totalmente en cuenta
Respuesta de la demanda		No se toma en cuenta	Se toma muy poco en cuenta	Se toma en cuenta	Se toma mucho en cuenta	Se toma totalmente en cuenta
Energías renovables		No se toma en cuenta	Se toma muy poco en cuenta	Se toma en cuenta	Se toma mucho en cuenta	Se toma totalmente en cuenta
Uso correcto de refrigerantes	50	No se toma en cuenta	Se toma muy poco en cuenta	Se toma en cuenta	Se toma mucho en cuenta	Se toma totalmente en cuenta
Compensación de carbono y energía verde		No se toma en cuenta	Se toma muy poco en cuenta	Se toma en cuenta	Se toma mucho en cuenta	Se toma totalmente en cuenta
Resultados	25	No se diseñó buscando una certificación LEED	Nivel certificado	Nivel certificado plata	Nivel certificado oro	Nivel certificado platino
Total	100					

Nota. Es un instrumento que busca conocer si un proyecto es apto para aplicar el manual. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 4.

Lista de cotejo 1



Lista de cotejo								
Equipos eléctricos								
Nombre del proyecto:								
	Fases	Voltaje	Potencia	Factor de potencia	% de eficiencia	Frecuencia	Variador de frecuencia (solo para motores)	Uso de materiales biodegradables
Bombas Hidraulicas								
Elevadores								
Pozo mecanico								
Aire acondicionado								
Inyección y extracción								
Transformador								
Planta de tratamiento								
Cargador de vehiculos								
Uso de energias renovables								
Control de iluminación								
Automatización								

Nota. Instrumento para listar los equipos eléctricos. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 4.

Lista de cotejo 2

Lista de cotejo				
Puntos LEED por rubro				
Nombre del proyecto				
Posibles puntos LEED	Si	Aplicado parcialmente	No	Cantidad de puntos máximos
Puesta en marcha mejorada				6
Optimización en el uso de energías				18
Medición energética				1
Respuesta de la demanda				2
Energías renovables				3
Uso correcto de refrigerantes				1
Compensación de carbono y energía verde				2
Total				

Nota. Instrumento para llevar el control de puntos LEED que se pueden obtener. Elaboración propia, realizado con Excel.