

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:
CARACTERIZACIÓN DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS
INTELIGENTES APLICANDO LA NORMATIVA LEED**

**AUTOR:
EDWIN SANTIAGO YANDÚN PAREDES**

**TUTOR:
LUIS FERNANDO TIPAN VERGARA**

Quito, julio del 2017

Edwin Santiago Yandún Paredes

**CARACTERIZACIÓN DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
EN EDIFICIOS INTELIGENTES APLICANDO LA NORMATIVA LEED**

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2017

Ingeniería Eléctrica

Breve reseña de autores e información de contacto:



Edwin Santiago Yandún Paredes (Y'1990-M'05) nació en Quito, el 31 de mayo de 1990. Se graduó en el Colegio Militar #10 Abdón Calderón, es egresado de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Su trabajo se basa en la Caracterización De Proyectos De Eficiencia Energética En Edificios Inteligentes Aplicando La Normativa LEED.

eyandunp@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Luis Fernando Tipan Vergara (Y'1982, J'21) nació en Quito, Ecuador, el 21 de junio de 1982. Se graduó de la Facultad de Ingeniería Eléctrica Como Ingeniero en Electrónica en Control en la Escuela Politécnica Nacional. sus estudios de postgrado los hizo en la Escuela Politécnica Nacional Facultad de Ingeniería Mecánica, obteniendo el grado de Magister en Eficiencia Energética. Actualmente imparte las cátedras de Electrónica Digital, Electrónica de Potencia Física Moderna en la Universidad Politécnica Salesiana. Sus intereses de investigación incluyen los métodos de GD con Energías alternativas, el IoT basándose en controladores de bajo consumo. Electrónica de Potencia, entre otros.

ltipan@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2017 Universidad Politécnica Salesiana

QUITO-ECUADOR

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A

Yo Luis Fernando Tipan Vergara declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación Caracterización De Proyectos De Eficiencia Energética En Edificios Inteligentes Aplicando La Normativa Leed realizado por Edwin Santiago Yandún Paredes, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, julio de 2017



Luis Fernando Tipan Vergara

Cédula de identidad: 1717329005

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Edwin Santiago Yandún Paredes con documento de identificación N°1718321811, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: “CARACTERIZACIÓN DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS INTELIGENTES APLICANDO LA NORMATIVA LEED”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Nombre: Edwin Santiago Yandún Paredes

Cédula: 1718321811

Fecha: Quito, julio de 2017

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción.....	2
2. Normativa LEED (Leadership in Energy & Environmental Design).....	4
2.1 Antecedentes.....	4
2.2 Certificación de la Normativa LEED (Leadership in Energy & Environmental Design).....	5
2.3 Aplicación de la normativa LEED.....	5
2.4 Funcionamiento de la normativa LEED.....	5
3. Sistema de calificación según el capítulo de energía y atmosfera de la normativa LEED.....	6
3.1 Prerrequisitos.....	6
3.2 Sistema de Calificación.....	8
4. Análisis comparativo entre la Normativa LEED y la Normativa Ecuatoriana para la construcción sostenible.....	12
4.1 Eficiencia en el consumo energético del Edificio.....	13
4.2 Energía final de consumo.....	13
4.3 Balance entre la energía consumida y la energía generada.....	13
4.4 Eficiencia de energía según la movilidad.....	14
4.5 Sistemas de iluminación.....	14
5. Conclusiones.....	19
6. Referencias.....	20
6.1 Matriz estado del arte.....	22

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Puntaje por EYA1 para obtener acreditación.[13]	8
Tabla 2: Puntos según porcentaje de Eficiencia de Energía[13].....	10
Tabla 3 VEEI máximo en zonas de no representación[16].....	15
Tabla 4 VEEI máximo para zonas de representación[16].....	15
Tabla 5 Zonas de iluminación según ASHRAE.....	16
Tabla 6 Ajuste de controles automáticos según ASHRAE	18
Tabla 7 Comparación de normas.....	18

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Consejo de construcción verde de Estados Unidos[13].....	4
Figura 2. Organigrama de un Sistema LEED[12].....	5
Figura 3. Tipos de certificados que otorga el USGBC[12].....	6
Figura 4 VEEI de zonas no representativas	16
Figura 5 VEEI en zonas representativas	16
Figura 6 Eficiencia de energía según ASHRAE	17
Figura 7 Comparativa de Eficiencia entre la Norma del D.M.Q y la Norma LEED	17
Figura 8: Resumen e indicadores del Estado del Arte	24

CARACTERIZACIÓN DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS INTELIGENTES APLICANDO LA NORMATIVA LEED

Resumen

En el presente artículo se da a conocer la normativa LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), la cual define los lineamientos, requisitos y un sistema de calificación por el cual la norma otorga certificados por construcción sostenible. El objetivo que se plantea en este trabajo es el difundir la normativa LEED en lo que a eficiencia energética se refiere ya que por medio de ello se podrá plantear proyectos energéticos que vayan acorde al cumplimiento de la normativa y que a su vez ayuden a la reducción del consumo energético además se realiza un análisis comparativo entre la normativa LEED y la normativa Ecuatoriana aplicado en el Distrito Metropolitano de Quito esto con el fin de contribuir al conocimiento general de las personas interesadas en participar y contribuir al desarrollo urbanístico sostenible de la ciudad y sus alrededores tratando de llevar comodidad, eficiencia y ahorro a las habitantes de la ciudad.

Palabras Clave: LEED, Eficiencia Energética, Generación Distribuida, Medición Inteligente, Sostenibilidad, Desarrollo Urbano.

Abstract

In this article we know the LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) which defines the guidelines, requirements and a rating system by which the standard grants certificates of sustainable construction for the planet. The objective of this work is to disseminate the LEED regulations in terms of energy efficiency, as it will be possible to propose energy projects that comply with the regulations and in turn help reduce Of the energy consumption in addition a comparative analysis is made between the LEED norms and the Ecuadorian normative applied in the Distrito Metropolitano de Quito this in order to contribute to the general knowledge of the people interested in participating and contributing to the urban development sustainable of the city And its surroundings trying to bring comfort, efficiency and saving to the inhabitants of the city.

Keywords: LEED, Energy Efficiency, Distributed Generation, Smart Grid, Sustainability, Urban Development

1. Introducción.

Debido a la creciente demanda de energía limpia que ayude al manejo y control del medio ambiente y del uso de nuevas tecnologías que mejoren el uso de dicha energía sea han creado leyes y reglamentos para mejorar el uso que cada persona le da a la energía; uno de los proyectos que se está impulsando en el planeta es la Edificación Sostenible dentro de las ciudades, este proyecto ayudara a que los usuarios del sistema energético de cada país mejore su calidad de vida y que a su vez desarrolle un sistema de ahorro energético para el beneficio económico en el transcurso del tiempo[1].

En el Ecuador en los últimos años se han implementado nuevos sistemas de generación de energía limpia que cubra lo que la demanda del país requiere, este aporte es esencial al cuidado ambiental ya que aprovechan la energía renovable que proviene de los ríos y el aire las cuales ayuda a cuidar el planeta[2]. El uso de esta tecnología amigable con el medio ambiente puede ser aplicada a la edificación sostenible logrando la reducción de costos para los usuarios y el país ya que se evita el uso de combustibles fósiles que requieren de una gran capacidad económica para ser aprovechados y que a sus vez son los causantes del daño ambiental[1].

Los edificios sostenibles aprovecharan los recursos naturales renovables como es la energía del sol, la energía eólica, así como la hidráulica para cubrir su propio consumo energético, esta generación se la conoce como generación distribuida la cual ayuda en gran medida a satisfacer necesidades de consumo en lugares que se encuentran alejados de la red eléctrica principal y que haría muy costosa su conexión a la misma[3].

La eficiencia en los edificios ayuda a mejorar la calidad de vida de las personas a un bajo costo energético y económico mediante el uso de tecnologías que los hacen sistemas inteligentes cumpliendo normas internacionales; este tipo de proyectos de construcción siendo eficientes en varios campos como por ejemplo en diseño, materiales de construcción, uso de agua y sobre todo en el que nos enfocaremos en este documento es en el uso de la energía y de los proyectos adicionales que se pueden aplicar a cada edificación en el ámbito energético[4].

Una edificación puede tener tecnología tanto Smart Home como Domótica pero se debe tener en cuenta que las dos tecnologías ayudan a mejorar el funcionamiento del edificio pero hay una diferencia muy marcada en el uso de cada una, por ejemplo si se quiere tener un edificio completamente automatizado en el cual todas las funciones de iluminación, aparatos eléctricos en general, acceso a puertas y seguridad estén controlados remotamente por el usuario haciendo que sea más fácil su manejo y control se lo conoce como domótica ya que no mide la cantidad de energía que se requiere para que todo este tipo de sistema funcione lo que hace que sea ineficiente y de elevado costo[5].

La domótica logra un mayor grado de libertad para el usuario con lo que se consigue un alto grado de comodidad al no realizar las actividades cotidianas como encender manualmente las luces, los aparatos electrónicos, apertura de persianas, etc. Todos estos sistemas al ser automáticos hacen que la comodidad de los usuarios se incremente y mejore su calidad de vida[6].

El Smart Home es otra tecnología que se está aplicando a edificaciones la cual es más eficiente y barata ya que no solo automatiza los sistemas del edificio sino que los controla de manera que la comodidad de los usuarios se incrementa sin afectar su economía[7]. El uso de estos sistemas de control permiten el control adecuado de los diferentes dispositivos a los cuales sirven con lo que se obtiene una reducción en el consumo de energía; algunos de los dispositivos se emplean en las diferentes áreas de un edificio, principalmente en la iluminación, calefacción, seguridad, entre otros; estos dispositivos se programan de acuerdo a las necesidades del usuario o del edificio en general; además pueden ser monitoreados con lo que se obtiene estadísticas de uso y de consumo, determinando así la cantidad de energía que pueden llegar a consumir esto gracias a que cuentan con sistemas de medición inteligente la cual permite conocer el ahorro energético y económico que se obtiene de ellos, por ejemplo se puede programar los sistemas para que los aparatos electrónicos funcionen a determinadas horas dependiendo de las necesidades de los usuarios, otro ejemplo se plantea en el uso de sensores de presencia los cuales pueden encender o apagar la iluminación de las diferentes áreas donde se detecte que se encuentran las personas, otro ejemplo importante es el control de la calefacción ya que mediante sensores de temperatura en las diferentes áreas se puede activar o no el sistema con lo cual ahorra energía y dinero para el mantenimiento del edificio o vivienda en el cual el sistema está implementado[8].

Existen normas y certificados nacionales e internacionales que avalan y premian a las edificaciones sostenibles, pero para que estas construcciones puedan aplicar a dichos certificaciones requiere cumplir parámetros de calificación que asegura que

este tipo de proyectos constructivos cumplan con el objetivo de contribuir al desarrollo del planeta y de sus habitantes sin afectar el medio ambiente, este tipo de documentos reconocen de manera pública el trabajo que realizan las personas logrando una eficiencia energética sin afectar su calidad de vida; los aspectos o parámetros que califican estas normas son por ejemplo Salud y Bienestar, transporte, Energía, Materiales de construcción, Consumo de Agua, uso del suelo y niveles de Contaminación, estos parámetros obtienen diferentes porcentajes de puntuación de acuerdo a los niveles de incidencia de cada proyecto[9].

La normativa internacional LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), es una de las normativas más conocidas para la implementación de proyectos de edificios sostenibles; esta norma es utilizada en países como Estados Unidos y España, en los cuales ya existen proyectos constructivos ya desarrollados y otros que están por desarrollarse[10].

La certificación LEED es reconocida internacionalmente ya que refleja de los organismos privados y de algunas autoridades de diferentes países el interés por mejorar la calidad de vida de las personas sin dejar de lado el impacto ambiental que conlleva la implementación de varios proyectos urbanísticos en las ciudades en los cuales se pretenda establecer asentamientos humanos con los servicios básicos, complementarios y necesarios para poder vivir en armonía con la naturaleza.

En el Ecuador se toma la normativa LEED como referencia pionera para establecer y mejorar el urbanismo de las ciudades esto quiere decir que en ciudades urbanas como Quito donde el crecimiento poblacional en la zona urbana es mayor que en la zona

rural se debe mejorar y tener un ordenamiento territorial acorde a las necesidades que tiene la ciudad, por ello se plantea un desarrollo urbano en vertical esto quiere decir que la ciudad debe crecer en altura con la construcción de edificios de tipo mixtos los cuales cuenten en sus planta baja con locales comerciales y en pisos superiores con oficinas o departamentos logrando que el ordenamiento y acceso de las personas a los servicios públicos sean equitativos [11].

Este trabajo tiene como objetivo principal dar a conocer la Normativa LEED, su aplicación en la ciudad de Quito y mediante una comparativa con las normativas locales conocer su nivel de importancia y de aceptación por parte de los organismos de control para desarrollar proyectos de edificios inteligentes esto se detallara en cinco partes, la segunda sección explica lo que es y para qué sirve la Normativa LEED, la tercera parte detalla el contenido de la norma y los requisitos a cumplir para la obtención del respectivo puntaje en el ámbito energético, en la cuarta parte haremos un análisis comparativo entre la normativa local correspondiente a la Secretaria de Territorio Hábitat y Vivienda del Municipio Metropolitano de Quito y la normativa LEED para luego en la quinta parte dar las conclusiones, alcances y futuros trabajos que se pueden desarrollar en el área energética para obtener puntos que aporten a la certificación LEED.

2. Normativa LEED (Leadership in Energy & Environmental Design)

El presente capitulo hace referencia a la Norma LEED, Versión 4, Edición 2016, Capitulo Energy and Atmosphere (EA) [12].

2.1 Antecedentes

Debido al crecimiento urbano de las ciudades y al consumo de recursos energéticos que eso supone nace un grupo de profesionales enfocados en mejorar la calidad de vida; esto se logra mediante el uso adecuado de diferentes posibilidades arquitectónicas y tecnológicas las cuales podrán hacer que el crecimiento urbanístico de las ciudades sea de manera amigable al medio ambiente y sobre todo que su consumo energético sea de manera eficiente con la finalidad de aprovechar nuestros recursos energéticos renovables de la mejor manera.



Figura 1. Consejo de construcción verde de Estados Unidos[13]

Con estos antecedentes:

“...Se crea en el año 1993 la USGBC (United State. Green Building Council), la cual se conforma por profesionales de diferentes áreas como arquitectos, agentes inmobiliarios, representantes de las industrias, expertos ambientales entre otros...”[13].

Los objetivos que fueron planteados por esta organización sirven como base para crear reglamentos que certifiquen la construcción de edificios eficientes, las cuales serán capaces de convivir con la naturaleza y que sirvan de aporte al cuidado ambiental mediante el uso de energías sustentables y renovables, con las cuales se puede obtener un desarrollo urbano sostenible.

2.2 Certificación de la Normativa LEED (Leadership in Energy & Environmental Design)

La normativa LEED se encarga de certificar edificios nuevos o edificios antiguos a los cuales se les quiera realizar un mantenimiento para mejorarlos con nuevas tecnologías de ahorro en diferentes campos energéticos y ambientales, esta normativa tiene un sistema de clasificación el cual se divide cinco categorías según lo establece la versión 4 de la norma LEED. Las categorías en las que se puede aplicar para la certificación con la norma LEED son los siguientes:

- "...BD+C: Diseño y construcción de edificios
- ID+C: Diseño y construcción de interiores.
- BO&M: Operación y mantenimiento de edificios
- ND: Desarrollos urbanos
- HOMES: Diseño y construcción de viviendas...". [12].

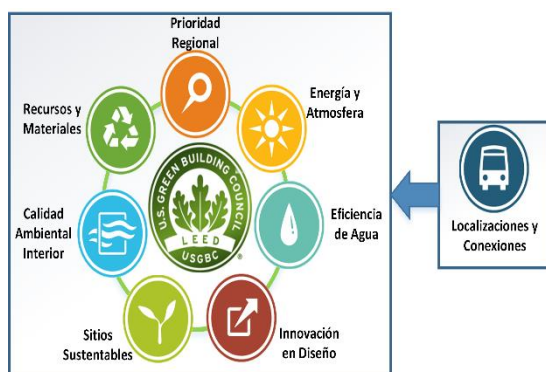


Figura 2. Organigrama de un Sistema LEED[12]

La USGBC a detallado para cada categoría el procedimiento para certificar el proyecto; para cada una de las categorías se manejará un puntaje el cual determinará el tipo de certificado que se puede obtener:

- Un certificado (LEED Certificate)
- Certificado de plata (LEED Silver)
- Certificado de oro (LEED Gold)

- Certificado de platino (LEED Platinum)

2.3 Aplicación de la normativa LEED

La normativa LEED (Leadership In Energy & Environmental Design), se aplica para crear un sistema urbanístico sostenible el cual sea capaz de armonizar y utilizar recursos renovables para beneficio de la naturaleza sin perder las comodidades hábitat que tienen las personas.

Esta normativa puede ser aplicada a todo tipo de construcción ya esta sea nueva o ya construida y que pretenda realizar una remodelación de gran magnitud, estas remodelaciones pueden ser aplicadas en sus estructuras y fachadas, en interiores de centros comerciales, escuelas, centro de salud y sobre todo en el desarrollo de conjuntos habitacionales.

2.4 Funcionamiento de la normativa LEED

La normativa LEED (Leadership In Energy & Environmental Design), se base en un sistema de valoración de 100 puntos de los cuales los proyectos a ser evaluados los obtienen al cumplir ciertos requisitos específicos de construcción sostenible en diferentes áreas como son:

- "...Parcelas o sitios sostenibles
- Eficiencia en el uso del Agua
- Energía y Atmósfera
- Materiales y Recursos
- Calidad Ambiental Interior
- Innovación en diseño...".[13].

Los puntos de valoración que se da en cada subcategoría pueden ir de 1 punto hasta 17 puntos, con la posibilidad de obtener 6 puntos adicionales por innovación en el diseño de del proyecto y 4 puntos de prioridad regional, dependiendo del total

de puntos obtenidos se otorgara un certificado y estos son:

- "...Certified (Certificado) 40 - 49 puntos
- Silver (Plata) 50 - 59 puntos
- Gold (Oro) 60 - 79 puntos
- Platinum (Platino) 80 puntos o más...".[13].

En la Figura 3 se presenta una representación gráfica de los certificados LEED; los proyectos que han alcanzado el puntaje correspondiente podrán hacer uso del mismo para evidenciar que el edificio aplico la norma.



Figura 3. Tipos de certificados que otorga el USGBC[12]

3. Sistema de calificación según el capítulo de energía y atmosfera de la normativa LEED

Los edificios eficientes para obtener el puntaje correspondiente para el campo de energía y atmosfera deben cumplir con lo siguiente[12]:

3.1 Prerrequisitos

Los proyectos de eficiencia energética pueden ser aplicados según la normativa LEED en el campo de ENERGIA Y ATMOSFERA; esto quiere decir que

pueden ser definidos para ser utilizados en la generación de energía con la finalidad de suplir las necesidades energéticas de los edificios logrando una reducción de las emisiones de CO₂.

Para obtener los puntos que detalla la LEED se debe seguir el siguiente procedimiento.

3.1.1 Prerrequisito Energía y Atmosfera (EYA1): Recepción fundamental de los sistemas de Energía del edificio.

El objetivo en este prerrequisito es el de verificar que dentro del edificio o construcción se encuentren instalados los diferentes sistemas energéticos y que estos se encuentren dentro de los parámetros de calibración de acuerdo a lo que especifica el fabricante además se debe verificar que se encuentren funcionales para ello se debe contratar a un agente especializado el cual verificara la información presentada y verificara los diferentes sistemas y mediante un informe detallado hará constancia de lo expuesto anteriormente.

3.1.2 Prerrequisito Energía y Atmosfera (EYA2): Mínima Eficiencia Energética Requerido.

Para cumplir con el prerrequisito se debe plantear la eficiencia mínima con la cual el edificio reducirá los impactos ambientales y económicos asociados al consumo de energía; esto se lo podrá realizar mediante varias opciones que se detalla a continuación:

- Opción 1: Aquí expresa que para poder aplicar a esta opción se debe de cumplir con un índice del 10% de eficiencia si se aplica a una edificación nueva y de un 5% de eficiencia si se aplica a un proyecto en el cual haya

sido planteado en un edificio antiguo mediante una remodelación.

Los índices de eficiencia serán determinados según los establece en la norma ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1 – 2007; en la cual establece que para que el análisis de eficiencia energética se lo pueda realizar este estudio deberá incluir todos los costos que sean asociados al proyecto con lo cual se asegura que los créditos o puntos para la obtención de la acreditación sean debidamente validados. Otro punto a tomar en cuenta según la norma mencionada en el párrafo anterior nos dice que los costes que van asociados al proyecto por defecto deberán tener el 25% del total de coste de energía de un edificio referencia el cual cumpla la norma ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1 – 2007, dentro de estos costes de consumo energético están por ejemplos los cotos de iluminación, equipos informáticos, sistemas de calefacción, aire acondicionado y otros equipos de uso general dentro y fuera de la edificación.

- Opción 2: Vía de cumplimiento obligatorio: Guía avanzada para el diseño Energético de ASHRAE en la cual se señala que se debe cumplir las medidas obligatorias que establece la guía avanzada para el diseño energético de ASHRAE al momento de presentar el diseño y la zona climática en la que se va a plasmar el edificio, las medidas que se tienen que cumplir son:

VIA 1: ASHRAE Para edificios pequeños de oficinas.

- Los edificios deben de tener una capacidad de ocupación menor a 1800m² y además estos deben ser usados para oficinas.

VIA 2: ASHRAE Para edificios comerciales pequeños.

- Los edificios deben de tener una capacidad de ocupación menor a 1800m² y deben ser ocupados por comercio al por menor.

VIA 3: ASHRAE Para almacenes y edificios de mini-almacenes

- Los edificios deben de tener una capacidad de ocupación menor a 4600m² y deben ser usados por almacenes o mini-almacenes.

- Opción 3: Guía de avanzada para la eficiencia de envoltorios.

Envoltorio según lo define la normativa LEED son las paredes o cubiertas protectoras con las cuales se pretende construir el edificio[13] el cual debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Área de ocupación menor a 9300m²
- Cumplir con la sección 1 Estrategias para el proceso de diseño y con la sección 2: requisitos de eficiencia del núcleo.
- Para oficinas, colegios, edificios para reuniones públicas y edificios de comercio al por menor su área de ocupación debe ser menor 9300m² y deben de cumplir con la sección 1 y 2 de la guía de eficiencia de núcleo.
- Para otro tipo de edificios menores a 9300m² se debe seguir los requisitos que dice en la Guía de eficiencia del núcleo.
- Los edificios hospitalarios, de almacenes y laboratorios no se pueden elegir para esta vía.

3.2 Sistema de Calificación

El presente capítulo hace referencia a la Norma LEED, Versión 4, Edición 2016, Capítulo Energy and Atmosphere(EA) [12].

Los prerequisites mencionados en la sección 3.1 permiten tener claro los lineamientos mínimos necesarios para calificar el proyecto, estos parámetros otorgan cierto puntaje, el cual servirá de gran aporte para lograr la obtención del certificado LEED, algunas de las características que debemos implementar en nuestros proyectos junto con los puntajes que corresponde a cada una de ellas en el área de Energía y Atmosfera las planteamos a continuación:

3.2.1 Crédito EYA1: Optimización de la Eficiencia Energética

Puntaje que se otorga: 1 a 19 puntos

Los puntos se obtienen por el mejoramiento e incremento de los niveles de eficiencia que tenemos presente en nuestro edificio en el caso de que este vaya a ser remodelado y en el caso de ser un edificio nuevo, se valorará de acuerdo al estudio de eficiencia energética que se menciona en el prerequisite EYA1, los puntos que serán otorgados de acuerdo a los siguientes parámetros:

3.2.1.1 Opción 1: Simulación Energética Completa del Edificio

En este apartado se debe realizar un análisis mediante el uso de software el cual nos permita obtener los índices encargados de definir el porcentaje de eficiencia de un edificio.

El análisis deberá realizarse mediante una medición referencial a un edificio el cual

haya implementado previamente un sistema de eficiencia, esto nos dará una idea concreta del resultado final al cual queremos llegar a tener en nuestro proyecto de edificación sostenibles.

Tabla 1 Puntaje por EYA1 para obtener acreditación.[13]

Edificios Nuevos	Renovaciones en Edificios Existentes	Puntos
12%	8%	1
14%	10%	2
16%	12%	3
18%	14%	4
20%	16%	5
22%	18%	6
24%	20%	7
26%	22%	8
28%	24%	9
30%	26%	10
32%	28%	11
34%	30%	12
36%	32%	13
38%	34%	14
40%	36%	15
42%	38%	16
44%	40%	17
46%	42%	18
48%	44%	19

Los índices de eficiencia presentados en la tabla anterior señalan el puntaje que corresponde a cada índice respectivamente con lo cual estos valores que se otorgan van de acuerdo a las exigencias específicas señaladas en la norma LEED; puntos son parte de la puntuación total que debe cumplir las exigencias obligatorias de la NORMA 90.1-2007, en la cual se determina los requisitos adicionales a cumplir para que nuestro proyecto sea certificado, estos requisitos se basan en la infraestructura general en la que se

incluyen la zona de ubicación, el tipo de iluminación, la energía utilizada para alimentar el edificio, el uso de aire acondicionado; es decir todos los servicios básicos para el correcto funcionamiento de nuestro proyecto.

3.2.1.2 Opción 2: Vía de cumplimiento obligatorio: Guía avanzada para el diseño energético de ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)

Puntaje que se otorga: 1 Punto

Esta opción determina que el proyecto de diseño debe cumplir con los requerimientos que exige la guía avanzada para el diseño energético para la zona climática en la cual se va a localizar el edificio. Para esto se tiene las diferentes vías para obtener este puntaje y son:

VIA 1. Guía avanzada para el diseño energético de ASHRAE para pequeños edificios de oficinas año 2004. Los edificios deben cumplir los siguientes requisitos:

- Menos de 1.800 m²
- Ocupados por oficinas

VIA 2. Guía avanzada para el diseño energético de ASHRAE para pequeños edificios comerciales año 2006. El edificio debe cumplir los siguientes requisitos:

- Menos de 1.800m²
- Ocupados por Comercios al por menor

VIA 3. Guía avanzada para el diseño energético de ASHRAE para pequeños almacenes y edificios de Mini-almacenes año 2008.

El edificio debe cumplir los siguientes requisitos:

- Menos de 4.500 m²
- Ocupados por almacenes o mini-almacenes

3.2.1.3 Opción 3: Vía de cumplimiento obligatorio: Guía avanzada para la eficiencia del Núcleo de edificios.

Puntaje que se otorga: 1-3 Puntos

Cumplir las medidas obligatorias identificadas en la guía avanzada para la eficiencia del núcleo de edificios desarrollada por el Instituto de Edificios Nuevos. El edificio debe cumplir los siguientes requisitos:

- Menos de 9.000 m²
- Cumplir la sección 1: estrategias para el proceso de diseño, y la sección 2: requisitos para la eficiencia del Núcleo.
- Los proyectos hospitalarios, almacenes o laboratorios no se pueden elegir para esta vía.

En esta opción la Norma LEED determina lo siguiente:

- Hay 1 punto disponible para todos los edificios (oficinas, colegios, edificios para reuniones públicas y pequeños comercios) menores de 9.000 m² que cumplan las secciones 1 y 2 de la guía para la eficiencia del núcleo.
- Hay hasta 2 puntos disponibles adicionales para proyectos que implanten las estrategias de eficiencia de la lista de la sección 3, mejora de la eficiencia. Hay 1 punto disponible para cada 3 estrategias implantadas desde esta sección.

- Las siguientes estrategias se dirigen a otros aspectos de LEED y no pueden elegir para obtener puntos adicionales según refiere el Crédito EYA 1:

- Tejados fríos
- Ventilación nocturna
- Recepción mejorada

3.2.2 Crédito EYA2: Energía renovable in-situ

Puntaje que se otorga: 1 a 7 puntos

Se califica el sistema de energía utilizado para obtener incrementar el auto suministro eléctrico reduciendo el impacto ambiental y económico que se asocia al consumo de combustibles fósiles.

El sistema de puntaje mide en porcentaje la eficiencia que tiene el edificio, esto se hace mediante el cálculo anual de energía que producen los sistemas de renovables que tiene o tendrá el edificio, estos datos se obtienen previamente en el crédito EYA1.

Tabla 2: Puntos según porcentaje de Eficiencia de Energía[13]

% Energía Renovable	Puntos
1%	1
3%	2
5%	3
7%	4
9%	5
11%	6
13%	7

La tecnología aplicada para obtener eficiencia de energía puede ser implementada a través del uso de sistemas solares, eólicos, hidroeléctrica de bajo impacto, biomasa y biogás.

El uso de estos sistemas puede simplificar el conteo del consumo energético con lo cual mejora la obtención de información que se requiere al momento de certificar el edificio.

3.2.3 Crédito EYA5: Medición y Verificación

Puntaje que se otorga: 3 puntos

Se debe mencionar el sistema encargado de contabilizar el consumo de energía del edificio en el tiempo, para esto se tiene las siguientes opciones:

3.2.3.1 Opción 1:

Desarrollar e implantar un Plan de Medición y Verificación (M&V) consiste con la Opción D, que se detallada a continuación:

Simulación Calibrada (Método 2 de Estimación del Ahorro) como se especifica en el Protocolo Internacional de Medición y Verificación de la Eficiencia (IPMVP) Volumen III: Conceptos y Opciones para Determinar los Ahorros de Energía en Nueva Construcción, abril, 2003.

El periodo M&V debe cubrir al menos 1 año de la ocupación post-construcción. Disponer de un proceso para acciones correctas si los resultados del plan M&V indican que no se están consiguiendo los ahorros energéticos.

3.2.3.2 Opción 2:

Desarrollar e implantar un plan de Medición y Verificación (M&V) consiste con la opción B, que se detallada a continuación.

Aislamiento de Medidas de Conservación de Energía, como se especifica en el

Protocolo Internacional de Medición y Verificación de la Eficiencia (IPMVP) Volumen III: Conceptos y Opciones para Determinar los Ahorros de Energía en Nueva Construcción, abril, 2003.

El periodo M&V debe cubrir al menos 1 año de la ocupación post-construcción.

Disponer de un proceso para acciones correctas si los resultados del plan M&V indican que no se están consiguiendo los ahorros energéticos.

Para llevar a cabo este sistema se debe tener instalado un medidor de energía el cual compare el consumo de diseño con el real, esto se debe realizar con la finalidad de verificar los resultados con la norma LEED, y así determinar cumple con los requisitos necesarios para continuar u obtener la certificación a la cual se aplicó en primea instancia.

Además, se debe te mantener un sistema de control continuo con la finalidad de que los equipos asociados al sistema de eficiencia energética funcionen correctamente.

3.2.4 Crédito EYA6: Energía Verde

Puntaje que se otorga: 2 puntos

Se debe desarrollar sistemas de eficiencia energética mediante el uso de energía renovable la cual que trabaje conjuntamente con la red eléctrica con la finalidad de reducir la contaminación en la red.

Uno de los principales proyectos a implementarse en un edificio es la generación distribuida el cual puede ser aplicado con diferentes tecnologías capaces de generar energía para cubrir toda la demanda eléctrica del edificio; las principales tecnologías que están siendo aplicadas son el uso de paneles

fotovoltaicos los cuales pueden ser instalados en diferentes lugares de un edificio en donde el nivel de intensidad solar sea mayormente aprovechado con lo cual se obtiene una mayor capacidad energética capaz de cubrir las necesidades del edificio[14].

Este tipo de tecnologías aplicadas a la generación distribuida, así como el uso de tecnología LED para iluminación eficiente deben de cumplir ciertos requisitos con lo cual nos asegure un ahorro económico y energético que pueda cubrir las necesidades de nuestro edificio y pueda ser certificado según los parámetros establecidos en la normativa LEED los cuales deben ser capaces de:

“...Proporcionar al menos el 35% de la electricidad del edificio a partir de fuentes renovables firmando un contrato de suministro de energía renovable de al menos dos años...”. [12].

Si se pretende vender la energía se debe tener en cuenta lo siguiente:

- *“...La energía suministrada debe proceder en un porcentaje mayor o igual al 25% de una o más fuentes renovables.*
- *Si un porcentaje de la electricidad es no renovable, las emisiones a la atmosfera deberán ser menor o iguales a las que se producen con fuentes convencionales.*
- *No se debe realizar compras específicas de energía nuclear.*
- *La energía que se obtenga mediante Hidroeléctricas de bajo impacto, solar, eólica, geotérmica y de biomasa será catalogada como “nueva renovable”.*
- *Se requiere que los suministradores adopten el código de conducta de la Energía Verde, que gobierna su partición en estos programas. Específicamente los suministradores deben:*
- *Hacer totalmente público el porcentaje y tipo de fuentes de energía renovable en su producto eléctrico.*

- *Presentar el precio de dicho producto y los términos del contrato en un formato estandarizado, para su fácil comparación.*
- *Hacer públicos sus materiales de marketing dos veces al año a las asociaciones de consumidores para que puedan asegurar que no están haciendo aseveraciones falsas o engañosas.*
- *Llevar a cabo un proceso anual de auditoría independiente para verificar las aseveraciones en el contenido del producto y asegurar que ha sido comprada/producida suficiente energía renovable para cumplir las peticiones de los clientes...”.[12].*

Todas las compras de energía verde se deben basar en la cantidad de energía consumida, no en el coste.

3.2.4.1 Opción 1. Determinar el consumo de electricidad de Línea Base

Usar el consumo anual de electricidad procedente de los resultados del Crédito EYA1: Optimización de la eficiencia energética.

3.2.4.2 Opción 2. Estimar el consumo de electricidad de Línea Base

Usar los datos de la encuesta de consumo de energía en los edificios comerciales del departamento de energía de USA para determinar el consumo estimado de electricidad.

La energía verde se suministra a partir de fuentes de energía solar, eólica, geotérmica, biomasa o hidroeléctrica de bajo impacto. Se pueden elegir otras fuentes de energía verde si satisfacen los requisitos técnicos del programa. Se pueden usar Certificados de energía renovable (CER), Certificados de transacción de compensaciones de

carbono (TCC), etiquetas verdes y otras formas de energía verde que cumplan los requisitos técnicos para documentar el cumplimiento de los requisitos de este crédito.

4. Análisis comparativo entre la Normativa LEED y la Normativa Ecuatoriana para la construcción sostenible.

Los principales estándares de referencia para la construcción sostenible son determinados por los organismos nacionales o internacionales, para el caso al cual haremos referencia es de la Resolución. 13-2016 / 28 junio 2016, Anexo 5 de la Secretaria de Territorio del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, la cual servirá de apoyo para determinar similitudes con la normativa LEED en la aplicación y mejoramiento de la eficiencia energética en edificios sostenibles.

La eficiencia energética aplicada en la construcción sostenible para el desarrollo sustentable de una ciudad hace que los desarrolladores de estos tipos de proyectos se les otorgue distinciones, certificados y/o reconocimientos según determine la normativa ya este sea LEED o del Municipio de Quito; el análisis de cada una de las normas para la obtención de certificados y las similitudes que pudieran encontrarse entre estas normas en el área de eficiencia energética serán planteadas en este capítulo.

Los proyectos de eficiencia energética de mayor aplicación con el cual se están construyendo las edificios sostenibles es la eficiencia lumínica la cual para poder ser aplicada y así obtener un reconocimiento por parte de la municipalidad de Quito o el certificado LEED en el caso de aplicar a este; el edificio y el proyecto deberán

cumplir requisitos mínimos los cuales determinaran un puntaje el cual deberá llegar a un porcentaje determinado con lo que se obtiene o no el reconocimiento o certificación LEED.

De acuerdo a la norma local de la Municipalidad de Quito a través de su Secretaria de Territorio define según la Resolución. 13-2016 / 28 junio 2016, Anexo 5: Instructivo de Aplicación de la Matriz de Eco-eficiencia en la cual indica los requisitos para obtener los puntos necesarios en el área de eficiencia energética, estos se mencionan a continuación[15].

4.1 Eficiencia en el consumo energético del Edificio.

Según se establece en el Anexo 5: Matriz de Ecoeficiencia se deberá:

“...comparar el consumo de energía del edificio con la edificabilidad permitida en el Plan de Uso y Ocupación de Suelo(PUOS) con la edificabilidad adicional propuesta, [...], y se tomará en cuenta un plan anual de demanda y consumo de energía...” [15].

4.2 Energía final de consumo

Aquí se deberá comparar en los escenarios en que:

“...el consumo de energía en base al número de pisos asignados en el PUOS y el número de pisos propuestos, [...], os escenarios iniciales y finales deberán cumplir con los parámetros y disposiciones en las normas nacionales en materia de energía eléctrica...” [15]

Además, se debe tener en cuenta que:

“...el porcentaje de uso de energía en viviendas, comercios o servicios deberán tener una diferencia máxima del 5%, [...], se deberá demostrar que la provisión del servicio de energía es igualitaria, evitando que el escenario inicial esté sobredimensionado...”[15]

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado el consumo energético en la red se obtendrá mediante la siguiente ecuación:

$$B_{cer} = \frac{B_{ef}}{B_{er}} \times 100 \text{ (Kwh)} \quad (1)$$

Donde:

B_{cer}: Balance de energía total.

B_{ef}: Balance de energía final.

B_{ei}: Balance de energía inicial

Al obtener el consumo de energía total los puntos se otorgarán de la siguiente manera:

*“...Hasta 150% = 1 punto,
151-160% = 0,5 puntos,
161-170%= 0,25 puntos...”[15].*

4.3 Balance entre la energía consumida y la energía generada

Para determinar el balance de energía se debe:

“...comparar el consumo de energía con la energía renovable generada en sitio para calentar agua de consumo...” [15].

A través de la siguiente ecuación obtendremos la relación de balance energético:

$$B_e = \frac{E_{cons}}{E_{gen}} \times 100 \text{ (Kwh)} \quad (2)$$

Donde:

E_{cons}: Energía consumida

E_{gen}: Energía generada

El puntaje que otorga este parámetro es el siguiente:

*“...para el 8% o más = 1 punto,
4-7% = 0,5 puntos,
-3% = 0,25 puntos...”[15].*

4.4 Eficiencia de energía según la movilidad

Para determinar la eficiencia de energía producida en debe:

“...evaluar la propuesta arquitectónica desde el punto de vista programático. El proyecto deberá proponer dentro de su programa arquitectónico usos mixtos en función de las asignaciones de usos permitidos y compatibilidad establecidos en el PUOS...” [15]

Esta evaluación deberá ser aplicada a los establecimientos que se detallan a continuación:

4.4.1 Espacios para el comercio, servicio y/o equipamiento social

“...Se deberá implementar una planta baja para uso de comercios, servicios o equipamientos...”[15].

El puntaje será otorgado si se cumple que:

“...los comercios o servicios tenga una área útil en planta baja mayor o igual al 30% con lo que se dará 1 punto...” [15]

4.1.2 Diversidad de Usos

Aquí se propone que:

“...se combine dentro del área útil, como parte de su programa arquitectónico, usos comerciales, residenciales, de servicios, etc...”.[15].

“...La asignación de puntos se hará comparando el porcentaje de área útil total con el porcentaje de área útil asignada al uso menos predominante o con menor área asignada...”.[15].

Si se cumple con lo mencionado anteriormente los puntos se asignarán de la siguiente manera:

*“... para el 30-40% = 1 punto,
20-29% = 0,5 punto,*

10-19% = 0,25 punto...”.[15].

Como se puede notar el Anexo 5: Matriz de Ecoeficiencia, es un apoyo a la persona encargada de realizar el proyecto ya que define de una manera clara los lineamientos a seguir para que el edificio mediante el uso de cálculos simples cumpla con los requerimientos mínimos necesarios para obtener el puntaje que otorga un certificado.

Son varios los proyectos que se pueden implementar en los edificios para que estos sean eficientes con el uso de la energía, muchos de los cuales ya están siendo implementados mediante el uso de paneles solares, calentadores solares de agua, entre otros; los cuales al ser instalados proveen a la construcción de un sistema de generación eléctrica propia con la que se suple los consumos básicos de energía del edificio, este sistema puede aportar a la red eléctrica de ser necesario.

Existen también proyectos de eficiencia aplicado a los sistemas de iluminación y basándonos en la norma NTE INEN 2 506:2009: Eficiencia Energética en Edificaciones [16], la cual sirve de apoyo a la normativa de la Secretaría de Territorio para promover el uso de eficiente de los sistemas de iluminación.

4.5 Sistemas de iluminación

Los sistemas de iluminación son los más utilizados en cuanto a eficiencia energética ya que estos dentro de los edificios consumen casi la totalidad de energía del edificio, por ello se diseñan sistemas que sean automatizados al 100%, y que estos utilicen lámparas LED de la más alta calidad; así se logra que la demanda eléctrica del edificio no se eleve y se contribuya al ahorro energético que se plantea lograr para la obtención de los

diferentes reconocimientos nacionales o internacionales.

La reglamentación que controla los sistemas de iluminación es la NTE INEN 2 506:2009: Eficiencia Energética en Edificaciones en la cual:

“...se establece que el valor de eficiencia energética de una instalación (VEEI) de iluminación de una zona por cada 100lux...”.[16].

Con esto para determinar la eficiencia en una instalación debemos utilizar la siguiente ecuación:

$$VEEI = \frac{P \times 100}{Si \times Em} \quad (3)$$

Donde:

P = Potencia total instalada.

Si = Superficie iluminada en m^2 .

Em = Iluminancia media horizontal en lux.

En las Tablas 3 y 4 se presentan valores de eficiencia energética promedios para diferentes zonas de aplicación en un edificio:

Tabla 3 VEEI máximo en zonas de no representación[16]

Zonas	(W/m ²)
Oficinas	3,5
Paradas de Transporte	3,5
Salas de diagnóstico	3,5
Zonas de exposición	3,5
Aulas y laboratorios	4,0
Hospitales	4,5
Zonas comunes	4,5
Almacenes	5,0
Estacionamientos	5,0
Espacios deportivos	5,0

Tabla 4 VEEI máximo para zonas de representación[16]

Zonas	(W/m ²)
Oficinas	6
Paradas de transporte	6
Supermercados	6
Zonas de Aprendizaje	6
Zonas en Edificios	7,5
Centros comerciales	8
Hoteles y Restaurantes	10
Zonas Religiosas	10
Auditorios	10
Pequeños Comercios	10
Zonas comunes	10
Habitaciones de Hotel	12

Los valores señalados en la norma NTE INEN 2 506:2009: Eficiencia Energética en Edificaciones[16] sirve como ayuda para la elaboración y diseño de los sistema de iluminación para proyectos de construcción, con su aplicación se obtiene la máxima eficiencia en estos sistemas, y es de gran aporte para obtener el reconocimiento del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.

La información que se detalla en la resolución de la Secretaria de Territorio del Municipio de Quito es un compendio de varias normas como pudimos revisar anteriormente, por lo que hace que el uso de este procedimiento sea más económico y fácil de utilizar para obtener el reconocimiento municipal.

En las figuras 4 y 5 se presentan las zonas representativas y no representativas en las cuales se obtendrá mayor valor de eficiencia energética; con estas gráficas se puede tener más claro las zonas en las cuales la implementación de dispositivos automáticos puede llegar a tener una mayor eficiencia lumínica.

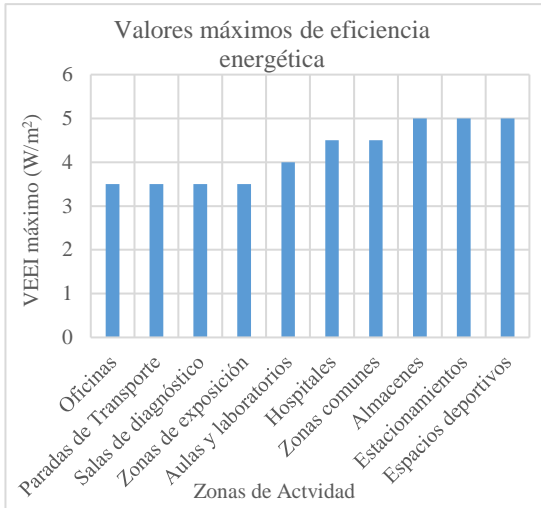


Figura 4 VEEI de zonas no representativas

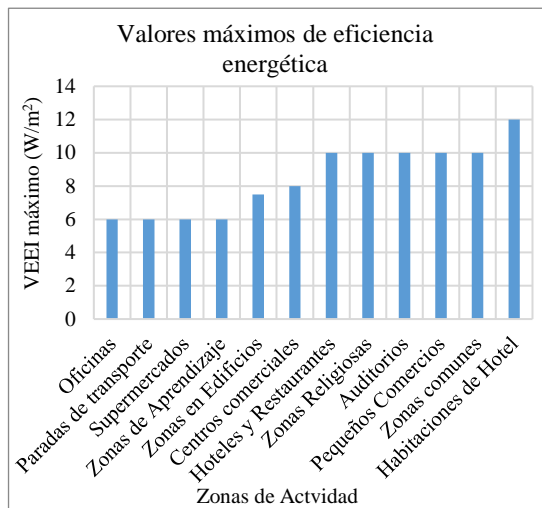


Figura 5 VEEI en zonas representativas

La normativa LEED por su parte como se lo analizo en el capítulo tres con lleva un proceso más laborioso y detallado así como costoso puesto que al requerir de un acompañamiento externo el cual valide y asesore la elaboración del diseño y del procedimiento requerido según lo plantea la norma, es decir se necesita el uso de un reglamento externo el cual se denominada American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers o ASHRAE por sus siglas en inglés, señala el procedimiento y calculo a seguir para el diseño de los diferentes

sistemas lumínicos, uso de refrigerantes y de aires acondicionados los cuales son los de mayor consumo energético dentro de un edificio.

La normativa LEED al hacer uso del ASHRAE se convierte en un estándar global y por lo que se convierte en un estándar internacional importante por los diferentes constructores que ya aplican esta normativa, La ASHRAE al ser una norma netamente técnica es el complemento ideal de la LEED la cual únicamente define los lineamiento y requisitos necesarios para que debe cumplir el proyecto mientras que el ASHRAE ya establece el procedimiento técnico a proceder para cumplir lo que menciona la LEED.

La normativa ASHRAE define ciertas zonas de potencia lumínica con la cual se debe de basar el proyecto para realizar la simulación requerida por la normativa LEED según se indica en la parte 3 de este documento.

En la Tabla 5 se muestran los valores mínimos establecidos por la LEED y la ASHRAE para obtener una eficiencia en la iluminación de las diferentes zonas que nuestro proyecto.

Tabla 5 Zonas de iluminación según ASHRAE

Zonas	(W/m²)
Parqueaderos	10
Auditorios	13
Bares	14
Restaurants	15
Comedor	17
Dormitorio	11
Áreas Deportivas	11
Gimnasios	12
Clínicas	11
Hospitales	13

Para una mejor representación de la información presentada en la Tabla 5 se obtuvo la Figura 6 en la cual se puede notar las zonas en las cuales se puede obtener un mejor valor de eficiencia de luminosidad; con esta figura podemos determinar en que lugares podemos intervenir e implementar mejores sistemas para el correcto funcionamiento de las luminarias sin afectar la capacidad de las personas para que desarrollen sus actividades con total normalidad.

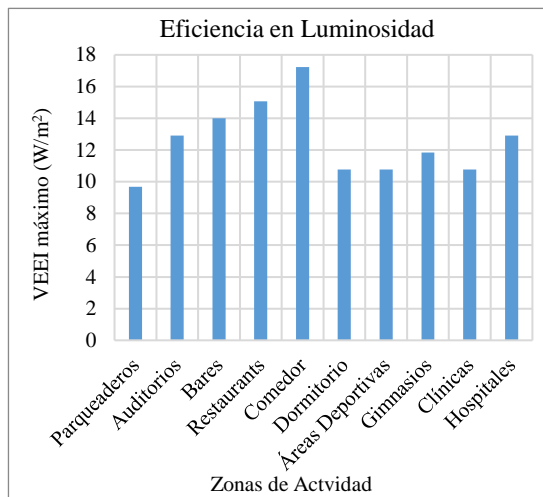


Figura 6 Eficiencia de energía según ASHRAE

Se puede notar que las áreas representadas en la Figura 6, son áreas principales en las cuales se puede obtener una relación de eficiencia mayor, esta área son representaciones generales que detalla la ASHRAE, por lo cual se ha procedido a realizar una comparativa visual para determinar una relación entre las áreas que mencionan las dos normas a las cuales se está haciendo referencia este artículo es decir la norma de la Secretaria de Territorio del D.M.Q y la norma LEED, entonces a continuación presentamos en la Figura 7 las zonas en donde existe una relación directa entre ambas normativas para determinar los niveles de eficiencia en las zonas que puede tener un proyecto de construcción sostenible:

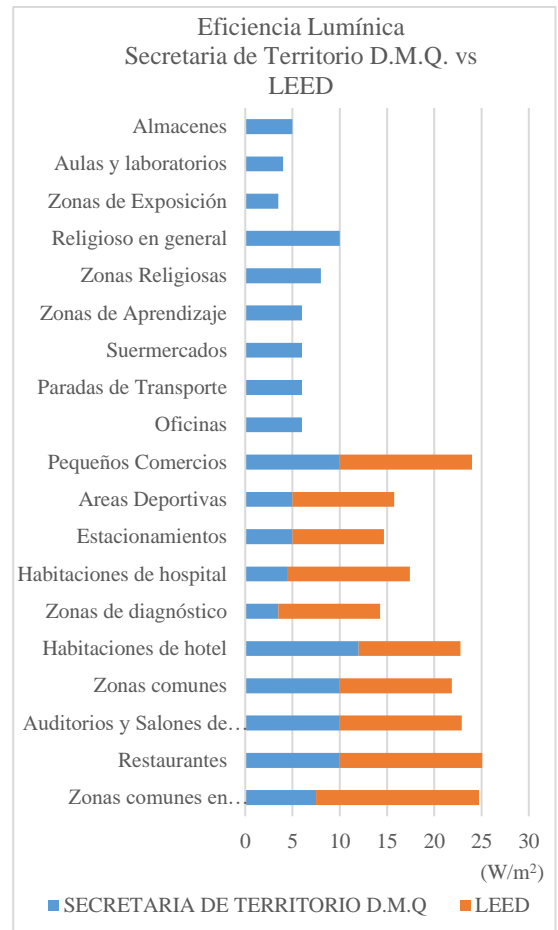


Figura 7 Comparativa de Eficiencia entre la Norma del D.M.Q y la Norma LEED

En la gráfica anterior se nota que los niveles expresados en la normativa LEED son mayores que los de la norma de la Secretaria de Territorio del D.M.Q esto hace notar el grado de exigencia que tiene la LEED y por lo cual es una de las mejores normas para obtener eficiencia energética en un edificio; este grado de exigencia se debe en parte hace uso de la norma ASHRAE la cual no solo se centra en la parte de la iluminación, sino que va más allá y define los porcentaje de ajuste para los controles automáticos de las luminarias; este complemento ayuda a mejorar aún más le eficiencia energética.

Los porcentajes se presentan a continuación en la Tabla 6:

Tabla 6 Ajuste de controles automáticos según ASHRAE

Porcentaje De Ajuste Para Controles De Iluminación Automática		
Dispositivos de control automático	Menos de 24H y ≤ 465m	Otros valores
De tiempo programable	10%	0%
Sensores de presencia	15%	10%
Sensores de presencia y de tiempo programable	15%	10%

La normativa ASHRAE para la certificación LEED para calcular del porcentaje de mejora de eficiencia energética en el edificio se utiliza lo siguiente formulación:

$$\%mej. = 100 \times \frac{\text{lo propuesto}}{\text{consumo base}} \quad (4)$$

La obtención del porcentaje de mejora de eficiencia energética abarca el uso de todos los elementos que aportan al consumo de energía uno de los principales es el sistema de iluminación, el cual de acuerdo a las Tablas 5 y 6 menciona los niveles óptimos de implementación y aplicación de estos con lo cual se mejora en gran medida la eficiencia de los edificios.

La aplicación de la normativa LEED requiere un arduo trabajo para poder cumplir con los requisitos mínimos que establece en las diferentes áreas en las cuales trabaja esta norma, y por ello los reconocimientos que otorga a los proyectos que han alcanzado el puntaje necesario tengan un reconocimiento internacional, de esta forma incentivan a más personas a convertirse los pioneros

que dan el ejemplo de que si se pueden lograr un desarrollo sostenible de las ciudades con altos estándares de calidad y de un buen vivir de los habitantes sin afectar el medio ambiente y las áreas donde se implementen estos proyectos.

En el Ecuador la normativa LEED está tomando fuerza y se espera que dentro de algunos años sea reconocida y una de las más importantes normas aplicadas en el país, y se espera que sea aplicada por el Municipio de Quito a través de su Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, la cual ha definido en la Resolución. 13-2016 / 28 junio 2016 el Anexo 5: Instructivo de Aplicación de la Matriz de Ecoeficiencia, el cual ya define parámetros para medir y mejorar la eficiencia energética de los edificios, este documento hace que la ciudad ya crezca de una forma ordenada, y que sus habitantes ya cuenten con una mejor calidad de vida y de bienestar.

En la Tabla 7 se presenta las principales características de la norma LEED y la normativa del Municipio de Quito para cumplimiento de la eficiencia energética, para obtener la certificación respectiva.

Tabla 7 Comparación de normas

NORMATIVA LEED	MATRIZ DE ECOEFICIENCIA D.M.Q.
$\%mej. = 100 \times \frac{\text{lo propuesta}}{\text{consumo base}}$ Se utiliza para obtener un porcentaje de eficiencia energética, el cual servirá como objetivo de implementación en la construcción sostenible.	$B_{cer} = \frac{B_{ef}}{B_{er}} \times 100 \text{ (Kwh)}$ Determina el consumo de energía que deberá tener el edificio para cubrir la demanda energética.
	$B_e = \frac{E_{cons}}{E_{gen}} \times 100 \text{ (Kwh)}$ Determina el consumo de energía del edificio y si su generación satisface dicha energía.
	$VEEI = \frac{P \times 100}{Si \times Em}$ Verifica el nivel de eficiencia energética en una instalación eléctrica

En la normativa LEED para alcanzar la certificación se empieza definiendo el porcentaje de eficiencia energética que se pretende mejorar e implementar en el edificio, mientras que en la normativa de Quito se tiene diferentes ecuaciones las cuales hace más viable conocer y determinar en qué área del proyecto se puede obtener mayor eficiencia para adquirir un puntaje mayor y obtener la certificación sin problemas.

En síntesis y para finalizar el análisis de la normativa LEED, se determina que es una norma muy aplicada y de gran aportación para el desarrollo sostenible de la construcción sin embargo su aplicación conlleva a que exista una fuerte inversión económica y esto hace que se busquen alternativas al momento de querer implementar proyectos de eficiencia energética para obtener certificaciones o reconocimientos, este es el caso de la norma aplicada por el Municipio de Quito ya que es de fácil acceso y se necesita de muy pocos recursos para poder lograr el objetivo de cuidar el medio ambiente así como de mejorar la calidad de vida de las personas.

La LEED debe ser más socializada y debe buscar la forma de integrarse en la sociedad para que sea un aporte en el desarrollo sostenible de las ciudades.

5. Conclusiones.

- La normativa LEED al ser internacional obtiene mejores beneficios uno de estos es el reconocimiento fuera del país de origen, se puede mencionar algunos de los proyectos destacados en Latinoamérica con un certificado de tipo (platino): Eldorado Business Tower en Brasil y Oficinas Bioconstrucción en México, las cuales obtuvieron el puntaje más alto. En el

Ecuador el primer proyecto certificado son Oficinas de ENNE Arquitectos que obtuvo una certificación de tipo Silver, lo que hace notar que el Ecuador ya está proponiendo opciones de construcción sostenible en los cuales la eficiencia energética se ha obtenido mediante la eficiencia en la iluminación haciendo que este sea uno de los principales aplicativos en el área energética a ser implementado.

- La normativa LEED abarca muchas áreas que se complementan y buscan una construcción sostenible de una ciudad o país, esta norma logra no solo mejorar la calidad de vida de las personas, sino que también logra la convivencia con la naturaleza sin que esta resulte afectada en gran medida. La USGBC (United State Green Building Council) constantemente se encuentran mejorando la norma LEED esto gracias a profesionales que integran este organismo, sus ideas y nuevos proyectos, así como el aporte de organización que buscan el cuidado ambiental todo ellos buscan que la norma sea aplique en todo el mundo y sea una de las más reconocidas a nivel mundial.

- Uno de los principales problemas de la normativa LEED y de su aplicación en el país es el costo que involucra implementar la normativa ya que al ser un organismo privado se requiere de una fuerte inversión en la contratación de consultores expertos en la norma LEED y la norma que complementa la parte técnica es decir la ASHRAE, por ello se está aplicando la normativa de Quito y de la Secretaria de Territorio

Hábitat y Vivienda la cual define claramente lo cómo mejorar la eficiencia del edificio y su acceso es libre para obtener el reconocimiento municipal por el cuidado ambiental; sin embargo la implementación de la norma LEED al ser una norma más completa hace que la inversión económica se vea recompensado en el cuidado ambiental y el desarrollo sostenible de la ciudad.

- Son varios los proyectos que en el área de eficiencia energética en los cuales se puede aplicar la construcción sostenible o inteligente, en este artículo hemos mencionado a breves rasgos algunos de ellos como son los de generación distribuida y los de iluminación en los cuales se ha dado ciertas características de cómo implementarlos en los edificios para obtener una eficiencia y así obtener por el proyecto los puntos necesarios para a la obtención del certificado al cual se esté aplicando dependiendo de la norma en la cual se base el diseñador.
- Existen ya en el país y en especial en la ciudad de Quito edificios los cuales ya cuentan con la certificación LEED, estos proyectos en lo que se refiere a eficiencia energética han optado por implementar la iluminación eficiente ya que esta conlleva el uso de una gran parte de la energía del edificio, por lo cual en cuanto a proyectos de energía es uno de los más usados.
- La normativa LEED en el país aún está en proceso de sociabilización, ya que al ser una organización privada no tiene aún el apoyo gubernamental necesario

para desarrollar y plasmar proyectos sostenibles, por lo que se espera que al pasar los años esta norma sea implementada por el bien de la naturaleza y por la mejora de la calidad de vida de las personas.

6. Referencias

- [1] H. Altomonte, M. Coviello, and W. F. Lutz, *Energías renovables y eficiencia energética en América Latina y el Caribe. Restricciones y perspectivas. (in Spanish)*. 2003.
- [2] P. L. Llamas, “Eficiencia energética y medio ambiente,” *Inf. Comer. Española, ICE Rev. Econ.*, pp. 75–92, 2009.
- [3] A. Alvear, P. Peña, and J. Labus, “Edificaciones Sustentables: Caso Ecuador,” *Rev. Tecnológica ESPOL – RTE*, vol. 26, no. 2, pp. 28–43, 2013.
- [4] N. O. Kovács, “Regulations and certificates regarding energy efficiency in buildings,” *IYCE 2013 - 4th Int. Youth Conf. Energy*, 2013.
- [5] M.A. Flórez de la Colina, “Hacia una definición de la domótica,” 2004.
- [6] J. Muñoz, J. Fons, V. Pelechano, and O. Pastor, “Hacia el Modelado Conceptual de Sistemas Domóticos,” *Jisbd*, no. JANUARY, pp. 369–378, 2003.
- [7] M. Schiefer, “Smart Home Definition and Security Threats,” *Proc. - 9th Int. Conf. IT Secur. Incid. Manag. IT Forensics, IMF 2015*, pp. 114–118, 2015.
- [8] Li Jiang, Da-you Liu, and Bo Yang, “Smart home research,” *Proc. 2004 Int. Conf. Mach. Learn. Cybern. (IEEE Cat. No.04EX826)*, vol. 2, no. August, pp. 659–663, 2004.
- [9] J. E. Alis Restrepo, “Metodología para la evaluación energética de

edificios comerciales en Colombia basados en estándares y normas internacionales Metodología para la evaluación energética de edificios comerciales en Colombia basados en estándares y normas internacionales,” 2014.

- [10] T. Axtell, K. Graham, and T. Schoeman, “Building a LEED, WEEE, and RoHS facility,” vol. 119, no. 5, pp. 31–35, 2010.
- [11] P. J. Daza, “Construcción sostenible de edificios: una alternativa responsable para el desarrollo urbano de quito,” p. 187, 2010.
- [12] United States Green Building Council, “LEED v 4 for BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION,” 2016.
- [13] S. Horst, *LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction For the Design , Construction and Major Renovations of Commercial and Institutional Buildings Including K – 12 2009 Edition*. 2009.
- [14] A. J. Aristizábal, I. Dyner, and C. A. Páez, “Generación Distribuida de Energía Eléctrica Mediante Energía Solar Fotovoltaica en la Red de Baja Tensión de la Universidad de Bogota,” 2014, no. July 2016.
- [15] D. J. P. Arq.MSc, “Instructivo de Aplicación de la Matriz de Eco-eficiencia,” in *Resolución. 13-2016 / 28 junio 2016; Anexo 5*, 2016, pp. 25–30.
- [16] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN 2 506:2009: Eficiencia Energética en edificaciones. Requisitos,” vol. 2506, p. 16, 2009.

6.1 Matriz estado del arte

CARACTERIZACIÓN DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS INTELIGENTES APLICANDO LA NORMATIVA LEED																							
ITEM	DATOS			TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA			SOLUCIÓN PROPUESTA					
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	NUMERO DE CITAS	ENERGIA RENOVABLE EN EDIFICIOS	NORMAS PARA CERTIFICACIÓN EDIFICIOS INTELIGENTES	EFICIENCIA ENERGÉTICA	NORMAS PARA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE	EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS	CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS	CERTIFICACIÓN DE EDIFICIOS	APOYO GUBERNAMENTAL	IMPLEMENTACIÓN E INTEGRACIÓN DE NORMAS	ACCESO A LA INFORMACIÓN	COSTOSA INVERSIÓN	DESCRIPCIÓN Y ANALISIS DE LA PROBLEMA	DESARROLLO DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS	SOCIALIZACIÓN DE LAS NORMAS	DEFINIR EL PROCEDIMIENTO PARA CERTIFICAR EDIFICIOS	ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE LA NORMA PARA PROYECTOS DE EFICIENCIA QUE SE APLICAN A LA ORGANIZACIÓN DE EDIFICIOS	SOCIALIZACIÓN DE LAS NORMAS	DESARROLLAR UN PROCEDIMIENTO PARA		
1	2003	Energías renovables y eficiencia energética en América Latina y el Caribe. Restricciones y perspectivas.	\cite{Altomonte2003}	☒	☒		☒				☒	☒	☒		☒	☒					☒		
2	2009	Eficiencia energética y medio ambiente	\cite{Llamas2009}		☒						☒				☒							☒	
3	2013	Edificaciones Sustentables: Caso Ecuador	\cite{Alvear2013}	☒	☒	☒	☒	☒	☒		☒		☒		☒	☒					☒	☒	
4	2013	Regulations and certificates regarding energy efficiency in buildings	\cite{Kovacs2013}	☒	☒		☒	☒	☒		☒		☒		☒	☒					☒	☒	
5	2004	Hacia una definición de la domótica	\cite{M.A.FlorezdeColina2004}			☒		☒					☒		☒								
6	2003	Hacia el Modelado Conceptual de Sistemas Domóticos	\cite{Munoz2003}			☒		☒					☒		☒								
7	2015	Smart Home Definition and Security Threats	\cite{Schiefer2015}			☒		☒					☒		☒								
8	2004	Smart home research	\cite{LiJiang2004}			☒		☒					☒		☒								
9	2014	Metodología para la evaluación energética de edificios comerciales en Colombia basados en estándares y normas internacionales Metodología para la evaluación energética de edificios comerciales en Colombia basados en estándares y normas internacionales	\cite{AlisRestrepo2014}	☒	☒	☒		☒	☒	☒		☒		☒	☒	☒					☒	☒	☒
10	2010	Building a LEED, WEEE, and RoHS facility	\cite{Axtell2010}		☒			☒	☒	☒		☒		☒	☒	☒					☒	☒	☒
11	2010	Construcción sostenible de edificios: una alternativa responsable para el desarrollo urbano de quito	\cite{Daza2010}	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒			☒	☒	☒					☒	☒	☒
12	2016	LEED v 4 for BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION	\cite{UnitedStatesGreenBuildingCouncil2016}	☒	☒			☒	☒	☒				☒	☒	☒					☒	☒	☒
13	2009	LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction for the Design, Construction and Major Renovations of Commercial and Institutional Buildings Including K – 12 2009 Edition	\cite{Horst2009}	☒	☒			☒	☒	☒				☒	☒	☒					☒	☒	☒
14	2014	Generación Distribuida de Energía Eléctrica Mediante Energía Solar Fotovoltaica en la Red de Baja Tensión de la Universidad de Bogotá	\cite{Aristizabal2014}					☒			☒			☒								☒	

CARACTERIZACIÓN DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS INTELIGENTES APLICANDO LA NORMATIVA LEED

DATOS			TEMÁTICA	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	RESTRICCIONES DEL PROBLEMA	PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA	SOLUCIÓN PROPUESTA																
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	NUMERO DE CITAS	ENERGIA RENOVABLE EN EDIFICIOS COLOMBIANOS	NORMAS PARA CERTIFICACIÓN EDIFICIOS INTELIGENTES COLOMBIANOS	EFICIENCIA ENERGÉTICA	NORMAS PARA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE	EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS	CERTIFICACIÓN DE EDIFICIOS COLOMBIANOS	APOYO GUBERNAMENTAL	IMPLEMENTACIÓN E INTEGRACIÓN DE NORMAS	ACCESO A LA INFORMACIÓN	COSTOSA INVERSIÓN	DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA	DESARROLLO DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS COLOMBIANOS	SOCIALIZACIÓN DE LAS	DEFINIR EL PROCEDIMIENTO	ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE LA NORMATIVA	PROYECTOS DE EFICIENCIA QUE	SOCIALIZACIÓN DE LAS	DESARROLLAR UN		
15	2016	Instructivo de Aplicación de la Matriz de Eco-eficiencia	\cite{Arq.MSc2016}	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
16	2009	NTE INEN 2 506:2009: Eficiencia Energética en edificaciones. Requisitos	\cite{InstitutoEcuatoriano de Normalización 2009}	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
CANTIDAD:				8	11	7	6	10	8	9	8	4	5	2	12	7	11	9	4	6	9	6	5

Figura 8: Resumen e indicadores del Estado del Arte

