

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**DESEMPEÑO AMBIENTAL DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR SKY - SAN ISIDRO  
CON LA IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA SEGÚN EDGE**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil**

**AUTORA:**

**FIGURELLA DEL ROSARIO MARTINEZ FLORES**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

**JHORDY BRAYAN DE LA CRUZ SALOME**

**ASESOR:**

**FEDERICO ALEXIS DUEÑAS DAVILA**

Lima, mayo, 2023

## Informe de Similitud

Yo, Alexis Dueñas Dávila, docente asociado de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado “Desempeño ambiental del edificio multifamiliar SKY-San Isidro con la implementación de medidas de eficiencia según EDGE”, de los autores Fiorella del Rosario Martínez Flores y Jhordy Brayan De la Cruz Salomé, dejo constancia de lo siguiente:

El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 18%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 17/05/2023. De otro lado, he revisado con detalle dicho reporte y la Tesis, y no se advierte indicios de plagio. Por último, se deja constancia que las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: San Felipe, Jesús María, 05 de junio de 2023.

Apellidos y nombres del asesor: <u>Dueñas Dávila Alexis</u>	
DNI:23860033	Firma 
ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-6149-3334">https://orcid.org/0000-0002-6149-3334</a>	

## RESUMEN

La creciente demanda de viviendas multifamiliares actuales debido al incremento poblacional acelerado hace que el agua, energía y otros recursos se vean afectados radicalmente. Además, el sector de la construcción es también uno de los principales emisores de CO<sub>2</sub>. Ante ello, diversos estados buscan e impulsan medidas reguladoras para lograr un bajo consumo de recursos, así como reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y de esta manera lograr el desarrollo sostenible.

En la presente investigación se explica la metodología de la certificación EDGE con fines de brindar una propuesta de implementación en el edificio multifamiliar SKY San Isidro para lograr una reducción en el consumo de recursos en tres categorías: energía, agua y energía incorporada en los materiales. El estándar EDGE busca superar el 20.00% de ahorro en las tres categorías mencionadas mediante la aplicación de medidas de eficiencia en el diseño del edificio.

El modelamiento y el cálculo de la intensidad de los recursos en el diseño del edificio se halló con el uso del software EDGE. Este generó un modelado bioclimático para la línea base y la línea mejorada del proyecto. La propuesta dada en la presente tesis logró reducciones de 22.87%, 35.78% y 28.85% en las categorías de energía, agua y energía incorporada en los materiales respectivamente.

Finalmente, se realizó el análisis de brechas entre la línea base y la mejorada por subcategorías; también se realizó el análisis de los costos incrementales y de ahorro. Se concluye que la propuesta brindada mejora el desempeño ambiental del edificio ayudando a reducir el consumo de recursos y se ahorra una suma aproximada de 216,254.04 soles por año en los costos de servicios públicos. De este modo, el proyecto lograría retornar el costo incremental en poco más de 1 año.

## ÍNDICE

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES .....	1
1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Hipótesis.....	3
1.4 Alcance.....	3
1.5 Objetivos .....	3
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Cambio climático y el sector de la construcción.....	5
2.2 Edificaciones sostenibles.....	7
2.3 Certificaciones ambientales y de sostenibilidad para edificios.....	9
2.3.1 Certificaciones internacionales presentes en el Perú.....	11
2.3.2 Medidas de eficiencia de certificación EDGE.....	15
2.4 Edificaciones con certificación EDGE en Perú.....	16
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA .....	22
3.1 Enfoque y diseño de la investigación.....	22
3.2 Procedimiento metodológico.....	23
3.2.1 Búsqueda de información y trabajo de campo.....	23
3.2.2 Software EDGE .....	24
3.3 Descripción del caso de estudio .....	27
3.4 Propuestas de medidas de eficiencia .....	38
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	62
4.1 Resultados .....	62
4.2 Discusiones.....	71
4.2.1 Desempeño ambiental.....	71
4.2.1.1 Reducciones logradas por categoría según EDGE.....	71
4.2.1.2 Beneficios de la certificación EDGE .....	74

4.2.2 Metodología EDGE y sus limitaciones en la investigación .....	75
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
5.1 Conclusiones .....	77
5.2 Recomendaciones.....	77
BIBLIOGRAFÍA .....	79
ANEXOS .....	86



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Metodologías para la evaluación de sostenibilidad en edificios .....	10
<b>Tabla 2</b> Comparación entre sistemas de certificación.....	14
<b>Tabla 3</b> Medidas de eficiencia aplicadas en la presente investigación .....	16
<b>Tabla 4</b> Certificación EDGE en Edificio Alborada II.....	17
<b>Tabla 5</b> Certificación EDGE en Edificio Orizzón .....	18
<b>Tabla 6</b> Certificación EDGE en Alcanfores 1262.....	19
<b>Tabla 7</b> Certificación EDGE en Parque verde Sur.....	20
<b>Tabla 8</b> Certificación EDGE en Eco Alcalá.....	21
<b>Tabla 9</b> Variables independientes y dependientes .....	22
<b>Tabla 10</b> Parámetros de interacción en la metodología EDGE.....	25
<b>Tabla 11</b> Departamentos totales del edificio.....	30
<b>Tabla 12</b> Cantidad de departamentos por tipología .....	30
<b>Tabla 13</b> Detalles relevantes del proyecto .....	33
<b>Tabla 14</b> Detalles del subproyecto .....	33
<b>Tabla 15</b> Distribución de departamentos por tipología y ocupación .....	34
<b>Tabla 16</b> Desglose de superficies.....	35
<b>Tabla 17</b> Dimensiones del edificio.....	36
<b>Tabla 18</b> Relación ventana/pared WWR (%).....	40
<b>Tabla 19</b> Relación ventana/pared de propuesta.....	41
<b>Tabla 20</b> Índice de reflectividad solar en propuesta de techo .....	42
<b>Tabla 21</b> Categorías y propiedades de los techos verdes .....	43
<b>Tabla 22</b> Propuesta de techo verde .....	44
<b>Tabla 23</b> Eficiencia del vidrio propuesto .....	45
<b>Tabla 24</b> Porcentajes de energía en iluminación y transformadas en calor .....	46

<b>Tabla 25</b> Eficacia luminosa de propuesta en ambientes internos.....	47
<b>Tabla 26</b> Eficacia luminosa de propuesta en ambientes externos .....	48
<b>Tabla 27</b> Caudal de ducha propuesta .....	49
<b>Tabla 28</b> Caudal de grifo de baño propuesto .....	50
<b>Tabla 29</b> Volumen de descarga en inodoro propuesto.....	52
<b>Tabla 30</b> Caudal de grifo de cocina propuesto.....	53
<b>Tabla 31</b> Consumo hídrico para riego de jardines .....	54
<b>Tabla 32</b> Detalle de losas intermedias del edificio .....	55
<b>Tabla 33</b> Detalle de acabado de piso en edificio.....	56
<b>Tabla 34</b> Detalle de techo de edificio.....	57
<b>Tabla 35</b> Detalle de paredes externas en edificio.....	58
<b>Tabla 36</b> Detalle de paredes internas en edificio .....	59
<b>Tabla 37</b> Propuesta de marco de ventanas en edificio .....	60
<b>Tabla 38</b> Propuesta de acristalamiento en edificio.....	61
<b>Tabla 39</b> Análisis de brechas por subcategorías de energía.....	63
<b>Tabla 40</b> Análisis de brechas por subcategorías de agua .....	66
<b>Tabla 41</b> Análisis de brechas por subcategorías de materiales .....	69
<b>Tabla 42</b> Retorno de costo en el edificio mejorado .....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Porcentajes de consumo de energía final y emisiones CO <sub>2</sub> .....	6
<b>Figura 2</b> Esquema de ingreso y salida de energía según EDGE.....	26
<b>Figura 3</b> Ubicación de SKY San Isidro .....	28
<b>Figura 4</b> Interfaz EDGE APP para edificios de apartamentos (pestaña diseño).....	32
<b>Figura 5</b> Temperaturas y lluvia por meses en Lima Oeste .....	36
<b>Figura 6</b> Perímetro de superficie de proyecto .....	37
<b>Figura 7</b> Lados del proyecto con orientación.....	40
<b>Figura 8</b> Línea base y mejorada de la categoría energía.....	62
<b>Figura 9</b> Consumo acumulado de energía total .....	64
<b>Figura 10</b> Emisiones netas de carbono (tCO <sub>2</sub> /Año).....	65
<b>Figura 11</b> Línea base y mejorada de la categoría agua.....	66
<b>Figura 12</b> Proyecciones de volúmenes de agua .....	67
<b>Figura 13</b> Línea base y mejorada de la categoría energía incorporada.....	68
<b>Figura 14</b> Ahorro por categorías EDGE .....	70

# CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

## 1.1 Planteamiento del problema

El sector de la construcción y los edificios tienen una significativa participación en la contaminación ambiental. Las demandas del imparable crecimiento poblacional se traducen en mayor energía consumida; por consiguiente, en emisiones contaminantes que aportan al cambio climático (Naciones Unidas, 2019). Asimismo, la explotación no controlada de los recursos naturales para la producción de materiales de construcción, la falta de aprovechamiento de materiales reciclados y la falta de técnicas de disposición de residuos constituyen factores que producen que la construcción sea nociva para el medio ambiente si no se toman las medidas ecológicas pertinentes (Estado Plurinacional de Bolivia. MRE, 2010). El área construida de edificios crece alrededor del mundo y a pesar de que se busca disminuir el uso de energía por metro cuadrado, no se logra el equilibrio. Esto demuestra que no todos los países han adoptado medidas reguladoras eficientes en el uso de recursos para alcanzar un desarrollo sostenible.

En el Perú, el sector de la construcción y los edificios no presentan un adecuado sistema de distribución y gestión de recursos hídricos. Además, en Lima Metropolitana el consumo promedio de agua es de 163 litros por día a pesar de que la OMS recomienda un consumo de 100 litros diarios (Redacción PERÚ 21, 2019). Este valor alto de consumo de agua puede disminuir con estrategias en las medidas de eficiencia hídrica en la operación de edificios. Tampoco, se ha hecho extensivo el uso de energías renovables. Sólo el 5.80% del total de electricidad producida en el país proviene de recursos energéticos renovables no convencionales (Ministerio de Energía y Minas, 2019). Frente a este escenario, organizaciones no gubernamentales impulsan el desarrollo sostenible en la construcción mediante certificaciones. Para la presente investigación, se ha optado por aplicar estrategias de acuerdo

a una certificación de sostenibilidad que se ha implementado el 2016 en el Perú, la certificación Excellent in Design for Greater Efficiencies (EDGE) a un edificio multifamiliar. En ese contexto, surgen diversas interrogantes, tales como ¿cuánto se reduce el consumo de agua y energía en el edificio como resultado de la implementación de las medidas de eficiencia de la certificación? y ¿qué otros beneficios para el ambiente y usuarios finales aporta esta implementación?

## **1.2 Justificación**

El crecimiento poblacional y la demanda de un gran número de edificios hacen que el sector de la construcción tome un rol fundamental en el reto de combatir el cambio climático. Esto se debe a que este sector es uno de los que genera el 37% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> relacionada con la energía (United Nations Environment Programme [UNEP], 2022). Ante este problema, los gobiernos y ciudades impulsan buenas prácticas ecológicas y soluciones que orientan al sector hacia los objetivos desarrollados en el Acuerdo de París sobre cambio climático (United Nations Climate Change, 2021).

Esta tesis evalúa el desempeño ambiental del edificio multifamiliar SKY San Isidro, a la vez que presenta opciones de mejoras de eficiencia energética, agua y materiales para el caso de estudio. Se emplea como herramienta el software de la certificación EDGE, el cual se caracteriza por la velocidad y facilidad con la que se pueden tomar decisiones en términos de mejoras ambientales. A pesar de que esta certificación ha ingresado recientemente al mercado peruano, se atribuye el aumento rápido de los edificios certificados con EDGE a las ordenanzas de promoción de edificios ecológicos implementadas en distritos de Lima, donde existe gran actividad de construcción inmobiliaria (Mayer, 2019). Por otro lado, EDGE propone la concepción de un edificio verde costo-efectivo, pues muestra el cálculo de los costos que se

reducen en los servicios públicos al implementar tecnología eco amigable a la vez que se contribuye con la reducción de los gases de efecto invernadero (Solano, 2019).

### **1.3 Hipótesis**

El desempeño ambiental del edificio multifamiliar SKY - San Isidro mejora tras la implementación de medidas de eficiencia propuestas por la certificación EDGE; asegurando la reducción del consumo de agua y energía, los cuales son expresados en beneficios para los usuarios finales.

### **1.4 Alcance**

La presente tesis compara la línea base elaborada con el software EDGE y la línea mejorada del edificio multifamiliar SKY San Isidro, el cual se encuentra en etapa de diseño, al ser implementado con estrategias eficientes tomando en cuenta criterios de la certificación EDGE y se evaluará el desempeño ambiental del edificio. Se detallarán las medidas adoptadas con las cuales se logra cumplir el porcentaje mínimo de ahorro requerido por EDGE, confort del usuario y se encuentren dentro del ofrecido en el mercado nacional.

### **1.5 Objetivos**

Objetivo general:

Evaluar el desempeño ambiental del edificio multifamiliar SKY con la implementación de medidas de eficiencia en energía, agua y energía incorporada en los materiales según EDGE.

Objetivos específicos:

Analizar las reducciones y ahorros de energía, agua y energía incorporada en materiales del edificio a través de la selección de criterios de eficiencia asociados a la certificación EDGE.

Identificar los distintos tipos de beneficios para el medio ambiente y los usuarios finales con la implementación EDGE.



## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Cambio climático y el sector de la construcción

En la actualidad es posible considerar al cambio climático como una crisis debido a la magnitud del problema y las consecuencias que afectan al medio ambiente y la sociedad. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2019) afirma que el cambio climático altera la forma de vida, ecosistema, salud e infraestructura; y se manifiesta a través del calentamiento global que trae como consecuencias climas extremos, fenómenos meteorológicos intensos, sequías, pérdida de vegetación, derretimiento de glaciares, etcétera.

El factor responsable del cambio climático es el incremento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero (GEI). Debido a estas emisiones contaminantes se han registrado altas concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), a las cuales se le atribuye el creciente calentamiento global desde 1950 (IPCC, 2019). El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) es el principal GEI antropogénico, del cual se ha registrado, en el año 2021, una concentración de 415.70 ppm, que representa el 149% respecto del nivel preindustrial (año 1750) provocado por actividades humanas, entre las principales se ubica la producción de cemento (Organización Meteorológica Mundial, 2022).

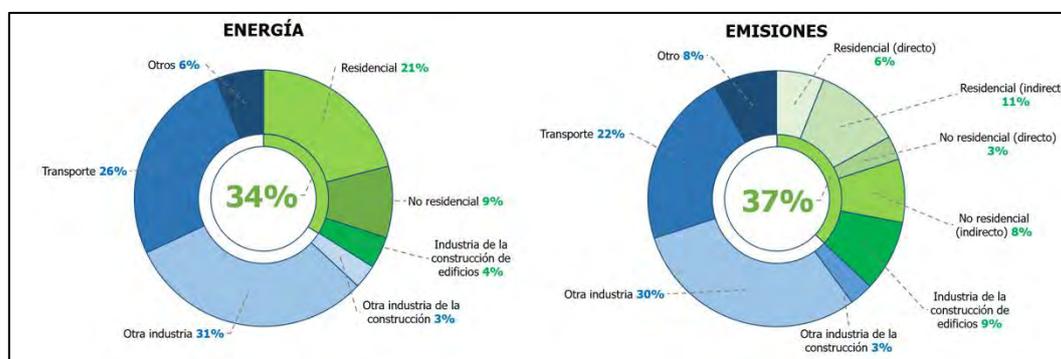
El cemento es el elemento fundamental para la producción de concreto, y adicionalmente, el concreto es la segunda sustancia más consumida en el mundo después del agua (Hasanbeigi, Price, & Lin, 2012). La producción del concreto implica distintos procesos y componentes que generan emisiones de  $\text{CO}_2$ , dentro de los cuales, principalmente, se denota que la producción de una tonelada de cemento genera alrededor de 0.80 t de  $\text{CO}_2$  (Lu et al., 2018). Por lo tanto, al ser el concreto el material más usado en el sector de la construcción, seguido del acero y la madera, implica que la construcción sea un participante activo en la crisis climática.

En general, los materiales empleados en este sector consumen más del 50% de los recursos naturales extraídos (Scrivener, Jhon, & Gartner, 2018). Estos pasan por diversos procesos hasta llegar a su disposición final, en los cuales se emplea, principalmente, fuentes de energía no renovable, tales como los combustibles fósiles y sus derivados. Al mismo tiempo, se desprenden emisiones contaminantes relacionadas con la energía que afectan el medio ambiente. Vázquez (2001) sostiene que el costo energético de la construcción, incluyendo la fabricación y el mantenimiento, es directamente proporcional al impacto ambiental que genera.

Cabe resaltar que los edificios en sí también consumen energía y emiten contaminantes durante su operación. Por ejemplo, las personas demandan servicios como la calefacción o aire acondicionado frente a climas extremos, puesto que la acción del cambio climático es cada vez más intensa. En efecto, United Nations Environment Programme [UNEP] (2022) en el último Reporte Global ha concluido que la construcción de edificios y su operación han sido responsables del 37% de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el 34% del consumo de energía final en el mundo en el 2021. La Figura 1 (UNEP, 2022) muestra que la operación de edificios y la construcción representan al sector con mayor consumo de energía final y emisiones de CO<sub>2</sub>.

**Figura 1**

*Porcentajes de consumo de energía final y emisiones CO<sub>2</sub>*



*Nota* Se resalta en color verde las categorías relacionadas con los edificios (industria de la construcción) y su operación (residencial y no residencial). Adaptado de UNEP (2022).

Por otro lado, el sector de la construcción consume anualmente entre el 12% y 16% de agua dulce, 25% de madera y 32% de recursos renovables y no renovables disponibles en el mundo (Darko et al., 2017).

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, el sector de la construcción es un gran consumidor de recursos naturales; aparte de ello, la operación de edificios también los emplea con el fin de cumplir necesidades de los usuarios. Por ejemplo, el agua, recurso natural más importante, es requerida para el aseo y alimentación de las personas, mientras que, para cocinar, calentar agua y la calefacción se usa, principalmente, gas natural o derivados de gas licuado de petróleo.

En lo que concierne al consumo de recursos naturales en el Perú, se ha registrado una producción de agua potable igual a 118 millones 975 mil metros cúbicos en el mes de marzo del 2022, este valor presentó un aumento del 2.20% respecto del año anterior (INEI, 2022). Las estadísticas muestran que la producción y, por ende, el consumo de agua potable crece cada año como respuesta al crecimiento poblacional y la demanda de necesidades de la sociedad.

## **2.2 Edificaciones sostenibles**

Las edificaciones sostenibles son estructuras diseñadas con criterios técnicos mejorados para lograr una responsabilidad ambiental a través del adecuado uso de los recursos naturales. Es decir, este tipo de construcciones buscan una reducción en el consumo de energía, agua y materias primas manteniendo ambientes confortables para los habitantes del edificio. De esta manera reducen los impactos ambientales que degradan el medio ambiente y conservan recursos para las futuras generaciones (Chamorro González et al., 2019). Además, tal como menciona Rebeca Vaisman: “Si bien la sustentabilidad ya marca el camino de la arquitectura actual, cada vez existe más demanda por un diseño consciente, eficiente e integrado con el medio ambiente” (2022).

La sostenibilidad de una edificación se logra cuando las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económico, social y ambiental, confluyen o encuentran un equilibrio. Una edificación sostenible económicamente busca un ahorro en los gastos de construcción tanto al inicio, como también durante su operación por un largo periodo de tiempo. La edificación con sostenibilidad social busca mejorar la calidad de vivienda, dar acceso a los servicios básicos y asimismo generar empleo (Miranda et al., 2018). La tercera dimensión, relacionada con el medio ambiente, introduce el término de edificios verdes.

Los edificios verdes de bajo consumo energético o edificios ecológicos surgieron como una alternativa de solución ya que las estadísticas indican que los edificios constituyen un gran porcentaje del consumo de energía final total del mundo, desde su construcción hasta la operación. El concepto de edificios verdes comenzó a hacerse notar en la época de los 90 con el objetivo de un uso eficiente de recursos naturales para lograr una reducción en el consumo de energía y agua, además del empleo de materiales que generen el menor impacto al medio ambiente y menos residuos (Li et. al, 2021). Como afirma Shen et al. (2017), los edificios verdes son eslabones necesarios para alcanzar la sostenibilidad en el sector de la construcción.

En el Perú, el equipo “Foro Ciudades para la Vida” y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, elaboraron un informe en el cual propusieron cuatro estrategias de acción para lograr una arquitectura y construcción sostenible. La primera es modificar las reglas de la gestión de la construcción, el objetivo es lograr que el sector público y privado logren vínculos estratégicos con el MVCS para generar medidas amigables con el medio ambiente. Las otras tres estrategias planteadas son estimular la oferta y la demanda de los procesos constructivos sostenibles para la construcción y acumular información para la adaptación. Estas buscan que los emprendedores brinden productos amigables con el medio ambiente; también promover edificaciones que se adapten a las condiciones de su región y de esta manera logren generar conocimiento útil para futuros proyectos (Miranda et al., 2018).

Actualmente en el Perú han empezado a surgir propuestas de edificios sostenibles dentro del mercado inmobiliario. Según Vega Córdova (2021), hasta el año 2021 ya se contaron con más de 280 edificaciones categorizadas como edificaciones sostenibles o edificios verdes ya que incluso han sido reconocidas mediante certificaciones internacionales. Esto implica que estos proyectos se desarrollaron con estándares internacionales de sostenibilidad logrando reducciones en el consumo de recursos y reducción de impactos ambientales negativos. Lo cual motiva cada vez más a los empresarios inmobiliarios peruanos a migrar hacia este tipo de proyectos.

Por otro lado, como consecuencia de la pandemia causada por el virus COVID-19 se ha tomado mayor importancia el desarrollo de edificios “saludables”. Gran parte de la sociedad empezó a trabajar de manera remota en sus hogares, asistir a espacios públicos manteniendo cierta distancia para evitar la transmisión del virus, entre otras medidas sanitarias. Esto promueve que los proyectos de construcción también tomen medidas para preservar la salud (física y mental) de las personas como, por ejemplo, calidad interior de aire y empleo de materiales antivirales (Fezi, 2020).

### **2.3 Certificaciones ambientales y de sostenibilidad para edificios**

Con la finalidad de evaluar que tan ecológico y sostenible es un edificio se puede aplicar distintas metodologías. Según Ali y Al Nsairat (2009), existe un grupo de sistemas de evaluación de sostenibilidad que emplean metodologías a partir de criterios; y por otro lado, las basadas netamente en el análisis del ciclo de vida (ACV) de la edificación. La diferencia entre estos grupos radica en que el primer grupo se centra en los aspectos ambientales, sociales y económicos, y el desempeño ambiental de las categorías evaluadas puede variar y ser compensadas entre ellas. Por otro lado, el segundo grupo se enfoca en los impactos ambientales, el cual es cuantificado en todos los niveles permitiendo la comparación de

resultados finales en términos de reducción efectiva de impactos (Mattoni et al., 2018). De acuerdo con lo mencionado, diversos investigadores recomiendan la integración de ambos tipos de metodologías para obtener otras mejoras de calificación de edificios ecológicos (Alshamrani, Galal, & Alkass, 2014). En la tabla 1 se muestran algunas herramientas usadas a nivel mundial.

**Tabla 1**

*Metodologías para la evaluación de sostenibilidad en edificios*

<b>Variable</b>	<b>Nombre</b>	<b>País de origen</b>
<b>Aspectos ambientales, económicos y sociales</b>	LEED	EEUU
	EDGE	EEUU
	SITES	EEUU
	BREEAM	Reino Unido
	GRESB	Holanda
	Athena	Canadá
<b>Impactos ambientales</b>	BEES	EEUU
	ECO-quantum	Holanda
	LISA	Australia
	ENVEST	Reino Unido

*Nota.* Basado en IHOBE (2010).

Las certificaciones ambientales de edificios pertenecen al primer grupo antes mencionadas, y surgieron por iniciativa de organismos no gubernamentales para garantizar que los edificios cumplan con estándares establecidos por los distintos sistemas de evaluación de sostenibilidad. Dichos estándares están basados en el uso eficiente de energía y recursos hídricos, empleo de menor energía embebida en materiales, calidad interior del edificio en términos de comodidad y medio saludable, y gestión adecuada de desperdicios (Yılmaz & Bakış, 2015). En otras palabras, la entrega de una certificación ambiental a las construcciones representa que dicho edificio se encuentra alineado con los objetivos del desarrollo sostenible.

En las últimas décadas, se está difundiendo la construcción sostenible debido al alarmante futuro que depara al mundo si continúa en aumento la intensidad del cambio climático.

Desde 1990, organizaciones sin fines de lucro han creado certificaciones para reconocer las buenas prácticas ecológicas en edificios. Las organizaciones que han logrado un alcance mundial son las siguientes: Building Research Establishment (BRE), U.S. Green Building Council (USGBC), International Well Building Institute (IWBI), Passivhaus Institute (PHI), entre otras. A partir del año 2008, GBCI es una de las principales organizaciones que supervisa y administra las certificaciones de proyectos: LEED, EDGE, GRESB, WELL, PEER, SITES, TRUE y Parksmart.

### **2.3.1 Certificaciones internacionales presentes en el Perú**

Peru Green Building Council (Peru GBC), miembro del World GBC, es el encargado de acreditar y certificar los edificios ecológicos en el país. A través de ellos se reconoce la excelencia en el desempeño ambiental y la práctica de la sostenibilidad a nivel mundial a través de estándares muy bien definidos. Hasta el momento, las certificaciones internacionales que cuentan con proyectos aprobados en el país son LEED, EDGE y, adicionalmente, SITES con solo un proyecto registrado y WELL con uno en proceso de certificación (Mayer, 2020).

- **LEED**

La certificación Leadership in Energy and Environmental Design, por sus siglas LEED, fue creada por el USGBC en el año 1998, y actualmente es el sistema de certificación más difundido a nivel mundial. El sistema de evaluación en el diseño y construcción de edificios para obtener la certificación consta de distintas secciones, las cuales, a la vez, cuentan con prerequisites, créditos y puntuaciones; estas secciones son: integración de procesos, ubicación y transporte, sitios sustentables, eficiencia en el uso agua, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad ambiental interior, innovación y prioridad regional (USGBC, 2020). Los

proyectos pueden alcanzar distintos niveles de certificación LEED (certificado, plata, oro y platino) de acuerdo con la puntuación total obtenida en las secciones correspondientes al tipo de proyecto.

LEED es la certificación con mayor presencia en el mercado peruano; en el año 2020, existían aproximadamente 120 proyectos certificados con LEED y 150 en proceso de evaluación en el país (Mayer, 2020). La primera certificación LEED en el Perú se otorgó en el año 2010 al Centro Empresarial Platinum Plaza, donde se invirtió aproximadamente 30 millones de dólares (Colliers International, 2012). A partir de ese momento, se han certificado edificios de oficinas, colegios, universidades, comercio, residenciales, hoteles y una clínica.

- SITES

Sustainable Sites Initiative (SITES) es un sistema de evaluación desarrollado por el Centro de Investigación de Flora Silvestre Lady Bird Jhonson de la Universidad de Texas, la Sociedad Americana de Arquitectos Paisajistas y el Jardín Botánico de Estados Unidos; además, el GBCI es el encargado de otorgar las certificaciones a los proyectos mediante la segunda versión mejorada del sistema de clasificación SITES v2 (Sustainable Sites Initiative, s.f.).

Sustainable Sites Initiative (2015) definió una extensión mínima de 185.80 metros cuadrados de terreno para proyectos a ser evaluados; los tipos de proyectos en los que puede ser aplicado son: espacios abiertos, plazas, centros comerciales, residenciales y edificaciones educacionales o institucionales. El sistema de calificación de SITES v2 cuenta con prerequisites y créditos que se disponen en diez secciones aplicables desde la elección del sitio, el diseño y la construcción; las secciones son las siguientes: contexto del sitio, prediseño, agua, suelo y vegetación, selección de materiales, salud humana y bienestar, construcción, operaciones y mantenimiento, educación y monitoreo del desempeño e innovación.

El Perú fue el primer país en Sudamérica en recibir una certificación SITES; el proyecto aludido es un condominio denominado La Quebrada, está ubicado en el distrito de Cieneguilla en Lima (Mayer, 2019).

- EDGE

La certificación EDGE (Excellent in Design for Greater Efficiencies) fue creada por la International Finance Corporation (IFC), integrante del Grupo del Banco Mundial. Esta es una innovación en el área de la construcción sostenible para hacer frente a la crisis climática. EDGE incentiva el uso eficiente de los recursos con la ayuda de un software para predecir ahorros en energía, agua y recursos en los materiales de construcción.

Según Rada, especialista y líder del IFC en América Latina y el Caribe, EDGE logra mediante simulaciones de posibles soluciones desarrolladas en corto tiempo que los inversionistas sean capaces de tomar decisiones que impulsan un mercado verde (Redacción Proyecta, 2016). La metodología de EDGE se basa en la generación de una línea base a partir de las condiciones locales, tipo y uso de edificación, diseño y especificaciones. Además, es utilizado como una herramienta en la elección de las medidas de eficiencia que se implementan en el proyecto para alcanzar una reducción de por lo menos el 20% en el consumo de energía y agua, y en energía incorporada en materiales.

Existen tres tipos certificación, los cuales dependen principalmente del objetivo en ahorro de energía. El primer nivel general es la Certificación EDGE, que posee como requisito lograr alcanzar una reducción de por lo menos el 20% en el consumo de energía y agua, y en energía incorporada en materiales. El siguiente nivel es denominado Certificación EDGE avanzando, el cual se diferencia del nivel básico por llegar a un ahorro de energía mínimo de 40%. Y finalmente, la Certificación EDGE Cero Carbono es otorgada a una edificación neutra, es decir

aquella que reduce al 100% las emisiones de CO<sub>2</sub> y cuya fuente de energía es netamente renovable, o emplean las compensaciones de carbono (EDGE, 2022)

EDGE es la segunda certificación más popular en el Perú desde el 2017, actualmente se encuentran en el territorio peruano 56 proyectos certificados, de los cuales solo 6 cuentan con la Certificación EDGE avanzado, mientras que los demás con la general. Dentro de los proyectos certificados se encuentran los siguientes tipos: residenciales, educación, oficinas, centro comercial y almacenes (EDGE, 2023).

En la tabla 2, se resume las principales diferencias entre los sistemas de certificación presentes en el Perú. Cabe mencionar que se ha realizado la comparación con LEED en diseño y construcción de edificios, dado que es el tipo de certificación más popular en el país.

**Tabla 2**

*Comparación entre sistemas de certificación*

	<b>LEED (BD+C)</b>	<b>EDGE</b>	<b>SITES</b>
	Edificios nuevos		
	Edificios existentes	Edificios nuevos	
<b>Proyectos</b>	Renovaciones	Edificios existentes	Sitios sin edificios
	Acondicionamiento interior	Renovaciones	Sitios con edificios

<b>Categorías</b>	Integración de procesos		Contexto del sitio
	Ubicación y transporte		Prediseño
	Sitios sustentables		Diseño: Agua
	Eficiencia de agua		Suelo y vegetación
	Energía y atmósfera	Energía	Selección de materiales
	Materiales y recursos	Agua	Salud y bienestar
	Prioridad regional	Materiales	Construcción
	Innovación		Innovación
	Calidad ambiental interior		Educación y monitoreo de desempeño
			Operación y mantenimiento
<b>Escala de calificación</b>	Certificado	Certificación EDGE	Certificado
	Plata	Avanzado	Plata
	Oro	Cero Carbono	Oro
	Platino		Platino

*Nota.* Información sobre certificaciones tomada de EDGE (2022), USGBC (2019) y Sustainable Sites Initiative (2014).

### 2.3.2 Medidas de eficiencia de certificación EDGE

En la tabla 3 se listan las medidas de eficiencia según la Certificación EDGE tomadas en cuenta de acuerdo a criterios que serán explicados en la sección de Metodología, cuya información está basada principalmente en la última actualización de la Guía EDGE 3.0.a.

**Tabla 3***Medidas de eficiencia aplicadas en la presente investigación*

<b>Energía</b>	<b>Agua</b>	<b>Materiales</b>
EEM01* Proporción de vidrio respecto de la pared	WEM01 Cabezales de ducha que ahorran agua: 6 L/min	MEM02* Construcción de entrepiso
EEM02 Techo reflectante	WEM02* Grifos eficientes que ahorran agua para todos los baños: 2 L/min	MEM03* Acabado de piso
EEM07 Techo verde		MEM04* Construcción del techo
EEM09* Eficiencia del vidrio	WEM04* Inodoros eficientes que ahorran agua para todos los baños	MEM05* Paredes externas
EEM22 Iluminación eficiente para áreas internas	WEM08* Grifos de cocina que ahorran agua	MEM06* Paredes internas
EEM23 Iluminación eficiente para áreas externas		MEM07* Marcos de Ventana
EEM24 Controles de iluminación		MEM08* Vidrios de Ventana

Nota: (\*) Medidas de ingreso obligatorio al software.

## 2.4 Edificaciones con certificación EDGE en Perú

Conociendo el impacto ambiental causado por la construcción, es indispensable generar construcciones sostenibles y eficientes antes del 2030. El Perú es uno de los países que muestra un avance prometedor en proyectos verdes; además, esta tendencia continuará creciendo. Al 2021, Perú ya contaba con más de un millón de metros cuadrados certificados con EDGE. Demostrando así que existe esfuerzo para promover el desarrollo sostenible en el país (López, 2021).

A continuación, se detallan algunos proyectos de edificios multifamiliares que obtuvieron la certificación EDGE en Lima.

**Tabla 4***Certificación EDGE en Edificio Alborada II*

<b>EDIFICIO ALBORADA II</b>		
El edificio ubicado en el distrito de Surco, cuenta con 10 departamentos de áreas entre 91 m <sup>2</sup> y 182 m <sup>2</sup> . Fue desarrollado por Vita In Inmobiliaria, una empresa con más de 14 años en el sector.		
<b>CERTIFICACIÓN EDGE FINAL</b>		
Fecha	Superficie	Ahorro total de CO <sub>2</sub>
Noviembre de 2021	963.66 m <sup>2</sup>	13.34 tCO <sub>2</sub> /Año
<b>SOLUCIONES TÉCNICAS</b>		
Energía	Agua	Materiales
- Menor relación ventana - pared	- Cabezales de ducha de bajo flujo	- Hormigón armado in situ para losas de piso
- Bombillas de bajo consumo en espacios internos	- Grifos ahorradores para cocina	- Losa de relleno de hormigón y hormigón armado in situ para techo
- Bombillas de bajo consumo en espacios exteriores	- Grifos ahorradores para lavabos	- Bloques de hormigón celular esterilizados en autoclave para paredes internas y externas.
- Controles de iluminación en pasillos y escaleras	- Inodoros de doble descarga	- Muros reforzados in situ para paredes externas.
		- Marcos de ventana de aluminio
<b>AHORROS PREVISTOS</b>		
Energía	Agua	Energía incorporada en materiales
28 %	49 %	55 %

*Nota.* Tomado de “Project studies”, por EDGE Buildings

**Tabla 5***Certificación EDGE en Edificio Orizzón*

<b>EDIFICIO ORIZZÓN</b>		
Proyecto de viviendas ubicado en el distrito de Magdalena. Cuenta con 45 departamentos desde 83 m <sup>2</sup> hasta 149 m <sup>2</sup> . Fue desarrollado por Vita In Inmobiliaria, una empresa con más de 14 años en el sector.		
CERTIFICACIÓN EDGE FINAL		
Fecha	Superficie	Ahorro total de CO <sub>2</sub>
Abril de 2022	4,598.40 m <sup>2</sup>	64.65 tCO <sub>2</sub> /Año
SOLUCIONES TÉCNICAS		
Energía	Agua	Materiales
- Menor relación ventana - pared	- Cabezales de ducha de bajo flujo	- Losa de relleno de hormigón para pisos intermedios y techo
- Bombillas de bajo consumo en espacios internos	- Grifos ahorradores para cocina	- Hormigón armado in situ para techo
- Bombillas de bajo consumo en espacios exteriores	- Grifos ahorradores para lavabos	- Bloques de hormigón hueco de peso medio en paredes externas e internas
- Controles de iluminación en pasillos y escaleras	- Inodoros de doble descarga	- Marcos de ventana de aluminio
AHORROS PREVISTOS		
Energía	Agua	Energía incorporada en materiales
36 %	54 %	68 %

*Nota.* Tomado de “Project studies”, por EDGE Buildings

**Tabla 6***Certificación EDGE en Alcanfores 1262*

<b>ALCANFORES 1262</b>		
Proyecto de viviendas ubicado en el distrito de Miraflores. Cuenta con un total de 34 viviendas distribuidas en 9 pisos. Proyecto desarrollado por Volterra Inmobiliaria y con apoyo de SUMAC.		
<b>CERTIFICACIÓN EDGE FINAL</b>		
Fecha	Superficie	Ahorro total de CO <sub>2</sub>
Febrero de 2022	4,024.04 m <sup>2</sup>	20.60 tCO <sub>2</sub> /Año
<b>SOLUCIONES TÉCNICAS</b>		
Energía	Agua	Materiales
- Menor relación ventana-pared	- Cabezales de ducha de bajo flujo	- Losas de relleno de hormigón para pisos intermedios y techo
- Dispositivos de sombra externos	- Grifos de bajo flujo para cocina y baños	- Muro reforzado in situ para paredes externas
- Bombillas de bajo consumo en espacios externos	- Descarga simple para inodoros	- Bloques de hormigón celular esterilizados en autoclave para paredes internas y externas
- Energía solar fotovoltaica	- Uso de aguas grises recicladas	- Baldosas de cerámica y pisos de madera laminada
<b>AHORROS PREVISTOS</b>		
Energía	Agua	Energía incorporada en materiales
27 %	41 %	58 %

*Nota.* Tomado de “Project studies”, por EDGE Buildings

**Tabla 7***Certificación EDGE en Parque verde Sur*

<b>PARQUE VERDE SUR</b>		
Proyecto residencial ubicado en el distrito de San Borja, cuenta con 35 departamentos, áreas verdes e iluminación natural.		
CERTIFICACIÓN EDGE FINAL		
Fecha	Superficie	Ahorro total de CO <sub>2</sub>
Febrero de 2022	5,556.00 m <sup>2</sup>	51.47 tCO <sub>2</sub> /Año
SOLUCIONES TÉCNICAS		
Energía	Agua	Materiales
- Dispositivos de sombra externos	- Cabezales de ducha de bajo flujo	- Hormigón armado in situ para losas intermedias y techo
- Bombillas de bajo consumo en espacios internos y espacios externos	- Grifos de cocina y baños de bajo flujo	- Losas de relleno de hormigón para techo
	- Inodoro de doble descarga	- Muro reforzado in situ en paredes externas e internas
		- Bloques de hormigón hueco de peso medio en paredes externas e internas
AHORROS PREVISTOS		
Energía	Agua	Energía incorporada en materiales
31 %	49 %	43 %

*Nota.* Tomado de “Project studies”, por EDGE Buildings

**Tabla 8***Certificación EDGE en Eco Alcala*

<b>ECO ALCALA</b>		
Proyecto de vivienda de 5 pisos ubicado en el distrito de Santiago de Surco de Lima. Cuenta con 10 viviendas distribuidas entre pisos y dúplex con una superficie media de 134 m <sup>2</sup> .		
<b>CERTIFICACIÓN EDGE FINAL</b>		
Fecha	Superficie construida	Ahorro total de CO <sub>2</sub>
Noviembre de 2021	1,508.38 m <sup>2</sup>	507.0 tCO <sub>2</sub> /Año
<b>SOLUCIONES TÉCNICAS</b>		
Energía	Agua	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor relación ventana-pared</li> <li>- Pintura reflectiva y tejas para el techo</li> <li>- Dispositivos de sombra externos</li> <li>- Iluminación de bajo consumo en espacios externos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cabezales de ducha de bajo flujo</li> <li>- Grifos de bajo flujo para fregaderos y lavabos de cocina</li> <li>- Inodoros de doble descarga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Losas de relleno de hormigón para pisos intermedios y techo.</li> <li>- Hormigón armado in situ en techo.</li> <li>- Bloques de hormigón hueco de peso medio en paredes externas e internas</li> <li>- Muro reforzado in situ para paredes internas y externas</li> <li>- Marcos de ventanas de aluminio</li> </ul>
<b>AHORROS PREVISTOS</b>		
Energía	Agua	Energía incorporada en materiales
29 %	51 %	59 %

*Nota.* Tomado de “Project studies”, por EDGE Buildings.

## CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

### 3.1 Enfoque y diseño de la investigación

La presente investigación tiene un enfoque mixto y diseño explicativo secuencial. De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), este tipo de investigación en la etapa cuantitativa muestra la amplitud y magnitud del fenómeno; mientras que la cualitativa, la profundidad y complejidad. Durante la primera fase se recolectan y analizan datos cuantitativos de las medidas de eficiencia del caso de estudio que relacionan las variables definidas. Los resultados serán profundizados en la segunda fase cualitativa con la evaluación del desempeño ambiental. Cabe mencionar que las medidas propuestas están basadas en los criterios sostenibles de EDGE para energía, agua y energía incorporada en materiales. El trabajo de investigación considera las variables dependientes e independientes en torno al caso de estudio mostradas en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Variables independientes y dependientes*

<b>Variables independientes (X)</b>	<b>Variables dependientes (Y)</b>
Medidas de eficiencia en energía	Consumo de energía
Medidas de eficiencia en agua	Consumo de agua
Medidas de eficiencia en materiales	Energía incorporada en materiales
	Ahorro monetario de usuario final

El caso de estudio ha sido seleccionado por los investigadores de manera no probabilística, intencional y por conveniencia tomando en cuenta la practicidad para obtener información del caso de estudio, como lo recomiendan Rodríguez y Valldeoriola (2009). El caso de estudio es el edificio multifamiliar SKY, ubicado en el distrito de San Isidro.

## **Estrategias e instrumentos**

Las estrategias aplicadas fueron las siguientes listadas: análisis documental de las certificaciones ambientales disponibles y vigentes en el Perú, profundizando en la certificación EDGE y su metodología, revisión del expediente técnico del caso de estudio, búsqueda de elementos que mejoren el desempeño ambiental del edificio, especialmente en su operación.

Los instrumentos empleados para el trabajo de tesis son los siguientes: plataforma EDGE como instrumento para generar la línea base del edificio y la línea mejorada tras la propuesta con criterios de sostenibilidad. Asimismo, para la obtención de valores que se desprenden tras la mejora, tales como: reducción en la emisión CO<sub>2</sub> durante la operación, ahorros en costos de servicios y retorno de inversión en años. También se revisaron fichas técnicas de accesorios para de equipamiento sanitario y eléctrico para extraer datos de consumo y eficiencia.

### **3.2 Procedimiento metodológico**

#### **3.2.1 Búsqueda de información y trabajo de campo**

Para la presente investigación, se recurrió a la búsqueda de fuentes bibliográficas sobre cambio climático, edificaciones sostenibles y certificaciones ambientales; ahondando en la certificación EDGE. Se logró explorar acerca de la metodología EDGE y los recursos que este presenta, tales como el software EDGE y la guía de usuario EDGE. Además, se describieron proyectos certificados con EDGE en el Perú.

El caso de estudio para la investigación es un edificio multifamiliar denominado “SKY SAN ISIDRO”. La información necesaria (planos, memoria descriptiva, especificaciones técnicas entre otros) fueron obtenidas mediante las gestiones correspondientes. Una vez recopilada la información acerca de la metodología de certificación EDGE y del caso de estudio, se ingresaron los datos adecuados en el software para generar una línea base (realizada por el algoritmo EDGE).

Posteriormente, se realiza la selección de medidas de eficiencia propuestas para mejorar el desempeño ambiental y ahorros en energía, agua y energía incorporada en los materiales del proyecto. Un paso importante en este proceso es la selección de los elementos correspondientes a las medidas de eficiencia que ayudarán a que el proyecto logre las reducciones esperadas (mayores al 20%). Una vez definida cada medida de eficiencia a implementar, se ingresan los valores que el software solicita de acuerdo a cada elemento de cada medida de eficiencia. Con estos nuevos valores propuestos se genera la línea mejorada. Además, el software EDGE arroja valores porcentuales de reducción en el consumo de los recursos, así como también los valores monetarios de ahorro en servicio públicos y retorno del costo incremental, los cuales son analizados.

### **3.2.2 Software EDGE**

El software EDGE realiza cálculos con base en los siguientes puntos importantes: condiciones climáticas de la zona, tipo de edificio, uso de los ocupantes, diseño y especificaciones. EDGE genera un modelo dinámico con la interacción de los datos ingresados en las diferentes categorías solicitadas haciendo que arroje resultados más reales con fines de certificación. Sin embargo; EDGE no debe usarse para la toma de decisiones con detalles mucho más finos. Este recomienda que se usen herramientas adecuadas de modelamiento de acuerdo con el tipo de resultado que el usuario requiera (IFC & EDGE, 2022).

A continuación, en la tabla 10, se resumen los parámetros que interactúan para el modelamiento en el software EDGE y así obtener sus resultados.

**Tabla 10***Parámetros de interacción en la metodología EDGE*

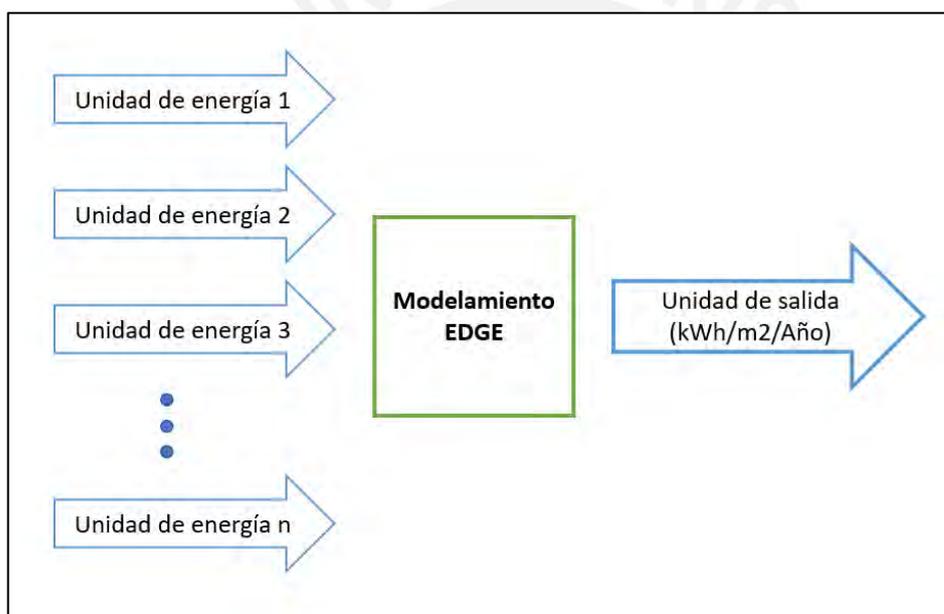
<b>Condiciones climáticas</b>	<b>Tipo de edificio y uso de los ocupantes</b>	<b>Diseño y especificaciones</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura promedio mensual (C°)</li> <li>- Velocidad de viento exterior promedio mensual (m/s)</li> <li>- Humedad exterior media mensual (%)</li> <li>- Intensidad de la radiación solar (W/m<sup>2</sup>)</li> <li>- Precipitación media anual (mm/año)</li> <li>- Intensidad de dióxido de carbono de la red eléctrica (kg CO<sub>2</sub>/kWh)</li> <li>- Costo promedio de energía por tipo de combustible (soles/lt o soles/kg)</li> <li>- Costo promedio de agua (soles/klt)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viviendas</li> <li>- Hoteles</li> <li>- Oficinas</li> <li>- Hospitales</li> <li>- Comercio minorista</li> <li>- Educación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caso base: es el punto de partida para generar las reducciones y es generado con los datos empíricos de prácticas actuales en el mundo. EDGE genera un modelo completo del edificio.</li> <li>- Caso mejorado: es el punto de llegada después de seleccionar las medidas de eficiencia a implementar en el diseño. Si la diferencia porcentual es mayor a 20% en todas las categorías, entonces se cumple con el estándar EDGE.</li> </ul>
<p>En caso la ciudad del objeto de estudio no se encuentre en la base de datos de EDGE, de selecciona una ciudad cercana o con un clima similar. También se deben actualizar los datos numéricos de acuerdo con la zona.</p>	<p>EDGE proporciona en muchos casos valores predeterminados para obtener el caso base debido a que en la etapa de diseño es común que un usuario no tenga los parámetros completos de construcción.</p>	<p>EDGE también calcula los costos operativos y proyecta los costos de implementación de las medidas seleccionadas, así como el ahorro monetario en los servicios públicos con el respectivo tiempo de retorno.</p>

## Cálculo de la demanda de uso final por categoría

Para el cálculo de energía, EDGE convierte la energía primaria y salidas combinadas de energía en valores “entregados” debido a que en un edificio existen diferentes tipos de suministro de energía. De esta manera se unifica la métrica y el usuario logra comprender a través de reducciones en costos. En caso exista el tipo de energía renovable en un edificio, este es deducido del caso mejorado y es expresado como “ahorro de energía”.

### Figura 2

*Esquema de ingreso y salida de energía según EDGE.*



Para la demanda de agua, EDGE calcula el uso anual de agua con el número de accesorios de agua y las cargas de uso de agua de los accesorios. En caso exista agua reciclada proveniente de algún sistema de tratamiento y el agua de lluvia recolectada, es deducido del caso mejorado y expresado como “ahorro de agua”.

En caso de demanda de energía incorporada en materiales, EDGE incorpora datos extraídos del informe “EDGE Materials Embodied Energy Methodology & Results” realizado por la firma Thinkstep en Reino Unido. El impacto de cada material varía de acuerdo en dónde

y cómo se fabrican así también en cómo se utiliza. Actualmente EDGE no logra proporcionar información precisa según las ubicaciones, pero aplica un enfoque por etapas que proporciona datos de las economías emergentes basadas en el ciclo de vida.

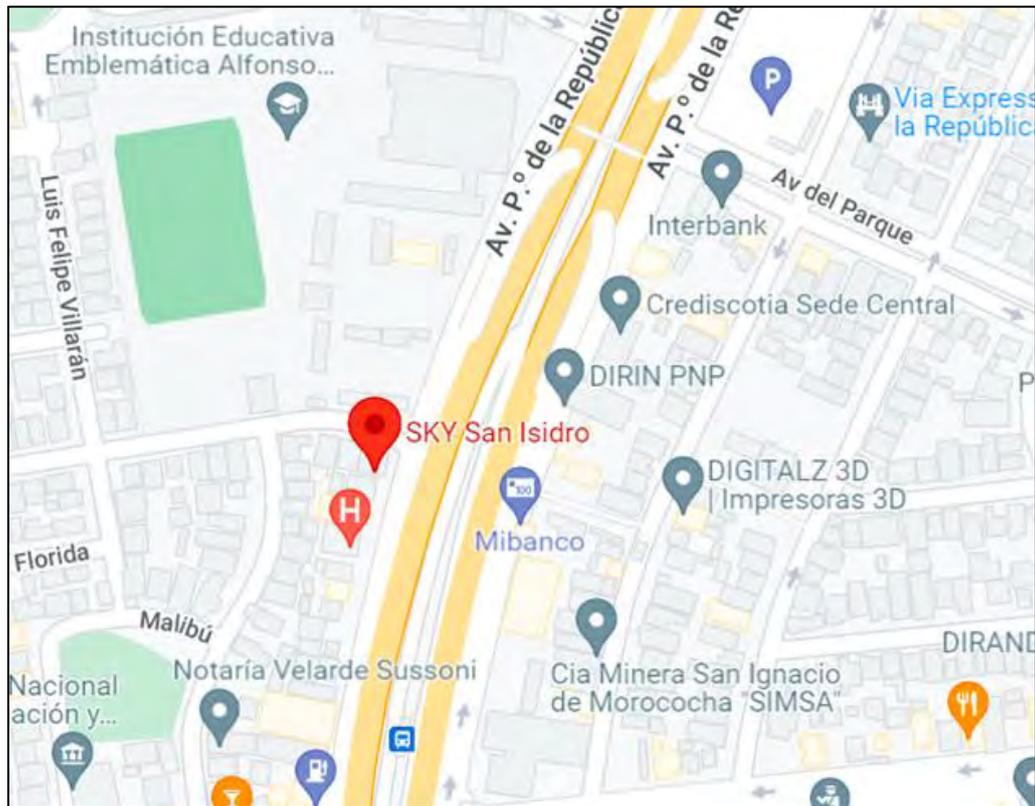
La metodología de cálculo de EDGE fue validada con el software eQuest en distintas ubicaciones y también fue aprobada por consultores externos en Filipinas y México. Edge logrará la evolución mientras se obtengan nuevos datos y se implemente el estándar (IFC y EDGE, 2022).

### **3.3 Descripción del caso de estudio**

El caso de estudio es un edificio de vivienda multifamiliar denominado Sky San Isidro, el proyecto se ubica en la Av. Paseo de la República 3620 y Calle Chacarilla 672, Urb. Chacarilla Sta. Cruz, en el distrito de San Isidro, provincia y departamento de Lima. Se desarrolla sobre un terreno de 929.14 m<sup>2</sup>, es un área de Tratamiento III (sector B), con zonificación CM (Comercio Metropolitano) – compatible con RDMA (Residencial de densidad muy alta). El proyecto contempla la construcción de un edificio de 40 pisos más azotea y 6 sótanos, una altura total aproximada de 116 metros lo cual lo posiciona como el edificio residencial más alto del Perú. Tiene un área techada total de 25,306.24 m<sup>2</sup> sobre un área de terreno de 929.14 m<sup>2</sup>. En la figura 3 se muestra la ubicación del caso de estudio.

**Figura 3**

*Ubicación de SKY San Isidro.*



*Nota.* Reproducido de Google Maps.

El programa arquitectónico del edificio multifamiliar SKY es el siguiente:

- Cisternas y cuarto de bombas: Espacios para cisternas de agua potable y contra incendios, cuarto de bombas y maquinas, así mismo se cuenta con una estación acelerométrica 1.
- Sótanos del 1º al 6º: Espacios de estacionamientos para vivienda, circulaciones verticales, depósitos y diversos espacios para instalaciones eléctricas (Cuarto de tableros, grupo electrógeno) e Instalaciones Mecánicas (Cuarto de extracción e inyección de monóxido).

- Primer Piso: Ingreso peatonal y vehicular, cuarto de basura, zona de bicicletas y cuartos de medidores. Se accede peatonalmente por la Av. Paseo de la Republica; ingreso vehicular y de servicio por la Calle Chacarilla.
- Piso 2: 04 departamentos tipo flat de un dormitorio y 02 departamentos tipo flat de dos dormitorios. Áreas de uso común para las viviendas: Sala de usos múltiples 1 más área de apoyo al SUM, baños y sala de juegos techada.
- Piso 3: 04 departamentos tipo flat de un dormitorio y 02 departamentos tipo flat de dos dormitorios. Áreas de uso común para las viviendas: Gimnasio, Sala de usos múltiples 2 y baños.
- Piso 4: 04 departamentos tipo flat de un dormitorio y 02 departamentos tipo flat de dos dormitorios. Áreas de uso común para las viviendas: Sala de usos múltiples 3, juegos para niños y baños.
- Piso 5-22: 05 departamentos tipo flat de un dormitorio y 02 departamentos tipo flat de dos dormitorios. Techo sin uso, ni acceso (Piso 5).
- Piso 23: 04 departamentos tipo flat de un dormitorio y 02 departamentos tipo flat de dos dormitorios y terraza uso común 1 para vivienda.
- Piso 24-39: 04 departamentos tipo flat de un dormitorio y 02 departamentos tipo flat de dos dormitorios
- Piso 40: 03 Terrazas de uso común para las viviendas (Terraza 2, Terraza 3 y Terraza 4), sshh diferenciados.
- Azotea: azotea verde donde se ubica una Estación Acelerométrica 2 y equipamiento parcial del edificio.

- Techo: Sala de máquinas de ascensores principales, de servicio y equipamiento mecánico.

En la tabla 11 se muestra la distribución de departamentos por piso en el edificio proyectado con un total de 246 unidades de vivienda.

**Tabla 11**

*Departamentos totales del edificio*

<b>Pisos</b>	<b>Departamentos</b>	<b>Niveles</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
<b>2° piso</b>	6	1	6	
<b>3° piso</b>	6	1	6	
<b>4° piso</b>	6	1	6	
<b>5°-22° piso</b>	7	18	126	246
<b>23° piso</b>	6	1	6	
<b>24°-39° piso</b>	6	16	96	

Los departamentos presentan distintas áreas y distribución, en total se ha identificado un total de 9 tipos de departamentos, los cuales cuentan con 1 o 2 habitaciones y con áreas que van de 47.50 m<sup>2</sup> a 78.20 m<sup>2</sup>. La identificación de los tipos de departamentos es importante para ingresar la información en la plataforma EDGE (ver tabla 12).

**Tabla 12**

*Cantidad de departamentos por tipología*

<b>Tipología</b>	<b>Nro. de habitaciones</b>	<b>Área(m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cantidad (und)</b>
<b>X01 - 1</b>	1	61.30	21
<b>X01 - 2</b>	1	59.90	17
<b>X04</b>	1	50.50	38
<b>X05</b>	1	53.70	38
<b>X06</b>	1	52.60	38
<b>X07</b>	1	47.50	18
<b>X02 - 1</b>	2	75.00	21

<b>X02 -2</b>	2	76.30	17
<b>X03</b>	2	78.20	38
		<b>Total (und)</b>	246

El sistema estructural del proyecto consta de una estructura portante de muros de concreto armado de 40, 35, 30 y 25 cm de espesor y pórticos de concreto armado. El tipo de cimentación es el de cimentación rígida convencional, las losas son macizas de espesor variable entre 12 y 20 cm, y la tabiquería de albañilería confinada y armada con ladrillos clase IV sólidos (30% de huecos) tipo King Kong de arcilla. La circulación vertical está dada por 02 escaleras con vestíbulo previo ventilado cuyo ancho por tramo es de 1.20 m y 4 ascensores. Los ascensores y escaleras conectan todos los sótanos con los pisos superiores de vivienda.

### **Generación de la línea base**

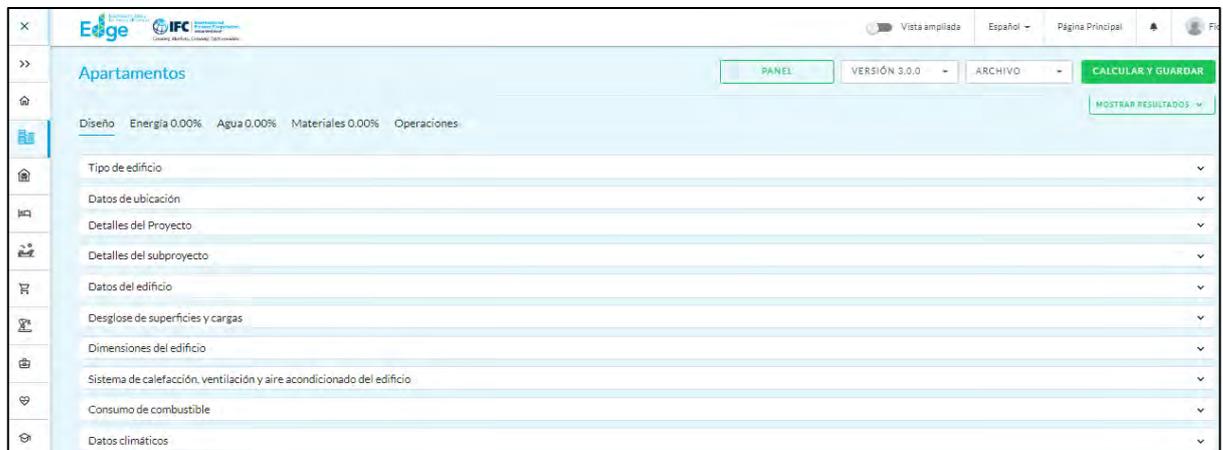
Para obtener un caso base que se asemeje lo mayor posible a las condiciones actuales de acuerdo con la ubicación del proyecto y lo desarrollado en el expediente técnico del edificio, se introducen los datos solicitados por el software, los cuales serán mencionados y resumidos a continuación.

La versión de la plataforma EDGE con la que realizará el estudio es la versión 3.0.0. La interfaz del software contiene cuatro pestañas principales: diseño, energía, agua y materiales.

La sección de Diseño crea un edificio de referencia el cual se denomina “línea base”. Este edificio es un supuesto otorgado por EDGE y su sistema integrado. Para ello se ingresa una serie de datos divididos en diez tipos de detalles.

**Figura 4**

*Interfaz EDGE APP para edificios de apartamentos (pestaña diseño)*



*Nota.* Se muestra la interfaz de la versión más reciente del software EDGE v 3.0.0.

- Tipo de edificio

El primer paso es la elección del tipo de edificio a estudiar, en nuestro caso: Apartamentos. EDGE contempla tres subtipos para esta categoría de edificación: subsidiados, ingresos medios y altos. El edificio residencial Sky San Isidro está proyectado para el nivel socioeconómico correspondiente al segmento B, en otras palabras, clase media consolidada. Por lo tanto, el subtipo corresponde a ingresos medios.

- Datos de ubicación

Este dato es muy importante ya que EDGE usa la ubicación para aproximar las condiciones climáticas a la cual estará expuesto el proyecto y hacer supuestos teniendo en cuenta el confort térmico. La ubicación por especificar es la ciudad y país; el proyecto se encuentra en la ciudad de Lima, capital del Perú.

- Detalles del proyecto

En esta parte se ingresan datos generales del proyecto y de titular el proyecto, los detalles relevantes se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 13**

*Detalles relevantes del proyecto*

<b>Nombre del proyecto</b>	Sky San Isidro
<b>Dirección línea 1</b>	Av. Paseo de la República 3620
<b>Dirección línea 2</b>	Calle Chacarilla 672
<b>Distrito</b>	San Isidro
<b>Ciudad</b>	Lima
<b>País</b>	Perú
<b>Cantidad de edificios distintos</b>	1

- Detalles del subproyecto

Se ingresan los datos que delimitan la edificación en sí. En el presente caso de estudio solo se trata de un subproyecto, ya que es un solo edificio que se encuentra en la etapa de diseño para una nueva construcción. Los datos se listan en la tabla 14.

**Tabla 14**

*Detalles del subproyecto*

<b>Nombre de subproyecto</b>	Sky San Isidro
<b>Multiplicador del subproyecto para el proyecto</b>	1
<b>Etapas de certificación</b>	Preliminar
<b>Tipo de subproyecto</b>	Edificio nuevo
<b>Dirección Línea 1</b>	Av. Paseo de la República 3620
<b>Ciudad</b>	Lima
<b>Provincia</b>	Lima
<b>País</b>	Perú

- Datos del edificio

El proyecto es un edificio multifamiliar de viviendas, cuenta con 40 pisos en altura y 7 sótanos. Se desarrollan distintos tipos de departamentos, con un total de 246 unidades clasificadas en 9 tipologías, ver tabla 15. La ocupación aproximada por departamento se calcula sumando una unidad a la cantidad de habitaciones.

EDGE también solicita el ingreso de la altura entre piso y piso, se toma la altura de piso típico 2.65 m. Asimismo, se extrae el área de techo de los planos de Arquitectura del proyecto, el cual resulta 175.60 m<sup>2</sup>.

Por otro lado, en este apartado se encuentra el costo de construcción (soles/m<sup>2</sup>) y el valor estimado de venta (soles/m<sup>2</sup>), los cuales son ingresados de acuerdo con la información que se maneja en el mercado peruano actual:

Costo de construcción: 7,900 soles/m<sup>2</sup>

Valor estimado de venta: 9,258 soles/ m<sup>2</sup>

**Tabla 15**

*Distribución de departamentos por tipología y ocupación*

Ítem	Tipología	Nro. de habitaciones (und)	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad (und)	Ocupación (personas/und)
1	X01 - 1	1	61.30	21	2
2	X01 - 2	1	59.88	17	2
3	X04	1	50.46	38	2
4	X05	1	53.68	38	2
5	X06	1	52.57	38	2
6	X07	1	47.50	18	2
7	X02 - 1	2	75.00	21	3
8	X02 - 2	2	76.33	17	3

<b>9</b>	X03	2	78.22	38	3
			<b>Total</b>	246	-
			<b>(und)</b>		

- **Desglose de superficies y cargas**

En esta sección se ingresa el metrado de superficies según corresponda, ver tabla 16.

**Tabla 16**

*Desglose de superficies*

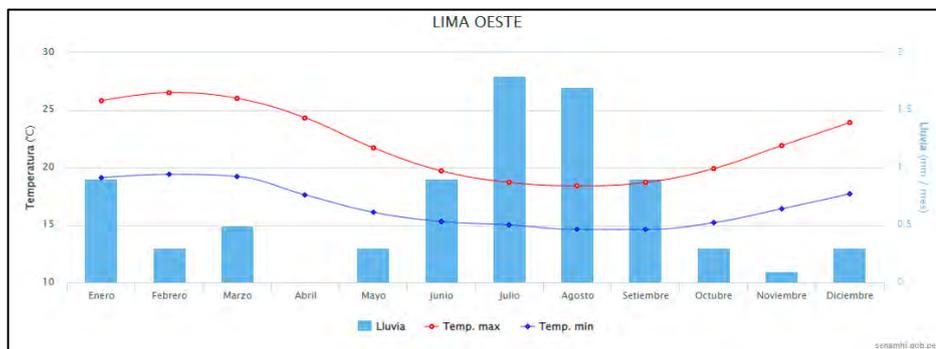
<b>Superficie</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Área interna bruta</b>	14,962.70
<b>Área con iluminación exterior</b>	186.90
<b>Área de estacionamiento externa</b>	0.00
<b>Área irrigada</b>	165.00
<b>Piscina</b>	0.00

El área interna bruta es calculada automáticamente por EDGE de acuerdo con los datos del edificio ingresados previamente. La totalidad de estacionamientos se encuentra en los sótanos.

- **Datos climáticos**

La elevación y latitud fueron hallados con el programa GOOGLE EARTH PRO. El proyecto se encuentra a una elevación de 110 metros sobre el nivel del mar y la latitud correspondiente es 12.10°S.

Por otro lado, las temperaturas máximas y mínimas fueron extraídas de SENAMHI (2020) para Lima Oeste (figura 5). Asimismo, la precipitación media anual se obtuvo a partir de datos mensuales durante el año 2020, resultando un total de 8.9 milímetros. Se debe tener en cuenta que Lima es una ciudad desértica y presenta bajas precipitaciones.

**Figura 5***Temperaturas y lluvia por meses en Lima Oeste*

Nota. Reproducido de SENAMHI (2022)

- Dimensiones del edificio

Se ingresan las dimensiones de la base del edificio, el cual tiene 5 lados con las orientaciones aproximadas descritas en la tabla 17. Asimismo, es importante mencionar que todas las fachadas están expuestas al aire exterior. En la figura 6 se aprecia el perímetro del proyecto, el norte y los lados designados por orientación.

**Tabla 17**

Dimensiones del edificio

Lado	Orientación	Longitud (m)	Superficie de fachada expuesta al aire libre (%)
<b>Lado A</b>	Norte	6.66	100
<b>Lado B</b>	Noreste	20.29	100
<b>Lado C</b>	Sureste	26.37	100
<b>Lado D</b>	Sur	23.51	100
<b>Lado E</b>	Oeste	30.09	100

**Figura 6**

Perímetro de superficie de proyecto



*Nota:* La figura muestra la superficie del proyecto. Adaptado de Google Maps.s.f.

- Sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado del edificio

El diseño del edificio no contempla sistemas de aire acondicionado ni calefacción, tampoco suministros de calefacción o refrigeración urbana.

- Agua caliente

Se considera que el sistema de agua caliente del edificio será de terma eléctrica por departamento.

- Costo de consumo de energía y agua

El costo de consumo de energía se ha extraído del pliego tarifario de Luz del Sur (2023); mientras que, el costo por el consumo de agua, incluyendo el alcantarillado, de la estructura tarifaria de Sedapal (2022):

Costo de consumo de agua: 3.019 soles/m<sup>3</sup>

Costo de consumo de energía: 0.5331 soles/kWh

### 3.4 Propuestas de medidas de eficiencia

A continuación, se explicarán las medidas de eficiencia seleccionadas para la presente investigación con base en la guía de usuario EDGE (IFC y EDGE, 2021).

#### **ENERGÍA**

##### **Relación ventana/pared (EEM01)**

El vidrio transmite el calor más fácilmente que las paredes, pero también son beneficiosas pues permiten el ingreso de la luz solar a los recintos dotándolos de iluminación natural. Por tanto, es ideal encontrar un balance entre el calor transmitido y los niveles mínimos de iluminación.

La medida relación ventana/pared (WWR, por sus siglas en inglés) expresa el porcentaje de la superficie acristalada respecto del área bruta de pared. Si este valor resulta menor que la línea base, significa un ahorro en energía; en general, un WWR menor significa menos transmisión de calor. Está directamente relacionada con el confort térmico, es decir, la necesidad del uso de calefacción en climas fríos o aire acondicionado en climas cálidos.

Esta medida resulta de la división de la superficie acristalada entre el área bruta de la superficie de la pared exterior. El área bruta no solo cuenta la pared, sino también los vanos

que contienen otro tipo de superficies como madera, metálica, entre otras opacas; además se toma la longitud de la superficie interna de pared para el cálculo. La fórmula es la siguiente:

$$WWR (\%) = \frac{\sum \text{Superficie acristalada (m}^2\text{)}}{\sum \text{Área bruta de la pared exterior (m}^2\text{)}}$$

Se requieren las superficies acristaladas según cada orientación de fachada del edificio, ya que esto provocará variaciones en la cantidad de energía proyectada para lograr un confort térmico.

En el caso de edificaciones en climas cálidos, se cuenta con un valor alto de WWR, existen soluciones como dispositivos de sombra para evitar que los rayos solares atraviesen directamente las ventanas y eleven las temperaturas internas del recinto. Otra solución es la colocación de un vidrio con menor coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC) lo cual implica que absorbe, convierte e irradia al interior menor radiación solar al mismo tiempo que posee mayor capacidad de sombreado.

Si se trata de reducir la energía que se emplearía para disminuir la sensación térmica interior, se recomienda instalar algún dispositivo de sombreado antes que la colocación de vidrios de baja emisividad o reflectantes. Asimismo, es importante tener en cuenta sobre qué fachada se realizarán las estrategias, estas deben ser las que tengan mayor exposición a luz solar.

En el caso de construcciones en climas fríos con un valor de WWR alto, se recomienda la instalación de ventanas de doble acristalamiento ya que brindan aislamiento térmico además de acústico.

Esta medida de eficiencia es de carácter obligatorio de ingreso en el software EDGE, es decir se debe realizar el cálculo e ingresarlo a la aplicación así aporte positiva o negativamente al proyecto. Para el caso estudiado se ha calculado el área total de las paredes externas y la

superficie total de ventanas de acuerdo con los planos de arquitectura. Se ha distribuido el cálculo de superficies de acuerdo con la orientación de los lados designados según lo mostrado en la figura 7.

### Figura 7

Lados del proyecto con orientación



*Nota.* Se muestra las orientaciones estimadas para cada lado del proyecto. Adaptado de Google Maps.

**Tabla 18**

*Relación ventana/pared WWR (%)*

Orientación	Superficie acristalada	Superficie total bruta	WWR (%)
	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	
Norte	592.00	746.60	79.29 %
Noreste	1864.50	2148.60	86.78 %

<b>Sureste</b>	2451.40	2873.30	85.32 %
<b>Sur</b>	505.60	2798.00	18.07 %
<b>Oeste</b>	31.50	3335.10	0.94 %
<b>Total</b>			45.75 %

En la tabla 18, se muestra el cálculo del WWR por lados y el total resultante de 45.75%. Este valor es ingresado a la aplicación EDGE, independientemente si el valor es mayor o menor que el caso base, ver tabla 19.

**Tabla 19**

*Relación ventana/pared de propuesta*

<b>Relación ventana / pared (%)</b>	
Línea base	Línea mejorada*
35.00	45.75

\*La línea mejorada en esta medida considera la ingeniería actual del proyecto, al ser una medida “obligatoria”.

### **Techo reflectante (EEM02)**

La medida está relacionada con el índice de reflectividad solar (SRI, por sus siglas en inglés) del acabado del techo, también llamado albedo. Mientras mayor sea el SRI mayor será su aporte para lograr un edificio sostenible con ahorros energéticos en el control de temperaturas interiores.

Cabe mencionar que el SRI tendrá menor importancia e impacto en ahorros en consumo de energía si el techo posee buen aislamiento térmico o buena eficiencia del sistema de climatización. Asimismo, EDGE no considera esta medida en las mismas zonas donde se haya implementado un techo verde.

El índice de reflectividad solar se obtiene de las fichas técnicas de los materiales o acabados de techo empleados. Este valor se expresa como porcentaje. EDGE reconoce como un factor importante el color del techo, recomienda para climas cálidos el color blanco o un acabado claro.

Para esta medida de eficiencia se ha seleccionado el uso de una membrana líquida blanca impermeabilizante con poliuretano: Sikalastic-560, producto perteneciente a la marca Sika, gama Tecnología Co-Elástica, sobre una superficie de 94.91 m<sup>2</sup> comprendidos entre el piso 40, azotea y techos. De la ficha técnica de Sika (2021) se extrae el índice de reflectancia solar (SRI), el valor indicado es de 106; cabe mencionar que la institución encargada de las pruebas de medición es Cool Roof Rating Council (CRRC).

A continuación, se muestra el valor base y el calculado del proyecto mejorado en estudio:

**Tabla 20**

*Índice de reflectividad solar en propuesta de techo*

<b>Índice de reflectividad solar (%)</b>	
Línea base	Línea mejorada
45.00	106.00

### **Techo verde (EEM07)**

El techo verde es una medida de eficiencia energética ya que la capa de vegetación sobre el techo aporta al aislamiento de la superficie manteniendo el confort térmico en altas y bajas temperaturas del exterior (Yan, 2011). Según Getter et al. (2011) el ahorro en la energía debido al techo verde está condicionado por varios factores como las especies de plantas, composición y profundidad del sustrato, contenido de humedad, condiciones climáticas y sistema de riego. Pero, EDGE evalúa solo tres factores que determinan el impacto del techo verde sobre el

consumo de energía: profundidad media del sustrato, índice de área foliar (LAI, por sus siglas en inglés): valor adimensional definido como área total unilateral foliar por unidad de superficie de suelo y el porcentaje de techo verde en azotea.

Los techos verdes suelen dividirse en tres categorías: intensivos, semi – intensivos y extensivos, las propiedades de cada tipo se encuentran en la tabla 21.

**Tabla 21**

*Categorías y propiedades de los techos verdes*

	<b>Intensivo</b>	<b>Semi-intensivo</b>	<b>Extensivo</b>
<b>Profundidad</b>	20 cm < h < 200 cm	15 cm < h < 30 cm	h < 15 cm
<b>Especies</b>	Vegetación similar a las plantadas a nivel de terreno	Plantas y arbustos pequeños, césped.	Plantas suculentas, musgos
<b>Requerimiento de irrigación</b>	Alto	Medio	Mínimo
<b>Requerimiento de mantenimiento</b>	Alto	Medio	Mínimo
<b>Peso</b>	Elevado	Moderado	Liviano

*Nota.* Adaptado de EDGE User Guide (IFC y EDGE, 2021).

Como se indica en la tabla 21, los techos verdes van a influir en las cargas totales de la edificación, asimismo, al requerir riego se debe plantear un sistema de drenaje, el cual exigirá que el espesor de losa sea mayor y en consecuencia transmitirá más cargas a la estructura.

El caso base generado por EDGE no contempla techo verde, por lo que al seleccionar esta medida como una mejora se requiere ingresar datos como la altura del sustrato, índice de área foliar y porcentaje de techo verde.

El tipo de techo verde seleccionado para el edificio está conformado por especies suculentas de bajo consumo como las: Pennisetum sp., Kalanchoe blossfeldiana, Liriope spp.,

Rhoeo spathacea, Portulaca grandiflora, Carpobrotus edulis y Aptenia cordifolia, la altura de substrato es de 15 cm, el índice folicular de 5 y el porcentaje de techo verde se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ techo verde} = \frac{\text{Área verde en azotea}}{\text{Área total de azotea} - \text{Área ductos}}$$

$$\% \text{ techo verde} = \frac{42.60 \text{ m}^2}{207.90 \text{ m}^2 - 175.58 \text{ m}^2} = 24.30\%$$

**Tabla 22**

*Propuesta de techo verde*

<b>Techo verde</b>		
<b>Altura de substrato (mm)</b>	<b>Índice de área foliar</b>	<b>Porcentaje de techo verde sobre área de azotea (%)</b>
350.00	5.00	24.30

### **Eficiencia del vidrio (EEM09)**

La medida implica el uso de doble o triple vidriado, asimismo la eficiencia del vidrio en términos de energía para EDGE se basa en tres parámetros: Valor U - Transmitancia térmica ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ), Valor SHGC y el factor TV - Transmitancia luminosa. Mientras menor sea el valor U y SHGC el vidrio permitirá menor cantidad de transferencia de calor entre el exterior e interior del edificio. Cabe mencionar que la eficiencia del vidrio impacta en ahorros en consumo de energía por la necesidad de implementar métodos de ventilación o calefacción.

Al estar ubicado el proyecto en una zona muy transitada, en una avenida muy concurrida de Lima, se propone el empleo de doble acristalamiento para que funcione como aislante acústico, así como térmico. El vidrio propuesto es de doble acristalamiento con una configuración Cool Lite ST 120 8mm (#2) + aire 12 mm + incoloro 6mm. Los parámetros

requeridos por EDGE son extraídos de la ficha técnica del acristalamiento y son mostrados en la tabla 23.

**Tabla 23**

*Eficiencia del vidrio propuesto*

	Línea base	Línea mejorada
<b>Valor U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	5.73	2.62
<b>Valor SHGC</b>	0.68	0.22
<b>Factor TV</b>	0.70	0.19

### **Iluminación eficiente para áreas internas (EEM22)**

Esta medida contempla el uso de lámparas de alta eficiencia energética, es decir que proporcionen mayor iluminación con menos consumo de energía eléctrica. Las bombillas incandescentes son las que consumen mayor energía, más de 60 W, y están hechos de carbón o tungsteno; los fluorescentes, requieren a partir de 35 W de potencia y están constituidos por un vapor contaminante de mercurio; mientras que las lámparas LED reducen el consumo de energía eléctrica en un 60% respecto a los focos incandescentes y 40% respecto a lámparas los fluorescentes, y no están compuestos por materiales contaminantes o tóxicos (Jiménez y Segura, 2015).

EDGE considera el cumplimiento de esta medida solo para los ambientes internos donde se emplean lámparas de alta eficiencia y que por lo menos el 90% de las luminarias sean de este tipo.

La instalación de lámparas eficientes también influye directamente en la cantidad de calor que estas transmiten al ambiente, en consecuencia, a los requerimientos de enfriamiento. Según Jiménez y Segura (2015), existen una gran diferencia en la distribución de energía empleada

netamente para la iluminación y la transformada en calor (ver tabla 24), donde los focos LED se posicionan como la tecnología de iluminación que menos incide en confort térmico.

**Tabla 24**

*Porcentajes de energía en iluminación y transformadas en calor*

	<b>Porcentaje de energía en iluminación</b>	<b>Porcentaje de energía transformada en calor</b>
<b>Bombilla incandescente</b>	10%	90%
<b>Lámpara CFL</b>	48%	52%
<b>Lámpara LED</b>	85%	15%

*Nota.* Adaptado de “Tipo de bombillos”, por FENOGE, 2019.

La eficiencia de la iluminación del edificio puede ser ingresada en EDGE de dos maneras: potencia de iluminación ( $W/m^2$ ) o eficacia luminosa (lumens/W).

Los dispositivos de iluminación de alta eficiencia principalmente son las LED, también se incluyen algunos fluorescentes compactos (CFLs) y tubos fluorescentes (T5 y T8). La eficiencia de cada uno de ellos se encuentra en las fichas técnicas de los fabricantes.

El caso base generado por EDGE supone el uso de focos LED de por lo menos 65 lm/W y algunas bombillas incandescentes estándar. En la plataforma se puede ingresar la eficiencia como un solo valor general que considera que el 90% de las luminarias de todos los ambientes poseen una eficiencia mayor a la del caso base, o se puede utilizar la calculadora desarrollada por EDGE para ingresar valores mejorados diferenciando por tipos de ambiente.

Para el caso de estudio se propone la iluminación de alta eficiencia en los pasadizos, escaleras y áreas comunes introduciendo los valores mejorados. Sin embargo, para los ambientes internos de cada departamento se colocará la asunción de EDGE de la línea base, ya que el proyecto deja las salidas de iluminación, pero los dispositivos serán implementados por el usuario final.

Se plantea el empleo de downlights LED empotrable de la marca Philips de 24W, los cuales posee una intensidad luminosa de 2000 lúmenes y una eficacia de la luminaria LED de 83 lm/W.

Se muestra en la tabla 25 los valores de eficacia luminosa del proyecto en estudio.

**Tabla 25**

*Eficacia luminosa de propuesta en ambientes internos*

<b>Eficacia luminosa (lm / W)</b>	
<b>Línea base</b>	<b>Línea mejorada</b>
65.00	83.00

### **Iluminación eficiente para áreas exteriores (EEM23)**

Esta medida es similar a la descrita en el apartado: Iluminación eficiente para área internas. Pero, ahora se exige que el 90% de las luminarias de las áreas exteriores sean de alta eficiencia. Cabe mencionar que al emplear focos alta eficiencia como los LED, también se reducen los costos de mantenimiento ya que el tiempo de vida útil es mayor a otros tipos.

Esta medida energética es similar a la descrita anteriormente (EEM22), pero aplicada a áreas exteriores del edificio, como la azotea, pasillos y jardines.

La línea base de EDGE también asume que el 90% de las luminarias exteriores son LED de aproximadamente 65 lm/W y algunos focos incandescentes. La propuesta de focos de alta eficiencia es ingresada como un solo valor promedio a EDGE, en este caso se asume que toda la iluminación exterior está a cargo de la administración del edificio y es posible definir previamente el tipo de luminarias a instalar.

Se plantea el empleo de Apliques Exteriores LED para adosar de la marca Lightech de 30 watts, los cuales posee una intensidad luminosa de 2700 lúmenes y una eficacia de la luminaria LED de 90 lm/W.

A continuación, se muestran los valores de eficacia luminosa del proyecto en estudio.

**Tabla 26**

*Eficacia luminosa de propuesta en ambientes externos*

<b>Eficacia luminosa (lm / W)</b>	
<b>Línea base</b>	<b>Línea mejorada</b>
65.00	90.00

### **Controles de iluminación (EEM24)**

La instalación de controles de iluminación en los edificios brinda un gran ahorro en el consumo de energía, debido a que asegura que los ambientes permanezcan iluminados cuando realmente se requiera, ya sea porque la iluminación natural de día no es suficiente o hay personas en el área de influencia de la luminaria.

El tipo de control de iluminación seleccionado para el proyecto es el de sensores de presencia en los espacios compartidos como lo corredores, hall de ascensores, escaleras, áreas comunes y exteriores. En esta medida no se ingresan valores numéricos al software EDGE.

## **AGUA**

### **Cabezales de ducha que ahorran agua (WEM01)**

Esta medida de eficiencia busca una reducción del consumo de agua a través de tecnologías implementadas en los cabezales de duchas. El valor solicitado es el caudal real de los cabezales de ducha de los departamentos. Además, se lograrán ahorros si es que el valor

ingresado es menor que el de la línea base simulada. Una reducción en el consumo de agua en los cabezales de ducha a su vez genera una reducción en el consumo de energía que se necesita para calentar el agua y también se reduce la energía usada por las bombas para llevar al agua hacia cada departamento. El valor del caudal del cabezal de ducha de la línea base simulada es 12 L/min.

Existen muchos cabezales de duchas en el mercado con distintos caudales, además se sabe que estos dependen de la presión de salida. Por ello, EDGE solicita ingresar el valor del caudal de un cabezal a una presión de 3 bar (43.5 psi).

Existen varias tecnologías que permiten mantener la satisfacción del usuario mientras toman una ducha. Una de ellas es el proceso de mezclar agua con aire para generar turbulencias en el flujo y de esta manera dar una sensación de mayor presión con un caudal menor. El cabezal propuesto para la línea mejorada presenta una tecnología de compensación de flujo que garantiza una sensación de mayor presión mientras el caudal es menor.

A continuación, se muestra un cuadro de resumen de los caudales trabajados en la presente investigación:

**Tabla 27**

*Caudal de ducha propuesta*

<b>Caudal de cabezal de ducha (L/min)</b>	
<b>Línea base simulada</b>	<b>Línea mejorada</b>
12.00	6.00

### **Grifos eficientes que ahorran agua para todos los baños (WEM02)**

Esta medida de eficiencia busca reducir el consumo de agua sin afectar la funcionalidad y objetivo del grifo en los baños. El valor solicitado por el programa es el caudal del grifo de

los baños de los departamentos. EDGE brinda dos opciones de estrategias potenciales: aireadores y válvulas de cierre automático. El primero mezcla el agua con aire para generar turbulencia y lograr una sensación de presión. El segundo limita el tiempo de uso del grifo haciendo que estos se detengan automáticamente en pocos segundos. Estos ayudan a disminuir la demanda de agua y la energía necesaria para calentar el agua y bombear para su uso en los grifos. El valor del caudal del grifo de baño de la línea base es 6 L/min.

Existen diversos grifos para baños en el mercado con distintos caudales, además se sabe que estos dependen de la presión de salida. Por ello, EDGE solicita ingresar el valor del caudal del grifo de baño a una presión de 3 bar (43.5 psi).

Existen tecnologías que permiten mantener la satisfacción del usuario mientras usan el grifo del baño. Una de ellas es el uso de los aireadores: estos mezclan el agua con aire para generar turbulencias y lograr una sensación de mayor presión al real. La otra tecnología es el uso de los grifos de apagado automático: estos aparatos son programados para poder cerrarse después de pocos segundos de estar siendo usados. El grifo propuesto para la línea mejorada presenta un sistema de cierre kit mono comando con aireador especial tipo espuma, lo cual hace que el caudal de salida sea bajo.

A continuación, se muestra en la tabla 28 el resumen de los caudales trabajados en la presente investigación.

**Tabla 28**

*Caudal de grifo de baño propuesto*

<b>Caudal de grifos en los baños (L/min)</b>	
Línea base simulada	Línea mejorada
6.00	2.00

### **Inodoros eficientes que ahorran agua para todos los baños (WEM04)**

Esta medida de eficiencia busca reducir el uso de agua en las descargas de los inodoros sin afectar su funcionalidad. El valor solicitado por el programa es el volumen de agua usada por cada descarga de acuerdo al tipo de inodoro instalado en los departamentos. EDGE brinda tres tipos de inodoros a ser elegidos: descarga doble, descarga simple y válvula de descarga. Estos ayudan a disminuir la demanda de agua y también la energía necesaria para bombear el agua y lograr que llegue a los inodoros. El tipo de inodoro y volumen gastado por descarga de la línea base simulada son: descarga simple y 8 L/descarga.

En el mercado se encuentran inodoros con distintitos sistemas y volúmenes de descarga. EDGE brinda algunas estrategias potenciales para una reducción en los volúmenes de descargas. Se pueden usar inodoros con doble descarga siempre y cuando los controles de descarga sean correctamente etiquetados y que los usuarios sepan la manera de usarlos. Ya que un uso incorrecto de este tipo de inodoros no ayudaría a reducir el consumo de agua sino por el contrario, aumentar el consumo debido a descargas repetidas.

Por otro lado, se podrían usar inodoros con válvula de descarga o descarga simple de volúmenes bajos, estos también ayudan a reducir el consumo de agua y energía en el edificio. El inodoro propuesto para la línea mejorada presenta un sistema de descarga dual: para líquidos 4 litros y sólidos 4.8 litros, de esta manera se logra una reducción en el consumo de agua en el edificio.

A continuación, se muestra un cuadro de resumen de los volúmenes de descarga en la presente investigación.

**Tabla 29***Volumen de descarga en inodoro propuesto*

<b>Volumen de agua por descarga (L/descarga)</b>	
Línea base simulada	Línea mejorada
Descarga simple: 8.00	Descarga dual: 4.80 para sólidos y 4.00 para líquidos

**Grifos de cocina que ahorran agua (WEM08)**

Esta medida de eficiencia busca reducir el consumo de agua sin afectar la funcionalidad y objetivo del grifo en los fregaderos de las cocinas. El valor solicitado por el programa es el caudal del grifo de los fregaderos de las cocinas de los departamentos. EDGE brinda la opción de implementar grifos con aireadores ya que el agua es mezclada con aire para generar turbulencia y logra una sensación de presión en el lavado de los utensilios de cocina. Esta estrategia ayuda a disminuir la demanda de agua y la energía necesaria para calentar el agua y bombear para su uso en los grifos. El valor del caudal del grifo del fregadero de la cocina en la línea base es 10 L/min.

Existen diversos grifos para fregaderos de cocina en el mercado con distintos caudales, además se sabe que estos dependen de la presión de salida. Por ello, EDGE solicita ingresar el valor del caudal del grifo de cocina a una presión de 3 bar (43.5 psi). Este valor es obtenido de los gráficos caudal versus presión trazados por los fabricantes.

Existen tecnologías que permiten mantener la sensación de presión en el flujo del grifo de los fregaderos de cocina para lograr un buen lavado de los utensilios de cocina. Una de ellas es el uso de los aireadores: estos mezclan el agua con aire para generar turbulencias y lograr

una sensación de mayor presión que el real. El grifo de cocina propuesto para la línea mejorada presenta un sistema de cierre ahorrador kit cerámico mono comando con aireador tipo espuma.

A continuación, se muestra un cuadro de resumen de los caudales trabajados en la presente investigación.

**Tabla 30**

*Caudal de grifo de cocina propuesto*

<b>Caudal de grifos de cocina (L/min)</b>	
Línea base simulada	Línea mejorada
10.00	6.00

### **Sistema de riego de jardines que ahorra agua (WEM13)**

Esta medida de eficiencia aplica cuando el edificio cuenta con áreas verdes, los cuales deben ser eficientes en el consumo de agua para su riego. Al reducir la cantidad de agua para el riego, también se logra reducir el costo de fertilizantes y mantenimiento de los jardines. El valor solicitado por el programa es el consumo de agua en litros por metro cuadrado al día necesario para mantener en un estado adecuado a los jardines. EDGE brinda la opción de sembrar plantas con mayor capacidad de adaptación, autóctonas y de bajo consumo de agua con ayuda de expertos en el tema. El valor del consumo de agua para riego de jardines de la línea base es 6 L/m<sup>2</sup>/día.

Existen diversas especies que tienen la capacidad de adaptarse en zonas de baja precipitación, tal como se evidencia en la presente investigación. Por ello, se consideró las especies suculentas de bajo consumo hídrico, las cuales logran un consumo de 60 L/m<sup>2</sup>/mes.

A continuación, se muestra un cuadro de resumen de los valores para la medida de eficiencia.

**Tabla 31***Consumo hídrico para riego de jardines*

<b>Consumo hídrico para riego de jardines (L/m<sup>2</sup>/día)</b>	
Línea base simulada	Línea mejorada
6.00	2.00

**MATERIALES****Construcción del entrepiso (MEM02)**

Esta medida busca una reducción de la energía incorporada en el edificio especificando los tipos de losas de pisos empleados en el diseño del proyecto. Cabe resaltar que para edificios de varios pisos como es el caso de la presente investigación, se debe insertar la información para pisos intermedios y no para la planta baja ya que muchas veces el diseño de este se ve afectado por condiciones del suelo. Los valores solicitados por EDGE son el tipo de losa de acuerdo a los materiales usados en él, la proporción del área correspondiente a cada tipo de losa y sus espesores estructurales sin acabado. El tipo de losa usado en la línea base simulada es la losa de concreto convencional reforzada in situ con un espesor de 250 mm.

Existen diversos tipos de losas en la construcción de edificios. Estos presentan materiales variados y dependen del diseño estructural elegido para el edificio. EDGE brinda algunas estrategias potenciales de tipos de losas para lograr una reducción en la energía incorporada en los materiales que componen la losa.

En el caso de estudio de la presente investigación ya se elaboró una propuesta de diseño estructural del edificio, la cual es descrita en la memoria descriptiva estructural del proyecto. Para esta medida no se cambiará el diseño ni el tipo de losa ya que la estructura fue diseñada según parámetros de seguridad y otras condiciones de ingeniería. Esto para evitar cualquier

impacto potencial en la integridad de las consideraciones de diseño estructural. Sin embargo; se debe tener en cuenta que el diseñador estructural podría considerar otros tipos de losas y materiales con sus respectivos análisis e informes de ingeniería si es que estos son aprobados.

A continuación, se muestra un cuadro de resumen de acuerdo a lo trabajado en la presente investigación.

**Tabla 32**

*Detalle de losas intermedias del edificio*

<b>Construcción del entrepiso</b>	
Línea base simulada	Línea mejorada
<b>Material:</b> Losa de concreto convencional reforzada in situ.	<b>Material:</b> Losa de concreto convencional reforzada in situ.
Proporción: 100 %	Proporción: 100 %
Espesor: 250 mm	Espesor: 157 mm

El material, proporción y espesor de la losa de la línea mejorada tal como se detalló líneas arriba fueron obtenidos del diseño original del proyecto. Los datos fueron ingresados al software EDGE.

### **Acabado de piso (MEM03)**

Esta medida busca una reducción de la energía incorporada en el edificio especificando los tipos acabo de piso empleados en el diseño del proyecto. Los valores solicitados por EDGE son el tipo de acabado de piso de acuerdo a los materiales usados en él, la proporción del área correspondiente a cada tipo de acabo de piso y sus espesores. El tipo de acabado de piso usado en la línea base simulada es azulejo de cerámica con un espesor de 10 mm.

Existen diversos tipos de acabado de piso en la construcción de edificios. Estos presentan materiales variados y dependen del diseñador de acabados del proyecto. EDGE brinda algunas estrategias potenciales de tipos de acabados de piso para lograr una reducción en la energía incorporada en los materiales los componen.

También, se muestra un cuadro de resumen de acuerdo a lo trabajado en el tipo de acabado de piso de la presente investigación.

**Tabla 33**

*Detalle de acabado de piso en edificio*

<b>Acabado de piso</b>		
Línea base simulada		Línea mejorada
<b>Material:</b> Baldosas cerámicas	<b>Material:</b> Madera Laminada	<b>Material:</b> Piso terminado de concreto
Proporción: 100 %	Proporción: 57.13 %	Proporción: 42.87 %
Espesor: 10 mm	Espesor: 50 mm	Espesor: 50 mm

El material, proporción y espesor del acabado de piso de la línea mejorada tal como se detalló líneas arriba fueron obtenidos del diseño original del proyecto. Los datos fueron ingresados al software EDGE.

#### **Construcción de techo (MEM04)**

Esta medida busca una reducción de la energía incorporada en el edificio especificando los tipos de losas de techo empleados en el diseño del proyecto. Los valores solicitados por EDGE son el tipo de losa de techo de acuerdo a los materiales usados en él, la proporción del área correspondiente a cada tipo de losa de techo y sus espesores estructurales sin acabado; no

se consideran estructuras elevadas sobre el techo con aire libre en el medio. El tipo de losa de techo usado en la línea base simulada es la losa de concreto convencional reforzada in situ con un espesor de 250 mm.

Existen diversos tipos de losas de techo en la construcción de edificios. Estos presentan materiales variados y dependen del diseño estructural elegido para el edificio. EDGE brinda algunas estrategias potenciales de tipos de losas de techo para lograr una reducción en la energía incorporada en los materiales que componen la losa.

Al igual que los entrepisos, ya se elaboró una propuesta de diseño estructural del edificio, la cual es descrita en la memoria descriptiva estructural del proyecto. En esta medida no se cambiará el diseño ni el tipo de losa de techo. En la tabla 34 se muestra un cuadro de resumen de acuerdo a lo trabajado en la presente investigación.

**Tabla 34**

*Detalle de techo de edificio*

<b>Construcción de techo</b>	
Línea base simulada	Línea mejorada
<b>Material:</b> Losa de concreto convencional reforzada in situ.	<b>Material:</b> Losa de concreto convencional reforzada in situ.
Proporción: 100 %	Proporción: 100 %
<b>Espesor:</b> 250.00 mm	<b>Espesor:</b> 184.80 mm

### **Paredes externas (MEM05)**

Esta medida busca una reducción de la energía incorporada en el edificio especificando los tipos de paredes exteriores en el diseño del proyecto. Los valores solicitados por EDGE son el tipo de pared exterior de acuerdo a los materiales usados en él, la proporción del área

correspondiente a cada tipo de pared exterior y sus espesores. El tipo de pared exterior usado en la línea base simulada es de pared de ladrillo sólido (0-25 % huecos) con enlucido externo e interno, la pared presenta un espesor de 200 mm.

Existen diversos tipos de paredes exteriores en la construcción de edificios. Estos presentan materiales variados y dependen del diseño estructural elegido para el edificio. EDGE brinda algunas estrategias potenciales de tipos de paredes exteriores.

Las paredes externas ya cuentan con un diseño estructural en el caso de estudio, la cual es descrita en la memoria descriptiva estructural del proyecto. Para esta medida no se cambiará el diseño ni el tipo de pared externa ya que cumplen con parámetros de seguridad y otras condiciones de ingeniería; los cuales incluyen un diseño con muros de corte de concreto armado y albañilería confinada y armada. En la tabla 35 se muestra un cuadro de resumen de acuerdo a lo trabajado en la presente investigación.

**Tabla 35**

*Detalle de paredes externas en edificio*

<b>Paredes externas</b>		
Línea base simulada		Línea mejorada
<b>Material:</b> Pared de ladrillo sólido (0-25% de huecos) con enlucido exterior e interior.	<b>Material:</b> Pared de concreto reforzado Proporción: 49.68 % Espesor: 340 mm	<b>Material:</b> Pared de ladrillo hueco (25-40 % de huecos) con enlucido exterior e interior. Proporción: 50.32 % Espesor: 140 mm
Proporción: 100 % Espesor: 200 mm		

## Paredes internas (MEM06)

Esta medida busca una reducción de la energía incorporada en el edificio especificando los tipos de paredes interiores en el diseño del proyecto. Los valores solicitados por EDGE son el tipo de pared interior de acuerdo a los materiales usados en él, la proporción del área correspondiente a cada tipo de pared interior y sus espesores. El tipo de pared interior usado en la línea base simulada es de pared de ladrillo sólido (0-25 % huecos) con enlucido externo e interno, la pared presenta un espesor de 100 mm.

Existen diversos tipos de paredes interiores en la construcción de edificios. Estos presentan materiales variados y dependen del diseño estructural elegido para el edificio. EDGE brinda algunas estrategias potenciales de tipos de paredes interiores para lograr una reducción en la energía incorporada en los materiales que componen la pared.

Las paredes internas también cuentan con un diseño estructural en el caso de estudio propuesto, estos son descritos en la memoria descriptiva estructural del proyecto. No se cambiará el diseño ni el tipo de pared interna; los cuales incluyen un diseño con muros de corte de concreto armado y albañilería confinada y armada.

A continuación, se muestra un cuadro de resumen de acuerdo a lo trabajado en la presente investigación:

**Tabla 36**

*Detalle de paredes internas en edificio*

<b>Paredes internas</b>		
Línea base simulada	Línea mejorada	
<b>Material:</b> Pared de ladrillo sólido (0-25 % de huecos)	<b>Material:</b> Pared de concreto reforzado	<b>Material:</b> Pared de ladrillo hueco (25-40 % de huecos)

con enlucido exterior e interior.	Proporción: 20.21 % Espesor: 380 mm	con enlucido exterior e interior.
Proporción: 100 %		Proporción: 79.79 %
Espesor: 100 mm		Espesor: 120 mm

### Marcos de ventana (MEM07)

Esta medida busca una reducción de la energía incorporada en el edificio especificando los tipos de marcos de ventanas y puertas de vidrio exteriores en el diseño del proyecto. Los valores solicitados por EDGE son el tipo de marco de ventana de acuerdo a los materiales usados en él y la proporción del área correspondiente. El tipo de marco de ventana usado en la línea base simulada es marco de aluminio con un 100% de proporción.

Existen diversas opciones de marcos de ventana de edificios. Estos presentan materiales variados y dependen del diseñador de acabados del proyecto. EDGE brinda algunas estrategias potenciales en opciones de marcos de ventana para lograr una reducción en la energía incorporada en los materiales los componen.

También, se muestra un cuadro de resumen de acuerdo a lo trabajado en el tipo de marco de ventana usado en la presente investigación:

**Tabla 37**

*Propuesta de marco de ventanas en edificio*

<b>Marcos de ventanas</b>	
Línea base simulada	Línea mejorada
<b>Material:</b> Aluminio	<b>Material:</b> Aluminio
Proporción: 100 %	Proporción: 100 %

### Acristalamiento de ventanas (MEM08)

Esta medida busca una reducción de la energía incorporada en el edificio especificando los tipos de acristalamiento de ventanas y puertas de vidrio exteriores en el diseño del proyecto. Los valores solicitados por EDGE son el tipo de acristalamiento de ventana de acuerdo a la cantidad de paneles de vidrio, la proporción del área correspondiente a cada tipo de acristalamiento y el grosor del vidrio. El tipo de acristalamiento de ventana usado en la línea base simulada es acristalamiento simple con 8mm de espesor con una proporción del 100%.

Existen diversas opciones de acristalamiento de ventanas de edificios. Estos presentan composiciones simples o múltiples de paneles de vidrio que dependen del diseñador de acabados del proyecto y su concepción. EDGE brinda algunas estrategias potenciales en opciones de acristalamiento de ventana para lograr una reducción en la energía incorporada en los materiales que los componen y vincular con un menor consumo de energía en el edificio.

También, se muestra un cuadro de resumen de acuerdo a lo trabajado en el tipo de acristalamiento de ventana usado en la presente investigación:

**Tabla 38**

*Propuesta de acristalamiento en edificio*

<b>Acristalamiento de ventana</b>	
Línea base simulada	Línea mejorada
<b>Material:</b> Acristalamiento simple	<b>Material:</b> Acristalamiento doble
Proporción: 100 %	Proporción: 100 %
Espesor: 8 mm	Espesor: 14 mm

## CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIONES

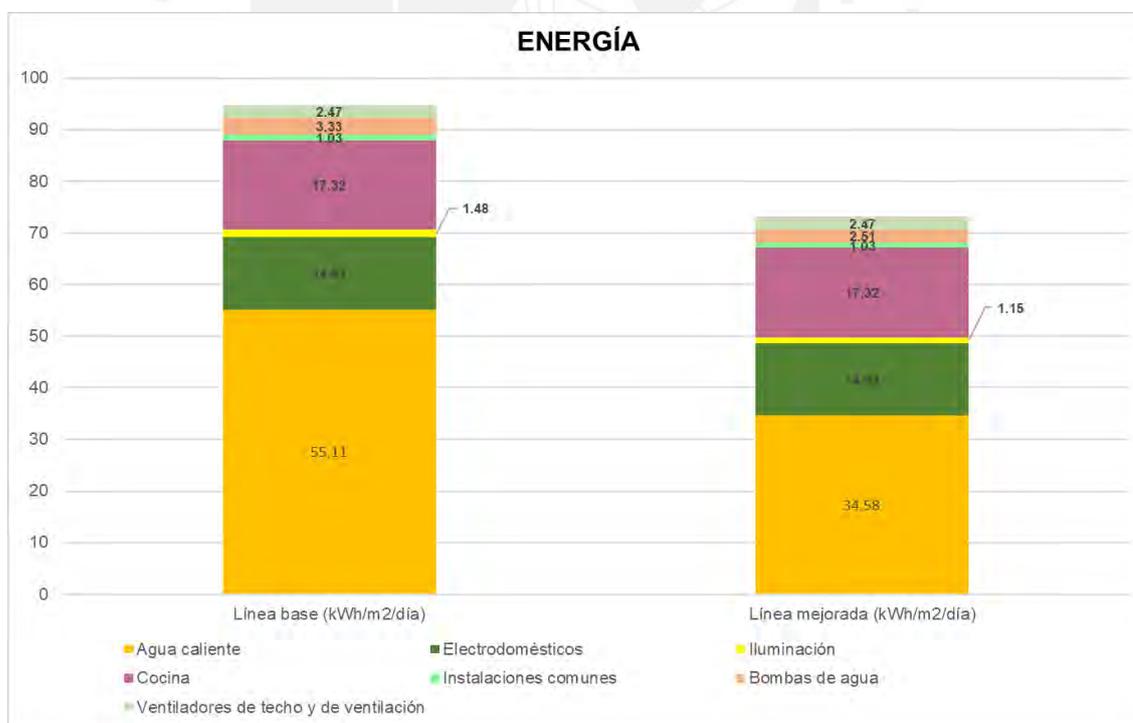
### 4.1 Resultados

#### ENERGÍA

Esta categoría presentó una reducción en el consumo de energía a través de la selección de las medidas de eficiencia antes descritas de EDGE como el techo reflectante, techo verde, eficiencia de vidrio, iluminación eficiente y controles de iluminación, así como también la influencia del cálculo de la relación ventana pared según el diseño arquitectónico. La figura 8 generada por EDGE muestra la línea base y la línea mejorada tras la aplicación de las medidas de eficiencia propuestas para energía.

**Figura 8**

*Línea base y mejorada de la categoría energía*



*Nota.* Elaboración propia con datos de EDGE (2023)

Ambas líneas modeladas se dividen en los siguientes ítems: cocina, bombas de agua, agua caliente, ventiladores de techo y ventilación, instalaciones comunes, electrodomésticos e iluminación. Cuyas variaciones y porcentajes de reducción en energía se detallan en la tabla 39.

**Tabla 39**

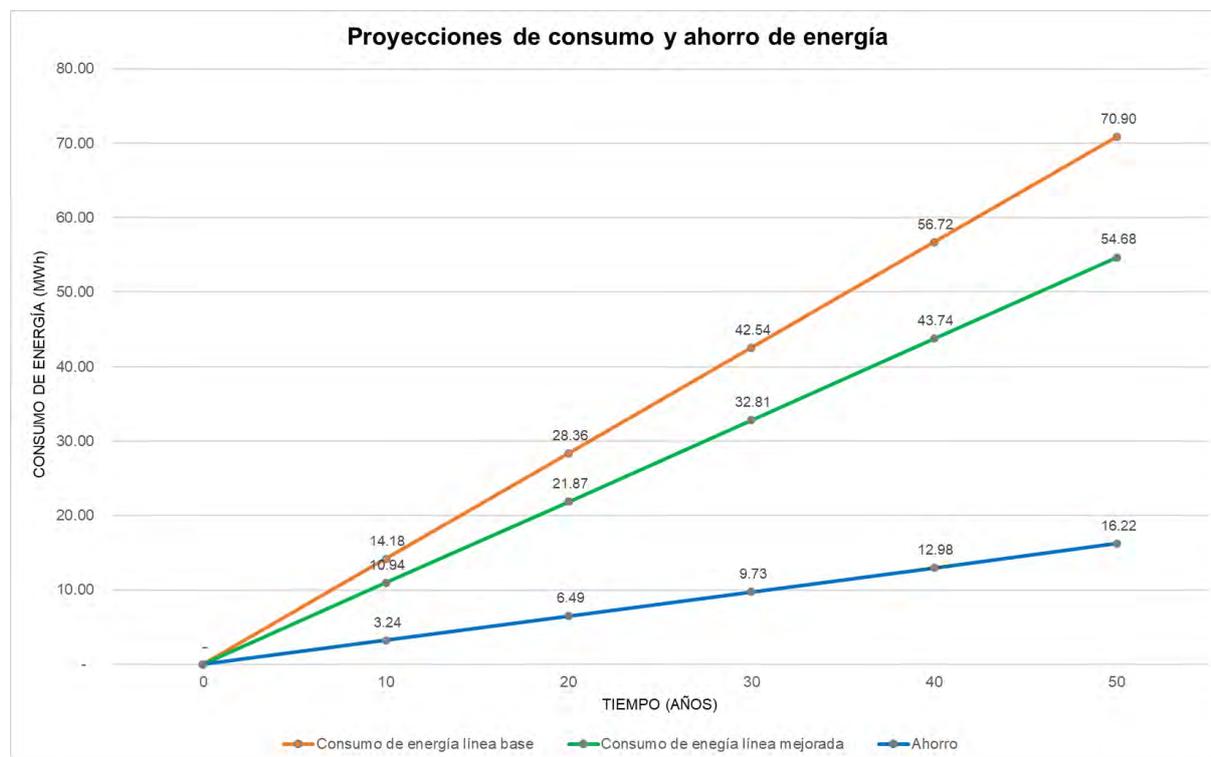
*Análisis de brechas por subcategorías de energía*

ENERGÍA					
Item	Color	Línea base (kWh/m <sup>2</sup> /día)	Línea mejorada (kWh/m <sup>2</sup> /día)	Ahorro (kWh/m <sup>2</sup> /día)	Ahorro (%)
Ventiladores de techo y de ventilación		2.47	2.47	-	-
Bombas de agua		3.33	2.51	0.82	25%
Instalaciones comunes		1.03	1.03	-	-
Cocina		17.32	17.32	-	-
Iluminación		1.48	1.15	0.33	22%
Electrodomésticos		14.03	14.03	-	-
Agua caliente		55.11	34.58	20.53	37%
<b>TOTAL</b>		<b>94.77</b>	<b>73.09</b>	<b>21.68</b>	<b>22.87%</b>

De acuerdo con lo mostrado existen ahorros en las categorías de iluminación, agua caliente y bombas de agua. Mientras que en las características restantes no se aprecia variación alguna.

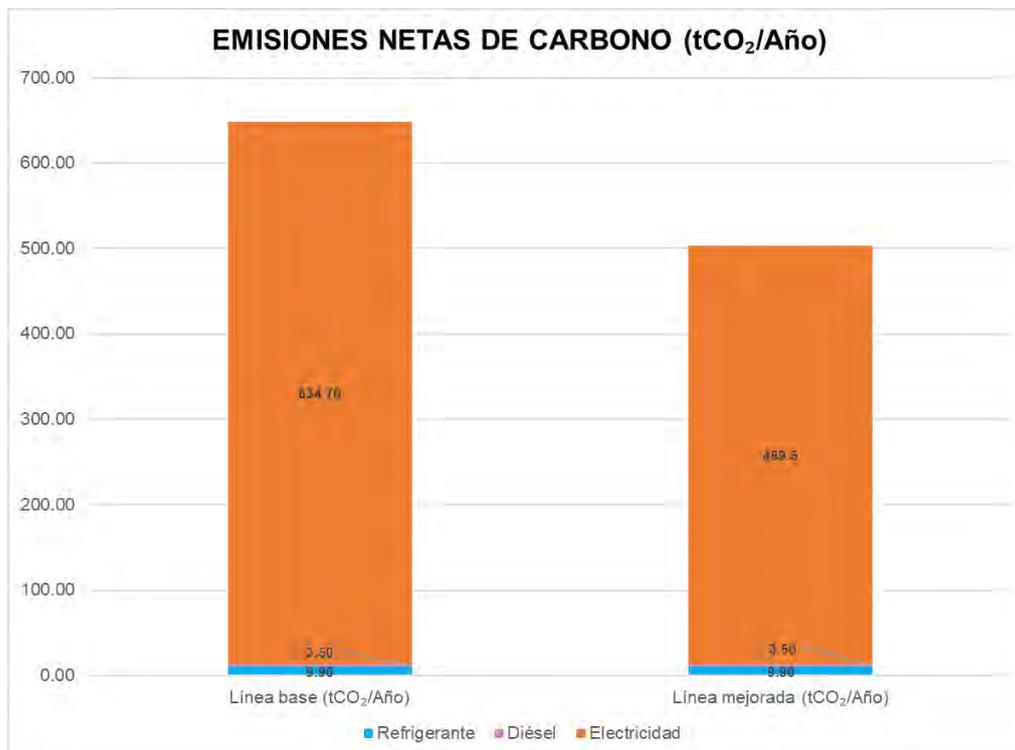
El ahorro total de energía es de 21.68 kWh/m<sup>2</sup>/año. Este valor expresado netamente en unidades de energía teniendo en cuenta el área interna bruta del proyecto 14,962.70 m<sup>2</sup>, resulta 324.40 MWh/año. El porcentaje total de reducción del uso de energía del edificio tras la implementación de las medidas de eficiencia es de 22.87 %, lo cual cumple con superar el 20% solicitado por EDGE.

En la Figura 9 se muestra una gráfica del consumo y ahorro de energía acumuladas en el tiempo hasta los 50 años, lo cual representa el tiempo de vida útil estimado para una edificación común en Perú.

**Figura 9***Consumo acumulado de energía total*

*Nota.* Consumo de energía de línea base, mejorada y el ahorro a lo largo del tiempo en MWh. Elaboración propia con datos de EDGE (2023).

El consumo de energía en el edificio se traduce en emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente a través de un factor de emisión que depende del tipo de fuente de generación de energía. En la figura 10 se ha desglosado las emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub> por tipo de fuente que EDGE ha definido para el edificio en su línea base y mejorada.

**Figura 10***Emisiones netas de carbono (tCO<sub>2</sub>/Año)*

*Nota.* Emisiones de carbono por categorías de generación de energía del edificio.

Elaboración propia con datos de EDGE (2023)

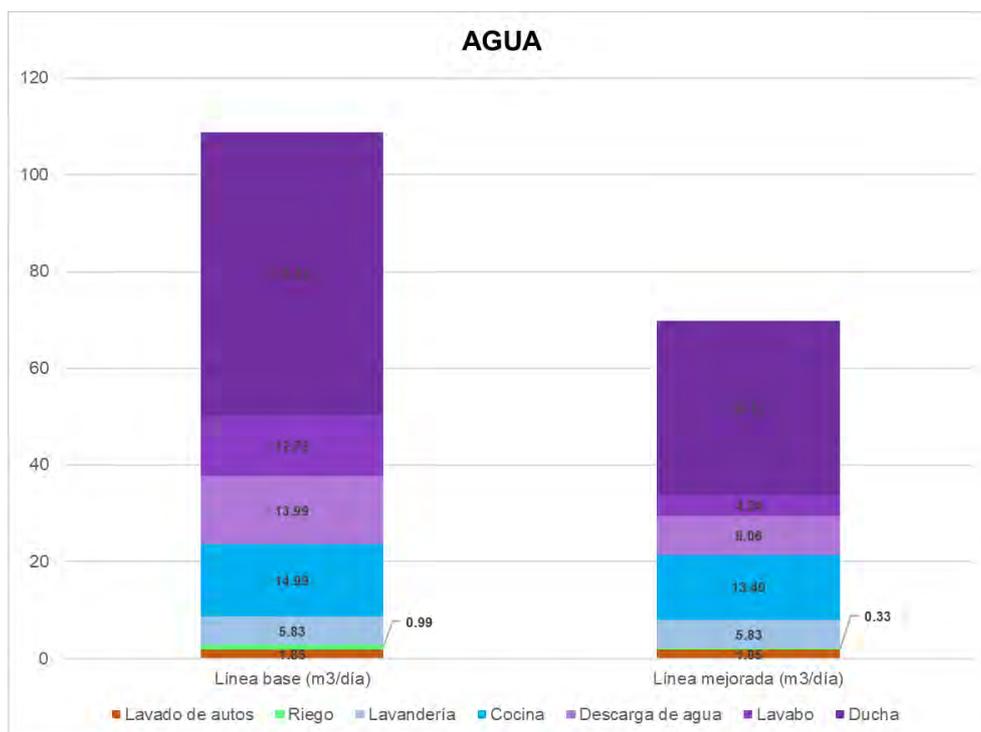
La cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas es de 145.96 toneladas de CO<sub>2</sub> por año de funcionamiento del edificio. Este valor es hallado considerando el factor de emisión de energía eléctrica del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) el cual tiene el valor de 0.4521 t CO<sub>2</sub>/MWh (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021)

## AGUA

Esta categoría presentó una reducción en el consumo de agua a través de la selección las medidas de eficiencia antes descritas de EDGE tales como duchas ahorradoras, grifos de baños y cocina eficientes, inodores eficientes y un sistema de riego de jardines que ahorra agua. La figura 11 generada por EDGE muestra la línea base y la línea mejorada tras la aplicación de las medidas de eficiencia propuestas para la categoría de agua.

**Figura 11**

*Línea base y mejorada de la categoría agua*



*Nota.* Elaboración propia con datos de EDGE (2023)

Ambas líneas modeladas se dividen en los siguientes ítems: lavado de autos, riego, lavandería, cocina, descarga de agua, lavabo y ducha. También son detalladas las variaciones y porcentajes de reducción. Cuyas variaciones y porcentajes de reducción en energía se detallan en la tabla 40.

**Tabla 40**

*Análisis de brechas por subcategorías de agua*

AGUA					
Item	Color	Línea base (m3/día)	Línea mejorada (m3/día)	Ahorro (m3/día)	Ahorro (%)
Ducha		58.43	36.17	22.26	38%
Lavabo		12.72	4.24	8.48	67%
Descarga de agua		13.99	8.06	5.93	42%
Cocina		14.99	13.40	1.59	11%
Lavandería		5.83	5.83	-	-
Riego		0.99	0.33	0.66	67%
Lavado de autos		1.85	1.85	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>108.80</b>	<b>69.88</b>	<b>38.92</b>	<b>35.78%</b>

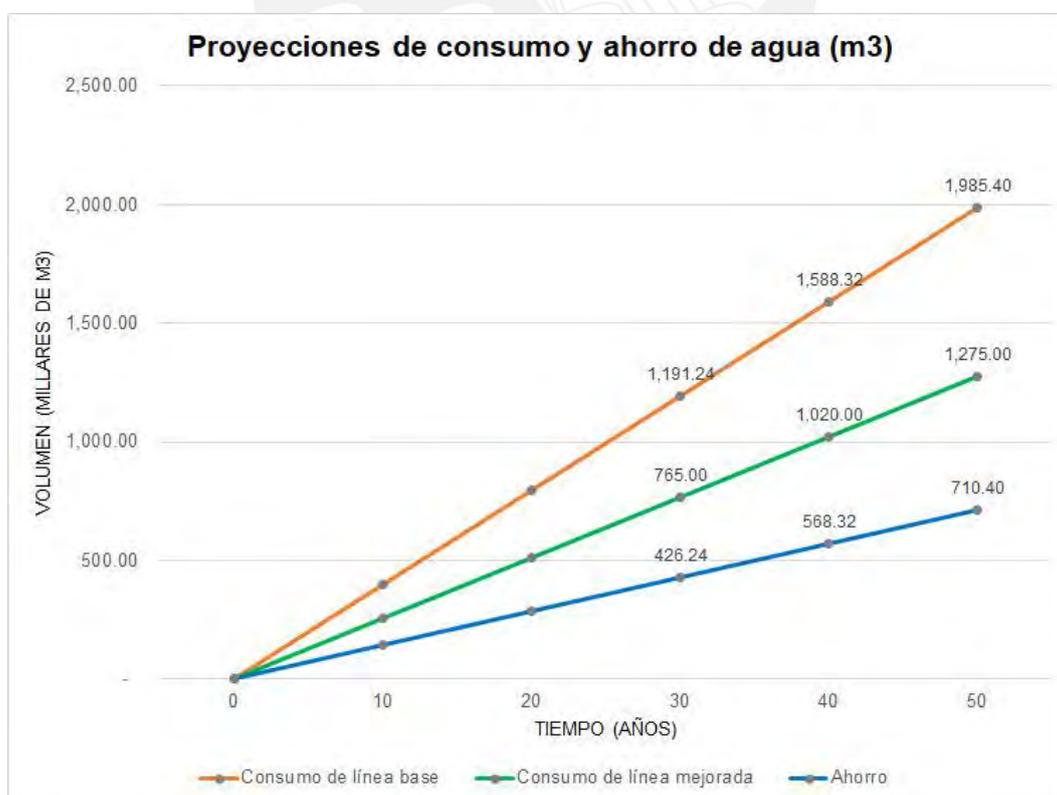
Como se puede apreciar, EDGE arroja valores de consumo en la línea de base y mejorada. Sin embargo; no todas las subcategorías evidencian reducción en el consumo, tal es el caso de lavandería y lavado de autos.

El porcentaje total de reducción de agua en el edificio tras la implementación de las medidas de eficiencia es de 35.78 %, lo cual cumple con superar el 20% solicitado por EDGE.

En la figura 12 se muestra el volumen de agua que el edificio consume en la línea base y la línea mejorada, así también muestra el ahorro de agua en la edificación con la proyección a 50 años. Se observa que la línea de consumo de la línea mejorada es menor que el consumo de agua de la línea base. Además, se evidencia un incremento de ahorro de agua conforme pasa el tiempo.

**Figura 12**

*Proyecciones de volúmenes de agua*



Nota. Elaboración propia con datos de EDGE (2023)

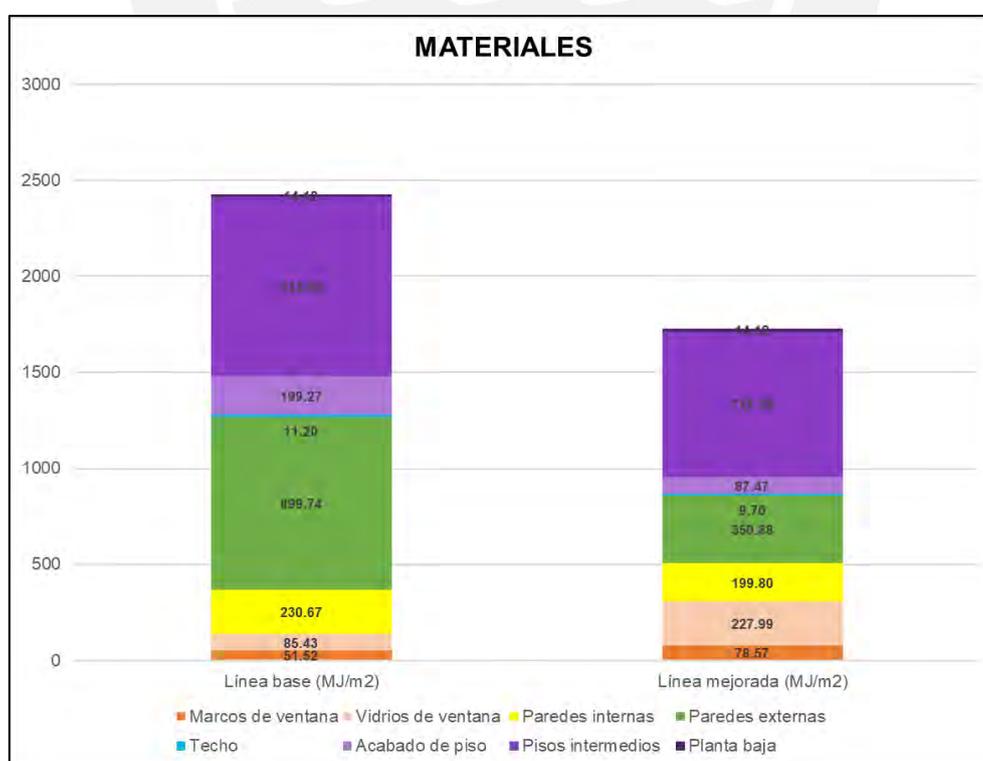
## MATERIALES

Esta categoría presentó una reducción en el uso de energía embebida en materiales mediante el uso de losas convencionales y techo de concreto armado, acabados de piso de madera laminada y concreto pulido, muros de concreto armado y ladrillo alveolar, marcos de ventana de aluminio y doble vidrioado en ventanas, tal como lo explicado en el capítulo de Metodología. La figura 13 generada por EDGE muestra la línea base y la línea mejorada tras la aplicación de las medidas de eficiencia para la categoría materiales.

La gráfica evidencia una reducción en el uso de energía incorporada en los materiales, esta fue clasificada por subcategorías: marcos de ventana, vidrios de ventana, paredes internas, paredes externas, techo, acabado de piso, pisos intermedios y planta baja. También son detallados las variaciones y porcentajes de reducción serán detalladas más adelante.

**Figura 13**

*Línea base y mejorada de la categoría energía incorporada*



*Nota.* Elaboración propia con datos de EDGE (2023)

**Tabla 41***Análisis de brechas por subcategorías de materiales*

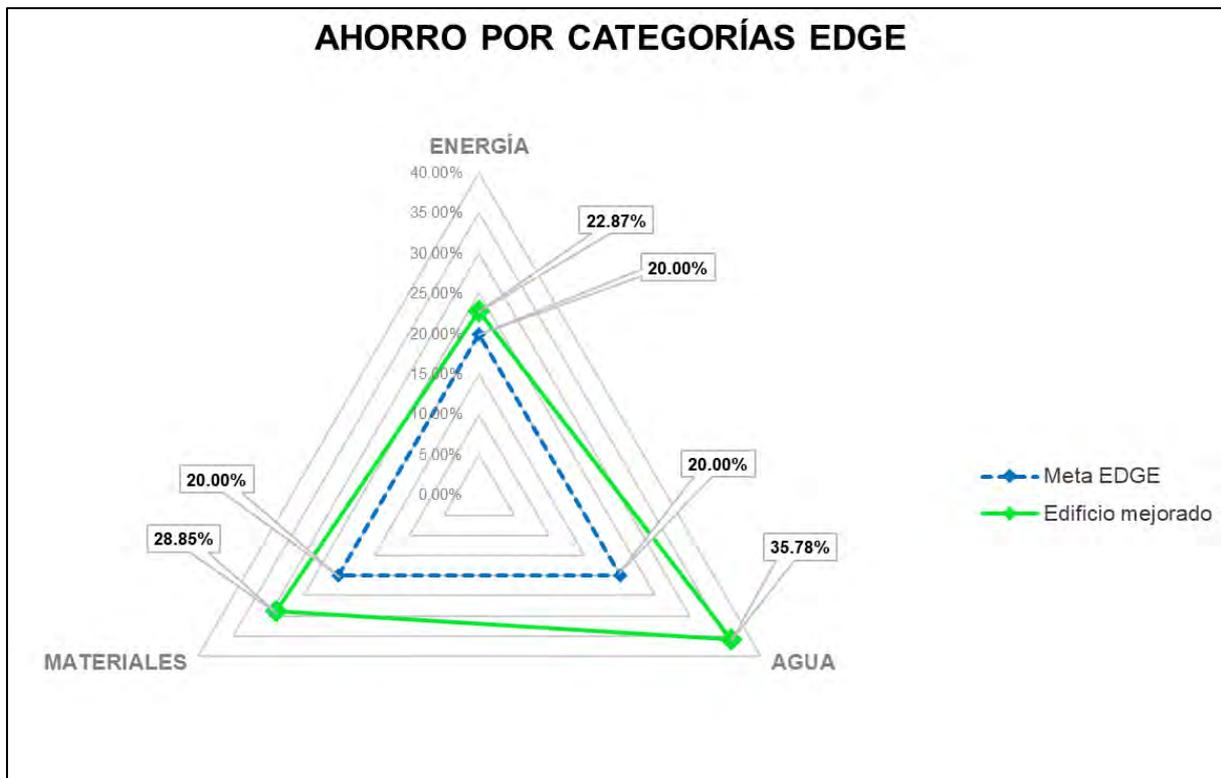
MATERIALES					
Item	Color	Línea base (MJ/m <sup>2</sup> )	Línea mejorada (MJ/m <sup>2</sup> )	Ahorro (MJ/m <sup>2</sup> )	Ahorro (%)
Planta baja		14.12	14.12	-	-
Pisos intermedios		933.90	757.39	176.51	19%
Acabado de piso		199.27	87.47	111.80	56%
Techo		11.20	9.70	1.50	13%
Paredes externas		899.74	350.88	548.86	61%
Paredes internas		230.67	199.80	30.87	13%
Vidrios de ventana		85.43	227.99	-	-
Marcos de ventana		51.52	78.57	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>2425.85</b>	<b>1725.92</b>	<b>699.93</b>	<b>28.85%</b>

La tabla 41 evidencia reducciones en la energía embebida en materiales en ciertas subcategorías, así como subcategorías que se mantiene o incrementan su consumo: planta baja, vidrios de ventana y marcos de ventana.

El porcentaje total de reducción del uso de energía incorporada en los materiales del edificio tras la implementación de las medidas de eficiencia es de 28.85%, lo cual cumple con superar el 20% solicitado por EDGE.

### AHORRO TOTAL

En la figura 14, el ahorro porcentual para lograr el estándar EDGE es representado con la línea entrecortada azul mientras que el ahorro porcentual logrado en el edificio multifamiliar mejorado es trazado de color verde. El porcentaje de reducción en las categorías energía, agua y materiales son mayores a 20 %. De esta manera se logra que el edificio mejorado cumpla con el estándar EDGE.

**Figura 14***Ahorro por categorías EDGE*

*Nota.* Porcentaje meta y real en energía, agua y materiales en el edificio mejorado

Elaboración propia con datos de EDGE (2023)

## **BENEFICIOS ECONÓMICOS**

La implementación de mejoras en el edificio implica mayores costos de inversión, así como un ahorro de costos en los servicios, además con ayuda de estos conceptos se puede calcular el tiempo en el que el monto incremental puede ser recuperado. EDGE calcula dichos costos y el tiempo de retorno, los cuales son plasmado en la tabla 42.

**Tabla 42***Retorno de costo en el edificio mejorado*

<b>Retorno de costo en el edificio mejorado</b>		
Costo incremental (S/.)	Ahorro en el costo de los servicios públicos (S/. / año)	Retorno (años)
219,230.76	216,254.04	1.1

## 4.2 Discusiones

### 4.2.1 Desempeño ambiental

#### 4.2.1.1 Reducciones logradas por categoría según EDGE

De acuerdo con los resultados mostrados en la tabla 39 respecto a las reducciones en energía existen ahorros por subcategorías: iluminación, agua caliente y bombas de agua, los cuales son a consecuencia de las medidas de eficiencia aplicadas. La subcategoría de iluminación presenta un ahorro de 0.33 kWh/m<sup>2</sup>/año, el que proviene de la implementación de lámparas LED en áreas externas e internas, y también sensores de movimiento como control de iluminación. El ahorro generado a nivel de la subcategoría agua caliente asciende a 20.53 kWh/m<sup>2</sup>/año, representando el mayor ahorro dentro de la categoría energía seguido de la subcategoría de bombas de agua con 0.82 kWh/m<sup>2</sup>/año. Frente a los últimos dos ahorros mencionados, es importante notar que las medidas de eficiencia aplicadas en agua y los ahorros que conllevan ha influido en los ahorros de energía, puesto que el edificio es modelado por EDGE como un sistema integrado.

La medida de relación/ventana pared, de carácter obligatorio, calculada como 45.75% fue ingresada en el software a pesar de ser mayor al caso base (30%), lo que no aportaría al

ahorro energético, ya que al ser mayor implica que el edificio gane más calor y requiera aire acondicionado u otro método de ventilación. Sin embargo, este valor no ha influenciado significativamente en el modelado de EDGE para el ahorro en consumo de energía, y tampoco se ha generado “energía virtual”, que es la estimada por el software para lograr el confort térmico en el edificio. Esto guarda relación ya que Lima no cuenta con temperaturas extremas, y el clima varía siendo desértico a fresco y húmedo durante periodos del año. Además, con la medida de eficiencia del vidrio aplicada se logra balancear entre ambas medidas la absorción de calor y luz natural. Sin embargo, ambas medidas sí influyen en el cálculo de energía embebida en materiales disminuyendo el ahorro en dicha categoría.

La implementación de las medidas de pintura reflectante en los techos y techo verde proporcionan confort térmico, especialmente al nivel inmediatamente inferior a la superficie intervenida, además influyen en el entorno urbano al reducir el efecto de isla de calor (ICU). La pintura reflectante en el techo, en este caso pintura blanca, posee un albedo cercano a la unidad lo que significa que refleja en mayor medida los rayos solares, mientras que los techos verdes contribuyen a la reducción del calor a través de la pérdida de calor latente mediante la evapotranspiración (Gaffin, Rosenzweig, Eichenbaum-Pikser, Khanbilvardi & Susca, 2010). Sin embargo, no representan medidas incidentes en la modelación resultante del software, esto se debe a que estas medidas impactarán en la reducción de consumo energético dependiendo de la tipología del edificio. Es decir, al ser un edificio de 40 niveles esta reducción no es representativa a comparación si se tratase de un proyecto de un solo nivel. Por otro lado, los techos verdes aparte de aportar al ecosistema también tienen beneficios como alargar la vida útil de los techos, mejorar la calidad del aire, impacto positivo en la salud, mejora estética, además de la posibilidad de obtener incentivos de parte de los gobiernos locales que buscan el desarrollo de construcciones eco amigables (Vidal, 2020).

Las medidas aplicadas en la sección de energía fueron seleccionadas teniendo en cuenta el confort de los usuarios finales y la búsqueda de elementos disponibles en el mercado verde de Lima.

Para la selección de medidas de eficiencia en la categoría agua se consideraron aparatos sanitarios ahorradores que bajan el caudal en los puntos de salida de agua, los cuales son fáciles de encontrar en el mercado nacional. Así también, se consideró un sistema de riego bajo en consumo hídrico con la elección de especies vegetales suculentas. Las medidas de eficiencia no seleccionadas fueron a causa de que no son medidas incidentes ni de prioridad en el diseño del edificio; sin embargo, estas pueden ser instaladas opcionalmente de acuerdo a la decisión de cada usuario, como la implementación de bidés, lavavajillas, válvulas de pre enjuague y lavadoras ahorradoras. Las opciones más avanzadas de ahorro de agua como sistemas de recolección de agua de lluvia, tratamiento de aguas y recuperación por condensación no fueron seleccionadas. El primero, a causa de que el edificio se encuentra ubicado en Lima, ciudad que es caracterizada por las pocas precipitaciones; y la no selección de un sistema de tratamiento de agua se debe a que necesario realizar un estudio más avanzado de costo beneficio así como evaluar el consumo energético de este, ya que al implementar este sistema, el consumo de energía aumenta.

Las edificaciones que obtuvieron la certificación EDGE en Lima, las cuales fueron expuestas previamente, mantienen un denominador común en la selección de medidas de eficiencia de agua: aparatos sanitarios ahorradores. Esto a razón de que existe una relación directa entre ahorro de agua a nivel global de proyecto y ahorro en cada punto de salida de agua, pues la suma de caudales bajos de cada aparato genera grandes reducciones en el edificio. Además, estas son opciones fáciles de encontrar el mercado peruano. Los resultados de Edge en la categoría agua fueron los esperados.

Para la categoría materiales, en vista que para la presente investigación se obtuvo información de un proyecto en etapa de diseño, se optó por mantener las características de los diseños a nivel de estructuras y acabados. Es decir, las medidas de eficiencia propuestas para la línea mejorada son las indicadas en los planos y memoria descriptiva y de cálculo.

Se realizaron metrados y cuadros de cálculo para cada medida de eficiencia de la categoría energía embebida en materiales. Para vidrios y marco de ventana se optó por soluciones que actualmente se brinda en edificios multifamiliares, doble vidriado con marcos de aluminio, los cuales ayudan a mantener el confort disminuyendo la intensidad del sonido y aislando el calor exterior del interior.

#### **4.2.1.2 Beneficios de la certificación EDGE**

El caso de estudio al alcanzar un mejor desempeño ambiental con las propuestas de medidas de eficiencia aplicadas en el diseño lograría obtener la certificación EDGE. Lo cual significa un valor agregado al producto tanto para el desarrollador inmobiliario como para los usuarios finales del edificio. Por una parte, para el desarrollador o inversionista la certificación de sostenibilidad conlleva a un “marketing verde” convirtiendo las viviendas en más atractivas para la población consciente de temas medioambientales. Además, de acuerdo con los resultados obtenidos por Camino et. al. (2019) en una investigación sobre certificaciones ambientales en edificios multifamiliares en Lima, la rentabilidad de un proyecto de vivienda multifamiliar con certificación EDGE es mayor que al proyecto base (sin medidas sostenibles) e incluso que al contar con certificación LEED. Ya que la implementación de EDGE es menos costosa frente a los requerimientos y gastos administrativos de la certificación LEED.

También, existen otros beneficios proporcionados por los gobiernos locales con la iniciativa de promover la construcción de edificios sostenibles; por ejemplo, el bono de altura o la reducción de espacio de estacionamientos, estos dependen del distrito donde se ubica el

proyecto y las ordenanzas vigentes. El distrito donde se encuentra el caso de estudio, San Isidro, incluyó la ordenanza N°523 – MSI que aprueba el Reglamento Integrado Normativo (RIN) que contiene la Norma SI-04: “Norma para la mejora de la calidad urbana y edificatoria” regulaciones que permiten reducir el área mínima de las viviendas y la cantidad de estacionamientos requeridos para edificaciones que cumplan con lo dispuesto en la normativa y estén acreditados a través de certificaciones de sostenibilidad internacionales, entre ellas EDGE.

Por otro lado, resulta atractivo para la población que busca adquirir viviendas nuevas que cuenten con parámetros de sostenibilidad lo cual garantiza poseer un bien con calidad y confort. Además, de brindar beneficios económicos ya que los consumos regulares de energía y agua son reducidos representando un ahorro en el costo de servicios. Además, según los resultados obtenidos mediante el software EDGE, significa que aproximadamente en un año y medio el costo de inversión extra por la implementación de las medidas de eficiencia en el edificio se recuperaría a través de los ahorros por consumo de servicios públicos.

#### **4.2.2 Metodología EDGE y sus limitaciones en la investigación**

EDGE brinda opciones de certificación a edificios ya existentes y también en etapa de diseño con soluciones técnicas distribuidas en medidas de eficiencia en tres categorías desarrolladas. En el caso de estudio de la presente investigación se evidencia que los ahorros obtenidos en la categoría energía están vinculados principalmente con los ahorros alcanzados en agua, y en menor proporción con las propias medidas de energía (iluminación eficiente y sus controles). Cabe mencionar que EDGE realiza cálculos térmicos con la implementación de medidas de eficiencia más avanzadas en energía, como la utilización de energía renovable y utilización de electrodomésticos eficientes, las cuales no fueron seleccionadas debido al alcance del proyecto. En caso exista un acuerdo vinculante con los usuarios finales para el uso

de refrigeradoras y lavadoras de ropa eficientes, el ahorro de energía podría incrementarse hasta un 4%.

Se denota que, con la implementación de las cinco medidas seleccionadas relacionadas con aparatos sanitarios eficientes, el proyecto en estudio podría lograr el objetivo de reducción del 20% en la categoría de agua y energía.

A diferencia de EDGE, actualmente se brindan opciones de certificaciones en las cuales se evalúan más criterios como calidad de ambiente interior, innovación, transporte y generación de residuos. Si bien es cierto que la metodología EDGE aporta en la toma de decisiones y es de fácil acceso para cualquier tipo de usuario, se recomienda el uso de herramientas complementarias para lograr mayores precisiones de ahorro en las categorías de energía, agua y materiales. Así como también incluir otros parámetros de evaluación al momento del diseño del edificio de acuerdo a los objetivos que se plantea el usuario.

## CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- La propuesta de implementación de medidas de eficiencia de acuerdo a EDGE trabajada en la presente tesis para el edificio multifamiliar SKY San Isidro logró reducciones de 22.87%, 35.78% y 28.85% en las categorías de energía, agua y energía incorporada en los materiales respectivamente. Los ahorros superaron el 20.00% solicitado por EDGE, por ello se concluye que el edificio mejorado obtiene el estándar EDGE.
- Se concluye que, para el caso de estudio, la categoría de energía se ve impactada directamente con las medidas de eficiencia seleccionadas para el ahorro el agua, lo que implica que mientras menor consumo de agua se logre, se tendrá mayor reducción en energía durante la operación del edificio.
- La reducción en el consumo de energía y agua tras la implementación de mejoras en el edificio representa menores costos en los pagos de los servicios públicos a futuro, beneficiando de esta manera a los usuarios finales. El monto de ahorro en los costos de los servicios públicos asciende a S/. 216,254.04 por año que siendo relacionado con el incremento de costo de inversión de S/. 219,230.76 en el proyecto, se determina que el edificio propuesto podrá retornar lo invertido en un plazo aproximado de 1 año y 1 mes.

### 5.2 Recomendaciones

- Se motiva a que los inversores inmobiliarios puedan realizar modelos de implementación de la certificación EDGE en sus proyectos con ayuda de sus equipos de diseño. Además, tal como indica EDGE, se recomienda el modelamiento en etapa de diseño y con fines de toma de decisiones a nivel macro. En caso de necesitar resultados más finos, es recomendable optar por otras herramientas de modelamientos.

- Las mejoras realizadas en el edificio se desarrollaron con la ayuda de la tecnología actual del mercado. Se recomienda que las opciones de mejora sean adecuadas a la funcionalidad del edificio, costo de mantenimiento bajo y responda a una evaluación de costo y beneficio.
- Se recomienda mantener un perfil actualizado, tanto del diseñador como del constructor, frente a las nuevas tecnologías ecoeficientes y medidas de eficiencia optadas en otros proyectos eco amigables.



## BIBLIOGRAFÍA

- Ali, H. H., y Al Nsairat, S. F. (2009). Developing a green building assessment tool for developing countries - Case of Jordan. *Building and Environment*, 44(5), 1053-1064. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.07.015>
- Alshamrani, O. S., Galal, K., y Alkass, S. (2014). Integrated LCA-LEED sustainability assessment model for structure and envelope systems of school buildings. *Building and Environment*, 80, 61-70. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.05.021>
- Camino, C., Ibarra, M., Jiménez, E., Moreno, J., y Neyra, M. (2019). *Análisis de la aplicación de certificaciones verdes en viviendas multifamiliares en la ciudad de Lima*. [Tesis de maestría]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Chamorro-González, C., Hoepfner-Gutiérrez, L. V., Montaña-Gallego, C. y Ríos-Londoño, I. V. (2019). Procesos de gestión: edificios sostenibles vs. edificios tradicionales. *Revista Activos*, 17(2), 177-203. <https://doi.org/10.15332/25005278/5737>
- Colliers International. (2012). Futuro Verde: arquitectura sustentable y edificios verdes. *Spatium*, 3. <https://issuu.com/colliersperu/docs/spatium03>
- Darko, A., Chan, A. P. C., Owusu-Manu, D.-G., y Ameyaw, E. E. (2017). Drivers for implementing green building technologies: An international survey of experts. *Journal of cleaner production*, 145, 386–394. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.043>
- EDGE (2022) *Certification*. EDGE Buildings. <https://edgebuildings.com/certify/certification/>
- EDGE (2023) *Project studies*. EDGE Buildings. [https://app.edgebuildings.com/project-studies?\\_ga=2.108387906.1314549925.1683470838-170463789.1675625416](https://app.edgebuildings.com/project-studies?_ga=2.108387906.1314549925.1683470838-170463789.1675625416)

- Estado Plurinacional de Bolivia. MRE. (2010). *El Vivir Bien como respuesta a la crisis global*. Ministerio de Relaciones Exteriores. <https://www.bivica.org/file/view/id/3009>
- Fezi, B. A. (2020). Health engaged architecture in the context of covid-19. *Journal of Green Building*, 15(2), 185–212. <https://doi.org/10.3992/1943-4618.15.2.185>
- Gaffin, S. R., Rosenzweig, C., Eichenbaum-Pikser, J., Khanbilvardi, R., & Susca, T. (2010). *A temperature and seasonal energy analysis of green, white, and black roofs*. Center for Climate Systems Research, Columbia University. <https://ccsr.columbia.edu/cig/greenroofs>
- Getter, K. L., Rowe, D. B., Andresen, J. A., y Wichman, I. S. (2011). Seasonal heat flux properties of an extensive green roof in a Midwestern U.S. climate. *Energy and Buildings*, 43(12), 3548–3557. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.09.018>
- Hasanbeigi, A., Price, L., y Lin, E. (2012). Emerging energy-efficiency and CO<sub>2</sub> emission-reduction technologies for cement and concrete production: A technical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(8), 6220-6238. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.07.019>
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p.
- IHOBE. (2010). *Green Building Rating Systems: ¿Cómo evaluar la sostenibilidad en la edificación?*, 1, 72. Recuperado de <https://www.ihobe.eus/publicaciones/green-building-rating-systems-como-evaluar-sostenibilidad-en-edificacion>

- IFC y EDGE (2021). *EDGE User Guide*. <https://edgebuildings.com/wp-content/uploads/2022/04/211026-EDGE-User-Guide-for-All-Building-Types-Version-3.0.A.pdf>
- IFC y EDGE. (2022). *EDGE Methodology Report*. <https://edgebuildings.com/wp-content/uploads/2022/04/180709-EDGE-Methodology-Version-2.pdf>
- INEI (2022). *Estadísticas Ambientales: agosto 2022*. <https://m.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/08-informe-tecnico-estadisticas-ambientales-jul-2022.pdf>
- IPCC (2019). Climate Change and Land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Summary for Policymakers. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM\\_Updated-Jan20.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM_Updated-Jan20.pdf)
- Jiménez, I., y Segura, H. (2015). Eficiencia del ahorro energético y reducción del impacto ambiental negativo de la tecnología LED. *Revista de Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de La Información*, 2(3), 51–58. (23)
- Li, Y., Rong, Y., Ahmad, U. M., Wang, X., Zuo, J., y Mao, G. (2021). A comprehensive review on green buildings research: bibliometric analysis during 1998-2018. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(34), 46196–46214. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12739-7>
- López, P. (23 de marzo de 2021). *El avance de la vivienda verde y la certificación EDGE en Perú*. BBVA. <https://www.bbva.com/es/pe/el-avance-de-la-vivienda-verde-y-la-certificacion-edge-en-peru/>

Lu, B., Shi, C., & Hou, G. (2018). Strength and microstructure of CO<sub>2</sub> cured low-calcium clinker. *Construction and Building Materials*, 188, 417–423.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.08.134>

Luz del Sur (2023). *Pliego tarifario – Mayo 2023*.

[https://www.luzdelsur.com.pe/uploads/shares/PDF/Tarifas/2023/Tarifas\\_LDS\\_Mayo\\_2023.pdf](https://www.luzdelsur.com.pe/uploads/shares/PDF/Tarifas/2023/Tarifas_LDS_Mayo_2023.pdf)

Mattoni, B., Guattari, C., Evangelisti, L., Bisegna, F., Gori, P., y Asdrubali, F. (2018).

Critical review and methodological approach to evaluate the differences among international green building rating tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 950–960. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.105>

Mayer, F. (10 de julio de 2019). El crecimiento de las certificaciones de construcción sostenible en el Perú. *Construcción e Industria*.

<http://www.construccioneindustria.com/el-crecimiento-de-las-certificaciones-de-construccion-sostenible-en-el-peru/>

Mayer, F. (21 de diciembre de 2020). *Peru GBC: ¿Cuándo y cómo empezó el movimiento de construcción sostenible en el país?* Redacción Ciudad+.

<https://ciudadmas.com/urbanismo/peru-gbg-edificaciones-sostenibles-peru/>

Ministerio de Economía y Finanzas (2021) *Nota técnica para el uso del precio social del carbono en la evaluación social de proyectos de inversión*.

[https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/anexos/anexo3\\_RD006\\_2021EF6301.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/anexo3_RD006_2021EF6301.pdf)

Ministerio de Energía y Minas. (24 de octubre de 2019). *La producción eléctrica nacional aumentó 3.1% en setiembre*. Gob.pe.

<https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/61265-la-produccion-electrica-nacional-aumento-3-1-en-setiembre>

Miranda, L., Neira, E., Torres, R., y Valdivia, R. (2018). La construcción sostenible en el Perú. *Revista de investigación economía & sociedad*, 95. <https://cies.org.pe/es/revista-economia-sociedad/cambio-climatico-y-gestion-de-recursos-naturales>

Naciones Unidas. (2019). *Las ciudades y la contaminación contribuyen al cambio climático*. Acción por el clima. <https://www.un.org/es/climate-change/climate-solutions/cities-pollution>

Organización Meteorológica Mundial (2022). Estado de los gases de efecto invernadero en la atmósfera según las observaciones mundiales realizadas el 2021. *Boletín de la OMM sobre los gases de efecto invernadero*, (18). [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=11352](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11352)

Redacción PERÚ 21. (22 de marzo de 2019). *Día Mundial del Agua: Sigue estos consejos para cuidar este recurso hídrico*. <https://peru21.pe/peru/dia-mundial-agua-sigue-consejos-cuidar-nuestro-recurso-hidrico-vez-escaso-nndc-467269-noticia/>

Redacción Proyecta. (2016). *Con EDGE queremos llegar a segmentos donde parece imposible la construcción sostenible*. *Revista Proyecta*, 41, 6-8. [https://issuu.com/construccionyvivienda/docs/proyecta\\_41](https://issuu.com/construccionyvivienda/docs/proyecta_41)

Rodriguez, D. y Vallderiola, J. (2009). *Metodología de la investigación*. [https://books.google.com.pe/books/about/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_investigaci%C3%B3n.html?id=YjYdygEACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n.html?id=YjYdygEACAAJ&redir_esc=y)

Scrivener, K., Jhon, V., & Gartner, E. (2018). Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO<sub>2</sub> cement-based materials industry, *Cement and Concrete Research*, 114, 2-26. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.03.015>

Sedapal (2022). *Estructura tarifaria - Servicios de agua potable y alcantarillado*.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4242599/Estructura%20Tarifaria%20-%20Servicios%20de%20Agua%20Potable%20y%20Alcantarillado.pdf.pdf?v=1678480981>

Shen, L., Yan, H., Fan, H., Wu, Y., & Zhang, Y. (2017). An integrated system of text mining technique and case-based reasoning (TM-CBR) for supporting green building design. *Building and Environment*, 124, 388–401.  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.08.026>

Solano, S. (7 de octubre de 2019). Certificación EDGE: impulsando los edificios verdes en Perú y el mundo. *Construcción e Industria*.  
<http://www.construccioneindustria.com/certificacion-edge-impulsando-los-edificios-verdes-en-peru-y-el-mundo/>

Sustainable Sites Initiative. (s.f.). *About SITES*. <http://www.sustainablesites.org/about>

Sustainable Sites Initiative. (2015). *SITES v2: Rating System: For Sustainable Land Desing and Development*. <https://www.usgbc.org/resources/sites-rating-system-and-scorecard>

United Nations Climate Change. (2021). El Acuerdo de París. United Nations Climate Change. <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>

United Nations Environment Programme [UNEP] (2022). *2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient*

- Buildings and Construction Sector*. <https://www.unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction>
- USGBC (2020). LEED v4.1 Building Design and Construction Guide. <https://build.usgbc.org/bdc41betareq>
- Vaisman, R. (28 de enero de 2022). Estas son las tendencias en arquitectura sustentable del 2022. *ADM Magazine*. <https://www.admagazine.com/articulos/estas-son-las-tendencias-en-arquitectura-sustentable-del-2022>
- Vázquez, M. (2001). Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales. *Informes de la Construcción*, 52(471), 29-43. <https://doi.org/10.3989%2Fic.2001.v52.i471.681>
- Vega Córdova, É. (14 de febrero de 2021). Edificios sostenibles, una tendencia que gana terreno en el Perú. *Gestión*. <https://gestion.pe/economia/edificios-sostenibles-una-tendencia-que-gana-terreno-en-el-peru-ncze-noticia/?ref=gesr>
- Vidal, M. (2020). Estudio de la aplicación de techos verdes como una solución sostenible para reducir la contaminación ambiental a través de su implementación en los edificios de Lima, Perú. El caso de un edificio en San Isidro [Tesis de máster, Universidad de Barcelona]. <https://renati.sunedu.gob.pe/bitstream/sunedu/3133678/1/VidalPimentelM.pdf>
- Yan, B. (2011). The research of ecological and economic benefits for green roof. *Applied Mechanics and Materials*, 71–78, 2763–2766. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.71-78.2763>
- Yılmaz, M., & Bakış, A. (2015). Sustainability in Construction Sector. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 2253-2262. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.312>



ENERGÍA (PROPUESTA REFERENCIAL PARA TESIS)

CÓDIGO	MEDIDA DE EFICIENCIA	MARCA	MODELO	UNIDAD	VALOR	IMAGEN REFERENCIAL	URL	FICHA TECNICA	TECNOLOGÍA
EEM01	Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior (%)	-	-	%	45.75	-	-	-	-
EEM02	Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo)	Sika	Sikalastic - 560 (19 l)	Índice de reflectancia solar	106.00		<a href="https://per.sika.com/content/dam/dms/pe01/0/sikalastic_-560.pdf">https://per.sika.com/content/dam/dms/pe01/0/sikalastic_-560.pdf</a> <a href="https://www.grupocasalima.com/blog/sikalastic-560-aplicacion-precio/">https://www.grupocasalima.com/blog/sikalastic-560-aplicacion-precio/</a>	<a href="https://per.sika.com/content/dam/dms/pe01/0/sikalastic_-560.pdf">https://per.sika.com/content/dam/dms/pe01/0/sikalastic_-560.pdf</a>	Membrana líquida impermeabilizante híbrido de poliuretano y acrílico resistente a rayos UV
EEM07	Techo verde	Techo verde intensivo con arbustos medianos	Heliotropium aborescens (Heliotropo)	Altura de sustrato (mm) LAI	350.00 5.00	-	-	-	-
				Porcentaje de techo verde (%)	24.30	-	-	-	-
				U : Transmitancia térmica W/m2K	2.62	-	-	-	-
EEM09	Eficiencia del vidrio	Saint-Gobain	Cool Lite ST 120 8mm(#2) + aire 12 mm + incoloro 6mm	Valor SHGC	0.22	-	-	-	-
				Factor TV: Trasmittancia luminosa	0.19	-	-	-	-
EEM22	Iluminación eficiente en áreas internas	Philips	LED emportable Latam DL252 G2 R Rd LED 2000 40K 24W 11" WV	lm/W	83		<a href="https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/3916170/downlight-para-adosar-24w-luz-fria/3916170/?queryId=4a00fce9-86dc-4e71-bc65-4e50c81421f4">https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/3916170/downlight-para-adosar-24w-luz-fria/3916170/?queryId=4a00fce9-86dc-4e71-bc65-4e50c81421f4</a>	<a href="https://www.lighting.philips.com.pe/api/assets/v1/file/Signify/content/fp929002346101-pss-es_cl/929002346101_EU.es_CL.PROF.FP.pdf">https://www.lighting.philips.com.pe/api/assets/v1/file/Signify/content/fp929002346101-pss-es_cl/929002346101_EU.es_CL.PROF.FP.pdf</a>	Dowlight para adosar LED 24W Luz fría
EEM23	Iluminación eficiente en áreas externas	LighTech	Aplique Exterior LED para Adosar	lm/W	90		<a href="https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/2776987/aplique-exterior-led-307-30w-ip65-negro-luz-blanca/2776987/">https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/2776987/aplique-exterior-led-307-30w-ip65-negro-luz-blanca/2776987/</a>	<a href="https://lumicenter.com.pe/wp-content/uploads/2019/03/11-307-30W-30K60K-WHBK.pdf">https://lumicenter.com.pe/wp-content/uploads/2019/03/11-307-30W-30K60K-WHBK.pdf</a>	Aplique LED 30W. Nicel protección IP65.
EEM24	Control de iluminación	Opalux	Sensor de Movimiento ST-05C	-	-		<a href="https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/3983323/sensor-de-movimiento-st-05c/3983323/">https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/3983323/sensor-de-movimiento-st-05c/3983323/</a>	-	Encendido / Apagado automático

AGUA (PROPUESTA REFERENCIAL PARA TESIS)

CÓDIGO	MEDIDA DE EFICIENCIA	MARCA	MODELO	UNIDAD	VALOR	IMAGEN REFERENCIAL	URL	FICHA TECNICA	TECNOLOGÍA
WEM 01	Cabezales de ducha que ahorran agua	Niagara	Earth	Caudal (L/min)	6.00		<a href="https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/3802736/cabecal-de-ducha-earth-massage/3802736?queryId=2dcaef27-75ee-406e-9001-b1015c2e767f">https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/3802736/cabecal-de-ducha-earth-massage/3802736?queryId=2dcaef27-75ee-406e-9001-b1015c2e767f</a>	<a href="https://www.sodimac.com.pe/static/pdf/3802736-1-FichaTecnica.pdf">https://www.sodimac.com.pe/static/pdf/3802736-1-FichaTecnica.pdf</a>	Compensación de flujo
WEM 02	Grifos eficientes que ahorran agua para todos los baños	Vainsa	Square	Caudal (L/min)	2.00		<a href="https://vainsainnova.com.pe/bano-residencial/202-mono-lav-baja-cascad-square-br.html">https://vainsainnova.com.pe/bano-residencial/202-mono-lav-baja-cascad-square-br.html</a>	<a href="https://vainsainnova.com.pe/bano-residencial/202-mono-lav-baja-cascad-square-br.html">https://vainsainnova.com.pe/bano-residencial/202-mono-lav-baja-cascad-square-br.html</a>	Sistema de cierre kit mono comando con aireador tipo espuma
WEM 04	Inodoros eficientes para todos los baños	Vainsa	Bali	Volumen por descarga (L/descarga)	4.8 sólidos - 4 líquidos		<a href="https://vainsainnova.com.pe/marcas/926-one-piece-bali-blanco.html">https://vainsainnova.com.pe/marcas/926-one-piece-bali-blanco.html</a>	<a href="https://vainsainnova.com.pe/marcas/926-one-piece-bali-blanco.html">https://vainsainnova.com.pe/marcas/926-one-piece-bali-blanco.html</a>	Sistema de descarga dual para líquidos 4 litros y sólidos 4.8 litros
WEM 08	Grifos de cocina que ahorran agua	Vainsa	Artic	Caudal (L/min)	6.00		<a href="https://vainsainnova.com.pe/griferia/180-mnc-bar-ext-cp-ext.html">https://vainsainnova.com.pe/griferia/180-mnc-bar-ext-cp-ext.html</a>	<a href="https://vainsainnova.com.pe/griferia/180-mnc-bar-ext-cp-ext.html">https://vainsainnova.com.pe/griferia/180-mnc-bar-ext-cp-ext.html</a>	Sistema de cierre ahorrador kit cerámico monocomando con aireador tipo espuma

MATERIALES - MEM 02

LOSAS (techos)	Nº DE NIVELES	ESPELOR DE LOSA (cm)	ÁREA POR NIVEL (m2)	ÁREA ACUMULADA (VARIOS NIVELES) (m2)		INCIDENCIA (%)	
Piso 39	1	12	14.03	14.03		3.51%	
		15	301.10	301.10	399.30	75.41%	
		20	84.17	84.17		21.08%	
Piso 24-38	15	12	14.03	210.42		3.40%	
		15	362.92	412.17	5443.77	6182.51	88.05%
		20	35.22	35.22	528.32		8.55%
Piso 23	1	12	14.03	14.03		3.31%	
		15	374.62	423.87	374.62	423.87	88.38%
		20	35.22	35.22	35.22		8.31%
Piso 22	1	12	14.03	14.03		3.09%	
		15	368.67	454.16	368.67	454.16	81.17%
		20	71.47	71.47	71.47		15.74%
Piso 5-21	17	12	14.03	238.48		3.07%	
		15	403.31	456.94	6856.29	7767.98	88.26%
		20	39.60	39.60	673.22		8.67%
Piso 4	1	12	14.03	14.03		2.76%	
		15	453.88	507.51	453.88	507.51	89.43%
		20	39.60	39.60	39.60		7.80%
Piso 3	1	12	14.03	14.03		2.36%	
		15	450.21	595.20	450.21	595.20	75.64%
		20	42.38	42.38	42.38		7.12%
		18	88.59	88.59	88.59		14.88%
Piso 2	1	12	14.03	14.03		2.77%	
		15	449.68	506.08	449.68	506.08	88.85%
		20	42.38	42.38	42.38		8.37%
Piso 1	1	12	14.03	14.03		2.28%	
		15	508.02	615.48	508.02	615.48	82.54%
		20	93.44	93.44	93.44		15.18%
Sótano 1	1	15	323.73	323.73	709.68	45.62%	
		18	385.94	385.94	385.94	709.68	54.38%
Sótano 2-6	5	15	298.69	1493.46		40.41%	
		18	361.19	739.11	1805.94	3695.53	48.87%
		20	79.23	79.23	396.13		10.72%

Área total 21857.29



TABLA DE RESUMEN		
ESPELOR DE LOSA (cm)	ÁREA ACUMULADA (VARIOS NIVELES) (m2)	INCIDENCIA SEGÚN ESPELOR (%)
12 cm	547.09	2.50%
15 cm	17023.41	77.88%
18 cm	2280.47	10.43%
20 cm	2006.32	9.18%
<b>Total</b>	<b>21857.29</b>	<b>100.00%</b>



ESPELOR PROMEDIO (PONDERADO)	
15.70	cm



MATERIALES - MEM 03

LOSAS (pisos)	Nº DE NIVELES	ACABADO DE PISO	ÁREA POR NIVEL (m2)	ÁREA ACUMULADA (VARIOS NIVELES) (m2)	INCIDENCIA POR PISO (%)
Piso 40	1	Área de nivel(es)	312.23	312.23	100.00%
		Porcelanato	285.86	285.86	91.55%
		Piso Laminado	0.00	0.00	0.00%
		Cemento Pulido	26.37	26.37	8.45%
Piso 24-39	16	Área de nivel(es)	412.17	6594.67	100.00%
		Porcelanato	71.05	1136.80	17.24%
		Piso Laminado	314.75	5035.98	76.36%
		Cemento Pulido	26.37	421.89	6.40%
Piso 23	1	Área de nivel(es)	454.16	454.16	100.00%
		Porcelanato	96.76	96.76	21.31%
		Piso Laminado	331.03	331.03	72.89%
		Cemento Pulido	26.37	26.37	5.81%
Piso 5-22	18	Área de nivel(es)	456.94	8224.92	100.00%
		Porcelanato	76.73	1381.14	16.79%
		Piso Laminado	353.84	6369.12	77.44%
		Cemento Pulido	26.37	474.66	5.77%
Piso 4	1	Área de nivel(es)	595.20	595.20	100.00%
		Porcelanato	244.94	244.94	41.15%
		Piso Laminado	323.89	323.89	54.42%
		Cemento Pulido	26.37	26.37	4.43%
Piso 3	1	Área de nivel(es)	506.08	506.08	100.00%
		Porcelanato	132.12	132.12	26.11%
		Piso Laminado	347.59	347.59	68.68%
		Cemento Pulido	26.37	26.37	5.21%
Piso 2	1	Área de nivel(es)	615.48	615.48	100.00%
		Porcelanato	250.89	250.89	40.76%
		Piso Laminado	338.22	338.22	54.95%
		Cemento Pulido	26.37	26.37	4.28%
Piso 1	1	Área de nivel(es)	709.68	709.68	100.00%
		Porcelanato	199.39	199.39	28.10%
		Piso Laminado	78.02	78.02	10.99%
		Cemento Pulido	432.27	432.27	60.91%
Sótano 1-6	6	Área de nivel(es)	739.11	4434.64	100.00%
		Porcelanato	0.00	0.00	0.00%
		Piso Laminado	0.00	0.00	0.00%
		Cemento Pulido	739.11	4434.64	100.00%

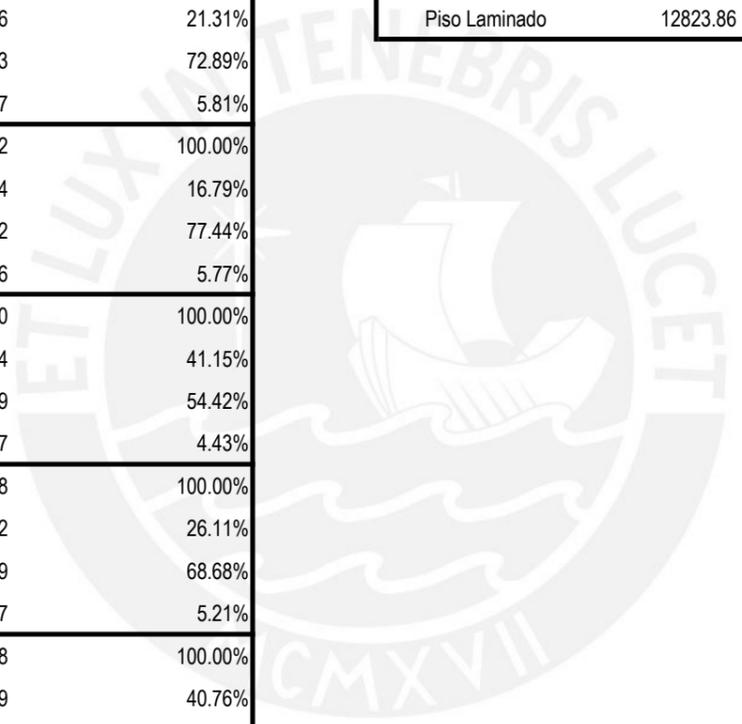
<b>Área total</b>	<b>22447.06</b>
Total porcelanato	<b>3727.90</b>
Total piso laminado	<b>12823.86</b>
Total cemento pulido	<b>5895.30</b>



TABLA DE RESUMEN		
ACABADO DE PISO	ÁREA ACUMULADA (m2)	INCIDENCIA SEGÚN ACABADO (%)
Área de nivel(es)	22447.06	100.00%
Porcelanato	3727.90	16.61%
Piso Laminado	12823.86	57.13%
Cemento Pulido	5895.30	26.26%



TABLA DE RESUMEN (AGRUPACIÓN EDGE)		
ACABADO DE PISO	ÁREA (m2)	INCIDENCIA (%)
Cemento Pulido	9623.20	42.87%
Piso Laminado	12823.86	57.13%



MATERIALES - MEM 04

LOSA	ESPEJOR DE LOSA (cm)	ÁREA (m2)	INCIDENCIA POR PISO (%)
	15	87.16	50.27%
TECHO	20	51.78	29.87%
	25	34.45	19.87%
	<b>Área total</b>	<b>173.39</b>	<b>100.00%</b>



ESPEJOR PROMEDIO (PONDERADO)
18.48 cm



MATERIALES - MEM 05

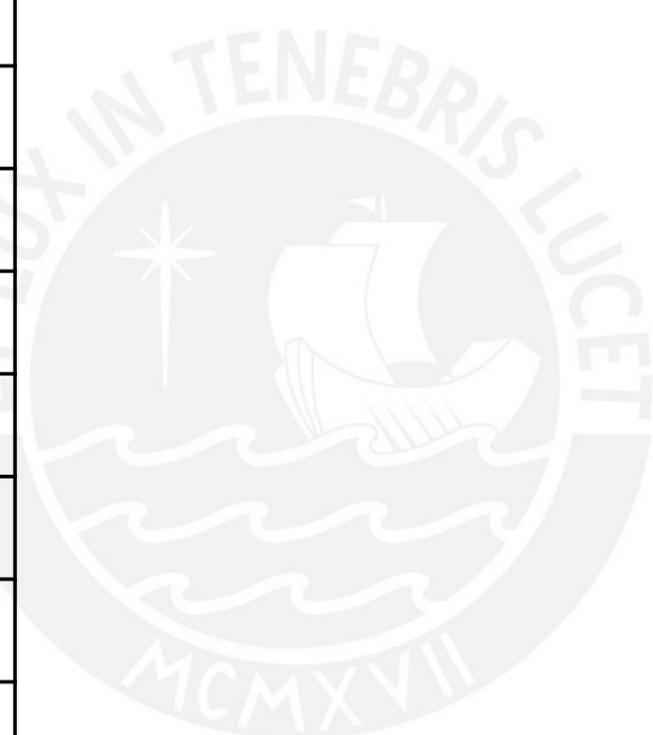
Niveles (pisos)	Nº DE NIVELES	MURO EXTERNO	LONGITUD POR NIVEL (m)	LONGITUD ACUMULADA (VARIOS NIVELES) (m)	INCIDENCIA POR TIPO DE MURO (%)	ESPESOR DE MURO (m)
Piso 39	1	Longitud de muros externos	104.66	104.66	100.00%	
		Ladrillos	23.52	23.52	22.47%	0.14
		Concreto	40.75	40.75	38.94%	0.28
		Muro cortina	40.38	40.38	38.59%	-
Piso 31-38	8	Longitud de muros externos	104.65	837.22	100.00%	
		Ladrillos	23.52	188.13	22.47%	0.14
		Concreto	40.75	326.02	38.94%	0.28
		Muro cortina	40.38	323.07	38.59%	-
Piso 26-30	5	Longitud de muros externos	104.86	524.28	100.00%	
		Ladrillos	23.57	117.84	22.48%	0.14
		Concreto	40.90	204.52	39.01%	0.32
		Muro cortina	40.39	201.93	38.51%	-
Piso 24-25	2	Longitud de muros externos	105.14	210.27	100.00%	
		Ladrillos	23.70	47.40	22.54%	0.14
		Concreto	41.05	82.11	39.05%	0.35
		Muro cortina	40.38	80.77	38.41%	-
Piso 23	1	Longitud de muros externos	111.54	111.54	100.00%	
		Ladrillos	30.00	30.00	26.90%	0.15
		Concreto	41.15	41.15	36.90%	0.35
		Muro cortina	40.38	40.38	36.21%	-
Piso 21-22	2	Longitud de muros externos	105.82	211.64	100.00%	
		Ladrillos	15.83	31.66	14.96%	0.14
		Concreto	44.76	89.51	42.29%	0.35
		Muro cortina	45.23	90.47	42.75%	-
Piso 16-20	5	Longitud de muros externos	105.82	529.10	100.00%	
		Ladrillos	15.83	79.16	14.96%	0.14
		Concreto	44.75	223.77	42.29%	0.35
		Muro cortina	45.23	226.17	42.75%	-
Piso 11-15	5	Longitud de muros externos	106.02	530.10	100.00%	
		Ladrillos	15.83	79.16	14.93%	0.14
		Concreto	44.95	224.77	42.40%	0.38
		Muro cortina	45.23	226.17	42.66%	-
Piso 6-10	5	Longitud de muros externos	106.07	530.35	100.00%	
		Ladrillos	15.83	79.16	14.93%	0.14
		Concreto	45.00	225.02	42.43%	0.39
		Muro cortina	45.23	226.17	42.65%	-
Piso 5	1	Longitud de muros externos	106.02	106.02	100.00%	
		Ladrillos	15.83	15.83	14.93%	0.14
		Concreto	44.95	44.95	42.40%	0.39
		Muro cortina	45.23	45.23	42.67%	-
Piso 4	1	Longitud de muros externos	113.97	113.97	100.00%	
		Ladrillos	22.10	22.10	19.39%	0.15
		Concreto	51.49	51.49	45.18%	0.39
		Muro cortina	40.38	40.38	35.43%	-
Piso 3	1	Longitud de muros externos	113.97	113.97	100.00%	
		Ladrillos	22.10	22.10	19.39%	0.15
		Concreto	51.49	51.49	45.18%	0.39
		Muro cortina	40.39	40.39	35.43%	-
Piso 2	1	Longitud de muros externos	113.97	113.97	100.00%	
		Ladrillos	22.10	22.10	19.39%	0.15
		Concreto	51.49	51.49	45.18%	0.39
		Muro cortina	40.38	40.38	35.43%	-
Piso 1	1	Longitud de muros externos	115.90	115.90	100.00%	
		Ladrillos	29.18	29.18	25.18%	0.15
		Concreto	45.83	45.83	39.54%	0.40
		Muro cortina	40.89	40.89	35.28%	-
Sótano 1-2	2	Longitud de muros externos	119.40	238.80	100.00%	
		Concreto	119.40	238.80	100.00%	0.30
Sótano 3-6	4	Longitud de muros externos	119.40	477.60	100.00%	
		Concreto	119.40	477.60	100.00%	0.35
		<b>Longitud total</b>	<b>4869.39</b>	<b>Promedio ponderado para espesores de muros</b>		
		Total ladrillos	787.33	Espesor ladrillos	0.14	
		Total concreto	2419.28	Espesor concreto	0.34	
		Total Muro cortina	1662.77			



TABLA DE RESUMEN			
MURO EXTERNO	LONGITUD ACUMULADA (m)	INCIDENCIA SEGÚN TIPO DE MURO (%)	ESPESOR DE MURO (m)
Longitud de muros externos	4869.39	100.00%	
Ladrillos	787.33	16.17%	0.14
Concreto	2419.28	49.68%	0.34
Muro Cortina	1662.77	34.15%	



TABLA DE RESUMEN (AGRUPACIÓN EDGE)			
MURO EXTERNO	LONGITUD ACUMULADA (m)	INCIDENCIA SEGÚN TIPO DE MURO (%)	ESPESOR DE MURO (m)
Ladrillos	2450.11	50.32%	0.14
Concreto	2419.28	49.68%	0.34



MATERIALES - MEM 06

Niveles (pisos)	N° DE NIVELES	MURO INTERNO	LONGITUD POR NIVEL (m)	LONGITUD ACUMULADA (VARIOS NIVELES) (m)	INCIDENCIA POR TIPO DE MURO (%)	ESPESOR DE MURO (m)
Piso 39	1	Longitud de muros internos	211.74	211.74	100.00%	
		Ladrillos	177.06	177.06	83.62%	0.12
		Concreto	34.68	34.68	16.38%	0.24
Piso 31-38	8	Longitud de muros internos	211.74	1693.89	100.00%	
		Ladrillos	177.06	1416.50	83.62%	0.12
		Concreto	34.67	277.39	16.38%	0.24
Piso 26-30	5	Longitud de muros internos	211.84	1059.18	100.00%	
		Ladrillos	177.06	885.31	83.58%	0.12
		Concreto	34.78	173.88	16.42%	0.29
Piso 24-25	2	Longitud de muros internos	212.04	424.07	100.00%	
		Ladrillos	177.16	354.32	83.55%	0.12
		Concreto	34.88	69.75	16.45%	0.33
Piso 23	1	Longitud de muros internos	229.19	229.19	100.00%	
		Ladrillos	187.76	187.76	81.92%	0.12
		Concreto	41.43	41.43	18.08%	0.33
Piso 21-22	2	Longitud de muros internos	235.47	470.93	100.00%	
		Ladrillos	194.03	388.06	82.40%	0.12
		Concreto	41.43	82.87	17.60%	0.33
Piso 16-20	5	Longitud de muros internos	235.47	1177.33	100.00%	
		Ladrillos	194.03	970.17	82.40%	0.12
		Concreto	41.43	207.17	17.60%	0.35
Piso 11-15	5	Longitud de muros internos	235.37	1176.83	100.00%	
		Ladrillos	194.03	970.16	82.44%	0.12
		Concreto	41.33	206.67	17.56%	0.40
Piso 6-10	5	Longitud de muros internos	235.41	1177.07	100.00%	
		Ladrillos	194.03	970.16	82.42%	0.12
		Concreto	41.38	206.91	17.58%	0.42
Piso 5	1	Longitud de muros internos	235.42	235.42	100.00%	
		Ladrillos	194.03	194.03	82.42%	0.12
		Concreto	41.38	41.38	17.58%	0.46
Piso 4	1	Longitud de muros internos	258.02	258.02	100.00%	
		Ladrillos	214.64	214.64	83.19%	0.12
		Concreto	43.38	43.38	16.81%	0.46
Piso 3	1	Longitud de muros internos	260.72	260.72	100.00%	
		Ladrillos	217.34	217.34	83.36%	0.12
		Concreto	43.38	43.38	16.64%	0.46
Piso 2	1	Longitud de muros internos	262.33	262.33	100.00%	
		Ladrillos	214.64	214.64	81.82%	0.12
		Concreto	47.69	47.69	18.18%	0.46
Piso 1	1	Longitud de muros internos	180.99	180.99	100.00%	
		Ladrillos	131.56	131.56	72.69%	0.15
		Concreto	49.43	49.43	27.31%	0.45
Sótano 1-6	6	Longitud de muros internos	138.80	832.80	100.00%	
		Ladrillos	68.06	408.36	49.03%	0.12
		Concreto	70.74	424.44	50.97%	0.48
<b>Longitud total</b>				<b>9650.50</b>	<b>Promedio ponderado para espesores de muros</b>	
Total ladrillos				7700.05	Espesor ladrillos	
Total concreto				1950.44	Espesor concreto	



TABLA DE RESUMEN			
MURO INTERNO	LONGITUD ACUMULADA (m)	INCIDENCIA SEGÚN TIPO DE MURO (%)	ESPESOR DE MURO (m)
Longitud de muros internos	9650.50	100.00%	
Ladrillos	7700.05	79.79%	0.12
Concreto	1950.44	20.21%	0.38