

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**Análisis de los niveles de sostenibilidad en edificaciones con certificación  
LEED**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

Andrea Katherine Calero Gamarra  
Laura Mía Maguiña Trujillo

**ASESOR**

Federico Alexis Dueñas Dávila

**Lima, junio de 2020**

## RESUMEN

La industria de la construcción es una de las industrias que genera diversos impactos negativos al ambiente debido a la alta contaminación ambiental, la utilización de los recursos naturales y consumo de energía de fuentes no renovables. Sin embargo, esta industria es parte del desarrollo cultural y social de las ciudades, lo que conlleva la importancia al desarrollo de la sostenibilidad en nuevas edificaciones, cuya implicancia radica en la eficiencia energética e hídrica. Con ello se busca la disminución del uso de recursos, efectos adversos al ambiente y en paralelo brindar el confort al usuario, desarrollo de la calidad estética y funcionalidad.

El proyecto de tesis se enfoca en la evaluación de la sostenibilidad de los edificios construidos en Lima que obtuvieron la certificación LEED. Primero se evaluó los puntajes de los créditos y categorías LEED, a través de una comparación cuantitativa, para analizar el porcentaje de cumplimiento y aporte a la sostenibilidad de cada una de ellas. Luego se realizó un análisis estadístico con el software SPSS de los puntajes de cada categoría evaluada por LEED con el fin de interpretar la contribución al ambiente de cada categoría. Por último se modelaron dos edificios con certificación LEED Silver y Gold, con el uso del software EDGE, para obtener los márgenes de ahorros en cuanto al uso de agua, energía y energía incorporada en los materiales.

Los resultados obtenidos en la investigación, demuestran que los edificios LEED en Lima aportan de manera parcial a la sostenibilidad debido a que cumplen con ciertos criterios pero la mayoría de los casos presenta un bajo porcentaje de cumplimiento en las categorías más importantes para la sostenibilidad como Eficiencia Hídrica, Energía y Atmósfera y Materiales y Recursos. Dichos resultados demuestran que estos edificios están direccionados más hacia el valor agregado para la venta y al bajo costo del mantenimiento de los mismos.

Palabras clave: Certificación LEED, EDGE software, Construcción sostenible, Sostenibilidad.

## SUMMARY

The construction industry is one of different industries generates negative impacts on the environment due to high environmental pollution, the use of natural resources and energy consumption from non-renewable sources during the production process. However, this industry is part of the cultural and social development of cities which implies the importance of developing sustainability in new buildings, the implication of which lies in energy and water efficiency. This seeks to reduce the use of resources, adverse effects on the environment and, in parallel, provide user comfort, development of aesthetic quality and functionality.

The thesis project focuses on evaluating the sustainability of buildings built in Lima that obtained LEED certification. First, the scores of the credits and LEED categories were evaluated, through a quantitative comparison, to analyze the percentage of compliance and contribution to the sustainability of each of them. A statistical analysis was then performed with the SPSS software of the scores of each category evaluated by LEED in order to interpret the contribution to the environment of each category. Finally, two buildings with LEED Silver and Gold certification were modeled, with the use of EDGE software, to obtain the savings margins regarding the use of water, energy and energy incorporated in the materials.

The results obtained in the research show that LEED buildings in Lima contribute partially to sustainability because they meet certain criteria, but most cases have a low percentage of compliance in the most important categories for sustainability such as Efficiency Water, Energy and Atmosphere and Materials and Resources. These results demonstrate that these buildings are directed more towards added value for sale and at the low cost of maintaining them.

Keywords: EDGE Software, LEED Certification, Sustainability, Sustainable construction.



*Agradezco a Dios por brindarme la fortaleza, perseverancia y guiarme en todas las decisiones de mi vida. A mis padres, Orlando y Helen por darme su amor, paciencia y dedicación para lograr mis propósitos. A mis hermanos, abuelos, tíos, primos y amigos por creer en mí, por sus consejos y apoyar mis decisiones.*

Andrea Katherine Calero Gamarra

*Agradezco a Dios, por guiarme, mostrarme su amor y darme fortaleza en los momentos difíciles. A mis padres, Alberto y Yolanda, por su apoyo incondicional, enseñanzas y amor. Son el mejor ejemplo de perseverancia e inspiración durante toda mi vida. A mis hermanos, Alex y Diana, por su compañía y apoyo incondicional.*

Laura Mía Maguiña Trujillo

## ÍNDICE

<b>1. ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>1</b>
1.1. Presentación del problema .....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos .....	3
1.4. Alcance .....	4
1.5. Hipótesis .....	4
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1. Antecedentes .....	5
2.2. Revisión de la literatura.....	7
2.2.1. Construcción sostenible.....	10
2.2.2. Tipos de certificaciones .....	11
2.2.3. Certificación LEED .....	15
2.2.4. LEED y sostenibilidad .....	19
2.2.5. Certificación EDGE .....	20
2.2.6. Experiencias en el mundo.....	26
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>29</b>
3.1. Ámbito del estudio.....	29
3.2. Criterios de selección .....	29
3.3. Descripción de casos .....	30
3.4. Instrumentos de recolección de datos.....	30
3.5. Tratamiento de los datos.....	31
3.6. Software de análisis .....	31
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
4.1. Créditos y categorías. Análisis de las certificaciones.....	33
4.1.1. NEW CONSTRUCTION .....	33
4.1.2. CORE & SHELL .....	39
4.1.3. EXISTING BUILDING.....	45
4.1.4. Análisis comparativo entre las Edificaciones NC, CS & EB .....	50
4.2. Niveles de certificación y categorías: hacia un modelo interpretativo.....	51
4.3. Tipo de edificaciones y niveles de certificaciones: diferencias significativas. ....	57
4.4. Modelamiento de la sostenibilidad con EDGE .....	59
4.4.1. Análisis y evaluación del edificio "A" .....	60
4.4.2. Análisis y evaluación del edificio "B" .....	67

<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	75
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	78
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	79
<b>8. ANEXOS</b> .....	A



## LISTA DE FIGURAS

*Figura 1:* Diagrama de flujo de la Metodología

*Figura 2:* PCC de la categoría Sitio Sostenible – NC

*Figura 3:* PCC de la categoría Eficiencia Hídrica - NC

*Figura 4:* PCC de la categoría Energía y Atmósfera – NC

*Figura 5:* PCC de la categoría Materiales y Recursos – NC

*Figura 6:* PCC de la categoría Calidad del Ambiente Interior - NC

*Figura 7:* PCC de la categoría Diseño de proceso e Innovación - NC

*Figura 8:* Porcentaje de cumplimiento por categoría de los proyectos New Construction

*Figura 9:* PCC de la categoría Sitio Sostenible – CS

*Figura 10:* PCC de la categoría Eficiencia Hídrica - CS

*Figura 11:* PCC de la categoría Energía y Atmósfera - CS

*Figura 12:* PCC de la categoría Materiales y Recursos - CS

*Figura 13:* PCC de la categoría Calidad del Ambiente Interior - CS

*Figura 14:* PCC de la categoría Diseño de proceso e Innovación - CS

*Figura 15:* Porcentaje de cumplimiento por categoría de los proyectos Core & Shell

*Figura 16:* PCC de la categoría Sitio Sostenible – EB

*Figura 17:* PCC de la categoría Eficiencia Hídrica – EB

*Figura 18:* PCC de la categoría Energía y Atmósfera – EB

*Figura 19:* PCC de la categoría Materiales y Recursos - EB

*Figura 20:* PCC de la categoría Calidad del Ambiente Interior - EB

*Figura 21:* PCC de la categoría Diseño de proceso e Innovación - EB

*Figura 22:* Porcentaje de cumplimiento por categoría de los proyectos Existing Building

*Figura 23:* Niveles de dispersión según criterios por tipo de certificación.

*Figura 24:* Pendientes de las correlaciones del puntaje total de cada categoría de la certificación LEED

*Figura 25:* Tendencia lineal de la categoría Innovación. Fuente: Resultados del Programa SPPS.

*Figura 26:* Fórmula de muestreo de la población finita. Fuente: Triola and Pineda Ayala, 2009.

*Figura 27:* Gráfico de distribución porcentual de las áreas del edificio “A”. Fuente: Resultados del Software EDGE.

*Figura 28:* Comparación de energía consumida (kWh/m<sup>2</sup>/año) del edificio “A” vs un Modelo Base. Fuente: Resultados del Software EDGE.

*Figura 29:* Comparación de agua consumida (Lts/día/persona) del edificio “A” vs un Modelo Base. Fuente: Resultados del Software EDGE.

*Figura 30.* Gráfico de distribución porcentual de las áreas del edificio “B”. Fuente: Resultados del Software EDGE.

*Figura 31.* Comparación de energía incorporada en los materiales consumida ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) del edificio “A” vs un Modelo Base. Fuente: Resultados del Software EDGE.

*Figura 32.* Comparación de energía consumida ( $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{año}$ ) del edificio “B” vs un Modelo Base. Fuente: Resultados del Software EDGE.

*Figura 33.* Comparación de agua consumida ( $\text{Lts}/\text{día}/\text{persona}$ ) del edificio “B” vs un Modelo Base. Fuente: Resultados del Software EDGE.

*Figura 34.* Comparación de energía incorporada en los materiales consumida ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) del edificio “B” vs un Modelo Base. Fuente: Resultados del Software EDGE.





## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. *Comparativo de tres certificaciones sostenibles*

Tabla 2. *Descripción de las categorías de la versión 3 de la certificación LEED*

Tabla 3. *Puntajes por categoría por tipo de edificación de la versión 3 de la certificación LEED.*

Tabla 4. *Parámetros EDGE que genera una eficiencia energética*

Tabla 5. *Parámetros EDGE que genera una eficiencia en el consumo del agua*

Tabla 6. *Parámetros EDGE que genera una eficiencia energética incorporada en los materiales*

Tabla 7. *Cantidad de proyectos del Perú de tipo New Construction*

Tabla 8. *Porcentaje de cumplimiento de las categorías de tipo de proyectos New Construction*

Tabla 9. *Cantidad de proyectos del Perú de tipo Core & Shell*

Tabla 10. *Porcentaje de cumplimiento de las categorías de tipo de proyectos Core & Shell*

Tabla 11. *Porcentaje de cumplimiento de las categorías de tipo de proyectos NC (New Construction) y CS (Core & Shell)*

Tabla 12. *Cantidad de proyectos del Perú de tipo Existing Building*

Tabla 13. *Porcentaje de cumplimiento de las categorías de tipo de proyectos Existing Building*

Tabla 14. *Porcentaje de cumplimiento de las categorías de tipo de proyectos: NC, CS y EB*

Tabla 15. *Cantidad de proyectos con certificación LEED en Perú y porcentajes parciales de representación por tipo de proyecto*

Tabla 16. *Estimadores-M de los datos.*

Tabla 17. *Correlaciones entre el Puntaje Total y las categorías de los proyectos con certificación LEED*

Tabla 18. *Tabla general del modelo de la Regresión Lineal.*

Tabla 19. *Puntajes totales a introducir en el programa SPSS para la obtención del análisis ANOVA*

Tabla 20. *Prueba de los efectos inter-sujetos*

Tabla 21. *Tabla de coeficientes*

Tabla 22. *Cantidad de proyectos por año en Perú con certificación LEED por tipo de certificación*

Tabla 23. *Cálculo del tamaño muestral por tipo de certificación LEED*

Tabla 24. *Parámetros básicos de la edificación "A"*

Tabla 25. *Áreas influyentes de los ambientes de la edificación "A"*

Tabla 26. *Dimensiones de la planta por orientación de la edificación "A"*

Tabla 27. *Áreas de paredes y vidrios exteriores por orientación de la edificación "A" para el cálculo de WWR*

Tabla 28. *Cálculo del Valor-U del techo ( $W/m^2.K$ ) con 2% de acero de la edificación "A"*

Tabla 29. *Cálculo del Valor-U del techo ( $W/m^2.K$ ) con 1% de acero de la edificación "A"*

Tabla 30. *Cálculo del Valor-U ( $W/m^2.K$ ) por tipo de vidrios exteriores de la edificación "A"*

Tabla 31. *Cálculo de la tasa de flujo medio ponderado ( $L/min$ ) de la edificación "A"*

Tabla 32. *Información de los materiales de construcción utilizados en elementos estructurales y acabados de la edificación "A"*

Tabla 33. *Energía consumida ( $kWh/m^2/año$ ) entre la edificación "A" y el Modelo Base propuesto por EDGE y brechas de consumo por fuente de uso de energía*

Tabla 34. *Agua consumida ( $Lts/día/persona$ ) entre la edificación "A" y el Modelo Base propuesto por EDGE y brechas de consumo por fuente de uso de agua*

Tabla 35. *Energía Incorporada en los Materiales consumida ( $MJ/m^2$ ) entre la edificación "A" y el Modelo Base propuesto por EDGE y brechas de consumo por tipo de elementos de construcción o acabados*

Tabla 36. *Parámetros básicos de la edificación "B"*

Tabla 37. *Áreas influyentes de los ambientes de la edificación "B"*

Tabla 38. *Dimensiones de la planta por orientación de la edificación "B"*

Tabla 39. *Áreas de paredes y vidrios exteriores por orientación de la edificación "B" para el cálculo de WWR*

Tabla 40. *Cálculo del Valor-U del techo ( $W/m^2.K$ ) con 2% de acero de la edificación "B"*

Tabla 41. *Cálculo del Valor-U del techo ( $W/m^2.K$ ) con 1% de acero de la edificación "B"*

Tabla 42. *Cálculo del Valor-U ( $W/m^2.K$ ) por tipo de vidrios exteriores de la edificación "B"*

Tabla 43. *Información de los materiales de construcción utilizados en elementos estructurales y acabados de la edificación "B"*

Tabla 44. *Energía consumida ( $kWh/m^2/año$ ) entre la edificación "B" y el Modelo Base propuesto por EDGE y brechas de consumo por fuente de uso de energía*

Tabla 45. *Agua consumida ( $Lts/día/persona$ ) entre la edificación "B" y el Modelo Base propuesto por EDGE y brechas de consumo por fuente de uso de agua*

Tabla 46. *Energía Incorporada en los Materiales consumida ( $MJ/m^2$ ) entre la edificación "B" y el Modelo Base propuesto por EDGE y brechas de consumo por tipo de elementos de construcción o acabados*

Tabla 47. *Comparativo de porcentajes de ahorro para el edificio "A" y "B" para los tres indicadores que mide EDGE*

## LISTA DE ABREVIATURAS UTILIZADAS

LEED: Leadership in Energy & Environmental Design

USGBC: U.S. Green Building Council

EDGE: Excellence In Design For Greater Efficiencies

SS: Sitio Sostenible

WE: Eficiencia Hídrica

EA: Energía y Atmósfera

MR: Materiales y Recursos

IEQ: Calidad del Ambiente Interior

I / ID: Diseño de proceso e Innovación

CS: Core & Shell

NC: New Construction

EB: Existing Building

PCC: Porcentaje de cumplimiento por crédito



## 1. ASPECTOS GENERALES

### 1.1. Presentación del problema

La importancia de la protección del medio ambiente se presentó con mayor énfasis en las sociedades durante los últimos años a causa de la alta contaminación ambiental causada por las diferentes industrias, siendo la más influyente, el sector construcción. Los altos consumos de energía eléctrica, agua y materias primas generan gran cantidad de residuos y contaminantes al aire, suelo y agua (Riberó, 2016). Según el Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente (UNEP), a nivel mundial, los edificios son responsables del 40% del consumo anual de energía y hasta un 30% de todos los gases de efecto invernadero (GEI) relacionados con la energía. Por otro lado, el sector de la construcción es responsable de un tercio del consumo de recursos de la humanidad, del 12% del consumo total de agua dulce, y produce hasta un 40% de los residuos sólidos (Ramos, 2016).

La industria de la construcción genera impactos negativos al medio ambiente en cuanto a la utilización inadecuada de los recursos y consumo de energía de fuentes no renovables durante el proceso de producción. Sin embargo, esta industria es parte del desarrollo de la identidad cultural y social de una ciudad. Por ello, el reto actual es tener en cuenta la disminución del uso de recursos, efectos adversos al medio ambiente y en paralelo brindar el confort al usuario, el desarrollo de la calidad estética, funcionalidad y diseño urbanístico. Además, es necesario el desarrollo de herramientas que ayuden a disminuir estos efectos (Lutzkendorf, 2010). En consecuencia, se presentó particular atención al desarrollo de la sostenibilidad ecológica en los procesos constructivos de nuevas edificaciones, la cual implica la evaluación de los materiales de construcción, la eficiencia energética y emisiones, según la Asociación Alemana de Banca Pública (VOB) (Lutzkendorf, 2010).

Según las Naciones Unidas, “se define al desarrollo sostenible como la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (...). El desarrollo sostenible trata de lograr, de manera equilibrada, los tres pilares importantes: el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente” (Asamblea General de las Naciones Unidas Sitio, 2017). El desarrollo sostenible forma parte del plan de desarrollo urbano de las ciudades con el fin de reducir la contaminación ambiental e involucran distintos aspectos como la calidad de los ambientes, el uso de los recursos y de cómo estos se utilizan a lo largo de la vida útil de las edificaciones. La construcción sostenible abarca criterios que van desde la elección de los materiales y los procesos constructivos, hasta el entorno urbano y su

desarrollo. Este tipo de edificaciones busca la adecuada gestión de los recursos naturales, tales como el agua, y el ahorro de energía. Además, las edificaciones sostenibles generan menor impacto negativo para el medio ambiente y mayor impacto positivo para las personas que habitan en dicha edificación. (PUCP, 2017).

## 1.2. Justificación

En el artículo “Lima tiene más de 1,000 edificios que deben convertirse en sostenibles y sólo 40 lo hicieron” (30 de mayo de 2017), se menciona la importancia de incorporar la construcción sostenible en el desarrollo de las ciudades como una de las acciones para mitigar el cambio climático y así reducir las emisiones de dióxido de carbono, principal responsable del incremento de los Gases de Efecto Invernadero (GEI). Se debe comenzar por las ciudades porque ellas son el origen del 80% de emisiones globales de CO<sub>2</sub> y el 40% del CO<sub>2</sub> lo genera el entorno construido, además en éstas se puede desarrollar la sostenibilidad ecológica global, según Héctor Miranda, director gerente de la Red Regenerativa. Además, es importante mencionar la importancia que tiene el sector construcción en el crecimiento del país.

El sector construcción en el Perú participó con el 5.6% del Índice de la Producción Nacional y registró un aumento de 10.55%, en abril del 2018, ante el aumento del consumo interno de cemento en 8.17% y el avance físico de obras en 18.79% (INEI, 2018 junio). Se proyectó que el crecimiento anual del sector construcción, según estimaciones de Capeco, sería más del 3% en el año 2018, impulsado principalmente por el rubro inmobiliario, además de la mayor inversión minera en el impulso de los proyectos de infraestructura y aceleración de las obras públicas, señaló Guido Valdivia, director ejecutivo de la Cámara Peruana de la Construcción, según el artículo “Sector construcción crecería más de 3% en el 2018 por mayor inversión minera y obra pública” (2 de abril de 2018).

En los últimos años se incrementó la construcción de edificios verdes en el Perú como respuesta a la necesidad de obtener ciudades sostenibles. Esto se refleja en las aproximadamente 60 edificaciones que reutilizan el agua, aprovechan la luz natural, aíslan el frío y calor externo, reciclan y promueven el consumo responsable (“Edificios verdes: el reto de la construcción sostenible” (9 de setiembre de 2017) y con 170 edificios que buscan obtener la certificación LEED en el país, según H. Miranda. Se considera que los edificios verdes son sostenibles por cumplir la triple línea base que involucra la sostenibilidad: ambiental, social y económico. Si bien, existen diversas certificaciones en el mundo como herramientas que garantizan el desarrollo de los proyectos de acuerdo a estándares y

lineamientos internacionales en cuanto a la sostenibilidad, en el Perú se tiene la presencia de las certificaciones LEED, EDGE y BREAAAM, mencionadas de mayor a menor de acuerdo a la cantidad de edificios que se certificaron con cada una de ellas (“Certificaciones”, s.f.).

Como se menciona en el artículo “Edificios verdes: el reto de la construcción sostenible” (9 de setiembre de 2017), en los últimos años se encuentra en crecimiento la construcción de edificaciones verdes en varios distritos de Lima, tal es el caso de proyectos inmobiliarios destinados para vivienda y oficinas, instituciones públicas con certificación LEED como la nueva sede del Banco de la Nación y el desarrollo de campus educativos sostenibles como es el caso de la Pontificia Universidad católica del Perú, considerado como el Primer Campus Sostenible de Latinoamérica debido a la transformación de sus edificios en Edificios Verdes como se menciona en el artículo “PRIMER CAMPUS VERDE. Catalizador para la creación de Ciudades Verdes” (2015). A pesar del aumento de estas edificaciones sostenibles en el contexto peruano, se cuestiona si el aumento de este tipo de edificaciones contribuye realmente al desarrollo sostenible de la ciudad o si es considerado como un valor agregado comercial para las inmobiliarias.

### **1.3. Objetivos**

#### **Objetivo General**

Analizar la sostenibilidad en el cumplimiento de los siguientes tres componentes: medio ambiente, social y económico de los edificios que cuentan con certificación LEED de manera cuantitativa a través de los aportes de las categorías de dicha certificación en las etapas de diseño y construcción.

Además, se evaluará el cumplimiento de las categorías que realmente contribuyen con el medio ambiente, como el consumo energético, hídrico y la reutilización de recursos, para corroborar si aportan significativamente en el desarrollo medioambiental y económico.

#### **Objetivos Específicos**

- Analizar cuantitativa y estadísticamente la influencia de las categorías de la certificación LEED en la sostenibilidad de los edificios y la importancia de su cumplimiento, a través del tratamiento de datos presentados en las fichas de puntaje de los proyectos con dicha certificación.
- Analizar la relación proporcional del puntaje total obtenido por tipo de proyecto (NC, CS y EB) con las categorías que la certificación evalúa, para comprobar el aporte de la

certificación LEED a la sostenibilidad en el cumplimiento de los tres pilares: medio ambiente, social y económico, de los edificios que cuentan con dicha certificación.

- Analizar el porcentaje de ahorro de energía, agua y energía incorporada en los materiales de dos tipos de edificios certificados: Core&Shell y New Construction con la utilización de indicadores de otra certificación (EDGE) con el fin de evaluar el impacto positivo de los edificios a los pilares de la sostenibilidad: medio ambiente y económico.

#### **1.4. Alcance**

El siguiente proyecto tiene como alcance el estudio de las edificaciones de Lima con certificación LEED, realizar una comparación entre los puntajes obtenidos de cada edificio reflejados en las fichas de puntaje y detallar la contribución a la sostenibilidad según los parámetros de LEED. Con esta información se procederá a obtener gráficos estadísticos en el que se muestre el porcentaje de cumplimiento de los créditos de la certificación LEED; realizar un análisis estadístico con la herramienta SPSS para interpretar la contribución al medio ambiente de cada categoría; y, modelar dos edificios (con certificación LEED) con el software EDGE para obtener porcentajes de ahorros en cuanto al uso de agua y energía. Con estos resultados se podrá analizar las contribuciones al medio ambiente, en cuanto al aporte generado en la etapa inicial y de construcción; a la sociedad, debido a la comodidad del usuario y a la utilización de recursos con los que este se beneficia y; a la economía, por el ahorro que puede generar la utilización de los recursos reciclados, el ahorro de utilización de agua y energía.

#### **1.5. Hipótesis**

Los edificios con certificación LEED cumplen con las categorías establecidas por dicha certificación que conlleva a que sean construcciones sostenibles; sin embargo, no es cuantificable el ahorro que genera la obtención de la certificación en cuanto al consumo energético e hídrico y el retorno de la inversión realizada. El análisis del cumplimiento y la importancia que se le atribuye a cada categoría brindará resultados más específicos respecto a la influencia de cada uno de ellos en la evaluación de la sostenibilidad de las edificaciones.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Los edificios representan aproximadamente un 17% del uso de agua, 25% del uso de madera, 33% de las emisiones de CO<sub>2</sub> y 40% del uso de energía y materiales (Valdés, 2009). La necesidad e interés de la sociedad en masificar la construcción sustentable es un tema global. Se sabe que desde la Cumbre de Río en 1992 se comienza a desarrollar el concepto de sostenibilidad debido a la destrucción de los recursos naturales irreparables y la contaminación del planeta y que aqueja directamente a las condiciones económicas y problemas de justicia social. Por ello la sostenibilidad es un desarrollo que cubre las necesidades del presente sin comprometer la posibilidad de las generaciones futuras en satisfacer las propias mediante el desarrollo de sus tres aspectos: ecológicos, económicos y sociales (Becar, 2010).

Entre las sociedades, gobiernos y empresas se comenzó a promover y concientizar el cuidado a los ecosistemas, recursos naturales con el objetivo de establecer políticas ambientales para minimizar los impactos negativos. Como resultado se desarrolló un documento publicado por la ONU: "*Lineamientos de Impacto Ambiental para países en desarrollo de la UNEP (United Nations Environmental Program)*", este es una herramienta a nivel global para países subdesarrollados que no tienen la capacidad de establecer sus propias normas y metodologías (Arias, 2013).

Además, debido a los problemas ambientales suscitados en estos últimos años, se planteó establecer procedimientos, metodologías y criterios para minimizar los daños, a través de la creación de los sistemas de certificación por parte de las asociaciones civiles y apoyados por los gobiernos; por ejemplo, la fundación en 1999 del *Consejo Mundial de Construcción Verde (World Green Building Council)*, cuya misión es facilitar la transformación global de la industria de la construcción hacia la sostenibilidad (Arias, 2013).

Los sistemas de certificación se enfocan en el uso correcto de los recursos y generar buenas prácticas durante el ciclo de vida de una edificación: etapa de diseño, construcción y operación. Un aumento entre el 2% y 4% en el costo de la construcción logra un significativo ahorro energético de al menos un 20% (USGBC, 2018). Por lo cual, invertir en una edificación sostenible resulta atractivo para los inversionistas. Además, los proyectos sostenibles tienen como objetivo adicional el bienestar de sus ocupantes y esto ayudará a minimizar el impacto negativo de la industria de la construcción que causa el cambio climático por las emisiones



de gases de efecto invernadero, el consumo de recursos y la pérdida de biodiversidad (Susunaga, 2014).

Por otro lado, las prácticas concretas por el ahorro energético, disminución del impacto ambiental durante el proceso de construcción y restricción de la producción de residuos son algunos de los puntos que se toman en cuenta para definir a un edificio como sostenible y este es un tema que ha ganado importancia en los proyectos actuales del mundo. Debido a ello, la cantidad de edificios de oficinas con certificación LEED y la presencia de la certificación EDGE en el mercado mundial tiene un crecimiento significativo y de igual manera en el mercado peruano (Solano, 2019).

El Perú tiene nuevos compromisos pactados en la COP20 relacionados con el Cambio Climático y los Gases de Efecto Invernadero (GEI), por lo que se inició la tarea de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en la Estrategia Nacional frente al Cambio Climático. Por ello, es importante reducir las emisiones, mejorar los costos y, con mayor énfasis, reducir el consumo de energía de los futuros edificios en el Perú (Cornejo, 2017).

El crecimiento en la industria de la construcción en el Perú es ascendente. De acuerdo al Banco de la Reserva del Perú se pronostica un crecimiento anual de un 7% del PIB y 13% para el sector de la construcción, el cual cuenta con un mercado objetivo en Lima (Becar, 2010). Pese a ello, existe la discusión de cuán sostenibles son realmente estos tipos de edificaciones y de la importancia que se le debe dar a cada aspecto, principalmente entre el medioambiental y social. Además, se debe dar mayor énfasis a la responsabilidad de la toma de decisiones que involucrará el desarrollo sostenible de una edificación en sus tres aspectos y a los cuales se debe dar igual importancia para describir, evaluar y comunicar las consecuencias de las decisiones tomadas (Lutzkendorf, 2010).

Para la categorización de la sostenibilidad de los edificios se cuenta con certificaciones, como LEED, BREEAM, EDGE, entre otras, que utilizan herramientas de medición para cuantificar el aporte a la sostenibilidad de las edificaciones durante la etapa de diseño, construcción u operación. Uno de los procesos importantes es la construcción, si bien, es importante conocer el aporte de esta etapa; sin embargo, el ciclo de vida de una edificación no termina ahí, pues es de suma importancia considerar la etapa de diseño, operación y mantenimiento ya que la reducción de los impactos negativos y el aporte de impactos positivos que puede causar cada una de ellas al medio ambiente es de consideración.

## 2.2. Revisión de la literatura

El enfoque que se genera desde la etapa de la conceptualización de un proyecto se encuentra en evolución y a la vez genera la necesidad de utilizar nuevas tecnologías y materiales que innoven la industria de la construcción (Gobbi, Puglisi & Ciaramella, 2016). Por ello es importante obtener una cuantificación de los impactos positivos por el rehúso de los materiales, el ahorro de los recursos como el agua, energía y la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero generados por el ciclo de vida de una edificación con el fin de mejorar las aplicaciones de nuevos métodos en la concepción y construcción de edificios sostenibles. Además, la tendencia del desarrollo sostenible en las nuevas edificaciones presenta un crecimiento importante en los últimos años, pues se diseñaron y construyeron varias edificaciones en el mundo y en el Perú que optaron por obtener diversas certificaciones medioambientales, cuya finalidad es la cuantificación de los impactos positivos en cuanto al ahorro de recursos invertidos durante su construcción, ahorro de energía, agua durante su operación, brindar un ambiente cómodo y reducir la emisión de CO<sub>2</sub> del usuario.

Como antecedentes se calcula que el sector residencial y de oficinas a nivel mundial, consume el 40% de energía y 20 % de agua potable (Consejo mundial de construcción sostenible, 2012). Asimismo, se analizó el porcentaje de merma que produce la utilización de recursos en Europa en diferentes rubros como el de construcción y vivienda, nutrición, vestimenta y movilidad; el resultado fue que un 30% de la merma es producido por el flujo de actividades del sector construcción. Debido a este problema, en los últimos años se desarrolló una estrategia de eficiencia el cual consistía en la mejora de la calidad energética de los edificios nuevos y existentes para reducir el porcentaje de consumo de recursos y el impacto medioambiental por m<sup>2</sup> de vivienda; sin embargo, el efecto positivo desapareció debido al aumento de la superficie media por habitante que se dedique a la vivienda.

Por ello, se debe de desarrollar una estrategia de suficiencia, el cual consiste en el estudio del estilo de vida y los hábitos de las personas ya que cada vez se torna importante el comportamiento que estos presentan en el mercado. Esta estrategia servirá para analizar el impacto de los diferentes estilos de vida, el cual se puede realizar con las calculadoras de CO<sub>2</sub> que muestra la cantidad de emisión de CO<sub>2</sub> por cada actividad que la persona realiza, todo ello con el fin de concientizar a la sociedad la influencia que tiene en los impactos negativos ambientales y qué actividades se podría cambiar en su estilo de vida para reducir las emisiones de efecto invernadero (Lutzkendorf, 2010).

Además de la utilización de recursos, el sector de la construcción, presenta otros antecedentes, la emisión del 39% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al medio ambiente debido al

consumo de una gran cantidad de energía, genera el 30% de los residuos sólidos y el 20% de la contaminación de las aguas, por lo que ha sido este un tema de enfoque para la creación de políticas y programas que aporten en la reducción de carbono (“Construcción y Emisiones CO<sub>2</sub> a la atmósfera”, s.f.). Una gran mayoría de la energía producida para cumplir con la operación de la construcción es de energía no renovable. El uso constante de estas fuentes de energía ha disminuido el suministro de energía. Por lo tanto, se tiene la preocupación en que la fuente de suministro se pueda extinguir y la preocupación por la seguridad del suministro energía aumente cada día en todo el mundo.

La energía eléctrica consumida en el sector residencial comercial y público de Perú es de 45.1% según el Balance Nacional de Energía del Perú, el segundo sector es el industrial con 26.7% (MINEM, 2009). Por otro lado, existe una relación significativa entre las emisiones de carbono con el consumo de energía que requieren los edificios el cual es un problema que se debe combatir con un enfoque integral de diseño cuyo objetivo es reducir la demanda energética de un edificio a través de una evaluación de los resultados de las diversas medidas de eficiencia energética durante la fase de diseño (Reinhart, 2001). Si se fomentan las prácticas sostenibles de construcción, las futuras emisiones de carbono podrían caer muy por debajo de los niveles actuales (Reinhart, 2001).

Esta toma de conciencia sobre el suministro de energía en el sector de la construcción dio lugar al concepto de edificios sostenibles cuyos objetivos generales son mejorar la calidad de nuestras vidas, aceptar a otras personas y las futuras generaciones, y causar un daño mínimo al medio ambiente y sus recursos (Mc Mullan, 2007). Estos edificios incorporan prácticas de construcción que colaboran en la reducción de energía en la construcción pues están diseñados y contruidos de tal manera que aseguran una vida sana en la condición para los ocupantes. La innovación en técnicas de construcción, materiales y conceptos de diseño resulta que una edificación sostenible sea funcional y eficiente al presentar menores impactos negativos en el medio ambiente (Libedinsky, 2011).

Por la necesidad de edificaciones sostenibles, numerosos sistemas de certificaciones ambientales fueron desarrollados en los últimos años con la intención de que las construcciones sean eficientes en términos de consumo energético (mayor eficiencia energética) y agua y se minimice el desperdicio de materiales durante su fabricación. Para garantizar que se cumplan los niveles de fabricación sostenible, existen organizaciones industriales que establecen estándares de calidad ambiental. Se evalúa el nivel de eficiencia de las edificaciones con base en parámetros sostenibles como la eficiencia uso del agua y la energía, materiales, tanto en la fase de diseño como en las fases de construcción (Bautista, 2017).

En el caso de los nuevos edificios que se encuentran en proceso de diseño, la certificación es una herramienta para el cumplimiento con ciertos parámetros de construcción. Para los edificios existentes, la certificación se utiliza entre edificios similares y se evalúa el grado de cumplimiento de los parámetros en que en un edificio antiguo se implementa desde el momento de su construcción. Como muchos de los edificios existentes fueron construidos antes de que la eficiencia energética se convirtiera en un tema importante de la política gubernamental, la certificación de edificios existentes puede hacer más que proporcionar calificaciones, por ejemplo, identificar medidas para mejorar el rendimiento energético en los mismos (Arkesteijn, 2010).

Entre los diversos sistemas de calificación de edificios introducidos en todo el mundo a nivel nacional e internacional se encuentran BREEAM (Reino Unido), LEED (Estados Unidos y Canadá) y CASBEE (Japón), estos ayudan al usuario del edificio en determinar el nivel de desempeño ambiental de la estructura. Ellos otorgan créditos a las características del edificio que aportan a las categorías del diseño ecológico, tales como la ubicación del edificio, el mantenimiento del edificio, la conservación del agua, la energía, la reutilización de los materiales de construcción, la calidad del ambiente y la salud de los ocupantes. El número de créditos otorgados en la evaluación determina el nivel de logro de la certificación (Bautista J., Loaiza, N. 2017). A continuación, se presenta las principales certificaciones actualmente utilizadas por país:

- Estados Unidos: LEED, EDGE
- Reino Unido: BREEAM
- Países Bajos: BREEAM Netherland
- Brasil: AQUA / LEED Brasil
- Francia: HQE
- Alemania: DGNB / CEPHEUS
- Singapur: Marca Verde
- Japón: CASBEE
- Sudáfrica: Green Star SA
- China: GBAS
- Nueva Zelanda: Green Star NZ

Se considera que LEED y BREEAM son las dos herramientas de evaluación de edificios más importantes en el mundo utilizadas para la certificación de edificios. Muchos de los otros sistemas de calificación de edificios ecológicos establecidos han adoptado enfoques similares. En Perú las más utilizadas son LEED Y EDGE.

### 2.2.1. Construcción sostenible

El concepto de construcción sostenible “se refiere a las mejores prácticas durante todo el ciclo de vida de las edificaciones (diseño, construcción y operación), las cuales aportan de forma efectiva a minimizar el impacto del sector de la construcción en el cambio climático por sus emisiones de gases de efectos invernadero, el consumo de recurso y la pérdida de biodiversidad.” (Consejo colombiano de construcción sostenible, 2012).

El concepto de construcción sostenible se introdujo por primera vez gracias a que se empezó a tomar en consideración el impacto en el medio ambiente teniendo como consecuencia los cambios climáticos globales tales como la escasez de suministro de energía, el aumento de la temperatura el cual afecta el entorno de los seres vivos, entre otros. El constante crecimiento del CO<sub>2</sub> en la atmósfera terrestre ha hecho, con mayor urgencia, la búsqueda de las alternativas energéticas renovables. La implementación de sistemas sostenibles genera importantes beneficios como la disminución del promedio, en 30% de ahorro en energía, 35% de carbono, entre 30 y 50 % de agua y entre 50% y 90% de otros desechos, además de considerar la mejora en la salud y la productividad de los usuarios (Susunaga, 2014).

Se debe tener claro el concepto de construcciones sostenibles en la industria de la construcción ya que se observa dos enfoques diferentes desarrollados en cuanto al concepto de diseños sostenibles: edificaciones basadas en la eficiencia y edificaciones sostenibles. La primera se enfoca en la satisfacción del usuario y en cumplir con requisitos medioambientales y económicos; mientras que la segunda se enfoca en aspectos de la salud debido a la construcción ecológica, mejora medioambiental y, la más importante, la calidad energética, pero no se enfoca en el aspecto económico como desarrollar el flujo de caja, costo del ciclo de vida (CCV) y la estabilidad del valor (Lutzkendorf, 2010).

Para el análisis de una edificación sostenible existen diferentes perspectivas en cuanto a lo que se desea analizar. Por ejemplo, al realizar un modelamiento de un parque inmobiliario, en Europa se dio prioridad a la conservación y mejora de la calidad del ambiente y a la calidad energética de edificios existentes, mientras que en China se priorizó el análisis del flujo másico y de la energía del proceso de construcción de edificios nuevos, la tendencia por el uso del espacio, la calificación del suelo y la identificación de los efectos sobre el medio ambiente. Por lo que se recomienda priorizar los parámetros importantes de acuerdo a los objetivos que se desea obtener como edificación sostenible.

## 2.2.2. Tipos de certificaciones

Existen otras certificaciones que se desarrollaron a lo largo de los años, siendo la más utilizada la certificación LEED. La aplicación para las edificaciones que se desea que lleguen a ser sostenibles, depende de la utilización de la certificación en cada país y de la decisión del cliente. A continuación, se presentarán las certificaciones más importantes que se encuentran vigentes en el mundo.

### HQE (FRANCIA)

La certificación HQE, por sus siglas en francés, se basa en cuatro objetivos generales, la Eco-construcción, eco gestión, confort y salud. Los dos primeros se relacionan con el impacto que el edificio tiene al medio ambiente, los otros dos se enfocan a las condiciones ambientales que se brinda al usuario. Según la Alianza para la Construcción Sostenible (Sustainable Building Alliance) “el sistema de certificación HQE es aplicado a través de tres organismos de certificación diferentes: Certivéa (parte no residencial), Cerqual (alojamiento en grupo) y Cequami (vivienda individual).” Esta certificación tiene categorías de evaluación que son las siguientes: Energía, Medio Ambiente, Salud y Confort. Las categorías presentan una calificación de cinco tipos: Pasa, Buena, Muy bueno, Excelente y Excepcional.

El proceso de certificación tiene tres etapas: Inicio, Auditoría y Certificación. En el Inicio el solicitante pide una aplicación al proceso y describe los objetivos ambientales a completar a la autoridad pertinente. HQE tiene como objetivo la integración de los productos de construcción, los sistemas y procesos, gestionar los residuos para obtener una baja contaminación, además de brindar un confort acústico y una óptima calidad del aire al cliente, según lo señalado en “Alta calidad medioambiental (HQE) y sus objetivos” (s.f).

### BREEAM

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). Fue originado en 1990 en el Reino Unido enfocado en la sostenibilidad durante el diseño, construcción y uso de edificios. Fue el primer esquema de evaluación ambiental para edificios en el mundo y es considerada como líder en el mercado mundial pues cuenta con más de 200,000 edificaciones certificadas en el Reino Unido y otros países, además de tener presencia en el 80% del mercado europeo. Impulsa a los sectores de la construcción a la innovación y trata de incrementar la utilidad a los inversores. Sus características de evaluación la hacen adaptable a distintos tipos de climas y condiciones locales según lo mencionado en el manual técnico “BREEAM International New Construction 2016” (2015).

Esta certificación tiene estándares según el tipo de edificación y de la etapa que se quiera certificar. Evalúa los impactos en diez categorías: Gestión, Salud y Bienestar, Energía, Transporte, Agua, Materiales, Residuos, Uso ecológico del suelo, Contaminación e Innovación. En los tipos de edificaciones se tiene: centros de data, Educativos, Salud, Industrial, Uso mixto, Oficinas, Residenciales, Retail y Otros. Según las etapas del proyecto se tiene el Master planning de comunidades, infraestructura, ingeniería civil y dominio público, nuevas construcciones en uso y renovación y acondicionamiento. El sistema de certificación BREEAM tiene cinco niveles de certificación, el cual depende del puntaje acumulado: Pasante, Bueno, Muy Bueno, Excelente y Sobresaliente (“Breeam, el certificado de la construcción sostenible”, s.f.).

## **VERDE**

VERDE es la certificación otorgada por la GBCe, Green Building Council España que presenta su enfoque en la parte medioambiental, social y económica. Propone una metodología para la evaluación de la sostenibilidad basándose con el cumplimiento de las cinco Ps: Personas, como calidad de bienestar y vida; Prosperidad, como desarrollo económico local; Planeta, como protección al entorno; Paz, como concordia y armonía; y Pacto, como implicación y compromiso entre las personas (“Edificios Verdes”, 2018). Con lo mencionado se tiene como objetivo la evaluación de la calidad ambiental interior, la gestión de los recursos, la integración social y la calidad técnica del edificio.

Al igual que otras certificaciones, esta también se divide según la clase de proyecto: Nueva edificación VERDE (VERDE NE), Rehabilitación VERDE (VERDE RH), Desarrollos urbanos (VERDE DU) y Rehabilitación y Nueva Edificación (VERDE RESIDENCIAL) (“Edificios Verdes”, 2018). Los criterios de evaluación se agrupan en seis áreas temáticas: selección del sitio, proyecto de emplazamiento y planificación; calidad del espacio interior; energía y atmósfera; calidad del servicio; recursos naturales e impacto socio económico. Los proyectos se clasifican en 6 niveles de certificación en base del impacto evitado: cero hojas VERDE; una hoja VERDE; dos hojas VERDE; tres hojas VERDE; cuatro hojas VERDE; cinco hojas VERDE (Frade, 2018).

## **AQUA**

La Certificación AQUA fue creado en 2007 y se desarrolla en el mercado de Brasil. Es una adaptación de la certificación francesa HQE (Haute Qualité Environnementale) ya que presenta la misma estructura y principios. Se puede aplicar en edificios residenciales, comerciales, administrativos y servicios que están construidos o en proceso de construcción

(Frade, 2018). El sello tiene tres niveles de clasificación: Base, Buenas Prácticas y Mejores Prácticas, dispone de catorce categorías que evalúan los requisitos de la construcción y se describe en tres niveles diferentes: bueno, superior y excelente (Frade, 2018).

## **DGNB**

El sistema DGNB fue desarrollada el 2009 por el Consejo de Construcción Sostenible de Alemania, DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) por sus siglas en alemán. Es utilizado en todo el mundo y se considera el más avanzado y pionero entre los sistemas de certificación global cuyo método de evaluación se basa en la evaluación del ciclo de vida de una construcción.

El objetivo de su desarrollo fue para ayudar a que las organizaciones mejoren la sostenibilidad tangible de los proyectos de construcción. Ofrece una herramienta de planificación y optimización para evaluar edificios sostenibles y distritos urbanos (urbanizaciones o barrios). Se basa en el concepto de sostenibilidad holística (da un énfasis igualitario al medio ambiente, personas y viabilidad comercial), según en el “DGNB System Version 2018” (2018). Otro objetivo es promover edificaciones que sean sostenibles y económicamente eficientes. La sostenibilidad es abarcada desde un punto de vista diferente en comparación de otras certificaciones ya que valora factores socioculturales y económicos, incluye a la sociedad como responsable del cuidado del medio ambiente y cambio climático, integrándola a su plan de trabajo y no dejándola para futuras generaciones (Álvarez, 2018).

La evaluación abarca sesenta criterios en aspectos ecológicos, económicos, socioculturales y funcionales; técnicas, procesos y ubicación, en función del perfil de uso. Las categorías de la certificación estándar DGNB para los edificios completados son Oro, Plata o Bronce. Asimismo, se otorga un pre-certificado DGNB para la evaluación de los proyectos de construcción que se encuentren en fase de planificación o de construcción (Eraikal, 2012).

## **CASBEE**

CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) es una certificación fundada en Japón el 2001 planteada como el sistema asiático de mayor empuje cuyo objetivo es contribuir con el compromiso que tiene Japón en disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 25%. En el año 2008 se amplió su visión a incorporar la evaluación del ciclo de vida del edificio y la generación de CO<sub>2</sub> de las edificaciones. Actualmente cuenta con más de treinta y cinco edificios certificados en Japón y presenta un crecimiento en su tendencia a internacionalizarse (Arias, H. 2013).



El artículo "CASBEE Certification emblem" (2016) señala que CASBEE comenzó como un sistema de regulación ambiental para asentamientos humanos desarrollado en la década de los sesenta, luego fue constituido como un método de evaluación del desempeño ambiental de los edificios, el cual fue desarrollado pensando en que debe estar estructurado para premiar asentamientos humanos y edificaciones, de manera que sea un incentivo para diseñadores y proyectistas; debe ser simple; debe ser aplicable a la mayor parte de las edificaciones que componen a una ciudad y; debe tener especial énfasis en resolver problemas para la región de Asia.

Presenta siete sistemas de carácter internacional en su aplicación por tipos de edificaciones: Para Edificaciones Nuevas, Casas, Desarrollo Urbano, Áreas Urbanas + Construcciones, Ciudades y Comercios. CASBEE diferencia sus áreas de medición en dos grandes grupos: Grupo "Q" referente a la calidad ambiental interior del edificio y el Grupo "L" referente a la carga ambiental que recibe el medio ambiente exterior, este último se mide en un área de influencia del edificio a evaluar delimitado por una frontera ficticia proporcional al tamaño del edificio. El sistema de certificación CASBEE tiene cinco grados de certificación: Excelente, Muy bueno, Bueno, Regular y Pobre ("CASBEE Certification emblem", 2016).

Debido a la variedad de certificaciones existentes en el mundo, se compararon dos de las certificaciones más conocidas de las presentadas líneas arriba y la certificación LEED. La siguiente Tabla 1 muestra los distintos criterios que se utilizaron para la evaluación de estas certificaciones y los puntajes obtenidos por cada una. De los resultados se puede observar que LEED y BREEAM obtuvieron los mayores puntajes, ya que son certificaciones de bases consolidadas y de alta inversión. Por otro lado, CASBEE queda en tercer lugar, pero se proyecta a ser del mismo nivel que LEED y BREEAM (Nguyen and Altan, 2011).

Tabla 1. Comparativo de tres certificaciones de edificaciones sostenibles

CATEGORÍAS	BREEAM	LEED	CASBEE
Popularidad e influencia	10	10	6
Disponibilidad	7	7	7
Metodología	11	10	13
Aplicabilidad	13	13	11.5
Proceso de recolección de datos	7	7	6
Precisión y verificación	8	7	9
Facilidad de uso	8	10	6
Desarrollo	8	8	7
Presentación de resultados	3	3	4
<b>PUNTAJE TOTAL</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>69.5</b>

*Nota.* Recuperado de Nguyen, B. y Altan H. (2011). Comparative Review of five sustainable rating systems. Coyright 2011.

### 2.2.3. Certificación LEED

La certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) creado por el World Green Building Council en la última década del siglo XX y desarrollado por la USGBC (U.S. Green Building Council) en el año 1998, es un sistema de certificación de edificios sostenibles basado en incorporar en los proyectos aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental interior, la eficiencia del consumo de agua, el desarrollo sostenible de los espacios libres de la parcela y la selección de materiales (Susunaga, 2014).

El sistema es en base a puntos LEED que se obtienen por el cumplimiento de criterios de construcción sostenible. Se cuenta con seis principales categorías y uno adicional en la versión v3 - LEED 2009, cada una de ellas posee créditos con las cuales se evalúa la sostenibilidad de la edificación. Cabe resaltar que antes de acceder a la matriz de la evaluación, los proyectos deben cumplir determinados prerrequisitos para calificar a la certificación.

### Objetivos de LEED

En la “Guía de Conceptos Básicos de LEED y edificios ecológicos” (s.f), se menciona que el principal objetivo de LEED es minimizar el impacto ambiental y la transformación de la

forma en que se diseña, se construye y se opera las edificaciones y su entorno por medio de los niveles de certificación que cumplan con objetivos que engloban los tres aspectos importantes del concepto de desarrollo sostenible: sociedad, ambiente y economía.

Estos objetivos en los que se enfoca la certificación LEED son el ahorro de energía, promover el uso eficiente del agua, además de la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante la reutilización de los desechos sólidos, materiales y el mayor uso de transporte público. Por otro lado, se busca el mejoramiento de la calidad del ambiente interno, la gestión de recursos, brindar un ambiente que influya de manera positiva en la salud de las comunidades y pensar en la protección del hábitat. Por último, es importante pensar en la reutilización adaptativa, es decir, diseñar y construir una estructura de manera que en el futuro sea apta para un uso diferente al uso actual.

### **Tipo de edificaciones LEED**

En el artículo “Rating system selection guidance” (Setiembre de 2011) la cantidad de puntajes otorgados por categoría (criterios de evaluación por créditos) depende del tipo de edificación, estos son los siguientes:

**Nuevas Construcciones (LEED NC):** Diseñado para las actividades de construcción de edificios nuevos y renovaciones importantes de edificios existentes.

**Core and Shell (CS):** En estos proyectos el desarrollador controla el diseño y la construcción en el núcleo y cubierta, este involucra el sistema mecánico, eléctrico, de plomería y de protección contra incendios, mas no el diseño y la construcción del equipamiento del inquilino.

**Edificios Existentes (LEED EB: O & P):** Diseñado para construcciones comerciales y de oficinas que ya se encuentran en operación y mantenimiento. Tiene por objetivo maximizar la eficiencia operativa y reducir los impactos ambientales. Se ocupa de la limpieza y mantenimiento, programas de reciclaje, programas de mantenimiento exterior, sistemas y actualizaciones. Se aplica a edificios existentes que buscan la certificación LEED por primera vez y a proyectos previamente certificados bajo LEED NC.

**Viviendas (LEED for Homes):** Este sistema promueve el diseño y construcción de alto rendimiento para viviendas. Estas viviendas usan menos energía, agua y recursos naturales, genera menos residuos y son confortables para los usuarios. Presentan menor reducción de emisiones de gases de invernadero y una menor exposición a los hongos, moho y otras toxinas en el interior.

**Desarrollo de Barrios (LEED ND):** Para nuevos proyectos de desarrollo de terrenos o de reurbanización que contengan usos residenciales, no residenciales o una combinación. Pueden estar en cualquier etapa, desde la planificación conceptual hasta la construcción.

Colegios (LEED SC): Para edificios compuestos de espacios de aprendizaje centrales y auxiliares en los terrenos de escuelas. Integra los principios de diseño inteligente que debe tener los edificios de educación superior y edificios no académicos que se encuentran en los campus escolares.

Retails (LEED Retail): Está diseñado para los inmuebles que tienen uso como tiendas departamentales o de auto servicio. Este es el único que está compuesto de dos sistemas: LEED Retail for New Constructions and Major Renovations y LEED Retail for Commercial Interiors, de esta manera se abarca para los dueños del inmueble y para los arrendatarios.

Centros de salud (LEED HC): diseñado para inmuebles que tienen como finalidad el cuidado para la salud como hospitales, consultorios, Centros de Rehabilitación Integral y Centros de Investigación médica, etc.

### **Niveles de certificación LEED**

La puntuación máxima es de 100 puntos; además de seis posibles puntos en ID y cuatro puntos en PR. El número de puntos obtenidos determina el nivel de certificación LEED que el proyecto recibirá. Estos niveles de certificación LEED son certificado (LEED Certificate): 40 a 49 puntos; Plata (LEED Silver): 50 a 59 puntos; Oro (LEED Gold): 60 a 79 puntos y; Platino (LEED Platinum): 80 o más puntos.

### **Créditos Regionales LEED por categoría**

LEED evalúa cada categoría y otorga los puntajes por créditos regionales de acuerdo a las características cumplidas por el proyecto. Las categorías principales LEED son Sitio Sostenible (SS), Eficiencia del agua (WE), Energía y Atmósfera (EA), Materiales y Recursos (MR), Calidad Ambiental de los Interiores (IEQ) e Innovación en el Diseño (ID), este último atiende las medidas de diseño que no están cubiertas dentro de las cinco primeras categorías ambientales; la categoría adicional es Prioridad Regional (PR). Cabe mencionar que la cantidad de créditos y el puntaje parcial que tiene cada categoría depende del tipo de edificación a certificar, la información detallada se encuentra en las tablas del Anexo A, B y C. los puntajes parciales de los tres tipos de edificaciones que se considerará para el análisis del tema de tesis. A continuación, se desarrolla el concepto que involucra cada categoría mencionada:

Tabla 2. Descripción de las categorías de la versión 3 de la certificación LEED. Adaptado del manual "LEED v3 for Building Design and Construction (2009)

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
<b>Sitio sostenible (SS)</b>	<p>Se evalúa la innovación en las técnicas para reducir las consecuencias negativas de los edificios en su entorno local y regional. La sección identifica oportunidades para impulsar el transporte alternativo mediante el uso del coche eléctrico para el transporte del usuario y la fácil accesibilidad al transporte público, esto ayuda a reducir la producción de CO<sub>2</sub>. También involucra la recolección adecuada y el uso de agua de lluvia, minimizar las contaminaciones de luz y reducir el efecto de la isla de calor son pocos puntos.</p>
<b>Eficiencia Hídrica (WE)</b>	<p>La categoría promueve las estrategias del manejo del agua potable y aguas residuales con el fin de disminuir el consumo de agua por usuario dentro del edificio y en el exterior del mismo (riego de jardines), así como disminuir el impacto de contaminación de las aguas residuales.</p>
<b>Energía y Atmósfera (EA)</b>	<p>El objetivo de esta categoría es disminuir el consumo y suministro de energía emitidos en el edificio pues se sabe que la electricidad, el agua y el gas natural constituyen el mayor costo durante el uso de los edificios. LEED premia el diseño eficiente de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) y las mediciones basadas en el desempeño de los sistemas del edificio, así como la generación de energía renovable.</p>
<b>Materiales y Recursos (MR)</b>	<p>La construcción de los edificios produce una gran cantidad de residuos durante la construcción de las edificaciones. La sección de material y recursos tiene como objetivo minimizar los residuos, desviar los residuos producidos durante la construcción lejos de los vertederos y fomentar el reciclaje de dichos materiales y hacer uso de materiales disponibles localmente que reduce los impactos ambientales. Por lo tanto, recompensa las políticas de construcción que presentan prácticas responsables de adquisiciones y estrategias eficaces de la gestión de residuos.</p>
<b>Calidad del Ambiente Interior (IEQ)</b>	<p>La Calidad Ambiental Interior afecta tanto la salud del ocupante como la comodidad del interior. La sección IEQ se enfoca en el uso de materiales de baja emisión, iluminación diurna y calidad de iluminación, posibilidad de acceder a las vistas desde el interior, el confort térmico en las áreas de vida y la gestión de la calidad del aire interior (IAQ) que aborda la eficacia de la ventilación y el control de la humedad y contaminantes.</p>

<b>Diseño de proceso e Innovación (ID)</b>	Las estrategias para operar edificios de manera más sostenible evolucionan y mejoran constantemente, por ello esta sección se enfoca en brindar a los solicitantes la oportunidad de obtener cuatro puntos adicionales mediante la implementación de proyectos innovadores que no se reconocen en ninguna otra categoría.
--	---

Cabe mencionar que en enero del 2019 se actualizaron las categorías de evaluación y se tiene una categoría adicional que es de Ubicación y Transporte (LT) pero no se considerará para las edificaciones con esta última versión de la certificación LEED ya que existen muy pocos casos en Perú. Se muestra un resumen con la diferencia de puntajes entre los tipos de edificación, NC: New Construction, CS: Core & Shell y EB: Existing Building.

Tabla 3. *Puntajes por categoría por tipo de edificación de la versión 3 de la certificación LEED. Adaptado del manual "LEED v3 for Building Design and Construction (2009)*

<b>CATEGORÍAS</b>	<b>NC</b>	<b>CS</b>	<b>EB</b>
Sitio sostenible	26	28	26
Eficiencia Hídrica	10	10	14
Energía y Atmósfera	35	37	35
Materiales y Recursos	14	13	10
Calidad del Ambiente Interior	15	12	15
Innovación en el Diseño u Operación	6	6	6
Créditos de Prioridad Regional	4	4	
<b>PUNTAJE TOTAL</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	<b>106</b>

#### 2.2.4. LEED y sostenibilidad

LEED es un sistema de certificación de edificios verdes internacionalmente reconocido que fue desarrollado en EE.UU. por el GBC (Green Building Council) en marzo de 2000. Promueve el desarrollo de la construcción a través de una serie de sistemas de calificación que reconocen proyectos que implementan estrategias para mejorar el desempeño ambiental y sanitario. LEED tiene la intención de ser lo suficientemente flexible para aplicar en todos los tipos de edificios, tanto comerciales como residenciales. La implementación de LEED se da en todo el ciclo de vida de la edificación, desde el diseño, construcción, hasta la operación y mantenimiento. Para la calificación, primero es necesario seleccionar el sistema de clasificación apropiado. LEED clasifica los edificios bajo tipologías, cada una de las cuales tiene un conjunto único de calificación en directrices para la certificación: New Construction (NC), Existing Building: Operaciones y Mantenimiento (EB: O & M), Interiores Comerciales (CI), Core & Shell (CS), Escuelas (SCH), Salud (HC), Hogares y Desarrollo de vecindarios

(ND). Esta información se menciona en el manual “LEED v3 for Building Design and Construction (2014).

### **2.2.5. Certificación EDGE**

Según el artículo “EDGE Methodology Report, version 2.0” (2018), EDGE es un sistema de certificación presenta en más de 140 países, cuenta con un aplicativo software de diseño de edificaciones ecológicas y una plataforma de edificios ecológicos que cumplen con un estándar de construcción ecológica”. Es una innovación del International Finance Corporation (IFC), miembro del Grupo del Banco Mundial (World Bank Group).

EDGE permite el descubrimiento de soluciones técnicas en la etapa inicial de diseño para reducir el impacto ambiental y los gastos de operación. Esto se realiza previo a la introducción de la información del proyecto y la selección del usuario sobre las medidas verdes, los ahorros operativos de la edificación y la reducción de las emisiones de carbono. Su aplicación se da en los siguientes tipos de edificaciones: hogares, hospitales, oficinas, hoteles, edificios comerciales y edificios educativos; para obtener la certificación deben presentar un porcentaje mínimo de 20% en el ahorro del consumo de energía, uso de agua y el consumo de energía incorporada en los materiales. Al obtener los porcentajes de los ahorros mencionados, se obtiene como uno de los resultados la cuantificación del ahorro de toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

### **Metodología de EDGE**

La Metodología EDGE muestra cómo se establece un caso base, describe la base del modelo; cómo se calcula la demanda energética, agua, iluminación y cargas de enchufes; y cómo las condiciones del clima local influyen en los resultados. Para la medición del porcentaje de ahorro de cualquier modelo de edificación, se compara con un modelo base que ya presenta ciertas características. EDGE se basa en las siguientes consideraciones: condiciones climáticas de la ubicación, el tipo de construcción y uso de los ocupantes, el diseño y especificaciones y la orientación de edificación (para tipos de edificaciones seleccionados). Las consideraciones mencionadas interactúan para generar la energía proyectada y el consumo de agua del edificio, así como la energía incorporada de los materiales de construcción. Los resultados de EDGE son más concisos a medida que la información del proyecto introducido por el usuario se actualice y sea más detallado, lo que genera que el modelo sea sensible y dinámico. La información de eficiencia energética, eficiencia en el consumo de agua y eficiencia energética incorporada que se introduce en el

software EDGE se mencionan a continuación. Toda la información se describe en el artículo “EDGE Methodology Report, version 2.1” (2018).

### **Eficiencia energética:**

El cálculo del consumo de energía se realiza en kilovatios-hora/mes del proyecto y se basa en los datos introducidos en la sección “Diseño” y debido a la reducción energética lograda a través de la selección de varios parámetros que se incorporan en el proyecto para disminuir el consumo energético, estos son los siguientes:

Tabla 4. *Parámetros EDGE que genera una eficiencia energética. Adaptado de “Guía del usuario de EDGE. Versión 2.1”*

<b>Parámetros</b>	<b>Descripción</b>
Reducción de la proporción de vidrio en la fachada exterior	Es el ratio de vidrio y muro usado en la fachada
Dispositivos de control solar externo	El factor promedio de sombreado sugerido para la línea mejorada depende de la ubicación
Pintura reflectiva / tejas para techo	Utiliza el área de techo y el material/color que utiliza para calcular el albedo
Pintura reflectiva para paredes exteriores	Utiliza el área de paredes y el material/color que utiliza para calcular el albedo
Aislamiento del techo	Se debe elegir el material de aislamiento y área utilizada. Esto impactará negativamente en la categoría de energía incorporada en los materiales.
Aislamiento térmico de paredes externas	Se debe elegir el material de aislamiento y área utilizada. Esto impactará negativamente en la categoría de energía incorporada en los materiales.
Vidrio con revestimiento de baja emisividad	Aísla los ambientes, no permite que el calor/frío se escape del ambiente
Vidrio de alto rendimiento térmico	Se refleja el ahorro cuando se marca
Aislamiento para envolvente de almacenamiento en frío	Cuando se mejore el rendimiento térmico de paredes, losas o vidrios de ventanas.
Ventilación natural con ventanas	Se consigue una disminución de la transferencia de calor con ventanas polarizadas o de baja emisividad
Ventiladores de techo	Contribuye a aumentar el confort humano al promover la evaporación de la transpiración
Sistema de aire acondicionado	Usar sistemas de aire acondicionado con un coeficiente de desempeño superior al valor establecido en el caso base



Aire acondicionado con enfriador por aire	Esta medida se basa en sistemas de refrigeración por compresión mecánica. Los enfriadores enfrían el agua, que luego se hace circular para refrigerar.
Aire acondicionado con enfriador por agua	Esta tecnología es similar a la de los enfriadores por aire; la principal diferencia es que se utiliza agua, en lugar de aire, para refrigerar el condensador.
Sistema de refrigeración con flujo de refrigerante variable (FRV)	Un sistema FRV utiliza refrigerante como medio para la transferencia de calor. El equipo de diseño debe demostrar que el sistema alcanza una eficiencia (COP) superior al 3,5.
Enfriador por absorción que usa el calor residual	Es un tipo de dispositivo de refrigeración del aire que absorbe el calor residual en lugar de energía eléctrica para refrigerar. Los enfriadores deben alcanzar una eficiencia superior al 70%
Economizadores de aire (clima exterior favorable)	Se está aplicando esta medida cuando las unidades manejadoras de aire del sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) utilizan economizadores de aire.
Sensor de CO <sub>2</sub> /ventilación controlada por demanda para el ingreso de aire fresco	Al instalar sensores en áreas principales y cubrir al menos el 50% del edificio, la ventilación mecánica puede apagarse cuando no es necesaria, con la consiguiente reducción del consumo de energía.
Sistema de intercambio de calor tierra-aire para acondicionar el ingreso del suministro de aire	Se aplica esta medida para ventilar o para enfriar o calentar previamente el aire que ingresa al sistema de aire acondicionado.
Sistema de velocidad variable (VSD) en los ventiladores de las torres de enfriamiento	Los ventiladores con VSD ofrecen una mayor confiabilidad del sistema y un mejor control del proceso. Con este sistema se reduce el consumo de energía.
Unidades de frecuencia variable (VSD o VFD) en UMA	Los motores con VSD utilizan un dispositivo electrónico que permite modular la velocidad de los motores de los ventiladores en función de la demanda real de calentamiento/enfriamiento.
Bombas con sistemas de velocidad variable (VSD)	Los VSD permiten controlar y regular la velocidad del flujo en función de la carga del sistema de HVAC. Por ende, la instalación de bombas con VSD en el sistema de refrigeración/calefacción permitirá reducir el consumo de energía.
Bomba de calor geotérmica	Estas bombas son una alternativa limpia que emplea fuentes de energía renovables y confiables. Se utilizan para calefaccionar y refrigerar edificios mediante la absorción del calor natural de la tierra.
Sistema de calefacción y refrigeración radiante	Se aplica este sistema cuando al menos el 50 % de la superficie del edificio está acondicionado por un sistema de refrigeración o calefacción radiante.

Recuperación del calor sensible del aire de salida	Ayuda a reducir el consumo de combustibles fósiles en los edificios y reduce los costos operativos al brindar una fuente de calor útil para calefaccionar espacios y, en algunos casos, para refrigerarlos.
Caldera de condensación de alta eficiencia para calefacción	Reduce la energía necesaria para satisfacer la carga de calefacción del edificio si el combustible a seleccionar es el gas. Las calderas de condensación pueden tener una eficiencia de hasta el 97%.
Recuperación del calor residual del generador	Ayuda a reducir significativamente el consumo de combustibles fósiles en edificios, reducir los costos operativos y limitar las emisiones contaminantes al brindar calor útil para calefacción.
Bombillas ahorradoras de energía	Las lámparas de bajo consumo, que producen más luz con menos energía en comparación con las bombillas incandescentes estándar, reducen el consumo de energía para iluminación de un edificio.
Controles de iluminación	Se logra colocando sensores de ocupación para evitar que queden luces encendidas cuando la habitación está desocupada o sensores fotoeléctricos cuando hay suficiente luz natural.
Sensores de ocupación	En baños, salas de conferencias y cubículos cerrados
Sensores fotoeléctricos	En espacios internos
Energía solar fotovoltaica	La instalación de paneles solares fotovoltaicos reduce la cantidad de electricidad que se consume de la red.
Otra energía renovable	El uso de electricidad generada a partir de combustibles fósiles, como el carbón.

### **Eficiencia en el consumo de agua:**

El cálculo del consumo de agua se realiza en kilolitros/mes del proyecto y se basa en los datos introducidos en la sección "Diseño" y debido a la reducción lograda a través de la selección de varios parámetros que se incorporan en el proyecto para disminuir el consumo energético, estos son los siguientes:

Tabla 5. *Parámetros EDGE que genera una eficiencia en el consumo del agua. Adaptado de “Guía del usuario de EDGE. Versión 2.1”*

<b>Parámetros</b>	<b>Descripción</b>
Duchas de bajo flujo	Instalar duchas de bajo flujo sin afectar negativamente la funcionalidad. El flujo de la ducha puede ser bajo como 6 L/min.
Grifos de bajo-flujo en todos los baños	Instalar aireadores y grifos de cierre automático para lavabos y fregaderos. El valor base es de 2 L/min.
Sanitarios con uso eficiente de agua	Instalar sanitarios de doble descarga ya que descarga menos agua al no requerir una descarga completa. Los valores mejorados son de 6 L para la primera descarga y 3 L para la segunda.
Urinarios con uso eficiente de agua	Instalar urinarios de bajo flujo reduce el uso agua en las descargas. El valor mejorado es de 2 L/descarga.
Grifos de cocina con uso eficiente de agua	Instalar grifos de cocina de bajo flujo reduce el uso agua y el consumo de agua caliente, de ese modo, el consumo de energía destinada a calentar el agua. El valor base es de 4 L/min.
Válvulas rociadoras de bajo flujo para el lavabo la vajilla	Instalar válvulas de lavabo de bajo flujo reduce el consumo de agua en comparación con el enjuague manual de la vajilla. El valor base es de 6 L/min.
Lavavajillas con uso eficiente de agua	Instalar lavavajillas instaladas en el edificio. El valor base es de 4 L/min.
Lavadoras de carga frontal con uso eficiente de agua	El uso de estas lavadoras permite reducir el agua destinada al lavado de ropa, ahorros de energía debido a la reducción del uso de agua caliente, un mejor rendimiento en la limpieza de la ropa, un menor desgaste de las telas y, por lo general, un menor uso de detergente.
Sistema de recuperación del agua de enjuague para el lavado de ropa	Al recuperar el agua de los ciclos de enjuague de las lavadoras, se puede reducir el consumo de agua del suministro municipal.
Sistema de recuperación de agua condensada	Los edificios se benefician ya que no requiere demasiado tratamiento y permite ahorrar agua para otros fines dentro del edificio y para jardinería.
Jardinería con uso eficiente de agua	Los jardines al aire libre con consumo eficiente de agua permiten reducir el consumo de agua y el costo de fertilizantes y mantenimiento, al mismo tiempo, preservar el hábitat de plantas y vida silvestre.
Sistema de recolección de agua de lluvia	El agua de lluvia recolectada debe reutilizarse en el predio del proyecto y debe demostrarse que reemplaza el suministro municipal.

Sistema de tratamiento y reciclaje de aguas grises	Con este reciclaje se reduce el consumo de agua y la carga sobre la infraestructura local de abastecimiento de agua y alcantarillado.
Sistema de tratamiento y reciclaje de aguas negras	Permite tratar toda el agua residual generada por los usos internos como los sanitarios y la cocina. Esta agua residual se reutiliza en el predio del proyecto como las descargas de sanitarios, el sistema de HVAC, la limpieza del edificio o el riego de las superficies ajardinadas.

### **Eficiencia energética incorporada en los materiales:**

El cálculo del consumo de agua se realiza en megajulios del proyecto y se basa en función de las dimensiones del edificio y los materiales seleccionados en la sección “Materiales” que se incorporan en el proyecto para disminuir el consumo energético, estos son los siguientes:

Tabla 6. *Parámetros EDGE que genera una eficiencia energética incorporada en los materiales. Adaptado de “Guía del usuario de EDGE. Versión 2.1”*

<b>Parámetros</b>	<b>Descripción</b>
Losa de piso y entrepiso	Reducir la energía incorporada en los materiales con una losa de piso que presente menor proporción de energía incorporada que una losa típica. La especificación será de las plantas intermedias.
Construcción de techos	Seleccionar la especificación que más se asemeje a la cubierta indicada e incluir su espesor y su contenido de varillas de acero de refuerzo.
Paredes externas	Seleccionar la especificación que más se asemeje a las paredes externas e incluir su espesor.
Paredes internas	Seleccionar la especificación que más se asemeje a las paredes internas e incluir su espesor. Este puede incidir en el rendimiento acústico.
Acabado de piso	Seleccionar la especificación que más se asemeje al acabado de piso. Este puede influir en el rendimiento acústico.
Marcos de ventanas	Seleccionar la especificación que más se asemeje a las ventanas especificadas. La elección del material de los marcos de ventana afectará el rendimiento térmico.
Aislamiento	Seleccionar un aislamiento en las paredes y el techo del edificio con un grado bajo de energía incorporada.

### **Ahorro de CO<sub>2</sub> durante el uso:**

Se puede obtener con el software EDGE el ahorro de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en toneladas de CO<sub>2</sub>/año basándose en el consumo final de energía multiplicado por el factor de emisión de CO<sub>2</sub> para la generación de electricidad de la red.

#### **2.2.6. Experiencias en el mundo**

Se realizó una evaluación de la gestión de la sostenibilidad y seguridad en construcciones de viviendas en México. El enfoque de esta investigación fue crear un modelo que incluya parámetros de sustentabilidad en la construcción y la seguridad en el trabajo. Este modelo tiene como características su fácil uso, la revisión de parámetros, enfoques de gestión y sostenibilidad, la relevancia de cada criterio y su aplicación en otros casos a futuro (Ramos, 2016).

De los resultados de este modelo se puede apreciar que los usuarios aún consideran que la construcción sostenible presenta un sobre costo, el cual no están dispuestos a asumir. De la misma forma, en el caso de la seguridad, las empresas solo cumplen con las normas básicas de seguridad y no se preocupan en identificar, en el caso de la construcción sostenible, los orígenes de los incidentes que generan los sobre costos; y en el caso de la seguridad, las causas de casusas de accidentes laborales ni mecanismos para la prevención de riesgos (Ramos, 2016).

### **PROYECTOS CON CERTIFICACIÓN LEED**

La cantidad de proyectos certificados por LEED son alrededor de 100,983 en el mundo y en el Perú se cuenta con 149 proyectos certificados desde el 2015 hasta la actualidad, siendo alguno de ellos en el Perú:

#### **1. Campus UTEC**

Se encuentra en el distrito de Barranco, Lima, inaugurado en diciembre de 2015. Obtuvo la certificación LEED en la categoría Nueva Construcción en el nivel plata (Silver). Se reconoció la edificación de espacios responsables con el medio ambiente y cuyo diseño permite el uso eficiente de los recursos naturales, asimismo, demostró una alta eficiencia energética y sostenibilidad a costo cero. El campus universitario permite optimizar consumos mediante innovadoras estrategias de diseño y sistemas.

El diseño del campus considera la dirección e intensidad del viento para proveer espacios cómodos sin la necesidad de implementar un sistema de ventilación mecánica. De

igual forma, la orientación y arquitectura considera las tendencias de sol y sombra para generar un ahorro máximo en energía eléctrica. La edificación permite la reducción de 19% de consumo de energía, un ahorro de 41% del uso del agua y para su construcción se usó 34% de materiales reciclados, señalado en un artículo de UTEC "Perú logra nueva certificación LEED por campus universitario de UTEC" (s.f).

## **2. Planta de Lindley**

La megaplanta se ubica en Trujillo. Hace dos años la Corporación Lindley, embotellador de The Coca-Cola Company en Perú, recibió la Certificación LEED en la categoría Nueva Construcción, nivel oro (Gold), con un puntaje de 63/110. Presenta un ahorro en el consumo de energía entre 24% a 50% debido al menor uso de iluminación, calefacción, ventilación y aire acondicionado.

Asimismo, un artículo del diario Gestión "Planta de Lindley en Trujillo es primera instalación industrial con certificación LEED en Perú" (2014) señala que la planta logró una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) entre un 33% a 39%, en el uso del agua del 40% y una disminución de hasta 70% en la generación de residuos. "Esta certificación también es un reconocimiento a la preservación de la biodiversidad, a través de la reducción de los materiales utilizados en la construcción y la promoción del uso de materiales sostenibles", señaló la Corporación Lindley.

## **3. Wong Panorama**

En centro comercial se encuentra ubicado en el distrito de Surco, Lima. Recibió la certificación LEED en la categoría Commercial Interiors, nivel plata (Silver) con un puntaje de 54/110. Wong Panorama cumple con los criterios de construcción sostenible como el ahorro de agua, energía, materiales y recursos, innovación en el diseño y calidad ambiental en los interiores. Los equipos mecánicos de alta eficiencia energética permiten el ahorro de 45% de consumo de agua potable y 18% de energía en iluminación, además cuenta con un plan de acopio y reciclaje de residuos que le permite promover el cuidado del medio ambiente, según el artículo "Perú: Supermercados Wong logra segunda certificación LEED" (12 de diciembre del 2018).

## **PROYECTOS CON CERTIFICACIÓN EDGE**

En cuanto a la certificación EDGE, existen 113 casos en el mundo que han obtenido la certificación o están en proceso de obtención. Dentro de estos casos se encuentran 06 proyectos peruanos, de los cuales cinco proyectos son del tipo vivienda. A continuación, se mencionarán tres proyectos con certificación EDGE en el mundo:

## **1. Zevenwacht Lifestye**

Este proyecto se encuentra ubicado en Sudáfrica, y consta de un conjunto de viviendas y departamentos que incluye un centro de salud. El ahorro de energía de este complejo es de 26%, el cual se logró con la reducción del ratio muro-ventana, techos aislados, iluminación ahorradora y sistema de calefacción de agua con energía solar. En cuanto al ahorro de agua, se logró un 32% con duchas y grifería de bajo flujo e inodoros de doble flujo. El ahorro de energía incorporado en los materiales fue de 45%, esto se logró con tejas de micro-cemento sobre techos de madera y ladrillos huecos con yeso interno y externo. Finalmente tuvo un ahorro final de 105.24 tCO<sub>2</sub>/año (Zevenwacht Lifestyle Estate, Julio de 2018).

## **2. Hermano Lobo 88**

Localizado en San Borja, Lima, Perú. Este proyecto cuenta con una ubicación estratégica que permite que los usuarios puedan acceder a distintos servicios de primera necesidad debido a la corta distancia. El ahorro de energía de este complejo es de 24%, se logró con la reducción del ratio muro-ventana y el uso de iluminación ahorradora. En cuanto al ahorro de agua, se logró un 42% con grifería de bajo flujo para baños y cocinas e inodoros con flujo único. El ahorro de energía incorporado en los materiales fue 42%, se logró con losas de concreto y ladrillos huecos con yeso interno y externo. Finalmente tuvo un ahorro final de 21.2 t CO<sub>2</sub>/año (Hermano Lobo 188, mayo de 2018).

## **3. Verde Two Monteverde Tower**

Este proyecto, ubicado en Yakarta, Indonesia, es un complejo de departamentos exclusivos que cuenta con 124 unidades y variedad de amenidades para interiores y exteriores. El ahorro de energía de este complejo es de 39%, se logró con la reducción del ratio muro-ventana, vidrios de baja emisividad, aire acondicionado e iluminación de energía eficiente. En cuanto al ahorro de agua, se logró un 20% con duchas, grifería para baños y cocinas de bajo flujo e inodoros con flujo dual. El ahorro de energía incorporado en los materiales fue 37%, se logró con losas de concreto más delgadas, bloques de concreto celular livianos y enchapes de piedra para pisos. Finalmente tuvo un ahorro final de 0.04 tCO<sub>2</sub>/año (Verde Two Monteverde Tower, diciembre de 2017).

### 3. METODOLOGIA

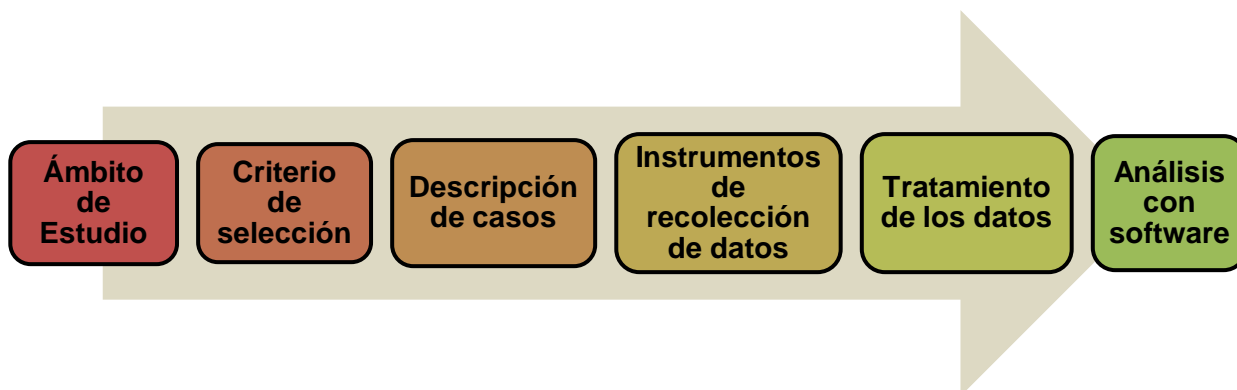


Figura 1: Diagrama de flujo de la Metodología

#### 3.1. **Ámbito del estudio**

El siguiente tema de investigación tiene como alcance el estudio de las edificaciones por tipo de edificación LEED (New Construction, Core&Shell y Existing Building) y por tipo de certificación LEED (Silver y Gold), con la importancia de poder analizar la sostenibilidad que presentan durante su construcción, operación y mantenimiento. La investigación se enfocará en el análisis de los parámetros de la sostenibilidad de dichos edificios con certificación LEED en el Perú y se concluirá si realmente existe un impacto positivo en la sostenibilidad que generen los parámetros mencionados.

Por otro lado, también se realizará el procedimiento de comparación de dos edificios con certificación LEED, Silver y Gold, con el uso del software EDGE, con el propósito de obtener una evaluación cuantitativa a nivel de porcentajes de ahorro de la eficiencia energética, consumo del agua y la energía incorporada en los materiales. De esta manera, poder concluir la verdadera aportación al medio ambiente, a la sociedad y a la economía en cuanto a la disminución de impactos negativos que los edificios presenten en los resultados.

#### 3.2. **Criterios de selección**

Las edificaciones que se estudiaron se encuentran ubicadas en Perú y tienen una certificación LEED de categoría Silver y Gold para poder realizar el análisis de sus parámetros. No se estudiaron los edificios de categoría Platino debido a la poca cantidad de edificios que se certificaron con dicho nivel en Perú. Se tomaron en cuenta el tipo de edificación LEED pues la importancia de la investigación es analizar los criterios de sostenibilidad de las construcciones para así concluir cuál de ellos son los que más cumplen las edificaciones en el Perú.



Se realizó una filtración de todas las edificaciones con los criterios mencionados para poder desarrollar una matriz en la cual se muestre la puntuación de cada edificación con respecto a los parámetros de evaluación. De esta forma se muestran dos matrices, la primera muestra la lista de edificaciones que cuentan con certificación LEED en la categoría SILVER (Anexo D) y otra lista con las que cuentan con la categoría GOLD (Anexo E), con ellas se seleccionaron sólo las edificaciones que sean uno de los tres tipos de edificación: New Construction, Core & Shell y Existing Building. Con esta selección se obtuvo una nueva matriz de las edificaciones que cumplen con los parámetros establecidos para el análisis de las mismas (Anexo F), esta selección sirvió para el análisis estadístico. Posteriormente, se escogieron más del 50% de proyectos por tipo de certificación y tipo de proyecto para el análisis con las tablas dinámicas.

### **3.3. Descripción de casos**

Para el siguiente tema de tesis se estudiaron todos los proyectos de Perú que cuentan con certificación LEED, estos fueron extraídos de la página del USGBC. A continuación, se escogieron los proyectos con certificación Silver y Gold por la alta cantidad de casos que obtuvieron estas categorías. Luego de esta selección, se distinguieron tres tipos de proyectos con cantidades relevantes en cada uno: Core&Shell, New Construction y Existing Building. Los casos a estudiar en esta tesis pertenecen a esto tres grupos, y se analizarán las fichas de puntaje, tanto con las tablas dinámicas como con el análisis estadístico, para identificar la importancia y capacidad de cada categoría en el aporte a la sostenibilidad.

Para el último análisis se utilizó el programa EDGE, en el cual se colocaron los datos del edificio seleccionado por categoría: Silver y Gold. Se colocó información técnica como materiales de los acabados, área del edificio, ubicación, tipos de luminarias, aparatos sanitarios, tipo de ventilación del edificio, área de vidrios de la fachada, entre otros, con el fin de obtener el ahorro energético, hídrico y de energía incorporada en los materiales. Los proyectos seleccionados para el análisis son Silver - Core&Shell: "Edificio A" consta de catorce pisos y ocho sótanos destinados a oficinas y estacionamientos el cual presenta un área construida aproximada de 26846 m<sup>2</sup>; y el último, Gold - New Construction: "Edificio B" el cual consta de cuatro pisos y dos sótanos que se utilizan como ambientes de estudio y presenta un área promedio construido de 9312 m<sup>2</sup>.

### **3.4. Instrumentos de recolección de datos**

Durante la primera etapa de la investigación se recolectó las fichas de puntaje de los proyectos filtrados para poder obtener las puntuaciones parciales de las categorías de la

certificación LEED, con esta información se desarrolla las matrices que se analizaron (Anexo F). En la segunda etapa se obtuvo la información técnica de dos edificaciones por tipo de certificación LEED, como las partidas del proyecto, memoria descriptiva, especificaciones técnicas y planos de arquitectura, instalaciones sanitarias, eléctricas y mecánicas. Con esta información se podrá evaluar el porcentaje de ahorro en energía, agua y energía incorporada en los materiales con el software EDGE.

### **3.5. Tratamiento de los datos**

Para el tratamiento de los datos según los parámetros escogidos, se seleccionaron los edificios de acuerdo a los tipos de proyectos que se mencionaron y que tengan las certificaciones Silver y Gold. La primera parte de la investigación consistió en analizar los puntajes parciales de las categorías y los créditos de cada proyecto, obtenidos de las fichas de puntaje, para definir su influencia en el puntaje total de los proyectos que obtuvieron la certificación LEED en el Perú.

Este análisis se realizó de dos maneras, primero con la utilización de tablas dinámicas donde se observa el porcentaje de cumplimiento tanto por categoría como por crédito de las categorías y; segundo, se introducirán las matrices (Anexo F) que contienen los puntajes parciales por categoría de los proyectos seleccionados al programa estadístico SPSS.

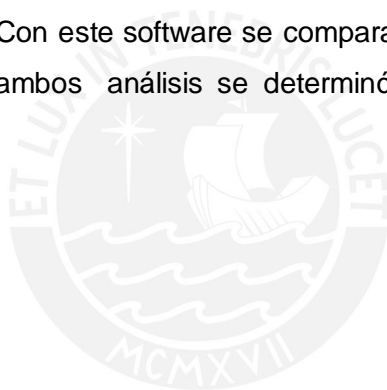
La segunda parte de la investigación consiste en el análisis de dos proyectos (uno por cada tipo de certificación – Silver y Gold), que hayan obtenido la certificación LEED, con el software EDGE para obtener los porcentajes de ahorro en energía, agua y energía incorporada en los materiales, estos son importantes para determinar el aporte de los proyectos a la sostenibilidad.

### **3.6. Software de análisis**

Para el análisis estadístico de las fichas de puntaje se usó el programa estadístico SPSS. Este programa ofrece técnicas de recolección de datos y analítica predictiva para solucionar múltiples problemas empresariales y de investigación. Brinda varias técnicas, que incluyen pruebas de hipótesis lo que facilita la gestión de los datos, la selección y la ejecución de análisis y el intercambio de resultados, así como análisis multivariados y de sobrevida (IBM Perú, 2017). Con este programa se pudo identificar la importancia y el aporte de cada categoría de la certificación LEED en la sostenibilidad.

Además, se realizó el análisis de sostenibilidad, para ello se compararon dos edificaciones en estudio con el software EDGE, el cual es una innovación de la Corporación Financiera Internacional (IFC) que tiene como característica el promover la construcción ecológica de edificaciones de manera rápida, práctica, sencilla y asequible en países emergentes en vías de desarrollo, es decir, países que tienen un crecimiento rápido en su actividad económica. La evaluación de esta certificación se basa en el ahorro de energía (MWh/año), ahorro de agua ( $m^3/año$ ) y ahorro de energía incorporada en los materiales (GJ).

Este software permite ingresar datos de los artefactos de luminarias, aire acondicionado y agua caliente, algunos procesos constructivos y materiales utilizables en el proyecto. Con todos estos datos se calcula el gasto energético, consumo de agua y el impacto que el proyecto presenta. Este software cuenta con resultados de un modelo línea base y respecto a ella se observa cuán sostenible puede llegar a ser un diseño de proyecto, también se puede ir variando el mismo hasta obtener un porcentaje de reducción deseado en costos con respecto al modelo base. Con este software se compararon las dos edificaciones y con los resultados obtenidos de ambos análisis se determinó el aporte de cada uno a la sostenibilidad.



## 4. RESULTADOS

### 4.1. Créditos y categorías. Análisis de las certificaciones

En este análisis se obtiene el porcentaje de cumplimiento de las categorías y los créditos establecidos en la certificación LEED. Cabe mencionar que en todos los tipos de proyectos el porcentaje de cumplimiento es mayor para la categoría GOLD que para SILVER, debido a que para este último se necesita menor puntaje para la obtención de la certificación LEED. Asimismo, la evaluación se realiza por tipo de proyecto, conservando el siguiente orden: New Construction, Core & Shell y Existing Building ya que los créditos de cada categoría varían en concepto, puntajes y cantidades.

#### 4.1.1. NEW CONSTRUCTION

En Perú se cuenta con trece proyectos con los siguientes tipos de certificaciones mostrados en la tabla 7. Se analizarán los casos Silver y Gold, para ello se evaluarán entre el 50% y 100% de casos totales de fichas de puntaje, en este caso, seis casos con certificación Silver y cuatro con certificación Gold. Los proyectos se encuentran mencionados en el Anexo F.

Tabla 7. Cantidad de proyectos del Perú de tipo New Construction

Tipo de certificado	Número de proyectos	Ciudad	Categoría LEED
CERTIFIED	1	Yucay	LEED BD+C: New Construction v3
CERTIFIED	1	Urubamba	LEED BD+C: New Construction v3
CERTIFIED	1	Lima	LEED BD+C: New Construction v3
SILVER	6	Lima	LEED BD+C: New Construction v3
GOLD	4	Lima	LEED BD+C: New Construction v3

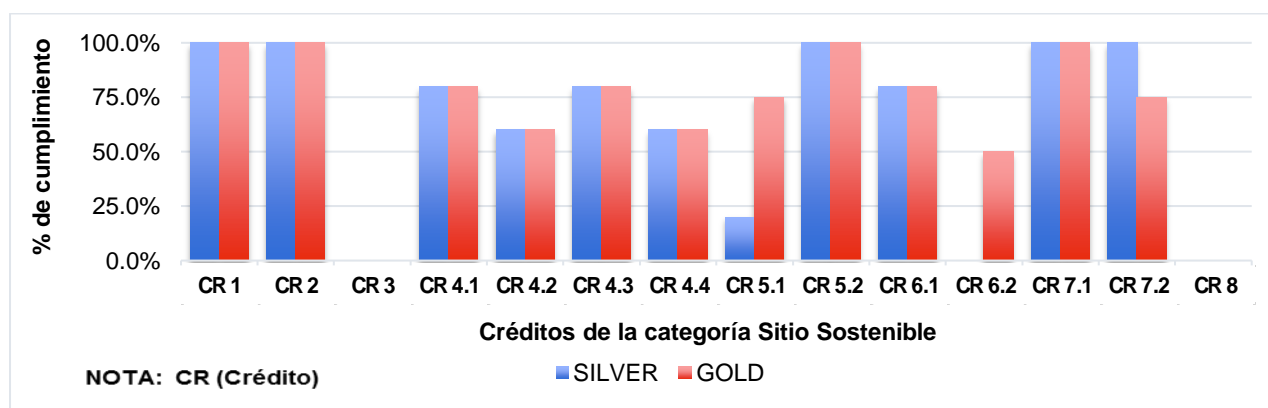
El proceso se basó en hallar los porcentajes de cumplimiento por cada crédito teniendo como resultado el cálculo del porcentaje de cumplimiento ponderado en base al puntaje total, se realizará el mismo análisis para el cumplimiento de cada categoría en base al puntaje parcial del mismo. El objetivo es comparar los porcentajes de cumplimiento por categoría y crédito de acuerdo al tipo de certificación (Silver y Gold) y evaluar el valor que aporta a la sostenibilidad parametrizado por la certificación LEED.

#### Análisis por crédito:

Los puntajes máximos por crédito en la certificación LEED para proyectos New Construction se observa en el Anexo A. Los resultados obtenidos del análisis realizado por categoría y crédito, en el cual se observa el porcentaje de cumplimiento de ambos, se muestran en los siguientes gráficos de barras:

### a. Sitio Sostenible

Se muestra en la *Figura 2* que cuatro créditos presentan un 100% de cumplimiento en ambas certificaciones (Silver y Gold) y cinco créditos, un cumplimiento mayor al 50%; en conclusión, catorce de los quince créditos se cumplen en esta categoría tanto para Silver como Gold. Por el contrario, dos créditos no presentan ningún puntaje de cumplimiento, el primero es: “Crédito 3: Reurbanización de suelos contaminados o abandonados” (puntaje de cumplimiento: uno) que consiste en construir sobre suelos contaminados o abandonados que hayan recibido un previo tratamiento, la posibilidad de cumplimiento es escasa debido a la alta inversión que se requiere. El segundo crédito es el “Crédito 8: Reducción de contaminación luminosa” (puntaje de cumplimiento: uno), el mismo análisis se aplica para entender el motivo del porqué los inversionistas no invierten esfuerzo en cumplir con este crédito.



*Figura 2:* PCC de la categoría Sitio Sostenible - NC

Con este resultado se muestra la accesibilidad en cuanto al cumplimiento de casi todos los créditos de esta categoría, la cual involucra el uso de transportes alternativos, desarrollo del entorno, entre otros, esto debido a las condiciones favorables y el estilo de vida que brindan los ciudadanos y las ciudades de Perú. En resumen, el porcentaje de cumplimiento ponderado para las edificaciones Silver es de 73%, mientras que para las edificaciones Gold es de 76%.

### b. Eficiencia Hídrica

Se muestra en la *Figura 3* el cumplimiento del “Crédito 1: Paisajismo con uso eficaz del agua” (puntaje de cumplimiento: cuatro), el cual oscila entre el 50% y 63%, esto indica que es posible llegar a cumplirse con una mayor inversión o esfuerzo. Para el “crédito 2: Tecnologías innovadoras de aguas residuales” (puntaje de cumplimiento: dos) ningún proyecto Silver cumple y en Gold sólo el 50% de proyectos obtienen puntaje; esto debido a la cantidad menor de puntaje que se otorga y a la alta inversión que implica implementar

tecnologías para tratar aguas residuales. Por el contrario, todos los proyectos, tanto para Silver y Gold, cumplen con el “Crédito 3: Reducción del uso del agua” (puntaje de cumplimiento: cuatro), debido a la fácil accesibilidad de implementar accesorios que utilicen menor caudal de agua y que permitirá un ahorro importante, a largo plazo, en el consumo de agua durante la operación y mantenimiento de la edificación, además del alto puntaje que se otorga por su cumplimiento.

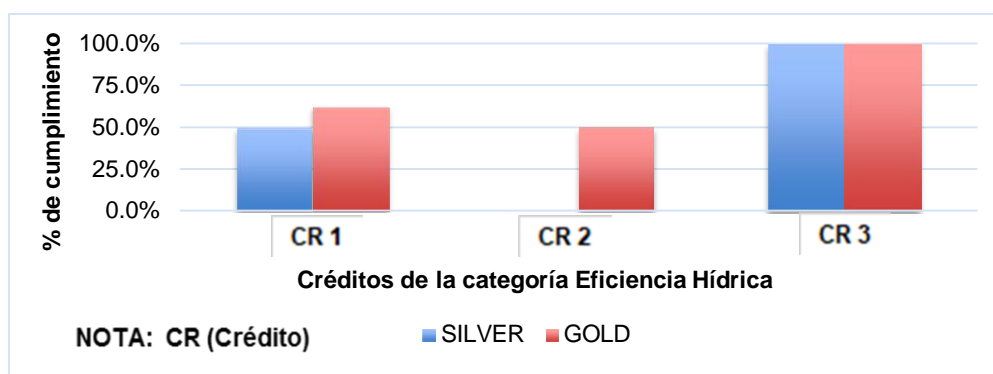


Figura 3: PCC de la categoría Eficiencia Hídrica - NC

### c. Energía y Atmósfera

La categoría Energía y Atmósfera se enfoca en la optimización del desempeño de la energía y la implementación, gestión y seguimiento del uso de energías renovables. Esta categoría es importante debido a la cantidad del puntaje total que LEED establece (35 puntos). Sin embargo, el esfuerzo por cumplir con los créditos no se ve reflejado en la *Figura 4*, en el cual se observa que los proyectos Silver no cumplen con el “Crédito 2: Energía renovable en el sitio” y “Crédito 3: Comisionamiento mejorado”; con los otros créditos presenta un cumplimiento menor de 40% a excepción del “Crédito 6: Energía verde” (puntaje de cumplimiento: dos), que presenta un cumplimiento del 60%.

En el caso de los proyectos Gold presentan un mayor porcentaje de cumplimiento en casi todos los créditos, con dos créditos entre el 25% y 45%, tres créditos entre 50% y 100% de cumplimiento y un crédito no cumplido. En resumen, se tiene un cumplimiento ponderado de los proyectos Silver de 22% y Gold de 38%, no es tan alto pero la inversión realizada se compensa con la cantidad de puntaje obtenido y el ahorro de consumo de energía a largo plazo durante el uso de las instalaciones.

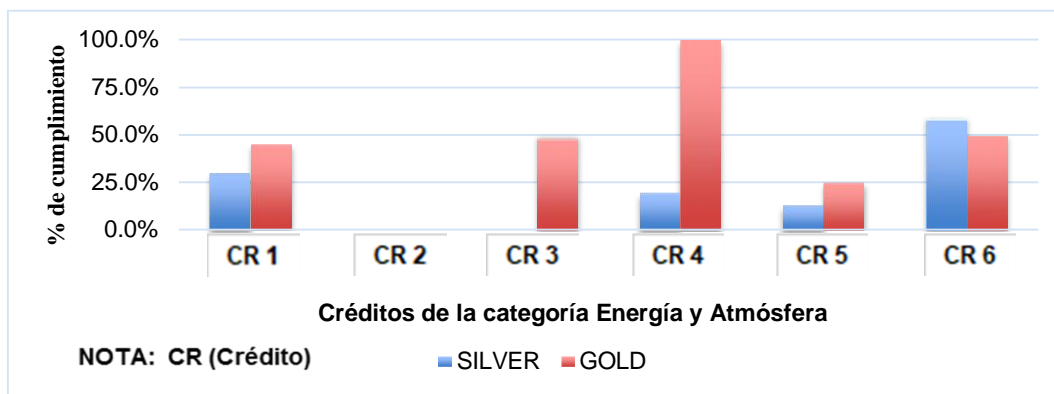


Figura 4: PCC de la categoría Energía y Atmósfera – NC

#### d. Materiales y Recursos

En cuanto a los materiales, se muestra en la *Figura 5*, como análisis general, que el cumplimiento de los créditos de esta categoría es muy bajo, los proyectos Silver y Gold no cumplen con cuatro créditos (representan el 50% de créditos) que implica el rechazo de materiales, elementos estructurales y no estructurales existentes en los edificios y el uso de materiales renovables. Sólo se cumple en su totalidad con el “Crédito 5: Materiales Reciclados” (puntaje de cumplimiento: dos), debido al fácil acceso al recurso y el costo bajo que implica el suministro de estos materiales. Los proyectos Silver cumplen sólo dos créditos con más de 80% y uno lo cumple con el 20%, mientras los proyectos Gold cumplen más del 50% sólo con tres créditos y un crédito con 25%.

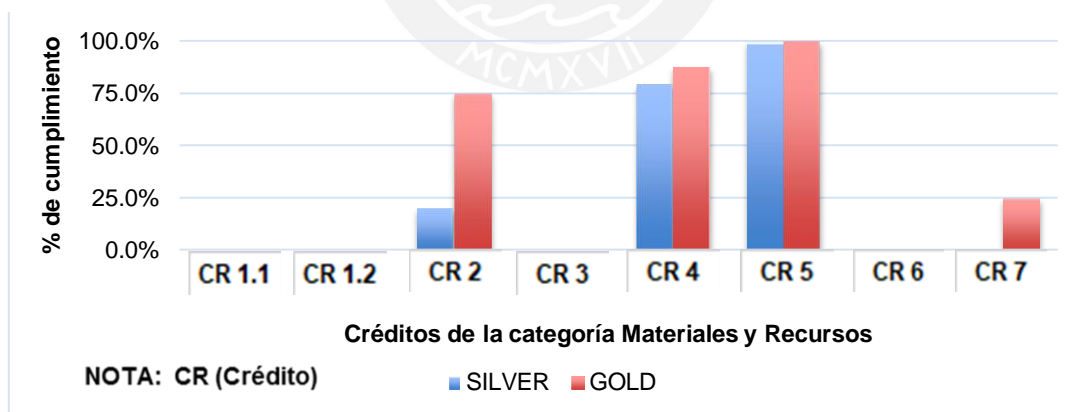


Figura 5: PCC de la categoría Materiales y Recursos – NC

#### e. Calidad del Ambiente Interior

En esta categoría, todos los créditos presentan como máximo puntaje de uno. En la *Figura 6* se observa un cumplimiento promedio del 50% en los créditos. Esto quiere decir que es accesible el cumplimiento de los créditos para la obtención de la certificación a pesar de que cada crédito tiene puntaje uno. Los créditos no cumplidos por ningún proyecto son “Crédito 1: Monitoreo de suministro de aire exterior” y el “Crédito 4.4: Materiales de baja

emisión: madera compuesta y productos de agrifibra” debido a la alta inversión que esto conlleva y al impacto mínimo en el puntaje total. En síntesis, se analiza que los proyectos optan por obtener un puntaje entre diez y trece puntos de los quince en esta categoría que aporten en el puntaje total para la obtención de la certificación LEED y, en consecuencia, genera un ambiente confortable para el usuario y positivo para el desarrollo de sus actividades debido al control del sistema de iluminación, diseño del confort térmico y del flujo del aire por los ambientes interiores del proyecto.

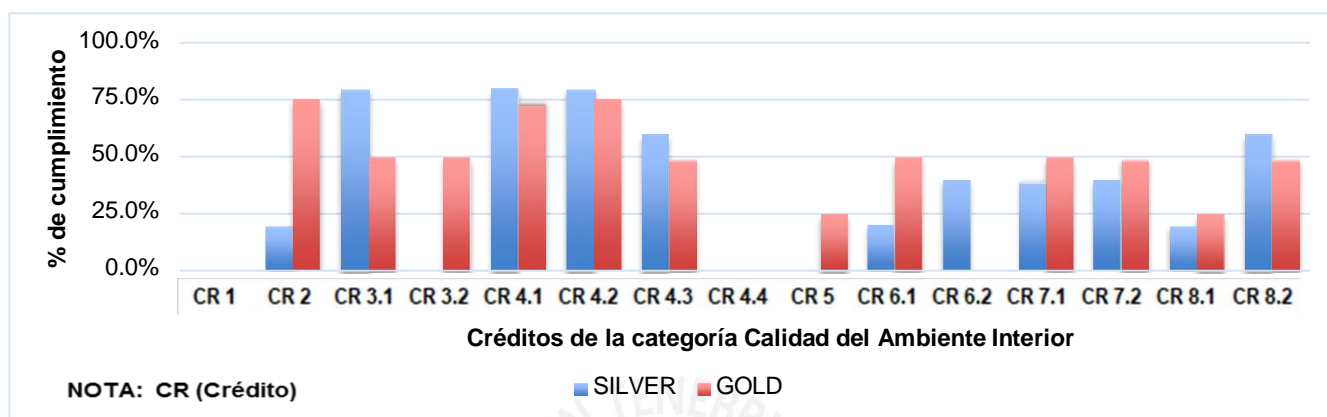


Figura 6: PCC de la categoría Calidad del Ambiente Interior - NC

## f. Diseño de proceso e Innovación

Esta categoría tiene un mayor cumplimiento, entre el 90 y 92%, que las demás ya que no requiere de tanto esfuerzo ni costos elevados en comparación de las otras categorías cuyos objetivos se enfocan en obtener los beneficios importantes al ahorrar la energía, reutilizar los recursos y brindar un ambiente de calidad al usuario. Como se observa en la *Figura 7*, el “Crédito 1: Innovación en el diseño” (puntaje de cumplimiento: cinco), reconoce a los proyectos por su desempeño excepcional en los créditos de LEED establecidos y por presentar características ecológicas e innovadoras que no están contempladas en el sistema de clasificación de LEED. Es decir, basta con adicionar alguna característica ecológica distinta pero práctica de realizar y de manera automática se obtiene los cinco puntos, lo cual demuestra, la menor inversión de recursos y costos (el inversor puede optar por innovaciones no tan costosas en su país) versus el alto puntaje que se obtiene.

En el caso del “Crédito 2: Profesional LEED acreditado” todos los proyectos cumplen debido a que es imprescindible la presencia de un profesional certificado LEED para el desarrollo del diseño sostenible del proyecto enfocado en implementar nuevas tecnologías, recursos y análisis. Estos créditos, como se observa el *gráfico 6* los cumplen todos los proyectos que desean obtener la certificación LEED.



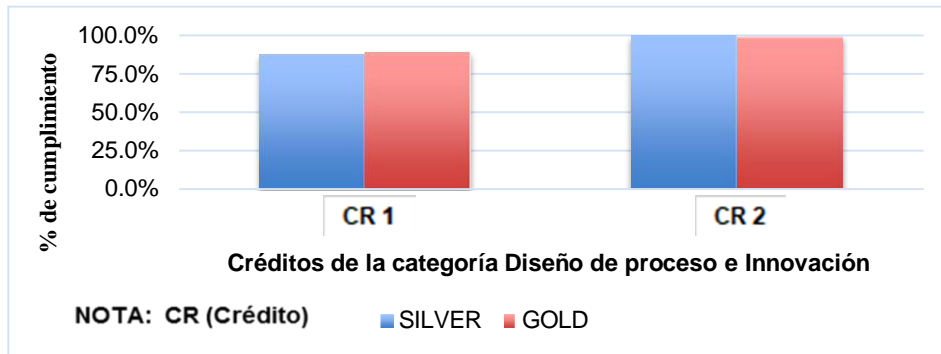


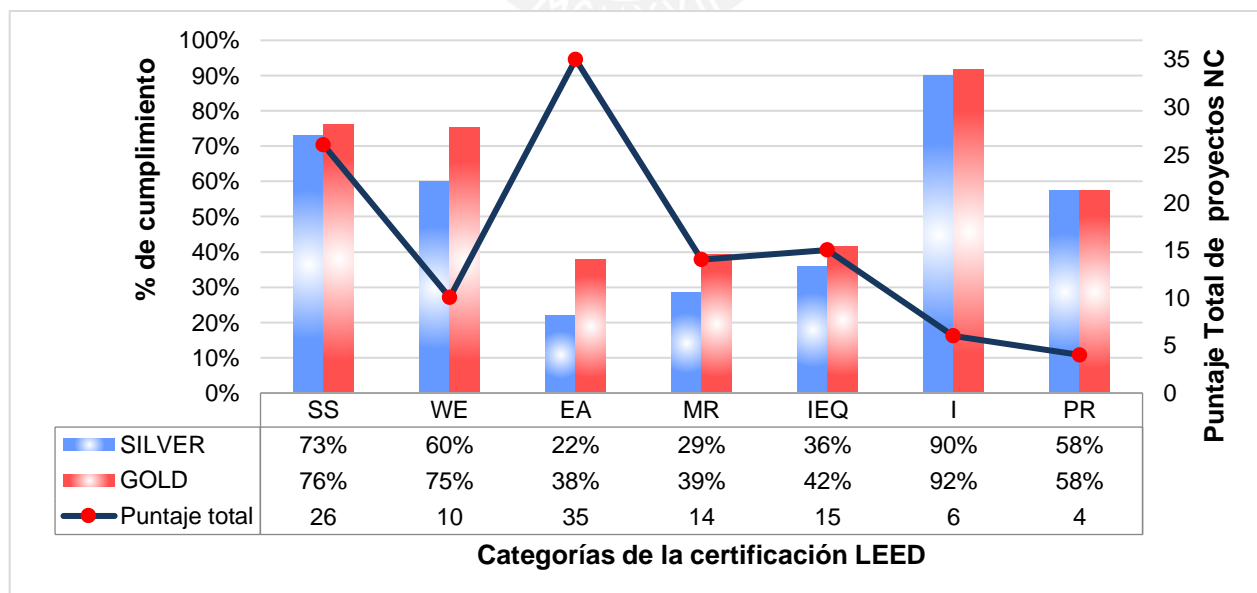
Figura 7: PCC de la categoría Diseño de proceso e Innovación - NC

### g. Prioridad Regional

Esta categoría funciona más como un sistema de puntos extras por el cumplimiento de ciertos créditos en las categorías anteriores. Esto puede usarse de tal manera que se cumplan los créditos que se sabe que otorgarán puntajes extras en esta última categoría, facilitando la suma de puntos para la certificación. Lo mencionado se cumple para todos los tipos de certificaciones LEED.

#### Análisis por categoría:

Se obtuvo el resumen del análisis realizado a cada crédito de las categorías de los proyectos New Construction, este se muestra en la *Figura 8*, en el cual se muestra el porcentaje de cumplimiento por categoría de los proyectos que tienen certificación Silver y Gold.



NOTA: SS\_Sitio Sostenible, WE\_Eficiencia Hídrica, EA\_Energía y Atmósfera, MR\_Materiales y Recursos, IEQ\_Calidad Interior del Ambiente, I\_Diseño de Proceso e Innovación, PR\_Crédito de Prioridad Regional

Figura 8: Porcentaje de cumplimiento por categoría de los proyectos New Construction

De este análisis realizado se obtiene que las categorías con mayor influencia en el desarrollo sostenible son los que presentan menor porcentaje de cumplimiento como se observa en la Tabla 8. El cumplimiento de las categorías EA, IEQ y MR es menor al 50%, esto debido a la menor accesibilidad de inversión, gestión y recursos en el cumplimiento de los créditos en el Perú. En cuanto a las categorías SS y WE se observa que su cumplimiento es mayor a 60% lo cual es favorable en cuanto al ahorro del agua durante el uso del edificio y la reducción de las consecuencias negativas de los edificios en su entorno local y regional.

Tabla 8. *Porcentaje de cumplimiento de las categorías de tipo de proyectos New Construction*

Importancia	Parámetros	Punt. total	%Cumpl.
1	EA	35	30%
2	SS	26	75%
3	IEQ	15	39%
4	MR	14	34%
5	WE	10	68%
6	I	6	91%
7	PR	4	58%

La elección del nivel de importancia de las categorías se definió de acuerdo a la cantidad de puntajes parciales que la certificación LEED otorga a cada una de ellas

Pero el enfoque debe centrarse en invertir en las innovaciones y nuevas tecnologías del proyecto para el cumplimiento de las categorías que generan un mayor impacto en la sostenibilidad, como EA, IEQ y MR, independientemente de la cantidad de puntos obtenidos. La comparación de Costo vs Beneficio debe orientarse a un enfoque sostenible y no sólo económico.

#### 4.1.2. CORE & SHELL

En el Perú se cuenta con 25 proyectos con certificación Core & Shell, el nombre de cada uno se puede ver en el Anexo F. En la Tabla 9 se muestran la cantidad total de proyectos en Perú de tipo Core & Shell por tipo de certificación. Se analizaron los casos Silver y Gold, se realizará el mismo análisis de datos que para los proyectos NC, para ello se evaluarán entre el 50% y 100% de casos totales de las fichas de puntaje, en este caso, dieciséis casos con certificación Silver y siete casos con certificación Gold. En el Anexo B se muestran los puntajes totales por crédito de los proyectos Core & Shell.

Tabla 9. Cantidad de proyectos del Perú de tipo Core &amp; Shell

Tipo de certificado	Número de Proyectos	Ciudad	LEED Categoría
CERTIFIED	1	Lima	LEED BD+C: Core and Shell v3
SILVER	<u>15</u>	Lima	LEED BD+C: Core and Shell v3
SILVER	<u>1</u>	Arequipa	LEED BD+C: Core and Shell v3
GOLD	<u>7</u>	Lima	LEED BD+C: Core and Shell v3
PLATINUM	1	Lima	LEED BD+C: Core and Shell v3

### Análisis por crédito:

#### a. Sitio Sostenible

Como resultado se ha obtenido que ocho créditos presentan un cumplimiento mayor al 80% en ambas certificaciones (Silver y Gold) y un crédito que no se cumple “Reurbanización de suelos contaminados o abandonados” como se observa en la *Figura 9*, cabe mencionar que este crédito tampoco fue cumplido por ningún proyecto del tipo New Construction (NC). En conclusión, el porcentaje promedio de cumplimiento para esta categoría de los proyectos Silver es 76% y para los proyectos Gold es de 82%. Con este resultado se demuestra que el cumplimiento, ya sea total o parcial, se evidencia en catorce de quince créditos de esta categoría.

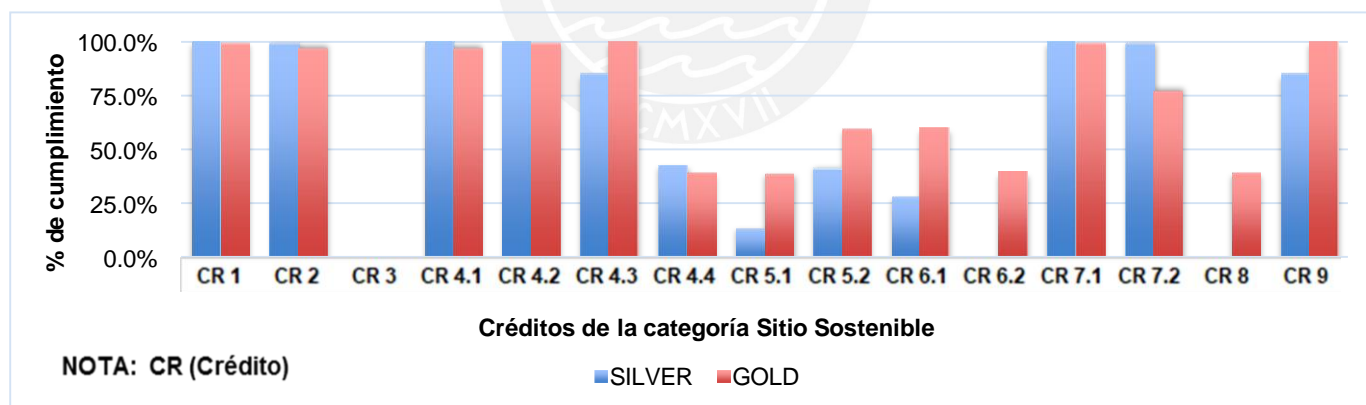


Figura 9: PCC de la categoría Sitio Sostenible - CS

#### b. Eficiencia Hídrica

En comparación de los proyectos NC, se observa en la *Figura 10* que los edificios de tipo Core & Shell (CS) presentan mayor porcentaje de cumplimiento en los créditos uno y dos, mientras que el cumplimiento en el crédito tres no es el 100% como en los proyectos NC. Se presta mayor énfasis en el paisajismo con uso eficaz del agua y en la implementación de tecnologías innovadoras de aguas residuales, en vez de la reducción del uso del agua.

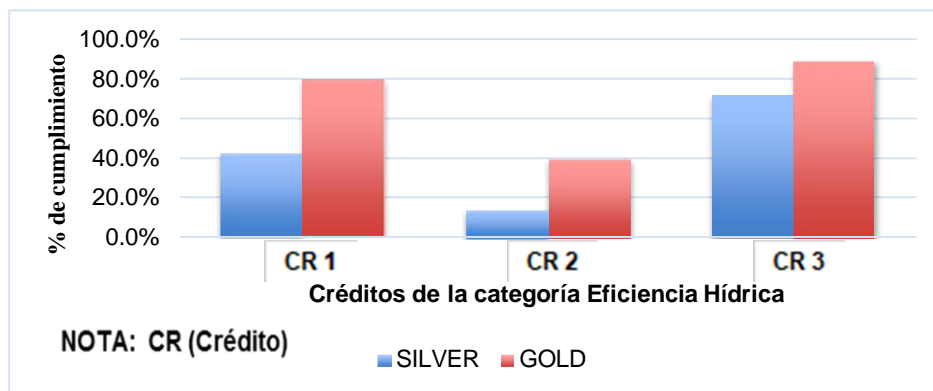


Figura 10: PCC de la categoría Eficiencia Hídrica - CS

### c. Energía y Atmósfera

En esta categoría se observa en la *Figura 11* que el cumplimiento en tres categorías es muy bajo, se llega a cumplir como máximo en los créditos uno, dos y tres un porcentaje de 30%. Los proyectos Silver y Gold no cumplen el “Crédito 5.2: Medición y verificación: Submedición de los inquilinos”. El crédito con mayor porcentaje de cumplimiento es el “Crédito 5.1: Medición y verificación: Línea Base”, es mayor al 100% ya que a los proyectos se le otorgaron puntajes mayores a lo que se establece en los ScoreCard’s de LEED por un cumplimiento mayor de los requerimientos establecidos.

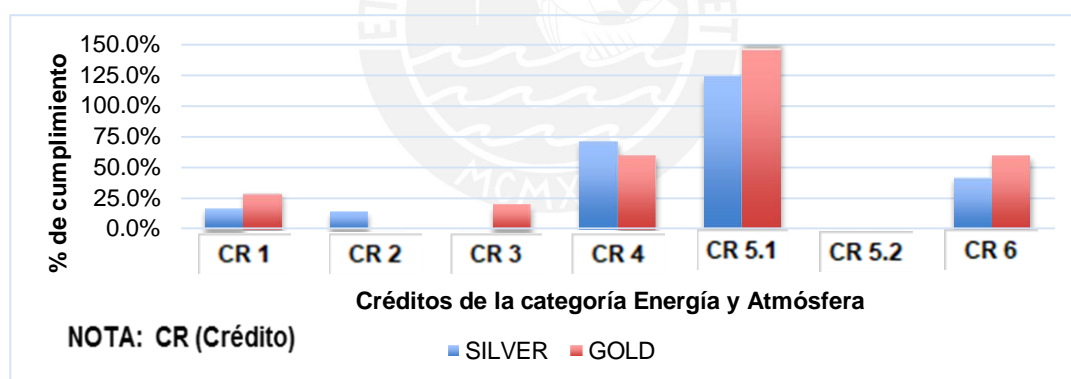


Figura 11: PCC de la categoría Energía y Atmósfera - CS

### d. Materiales y Recursos

En cuanto a esta categoría, se observa en la *Figura 12* que los proyectos Silver y Gold no cumplen con tres créditos (la mitad del total) que implica el reúso de materiales, elementos estructurales existentes en los edificios y el uso de madera certificada. Los edificios Silver y Gold cumplen en su totalidad sólo el “Crédito 5: Materiales Reciclados” (puntaje de cumplimiento: dos), debido al fácil acceso al recurso y el costo bajo que implica el suministro de estos materiales. Además, se obtuvo que los proyectos Silver cumplen sólo dos créditos con más de 80%, mientras los proyectos Gold cumplen con tres créditos.

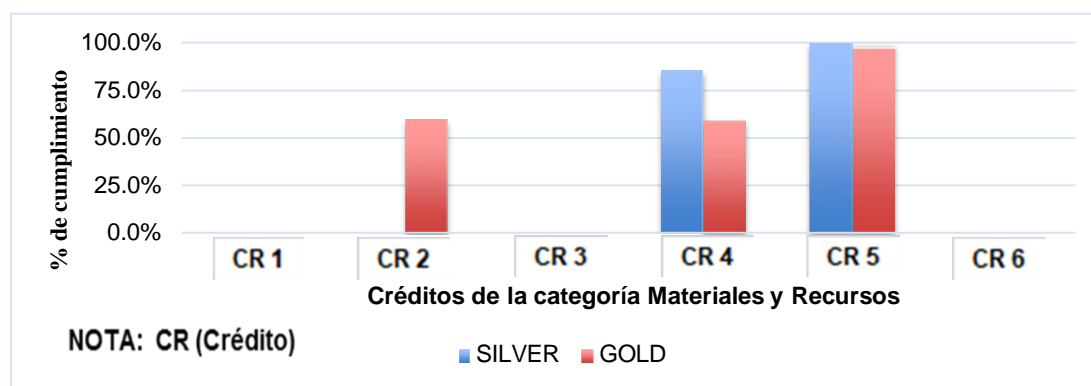


Figura 12: PCC de la categoría Materiales y Recursos - CS

### e. Calidad del Ambiente Interior

En esta categoría, se ha obtenido que todos los créditos presentan un puntaje máximo de uno. En la *Figura 13* se observa un cumplimiento promedio del 50% en los créditos, no se cumple con el “Crédito 4.4: Materiales de baja emisión: madera compuesta y productos de agrifibra” y el “Crédito 6: Control de los sistemas: confort térmico” debido a la alta inversión que esto conlleva y al impacto mínimo en el puntaje total. En síntesis, se analiza que los proyectos optan por obtener un puntaje aproximado de nueve puntos de un total de doce lo cual demuestra que los proyectos CS se preocupan en generar un ambiente confortable para el usuario; cabe resaltar que los proyectos CS presentan en esta categoría, tres créditos menos que los proyectos NC.

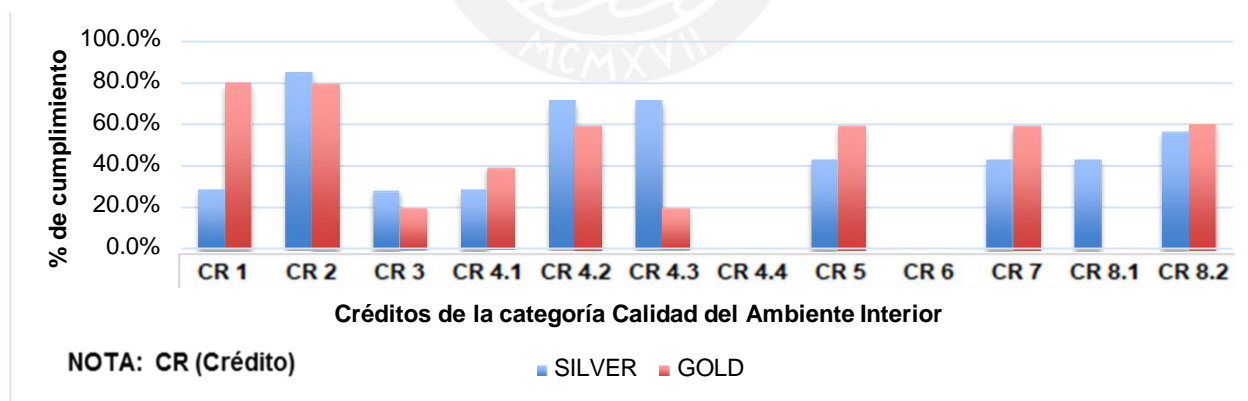


Figura 13: PCC de la categoría Calidad del Ambiente Interior – CS

### f. Diseño de proceso e Innovación

Al igual que los proyectos NC, esta categoría tiene un mayor cumplimiento que las demás categorías puesto que consta de dos créditos como se observa en la *Figura 14*. El crédito uno es cumplido al 63% por los proyectos Silver, 37% no invierte en adicionar una característica ecológica diferente a la lista que establece la certificación LEED, por el contrario, todos los proyectos Gold, si cumplen con el Crédito 1.1. En el caso del “Crédito 1.2: Profesional LEED acreditado” todos los proyectos Gold cumplen debido a que es

imprescindible la presencia de un profesional certificado LEED para el desarrollo del diseño sostenible. Con los proyectos Silver, el 84% necesitó del profesional y el 16% no lo requirió.

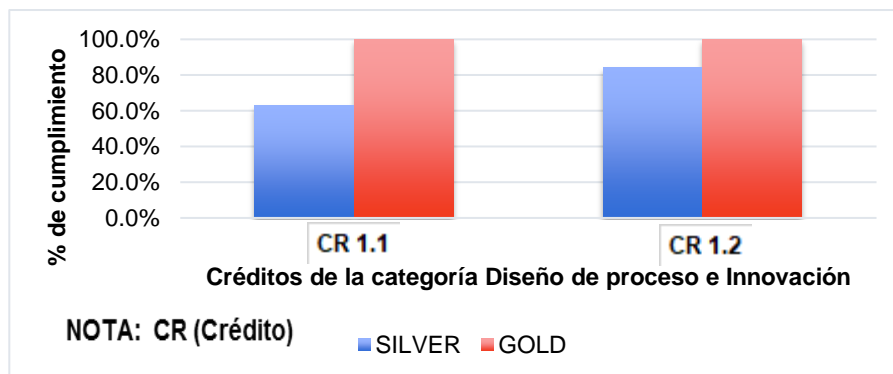
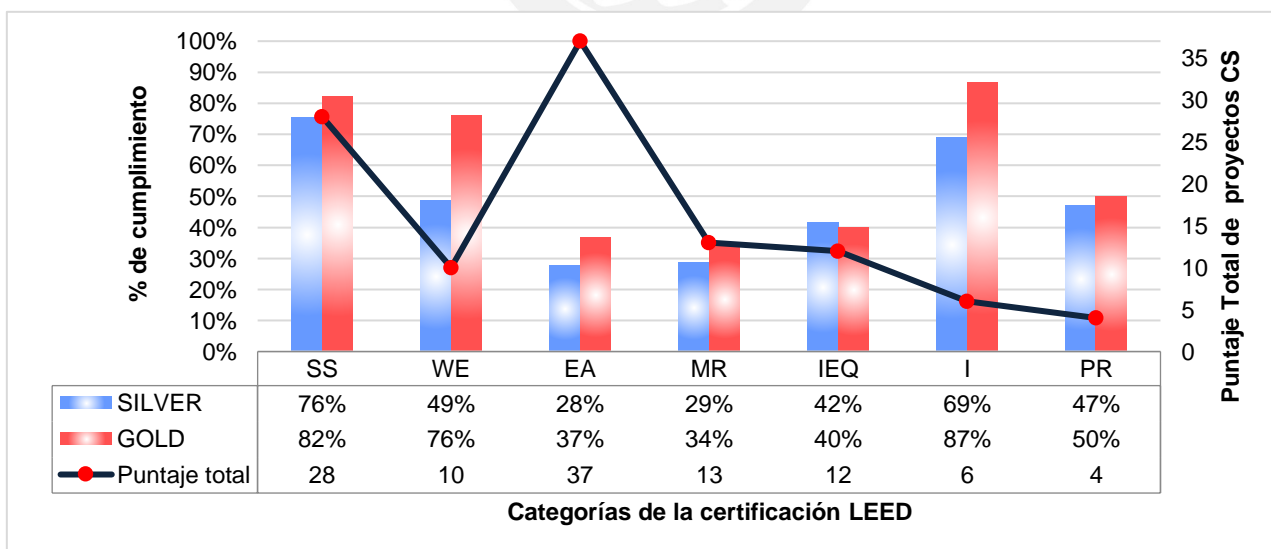


Figura 14: PCC de la categoría Diseño de proceso e Innovación - CS

### Análisis por categoría:

Se obtuvo el resumen del análisis realizado a cada crédito de las categorías de los proyectos Core & Shell, este se muestra en la *Figura 15*, en el cual se muestra el porcentaje de cumplimiento por categoría de los proyectos que tienen certificación Silver y Gold. Como resumen del análisis realizado a cada crédito de las categorías se observa que las categorías con mayor influencia en el desarrollo sostenible son los que presentan menor porcentaje de cumplimiento.



NOTA: SS\_Sitio Sostenible, WE\_Eficiencia Hídrica, EA\_Energía y Atmósfera, MR\_Materiales y Recursos, IEQ\_Calidad Interior del Ambiente, I\_Diseño de Proceso e Innovación, PR\_Crédito de Prioridad Regional

Figura 15: Porcentaje de cumplimiento por categoría de los proyectos Core & Shell

En la Tabla 10 se observa que la tendencia en cuanto al porcentaje de cumplimiento de las primeras categorías (EA, MR e IEQ) son igual de menores al 50% que los proyectos NC. En cuanto a SS y WE se observa que su cumplimiento es mayor a 60% lo que es favorable en cuanto al diseño pensado para los usuarios.

Tabla 10. *Porcentaje de cumplimiento de las categorías de tipo de proyectos Core & Shell*

Importancia	Parámetros	Punt. total	%Cumpl.
1	EA	37	32%
2	SS	28	79%
3	MR	13	31%
4	IEQ	12	41%
5	WE	10	62%
6	I	6	78%
7	PR	4	48%







La elección del nivel de importancia de las categorías se definió de acuerdo a la cantidad de puntajes parciales que la certificación LEED otorga a cada una de ellas

### Comparación en el cumplimiento de las categorías de edificios tipo NC y CS

En el Anexo G, se observa la comparación de la variación del porcentaje de cumplimiento sólo entre los tipos de proyecto (New Construction y Core & Shell). A continuación, se muestra en la Tabla 11 la comparación de cumplimiento entre los proyectos NC y CS. Se puede realizar esta comparación ya que cuentan con créditos iguales por categoría y solo varía en la cantidad de créditos que presentan, estas variaciones se observan en las celdas pintadas de color amarillo, en el Anexo G. No se colocó en el cuadro resumen el análisis del tipo Existing Building ya que los créditos son diferentes a los mostrados.

Como resumen se observa el mismo comportamiento al analizar cada tipo de edificación, se presenta un cumplimiento menor al 50% de la categoría EA, MR e IEQ, y un cumplimiento de 80% en la categoría SS. Con este resultado se concluye que se debe invertir mayor esfuerzo en invertir en las categorías que generan mayor impacto a la sostenibilidad.

Tabla 11. Porcentaje de cumplimiento de las categorías de tipo de proyectos NC (New Construction) y CS (Core & Shell)

Importancia	Categoría	CORE AND SHELL			NEW CONSTRUCTION			% Cump. Resumen
		SILVER		GOLD	SILVER		GOLD	
		Puntaje total	% cumpl.	% cumpl.	Puntaje total	% cumpl.	% cumpl.	
1	EA	37	28%	37%	35	22%	38%	 31%
2	SS	28	76%	82%	26	73%	88%	 80%
3	MR	13	29%	34%	14	29%	39%	 33%
4	IEQ	12	42%	40%	15	36%	42%	 40%
5	WE	10	49%	76%	10	60%	75%	 65%
6	ID	6	69%	87%	6	90%	92%	 84%

#### 4.1.3. EXISTING BUILDING

En Perú se cuenta con seis proyectos certificados con LEED EBOM, certificación para edificios que aplicaron a la certificación LEED después de ser construidos, en la etapa de operación y mantenimiento, en el ANEXO F se muestran los proyectos que obtuvieron dicha certificación y los puntajes parciales obtenidos. De la misma manera que los demás tipos de proyectos, los edificios EB cuenta con las categorías Certified, Silver, Gold y Platinum. Se analizaron los casos Silver y Gold, para ello se evaluaron todos los casos existentes de EB en Lima siendo dos casos con certificación Silver y cuatro con certificación Gold, como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Cantidad de proyectos del Perú de tipo Existing Building

Tipo de certificado	Número de proyectos	Ciudad	LEED Categoría
SILVER	2	Lima	LEED O+M: Existing Buildings
GOLD	4	Lima	LEED O+M: Existing Buildings

Debido a que solo existen dos casos de Silver, se juntaron todos los casos en un solo análisis para que la muestra sea significativa. El proceso se basó en analizar el porcentaje de cumplimiento entre los proyectos seleccionados de cada crédito en base al puntaje total, luego se calculará el promedio por categoría para tener una mejor visión. El fin es compararlos entre sí y evaluar la importancia de cada crédito y categoría en la sostenibilidad parametrizado por la certificación LEED.

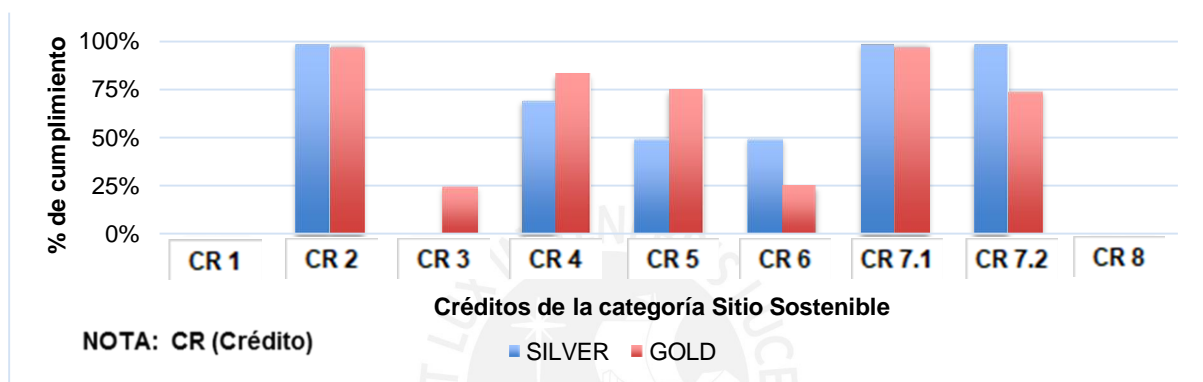
#### Análisis por crédito:

Los resultados analizados se muestran con los siguientes gráficos de barras de porcentaje de cumplimiento, primero por crédito y luego por categoría. Cabe mencionar que en el Anexo C se muestran los puntajes totales por crédito del tipo de edificio Existing Building.



### a. Sitio Sostenible

En la *Figura 16* se observa que el cumplimiento de los créditos es parcial, ya que solo se observan dos créditos con el puntaje máximo: “Crédito 2: Plan de gestión de superficies duras y del exterior del edificio” y el “Crédito 7.1: Reducción de islas de calor: sin techo”, ambos con puntaje de uno. Por otro lado, dos créditos no son cumplidos: “Crédito 1: Diseño y Construcción certificados por LEED” y el “Crédito 8: Reducción de la contaminación luminosa”, lo que demuestra que los proyectos con certificación LEED EBOM no optaron por el certificado LEED durante su diseño y no se enfocaron en mejorar el diseño de alumbrado. Como resumen se tiene que los proyectos de tipo Silver presenta menor porcentaje de cumplimiento que los del tipo Gold.



*Figura 16:* PCC de la categoría Sitio Sostenible - EB

### b. Eficiencia Hídrica

Como se puede observar en la *Figura 17*, el “Crédito 1: Medición del desempeño del agua” tiene un cumplimiento promedio de 57%, mientras el “Crédito 2: Fijación adicional de la plomería interior y eficiencia de montaje” presenta el mayor porcentaje de cumplimiento en esta categoría (88% promedio), debido a que el esfuerzo para cumplir este crédito es accesible y es recompensado con el puntaje de cinco puntos, siendo este el más alto de todos los créditos de la categoría WE. El “Crédito 4: Gestión del agua de la torre de enfriamiento” no se cumple por ningún tipo de edificación, debido a que el esfuerzo en cumplir este crédito es alto en comparación del beneficio obtenido: dos puntos.

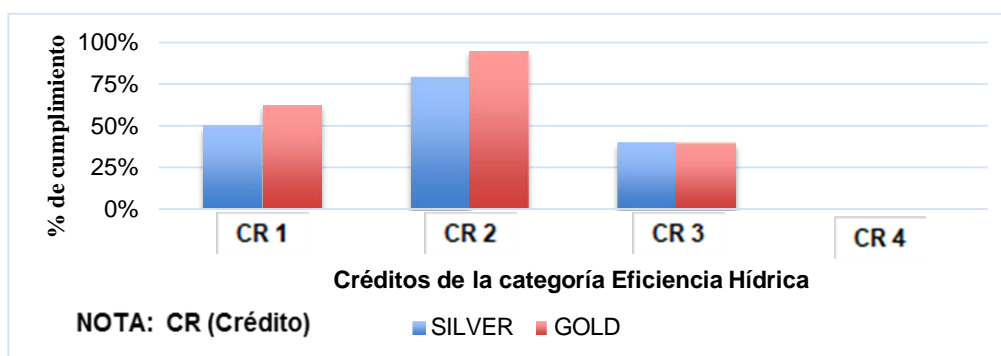


Figura 17: PCC de la categoría Eficiencia Hídrica – EB

### c. Energía y Atmósfera

Se obtuvo que seis de nueve créditos son cumplidos parcialmente como se muestra en la *Figura 18*. El “Crédito 3.1: Medición del desempeño: Sistema de automatización del edificio” no es cumplido por ningún edificio, mientras el “Crédito 6: Informe de reducción de emisiones” es cumplido por todos los proyectos, pues no presenta dificultad para obtener el puntaje completo. Por otro lado, se observa que el “Crédito 3.2: Medición del desempeño: Medición del nivel del sistema” sólo fue cumplido por los proyectos tipo Gold” y con menos del 25%.

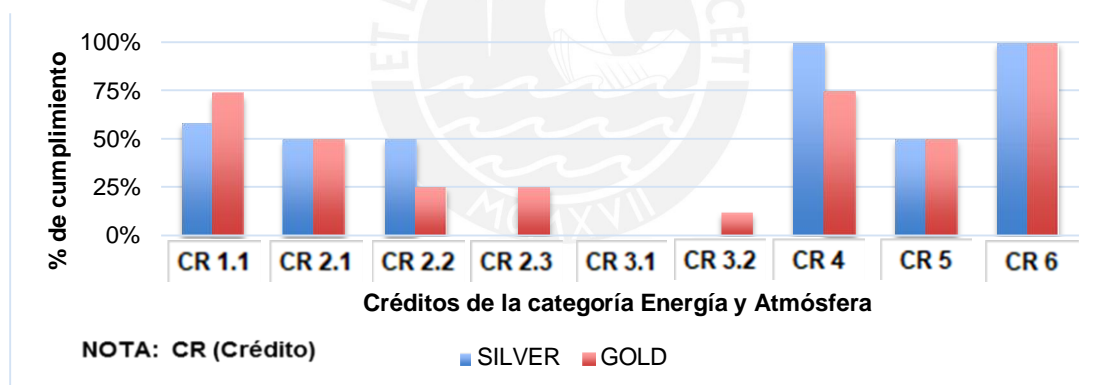


Figura 18: PCC de la categoría Energía y Atmósfera - EB

### d. Materiales y Recursos

En la *Figura 19* se observa que cuatro de los nueve créditos no se cumplen: “Crédito 3: Compras sustentables: Adiciones y modificaciones en las instalaciones”, “Crédito 5: Compras sustentables: Alimentos”, “Crédito 7: Gestión de desechos sólidos: Consumibles periódicos” y “Crédito 9: Gestión de desechos sólidos: Adiciones y modificaciones en las instalaciones”. Además, se observa que los créditos que más se cumplen son el “Crédito 6: Gestión de desechos sólidos: Auditoría de la corriente de desechos” y el “Crédito 8: Gestión de desechos sólidos: Bienes duraderos”, en el cual 100% es cumplido por los proyectos Silver

y 75% por los Gold, mientras los créditos uno, dos, y cuatro fueron cumplidos solo por los edificios Gold con un porcentaje promedio de 20%.

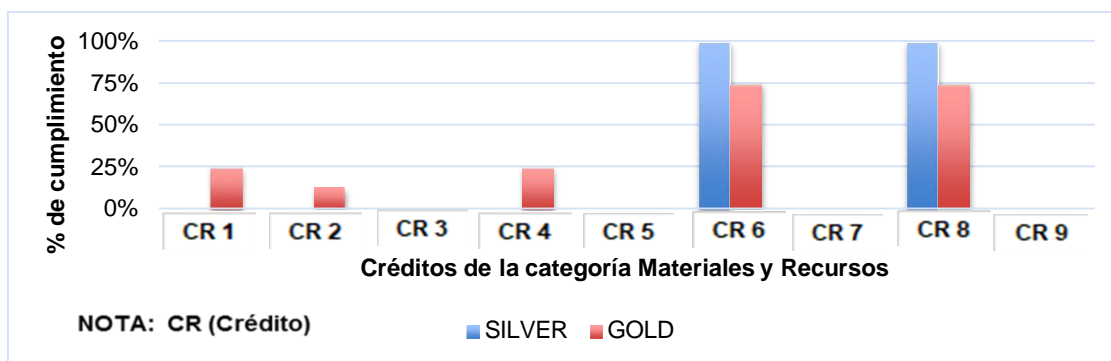


Figura 19: PCC de la categoría Materiales y Recursos – EB

### e. Calidad del Ambiente Interior

Se obtuvo en la *Figura 20* la existencia de una diferencia amplia entre el cumplimiento de los créditos 1.1, 1.3 y 2.1, y los demás créditos. Sólo tres de los quince créditos presentan un cumplimiento mayor o igual 50% (Silver y Gold), seis créditos sólo lo cumplen los proyectos Gold y seis de quince créditos no se cumplen (1.2, 2.2, 2.3, 3.4, 3.5 y 3.6). El crédito con mayor porcentaje de cumplimiento es el “Crédito 2.1: Confort de los ocupantes: Encuesta entre los ocupantes” (100%). Mientras el crédito cumplido parcialmente, a un 50% por ambos tipos de proyectos es el “Crédito 1.3: Prácticas recomendadas de gestión de calidad del aire interior: Mayor ventilación”.

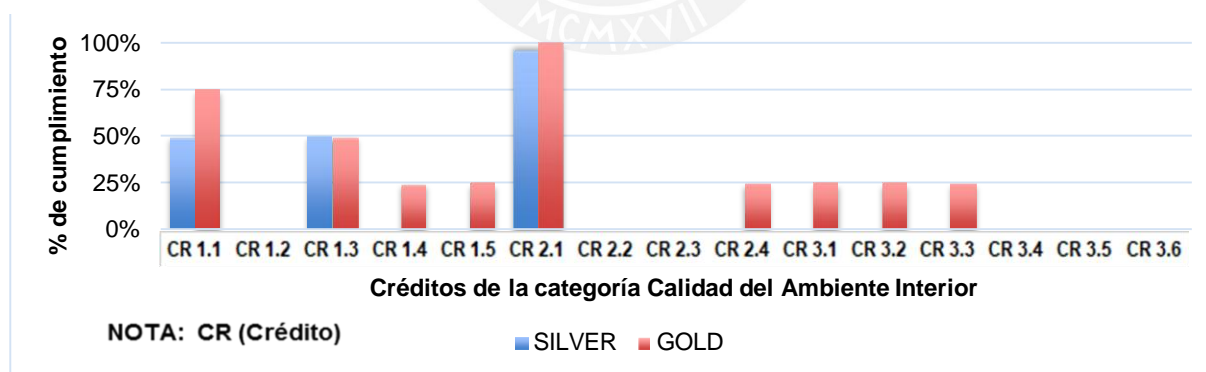


Figura 20: PCC de la categoría Calidad del Ambiente Interior – EB

### f. Diseño de proceso e Innovación

En la *Figura 21* se observa que los créditos presentan mayor cumplimiento en relación a las otras categorías, 70% aproximado de cumplimiento de los proyectos Silver y 100% para todos los proyectos Gold. Este cumplimiento se debe a que no se necesita gran inversión de recursos ni adicionar alguna innovación o tecnología para el cumplimiento de

esta categoría, pues engloba tener a un profesional para la acreditación y presentar la documentación de los impactos que generan los costos de edificios sostenibles.

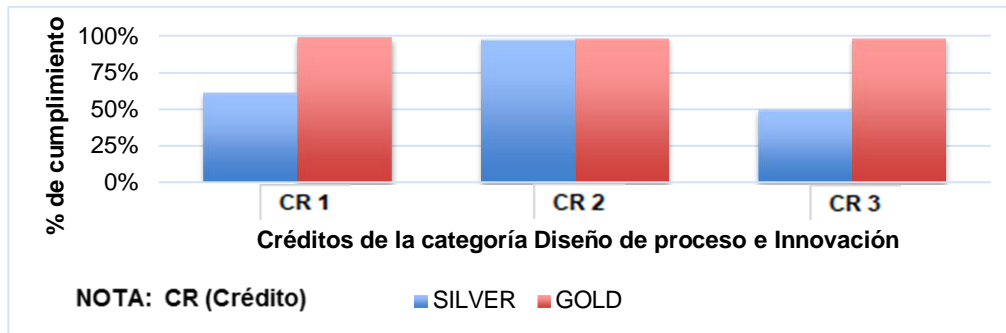
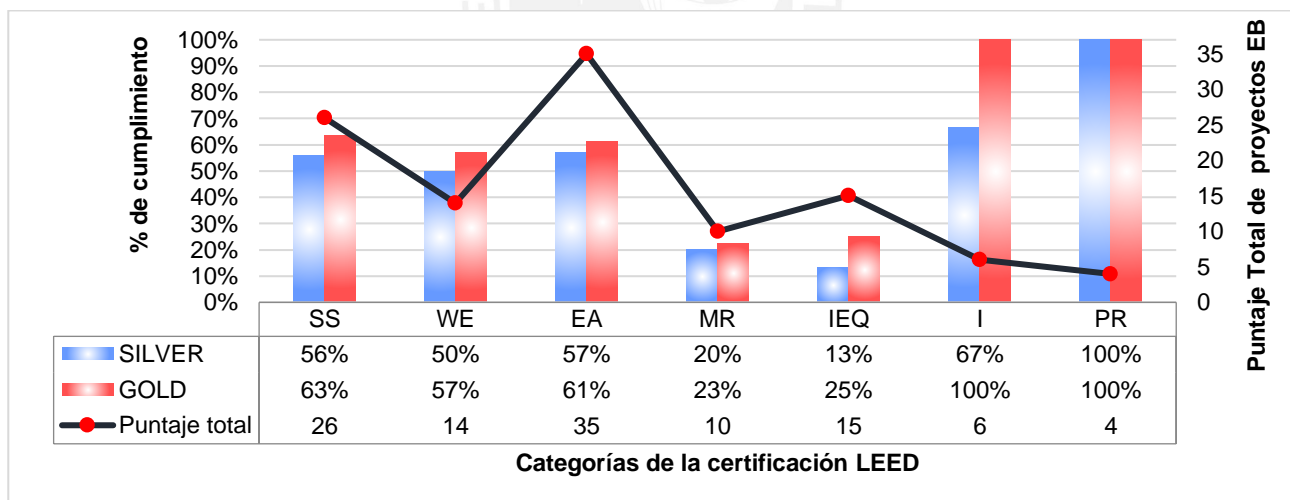


Figura 21: PCC de la categoría Diseño de proceso e Innovación - EB

### Análisis por categoría:

Para los proyectos Existing Building, se ha obtenido que el cumplimiento de las categorías con mayor influencia en el desarrollo sostenible son los que presentan menor porcentaje de cumplimiento, mientras que las categorías con menor puntaje e influencia en la sostenibilidad, presentan mayor porcentaje de cumplimiento, dicho análisis también se realizó para los proyectos de tipo Silver y Gold, pues ambos presentan el mismo comportamiento, este análisis se muestra, en la Figura 22.



NOTA: SS\_Sitio Sostenible, WE\_Eficiencia Hídrica, EA\_Energía y Atmósfera, MR\_Materiales y Recursos, IEQ\_Calidad Interior del Ambiente, I\_Diseño de Proceso e Innovación, PR\_Crédito de Prioridad Regional

Figura 22: Porcentaje de cumplimiento por categoría de los proyectos Existing Building

Además, en la Tabla 13 se observa que los resultados son un poco más exitosos que los proyectos NC y CS porque el cumplimiento de las categorías EA, SS y WE son mayores a 55%, esto es favorable en cuanto al ahorro del agua y energía durante el uso del edificio y la sostenibilidad del entorno local y regional, pero no pasa lo mismo con las categorías IEQ y MR, en los que el porcentaje de cumplimiento es menor al 30%.

Tabla 13. *Porcentaje de cumplimiento de las categorías de tipo de proyectos Existing Building*

Importancia	Categorías	Punt. total	%Cumpl.
1	EA	35	59%
2	SS	26	60%
3	IEQ	15	19%
4	WE	14	54%
5	MR	10	21%
6	I	6	83%
7	PR	4	100%

La elección del nivel de importancia de las categorías se definió de acuerdo a la cantidad de puntajes parciales que la certificación LEED otorga a cada una de ellas

#### 4.1.4. Análisis comparativo entre las Edificaciones NC, CS & EB

Como resumen de los analizado anteriormente se observa, en la Tabla 14, la comparación de los porcentajes de cumplimiento de los tres tipos de proyectos independientemente de la cantidad de créditos que presenta cada categoría. En ello sólo se consideraron las cinco categorías más importantes de la certificación LEED que aportan a obtener una edificación sostenible que involucre la parte de medio ambiente, social y económico. Se obtiene como resultado que la categoría con mayor porcentaje de cumplimiento es SS (Sitio Sostenible) con más del 60% y WE (Eficiencia Hídrica) con más del 50%.

En cuanto a la categoría Energía y Atmósfera, es preocupante que en los proyectos que se encuentran en la etapa de diseño o construcción (NC y CS) no se tome importancia en cumplir con sus créditos y que luego se tome conciencia y se cumpla en edificios existentes, pues las decisiones deben darse con anticipación, es decir, presentar mayor interés en cumplir con esta categoría en edificios que recién van a ser diseñados para aumentar su impacto positivo en la sostenibilidad. Pero la mayor preocupación se observa en las categorías de Materiales y Recursos (MR) y Calidad del Ambiente Interior (IEQ), que en los tres tipos de edificación el porcentaje de cumplimiento es menor a 45%. El impacto que estas categorías generan en la sostenibilidad es igual de importantes que las primeras, por lo tanto, se debe poner mayor empeño en cumplirlas para balancear el aporte de las mismas.

Tabla 14. *Porcentaje de cumplimiento de las categorías más importantes de tipo de proyectos: NC, CS y EB*

	NC	CS	EB
EA	30%	32%	59%
SS	75%	79%	60%
MR	34%	31%	21%
IEQ	39%	41%	19%
WE	68%	62%	54%

#### 4.2. Niveles de certificación y categorías: hacia un modelo interpretativo

Se tienen, como universo, 58 proyectos con certificación LEED en el Perú, de los cuales, 26 edificaciones presentan el tipo de certificación Silver y 22 presentan Gold. La Tabla 15 muestra la cantidad de proyectos por tipo de certificación LEED, con ello se observa que existe mayor demanda en las certificaciones Silver y Gold (enmarcadas de color verde). Además, se muestra el porcentaje por tipo de proyectos, con estos valores se observa que existen más casos de proyectos tipo Core & Shell, New Construction (Nueva Construcción) y Existing Building (Construcciones Existentes).

Tabla 15. Cantidad de proyectos con certificación LEED en Perú y porcentajes parciales de representación por tipo de proyecto

Nro. Proyectos Totales	Tipo de certificado	Nro. de Proyectos	% Proyectos	Ciudad	LEED Categoría
8	CERTIFIED	1	12.5%	Lima	LEED BD+C: Core and Shell v3 - LEED 2009
	CERTIFIED	1		Yucay	LEED BD+C: New Construction v3 - LEED 2009
	CERTIFIED	1	37.5%	Urubamba	LEED BD+C: New Construction v3 - LEED 2009
	CERTIFIED	1		Lima	LEED BD+C: New Construction v3 - LEED 2009
	CERTIFIED	1		Arequipa	LEED ID+C: Retail v3 - LEED 2009
	CERTIFIED	1	37.5%	Piura	LEED ID+C: Retail v3 - LEED 2009
	CERTIFIED	1		Lima	LEED ID+C: Retail v3 - LEED 2009
	CERTIFIED	1	12.5%	Lima	LEED ID+C: Commercial Interiors v3 - LEED 2009
26	SILVER	15	61.5%	Lima	LEED BD+C: Core and Shell v3 - LEED 2009
	SILVER	1		Arequipa	LEED BD+C: Core and Shell v3 - LEED 2009
	SILVER	6	23.1%	Lima	LEED BD+C: New Construction v3 - LEED 2009
	SILVER	2	7.7%	Lima	LEED ID+C: Retail v3 - LEED 2009
	SILVER	2	7.7%	Lima	LEED O+M: Existing Buildings v3 - LEED 2009
22	GOLD	7	31.8%	Lima	LEED BD+C: Core and Shell v3 - LEED 2009
	GOLD	4	18.2%	Lima	LEED BD+C: New Construction v3 - LEED 2009
	GOLD	1	4.5%	Lima	LEED ID+C: Retail v3 - LEED 2009
	GOLD	6	27.3%	Lima	LEED ID+C: Commercial Interiors v3 - LEED 2009
	GOLD	4	18.2%	Lima	LEED O+M: Existing Buildings v3 - LEED 2009
2	PLATINUM	1	50.0%	Lima	LEED BD+C: Core and Shell v3 - LEED 2009
	PLATINUM	1	50.0%	Lima	LEED ID+C: Commercial Interiors v3 - LEED 2009
<b>58</b>					

Con esta clasificación se analizaron las edificaciones Core&Shell, New Construction y Existing Building para las certificaciones Silver y Gold con el fin de calcular el índice de sostenibilidad y la influencia de cada categoría en el puntaje total de sostenibilidad de cada edificación. Cabe mencionar que las edificaciones tipo Core&Shell son los edificios destinados al uso de oficinas, mientras que las edificaciones New Construction son aquellos destinados a usos comunes como campus educativo, plantas industriales, bancos, etc. y ambos tipos de proyectos se evalúan en la etapa de diseño y construcción; por otro lado, las edificaciones Existing Building son aquellas que ya fueron construidas y su análisis de sostenibilidad es durante la etapa de Operación y Mantenimiento.

Se analizó el cumplimiento de los proyectos en cada crédito asignado por LEED dependiendo del tipo de construcción y se obtuvo la clasificación de proyectos que se muestran en el Anexo F para el análisis a realizar. Los puntajes parciales que se muestran en la matriz se introducirán en el programa SPSS para el análisis estadístico. Para la creación de la matriz se crearán las siguientes variables:

- SCS: SILVER - Core & Shell
- SNC: SILVER - New Construction
- SEB: SILVER - Existing Building
- GCS: GOLD - Core & Shell
- GNC: GOLD - New Construction
- GEB: GOLD - Existing Building
- SS: Sitio Sostenible
- WE: Eficiencia Hídrica
- EA: Energía y Atmósfera
- MR: Materiales y Recursos
- IEQ: Calidad del Ambiente Interior
- I: Innovación

Aplicando métodos estadísticos se obtuvieron los distintos estimadores que se muestran en la Tabla 16, los cuales son las medias calculadas. La mayoría de los estimadores, para cada categoría, oscilan entre un valor en común, esto indica que el modelo presenta una mínima dispersión de datos introducidos. Sin embargo, la dispersión de datos se puede evaluar gráficamente y con mayor detalle con el diagrama de caja, en el cual se identifica la distancia entre los cuartiles; si existe mayor distancia entre ellos, la dispersión entre los datos es más grande (*Figura 23*).

Tabla 16. *Estimadores-M de los datos. Fuente: Adaptado de los resultados del Programa SPPS*

Categorías LEED	Estimador-M de Huber (a)	Biponderado de Tukey (b)	Estimador-M de Hamper (c)	Onda de Andrews (d)
Sitio Sostenible	0.7516	0.7547	0.7494	0.7548
Eficiencia Hídrica	0.6014	0.5798	0.6021	0.5758
Energía y Atmósfera	0.3120	0.2998	0.3145	0.2994
Materiales y Recursos	0.3008	0.3007	0.2986	0.3008
Calidad del Ambiente	0.3855	0.3866	0.3840	0.3865
Innovación	0.8333	0.8316	0.8283	0.8316

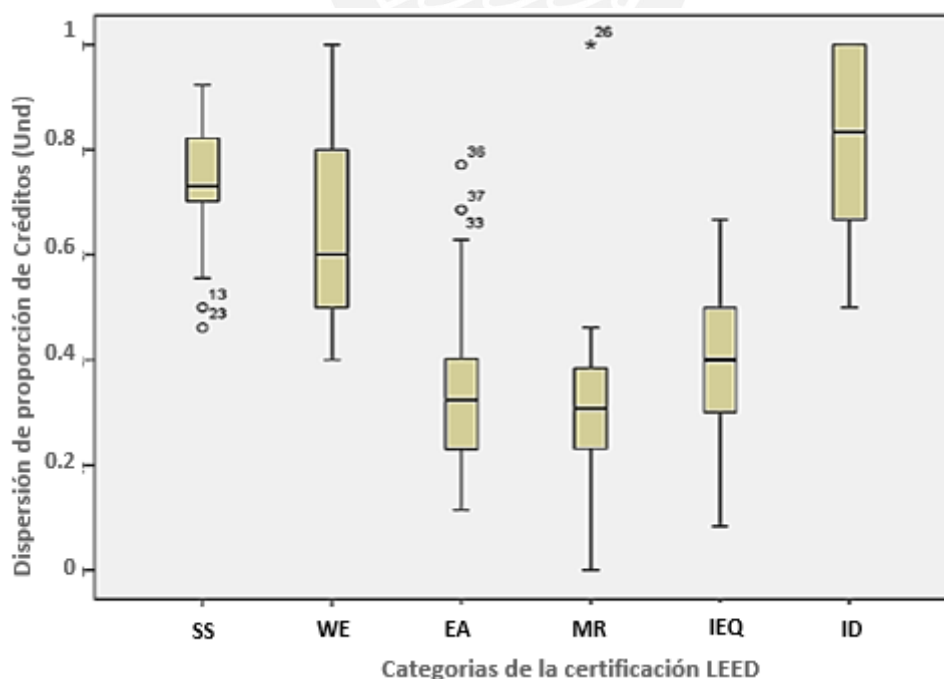
a. La constante de ponderación es 1.339

b. La constante de ponderación es 4.685

c. Las constantes de ponderación son 1.700, 3.400 y 8.500

d. La constante de ponderación es  $1.34 \cdot \pi$

En la *Figura 23* se puede observar que los datos de la categoría Sitio Sostenible (SS) presentan menor dispersión, la diferencia entre la mediana y el primer cuartil es menor que la diferencia entre la mediana y el tercer cuartil. Por el contrario, las categorías Energía y Atmósfera (EA), Materiales y Recursos (MR) y Calidad del Ambiente Interior (IEQ) presentan una dispersión moderada y las categorías con mayor dispersión son Eficiencia Hídrica (WE) e Innovación (ID), por el tamaño de las cajas y la distancia entre los límites inferiores y superiores con la mediana.



*Figura 23.* Niveles de dispersión según criterios por tipo de certificación. Fuente: Adaptado de los resultados del Programa SPPS.



El análisis obtenido de los percentiles se encuentra en la tabla del anexo H, el cual muestra que, para la categoría de Sitio Sostenible, se observa que el 75% del conjunto de datos tiene el valor de 0,8214 o menos. Con esta tabla se dedujo que los valores de las medias en la *Figura 23* son parecidos a los valores que representan el 50% del conjunto de datos. Luego de la descripción de los datos, se realizó la regresión lineal y se obtienen las medias de las categorías de la certificación LEED como se muestra en la tabla del Anexo I, estos valores ya fueron analizados en la tabla de estimadores de datos y los percentiles. A continuación, se analizará la correlación del Puntaje Total con las demás categorías.

En la Tabla 17 se observa que las categorías que presentan mayor correlación con el puntaje total obtenido son los siguientes: MR, ID, IEQ, SS y WE, esto significa que existe una mayor proporcionalidad directa entre estos parámetros y el puntaje total de la sostenibilidad, por otro lado, la categoría EA presenta una correlación negativa, por lo cual el puntaje total es inversamente proporcional al puntaje de esta categoría.

Tabla 17. *Correlaciones entre el Puntaje Total y las categorías de los proyectos con certificación LEED. Fuente: Adaptado de los resultados del Programa SPPS*

	Puntaje Total	Sitio Sostenible	Eficiencia Hídrica	Energía y Atmósfera	Materiales y Recursos	Calidad del Ambiente	Innovación
<b>Correlación de Pearson</b>	Puntaje Total	1.000	0.512	0.412	-0.045	0.678	0.590
	Sitio Sostenible	0.512	1.000	0.178	-0.450	0.460	0.414
	Eficiencia Hídrica	0.412	0.178	1.000	-0.282	0.057	0.114
	Energía y Atmósfera	-0.045	-0.450	-0.282	1.000	-0.180	-0.497
	Materiales y Recursos	0.678	0.460	0.057	-0.180	1.000	0.371
	Calidad del Ambiente	0.544	0.414	0.114	-0.497	0.371	1.000
	Innovación	0.590	0.073	-0.099	0.103	0.241	0.193
<b>Sig. (unilateral)</b>	Puntaje Total	.	0.000	0.005	0.394	0.000	0.000
	Sitio Sostenible	0.000	.	0.139	0.002	0.002	0.004
	Eficiencia Hídrica	0.005	0.139	.	0.041	0.365	0.245
	Energía y Atmósfera	0.394	0.002	0.041	.	0.136	0.001
	Materiales y Recursos	0.000	0.002	0.365	0.136	.	0.010
	Calidad del Ambiente	0.000	0.004	0.245	0.001	0.010	.
	Innovación	0.000	0.330	0.275	0.266	0.069	0.119
<b>N</b>	Puntaje Total	39	39	39	39	39	39
	Sitio Sostenible	39	39	39	39	39	39
	Eficiencia Hídrica	39	39	39	39	39	39
	Energía y Atmósfera	39	39	39	39	39	39
	Materiales y Recursos	39	39	39	39	39	39
	Calidad del Ambiente	39	39	39	39	39	39
	Innovación	39	39	39	39	39	39

Con la *Figura 24*, se observa de manera gráfica la pendiente de la correlación entre el puntaje total y el puntaje parcial de cada categoría. La pendiente de cada categoría muestra si es directa o indirectamente proporcionalidad con el puntaje total. Por ejemplo, las

pendientes de las categorías MR, ID, IEQ, SS y WE, son positivas, por lo tanto son directamente proporcionales al puntaje total, lo que muestra la influencia de su cumplimiento en el aumento de este; caso contrario sucede con la categoría EA, el cual muestra una pendiente negativa, entonces es inversamente proporcional al puntaje total y muestra que su puntaje no influye en este, por lo que, la significancia de influencia es muy baja para los proyectos en el cumplimiento de créditos.

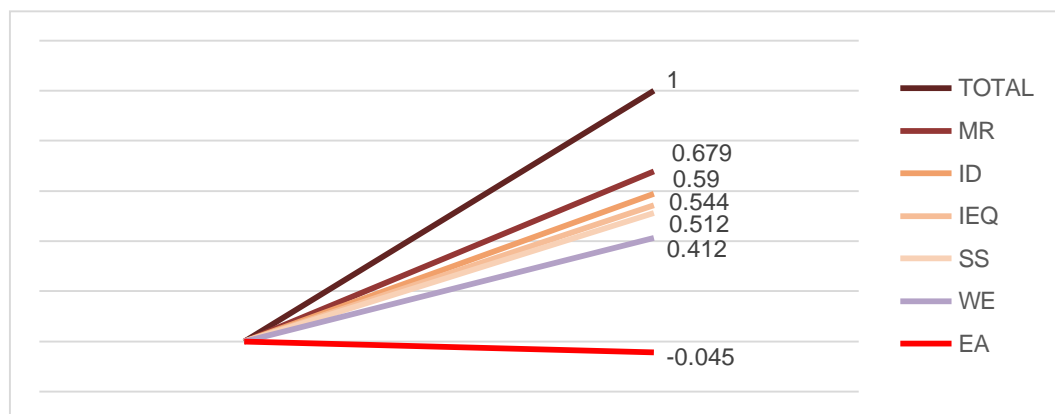


Figura 24: Pendientes de las correlaciones del puntaje total de cada categoría de la certificación LEED

La Tabla 18 muestra algunos valores importantes que confirmó que la función lineal es la que mejor expresa el tipo de relación entre dos o más variables, esto se demuestra con el coeficiente de correlación (R), el valor oscila entre cero y uno, cuanto más cerca se encuentra del valor uno, indica una fuerte relación lineal entre las variables, como el valor es uno, significa que existe una relación lineal entre las variables. Otro valor que ayudará a comprobar es la bondad de ajuste (R cuadrado) cuyo valor es uno, se interpreta que el 100% de la variabilidad de Y (Puntaje Total) es explicada por la relación lineal con X (puntaje de cada categoría).

Tabla 18. Tabla general del modelo de la Regresión Lineal. Fuente: Adaptado de los resultados del Programa SPPS

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. De la estimación	Estadísticos de cambio					Durbin-Watson
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig.Cambio en F	
1.000	1.000 (a)	1.000	1.000	0.000	1.000		6	32		1.792

a. Variables predictoras: (Constante), Innovación, Sitio Sostenible, Eficiencia Hídrica, Calidad del Ambiente, Materiales y Recursos, Energía y Atmósfera

Por último, el valor de Durbin-Watson mide el grado de auto-correlación entre el residuo correspondiente a cada observación y la anterior. El residuo es la distancia que existe entre un valor real y el valor esperado (perteneciente a la función lineal) (Figura 25). Si existiera auto-correlación de residuos indicaría que el modelo lineal no presenta criterios

de calidad. Si el valor de Durbin - Watson se aproxima a dos, los residuos no están correlacionados, por el contrario, si se encuentra próximo a cero o cuatro, sí se encontrarían. En este caso, se obtuvo el valor de 1.792, por lo que se confirma que el modelo presenta criterios de calidad.

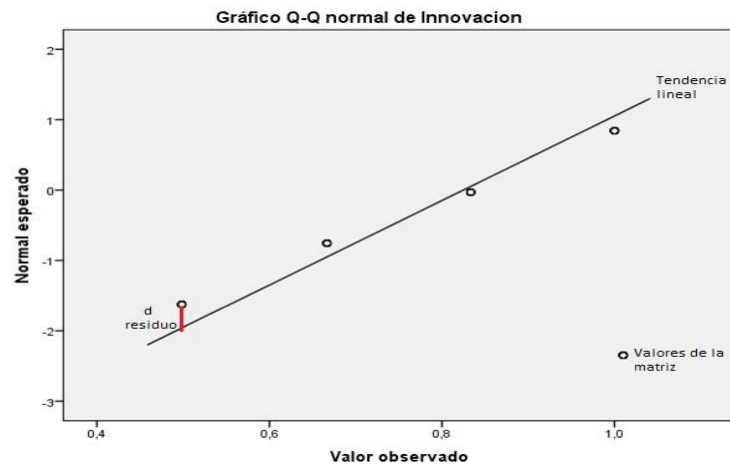


Figura 25. Tendencia lineal de la categoría Innovación. Fuente: Resultados del Programa SPPS.



### 4.3. Tipo de edificaciones y niveles de certificaciones: diferencias significativas

Se ha obtenido la diferencia de medias entre las categorías mediante el análisis Anova, con estos resultados se pudo revelar la significancia de los mismos. En la Tabla 19 se plantearon tres variables para este análisis: BLOQUE: Alberga al tipo de certificación, Silver y Gold, FACTOR: Se refiere a los tipos de edificaciones, CS, NC y EB, TRATAMIENTO: Se refiere al puntaje total obtenido por cada proyecto analizado.

Tabla 19. Puntajes totales a introducir en el programa SPSS para la obtención del análisis ANOVA

BLOQUE	FACTOR	TRATAMIENTO
Silver	CS	52
Silver	CS	50
Silver	CS	53
Silver	NC	51
Silver	NC	50
Silver	NC	50
Silver	EB	52
Silver	EB	54
Silver	EB	53
Gold	CS	65
Gold	CS	61
Gold	CS	62
Gold	NC	65
Gold	NC	71
Gold	NC	63
Gold	EB	60
Gold	EB	60
Gold	EB	63

Se realizó un modelo lineal univariante para revelar las diferencias de medias entre las partes. Se escogió el modelo lineal ya que se demostró anteriormente que los datos de los puntajes parciales de cada categoría guardan una relación lineal con los puntajes totales. Se observa en la Tabla 20 que para el "Modelo corregido" la significancia es menor a 0.05, probando la relevancia y que el modelo lineal escogido es correcto para el análisis.

En la Tabla 20 se muestra que la "Intersección" de las matrices de análisis también tiene una significancia relevante, quiere decir que la relación CS-Silver vs CS-Gold presenta una diferencia de medias relevante. A nivel de "Bloque" (tipo de certificación), se sigue presentando la misma relevancia, dando a entender que las diferencias entre las categorías Silver y Gold son significativas. Sin embargo, a nivel de "Factor" (tipo de edificación) no se obtienen los valores esperados. La significancia es mucho mayor a 0.05, lo que demuestra

que no hay diferencias entre los tipos de edificaciones, a pesar de que tengan distinta categoría de certificación.

Tabla 20. *Prueba de los efectos inter-sujetos. Fuente: Adaptado de los resultados del Programa SPPS*

Variable dependiente: TRATAMIENTO

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	(a)	3	201.889	30.465	0.000
Intersección	59397.556	1	59397.556	8962.984	0.000
BLOQUE	600.889	1	600.889	90.673	0.000
FACTOR	4.778	2	2.389	0.360	0.704
Error	92.778	14	6.627		
Total	60096	18			
Total corregida	698.444	17			

a. R cuadrado = 0.867 (R cuadrado corregida = 0.839)

A nivel de modelo y de “Bloque” las diferencias de medias son significativas; sin embargo, el “Factor” no presenta esta diferencia. Esto quiere decir que no existe diferencias entre los tipos de edificaciones así posea certificación Silver o Gold. Por otro lado, en la Tabla 21 se muestra las comparaciones múltiples a nivel de “Factores”, en la primera fila, la diferencia de medias entre CS vs NC y CS vs EB son mínimas y lo mismo se repite para las demás comparaciones. Estos resultados refuerzan la idea de que para los casos escogidos no existen diferencias relevantes a nivel de tipo de edificaciones, lo que demuestra que tampoco entre tipos de certificación (Silver y Gold), concepto contrario a lo que indica la certificación LEED. Cabe resaltar que estos resultados aplican solo para los casos analizados dentro de este estudio.

Tabla 21. *Tabla de coeficientes. Fuente: Adaptado de los resultados del Programa SPPS*

Variable dependiente: TRATAMIENTO

	(I) FACTOR	(J) FACTOR	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
						Límite inferior	Límite superior
DHS de Tukey	CS	NC	-0.1000	0.01486	0.783	-0.0489	0.0289
		EB	0.0017	0.01486	0.993	-0.0372	0.0406
	NC	CS	0.0100	0.01486	0.783	-0.0289	0.0489
		EB	0.0117	0.01486	0.718	-0.0272	0.0506
	EB	CS	-0.0017	0.01486	0.993	-0.0406	0.0372
		NC	-0.0117	0.01486	0.718	-0.0506	0.0272

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0.001

Desde la perspectiva de los constructores, es más importante construir la mayor cantidad m<sup>2</sup> de edificaciones con certificación LEED para poder obtener mayores márgenes de ganancia y rentabilidad, a pesar de que en realidad estos edificios cumplen con un puntaje mínimo en las categorías con mayor influencia en la obtención de una edificación sostenible como EA, MR y WE. Por otro lado, el interés del cliente por construir estos edificios se origina en la obtención de un estatus social y bajos costos de mantenimiento cuando el objetivo debería ser más que un ahorro económico, pues la sostenibilidad no se basa solo en ello, sino en disminuir el impacto negativo que se causa al medio ambiente y a las personas y en brindar un ambiente confortable al usuario.

#### 4.4. Modelamiento de la sostenibilidad con EDGE

Con la obtención de las fichas de puntaje se analizaron los créditos de los proyectos que obtuvieron la certificación LEED en las categorías SILVER y GOLD. Se tomó en cuenta todas las edificaciones que tienen “Certificación LEED versión 3.0” y se encuentran en la base de datos de la página web de la USGBC, no se incluyeron las edificaciones que se certificaron con la última versión ya que son pocas y no se puede realizar un análisis profundo. A continuación, se realizará un muestreo de población finita para obtener la cantidad de casos a estudiar, para ello se utilizará la fórmula de la *Figura 26*:

$$n = \frac{N * s^2}{(N - 1) * \frac{B^2}{4} + s^2}$$

*Figura 26.* Fórmula de muestreo de la población finita. Fuente: Triola and Pineda Ayala, 2009.

Donde:

- $N = \#$  de casos totales
- $s =$  desviación estándar
- $s^2 =$  varianza
- $B = 2 * \sqrt{s^2}$

En la Tabla 22 se muestra la cantidad de proyectos en el Perú que obtuvieron la certificación LEED contabilizado desde el año 2010, un año después de que se publicó la tercera versión, hasta el año 2017.

Tabla 22. Cantidad de proyectos por año en Perú con certificación LEED por tipo de certificación

AÑO	SILVER	GOLD
2013	1	1
2014	8	4
2015	6	2
2016	3	11
2017	8	4
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>22</b>

En la Tabla 23 se muestra el cálculo realizado del tamaño muestral por tipo de certificación LEED, Silver y Gold, para el análisis con el software EDGE. Para el cálculo de la muestra (n) se utilizó la fórmula de la figura 4. Con este resultado se observa que se debe analizar dos edificios (uno por cada tipo de proyecto) en el software EDGE para calcular el porcentaje de ahorro que estas presentan.

Tabla 23. Cálculo del tamaño muestral por tipo de certificación LEED

Parámetros estadísticos	SILVER	GOLD
Varianza ( $S^2$ )	12.267	15.467
Desviación estándar (s)	3.502	3.933
B	7.005	7.866
$D \left( \frac{B^2}{4} \right)$	12.27	15.47
Total de casos (N)	26	22
<b>Muestra (n)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

#### 4.4.1. Análisis y evaluación del edificio “A”:

El edificio en estudio obtuvo la certificación LEED Core and Shell y es destinado a oficinas. Está ubicado en el distrito de Miraflores, en Lima, que consta de catorce pisos y ocho sótanos y tiene un área construida de 26,846 m<sup>2</sup> (excluyendo estacionamientos). A continuación, se muestra la información del edificio que se introduce en el software EDGE para el modelamiento del edificio:

**Parámetros básicos.** En la Tabla 24 se muestra los parámetros sobre el uso de la edificación el cual servirá para el cálculo de ahorro energético e hídrico.

Tabla 24. *Parámetros básicos de la edificación "A"*

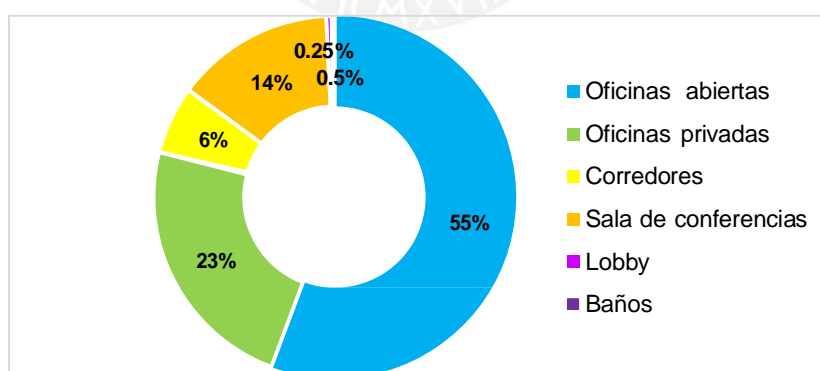
Parámetros	Und	Cantidad
Densidad y ocupación	m <sup>2</sup> /persona	10
Horario de funcionamiento	hrs/día	12
Días de uso	días/semana	6
Feriado	días/año	7

**Áreas de los ambientes.** En la Tabla 25 se muestra el cálculo de las áreas que se distribuye por ambiente y el porcentaje de cada una de ellas.

Tabla 25. *Áreas influyentes de los ambientes de la edificación "A"*

Ambientes	Und	Área	% de Ocupación
Oficinas abiertas	m <sup>2</sup>	14,646	55%
Oficinas privadas	m <sup>2</sup>	6,102	23%
Corredores	m <sup>2</sup>	1,654	6%
Sala de conferencias	m <sup>2</sup>	3,661	14%
Lobby	m <sup>2</sup>	119	0.5%
Baños	m <sup>2</sup>	664	2.5%
<b>TOTAL</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>26,846</b>	<b>100%</b>

La distribución gráfica de los porcentajes que muestra el software EDGE de las áreas mencionadas se muestra en la *Figura 27*. El ambiente con mayor área son las oficinas abiertas y el ambiente con menor área son los baños.



*Figura 27.* Gráfico de distribución porcentual de las áreas del edificio "A". Fuente: Resultados del Software EDGE.

**Orientación del Edificio.** Se coloca las dimensiones que presenta cada lado de la planta del edificio en la orientación determinada como se observa en la Tabla 26, esta información es útil para estimar las dimensiones del edificio. Asimismo, se ingresa el sistema utilizado en el edificio, para este caso se consideró el uso del sistema Aire Acondicionado.



Tabla 26. Dimensiones de la planta por orientación de la edificación "A"

Orientación	Und	Dimensiones
Norte	m	16.41
Sur	m	11.45
Este	m	33.27
Oeste	m	34.06
Noreste	m	18.17
Noroeste	m	34.48
Sudeste	m	39.05
Sudoeste	m	12.15

**Información para el cálculo del ahorro de energía.** En el software EDGE se indica las áreas de las paredes y de vidrio que se colocarán en la fachada exterior, esta información del edificio "A" se observa en la Tabla 27.

Tabla 27. Áreas de paredes y vidrios exteriores por orientación de la edificación "A" para el cálculo de WWR

Orientación	Área con paredes (m <sup>2</sup> )	Área con vidrios (m <sup>2</sup> )	Relación en % (WWR)
Norte	3,608.00	3,608.00	100%
Sur	3,761.00	1,351.00	36%
Este	3,031.00	1,564.00	52%
Oeste	0.00	0.00	0%
Noreste	0.00	0.00	0%
Noroeste	0.00	0.00	0%
Sudeste	0.00	0.00	0%
Sudoeste	0.00	0.00	0%

Otra información que se añade es el material de los techos del edificio y su grosor con el fin de obtener la cantidad de energía con respecto al aislamiento del techo, calculado por el software EDGE, la información se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28. Cálculo del Valor-U del techo (W/m<sup>2</sup>.K) con 2% de acero de la edificación "A"

Material de la capa de construcción del techo	Grosor (mm)	Conductividad (v/mK)	Resistencia (m <sup>2</sup> K/v)
		Capa de aire externa	0.04
Concreto - Reforzado con 2% de acero (2400)	200	0.54	0.37
		Capa de aire interna	0.13
<b>Valor-U del techo (W/m<sup>2</sup>.K)</b>			<b>0.523</b>

Asimismo, se añade el material de las paredes externas del edificio y el área total de las mismas para obtener la cantidad de energía con respecto al aislamiento térmico de las paredes externas, calculado por el software EDGE, la información se muestra en la Tabla 29.

Tabla 29. *Cálculo del Valor-U del techo (W/m<sup>2</sup>.K) con 1% de acero de la edificación "A"*

Material de la capa de construcción de paredes	Área de paredes (m <sup>2</sup> )	Conductividad (v/mK)	Resistencia (m <sup>2</sup> K/v)
Concreto- Reforzado con 1% de acero (2400)	2100	Capa de aire externa	0.04
		0.54	0.28
		Capa de aire interna	0.13
<b>Valor-U del techo (W/m<sup>2</sup>.K)</b>			<b>0.47</b>

Se ingresan los datos con respecto al tipo de vidrio de baja emisividad utilizado y se obtiene la cantidad de energía que consume en W/ m<sup>2</sup>.K el cual se muestra en la Tabla 30.

Tabla 30. *Cálculo del Valor-U (W/m<sup>2</sup>.K) por tipo de vidrios exteriores de la edificación "A"*

Tipos de vidrio	Superficie de vidrio transparente exterior (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de ganancia solar (SHGC)	Valor-U (W/ m <sup>2</sup> .K)
Tipo1	9435	0.6	0.95

Por último, se coloca la información con respecto a las bombillas ahorradoras de energía de espacios internos y externos, controles de iluminación para pasillos y escaleras, y sensores de ocupación en baños, salas de conferencias y cubículos cerrados.

**Información para el cálculo del ahorro de agua.** Se ingresa la información de los grifos de bajo flujo y se obtiene la tasa del flujo medio ponderado en L/min como se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31. *Cálculo de la tasa de flujo medio ponderado (L/min) de la edificación "A"*

Tipos de accesorio	Recuento de accesorios	Porcentaje de accesorios	Tasa de flujo (L/min)
Tipo1	15.00	12%	6.00
Tipo2	60.00	50%	4.00
Tipo3	30.00	25%	3.00
Tipo4	16.00	13%	5.00
Total	121.00	100%	
<b>Flujo medio ponderado</b>			<b>4.13</b>

Asimismo, se introduce la información sobre el tipo de válvula de descarga de inodoros en los baños, el urinario, grifos para cocina. Si existe la recuperación de agua condensada y el sistema de recolección de agua de lluvia.

**Información para el cálculo del ahorro de energía en la incorporación de materiales.**

Se coloca la información con respecto a los materiales y acabados utilizados en la construcción del edificio "A" que se muestra en la Tabla 32 para obtener el cálculo de

ahorro de la energía incorporado en los materiales.

Tabla 32. Información de los materiales de construcción utilizados en elementos estructurales y acabados de la edificación "A"

Elementos de construcción o acabados	Selección de línea mejorada	Proporción (%)	Espesor (mm)
Losa de piso y entrepiso	Losa reforzada de concreto en obra		200
Construcción de cubiertas	Losa reforzada de concreto en obra	100%	150
Paredes exteriores	Muro cortina	100%	150
Paredes interiores	Placas de yeso sobre montantes metálicos	40%	
Paredes interiores	Pared de ladrillo común con yeso en ambos lados	60%	
Acabados de piso	Alfombra de nailon	90%	
Acabados de piso	Baldosa cerámica	10%	
Marcos de ventana	Aluminio	100%	
Aislamiento de paredes	-		
Aislamiento de techo	-		

## PORCENTAJES DE AHORRO ENERGÉTICO E HÍDRICO DEL EDIFICIO "A"

### a. Ahorro de Energía

La cantidad de energía consumida expresada en kWh/m<sup>2</sup>/año por cada parámetro se observa en la *Figura 28*, tanto del edificio "A" y del modelo base proporcionado por EDGE. El modelo base sirve para realizar una comparación con el modelo del edificio "A" y así obtener el resultado del ahorro energético según los estándares de EDGE el cual resultó un total de 22.09%.

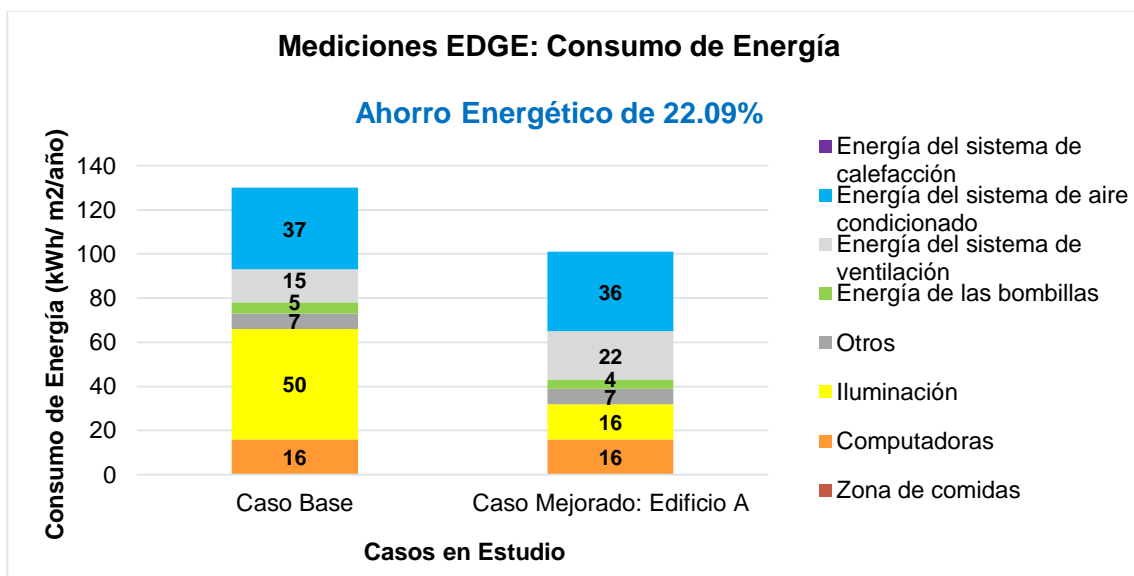


Figura 28. Comparación de energía consumida (kWh/ m<sup>2</sup>/año) del edificio "A" vs un Modelo Base.

Fuente: Adaptado de los resultados del Software EDGE.

Las brechas de consumo se observan en la Tabla 33, en ella se observa que la mayor brecha positiva se encuentra en el ahorro de energía por Iluminación de 34 kWh/ m<sup>2</sup>/año con respecto al modelo base, que es donde reside el mayor consumo de energía. Por el contrario, se tiene una brecha negativa en la energía del sistema de ventilación de 7 kWh/ m<sup>2</sup>/año. Como en la ciudad de Lima no se presentan climas extremos durante el invierno, no se utiliza el sistema de calefacción.

Tabla 33. Energía consumida (kWh/ m<sup>2</sup>/año) entre la edificación "A" y el Modelo Base propuesto por EDGE y brechas de consumo por fuente de uso de energía

Fuentes de uso de energía	Energía consumida del Modelo Base	Energía consumida del Edificio "A"	Brecha (kWh/ m <sup>2</sup> /año)
Aire Acondicionado	37	36	1
Sistema de Ventilación	15	22	-7
Bombillas	5	4	1
Otros	7	7	0
Iluminación	50	16	34
Computadoras	16	16	0

## b. Ahorro de Agua

La cantidad de agua consumida expresada en Lts/día/persona por cada parámetro se observa en la Figura 29, tanto del edificio "A" y del modelo base proporcionado por EDGE. Asimismo, se observa que solo se alcanzó el 9.06% en cuanto al ahorro de agua, por lo que no se cumple el mínimo establecido por EDGE (20%).

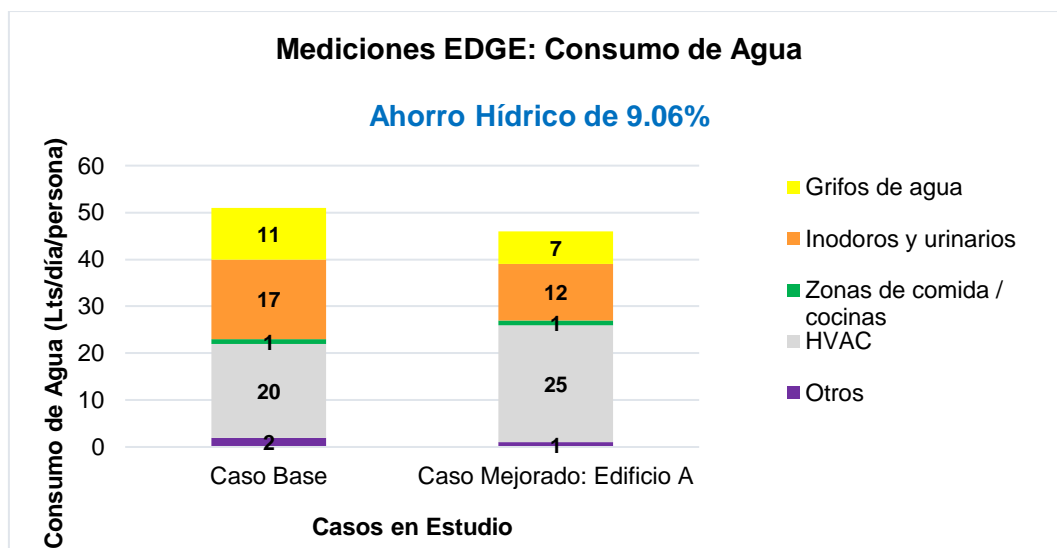


Figura 29. Comparación de agua consumida (Lts/día/persona) del edificio “A” vs un Modelo Base.

Fuente: Adaptado de los resultados del Software EDGE.

En la Tabla 34 se observan las brechas de consumo de agua entre el edificio “A” y el modelo base, se observa las brechas positivas en el uso de las griferías, inodoros y urinarios de 10 Lts/día/persona en total; sin embargo, en el uso de sistemas HVAC existe una brecha negativa de 5 Lts/día/persona, esto conlleva, a pesar de los ahorros en el uso de agua, a que no se cumpla con el porcentaje mínimo de ahorro de agua establecido por la certificación EDGE.

Tabla 34. Agua consumida (Lts/día/persona) entre la edificación “A” y el Modelo Base propuesto por EDGE y brechas de consumo por fuente de uso de agua

Fuentes de uso de agua	Agua consumida del Modelo Base	Energía consumida del Edificio "A"	Brecha (Lts/día/persona)
Grifos	11	7	4
Inodoros y Urinarios	17	12	5
Zona de comidas	1	1	0
HVAC	20	25	-5
Otros	2	1	1

### c. Ahorro de Energía incorporada en los materiales

La cantidad de energía incorporada en los materiales expresada en MJ/m<sup>2</sup> por cada parámetro se observa en la Figura 30, tanto del edificio “A” y del modelo base proporcionado por EDGE. Asimismo, se observa que se alcanzó un porcentaje de ahorro de 20.38% por lo que se cumple con el porcentaje mínimo del 20% que se requiere con la certificación EDGE.

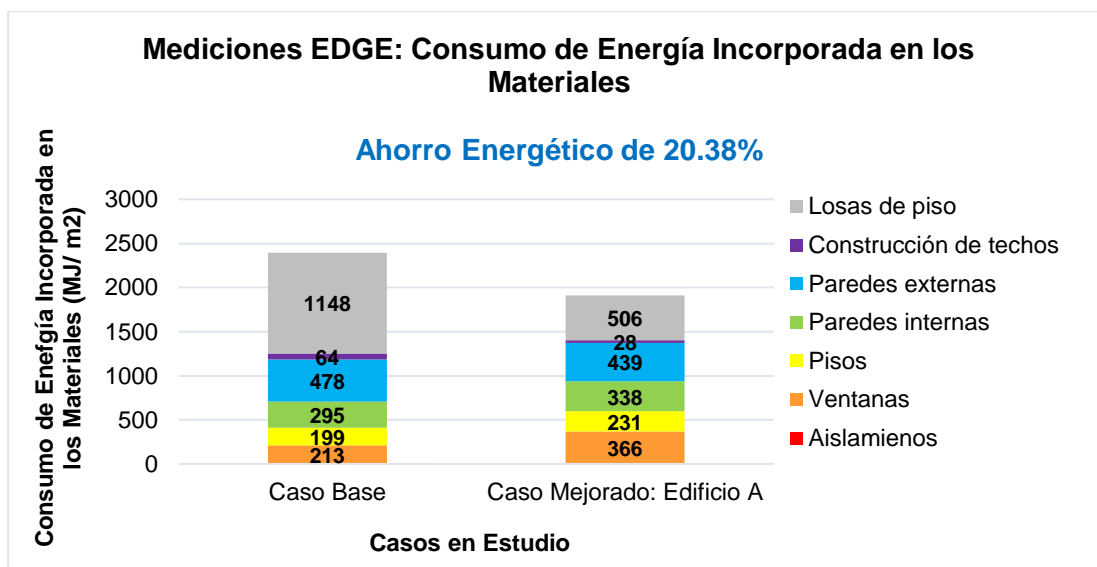


Figura 30. Comparación de energía incorporada en los materiales consumida ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) del edificio “A” vs un Modelo Base. Fuente: Adaptado de los resultados del Software EDGE.

En la Tabla 35 se puede observar que el ahorro de energía se presenta en el uso de las losas de piso y entrepiso, construcción de cubiertas y paredes exteriores, siendo un total de  $717 \text{ MJ}/\text{m}^2$ . Por otro lado, se observan brechas negativas por los materiales escogidos para las paredes interiores, acabados de piso y marcos de ventana, siendo este un total de  $228 \text{ MJ}/\text{m}^2$ . Con los resultados obtenidos se concluye que las brechas positivas son mayores que las negativas lo cual origina el porcentaje de ahorro mencionado líneas arriba.

Tabla 35. *Energía Incorporada en los Materiales consumida ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) entre la edificación “A” y el Modelo Base propuesto por EDGE y brechas de consumo por tipo de elementos de construcción o acabados*

Elementos de construcción o acabados	EIM consumida del Modelo Base	EIM consumida del Edificio "A"	Brecha ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )
Losa de piso y entrepiso	1148	506	642
Construcción de cubiertas	64	28	36
Paredes exteriores	478	439	39
Paredes interiores	295	338	-43
Acabados de piso	199	231	-32
Marcos de ventana	213	366	-153

#### 4.4.2. Análisis y evaluación del edificio “B”:

El edificio en estudio obtuvo la certificación LEED Existing Building destinado al uso educativo. Está ubicado en el distrito de San Miguel, en Lima, dentro de un campus académico, cuenta con espacios amplios para los trabajos que se realizan en ellos distribuidos en cuatro pisos y dos sótanos con un área construida de  $9312 \text{ m}^2$ .

A continuación, se muestra la información que se introdujo en el software EDGE para el

modelamiento del edificio:

**Parámetros básicos.** En la Tabla 36 se muestra los parámetros sobre el uso de la edificación el cual servirá para el cálculo de ahorro energético e hídrico.

Tabla 36. *Parámetros básicos de la edificación "B"*

Parámetros	Und	Cantidad
Densidad y ocupación	m <sup>2</sup> /persona	2
Horario de funcionamiento	hrs/día	15
Días de uso	días/semana	6
Feriado	días/año	11

**Áreas de los ambientes.** En la Tabla 37 se muestra el cálculo de las áreas que se distribuye por ambiente y el porcentaje de cada una de ellas.

Tabla 37. *Áreas influyentes de los ambientes de la edificación "B"*

Ambiente	Und	Área	% de Ocupación
Aulas	m <sup>2</sup>	2,806.00	30%
Talleres/sala comput.	m <sup>2</sup>	917.00	10%
Oficinas/salas de reu.	m <sup>2</sup>	2,552.00	27%
Pasillos	m <sup>2</sup>	2,621.00	28%
Baños	m <sup>2</sup>	416.00	4%
<b>TOTAL</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>9,312.00</b>	<b>100%</b>

La distribución gráfica de los porcentajes que muestra el software EDGE de las áreas mencionadas se muestra en la *Figura 31*. El ambiente con mayor área son las aulas y el ambiente con menor área son los baños.

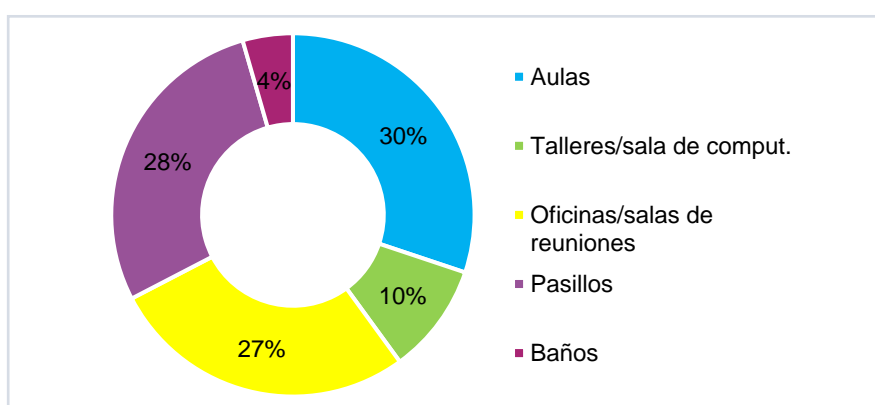


Figura 31. Gráfico de distribución porcentual de las áreas del edificio "B". Fuente: Resultados del Software EDGE.

**Orientación del Edificio.** Se coloca las dimensiones que presenta cada lado de la planta del edificio en la orientación determinada como se observa en la Tabla 38, esta información

es útil para estimar las dimensiones del edificio. Asimismo, se ingresa el sistema utilizado en el edificio, para este caso se señaló que el edificio no utiliza el sistema Aire Acondicionado.

Tabla 38. Dimensiones de la planta por orientación de la edificación "B"

Orientación	Und	Dimensiones
Norte	m	-
Sur	m	55
Este	m	23
Oeste	m	41
Noreste	m	35
Noroeste	m	26
Sudeste	m	-
Sudoeste	m	-

**Información para el cálculo del ahorro de energía.** En el software EDGE se indica las áreas de las paredes y de vidrio que se colocarán en la fachada exterior, esta información del edificio "B" se observa en la Tabla 39.

Tabla 39. Áreas de paredes y vidrios exteriores por orientación de la edificación "B" para el cálculo de WWR

Orientación	Área con paredes (m <sup>2</sup> )	Área con vidrios (m <sup>2</sup> )	Relación en % (WWR)
Norte	0.00	0.00	0%
Sur	935.00	650.00	69.5%
Este	393.00	235.00	60%
Oeste	692.00	276.00	40%
Noreste	0.00	0.00	0%
Noroeste	0.00	0.00	0%
Sudeste	0.00	0.00	0%
Sudoeste	0.00	0.00	0%

Otra información que se añade es el material de los techos del edificio y su grosor con el fin de obtener la cantidad de energía con respecto al aislamiento del techo, calculado por el software EDGE, la información se muestra en la Tabla 40.

Tabla 40. Cálculo del Valor-U del techo (W/m<sup>2</sup>.K) con 2% de acero de la edificación "B"

Material de la capa de construcción del techo	Grosor (mm)	Conductividad (v/mK)	Resistencia (m <sup>2</sup> K/v)
		Capa de aire externa	0.04
Concreto - Reforzado con 2% de acero (2400)	200	0.54	0.37
		Capa de aire interna	0.1
<b>Valor-U del techo (W/m<sup>2</sup>.K)</b>			<b>1.96</b>



Asimismo, se añade el material de las paredes externas del edificio y el grosor de las mismas para obtener la cantidad de energía con respecto al aislamiento térmico de las paredes externas, calculado por el software EDGE, la información se muestra en la Tabla 41.

Tabla 41. *Cálculo del Valor-U del techo ( $W/m^2.K$ ) con 1% de acero de la edificación "B"*

Material de la capa de construcción de paredes	Grosor (mm)	Conductividad (v/mK)	Resistencia ( $m^2K/v$ )
Concreto - Reforzado con 1% de acero (2300)	150	Capa de aire externa	0.04
		0.54	0.28
		Capa de aire interna	0.13
		<b>Valor-U</b>	<b>2.23</b>
Concreto- Reforzado con 1% de acero (2300)	300	Capa de aire externa	0.04
		0.14	2.14
		Capa de aire interna	0.13
		<b>Valor-U</b>	<b>0.43</b>
<b>Valor-U total de paredes (<math>W/m^2.K</math>)</b>			<b>1.6</b>

Se ingresan los datos con respecto al tipo de vidrio de baja emisividad utilizado y se obtiene la cantidad de energía que consume en  $W/m^2.K$  el cual se muestra en la Tabla 42.

Tabla 42. *Cálculo del Valor-U ( $W/m^2.K$ ) por tipo de vidrios exteriores de la edificación "B"*

Tipos de vidrio	Superficie de vidrio transparente exterior ( $m^2$ )	Coefficiente de ganancia solar (SHGC)	Valor-U ( $W/m^2.K$ )
Tipo 1	1363.5	0.26	120

Por último, se coloca la información con respecto a las bombillas ahorradoras de energía de espacios internos y externos, controles de iluminación para pasillos y escaleras, y sensores de ocupación en baños, salas de conferencias y cubículos cerrados.

**Información para el cálculo del ahorro de agua.** Se ingresa los tipos de grifos de bajo flujo en todos los demás baños, válvula de descarga de inodoros en los baños y urinarios eficientes en el uso de agua en todos los baños.

**Información para el cálculo del ahorro de energía en la incorporación de materiales.** Se coloca la información con respecto a los materiales y acabados utilizados en la construcción del edificio "B" que se muestra en la Tabla 43 para obtener el cálculo de ahorro de la energía incorporada en los materiales.

Tabla 43. Información de los materiales de construcción utilizados en elementos estructurales y acabados de la edificación "B"

Material de construcción	Selección de línea mejorada	Proporción (%)	Espesor (mm)
Losa de piso y entrepiso	Losa reforzada de concreto en obra		200
Construcción de cubiertas	Losa reforzada de concreto en obra	100%	200
Paredes exteriores	Muro cortina	60%	150
Paredes exteriores	Bloques de concreto macizo y pesado	40%	150
Paredes interiores	Pared de yeso sobre montantes metálicos	100%	
Acabados de piso	Baldosas/losas de piedra	40%	
Acabados de piso	Alfombra de nailon	60%	
Marcos de ventana	Acero	100%	
Aislamiento de paredes	-		
Aislamiento de techo	-		

## PORCENTAJES DE AHORRO ENERGÉTICO E HÍDRICO DEL EDIFICIO "B"

### a. Ahorro de Energía

La cantidad de energía consumida expresada en kWh/m<sup>2</sup>/año por cada parámetro se observa en la *Figura 32*, tanto del edificio "B" y del modelo base proporcionado por EDGE. El modelo base sirve para realizar una comparación con el modelo del edificio "B" y así obtener el resultado del ahorro energético según los estándares de EDGE el cual resultó un total de 41.8%.

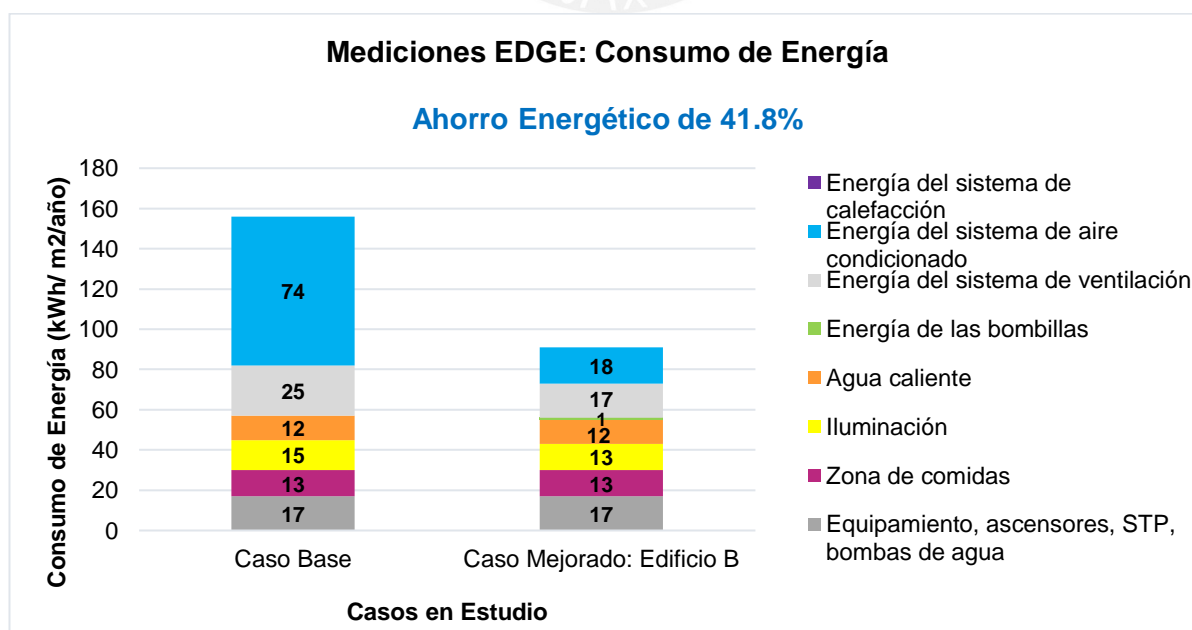


Figura 32. Comparación de energía consumida (kWh/ m<sup>2</sup>/año) del edificio "B" vs un Modelo Base. Fuente: Adaptado de los resultados del Software EDGE.

Las brechas de consumo se observan en la Tabla 44, en ella se observa que la mayor brecha positiva se encuentra en la fuente de energía de aire acondicionado con un ahorro de 56 kWh/ m<sup>2</sup>/año con respecto al modelo base, debido a que la edificación no cuenta con aire acondicionado porque en su diseño se utilizó la ventilación cruzada y aprovecha su ubicación para ventilar los ambientes. Por el contrario, se tiene una brecha negativa de 1 kWh/ m<sup>2</sup>/año en la energía consumida por las bombillas.

Tabla 44. *Energía consumida (kWh/ m<sup>2</sup>/año) entre la edificación "B" y el Modelo Base propuesto por EDGE y brechas de consumo por fuente de uso de energía*

Fuentes de uso de energía	Energía consumida del Modelo Base	Energía consumida del Edificio "B"	Brecha (kWh/ m <sup>2</sup> /año)
Aire Acondicionado	74	18	56
Sistema de Ventilación	25	17	8
Bombillas	0	1	-1
Agua caliente	12	12	0
Iluminación	15	13	2
Zona de comidas	13	13	0
Equipamiento, ascensor, STP	17	17	0

## b. Ahorro de Agua

La cantidad de agua consumida expresada en Lts/día/persona por cada parámetro se observa en la *Figura 33*, tanto del edificio "B" y del modelo base proporcionado por EDGE. Asimismo, se observa que solo se alcanzó el 15.96% en cuanto al ahorro de agua, por lo que no se cumple el mínimo establecido por EDGE (20%).

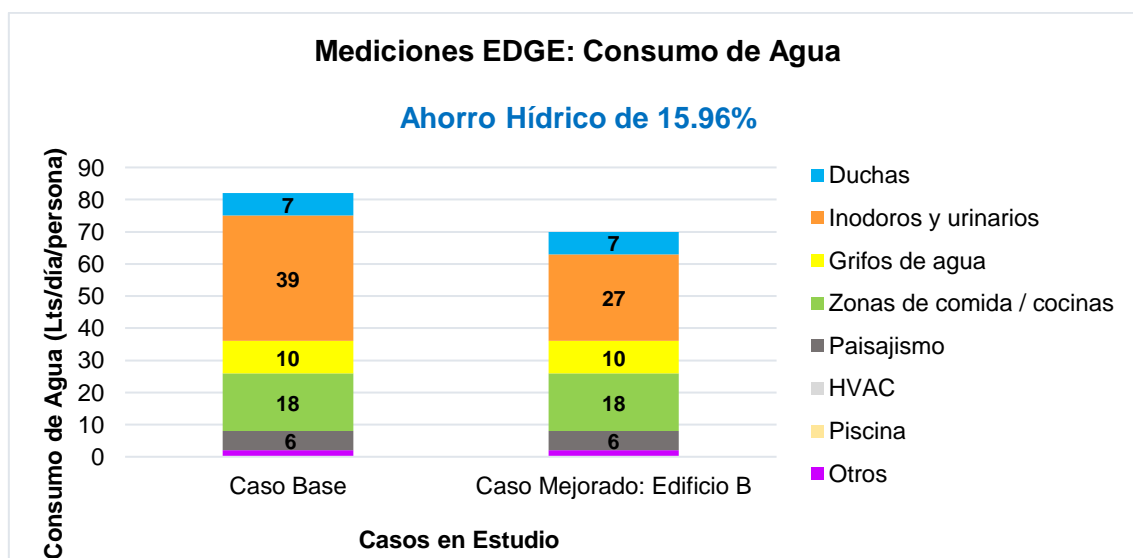


Figura 33. Comparación de agua consumida (Lts/día/persona) del edificio "B" vs un Modelo Base.  
Fuente: Adaptado de los resultados del Software EDGE.

En la Tabla 45 se observan las brechas de consumo de agua entre el edificio "B" y el modelo base, se observa la brecha positiva en el uso de los inodoros y urinarios de 12

Lts/día/persona en total. No existen brechas negativas, pero no basta con ello para llegar al mínimo de ahorro solicitado, se debe presentar mayor ahorro de agua en otras fuentes de uso de agua.

Tabla 45. Agua consumida (Lts/día/persona) entre la edificación "B" y el Modelo Base propuesto por EDGE y brechas de consumo por fuente de uso de agua

Fuentes de uso de agua	Agua consumida del Modelo Base	Energía consumida del Edificio "B"	Brecha (Lts/día/persona)
Duchas	7	7	0
Inodoros y Urinarios	39	27	12
Grifos	10	10	0
Cafetería	18	18	0
Jardinería	2	2	0

### c. Ahorro de Energía incorporada en los materiales

La cantidad de energía incorporada en los materiales expresada en MJ/m<sup>2</sup> por cada parámetro se observa en la *Figura 34*, tanto del edificio "B" y del modelo base proporcionado por EDGE. Asimismo, se observa que se alcanzó un porcentaje de ahorro de 31.05% por lo que se cumple con el porcentaje mínimo del 20% que se requiere con la certificación EDGE.

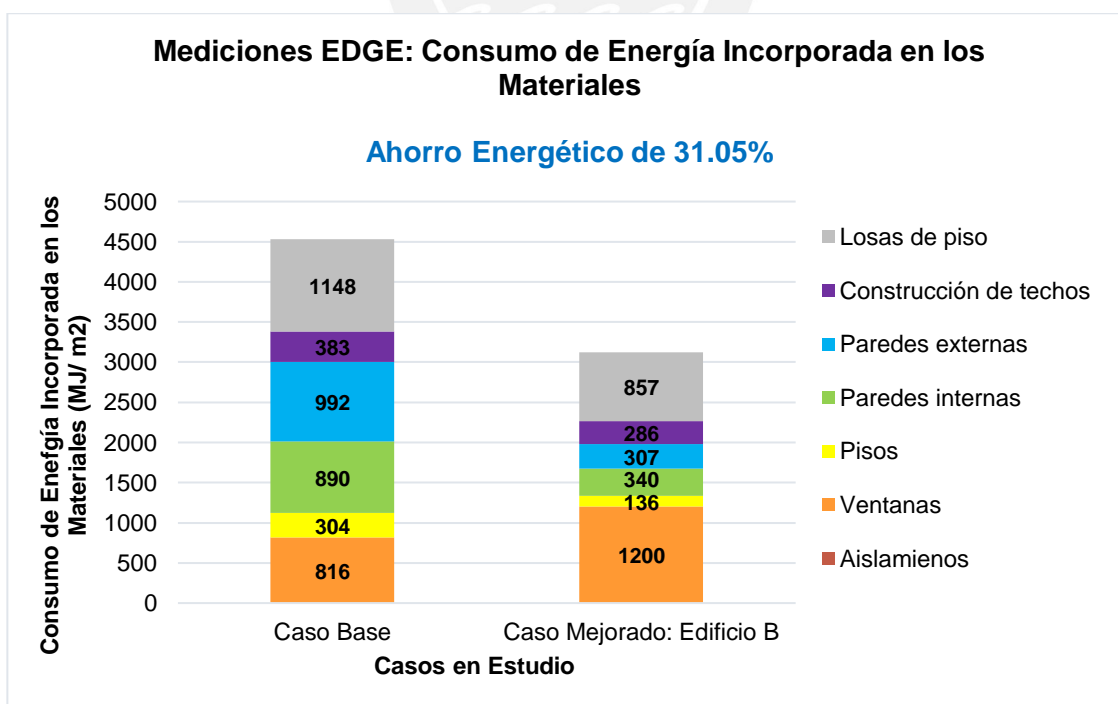


Figura 34. Comparación de energía incorporada en los materiales consumida (MJ/ m<sup>2</sup>) del edificio "B" vs un Modelo Base. Fuente: Resultados del Software EDGE.

En la Tabla 46 se puede observar que el ahorro se presenta en cinco de seis elementos de construcción con un total de 1,791 MJ/ m<sup>2</sup>, esto se debe a los materiales utilizados en cada uno de ellos. Entre uno de los materiales influyentes en la brecha positiva se encuentra el uso de la tabiquería sílico-calcáreo en las paredes exteriores, este aísla el calor por lo que no es necesario el aire acondicionado. Por otro lado, se observa una brecha negativa de 384 MJ/m<sup>2</sup> por los materiales escogidos para los marcos de ventana. Con los resultados obtenidos se concluye que las brechas positivas son mayores que las negativas lo cual origina el porcentaje de ahorro mencionado líneas arriba.

Tabla 46. *Energía Incorporada en los Materiales consumida (MJ/ m<sup>2</sup>) entre la edificación "B" y el Modelo Base propuesto por EDGE y brechas de consumo por tipo de elementos de construcción o acabados*

Elementos de construcción o acabados	EIM consumida del Modelo Base	EIM consumida del Edificio "B"	Brecha (MJ/ m <sup>2</sup> )
Losa de piso y entrepiso	1148	857	291
Construcción de cubiertas	383	286	97
Paredes exteriores	992	307	685
Paredes interiores	890	340	550
Acabados de piso	304	136	168
Marcos de ventana	816	1200	-384

Como resumen de los resultados obtenidos se tiene la Tabla 47 en el cual se observa que se cumple con el porcentaje de ahorro mínimo (20%) en energía y energía incorporada en los materiales, por el contrario, tanto para el edificio "A" y "B" no se llega a cumplir con el ahorro del agua, siendo el primero muy bajo (9.06%) por lo que en el diseño se debe colocar mayor atención en aumentar el porcentaje de ahorro de agua con la implementación de sistemas que ayuden a disminuir la cantidad de agua a largo plazo.

Tabla 47. *Comparativo de porcentajes de ahorro para el edificio "A" y "B" para los tres indicadores que mide EDGE*

	AHORRO					
	Energía	(kWh/ m <sup>2</sup> /año)	Agua	(Lts/día/per sona)	Energía incorporada en los	(MJ/ m <sup>2</sup> )
<b>Edificio "A"</b>	22.09%	101/130	9.06%	46/51	20.38%	1908/2397
<b>Edificio "B"</b>	41.80%	91/156	15.96%	64/76	31.05%	3126/4533

## 5. CONCLUSIONES

La certificación LEED presenta un sistema de calificación que se basa en brindar puntajes por el cumplimiento de créditos agrupados por categorías que aportan a que un proyecto sea sostenible ya sea durante la etapa de diseño, construcción o mantenimiento y operación. Los edificios obtienen la certificación en base a la evaluación del puntaje total mas no por la cantidad de puntos obtenidos por categoría, pues no existe un mínimo puntaje de cumplimiento por categoría. En base a lo descrito, se define que la importancia de las categorías radica en el mayor impacto positivo que estas generan para obtener una edificación sostenible, pero no siempre es prioridad para el cliente cumplirlos, sino, este analiza qué créditos son más viables de cumplirlos tanto en costo y beneficios, aquellos que requieren menor inversión y brinden más puntaje, para mejorar el diseño del proyecto o cambiar características y así cumplir con el puntaje mínimo requerido para obtener la certificación LEED. Por ello, se realizaron análisis cuantitativos a los créditos y categorías y se concluye lo siguiente:

Del análisis realizado por porcentaje de cumplimiento de las categorías en el capítulo 4.1 las categorías con mayor cumplimiento en los tres tipos de edificaciones (New Construction, Core&Shell y Existing Building) son las de Sitio Sostenible (SS), Eficiencia Hídrica (WE), Energía y Atmósfera (EA), Calidad de Ambiente de Interiores (IEQ) y Materiales y Recurso (MR), mencionadas en orden descendiente, tal como se observa en la Tabla 14. Con ello se concluye que para las categorías de Sitio Sostenible y Eficiencia Hídrica presentan en promedio un porcentaje de cumplimiento alto lo cual demuestra la facilidad de cumplirse en la ciudad de Lima por la cantidad de puntaje que otorga, el 25% del puntaje total para la primera y 10% para la segunda, y la menor inversión que requiere en comparación con el costo de implementación de las demás categorías.

En cuanto a la categoría Energía y Atmósfera, el porcentaje de cumplimiento demuestra que en la etapa de diseño o construcción (NC y CS) de los proyectos no se otorgue la importancia que luego se observa en edificios existentes (EB), las decisiones deben tomarse con anticipación y presentar mayor interés en cumplir con esta categoría en edificios que recién van a ser diseñados para aumentar su impacto positivo en la sostenibilidad. Por otro lado, la mayor preocupación se observa en las categorías de Materiales y Recursos (MR) y Calidad del Ambiente Interior (IEQ), debido a que en los tres tipos de edificaciones el porcentaje de cumplimiento es menor a 45%. El impacto que estas categorías generan en la sostenibilidad es igual de importantes que las primeras, por lo tanto, se debe poner mayor empeño en cumplirlas para balancear el aporte de las mismas.

La categoría Energía y Atmósfera es la más influyente en la certificación debido a la cantidad del puntaje total que LEED establece (35 puntos que representa el 32% del puntaje total); sin embargo, se demuestra que no es prioridad para los inversionistas implementarlo en los proyectos debido a la alta inversión que se debe realizar. En el caso de los proyectos New Construction, los de certificación Silver presentan un porcentaje de cumplimiento promedio de 22% (8 puntos), mientras que los proyectos de certificación Gold, 38% (13 puntos), puntajes que demuestran el poco compromiso por parte de los inversionistas en cumplir con la categoría más importante que agregar valor a la sostenibilidad. Por último, se observa que ningún proyecto cumple con el “Crédito 2: Energía renovable en el sitio”, uno de los créditos más importantes para la sostenibilidad debido a que esta energía proviene de la utilización de recursos naturales inagotables y renovables para la naturaleza, con ello se garantiza la sostenibilidad, la renovación de los recursos, reducción de las emisiones atmosféricas de contaminantes y económicamente son viables y abundantes.

El cumplimiento de la categoría Materiales y Recursos (MR) es importante debido al valor que genera a la sostenibilidad de los proyectos debido a la gestión de residuos que se genera en la etapa de la construcción y la reutilización de materiales, el cual es de fácil cumplimiento, esto se observa en el porcentaje de cumplimiento de los créditos 4 y 5 de los 3 tipos de edificaciones (Figura 5, 12 y 19). Esta categoría también se enfoca en el rehúso de elementos existentes, sean estructurales o no, para evitar la demolición y en el impacto negativo que este proceso genera al medio ambiente; el rehúso de materiales propios de la construcción, que conlleva un análisis del estudio del material para saber cómo usarlo y; el uso de materiales renovables, al igual que el anterior, requiere de un estudio previo de los materiales, el proceso de obtención y asesoría técnica de cómo emplearlo.

Del análisis estadístico realizado con el programa SPSS en el capítulo 4.2 para identificar el comportamiento de las categorías con respecto al puntaje total, como resultado se obtuvo una gráfica (Figura 24) que muestra las correlaciones del puntaje parcial de cada categoría con el puntaje total de la certificación LEED, en ella, se interpreta que la pendiente de cada categoría muestra la proporcionalidad la pendiente del puntaje total, es directa si es positiva e indirecta si es negativa. Esta proporcionalidad se interpreta como la influencia e importancia que se le dieron a las categorías en base a los porcentajes de cumplimientos sobre el puntaje total alcanzado. El cumplimiento de las categorías MR, ID, IEQ, SS, en menor escala WE, influyen en el puntaje total, mientras que la categoría EA tiene influencia casi nula, es insignificante al puntaje total e indica que no es prioridad para los proyectos el cumplimiento de créditos, por lo que, no se toma importancia. Adicional a ello, se realizó el “Análisis Anova”, con el que se evalúa si existen diferencias significativas entre tipos de certificaciones y edificaciones, el resultado que se obtuvo demuestra que para los casos o

proyectos estudiados no existen diferencias relevantes a nivel de tipo de edificaciones (NC, CS y EB) ni por tipo de certificación (Silver y Gold), concepto contrario a lo que indica la certificación LEED, en el cual teóricamente la certificación Gold debe presentar mejores innovaciones que Silver.

Del análisis a los proyectos con el software EDGE se demuestra que si bien la certificación LEED les da importancia a varias categorías, pero no se enfoca en que los proyectos cumplan con las más importantes, los que generan valor a la sostenibilidad, y esto lo demuestra el bajo porcentaje de ahorro que presentan las edificaciones con certificación LEED analizadas con el software EDGE. No se cumplen con el porcentaje mínimo de ahorro de agua (20%) y en el ahorro de energía se logra cumplir un poco más del porcentaje mínimo, lo que refuerza la hipótesis planteada del tema de tesis, el cual describe que, desde la perspectiva de los constructores, es más importante construir la mayor cantidad de m<sup>2</sup> de edificaciones con certificación LEED para poder obtener mayores márgenes de ganancia y rentabilidad, a pesar de que en realidad estos edificios cumplen con un puntaje mínimo en las categorías con mayor influencia en la obtención de una edificación sostenible como EA, MR y WE. Por otro lado, el interés principal del cliente por construir estos edificios se origina en la obtención de un estatus social, bajos costos de mantenimiento y una rentabilidad alta, cuando el objetivo debería ser más que un ahorro económico, pues la sostenibilidad no se basa solo en ello, sino en disminuir el impacto negativo que se causa al medio ambiente, a los usuarios, y en brindar un ambiente confortable al usuario.



## 6. RECOMENDACIONES

Para el desarrollo de proyectos sostenibles, ya sea desde la etapa de diseño y construcción o durante su operación y mantenimiento, se recomienda presentar mayor énfasis con el cumplimiento de los créditos de las categorías que aportan significancia a la sostenibilidad de la ciudad con un mínimo de 50% del puntaje parcial de las categorías Eficiencia Hídrica (WE), Energía y Atmósfera (EA) y Materiales y Recursos (MR). El cumplimiento de las mismas ayudará a que los edificios, en caso desean obtener alguna certificación, puedan realmente calificar para ser reconocidos como construcciones sostenibles. Además, se recomienda la aplicación de sistemas de construcción, reutilización de materiales y diseñar sistemas de ventilación, aire acondicionado e iluminación naturales que generen ahorros de energía, agua y energía incorporada en los materiales durante el ciclo de vida de operación y mantenimiento de las edificaciones, pues estos tres aspectos presentan una influencia positiva en la obtención de un edificio sostenible debido a la disminución de la cantidad de emisiones de carbono.

Se debe continuar con el porcentaje de cumplimiento de la categoría Sitio Sostenible(SS) ya que agrega valor en la conservación de las áreas naturales para brindar un entorno agradable que permita la interacción con el medioambiente y social; sin embargo, se debe mejorar el cumplimiento entre el 80 a 100% de las categorías Eficiencia Hídrica (WE) y Energía y Atmósfera (EA) de la certificación LEED ya que la evaluación que se realizaron a las dos edificaciones estudiadas con el software EDGE en cuanto al ahorro de agua no cumplen con el mínimo esperado (20%) y en el ahorro de energía un proyecto logro casi el mínimo de ahorro (21%) pese a que los proyectos escogidos fueron Silver y Gold. Para el caso de WE, se debe considerar invertir en implementar nueva tecnología en el tratamiento de residuos de agua (Crédito 2 WE-LEED) y para el caso de EA, se puede invertir en utilizar energía renovable (Crédito 2 EA-LEED).

Se deben tomar en cuenta para futuros proyectos Existing Building que durante la etapa de operación y mantenimiento, el cumplimiento de más del 50% de las categorías Calidad del Ambiente Interior (IEQ) y Eficiencia Hídrica (WE) pues los porcentajes de cumplimiento analizados que se muestran son muy bajos, oscilan entre 19% y 21%, además se debe invertir más en las categorías de Energía y Atmósfera (EA), Sitio Sostenible (SS) y Eficiencia Hídrica (WE) ya que en comparación de las edificaciones New Construction (NC) y Core & Shell (CS), estos edificios presentan menor porcentaje de cumplimiento en estas categorías.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Alta calidad medioambiental (HQE) y sus objetivos (s.f). Recuperado de: <https://es.clestra.com/desarrollo-sostenible/que-hqe>
- Alvarez, R. (20 de diciembre de 2018). El sistema de certificación alemán DGNB. Blogdiario. [Blog]. Recuperado de: <http://rafael-alvarez.blog.galeon.com/1356042769/el-sistema-de-certificaci-n-alem-n-dgnb/>
- Arias, H. (2013). Construcción sostenible: Propuesta de una gerencia de sostenibilidad en empresas constructoras enfocadas a edificación. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Arkesteijn, K. y Van Dijk, D. (2010). Energy Performance Certification for New and Existing Buildings. EC Cense. 156. Recuperado de: [www.iee-cense.eu](http://www.iee-cense.eu).
- Asamblea General de las Naciones Unidas Sitio. (2017). Desarrollo sostenible. Naciones Unidas. Recuperado de: <http://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>
- Bautista J. y Loaiza, N. (2017). La Construcción Sostenible Aplicada a las Viviendas de Interés Social en Colombia. Semillas Ambientales. 11, 86-110. Recuperado de: <file:///C:/Users/windows%2010/Downloads/12236-Texto%20del%20artículo-57644-1-10-20170621.pdf>
- Becar, P. (2010). Plan de internacionalización de IDIEM en asesoría para la obtención de la certificación en leed en Perú (Tesis de maestría). Universidad de Chile, Chile.
- BREEAM International New Construction 2016 (2015). Recuperado de: [https://www.breeam.com/BREEAMIntNDR2016SchemeDocument/content/resources/output/nc\\_pdf\\_printing/nc\\_int\\_2016\\_print.pdf](https://www.breeam.com/BREEAMIntNDR2016SchemeDocument/content/resources/output/nc_pdf_printing/nc_int_2016_print.pdf)
- Breeam, el certificado de la construcción sostenible (s.f.). Recuperado de: <http://www.breeam.es/conocenos/breeam-internacional>
- CASBEE Certification emblem (2016). Recuperado de: [http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/document/CASBEE\\_brochure\\_2016.pdf](http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/document/CASBEE_brochure_2016.pdf)
- Certificaciones (2018). Recuperado de: <http://www.perugbc.org.pe/site/certificaciones>
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2012). Construcción Sostenible: Una Agenda para Colombia. Recuperado de: <http://www.cccs.org.co/construccionsostenible/que-es>
- Construcción y Emisiones CO<sub>2</sub> a la atmósfera (s.f.). GROWING BUILDINGS. Recuperado de: <https://growingbuildings.com/construccion-y-emisiones-co2-a-la-atmosfera/>

- Cornejo, C. (2017). Bases para una evaluación de la arquitectura sostenible. Boletín del Centro de Investigación de la Creatividad UCAL .Vol. 2, 22-44.
- DGNB System Version 2018 (2018). Recuperado de: <https://www.dgnb-system.de/en/system/version2018/>
- EDGE APP. (2018). EDGE Buildings Build and Brand Green. Recuperado de: <https://app.edgebuildings.com/#/>
- EDGE Methodology Report, version 2.0. (2018). Recuperado de: <https://www.edgebuildings.com/wp-content/uploads/2018/10/181018-EDGE-Methodology-Version-2.pdf>
- Edificios Verdes (2018). Recuperado de: <https://gbce.es/certificacion-verde/>
- Edificios verdes: el reto de la construcción sostenible (9 de setiembre de 2017). Recuperado de: <https://elcomercio.pe/suplementos/comercial/zona-inmobiliaria/edificios-verdes-reto-construccion-sostenible-1003014>
- El mundo Sustentable de las Energías Renovables, (s,f). Buenos Aires, Argentina. Recuperado de: [https://www.findernet.com/sites/all/files/user\\_70/ar\\_wp\\_energias\\_renovables.pdf](https://www.findernet.com/sites/all/files/user_70/ar_wp_energias_renovables.pdf)
- Eraikal (10 de diciembre de 2012). Certificación DGNB de Construcción Sostenible. Eraikal. [Blog]. Recuperado de: <http://eraikal.blog.euskadi.eus/blog/2012/12/10/certificacion-dgnb-de-construccion-sostenible/>
- Frade, E y Susumu, M. (2018). Los modelos de las certificaciones sostenibles y las soluciones constructivas utilizadas en Brasil y España. Construible: Todo sobre construcción sostenible. Recuperado de: <https://www.construible.es/comunicaciones/modelos-certificaciones-sostenibles-soluciones-constructivas-utilizadas-brasil-espana>
- Gobbi S., Puglisi V. y Ciaramella A. (2016). A Rating System for Integrating Building Performance Tools in Developing Countries. Energy Procedia, 96, 333-344.
- Guía de Conceptos Básicos de LEED y edificios ecológicos (s.f), New York, Estados Unidos.
- Hermano Lobo 188 (Mayo, 2018). Recuperado de: <https://www.edgebuildings.com/projects/hermano-lobo-188/>
- INEI / Dirección Nacional de Indicadores Económicos. (2018, junio 15). PERÚ: Evolución Mensual de la Actividad del Sector Construcción (PBI de Construcción): 2014 – 2018. Recuperado de [http://www3.vivienda.gob.pe/Destacados/estadistica/62\\_PBI-CONSTRUCCION.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/Destacados/estadistica/62_PBI-CONSTRUCCION.pdf)

- Iwamura, K. (30 de Setiembre de 2010). Distribución internacional de los Green Building Council. [Figura]. Recuperado de: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2509/TESS.pdf?sequence=1>
- LEED v3 for Building Design and Construction (2009). Recuperado de: [https://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%202009%20RG%20BD+C-Supplement GLOBAL 10 2014 Update.pdf](https://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%202009%20RG%20BD+C-Supplement%20GLOBAL%2010%202014%20Update.pdf)
- Libedinsky, J. (2011). Norman Foster, un arquitecto que imagina el futuro. La Nación, pp.22.
- Lima tiene más de 1,000 edificios que deben convertirse en sostenibles y sólo 40 lo hicieron (30 de mayo de 2017). Recuperado de: <https://gestion.pe/tu-dinero/inmobiliarias/lima-1-000-edificios-deben-convertirse-sostenibles-40-hicieron-136135>
- Lutzkenforf T. (2010). Inmuebles sostenibles – ¿sueño o tendencia?. Informes de la Construcción. 62 (517), 5-22.
- Mc Mullan, R. (2007). Environmental Science in Building. 6. Hampshire, Inglaterra.
- Ministerio de Energía y Minas - MINEM (2009). Balance Nacional de Energía. MINEM.
- Perú logra nueva certificación LEED por campus universitario de UTEC (s.f). Recuperado de: <https://www.utec.edu.pe/noticias/peru-logra-nueva-certificacion-leed-por-campus-universitario-de-utec>
- Perú: Supermercados Wong logra segunda certificación LEED (12 de Diciembre del 2018). Recuperado de: <https://www.peru-retail.com/cencosud-wong-supermercados-leed/>
- Planta de Lindley en Trujillo es primera instalación industrial con certificación LEED en Perú (10 de diciembre, 2014). Recuperado de: <https://gestion.pe/economia/empresas/planta-lindley-trujillo-primera-instalacion-industrial-certificacion-leed-peru-86175>
- PRIMER CAMPUS VERDE. Catalizador para la creación de Ciudades Verdes. Recuperado de: <http://www.asocem.org.pe/archivo/files/PRIMER%20CAMPUS%20VERDE%20vol2.pdf>
- ¿Qué es la construcción sostenible? (2017). PUCP. Recuperado de: <http://www.pucp.edu.pe/climadecambios/index.php?tmpl=articulo&id=1040>
- Ramos C., García R., Quintana P., Ojeda De La Cruz, A. & Borbón A. (2016). Evaluación de la Gestión de Sustentabilidad y Seguridad en Construcciones de Vivienda en México. EPISTEMUS. 20, 69-73.
- Rating system selection guidance (Setiembre de 2011). Recuperado de: <http://www.usgbc.org/resources/leed-2009-rating-system-selection-guidance>

- Reinhart, C. (2001). Daylight Availability and Manual Lighting Control in office buildings - Simulation Studies and Analysis of Measurements. Thesis PhD at University of Karlsruhe, Germany. Recuperado en: [http://mit.edu/tito /www/ Publications/PhDCReinhart.pdf](http://mit.edu/tito/www/Publications/PhDCReinhart.pdf)
- Ribero Ó., Garzón D., Alvarado Y. & Gasch I. (2016). Beneficios económicos de la certificación LEED. Edificio Centro Ático: caso de estudio. Revista Ingeniería de Construcción. 31 (2), 139-146.
- Sector construcción crecería más de 3% en el 2018 por mayor inversión minera y obra pública (2 de abril de 2018). Recuperado de <https://gestion.pe/economia/sector-construccion-creceria-mas-3-2018-mayor-inversion-minera-y-obra-publica-230620>
- Solano, S. (2019). Certificación EDGE: impulsando los edificios verdes en Perú y el mundo (8 de noviembre de 2019). Recuperado de <http://www.construccionindustria.com/certificacion-edge-impulsando-los-edificios-verdes-en-peru-y-el-mundo/>
- Susunaga, J. (2014). Construcción Sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario (Tesis de postgrado). Universidad Católica de Colombia, Colombia.
- Verde Two Monteverde Tower (Diciembre, 2017). Recuperado de: <https://www.edgebuildings.com/projects/verde-two-monteverde-tower/>
- Zevenwacht Lifestyle Estate (Julio, 2018). Recuperado de: <https://www.edgebuildings.com/projects/zevenwacht-lifestyle-estate/>

## 8. ANEXOS

### ANEXO A. Puntajes parciales de los créditos y categorías del tipo de proyecto: New Construction

CRÉDITOS DEL TIPO DE PROYECTO: NEW CONSTRUCTION		Puntaje total
<b>Sitio sostenible</b>		<b>26</b>
<i>Crédito 1</i>	Selección del sitio	1
<i>Crédito 2</i>	Desarrollo de la densidad y conectividad de la comunidad	5
<i>Crédito 3</i>	Reurbanización de suelos contaminados o abandonados	1
<i>Crédito 4.1</i>	Transporte Alternativo: Acceso a transporte público	6
<i>Crédito 4.2</i>	Transporte Alternativo: Parqueo de bicicletas y vestuarios	1
<i>Crédito 4.3</i>	Transporte Alternativo: Vehículos de bajas emisiones y con combustible eficiente	3
<i>Crédito 4.4</i>	Transporte Alternativo: Capacidad de estacionamientos	2
<i>Crédito 5.1</i>	Desarrollo del sitio: Protección o Restauración del Hábitat	1
<i>Crédito 5.2</i>	Desarrollo del sitio: Maximización del espacio abierto	1
<i>Crédito 6.1</i>	Diseño de agua de tormenta: Control de cantidad	1
<i>Crédito 6.2</i>	Diseño de agua de tormenta: Control de calidad	1
<i>Crédito 7.1</i>	Efecto de isla de calor: Sin techo	1
<i>Crédito 7.2</i>	Efecto de isla de calor: Con techo	1
<i>Crédito 8</i>	Reducción de contaminación luminosa	1
<b>Eficiencia Hídrica</b>		<b>10</b>
<i>Crédito 1</i>	Paisajismo con uso eficaz del agua	4
<i>Crédito 2</i>	Tecnologías innovadoras de aguas residuales	2
<i>Crédito 3</i>	Reducción del uso del agua	4
<b>Energía y Atmósfera</b>		<b>35</b>
<i>Crédito 1</i>	Optimizar el desempeño de la energía	1-19
<i>Crédito 2</i>	Energía renovable en el sitio	1-7
<i>Crédito 3</i>	Comisionamiento mejorado	2
<i>Crédito 4</i>	Gestión mejorada de refrigeración	2
<i>Crédito 5</i>	Medición y verificación	3
<i>Crédito 6</i>	Energía verde	2
<b>Materiales y Recursos</b>		<b>14</b>
<i>Crédito 1.1</i>	Rehúso de edificios: Mantener paredes existentes, pisos y techo	3
<i>Crédito 1.2</i>	Rehúso de edificios: Mantener elementos interiores no estructurales	1
<i>Crédito 2</i>	Gestión de residuos de construcción	2
<i>Crédito 3</i>	Rehúso de materiales	2
<i>Crédito 4</i>	Contenido reciclado	2

<i>Crédito 5</i>	Materiales Reciclados	2
<i>Crédito 6</i>	Materiales rápidamente renovables	1
<i>Crédito 7</i>	Madera certificada	1
<b>Calidad del Ambiente Interior</b>		<b>15</b>
<i>Crédito 1</i>	Monitoreo de suministro de aire exterior	1
<i>Crédito 2</i>	Aumento de la ventilación	1
<i>Crédito 3.1</i>	Plan de gestión de IAQ de construcción: durante la construcción	1
<i>Crédito 3.2</i>	Plan de gestión de IAQ de construcción: antes de la ocupación	1
<i>Crédito 4.1</i>	Materiales de baja emisión: adhesivos y selladores	1
<i>Crédito 4.2</i>	Materiales de baja emisión-Pinturas y recubrimientos	1
<i>Crédito 4.3</i>	Materiales de baja emisión-Sistemas de pisos	1
<i>Crédito 4.4</i>	Materiales de baja emisión: madera compuesta y productos de agrifibra	1
<i>Crédito 5</i>	Control interno de sustancias químicas y contaminantes	1
<i>Crédito 6.1</i>	Control de sistemas de iluminación	1
<i>Crédito 6.2</i>	Control de los sistemas: confort térmico	1
<i>Crédito 7.1</i>	Diseño de confort térmico	1
<i>Crédito 7.2</i>	Verificación de la comodidad térmica	1
<i>Crédito 8.1</i>	Luz del día y vistas: luz del día	1
<i>Crédito 8.2</i>	Luz del día y Vistas: Vistas	1
<b>Proceso de Diseño e Innovación</b>		<b>6</b>
<i>Crédito 1</i>	Innovación en el diseño	5
<i>Crédito 2</i>	Profesional LEED acreditado	1
<b>Créditos de Prioridad Regional</b>		<b>4</b>
<b>Total</b>		<b>110</b>

**ANEXO B. Puntajes parciales de los créditos y categorías del tipo de proyecto: Core & Shell**

<b>CRÉDITOS DEL TIPO DE PROYECTO: CORE &amp; SHELL</b>		<b>Puntaje total</b>
<b>Sitio sostenible</b>		<b>28</b>
<i>Crédito 1</i>	Selección del sitio	1
<i>Crédito 2</i>	Desarrollo de la densidad y conectividad de la comunidad	5
<i>Crédito 3</i>	Reurbanización de suelos contaminados o abandonados	1
<i>Crédito 4.1</i>	Transporte Alternativo: Acceso a transporte público	6
<i>Crédito 4.2</i>	Transporte Alternativo: Parqueo de bicicletas y vestuarios	2
<i>Crédito 4.3</i>	Transporte Alternativo: Vehículos de bajas emisiones y con combustible eficiente	3
<i>Crédito 4.4</i>	Transporte Alternativo: Capacidad de estacionamientos	2
<i>Crédito 5.1</i>	Desarrollo del sitio: Protección o Restauración del Hábitat	1
<i>Crédito 5.2</i>	Desarrollo del sitio: Maximización del espacio abierto	1
<i>Crédito 6.1</i>	Diseño de agua de tormenta: Control de cantidad	1
<i>Crédito 6.2</i>	Diseño de agua de tormenta: Control de calidad	1
<i>Crédito 7.1</i>	Efecto de isla de calor: Sin techo	1
<i>Crédito 7.2</i>	Efecto de isla de calor: Con techo	1
<i>Crédito 8</i>	Reducción de contaminación luminosa	1
<i>Crédito 9</i>	Pautas de diseño y construcción de inquilinos	1
<b>Eficiencia Hídrica</b>		<b>10</b>
<i>Crédito 1</i>	Paisajismo con uso eficaz del agua	4
<i>Crédito 2</i>	Tecnologías innovadoras de aguas residuales	2
<i>Crédito 3</i>	Reducción del uso del agua	4
<b>Energía y Atmósfera</b>		<b>37</b>
<i>Crédito 1</i>	Optimizar el desempeño de la energía	3-21
<i>Crédito 2</i>	Energía renovable en el sitio	4
<i>Crédito 3</i>	Comisionamiento mejorado	2
<i>Crédito 4</i>	Gestión mejorada de refrigeración	2
<i>Crédito 5.1</i>	Medición y verificación: Línea Base	3
<i>Crédito 5.2</i>	Medición y verificación: Submedición de los inquilinos	3
<i>Crédito 6</i>	Energía verde	2
<b>Materiales y Recursos</b>		<b>13</b>
<i>Crédito 1</i>	Rehúso de edificios: Mantener paredes existentes, pisos y techo	1 to 5
<i>Crédito 2</i>	Gestión de residuos de construcción	1 to 2
<i>Crédito 3</i>	Rehúso de materiales	1
<i>Crédito 4</i>	Contenido reciclado	2
<i>Crédito 5</i>	Materiales Reciclados	2
<i>Crédito 6</i>	Madera certificada	1



<b>Calidad del Ambiente Interior</b>		<b>12</b>
<i>Crédito 1</i>	Monitoreo de suministro de aire exterior	1
<i>Crédito 2</i>	Aumento de la ventilación	1
<i>Crédito 3</i>	Plan de gestión de IAQ de construcción: durante la construcción	1
<i>Crédito 4.1</i>	Materiales de baja emisión: adhesivos y selladores	1
<i>Crédito 4.2</i>	Materiales de baja emisión-Pinturas y recubrimientos	1
<i>Crédito 4.3</i>	Materiales de baja emisión-Sistemas de pisos	1
<i>Crédito 4.4</i>	Materiales de baja emisión: madera compuesta y productos de agrifibra	1
<i>Crédito 5</i>	Control interno de sustancias químicas y contaminantes	1
<i>Crédito 6</i>	Control de los sistemas: confort térmico	1
<i>Crédito 7</i>	Diseño de confort térmico	1
<i>Crédito 8.1</i>	Luz del día y vistas: luz del día	1
<i>Crédito 8.2</i>	Luz del día y Vistas: Vistas	1
<b>Proceso de Diseño e Innovación</b>		<b>6</b>
<i>Crédito 1</i>	Innovación en el diseño	5
<i>Crédito 2</i>	Profesional LEED acreditado	1
<b>Créditos de Prioridad Regional</b>		<b>4</b>
<b>Total</b>		<b>110</b>



**ANEXO C: Puntajes parciales de los créditos y categorías del tipo de proyecto: Existing Building**

<b>CRÉDITOS DEL TIPO DE PROYECTO: EXISTING BUILDING (OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO)</b>		<b>Puntaje total</b>
<b>Sitio sostenible</b>		<b>26</b>
<i>Crédito 1</i>	Diseño y Construcción certificados por LEED	4
<i>Crédito 2</i>	Plan de gestión de superficies duras y del exterior del edificio	1
<i>Crédito 3</i>	Plan de gestión integrada de control de plagas, control de erosión y plan de gestión de paisajismo	1
<i>Crédito 4</i>	Transporte alternativo de ida y vuelta	15
<i>Crédito 5</i>	Desarrollo del sitio: Protección o restauración del hábitat abierto	1
<i>Crédito 6</i>	Control de la cantidad de aguas pluviales	1
<i>Crédito 7.1</i>	Reducción de islas de calor: sin techo	1
<i>Crédito 7.2</i>	Reducción de islas de calor: Techo	1
<i>Crédito 8</i>	Reducción de la contaminación luminosa	1
<b>Eficiencia Hídrica</b>		<b>14</b>
<i>Crédito 1</i>	Medición del desempeño del agua	2
<i>Crédito 2</i>	Fijación adicional de la plomería interior y eficiencia de montaje	5
<i>Crédito 3</i>	Paisajismo con eficiencia de agua	5
<i>Crédito 4</i>	Gestión del agua de la torre de enfriamiento	2
<b>Energía y Atmósfera</b>		<b>35</b>
<i>Crédito 1</i>	Optimización del desempeño de la eficiencia energética	18
<i>Crédito 2.1</i>	Comisionamiento de instalaciones existentes: Investigación y análisis	2
<i>Crédito 2.2</i>	Comisionamiento de instalaciones existentes: Implementación	2
<i>Crédito 2.3</i>	Comisionamiento de instalaciones existentes: Comisionamiento en curso	2
<i>Crédito 3.1</i>	Medición del desempeño: Sistema de automatización del edificio	1
<i>Crédito 3.2</i>	Medición del desempeño: Medición del nivel del sistema	2
<i>Crédito 4</i>	Energía renovable en el sitio y fuera del sitio	6
<i>Crédito 5</i>	Gestión de refrigerante mejorado	1
<i>Crédito 6</i>	Informe de reducción de emisiones	1
<b>Materiales y Recursos</b>		<b>10</b>
<i>Crédito 1</i>	Compras sustentables: Consumibles periódicos	1
<i>Crédito 2</i>	Compras sustentables: Bienes duraderos	2
<i>Crédito 3</i>	Compras sustentables: Adiciones y modificaciones en las instalaciones	1
<i>Crédito 4</i>	Compras sustentables: Lámparas con reducción de mercurio	1
<i>Crédito 5</i>	Compras sustentables: Alimentos	1

<i>Crédito 6</i>	Gestión de desechos sólidos: Auditoría de la corriente de desechos	1
<i>Crédito 7</i>	Gestión de desechos sólidos: Consumibles periódicos	1
<i>Crédito 8</i>	Gestión de desechos sólidos: Bienes duraderos	1
<i>Crédito 9</i>	Gestión de desechos sólidos: Adiciones y modificaciones en las instalaciones	1
<b>Calidad del Ambiente Interior</b>		<b>15</b>
<i>Crédito 1.1</i>	Prácticas recomendadas de gestión de calidad del aire interior: Programa de gestión de la calidad del aire interior	1
<i>Crédito 1.2</i>	Prácticas recomendadas de gestión de calidad del aire interior: Control del suministro de aire exterior	1
<i>Crédito 1.3</i>	Prácticas recomendadas de gestión de calidad del aire interior: Mayor ventilación	1
<i>Crédito 1.4</i>	Prácticas recomendadas de gestión de calidad del aire interior: Reducción de material particulado en la distribución del aire	1
<i>Crédito 1.5</i>	Prácticas recomendadas de gestión de calidad del aire interior: Alteraciones y adiciones a las instalaciones	1
<i>Crédito 2.1</i>	Confort de los ocupantes: Encuesta entre los ocupantes	1
<i>Crédito 2.2</i>	Controlabilidad de los sistemas: Iluminación	1
<i>Crédito 2.3</i>	Confort de los ocupantes: Control del confort térmico	1
<i>Crédito 2.4</i>	Iluminación natural y vistas	1
<i>Crédito 3.1</i>	Limpieza ecológica: Programa de limpieza de alto desempeño	1
<i>Crédito 3.2</i>	Limpieza ecológica: Evaluación de Efectividad de la Custodia	1
<i>Crédito 3.3</i>	Limpieza ecológica: Compra de productos y materiales de limpieza sustentables	1
<i>Crédito 3.4</i>	Limpieza ecológica: Equipo de limpieza sustentable	1
<i>Crédito 3.5</i>	Limpieza ecológica: Control de fuentes de sustancias contaminantes y productos químicos en interiores	1
<i>Crédito 3.6</i>	Limpieza ecológica: Gestión integrada de control de plagas en interiores	1
<b>Innovación en las Operaciones</b>		<b>6</b>
<i>Crédito 1</i>	Innovación en operaciones: Especificar Crédito	4
<i>Crédito 2</i>	Profesional LEED acreditado	1
<i>Crédito 3</i>	Documentación de los impactos de costos de edificios sustentables	1
<b>Créditos de Prioridad Regional</b>		<b>4</b>
<b>Total</b>		<b>110</b>

**ANEXO D. Matriz de los proyectos que cuentan con certificación LEED: categoría SILVER**

<b>Proyecto</b>	<b>Tipo Proy.</b>	<b>Nivel</b>	<b>SS</b>	<b>WE</b>	<b>EA</b>	<b>MR</b>	<b>IEQ</b>	<b>I</b>	<b>RPC</b>	<b>Puntaje Total</b>
Ampliacion Mall Plaza Arequipa	CS	Silver	20/28	6/10	9/37	4/13	5/12	4/6	4/4	52/110
CAPITAL GOLF	CS	Silver	19/28	5/10	11/37	4/13	3/12	4/6	4/4	50/110
JDA700	CS	Silver	23/28	4/10	10/37	3/13	5/12	4/6	4/4	53/110
PAL400	CS	Silver	20/28	5/10	10/37	4/13	7/12	4/6	4/4	54/110
Centro Empresarial Reducto	CS	Silver	21/28	4/10	12/37	4/13	3/12	4/6	3/4	51/110
Edificio Real 8	CS	Silver	22/28	4/10	12/37	3/13	6/12	6/6	2/4	55/110
CAPITAL DERBY	CS	Silver	23/28	6/10	8/37	4/13	6/12	3/6	3/4	53/110
Outlet Premium Lurin	CS	Silver	19/28	10/10	16/37	0/13	1/12	3/6	3/4	52/110
Edificio Rivera Navarrete	CS	Silver	20/28	8/10	8/37	5/13	6/12	4/6	4/4	55/110
Torre Orquideas	CS	Silver	20/28	6/10	7/37	3/13	6/12	4/6	4/4	50/110
Centro Empresarial La Molina	CS	Silver	20/28	6/10	6/37	3/13	7/12	6/6	3/4	51/110
Edificio Victor Andres Belaunde	CS	Silver	20/28	7/10	10/37	3/13	5/12	4/6	4/4	53/110
Central 652	CS	Silver	14/28	10/10	11/37	3/13	4/12	5/6	4/4	51/110
FIBRA w/b	CS	Silver	22/28	6/10	9/37	2/13	5/12	5/6	3/4	52/110
Edificio Basadre-las palmeras	CS	Silver	24/29	5/10	9/37	4/13	3/12	6/6	4/4	55/110
Edificio Compotela II	CS	Silver	20/29	6/10	9/37	5/13	4/12	5/6	4/4	53/110
Sede Central Banco de la Nacion	NC	Silver	19/26	8/10	4/35	4/14	7/15	5/6	4/4	51/110
Nuevo Campus Universitario UTEC	NC	Silver	20/26	6/10	4/35	4/14	6/15	6/6	4/4	50/110
Proyecto Aularios Campus 2 USIL	NC	Silver	19/26	4/10	12/35	4/14	3/15	4/6	4/4	50/110
Colegio Roosevelt Edificio The Commons	NC	Silver	15/27	6/10	13/35	4/14	6/15	6/6	4/4	54/110
Biblioteca Ciencias-FAU-FACI	NC	Silver	22/26	6/10	5/35	4/14	5/15	6/6	4/4	52/110
KALLPA	NC	Silver	22/26	8/10	5/35	6/14	5/15	4/6	4/4	54/110
SAGA FALABELLA SALAVERY	RE	Silver	16/21	11/11	11/37	1/14	4/17	4/6	3/4	50/110
Saga Falabella Plaza Lima Norte	RE	Silver	16/21	11/11	16/37	1/14	4/17	4/6	3/4	55/110
Edificio Real 1	EB	Silver	12/26	6/14	22/35	2/10	2/15	5/6	4/4	53/110
Edificio Real 10	EB	Silver	17/26	8/14	18/35	2/10	2/15	3/6	4/4	54/110

**ANEXO E. Matriz de los proyectos que cuentan con certificación LEED: categoría GOLD.**

<b>Proyecto</b>	<b>Tipo Proy.</b>	<b>Nivel</b>	<b>SS</b>	<b>WE</b>	<b>EA</b>	<b>MR</b>	<b>IEQ</b>	<b>I</b>	<b>RPC</b>	<b>Puntaje Total</b>
Residencial Osa Mayor	CS	Gold	22/28	8/10	17/37	5/13	5/12	4/6	4/4	65/110
TORRE DEL ARTE	CS	Gold	24/28	6/10	13/37	13/13	5/12	6/6	4/4	61/110
Prisma Business Tower	CS	Gold	23/28	5/10	13/37	5/13	6/12	6/6	4/4	62/110
Panorama plaza de negocios	CS	Gold	23/28	9/10	12/37	4/13	4/12	5/6	4/4	61/110
SWISS TOWER	CS	Gold	23/28	10/10	13/37	5/13	7/12	5/6	4/4	67/110
Torre Paseo de la Republica	CS	Gold	20/28	4/10	16/37	6/13	8/12	6/6	3/4	63/110
Edificio empresarial Santa Cruz	CS	Gold	23/28	6/10	12/37	4/13	6/12	5/6	4/4	60/110
Campus lima norte	NC	Gold	23/26	6/10	16/35	6/14	5/15	5/6	4/4	65/110
Universidad Catolica Aulario	NC	Gold	21/26	6/10	24/35	5/14	5/15	5/6	4/4	70/110
Nave de produccion Planta Pucusana	NC	Gold	24/26	10/10	7/35	5/14	5/15	6/6	4/4	61/110
Planta Trujillo	NC	Gold	24/26	8/10	6/35	6/14	10/15	6/6	3/4	63/110
Proyecto evolucion	CI	Gold	21/21	6/11	25/37	4/14	6/17	6/6	4/4	72/110
Nuevas oficinas de Aceros Arequipa	CI	Gold	17/21	11/11	16/37	1/14	8/17	3/6	4/4	60/110
corporate office Romero Group	CI	Gold	15/21	11/11	17/37	3/14	5/17	5/6	4/4	60/110
Implementacion Nuevas Oficinas BELCORP	CI	Gold	19/21	8/11	14/37	4/14	8/17	6/6	4/4	63/110
Oficinas Johnson Controls	CI	Gold	17/21	0/11	25/37	3/14	8/17	4/6	4/4	61/110
Laboratorios Roche	CI	Gold	5/7	2/2	7/12	5/14	11/17	4/5		34/57
Centro de Negocios Cronos	EB	Gold	15/25	6/14	27/35	1/10	4/15	6/6	4/4	63/110
Edificio Real 3	EB	Gold	16/26	6/14	24/35	2/10	2/15	6/6	4/4	60/110
Edificio Real 6	EB	Gold	16/26	8/14	22/35	2/10	2/15	6/6	4/4	60/110
Westin Lima Hotel and Convention Center	EB	Gold	19/26	12/14	13/35	4/10	7/15	6/6	4/4	65/110
TOTTUS 28 de Julio - Miraflores	RE	Gold	20/21	11/11	22/37	1/14	3/17	1/6	4/4	62/110

**ANEXO F. Matriz de selección de los proyectos para el análisis con certificación LEED  
nivel: Core & Shell, New Construction y Existing Building. Categoría: SILVER y GOLD.**

<b>Proyectos: Core &amp; Shell</b>	<b>Nivel</b>	<b>SS</b>	<b>WE</b>	<b>EA</b>	<b>MR</b>	<b>IEQ</b>	<b>I</b>	<b>RPC</b>	<b>Puntaje Total</b>	<b>Cant.</b>
Ampliación Mall Plaza Arequipa	Silver	20/28	6/10	9/37	4/13	5/12	4/6	4/4	52/110	16
CAPITAL GOLF	Silver	19/28	5/10	11/37	4/13	3/12	4/6	4/4	50/110	
JDA700	Silver	23/28	4/10	10/37	3/13	5/12	4/6	4/4	53/110	
PAL400	Silver	20/28	5/10	10/37	4/13	7/12	4/6	4/4	54/110	
Centro Empresarial Reducto	Silver	21/28	4/10	12/37	4/13	3/12	4/6	3/4	51/110	
Edificio Real 8	Silver	22/28	4/10	12/37	3/13	6/12	6/6	2/4	55/110	
CAPITAL DERBY	Silver	23/28	6/10	8/37	4/13	6/12	3/6	3/4	53/110	
Outlet Premium Lurín	Silver	19/28	10/10	16/37	0/13	1/12	3/6	3/4	52/110	
Edificio Rivera Navarrete	Silver	20/28	8/10	8/37	5/13	6/12	4/6	4/4	55/110	
Torre Orquídeas	Silver	20/28	6/10	7/37	3/13	6/12	4/6	4/4	50/110	
Centro Empresarial La Molina	Silver	20/28	6/10	6/37	3/13	7/12	6/6	3/4	51/110	
Edificio Victor Andres Belaunde	Silver	20/28	7/10	10/37	3/13	5/12	4/6	4/4	53/110	
Central 652	Silver	14/28	10/10	11/37	3/13	4/12	5/6	4/4	51/110	
FIBRA w/b	Silver	22/28	6/10	9/37	2/13	5/12	5/6	3/4	52/110	
Edificio Basadre-las palmeras	Silver	24/29	5/10	9/37	4/13	3/12	6/6	4/4	55/110	
Edificio Compostela II	Silver	20/29	6/10	9/37	5/13	4/12	5/6	4/4	53/110	
Residencial Osa Mayor	Gold	22/28	8/10	17/37	5/13	5/12	4/6	4/4	65/110	7
PANORAMA PLAZA DE NEGOCIOS	Gold	23/28	9/10	12/37	4/13	4/12	5/6	4/4	61/110	
SWISS TOWER	Gold	23/28	10/10	13/37	5/13	7/12	5/6	4/4	67/110	
PRISMA BUSINESS TOWER	Gold	23/28	5/10	13/37	5/13	6/12	6/6	4/4	62/110	
Torre del Arte	Gold	24/29	6/10	13/37	3/13	5/12	6/6	4/4	61/110	
Torre Paseo de la Republica	Gold	20/28	4/10	16/37	6/13	8/12	6/6	3/4	63/110	
EDIFICIO EMPRESARIAL SANTA CRUZ	Gold	23/28	6/10	12/37	4/13	6/12	5/6	4/4	60/110	

<b>Proyectos: New Construction</b>	<b>Nivel</b>	<b>SS</b>	<b>WE</b>	<b>EA</b>	<b>MR</b>	<b>IEQ</b>	<b>I</b>	<b>RPC</b>	<b>Puntaje Total</b>	<b>Cant.</b>
Sede Central Banco de la Nacion	Silver	19/26	8/10	4/35	4/14	7/15	5/6	4/4	51/110	<b>6</b>
Nuevo Campus Universitario UTEC	Silver	20/26	6/10	4/35	4/14	6/15	6/6	4/4	50/110	
Proyecto Aularios Campus 2 USIL	Silver	19/26	4/10	12/35	4/14	3/15	4/6	4/4	50/110	
Colegio Roosevelt Edificio The Commons	Silver	15/27	6/10	13/35	4/14	6/15	6/6	4/4	54/110	
Biblioteca Ciencias-FAU-FACI	Silver	22/26	6/10	5/35	4/14	5/15	6/6	4/4	52/110	
KALLPA	Silver	22/26	8/10	5/35	6/14	5/15	4/6	4/4	54/110	
CAMPUS LIMA NORTE	Gold	23/26	6/10	16/35	6/14	5/15	5/6	4/4	65/110	<b>4</b>
Universidad Catolica Aulario	Gold	21/26	6/10	24/35	5/14	5/15	5/6	4/4	70/110	
Nave de produccion Planta Pucusana	Gold	24/26	10/10	7/35	5/14	5/15	6/6	4/4	61/110	
Planta Trujillo	Gold	24/26	8/10	6/35	6/14	10/15	6/6	3/4	63/110	

<b>Proyectos: Existing Building</b>	<b>Nivel</b>	<b>SS</b>	<b>WE</b>	<b>EA</b>	<b>MR</b>	<b>IEQ</b>	<b>I</b>	<b>RPC</b>	<b>Puntaje Total</b>	<b>Cant.</b>
Edificio Real 1	Silver	12/26	6/14	22/35	2/10	2/15	5/6	4/4	53/110	<b>2</b>
Edificio Real 10	Silver	17/26	8/14	18/35	2/10	2/15	3/6	4/4	54/110	
Centro de Negocios Cronos	Gold	15/25	6/14	27/35	1/10	4/15	6/6	4/4	63/110	<b>4</b>
Edificio Real 3	Gold	16/26	6/14	24/35	2/10	2/15	6/6	4/4	60/110	
Edificio Real 6	Gold	16/26	8/14	22/35	2/10	2/15	6/6	4/4	60/110	
Westin Lima Hotel and Convention Center	Gold	19/26	12/14	13/35	4/10	7/15	6/6	4/4	65/110	

### LEYENDA

**SS** : SITIO SOSTENIBLE

**WE** : EFICIENCIA HÍDRICA

**EA** : ENERGÍA Y ATMÓSFERA

**MR** : MATERIALES Y RECURSOS

**IEQ** : CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR

**I** : INNOVACIÓN

**RPC** : CRÉDITOS DE PRIORIDAD REGIONAL

**ANEXO G. Cuadro resumen de los porcentajes de cumplimiento de los tipos de proyecto Core & Shell y New Construction**

		CORE AND SHELL			NEW CONSTRUCTION			
		Silver	Gold		Silver	Gold		
		PT	% cumplimiento		PT	% cumplimiento		
<b>Sitio sostenible</b>		<b>28</b>	<b>76%</b>	<b>82%</b>	<b>26</b>	<b>73%</b>	<b>88%</b>	
Selección del sitio	Crédito 1	1	100.0%	100.0%	Credit 1	1	100.0%	100.0%
Desarrollo de la densidad y conectividad de la comunidad	Crédito 2	5	100.0%	100.0%	Credit 2	5	100.0%	100.0%
Reurbanización de Brownfield*	Crédito 3	1	0.0%	0.0%	Credit 3	1	0.0%	0.0%
Transporte Alternativo: Acceso a transporte público	Crédito 4.1	6	100.0%	100.0%	Credit 4.1	6	80.0%	100.0%
Transporte Alternativo: Parqueo de bicicletas y vestuarios	Crédito 4.2	2	100.0%	100.0%	Credit 4.2	1	60.0%	100.0%
Transporte Alternativo: Vehículos de bajas emisiones y con combustible eficiente	Crédito 4.3	3	85.7%	100.0%	Credit 4.3	3	80.0%	100.0%
Transporte Alternativo: Capacidad de estacionamientos	Crédito 4.4	2	42.9%	40.0%	Credit 4.4	2	60.0%	100.0%
Desarrollo del sitio: Protección o Restauración del Hábitat	Crédito 5.1	1	14.3%	40.0%	Credit 5.1	1	20.0%	75.0%
Desarrollo del sitio: Maximización del espacio abierto	Crédito 5.2	1	42.9%	60.0%	Credit 5.2	1	100.0%	100.0%
Diseño de agua de tormenta: Control de cantidad	Crédito 6.1	1	28.6%	60.0%	Credit 6.1	1	80.0%	100.0%
Diseño de agua de tormenta: Control de calidad	Crédito 6.2	1	0.0%	40.0%	Credit 6.2	1	0.0%	50.0%
Efecto de isla de calor: Sin techo	Crédito 7.1	1	100.0%	100.0%	Credit 7.1	1	100.0%	100.0%
Efecto de isla de calor: Con techo	Crédito 7.2	1	100.0%	80.0%	Credit 7.2	1	100.0%	75.0%
Reducción de contaminación luminosa	Crédito 8	1	0.0%	40.0%	Credit 8	1	0.0%	0.0%
Pautas de diseño y construcción de inquilinos	Crédito 9	1	85.7%	100.0%				
<b>Eficiencia Hídrica</b>		<b>10</b>	<b>49%</b>	<b>76%</b>	<b>10</b>	<b>60%</b>	<b>75%</b>	
Paisajismo con uso eficaz del agua	Crédito 1	4	42.9%	80.0%	Credit 1	4	50.0%	63.0%
Tecnologías innovadoras de aguas residuales	Crédito 2	2	14.3%	40.0%	Credit 2	2	0.0%	50.0%
Reducción del uso del agua	Crédito 3	4	71.4%	90.0%	Credit 3	4	100.0%	100.0%
<b>Energía y Atmósfera</b>		<b>37</b>	<b>28%</b>	<b>37%</b>	<b>35</b>	<b>22%</b>	<b>38%</b>	
Optimizar el desempeño de la energía	Crédito 1	21	17.7%	29.5%	Credit 1	19	30.0%	45.0%



Energía renovable en el sitio	Crédito 2	4	14.3%	0.0%	Credit 2	7	0.0%	0.0%
Comisionamiento mejorado	Crédito 3	2	0.0%	20.0%	Credit 3	2	0.0%	50.0%
Gestión mejorada de refrigeración	Crédito 4	2	71.4%	60.0%	Credit 4	2	20.0%	100.0%
Medición y verificación: Línea Base	Crédito 5.1	3	123.8%	153.3%	Credit 5	3	13.0%	25.0%
Medición y verificación: Submedición de los inquilinos	Crédito 5.2	3	0.0%	0.0%				
Energía verde	Crédito 6	2	42.9%	60.0%	Credit 6	2	60.0%	50.0%
<b>Materiales y Recursos</b>		<b>13</b>	<b>29%</b>	<b>34%</b>		<b>14</b>	<b>29%</b>	<b>39%</b>
Rehúso de edificios: Mantener paredes existentes, pisos y techo	Crédito 1	5	0.0%	0.0%	Crédito 1.1	3	0.0%	0.0%
Rehúso de edificios: Mantener elementos int. no estructurales		0			Crédito 1.2	1	0.0%	0.0%
Gestión de residuos de construcción	Crédito 2	2	0.0%	60.0%	Crédito 2	2	20.0%	75.0%
Rehúso de materiales	Crédito 3	1	0.0%	0.0%	Crédito 3	2	0.0%	0.0%
Contenido reciclado	Crédito 4	2	85.7%	60.0%	Crédito 4	2	80.0%	88.0%
Materiales Reciclados	Crédito 5	2	100.0%	100.0%	Crédito 5	2	100.0%	100.0%
Materiales rápidamente renovables		0			Crédito 6	1	0.0%	0.0%
Madera certificada	Crédito 6	1	0.0%	0.0%	Crédito 7	1	0.0%	25.0%
<b>Calidad del Ambiente Interior</b>		<b>12</b>	<b>42%</b>	<b>40%</b>		<b>15</b>	<b>36%</b>	<b>42%</b>
Monitoreo de suministro de aire exterior	Crédito 1	1	28.6%	80.0%	Crédito 1	1	0.0%	0.0%
Aumento de la ventilación	Crédito 2	1	85.7%	80.0%	Crédito 2	1	20.0%	75.0%
Plan de gestión de IAQ de construcción: durante la construcción	Crédito 3	1	28.6%	20.0%	Crédito 3.1	1	80.0%	50.0%
Plan de gestión de IAQ de construcción: antes de la ocupación		0			Crédito 3.2	1	0.0%	50.0%
Materiales de baja emisión: adhesivos y selladores	Crédito 4.1	1	28.6%	40.0%	Crédito 4.1	1	80.0%	75.0%
Materiales de baja emisión-Pinturas y recubrimientos	Crédito 4.2	1	71.4%	60.0%	Crédito 4.2	1	80.0%	75.0%
Materiales de baja emisión-Sistemas de pisos	Crédito 4.3	1	71.4%	20.0%	Crédito 4.3	1	60.0%	50.0%
Materiales de baja emisión: madera compuesta y productos de agrifibra	Crédito 4.4	1	0.0%	0.0%	Crédito 4.4	1	0.0%	0.0%
Control interno de sustancias químicas y contaminantes	Crédito 5	1	42.9%	60.0%	Crédito 5	1	0.0%	25.0%
Control de sistemas de iluminación		0			Crédito 6.1	1	20.0%	50.0%
Control de los sistemas: confort térmico	Crédito 6	1	0.0%	0.0%	Crédito 6.2	1	40.0%	0.0%

Diseño de confort térmico	Crédito 7	1	42.9%	60.0%	Crédito 7.1	1	40.0%	50.0%
Verificación de la comodidad térmica		0			Crédito 7.2	1	40.0%	50.0%
Luz del día y vistas: luz del día	Crédito 8.1	1	42.9%	0.0%	Crédito 8.1	1	20.0%	25.0%
Luz del día y Vistas: Vistas	Crédito 8.2	1	57.1%	60.0%	Crédito 8.2	1	60.0%	50.0%
<b>Proceso de Diseño e Innovación</b>		<b>6</b>	<b>69%</b>	<b>87%</b>		<b>6</b>	<b>90%</b>	<b>92%</b>
Innovación en el diseño	Crédito 1.1	5	62.9%	84.0%	Crédito 1.1	5	88.0%	90.0%
Profesional LEED acreditado	Crédito 1.2	1	100.0%	100.0%	Crédito 1.2	1	100.0%	100.0%

### LEYENDA

Variación en los puntajes por tipo de proyecto



## ANEXO H. Tabla de percentiles de los puntajes por categoría de los proyectos con certificación LEED

		Percentiles						
		5	10	25	50	75	90	95
Promedio ponderado(definición 1)	Sitio Sostenible	,5000	,6000	,6897	,7308	,8214	,8571	,9231
	Eficiencia Hídrica	,4000	,4000	,5000	,6000	,8000	1,0000	1,0000
	Energía y Atmósfera	,1143	,1429	,2162	,3243	,4324	,6286	,6857
	Materiales y Recursos	,1000	,2000	,2308	,3077	,3846	,4286	,4615
	Calidad del Ambiente	,1333	,1333	,2667	,4000	,5000	,5833	,6667
	Innovación	,5000	,6667	,6667	,8333	1,0000	1,0000	1,0000
	Índice Agregado	,0321	,0735	,2274	,3764	,5733	,7584	,8575
Bisagras de Tukey	Sitio Sostenible			,7020	,7308	,8214		
	Eficiencia Hídrica			,5000	,6000	,8000		
	Energía y Atmósfera			,2297	,3243	,4019		
	Materiales y Recursos			,2308	,3077	,3846		
	Calidad del Ambiente			,3000	,4000	,5000		
	Innovación			,6667	,8333	1,0000		
	Índice Agregado			,2425	,3764	,5712		

## ANEXO I. Tabla de estadísticos descriptivos de los puntajes por categoría de los proyectos con certificación LEED

	Media	Desviación típica	N
Sitio Sostenible	,7426	,10581	39
Eficiencia Hídrica	,6330	,18450	39
Energía y Atmósfera	,3380	,16533	39
Materiales y Recursos	,3106	,14826	39
Calidad del Ambiente	,3799	,14898	39
Innovación	,8248	,16644	39