

## DEDICATORIA

*Dedicamos este trabajo, en primer lugar, a Dios, por guiarnos en cada paso, darnos sabiduría en los momentos de incertidumbre y fortaleza en los desafíos. A Él, que nos sostuvo incluso cuando nuestras fuerzas flaqueaban, le entregamos con gratitud este logro.*

*A nuestras familias, quienes han sido nuestro motor y sostén a lo largo de este camino.*

*Gracias por su amor incondicional, su paciencia y su fe constante en nosotros.*

*A nuestros padres, por enseñarnos con el ejemplo el valor del esfuerzo, la disciplina y la honestidad. A nuestras madres, por su fortaleza, ternura y palabras de aliento en los momentos más difíciles.*

*A quienes nos inspiraron a seguir adelante aun cuando las circunstancias parecían adversas. Este logro también es suyo.*

*Y finalmente, lo dedicamos a todas las personas que sueñan con construir un futuro más justo, sostenible y humano. Que este trabajo contribuya, aunque sea en una pequeña medida, a ese propósito.*

## AGRADECIMIENTOS

*A la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, por brindarnos la oportunidad de ser parte de su programa de posgrado y por ofrecernos un entorno académico comprometido con la excelencia, la ética y la sostenibilidad.*

*Al Dr. Manuel Alejandro Rojas Manzano, nuestro director de tesis, por su acompañamiento constante, exigencia académica, orientación oportuna y valiosos aportes que guiaron cada etapa de este proyecto.*

*A la ingeniera Isabella Tello Gómez, codirectora de este trabajo, por su compromiso, claridad conceptual y sus recomendaciones técnicas, fundamentales para el enfoque y la calidad de esta investigación.*

*A los integrantes de la Oficina de Recursos Físicos de la universidad, por su disposición y colaboración en la identificación de necesidades del campus, insumo esencial para la formulación de esta guía.*

*A nuestros compañeros de maestría, por su apoyo, compañerismo y motivación constante. Compartir este camino con ustedes enriqueció no solo nuestra formación académica, sino también nuestras vidas.*

*A nuestras familias, por su amor incondicional, comprensión y respaldo permanente, que nos dio la fuerza necesaria para culminar este proceso.*

*A todos, muchas gracias. Este trabajo no habría sido posible sin su contribución.*

## RESUMEN

El presente trabajo desarrolla una guía de construcción sostenible para la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, fundamentada en un enfoque mixto de investigación que articula el análisis normativo, la recolección de necesidades del campus y la priorización técnica de estrategias. A partir de una revisión detallada de la legislación colombiana, certificaciones internacionales (LEED, EDGE) y el Manual de Construcción Sostenible de Cali, se estableció una línea base normativa robustecida. Mediante grupos focales con actores estratégicos de la universidad, se identificaron necesidades operativas en cuatro ejes clave: agua, energía, confort y materiales. Posteriormente, se aplicó una matriz de decisión complementada con la metodología Q-sorting para jerarquizar estrategias sostenibles según su impacto ambiental, viabilidad técnica y pertinencia económica. Como resultado, se estructuró una guía técnica práctica que articula soluciones de alto impacto adaptadas al contexto institucional, orientadas a proyectos de construcción y remodelación, con el objetivo de reducir la huella ambiental del campus y contribuir a los compromisos institucionales con el desarrollo sostenible.

**Palabras clave:** Construcción sostenible, guía técnica, estrategias sostenibles, universidad, Q-sorting, eficiencia energética, gestión hídrica.

## ABSTRACT

This thesis presents a sustainable construction guide tailored for the Pontificia Universidad Javeriana de Cali, based on a mixed-methods approach that combines normative analysis, institutional needs assessment, and strategy prioritization. A comprehensive review of Colombian regulations, international certifications (LEED, EDGE), and the local Sustainable Construction Manual provided a solid regulatory baseline. Focus groups with key university stakeholders identified current operational needs in four core areas: water, energy, comfort, and materials. A decision matrix and Q-sorting methodology were applied to prioritize sustainable strategies based on environmental impact, technical feasibility, and economic viability. The outcome is a practical technical guide structured around the most impactful solutions, designed to support construction and renovation projects while reducing the campus's environmental footprint and aligning with the institution's sustainability commitments.

**Keywords:** Sustainable construction, technical guide, sustainable strategies, university campus, Q-sorting, energy efficiency, water management.

**GUÍA PARA LA ADOPCIÓN DE ESTRATEGIAS DE CONSTRUCCIÓN  
SOSTENIBLE EN LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE CALI.**

**Leydi Johana Salcedo Quejuan**

**Cesar Andrés Terán Tulandy**

Ingenieros Civiles

Director: **Manuel Alejandro Rojas Manzano**

Ingeniero Civil, Doctor en Estructuras y Construcción Civil.

Codirectora: **Isabella Tello Gómez**

Ingeniera Ambiental, Magister en cambio climático

Pontificia Universidad Javeriana de Cali

Facultad de Ingeniería y Ciencias,

Maestría en Ingeniería Civil

Énfasis en Construcciones

Santiago de Cali – Valle del Cauca

2025

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
1.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	11
1.1.1	<i>Planteamiento del problema.....</i>	<i>11</i>
1.1.2	<i>Pregunta de investigación.....</i>	<i>13</i>
1.1.3	<i>Alcance del trabajo de grado.....</i>	<i>13</i>
1.2	OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	14
1.2.1	<i>Objetivo general.....</i>	<i>14</i>
1.2.2	<i>Objetivos específicos .....</i>	<i>14</i>
1.3	JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO.....	15
<b>2</b>	<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
2.1	MARCO TEÓRICO .....	17
2.1.1	<i>Conceptos y principios fundamentales .....</i>	<i>17</i>
2.2	MARCO CONTEXTUAL.....	23
2.3	MARCO NORMATIVO .....	23
2.3.1	<i>Marco Normativo Internacional.....</i>	<i>23</i>
2.3.2	<i>Marco Normativo Nacional .....</i>	<i>26</i>
<b>3</b>	<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>30</b>
3.1	FASE 1: ANÁLISIS DE LA LEGISLACIÓN VIGENTE EN MATERIA DE SOSTENIBILIDAD Y CONSTRUCCIÓN UNIVERSITARIA.....	31
3.1.1	<i>Identificación de normativas sostenibles y de edificaciones universitarias .....</i>	<i>31</i>
3.1.2	<i>Clasificación de normativas vigentes .....</i>	<i>31</i>
3.1.3	<i>Análisis de requisitos obligatorios .....</i>	<i>32</i>
3.1.4	<i>Determinación de lineamientos de sostenibilidad aplicables.....</i>	<i>33</i>
3.1.5	<i>Construcción de la línea base de parámetros normativos con requerimientos adicionales: certificaciones o manuales de construcción sostenible .....</i>	<i>34</i>
3.2	FASE 2: METODOLOGÍA DE TOMA DE DECISIONES.....	35
3.2.1	<i>Identificación de las necesidades de la universidad .....</i>	<i>36</i>
3.2.2	<i>Identificación de estrategias sostenibles .....</i>	<i>39</i>
3.2.3	<i>Evaluación de impacto de las estrategias y priorización de acciones.....</i>	<i>40</i>
3.2.4	<i>Priorización de acciones y resultados de estrategias sostenibles con mayor impacto.....</i>	<i>42</i>
3.3	FASE 3: ESTRUCTURACIÓN DE LA GUÍA .....	43
3.3.1	<i>Redacción y revisión de la Guía.....</i>	<i>43</i>

<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>44</b>
4.1	FASE 1: ANÁLISIS DE LA LEGISLACIÓN VIGENTE EN MATERIA DE SOSTENIBILIDAD Y CONSTRUCCIÓN UNIVERSITARIA.....	44
4.1.1	<i>Identificación de normativas sostenibles y de edificaciones universitarias</i> .....	45
4.1.2	<i>Clasificación de normativas vigentes</i> .....	46
4.1.3	<i>Análisis de requisitos obligatorios</i> .....	47
4.1.4	<i>Determinación de lineamientos de sostenibilidad aplicables – Resolución 0549 de 2015</i> 49	
4.1.5	<i>Parámetros normativos de las certificaciones LEED, EDGE y Manual de Construcción Sostenible de Cali</i> .....	61
4.2	FASE 2: METODOLOGÍA DE TOMA DE DECISIONES.....	62
4.2.1	<i>Identificación de las necesidades de la universidad</i> .....	62
4.2.2	<i>Identificación de estrategias sostenibles</i> .....	66
4.2.3	<i>Evaluación de impacto de las estrategias – Matriz de decisión Q sorting</i> .....	79
4.2.4	<i>Priorización y resultados de estrategias sostenibles según análisis Q-Sorting</i> .....	89
4.3	FASE 3: ESTRUCTURACIÓN DE LA GUÍA.....	93
4.3.1	<i>Redacción y revisión de la guía para la adopción de estrategias de construcción sostenible en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali</i> .....	93
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>94</b>
5.1	CONCLUSIONES.....	94
5.2	RECOMENDACIONES.....	95
<b>6</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>96</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de normativa entre el año 2015 y 2025.....	47
Tabla 2. Alcance de normativa entre el año 2015 y 2025.....	48
Tabla 3. Matriz de necesidades del eje agua vs estrategias sostenibles según la certificación LEED, EDGE Y Manual de Construcción Sostenible de Cali. ....	68
Tabla 4. Matriz de necesidades del eje energía vs estrategias sostenibles según la certificación LEED, EDGE Y Manual de Construcción Sostenible de Cali. ....	70
Tabla 5. Matriz de necesidades del eje materiales vs estrategias sostenibles según la certificación LEED, EDGE Y Manual de Construcción Sostenible de Cali. ....	72
Tabla 6. Matriz de necesidades del eje materiales vs estrategias sostenibles según la certificación LEED Y Manual de Construcción Sostenible de Cali. ....	74
Tabla 7. Matriz de necesidades del eje energía vs estrategias sostenibles.....	75
Tabla 8. Matriz de necesidades del eje materiales vs estrategias sostenibles. ....	76
Tabla 9. Matriz de necesidades del eje agua vs estrategias sostenibles.....	77
Tabla 10. Matriz de necesidades del eje confort vs estrategias sostenibles.....	78
Tabla 11. Matriz de decisión 1 Necesidad vs Estrategias (Energía).....	80
Tabla 12. Matriz de decisión 2 Necesidad vs Estrategias (Energía).....	80
Tabla 13. Matriz de decisión 3 Necesidad vs Estrategias (Energía).....	80
Tabla 14. Matriz de decisión 4 Necesidad vs Estrategias (Energía).....	81
Tabla 15. Matriz de decisión 5 Necesidad vs Estrategias (Energía).....	81
Tabla 16. Matriz de decisión 6 Necesidad vs Estrategias (Energía).....	81
Tabla 17. Matriz de decisión 7 Necesidad vs Estrategias (Energía).....	81
Tabla 18. Matriz de decisión 8 Necesidad vs Estrategias (Energía).....	82
Tabla 19. Matriz de decisión 9 Necesidad vs Estrategias (Energía).....	82
Tabla 20. Matriz de decisión 10 Necesidad vs Estrategias (Materiales) .....	82
Tabla 21. Matriz de decisión 11 Necesidad vs Estrategias (Materiales) .....	82
Tabla 22. Matriz de decisión 12 Necesidad vs Estrategias (Materiales) .....	82
Tabla 23Matriz de decisión 13 Necesidad vs Estrategias (Materiales) .....	83
Tabla 24. Matriz de decisión 14 Necesidad vs Estrategias (Materiales) .....	83
Tabla 25. Matriz de decisión 15 Necesidad vs Estrategias (Materiales) .....	83
Tabla 26. Matriz de decisión 16 Necesidad vs Estrategias (Materiales) .....	83

Tabla 27. Matriz de decisión 17 Necesidad vs Estrategias (Materiales) .....	84
Tabla 28. Matriz de decisión 18 Necesidad vs Estrategias (Agua).....	84
Tabla 29. Matriz de decisión 19 Necesidad vs Estrategias (Agua).....	84
Tabla 30. Matriz de decisión 20 Necesidad vs Estrategias (Agua).....	84
Tabla 31. Matriz de decisión 21 Necesidad vs Estrategias (Agua).....	85
Tabla 32. Matriz de decisión 22 Necesidad vs Estrategias (Agua).....	85
Tabla 33. Matriz de decisión 23 Necesidad vs Estrategias (Agua).....	85
Tabla 34. Matriz de decisión 24 Necesidad vs Estrategias (Agua).....	85
Tabla 35. Matriz de decisión 25 Necesidad vs Estrategias (Agua).....	85
Tabla 36. Matriz de decisión 26 Necesidad vs Estrategias (Agua).....	86
Tabla 37. Matriz de decisión 27 Necesidad vs Estrategias (Agua).....	86
Tabla 38. Matriz de decisión 28 Necesidad vs Estrategias (Agua).....	86
Tabla 39. Matriz de decisión 29 Necesidad vs Estrategias (Confort).....	86
Tabla 40. Matriz de decisión 30 Necesidad vs Estrategias (Confort).....	87
Tabla 41. Matriz de decisión 31 Necesidad vs Estrategias (Confort).....	87
Tabla 42. Matriz de decisión 32 Necesidad vs Estrategias (Confort).....	87
Tabla 43. Matriz de decisión 33 Necesidad vs Estrategias (Confort).....	87
Tabla 44. Matriz de decisión 34 Necesidad vs Estrategias (Confort).....	88
Tabla 45. Matriz de decisión 35 Necesidad vs Estrategias (Confort).....	88
Tabla 46. Matriz de decisión 36 Necesidad vs Estrategias (Confort).....	88
Tabla 47. Matriz de decisión 37 Necesidad vs Estrategias (Confort).....	88

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible (Asamblea General, 2015) .....	18
Figura 3. Energy consumption in School (Francis et al., 2019) .....	20
Figura 4 University Buildings: The Push and Pull for Sustainability (Francis et al., 2019) .....	21
Figura 5. Diagrama Esboce Metodología .....	30
Figura 6. Focus Group: toma de necesidades a) Cámara 1 y b) Cámara 2. ....	37
Figura 7. Medidas Recomendadas Clima Cálido Seco (Ministerio de Vivienda, 2015.).	50
Figura 8. Captura de pantalla - ubicación Pontificia Universidad Javeriana Cali (SunCalc,n.d.) .....	53
Figura 9. Ubicación de los sensores de luz día fotoeléctricos de perímetro (Ministerio de Vivienda, 2015.) .....	55
Figura 10. Diagrama esquemático de una habitación con sistemas de sensores fotoeléctricos (Ministerio de Vivienda, 2015.) .....	55
Figura 11. Guía de conformidad accesorios de conservación de agua (Ministerio de Vivienda, 2015.).....	57
Figura 12. Aplicación de requerimientos vs áreas de ocupación NTC 5183 (2003). .....	59
Figura 13. NTC 5183 (2003). .....	60

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. línea de Tiempo Normativas de Construcción Sostenible a Nivel Nacional

..... 45

## 1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la población mundial ha crecido significativamente, especialmente en países con menores ingresos, donde las tasas de natalidad son más elevadas. Este incremento rápido ha intensificado los problemas ambientales, agravando la contaminación del aire, el suelo, el agua y los ecosistemas, lo que contribuye de manera significativa al cambio climático.

El sector de la construcción, siendo uno de los principales responsables de las emisiones contaminantes a nivel global (Construcciones Sin Propósitos Sostenibles, n.d.), ha sido identificado como clave para reducir el impacto ambiental. Las Naciones Unidas, a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, han señalado la importancia de adoptar prácticas más sostenibles en este sector para minimizar su huella ecológica y fomentar un desarrollo más equilibrado y respetuoso con el medio ambiente.

En Colombia, según informes de la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), uno de cada cinco colombianos está vinculado, directa o indirectamente, al sector de la construcción o su cadena de valor. Este sector impulsa 36 ramas de la economía, representando más de la mitad del aparato productivo del país. Además, uno de cada cuatro pesos invertidos en la economía proviene de este sector, ya sea a través de inversiones en los hogares o en la industria empresarial. (Camacol, 2021).

Asimismo, el sector de construcción genera el 30% de emisiones de CO<sub>2</sub>, consume el 60% de los materiales extraídos de la tierra y genera más de 22 millones de toneladas de residuos de construcción y demolición (RCD) (Tecnalia, 2022)

Por otra parte, es crucial considerar las metas ambiciosas establecidas en Colombia que promueven la descarbonización de diversos sectores económicos, incluyendo el de la edificación y la construcción. Estas metas, delineadas en la Hoja de Ruta Nacional de Edificaciones Neto Cero Carbono, establecen que para el año 2030, el 100% de las nuevas edificaciones deberán ser de carbono neto cero a nivel operacional, y se espera una reducción del 30% en las emisiones de las edificaciones existentes (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022).

En este contexto, la ciudad de Cali ha asumido un rol protagónico en la promoción de la sostenibilidad, destacándose con la creación de su propio Manual de Construcción Sostenible.

Este documento establece directrices claras para el desarrollo de infraestructuras que respeten el entorno natural, fomentando prácticas que reducen significativamente las emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo energético. Ha sido clave para impulsar proyectos responsables en la región.

La realización de la COP16 en Cali consolidó aún más a la ciudad como un referente nacional e internacional en sostenibilidad, permitiéndole mostrar sus avances en construcción sostenible y participar activamente en debates globales sobre estrategias de mitigación del cambio climático. Este evento reafirmó el compromiso de la ciudad con el desarrollo sostenible y fortaleció su posicionamiento como líder en la implementación de políticas ambientales innovadoras. Ante este panorama, la Pontificia Universidad Javeriana de Cali ha reconocido la importancia de incluir la sostenibilidad en la formación académica, capacitando a futuros profesionales —como arquitectos, ingenieros y urbanistas— en el diseño de proyectos eco-amigables y estrategias de construcción sostenible. Un ejemplo es la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, que en su visión para 2025 busca ser reconocida como una institución innovadora que genera un impacto significativo en la sostenibilidad desde el suroccidente colombiano.

Con esto en mente, surge la necesidad de desarrollar una herramienta de construcción sostenible para la Pontificia Universidad Javeriana Cali. Esta herramienta ofrecerá pautas claras sobre el uso de materiales sostenibles y técnicas de remodelación amigables con el medio ambiente, tomando como referencia un enfoque práctico y actualizado en construcción sostenible.

## **1.1 Definición del problema de investigación**

### ***1.1.1 Planteamiento del problema***

El concepto de desarrollo sustentable ha sido ampliamente adoptado a nivel mundial como un marco de referencia para orientar la interacción entre la sociedad y el entorno natural. Su propósito principal es gestionar de manera eficaz los cambios tanto a nivel local como global, afrontar desafíos críticos como el cambio climático, la desigualdad social, la pobreza, la pérdida de biodiversidad, el crecimiento demográfico y la escasez de recursos (Gustavo et al., 2015)

La necesidad de aplicar este enfoque se hace particularmente evidente en ciudades como Cali, donde la gestión inadecuada de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD)

constituye una problemática ambiental y urbana creciente. Se estima que la ciudad genera aproximadamente 2.000 toneladas diarias de RCD. La falta de infraestructura adecuada para su disposición final ha propiciado la proliferación de escombreras ilegales, lo que no solo deteriora el entorno urbano, sino que también contribuye significativamente a la contaminación ambiental (*Escombros: Una Crisis de Ciudad En Cali | Cemento San Marcos*, n.d.)

Frente a estos desafíos ambientales cada vez más apremiantes, las instituciones educativas —como actores estratégicos dentro del tejido urbano— están llamadas a desempeñar un papel protagónico en la promoción de prácticas sostenibles. Su capacidad de incidir en la cultura, la formación profesional y la transformación del entorno físico las posiciona como agentes clave para liderar procesos de cambio. En este sentido, resulta esencial que formule e implemente estrategias que garanticen una gestión ambiental activa en el desarrollo de sus procesos y actividades corporativas. Del mismo modo, es fundamental promover modelos de desarrollo que propicien un entorno seguro, fomenten el equilibrio ecológico y favorezcan la conservación de la biodiversidad. Todo esto debe articularse con el potencial formativo de estas instituciones, que juegan un papel crucial en la capacitación de sus comunidades en competencias orientadas hacia la sostenibilidad (Cruz & Ambiental, n.d.).

En consonancia con este planteamiento, la Pontificia Universidad Javeriana de Cali enfrenta un escenario que evidencia con claridad la necesidad de adoptar más sólidas medidas en materia de sostenibilidad. Durante un período de apenas una vez meses, la Universidad generó un total de 1.254,4 toneladas de residuos de construcción, según lo registrado en los certificados de disposición final recolectados a lo largo del año 2024. Esta cifra, significativa por sí sola, corresponde únicamente al volumen de residuos vinculados a actividades de construcción, es decir, aquellos derivados de obras nuevas, remodelaciones o adecuaciones realizadas bajo criterios técnicos. Sin embargo, esta cantidad no contempla otros tipos de residuos ni los impactos ambientales derivados de las actividades cotidianas de la institución, como la gestión de residuos ordinarios, el consumo energético o el uso del recurso hídrico.

Al ampliar la mirada hacia otras dimensiones críticas de la sostenibilidad —como el consumo de agua potable, la calidad del ambiente interior (en términos de confort térmico, lumínico y acústico) y el uso eficiente de la energía—, la complejidad del problema se hace aún más evidente. La ausencia de estrategias integrales y articuladas que aborden estas variables de

forma sistémica limita la capacidad de la Universidad para mitigar su huella ambiental y avanzar hacia un modelo de campus verdaderamente sostenible. De este modo, se vuelve apremiante establecer políticas, lineamientos y herramientas técnicas claras que permitan mejorar la toma de decisiones y fortalecer la cultura institucional en torno al desarrollo sostenible.

En este contexto, la Universidad enfrenta un reto crucial: la falta de una guía que estandarice, oriente y optimice la implementación de prácticas sostenibles tanto en la construcción de nuevos proyectos como en las remodelaciones y en la gestión de los recursos energéticos e hídricos. Esta iniciativa se presenta como una necesidad estratégica para alinear las acciones del campus con las expectativas ambientales y regulatorias actuales, con el fin de cumplir adecuadamente las normativas locales vigentes.

Si bien la Universidad ha logrado avances significativos en su alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), reafirmando su compromiso con la sostenibilidad hacia 2025 y con el cuidado de la "casa común", la ausencia de un documento técnico específico ha dificultado la consolidación de dichas iniciativas en acciones concretas dentro de los procesos de construcción y renovación de infraestructura. Esta carencia también limita la capacidad institucional para medir, analizar y reducir su impacto ambiental, particularmente en lo relacionado con las emisiones de CO<sub>2</sub>, el consumo de agua y energía, el uso responsable de materiales y el confort de los ocupantes.

### ***1.1.2 Pregunta de investigación***

De acuerdo con lo anterior, en este proyecto se le pretende dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo garantizar la aplicación de prácticas sostenibles en el diseño y construcción de edificaciones dentro de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali?

### ***1.1.3 Alcance del trabajo de grado***

El alcance de este proyecto se centra en el desarrollo de una guía de diseño y construcción sostenible para la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, basado en el análisis de normativas locales e internacionales y adaptado a las necesidades específicas del campus. Este documento proporcionará directrices que cumplan y de ser posible exceder los requisitos normativos actuales, promoviendo prácticas sostenibles en proyectos de edificación, tanto nuevos como de remodelación.

El enfoque de esta guía será integral, incluyendo una metodología para medir el impacto ambiental y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, con metas claras para la mitigación en áreas clave: la eficiencia en el uso del agua potable y energía, el aprovechamiento de aguas residuales, la promoción de materiales de bajo costo y la calidad del ambiente interior. Además, ofrecerá un análisis de la evolución de la normativa vigente en Colombia y su relevancia en el ámbito universitario.

Concebido como una herramienta esencial para futuros desarrollos de infraestructura, la guía contribuirá a que las actividades de construcción y remodelación se alineen con los principios de sostenibilidad y la Visión 2025 de la universidad. Este enfoque permitirá que la universidad avance en su compromiso con la sostenibilidad, integrando prácticas responsables en la gestión de recursos y reducción de la huella ambiental de sus proyectos.

Si bien el proyecto no incluye la implementación inmediata de las recomendaciones, la guía facilitará su adopción progresiva a largo plazo, proporcionando una base para que las prácticas sostenibles se incorporen en todas las fases de desarrollo de infraestructura. Con directrices claras y prácticas, el documento no solo garantiza el cumplimiento de normativas ambientales, sino que también fomenta una cultura de sostenibilidad replicable en otros contextos. Esto beneficiará no solo a la universidad, sino también a otras instituciones y organizaciones interesadas en proyectos de construcción sostenible, promoviendo edificaciones más respetuosas con el medio ambiente.

## **1.2 Objetivos del proyecto**

### ***1.2.1 Objetivo general***

Diseñar una guía de construcción que promueva la incorporación de estrategias sostenibles en las futuras edificaciones y remodelaciones de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

- Analizar la legislación colombiana sobre sostenibilidad y edificaciones universitarias para construir la línea base de parámetros normativos de construcción sostenible.
- Proponer una metodología de toma de decisiones que permita identificar las estrategias sostenibles de mayor impacto en el campus universitario.

- Estructurar una guía práctica que promueva la construcción sostenible en ejes como agua, energía, materiales y calidad del ambiente interior.

### 1.3 Justificación del trabajo de grado

En Colombia, la situación es crítica. El sector de la construcción, además de ser un pilar económico, es responsable de un importante porcentaje de las emisiones de CO<sub>2</sub> y del consumo masivo de recursos naturales. En ciudades como Cali, el bajo nivel de aprovechamiento de residuos y la falta de estrategias locales de construcción sostenible acentúan esta problemática, poniendo en riesgo los ecosistemas locales y la calidad de vida de sus habitantes.

La Pontificia Universidad Javeriana de Cali, en su esfuerzo por alinear su desarrollo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y su Visión 2025, ha demostrado su compromiso con la sostenibilidad a través de iniciativas como el Plan estratégico para la Gestión Sostenible del Campus (Ecocampus) y el proyecto Cedro Rosado. Este edificio cuenta con una tecnología de automatización que integra y coordina el Distrito de Enfriamiento, permitiendo integrar y coordinar algunos de los sistemas del edificio, con fácil acceso a través de la red, mediante una interfaz web de operación segura y sencilla para los usuarios, desde cualquier lugar con acceso a una conexión de internet. (Andres Alfonso Galeano Gómez et al., 2023). El desarrollo de una guía de construcción sostenible para la Pontificia Universidad Javeriana de Cali tiene el potencial de cubrir esta necesidad crítica. Esta guía permitirá alinear los proyectos de infraestructura con las mejores prácticas en sostenibilidad, adaptándose y en algunos casos superando los requisitos normativos actuales y contribuyendo de manera significativa a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, el ahorro de recursos clave como confort, agua y energía, y la optimización del uso de materiales eco-amigables. Además, este documento adaptará las mejores prácticas a las condiciones climáticas y geográficas específicas de Cali, como el microclima de la zona de Pance y las características del suelo, proporcionando soluciones prácticas para reducir el impacto ambiental, optimizar el uso de recursos y minimizar la generación de residuos.

Esta guía también fortalecerá el compromiso institucional con el desarrollo sostenible, consolidando estrategias que permitan cumplir con la definición de desarrollo sostenible, “como la capacidad de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones” (United Nations, 1987). La guía servirá como una herramienta clave para reducir la

huella ecológica del campus, promover prácticas ecoeficientes y guiar a la universidad en la obtención de certificaciones internacionales que validen sus esfuerzos.

## 2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El abordaje de la construcción sostenible requiere una comprensión profunda de los marcos conceptuales, las estrategias normativas y las experiencias aplicadas que han influido en su consolidación como una respuesta integral a los retos ambientales, sociales y económicos actuales. A partir de referentes internacionales como el Informe Brundtland, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y acuerdos multilaterales, así como del desarrollo progresivo de políticas públicas en Colombia, se ha configurado una base sólida que impulsa transformaciones en el sector de la edificación. Esta sección recopila y analiza estudios, normativas y buenas prácticas relacionadas con la sostenibilidad en el entorno construido, con especial énfasis en el contexto educativo, donde las universidades desempeñan un papel estratégico como agentes de cambio hacia un modelo de infraestructura más eficiente, resiliente y responsable con el entorno.

### 2.1 Marco Teórico

#### 2.1.1 *Conceptos y principios fundamentales*

Para comprender la construcción sostenible, es fundamental analizar el origen y desarrollo del término "Desarrollo Sostenible". En este contexto, economistas clásicos como Thomas Malthus plantearon inquietudes sobre la sobrepoblación y la limitación de recursos, alertando sobre las posibles consecuencias de un crecimiento poblacional desmedido en la disponibilidad de bienes y servicios esenciales (Itziar Aguado Moralejo, 2009). Esta perspectiva inicial estableció una base para el análisis de la interacción entre el crecimiento económico y la capacidad de la Tierra para sostener a la población.

Un hito crucial en la evolución de este concepto fue la publicación del Informe Brundtland en 1987, elaborado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (United Nations, 1987). Este informe introdujo el debate en la esfera política internacional sobre la necesidad de modificar el modelo económico vigente, proponiendo que el desarrollo debía satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras. Así, el Informe Brundtland estableció el desarrollo sostenible como un enfoque integrador, que busca equilibrar el crecimiento económico, la inclusión social y la protección ambiental.

Posteriormente, en 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la Agenda 2030 (Asamblea General, 2015) que incluye los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

como un plan de acción integral para fomentar el bienestar de las personas y del planeta en las dimensiones económica, social y ambiental. En este marco, el Gobierno Nacional ha venido realizando esfuerzos de articulación para cumplir con los ODS, involucrando a entidades nacionales, gobiernos regionales y territoriales, el sector privado, la academia y la sociedad civil. Esta acción colectiva apunta a transformar y promover la sostenibilidad en el territorio nacional



Figura 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible (Asamblea General, 2015)

#### Construcción sostenible:

La construcción sostenible se define como un proceso holístico orientado a restaurar y mantener la armonía entre el ambiente natural y el entorno construido. Este enfoque busca desarrollar asentamientos que respeten y refuercen la dignidad humana, promuevan la equidad social y contribuyan al desarrollo económico equilibrado. Implica adoptar prácticas innovadoras en diseño, construcción, operación y mantenimiento, basadas en principios de sostenibilidad ambiental, social y económica. (Dias Pereira et al., 2014).

Una edificación sostenible se caracteriza por el uso eficiente de materiales y recursos, el aprovechamiento de energías renovables, la reducción de residuos y la mejora de la calidad del ambiente interior. Además, incorpora materiales con bajo impacto ambiental, reciclables o renovables, y promueve la eficiencia energética e hídrica a lo largo de todo su ciclo de vida. A nivel global, certificaciones como LEED (Leadership in Energy and Environmental Design),

Universidad Verde y EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) establecen lineamientos que orientan el diseño, construcción y operación de edificaciones sostenibles, contribuyendo a la reducción de la huella de carbono y a la creación de espacios saludables y resilientes.

En el contexto colombiano, diversos estudios han abordado los principios y estrategias de la construcción sostenible, destacando tanto sus fundamentos conceptuales como su aplicación práctica. Lugo Díaz en su trabajo de grado, por ejemplo, propone una serie de parámetros técnicos dirigidos a la certificación de proyectos de vivienda sostenible en Bogotá, resaltando el papel de las certificaciones LEED, EDGE y CASA Colombia como herramientas clave para garantizar un uso eficiente de los recursos naturales y mitigar el impacto ambiental. (Diana Marcela Lugo Díaz, 2020). Además, su trabajo desmitifica creencias erróneas comunes en el gremio de la construcción, evidenciando que este tipo de edificaciones no solo son viables, sino que representan una inversión estratégica orientada al bienestar, la calidad de vida y la sostenibilidad urbana.

De manera complementaria, Villamil Bueno aborda el diseño sostenible desde una perspectiva arquitectónica aplicada a proyectos de vivienda de interés social (VIS) y prioritario (VIP) (Francis et al., 2019). Su investigación desarrolla una guía metodológica basada en el diseño pasivo, que aprovecha las condiciones climáticas locales mediante simulaciones térmicas, lumínicas y acústicas utilizando herramientas digitales como LadyBug, Honeybee e INSUL. Esta propuesta evidencia que la aplicación de estrategias bioclimáticas en la fase de diseño permite reducir significativamente el consumo energético y mejorar las condiciones de habitabilidad, incluso en edificaciones de bajo presupuesto.

Una revisión integral del consumo de energía en edificios educativos proporciona puntos de referencia para calefacción, refrigeración y electricidad. Se destacan las elevadas demandas energéticas de las escuelas a nivel mundial, principalmente impulsadas por necesidades de calefacción, ventilación e iluminación. Además, se subraya cómo el consumo varía en función de factores como la zona climática, el diseño del edificio y las horas de operación. A partir del análisis de prácticas globales, se establecen puntos de referencia utilizando métricas como el consumo de energía por metro cuadrado y por estudiante, y se enfatiza la importancia de evaluar la eficiencia energética.

Asimismo, se resalta el papel fundamental de las instituciones educativas en la promoción de la sostenibilidad mediante la reducción de costos energéticos y de emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a metas ambientales más amplias. Este enfoque brinda una base teórica sólida para crear pautas de eficiencia energética en instituciones educativas y guía el desarrollo de prácticas de construcción sustentable como se menciona en (Francis et al., 2019) de lo anterior se agrega valores de consumo anual de energía térmica de las escuelas por país (kWh/m<sup>2</sup>).

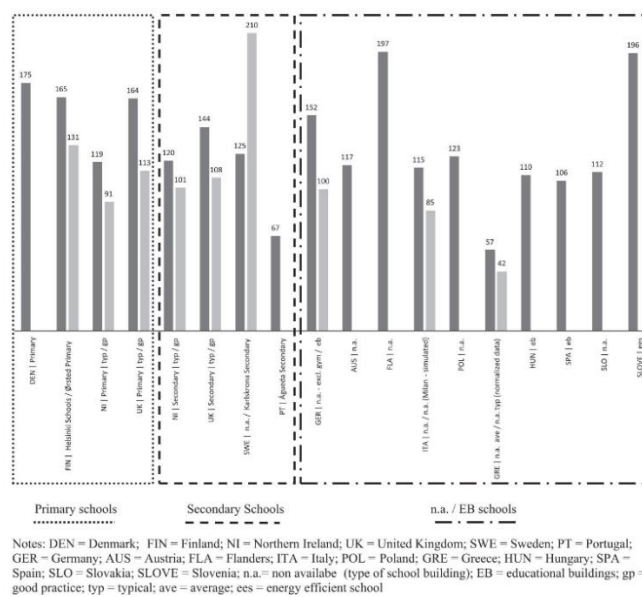


Figura 2. Energy consumption in School (Francis et al., 2019)

La responsabilidad de las universidades en la promoción de la sostenibilidad, destacando que su infraestructura, debido a su gran escala y alta densidad de ocupación, tiene un impacto significativo en el medio ambiente. Las instituciones educativas, más allá de su función principal en la educación e investigación, tienen el potencial de liderar la transición hacia un desarrollo sostenible a través de la implementación de prácticas de construcción y operación que minimicen su huella de carbono y optimicen el uso de recursos. Este compromiso con la sostenibilidad incluye la adopción de políticas y herramientas de certificación, que orientan a las universidades a cumplir y superar los estándares ambientales básicos, estableciendo así un modelo de responsabilidad ambiental en el sector educativo.

Las estrategias efectivas que algunas universidades han implementado con éxito, como sistemas de gestión de energía, tecnologías de construcción ecológicas, y el diseño de espacios que

favorecen tanto el ahorro energético como la eficiencia en el uso de recursos. Estas prácticas incluyen la instalación de paneles solares para la generación de energía limpia, la captación y reutilización de agua de lluvia para reducir el consumo hídrico, y el uso de estructuras arquitectónicas que maximizan la ventilación cruzada y la iluminación natural, disminuyendo la dependencia de sistemas artificiales de climatización e iluminación.

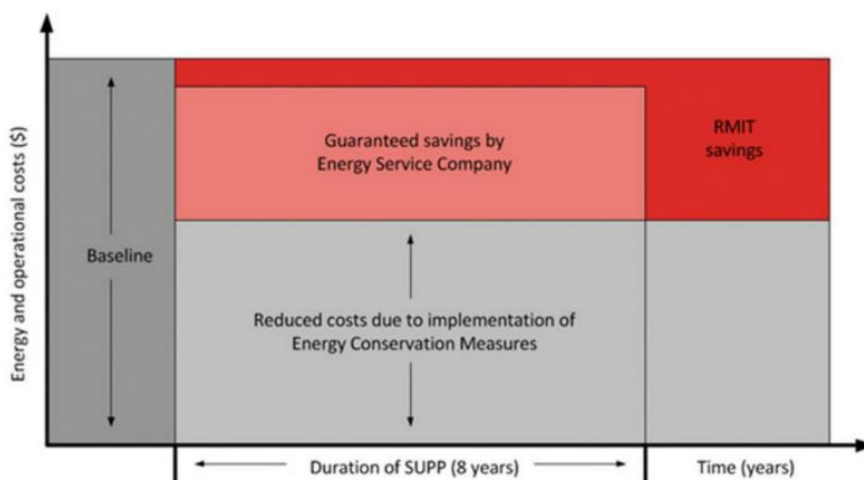


Figura 3 *University Buildings: The Push and Pull for Sustainability* (Francis et al., 2019)

Además de contribuir a la reducción de costos operativos, estos modelos de construcción sostenible elevan la calidad ambiental de los campus universitarios y fomentan un entorno más saludable y confortable para sus ocupantes, al mejorar la calidad del aire interior y reducir la exposición a agentes contaminantes. Según (Francis et al., 2019) estas prácticas no solo benefician directamente a las universidades, sino que también posicionan a las instituciones educativas como ejemplos de sostenibilidad, generando un impacto positivo que trasciende al resto de la comunidad y al entorno local. Este enfoque integrado de sostenibilidad permite que las universidades adapten sus infraestructuras a estándares ambientales de alto nivel, promoviendo un uso más eficiente de los recursos y facilitando la transición hacia un modelo de construcción y operación responsable.

#### 2.1.1.1 Toma de datos cualitativos

Según Patton (2015), la validez de una investigación cualitativa depende en gran medida de la idoneidad de los participantes, ya que estos deben ser capaces de aportar información detallada y significativa sobre el fenómeno en estudio. En este sentido, la selección adecuada de los informantes es un aspecto crucial para garantizar la riqueza y profundidad del análisis (Michael Quinn Patton, 2015).

Por su parte, la metodología del grupo focal se presenta como una herramienta valiosa dentro del enfoque cualitativo, ya que consiste en reunir a un grupo de personas que poseen conocimientos o experiencias relevantes sobre un tema específico. Bajo la moderación de un facilitador, estos participantes interactúan en un espacio diseñado para promover discusiones profundas y colaborativas. Esta técnica no solo permite explorar percepciones, opiniones y experiencias desde una perspectiva colectiva, sino que además facilita la identificación de necesidades y problemáticas que, en muchos casos, no se visibilizan a través de métodos cuantitativos. (Krueger et al., 2015).

#### 2.1.1.2 Metodología Q – Sorting

En el presente estudio, se emplea la Metodología Q como instrumento cuali-cuantitativo para analizar las percepciones de actores clave frente a la implementación de estrategias de construcción sostenible en el contexto universitario. Esta metodología, desarrollada por William Stephenson (1953) y posteriormente aplicada en diversos campos por autores como Brown (1980), permite estudiar la subjetividad de los participantes de manera estructurada, articulando elementos propios de la investigación cualitativa y del análisis factorial cuantitativo (André-Noël Roth Deubel & Elizabeth Bernal Gamboa, 2014)

La técnica se basa en la clasificación de afirmaciones (Q-sample) por parte de los participantes según su nivel de acuerdo o desacuerdo (Q-sort), permitiendo identificar patrones de pensamiento comunes o divergentes dentro de un grupo social determinado. A diferencia de las metodologías tradicionales (tipo R), que correlacionan variables, la Metodología Q correlaciona personas en función de sus puntos de vista, ofreciendo así una forma de visibilizar las distintas formas de concebir la sostenibilidad dentro del campus universitario.

Este enfoque resulta especialmente útil en contextos donde se requiere comprender las valoraciones subjetivas respecto a un conjunto amplio de estrategias o acciones, como es el caso del diseño de una guía de construcción sostenible. La Metodología Q no solo permite identificar consensos y disensos entre distintos actores universitarios (estudiantes, docentes, administrativos), sino que además aporta insumos relevantes para orientar la toma de decisiones participativas y fundamentadas en el marco de la sostenibilidad institucional.

## **2.2 Marco Contextual**

En Colombia, la construcción sostenible ha adquirido una importancia sin precedentes, impulsando transformaciones significativas en el sector para afrontar los grandes desafíos ambientales, sociales y económicos. Este enfoque responde a la urgente necesidad de implementar prácticas que mitiguen el cambio climático, optimicen el uso de recursos naturales y promuevan el bienestar social, en un contexto marcado por el crecimiento poblacional y la urbanización que ejercen una fuerte presión sobre el medio ambiente y los recursos limitados del país (CCCS, n.d.).

En Cali, la sostenibilidad se ha consolidado como uno de los pilares esenciales del modelo de desarrollo urbanístico del Distrito Especial de Santiago de Cali. En este marco, el Manual de Construcción Sostenible y el Sello Cali Construye Sostenible han surgido como herramientas clave para fomentar e integrar criterios sostenibles en la planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de proyectos urbanos y edificatorios (Alcaldía de Santiago de Cali, 2022)Alca, 2022). Estas directrices se aplican en el suelo urbano, áreas de expansión y zonas rurales suburbanas, en concordancia con los lineamientos del Plan de Ordenamiento Zonal, buscando así mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y asegurar un crecimiento urbano armónico y respetuoso con el entorno.

En el ámbito académico, la Pontificia Universidad Javeriana de Cali ha asumido un rol destacado en la promoción de la sostenibilidad mediante su Visión 2025 y el Proyecto Ecocampus, que buscan alinear las actividades del campus con principios sostenibles y reducir su huella ecológica. En este contexto, la universidad ha reconocido la necesidad de establecer directrices específicas para orientar sus proyectos de infraestructura hacia prácticas de construcción sostenible. La creación de una guía de construcción sostenible proporcionará pautas prácticas para aplicar estos principios en el diseño, construcción y remodelación de las instalaciones universitarias, promoviendo un uso responsable de los recursos, la adecuada gestión de residuos y un respeto integral por el medio ambiente.

## **2.3 Marco Normativo**

### ***2.3.1 Marco Normativo Internacional***

Para comprender la normativa relacionada con la construcción sostenible y su aplicación en edificaciones universitarias, es fundamental analizar su evolución a lo largo del tiempo y el

contexto en el que surgieron las primeras regulaciones gubernamentales en materia de sostenibilidad. El desarrollo normativo en este ámbito ha sido impulsado por una serie de acuerdos internacionales, estándares y certificaciones que han ido evolucionando en respuesta a la creciente preocupación por el impacto ambiental de las edificaciones.

Desde la segunda mitad del siglo XX, el debate sobre sostenibilidad ha dado lugar a la formulación de políticas y marcos regulatorios que han transformado el sector de la construcción. Estos avances han promovido la adopción de prácticas responsables en el uso de los recursos naturales, la eficiencia energética y la reducción de emisiones contaminantes, sentando las bases para la consolidación de modelos constructivos alineados con los principios del desarrollo sostenible.

La evolución del marco normativo internacional en sostenibilidad tuvo un punto de partida clave con la Conferencia de Estocolmo de 1972, organizada por las Naciones Unidas, la cual impulsó por primera vez la incorporación de la dimensión ambiental en las agendas políticas globales, sentando las bases para futuras regulaciones sectoriales, incluida la construcción (United Nations, 1972). A este hito le siguió en 1987 la publicación del Informe Brundtland, que introdujo el concepto de desarrollo sostenible como principio rector para la formulación de políticas públicas, promoviendo un equilibrio entre crecimiento económico, equidad social y protección ambiental (United Nations, 1987). Este enfoque integrador influyó directamente en la generación de marcos legales y técnicos orientados a reducir el impacto ambiental de las edificaciones y fomentar prácticas constructivas más responsables.

En 1992, la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro consolidó estos principios a través de la Agenda 21, la cual incluyó lineamientos específicos para promover prácticas de construcción ecoeficiente y el manejo adecuado de los recursos naturales (*División de Desarrollo Sostenible de Las Naciones Unidas*, 1992). A medida que las preocupaciones ambientales crecieron, en 1999 se estableció la norma ISO 14001, un estándar internacional para la gestión ambiental que abarcó distintos sectores, incluida la industria de la construcción (ISO 14001:2015, 2015). Este marco normativo permitió la incorporación de sistemas de gestión ambiental en las edificaciones, orientando su desarrollo hacia la minimización del impacto ambiental.

El cambio climático y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero impulsaron la adopción de compromisos internacionales más estrictos, como el Protocolo de

Kioto, cuya ratificación en 2002, estableció medidas concretas para reducir las emisiones a nivel global (Naciones Unidas, 2005). Como parte de estas acciones, la eficiencia energética y la reducción del impacto ambiental en la construcción adquirieron mayor relevancia, dando lugar a sistemas de certificación como LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), que en su versión 3.0 de 2009 se consolidó como un referente mundial en la evaluación de edificaciones sostenibles (*Certificación Del Sistema de Gestión Energética | AENOR, 2009*). Este sistema promovió el uso eficiente de la energía, el ahorro de agua y la utilización de materiales ecoamigables.

El fortalecimiento de las regulaciones en materia de sostenibilidad continuó con la Directiva de Eficiencia Energética de la Unión Europea en 2010, la cual estableció que los edificios públicos debían ser de consumo energético casi nulo, promoviendo el desarrollo de edificaciones con altos estándares de eficiencia energética (*Directiva - 2010/31 - EN - EUR-Lex, 2010*). En 2012, la norma ISO 50001 reforzó este enfoque al definir requisitos para la gestión de la energía en la industria y la construcción, asegurando la mejora continua en el desempeño energético de los edificios (*ISO 50001: A Framework for Continuous Energy Improvement - My Green Montgomery : My Green Montgomery, n.d.*).

A nivel global, uno de los acuerdos más influyentes en la política climática y la regulación de la construcción sostenible fue el Acuerdo de París de 2015. Este tratado internacional comprometió a los países firmantes a reducir significativamente sus emisiones de gases de efecto invernadero, impulsando la implementación de normativas más estrictas en eficiencia energética y la adopción de estrategias para la reducción de la huella de carbono en el sector de la construcción (United Nations Climate Change, 2015). En el ámbito europeo, en 2016 se consolidó la certificación BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), una metodología de evaluación ambiental que promovió la reducción de residuos, la eficiencia energética y el uso de materiales sostenibles en edificaciones (*BREEAM®. El Certificado de Construcción Sostenible, 2016*).

El camino hacia una construcción verdaderamente sostenible se ha orientado en la última década hacia el desarrollo de estándares que promuevan edificaciones con un impacto ambiental mínimo. En 2020, los estándares de Edificación Cero Energía establecieron que los edificios nuevos debían producir tanta energía como la que consumen, incentivando la integración de

energías renovables y la implementación de tecnologías de eficiencia energética (gencat, 2020). Este enfoque ha permitido que las normativas evolucionen hacia la construcción de infraestructuras resilientes y autosuficientes, con miras a mitigar los efectos del cambio climático y optimizar el uso de los recursos en el sector edificador.

Este marco regulador internacional ha servido de referencia para la formulación de normativas nacionales en distintos países, incluida Colombia, donde la construcción sostenible ha sido incorporada en la legislación con el objetivo de reducir el impacto ambiental de las edificaciones y fomentar la eficiencia en el uso de recursos. La evolución de estas regulaciones continúa en función de los avances tecnológicos y las necesidades ambientales globales, consolidando un modelo de construcción que responde a los principios de sostenibilidad y mitigación del cambio climático.

### ***2.3.2 Marco Normativo Nacional***

En Colombia, la construcción sostenible ha sido impulsada por diversas regulaciones que buscan mitigar el impacto ambiental de las edificaciones y mejorar la eficiencia en el uso de los recursos. Aunque el país ha seguido lineamientos internacionales, ha desarrollado un marco normativo propio, adaptado a su contexto socioeconómico y ambiental, integrando principios de sostenibilidad en la planificación urbana y el desarrollo de infraestructura.

Uno de los hitos más importantes en la evolución de la normativa constructiva nacional fue la promulgación de la Ley 400 de 1997, la cual sentó las bases para el diseño y construcción de edificaciones sismo resistentes (Departamento Administrativo de la Función Pública, 1997). Aunque su objetivo principal era garantizar la seguridad estructural frente a eventos sísmicos, esta ley introdujo conceptos clave que más adelante contribuirían al desarrollo de la construcción sostenible, tales como el uso de materiales adecuados y técnicas constructivas resilientes, coherentes con los principios de sostenibilidad.

Con el acelerado crecimiento urbano y el consecuente aumento en la demanda energética, surgió la necesidad de establecer una normativa más específica que abordara los desafíos ambientales asociados a la expansión de las ciudades. En este contexto, el Acuerdo 0373 de 2014 del Concejo de Santiago de Cali representó un avance significativo en la regulación local para la construcción sostenible (CONCEJO DE SANTIAGO DE CALI, 2014). Esta normativa sentó las bases para integrar criterios ambientales en el desarrollo urbano, promoviendo la adopción de

materiales ecoeficientes, así como el diseño y ejecución de edificaciones orientadas a la optimización del consumo de agua y energía.

El acuerdo no solo se enfocó en reducir el impacto ambiental de las nuevas construcciones, sino que también planteó parámetros obligatorios para el licenciamiento urbanístico, promoviendo prácticas como el manejo adecuado de residuos de construcción y demolición (RCD), el uso de fuentes alternativas de energía, y la implementación de sistemas pasivos de climatización. De esta forma, Cali se convirtió en una de las ciudades pioneras en Colombia en establecer una normativa integral que articula sostenibilidad, urbanismo y responsabilidad ambiental, alineándose con los compromisos nacionales e internacionales en materia de cambio climático y desarrollo sostenible.

En el año 2015, la Resolución 549, mediante la cual se adoptó el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), fortaleció significativamente la regulación del consumo energético en edificaciones en Colombia (Ministerio de Vivienda, 2015.). Esta normativa estableció requisitos técnicos para el diseño, implementación y operación de sistemas de iluminación, tanto interiores como exteriores, en edificaciones públicas y privadas. Su propósito principal fue promover el uso de tecnologías de alta eficiencia energética, reducir el consumo eléctrico y garantizar condiciones óptimas de confort visual. RETILAP se consolidó, así como una herramienta clave en la transición hacia edificaciones energéticamente eficientes, sentando las bases para una planificación eléctrica más sostenible en el sector de la construcción.

El compromiso del país con la sostenibilidad se afianzó aún más con la promulgación de la Ley 1931 de 2018, que define los lineamientos para la gestión del cambio climático en Colombia. Esta ley establece medidas obligatorias para los sectores económicos, incluido el de la construcción, orientadas a la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático (Departamento Administrativo de la Función Pública, 2018). Entre sus disposiciones, promueve la incorporación de criterios climáticos en la planificación territorial y en los instrumentos de ordenamiento urbano, fomentando el diseño de edificaciones que sean más eficientes en el uso de recursos, con menor huella ambiental y mayor capacidad de resiliencia frente a eventos extremos.

Además, el Documento CONPES 3919 de 2018, que establece la Política Nacional de Edificaciones Sostenibles, constituye un instrumento clave para promover criterios de sostenibilidad durante todo el ciclo de vida de las edificaciones (Manuel Santos Calderón et al., 2018). Esta política propone incentivos financieros, mecanismos de seguimiento y herramientas

para la transición hacia edificaciones más sostenibles, integrando aspectos como el diseño bioclimático, la eficiencia energética, el uso racional del agua, la gestión de residuos y el uso de materiales sostenibles. Asimismo, se alinea con los compromisos internacionales como los ODS y el Acuerdo de París.

La consolidación del enfoque sostenible en el sector edificador colombiano se reforzó con la implementación de la Estrategia Nacional de Economía Circular (2019), la cual representa un cambio estructural en el modelo de desarrollo productivo del país (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Comercio, 2019). Esta estrategia promueve el cierre de ciclos de materiales, la valorización de residuos, el uso eficiente del agua y la energía, así como la innovación tecnológica y la creación de nuevos modelos de negocio sostenibles. En el sector de la construcción, fomenta prácticas como la reutilización de materiales, la incorporación de insumos reciclados y la disminución de residuos de construcción y demolición (RCD), posicionando a Colombia como pionera en América Latina en la adopción de una política nacional de economía circular. Esta iniciativa se alinea con las metas de reducción de gases de efecto invernadero y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), articulando esfuerzos entre el sector público, privado, academia y sociedad civil.

Posteriormente, en 2022, se publicó la Hoja de Ruta Nacional de Edificaciones Neto Cero Carbono, un documento estratégico que establece las metas y acciones necesarias para alcanzar la descarbonización total del sector edificador colombiano al año 2050 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022). Esta hoja de ruta define objetivos progresivos para reducir tanto las emisiones de carbono operacional como las embebidas, promoviendo la transformación del diseño, construcción y operación de las edificaciones mediante estrategias de eficiencia energética, electrificación de usos finales, implementación de sistemas constructivos bajos en carbono, uso de herramientas como el análisis de ciclo de vida (ACV) y el fortalecimiento de los procesos de certificación. Asimismo, plantea intervenciones específicas en edificaciones nuevas, existentes y asentamientos informales, reconociendo el papel clave de la normativa, la tecnología, el financiamiento y el desarrollo de capacidades en la transición hacia una infraestructura urbana sostenible.

A lo largo de las últimas décadas, Colombia ha venido construyendo un marco regulatorio progresivo y robusto que responde a los desafíos ambientales contemporáneos. La integración de

principios de sostenibilidad en la legislación nacional ha permitido avanzar hacia un modelo de edificación más consciente, donde se prioriza el uso racional de los recursos, la eficiencia energética y la reducción de impactos negativos al entorno. La implementación continua y progresiva de estas normativas será fundamental para consolidar una infraestructura más sostenible, resiliente y alineada con los compromisos internacionales asumidos por el país en materia de cambio climático y desarrollo sostenible.

### 3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación adopta un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos para el desarrollo de una Guía de Construcción Sostenible. Esta combinación permite no sólo analizar la evolución de la legislación colombiana y comprender las implicaciones de las prácticas sostenibles en el campus universitario (enfoque cualitativo), sino también evaluar datos técnicos y normativos, así como utilizar herramientas de análisis para la toma de decisiones basadas en evidencia (enfoque cuantitativo).

La metodología se divide en tres fases interdependientes, lo que permite estructurar el trabajo de manera secuencial y orientada hacia la entrega del documento final. El tipo de investigación es descriptiva y aplicada. Es descriptiva porque analiza la normativa vigente en Colombia y las certificaciones de construcción sostenible, así como las necesidades específicas de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali en materia de diseño, construcción y mantenimiento. Es aplicada porque tiene como finalidad la elaboración de una guía práctica que será implementada en futuros proyectos dentro del campus universitario.

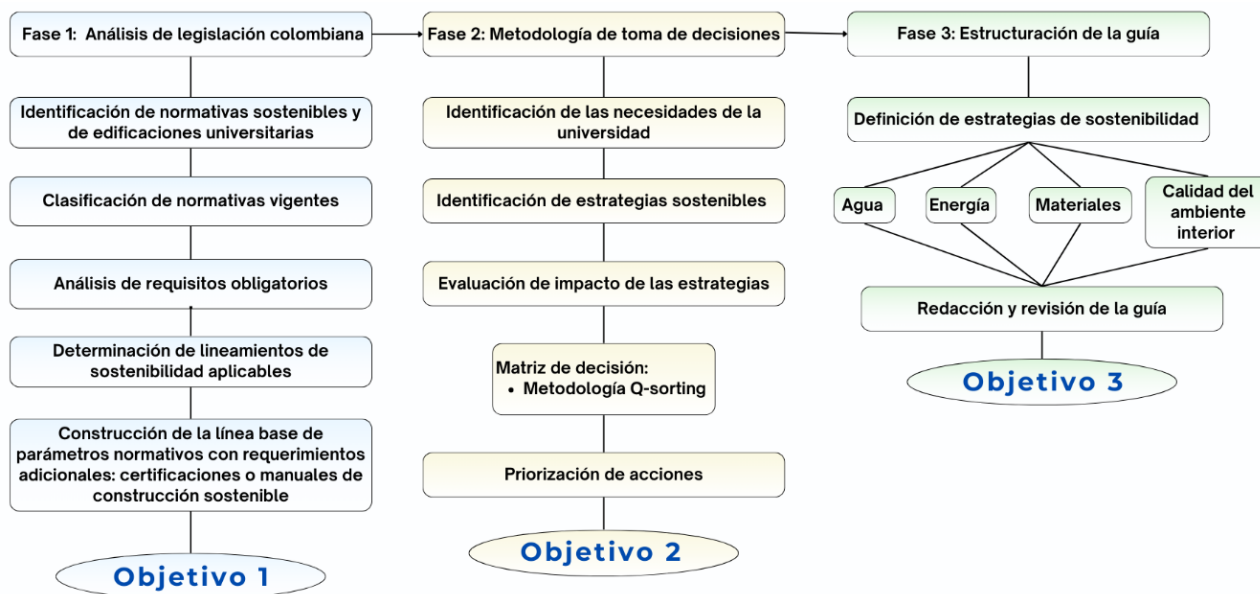


Figura 4. Diagrama Esboce Metodología

Posteriormente, se empleó una matriz de decisión que facilite la identificación de estrategias de construcción sostenible alineadas con las certificaciones y la normativa colombiana.

Esta herramienta permitió seleccionar las estrategias que respondan a las necesidades actuales del campus y que generen un mayor impacto en términos de sostenibilidad.

Finalmente, con base en los datos obtenidos, se procedió a la elaboración de una guía práctica de construcción sostenible. Este documento ofrecerá directrices claras para la implementación de buenas prácticas en áreas clave como la gestión del agua, la eficiencia energética, el uso de materiales sostenibles y la calidad del ambiente interior.

### **3.1 Fase 1: Análisis de la legislación vigente en materia de sostenibilidad y construcción universitaria.**

En esta fase se llevó a cabo la identificación, clasificación y análisis de las normativas colombianas vigentes en materia de construcción sostenible, con énfasis en su aplicabilidad a edificaciones universitarias. Este proceso permitió establecer una línea base normativa que consolida los parámetros legales y técnicos más relevantes para el contexto institucional. Además de las disposiciones nacionales obligatorias, se incorporaron criterios complementarios provenientes de certificaciones y manuales reconocidos, como LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) y el Manual de Construcción Sostenible de Cali, con el fin de robustecer los estándares mínimos legales. A partir de este análisis integral, se definieron los lineamientos de sostenibilidad que orientarán las futuras intervenciones constructivas en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, garantizando el cumplimiento normativo y la adopción de buenas prácticas en diseño, construcción y operación de infraestructuras educativas sostenibles.

#### ***3.1.1 Identificación de normativas sostenibles y de edificaciones universitarias***

Se elaboró una línea de tiempo que recopila las principales normativas relacionadas con la sostenibilidad en la construcción a nivel nacional. Esta línea de tiempo permite visualizar la evolución normativa desde una perspectiva cronológica, facilitando la comprensión del marco legal que regula las prácticas sostenibles en Colombia.

#### ***3.1.2 Clasificación de normativas vigentes***

Una vez identificadas las normativas relacionadas con la sostenibilidad y la construcción en el ámbito universitario, se procedió a su clasificación según su ámbito de aplicación, naturaleza

y alcance. Esta clasificación permite organizar y jerarquizar el marco normativo, facilitando su análisis e interpretación en el contexto del desarrollo de una guía práctica para la Pontificia Universidad Javeriana de Cali.

### ***3.1.3 Análisis de requisitos obligatorios***

En esta etapa se realizó un análisis detallado de los requisitos obligatorios establecidos en las normativas nacionales e internacionales identificadas, con el objetivo de determinar aquellas políticas que integran criterios netamente sostenibles en el ámbito de la construcción. El enfoque se centró en disposiciones legales que influyen directamente en los procesos de planificación, diseño, construcción y operación de edificaciones, con especial énfasis en aquellas aplicables al entorno universitario.

Para garantizar la pertinencia y actualidad del marco normativo considerado, se definió un horizonte temporal de análisis de los últimos diez años, comprendido entre 2015 y 2025. Esta decisión metodológica responde a la necesidad de capturar el proceso de actualización progresiva que ha experimentado la normativa en materia de sostenibilidad, en consonancia con los compromisos ambientales adquiridos a nivel global (como los Objetivos de Desarrollo Sostenible) y los avances tecnológicos en el sector de la construcción.

La sostenibilidad en la construcción es un campo altamente dinámico, donde los marcos regulatorios han evolucionado significativamente en la última década, pasando de lineamientos generales a requerimientos más específicos y medibles en términos de eficiencia energética, gestión hídrica, selección de materiales, calidad ambiental interior y reducción de huella de carbono. Por esta razón, limitar el análisis a normativas recientes permite identificar criterios más alineados con los desafíos actuales del cambio climático y la transición hacia edificaciones resilientes y bajas en emisiones.

Este análisis permitió delimitar el conjunto de requisitos normativos mínimos que deben ser cumplidos, los cuales sirvieron como línea base para la formulación de estrategias sostenibles dentro de la guía propuesta. Así, se garantiza que las acciones recomendadas no sólo cumplan con la legislación vigente, sino que estén fundamentadas en criterios actualizados, aplicables y técnicamente viables para el contexto de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali.

### ***3.1.4 Determinación de lineamientos de sostenibilidad aplicables***

Con base en el análisis normativo desarrollado en las etapas anteriores, se definieron los lineamientos de sostenibilidad aplicables a los proyectos de construcción y remodelación dentro del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. Estos lineamientos se estructuraron a partir de los parámetros sostenibles identificados como prioritarios, teniendo en cuenta su viabilidad técnica, normativa y contextual.

Los parámetros fueron organizados en torno a cuatro ejes fundamentales de sostenibilidad que presentan alta incidencia en el desempeño ambiental de las edificaciones:

- Eficiencia en el uso del agua: incluye estrategias para la reducción del consumo mediante grifería eficiente, sanitarios de bajo flujo, sistemas de recolección de aguas lluvias y reutilización de aguas grises.
- Gestión sostenible de materiales: considera la selección de materiales con bajo impacto ambiental, uso de productos reciclados o reutilizables, materiales regionales, y prácticas de reducción de residuos en obra.
- Eficiencia energética: abarca medidas como el diseño bioclimático, uso de iluminación natural, incorporación de sistemas de control y automatización, implementación de fuentes renovables y selección de equipos con alto rendimiento energético.
- Confort y calidad del ambiente interior: contempla parámetros de ventilación natural, control térmico pasivo, iluminación adecuada, calidad del aire interior, aislamiento acústico y accesibilidad universal.

Estos lineamientos fueron validados frente a la normativa vigente y adaptados a las condiciones específicas del campus universitario, considerando su uso académico, su localización climática y el compromiso institucional con el desarrollo sostenible. Su incorporación en la Guía permitirá orientar futuras intervenciones constructivas bajo un enfoque integral de sostenibilidad, coherente con estándares nacionales e internacionales.

### ***3.1.5 Construcción de la línea base de parámetros normativos con requerimientos adicionales: certificaciones o manuales de construcción sostenible***

Durante el desarrollo de esta investigación, se evidenció que, aunque existen normativas nacionales que establecen parámetros mínimos de sostenibilidad para edificaciones —como la Resolución 0549 de 2015, también conocida como RETILAP—, la cantidad de normas específicas aplicables al entorno universitario es limitada. Esta resolución representa el marco regulatorio obligatorio más relevante en Colombia para edificaciones nuevas, especialmente en aspectos de eficiencia energética según la zona climática. Sin embargo, al haber sido expedida hace casi una década, muchos de sus lineamientos requieren ser complementados o actualizados con estándares más exigentes que respondan a los desafíos ambientales actuales y a las tendencias internacionales en construcción sostenible.

Por esta razón, se adoptó una decisión metodológica fundamentada en la necesidad de robustecer la línea base normativa, integrando requerimientos adicionales provenientes de certificaciones y manuales técnicos reconocidos, tanto a nivel nacional como internacional. Esta ampliación busca incorporar criterios de sostenibilidad más rigurosos que permitan elevar los estándares mínimos establecidos por la legislación colombiana.

Entre las fuentes complementarias seleccionadas se encuentran las certificaciones LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) y el Manual de Construcción Sostenible de Cali, las cuales aportan herramientas técnicas orientadas al diseño, evaluación e implementación de estrategias sostenibles en edificaciones. Estas certificaciones permiten evaluar con mayor precisión aspectos como consumo energético, eficiencia hídrica, selección de materiales, confort ambiental, reducción de emisiones, entre otros.

Adicionalmente, se exploró la pertinencia de otras certificaciones emergentes con enfoque institucional, como la certificación Universidad Verde™, que se presenta como un modelo de evaluación y certificación ambiental enfocado en instituciones de educación superior en el ámbito hispanoamericano. Esta certificación fue inicialmente considerada por su aparente alineación con el contexto universitario de esta investigación, ya que se promociona como una herramienta integral para evaluar la sostenibilidad ambiental en campus educativos.

Sin embargo, tras establecer contacto directo con el director fundador del programa, informó que la versión definitiva de la certificación aún no estaba oficialmente publicada. No obstante, se facilitaron versiones preliminares para su revisión. Tras un análisis detallado de su contenido, se concluyó que su enfoque se centra principalmente en aspectos operativos, educativos y de gestión institucional, como campañas ambientales, educación para la sostenibilidad y políticas internas de gobernanza verde. Si bien estos componentes son valiosos, no incluyen criterios técnicos aplicables al diseño, construcción o remodelación física de infraestructuras, que constituyen el eje principal de esta Guía. Por ello, se decidió excluir dicha certificación de la selección final.

El propósito de integrar estas fuentes complementarias es establecer una línea base normativa ampliada, conformada no sólo por los requisitos legales obligatorios, sino también por criterios técnicos voluntarios que representen buenas prácticas y estándares internacionales de alto desempeño. De esta manera, se fortalece el marco de referencia sobre el cual se construyen las estrategias sostenibles aplicables al campus universitario, asegurando que la Guía no sólo cumpla con la legislación vigente, sino que además trascienda los mínimos normativos y promueva la excelencia ambiental en edificaciones educativas.

### **3.2 Fase 2: Metodología de toma de decisiones**

Esta fase tuvo como objetivo estructurar un proceso metodológico que permitiera definir y priorizar estrategias sostenibles aplicables al campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. Se inició con la identificación de necesidades institucionales mediante un grupo focal con la Oficina de Recursos Físicos, abordando aspectos clave como agua, energía, residuos y confort interior.

Luego, se cruzaron estas necesidades con estrategias técnicas provenientes de certificaciones como LEED, EDGE y el Manual de Construcción Sostenible de Cali, seleccionando soluciones alineadas con los retos identificados. Para priorizarlas, se aplicó la técnica Q-sorting, evaluando cada estrategia según criterios técnicos, económicos y ambientales.

El proceso concluyó con una matriz de priorización que permitió identificar acciones de alto impacto y viabilidad, incluyendo aquellas que resuelven múltiples necesidades de forma

simultánea, consolidando así la base técnica para la propuesta de una guía de construcción sostenible adaptada al contexto universitario.

### **3.2.1 Identificación de las necesidades de la universidad**

Como parte del proceso de formulación de la Guía de Construcción Sostenible, se identificó la necesidad de comprender en profundidad las condiciones actuales y los requerimientos específicos de la Pontificia Universidad Javeriana Cali (PUJ Cali) en relación con diversos aspectos clave de la sostenibilidad. Entre estos se destacan el consumo de agua, la construcción, la calidad del ambiente interior y el uso eficiente de la energía. Estos componentes son fundamentales para establecer lineamientos adecuados y contextualizados que permitan orientar futuras intervenciones en el campus universitario con un enfoque sostenible.

En este contexto, y con el propósito de fortalecer el diagnóstico de la situación actual, se sostuvieron reuniones preliminares con el profesor Luis Fernando Macea, adscrito al Departamento de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, con el objetivo de obtener recomendaciones sobre estrategias y herramientas metodológicas pertinentes para la identificación de las necesidades institucionales en materia de construcción y diseño sostenible.

A partir de su experiencia, sugirió la aplicación de la técnica del *focus group* o grupo focal como una estrategia metodológica adecuada para la obtención de información cualitativa. Según su criterio, esta herramienta permite captar percepciones, conocimientos y experiencias desde una perspectiva colectiva, lo cual contribuye de manera significativa al análisis de las necesidades, problemáticas y prioridades institucionales, al ofrecer una visión más amplia e integrada del contexto estudiado.

Atendiendo a su recomendación, se procedió a la organización de un grupo focal conformado por profesionales pertenecientes a la Oficina de Recursos Físicos de la PUJ Cali. Esta unidad es la responsable de la gestión integral de la infraestructura física del campus, incluyendo tareas de mantenimiento, remodelación, diseño y operación de los sistemas técnicos que permiten el funcionamiento cotidiano de la universidad. La sesión del grupo focal se realizó el día 25 de marzo de 2025, y contó con la participación de actores clave cuya experiencia técnica y conocimiento operativo de los sistemas institucionales aseguran la pertinencia y profundidad de los datos obtenidos (Figura 5).



*Figura 5. Focus Group: toma de necesidades a) Cámara 1 y b) Cámara 2.*

Cabe destacar que, para este estudio, el grupo focal fue conformado exclusivamente por miembros de dicha oficina, seleccionados de manera intencional en función de su rol estratégico dentro de la estructura organizacional. Esta selección buscó garantizar que las opiniones y aportes recopilados reflejaran una comprensión directa y especializada de los retos y oportunidades relacionados con la sostenibilidad en el contexto del campus universitario.

Durante la sesión, se abordaron cuatro ejes temáticos principales:

- Eficiencia en el uso del agua
- Gestión de residuos sólidos y construcción
- Prácticas de consumo energético

- Calidad del ambiente interior

La conversación fue guiada por un protocolo estructurado con preguntas abiertas, diseñado para fomentar la participación activa, la reflexión crítica y el intercambio libre de ideas. La sesión fue grabada, previo consentimiento informado (Anexo 2) y posteriormente transcrita para su análisis cualitativo. Este análisis permitirá identificar patrones y puntos críticos que servirán de base para el diagnóstico institucional.

Las preguntas formuladas durante el Focus Group fueron las siguientes:

- Eficiencia en el uso del agua
  - ¿Qué estrategias podrían optimizar el consumo de agua en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali sin comprometer la calidad del servicio?
  - ¿Cuáles son las necesidades de mantenimiento en términos de eficiencia en el uso de recursos hídricos?
  - ¿cuáles creen que son los principales impactos ambientales asociados a la gestión del agua en la infraestructura educativa y cómo pueden mitigarse?
- Prácticas de consumo energético
  - ¿Cuáles creen que son las barreras para adoptar fuentes de energía renovables en el campus y cómo podrían superarse?
  - ¿Cómo percibe usted la relación entre confort lumínica y consumo energético en las edificaciones universitarias? ¿Qué estrategias podrían equilibrar ambos aspectos?
  - ¿Qué medidas podrían implementarse para reducir la huella de carbono del campus?
- Calidad del ambiente interior
  - ¿Cómo se podría fomentar el uso eficiente de la climatización y ventilación en la comunidad universitaria?
  - ¿Qué características deberían considerarse en futuros proyectos de infraestructura para mejorar el confort térmico?
  - ¿Cómo podrían integrarse los hábitos de los usuarios en la mejora del confort térmico sin aumentar el consumo de energía?
- Gestión de residuos sólidos y construcción

- ¿Qué problemas estructurales o de diseño afectan la sostenibilidad del campus?
- ¿Cuáles son las principales barreras para la adopción de materiales de bajo impacto ambiental en los proyectos de infraestructura civil y cómo podrían superarse?
- ¿Cómo pueden integrarse los principios de la economía circular en los procesos constructivos para optimizar el uso de materiales y reducir residuos?

Los resultados obtenidos a partir del análisis del material audiovisual, así como de su respectiva transcripción, permitieron la construcción de un diagnóstico integral que recoge de manera sistemática las principales necesidades del campus universitario en materia de sostenibilidad, específicamente en los cuatro ejes previamente definidos: consumo de agua, gestión de residuos y construcción, calidad del ambiente interior y uso de energía.

Este diagnóstico no sólo evidencia las problemáticas actuales, sino que también identifica oportunidades de mejora y fortalezas existentes en la infraestructura física del campus. De esta manera, se constituye en una herramienta fundamental para orientar la toma de decisiones estratégicas y facilitar la formulación de acciones concretas, dirigidas a optimizar el uso de los recursos disponibles y a consolidar prácticas sostenibles que contribuyan a una gestión ambiental más eficiente y responsable dentro del entorno universitario.

### ***3.2.2 Identificación de estrategias sostenibles***

Como parte del desarrollo metodológico, se realizó un análisis cruzado entre las necesidades previamente identificadas y clasificadas en el apartado 3.2.1, y las estrategias de sostenibilidad revisadas en el apartado 3.1.5. Este ejercicio tuvo como propósito principal establecer correspondencias entre los desafíos detectados en el contexto de la Pontificia Universidad Javeriana Cali y un conjunto de estrategias sostenibles provenientes de tres fuentes de referencia reconocidas: las certificaciones LEED y EDGE, así como el Manual de Construcción Sostenible de la ciudad de Cali.

Para cada necesidad identificada, se buscó asociar al menos tres estrategias sostenibles que ofrecieran una respuesta pertinente y técnica a las problemáticas detectadas. Este procedimiento permitió evidenciar una convergencia significativa entre las distintas fuentes consultadas, en tanto muchas de las estrategias propuestas presentaban similitudes en sus enfoques o incluso coincidencias textuales y conceptuales. Esta redundancia puede explicarse por la existencia de

principios compartidos en torno al diseño, construcción y operación sostenibles, los cuales son promovidos por los marcos normativos y metodológicos de estas certificaciones y manuales.

Ante esta situación, se llevó a cabo un proceso de depuración y consolidación de las estrategias, con el fin de eliminar duplicidades y construir una matriz más representativa, diversa y enriquecida. Dicha matriz constituye un insumo fundamental para la fase siguiente de la investigación: la formulación de propuestas concretas para la guía de construcción sostenible orientada al campus universitario. Al basarse en estándares técnicos ampliamente reconocidos, esta matriz garantiza que las soluciones planteadas no sólo respondan de manera efectiva a las necesidades reales detectadas, sino que también cuenten con respaldo metodológico y técnico en el ámbito de la sostenibilidad.

### ***3.2.3 Evaluación de impacto de las estrategias y priorización de acciones***

Para evaluar el impacto de las estrategias propuestas, se empleó la metodología Q-sorting, una técnica cualitativa que permite clasificar afirmaciones según criterios como acuerdo o relevancia, reflejando así las percepciones de los participantes. Esta organización facilita identificar coincidencias, diferencias y patrones de valoración que orientan la toma de decisiones en contextos complejos, como la sostenibilidad en campus universitarios.

En el contexto de este estudio, y con el propósito de diseñar una Guía de Construcción Sostenible adaptada al entorno institucional de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, se desarrolló un sistema de evaluación para identificar las estrategias más pertinentes y eficaces en términos de sostenibilidad. Para ello, se definieron tres criterios fundamentales que permitieron analizar cada estrategia desde una perspectiva integral: la facilidad constructiva o de implementación y mantenimiento, entendida como la simplicidad técnica con la que puede ejecutarse y mantener una estrategia dentro de la infraestructura existente (criterio técnico); la viabilidad económica, referida a los costos asociados a su desarrollo, ejecución y conservación a lo largo del tiempo (criterio económico); y el impacto ambiental, que considera los efectos positivos que la estrategia puede generar sobre el entorno natural del campus (criterio sostenible). Estos criterios fueron seleccionados por su relevancia en el proceso de toma de decisiones dentro del ámbito de la construcción sostenible, así como por su aplicabilidad en contextos universitarios donde confluyen restricciones presupuestales, técnicas y ambientales.

A cada uno de estos criterios se le asigna un peso cualitativo, con el fin de reflejar su importancia relativa dentro del proceso de priorización. Esta ponderación fue establecida a partir del juicio experto de los participantes involucrados en el estudio, quienes, con base en su experiencia profesional y conocimiento del contexto institucional, determinaron los siguientes valores: 40 % para el criterio económico, al considerar que la viabilidad financiera es un factor determinante para la ejecución real de las estrategias; y 30 % tanto para el criterio técnico como para el sustentable, reconociendo que la facilidad de implementación y el impacto ambiental positivo son igualmente relevantes para asegurar la efectividad y permanencia de las acciones propuestas. Esta distribución ponderada busca garantizar un enfoque equilibrado y contextualizado, que contemple tanto la factibilidad operativa como el compromiso institucional con la sostenibilidad.

Posteriormente, cada estrategia fue evaluada de manera individual con base en los tres criterios previamente definidos. Para el criterio económico, se asignó una puntuación en una escala de 1 a 5, donde 5 representa la alternativa más rentable y 1 la de mayor costo. En cuanto al criterio técnico, se otorgó una calificación de 5 a aquellas estrategias consideradas de más fácil implementación y mantenimiento dentro del campus, y 1 a aquellas que presentan mayores retos constructivos o requieren intervenciones complejas. Finalmente, para el criterio sostenible, se calificó con 5 a la estrategia que demostraba el mayor impacto ambiental positivo, es decir, aquella que contribuía de manera significativa a la reducción del consumo de recursos naturales, la eficiencia energética o el manejo adecuado de residuos, entre otros aspectos. Las valoraciones fueron asignadas de acuerdo con las experiencias de los autores del presente trabajo.

Con base en estas calificaciones se construyó una matriz de evaluación integral que permitió analizar comparativamente el desempeño de cada estrategia frente a los criterios definidos. Esta matriz funcionó como una herramienta de apoyo para la toma de decisiones, facilitando la visualización de las fortalezas y debilidades de cada alternativa evaluada. Posteriormente, se aplicó la ponderación correspondiente, combinando las calificaciones obtenidas con los pesos asignados a cada criterio, lo que permitió calcular un puntaje total para cada estrategia. Este análisis final condujo a la identificación de la estrategia con el mayor rendimiento global, la cual se recomienda como la más viable para su implementación en el contexto universitario. Dicha estrategia se distingue por lograr un equilibrio óptimo entre un alto impacto ambiental positivo, una sólida eficiencia económica y una implementación técnica accesible,

posicionándose como la opción más efectiva y sostenible para contribuir al desarrollo ambientalmente responsable del campus universitario.

### ***3.2.4 Priorización de acciones y resultados de estrategias sostenibles con mayor impacto***

A partir de los resultados obtenidos en el ítem 3.2.3, se procedió a establecer una priorización de acciones con base en el puntaje ponderado asignado a cada estrategia, considerando los criterios técnicos (30 %), sostenible (30 %) y económico (40 %). Esta tuvo como objetivo identificar aquellas estrategias que, por su alto impacto, viabilidad técnica y pertinencia económica, deben ser consideradas como las más recomendadas para su implementación en el campus universitario.

Se definió como criterio principal que la estrategia con la mayor puntuación ponderada sería considerada prioritaria para atender una necesidad específica previamente identificada. En los casos en que dos o más estrategias obtuvieron un puntaje máximo equivalente para una misma necesidad, se recomendó la implementación conjunta de aquellas que fueran técnicamente viables y compatibles entre sí.

Una vez realizada la priorización de acciones a partir de las puntuaciones ponderadas para cada necesidad, se procedió a identificar aquellas estrategias sostenibles que se repiten como las más viables en múltiples necesidades, ya sea dentro de una misma categoría (agua, energía, materiales o confort) o en diferentes categorías.

Este análisis transversal permite reconocer que ciertas estrategias, por su carácter integral y alta efectividad, trascienden la resolución de una única necesidad, posicionándose como soluciones con alto potencial de impacto dentro del campus universitario. Por ejemplo, una estrategia enfocada en eficiencia energética puede simultáneamente contribuir al confort térmico, o una relacionada con la gestión del agua puede impactar tanto en el ahorro de recursos como en la mejora de la calidad ambiental interior.

Estas estrategias recurrentes son consideradas como acciones clave, ya que su implementación no sólo optimiza recursos, sino que además maximiza beneficios al resolver múltiples necesidades con una sola intervención. Desde esta perspectiva, el conjunto de estrategias identificadas no se reduce a opciones óptimas en términos de impacto individual, sino que

configura una base sólida para el desarrollo de proyectos sostenibles integrales, orientados a fortalecer la resiliencia y el desempeño ambiental del campus universitario.

### **3.3 Fase 3: Estructuración de la Guía**

La tercera y última fase metodológica se orienta a la estructuración de la Guía de Construcción Sostenible para la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, integrando de manera sistemática los resultados obtenidos en las fases anteriores. En esta etapa, se organiza y consolida el conjunto de estrategias sostenibles priorizadas con base en su impacto, viabilidad y pertinencia técnica, a fin de conformar un instrumento práctico que oriente las futuras intervenciones constructivas y de remodelación en el campus universitario.

#### ***3.3.1 Redacción y revisión de la Guía***

La Guía de Construcción Sostenible para la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, orientada tanto a proyectos de nueva edificación como a intervenciones de remodelación, está estructurada a partir de las estrategias sostenibles priorizadas según las necesidades identificadas en el campus. Esta Guía constituye un instrumento práctico que articula los resultados del proceso metodológico descrito en este trabajo de grado con la aplicación concreta de soluciones sostenibles en el entorno universitario.

La redacción de la Guía se llevó a cabo teniendo en cuenta criterios de claridad, aplicabilidad y pertinencia técnica, de modo que pueda ser utilizada por diferentes actores involucrados en el diseño, construcción y gestión de infraestructura institucional. Además, se incluyó una etapa de revisión técnica y metodológica, con el fin de asegurar la coherencia entre las estrategias propuestas y las necesidades reales del campus, así como su alineación con estándares normativos y certificaciones sostenibles vigentes.

La Guía está organizada en secciones temáticas, agrupadas por ejes clave de sostenibilidad: agua, energía, confort y materiales. Cada sección presenta un conjunto de estrategias vinculadas a las necesidades específicas que resuelven, conforme al análisis desarrollado en la Fase 2 y estructurado en la Fase 3.

La estructura general de la Guía contempla los siguientes títulos principales:

1. **Introducción:** Presenta un resumen contextual del propósito de la Guía, el marco conceptual que la respalda y una descripción general de la metodología utilizada para su desarrollo, remitiendo al documento de tesis para mayor detalle.
2. **Eficiencia en el uso del agua:** Incluye estrategias enfocadas en la gestión eficiente del recurso hídrico, como captación y reutilización de aguas lluvias, instalación de dispositivos ahorradores, entre otros.
3. **Eficiencia en el uso de energía:** Aborda medidas orientadas a la eficiencia energética, uso de energías renovables, control de consumo y optimización de sistemas de iluminación y climatización.
4. **Calidad del ambiente interior:** Presenta soluciones que mejoran la calidad ambiental interior, incluyendo iluminación natural, ventilación cruzada, control térmico y acústico.
5. **Materiales de bajo impacto y construcción:** Reúne estrategias relacionadas con la selección de materiales sostenibles, reutilización, reciclaje y reducción del impacto ambiental asociado a su ciclo de vida.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Fase 1: Análisis de la legislación vigente en materia de sostenibilidad y construcción universitaria.**

La Fase 1 de esta tesis se centró en el análisis de la legislación vigente en materia de sostenibilidad y construcción universitaria, con el objetivo de identificar los marcos normativos que pudieran orientar técnicamente la elaboración de una guía aplicable a futuros proyectos en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. Como resultado, se definió un criterio temporal de análisis de diez años (2015–2025), que permitió acotar la búsqueda a documentos normativos recientes y potencialmente vigentes. Dentro de este rango, la Resolución 0549 de 2015 se destacó como la única normativa que cumple simultáneamente con los requisitos de obligatoriedad legal y especificidad técnica, estableciendo parámetros mínimos de eficiencia energética diferenciados por zona climática, aplicables directamente al contexto de Cali. Dado que se evidenció una escasa producción normativa nacional reciente relacionada con construcción sostenible, se incorporó al análisis una revisión técnica complementaria de tres fuentes

ampliamente reconocidas: las certificaciones internacionales LEED y EDGE, y el Manual de Construcción Sostenible de Cali. Estas fuentes permitieron enriquecer el marco de referencia con criterios técnicos actualizados, aplicables y alineados con los ejes de agua, energía, confort ambiental y materiales, compensando la limitada cobertura normativa en los últimos diez años y fortaleciendo la base técnica para la propuesta de estrategias sostenibles en esta investigación.

#### 4.1.1 Identificación de normativas sostenibles y de edificaciones universitarias

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en la identificación de normativas relacionadas con la sostenibilidad en el sector de la construcción, con especial atención a su aplicabilidad en entornos universitarios. Para este propósito, se elaboró una línea de tiempo que recoge las principales disposiciones normativas y estratégicas emitidas en Colombia entre 1972 y 2022, agrupando leyes, resoluciones, acuerdos y documentos de política pública que abordan aspectos como eficiencia energética, gestión del agua, uso de materiales sostenibles, economía circular y descarbonización de edificaciones.

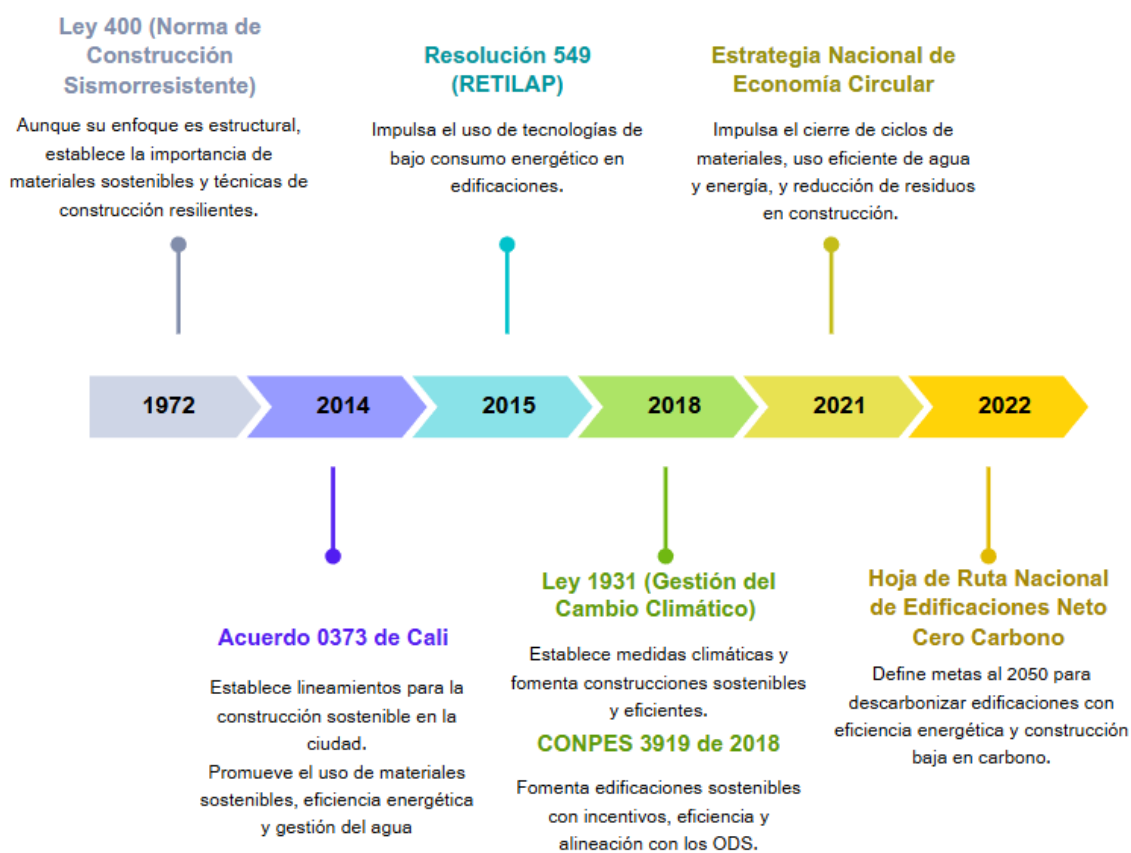


Ilustración 1. línea de Tiempo Normativas de Construcción Sostenible a Nivel Nacional

La Ilustración 1 muestra una línea de tiempo que representa la evolución normativa en Colombia en materia de sostenibilidad aplicada al sector de la construcción, con énfasis en regulaciones que afectan directamente las edificaciones. Esta cronología evidencia cómo, desde la Ley 400 de 1997 —centrada en aspectos estructurales— se comenzó a incorporar de manera progresiva el enfoque sostenible. En 2014, el Acuerdo 0373 de Cali marcó un avance importante a nivel local, estableciendo lineamientos sobre uso eficiente de materiales, agua y energía. Le siguieron normativas clave como la Resolución 549 de 2015 (RETILAP), la Ley 1931 de 2018 sobre cambio climático, y el CONPES 3919 del mismo año, los cuales fortalecen el marco institucional para la eficiencia energética y la sostenibilidad. Desde 2021 se integran enfoques más amplios, como la Estrategia Nacional de Economía Circular, y en 2022, la Hoja de Ruta de Edificaciones Neto Cero Carbono plantea objetivos concretos hacia la descarbonización del sector para el año 2050.

#### **4.1.2 Clasificación de normativas vigentes**

Las normativas se clasificaron en dos categorías principales:

Alcance nacional: Incluyen leyes, resoluciones y estrategias emitidas por entidades del orden nacional, como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. En esta categoría se encuentran:

- Ley 400 de 1997 (Norma de Construcción Sismorresistente)
- Resolución 549 de 2015 (RETILAP)
- Ley 1931 de 2018 (Gestión del Cambio Climático)
- CONPES 3919 de 2018 (Política Nacional de Edificaciones Sostenibles)
- Estrategia Nacional de Economía Circular de 2021
- Hoja de Ruta Nacional de Edificaciones Neto Cero Carbono de 2022

Normativas de alcance local: Comprenden reglamentaciones emitidas por autoridades locales, como:

- Acuerdo 0373 de 2014 del Municipio de Cali, que establece lineamientos para la construcción sostenible en el ámbito urbano local.

### 4.1.3 Análisis de requisitos obligatorios

Como parte del análisis normativo desarrollado en el marco de este trabajo, se aplicó el criterio temporal definido en la metodología 3.1.3, el cual establece como período de referencia los años 2015 a 2025. Este intervalo fue seleccionado con el objetivo de identificar las normativas más recientes y vigentes que pueden incidir directamente en los proyectos de construcción y remodelación del campus universitario, en función de los desafíos actuales en materia de sostenibilidad.

En este contexto, se identificaron y clasificaron diversas normas, resoluciones y documentos de política pública, cuyos años de expedición se compararon con el período establecido. A continuación, se presenta la Tabla 1, que permite visualizar de forma clara qué normativas se encuentran dentro del rango temporal considerado y cuáles quedaron fuera:

Normativa	Año Expedición	Se encuentra entre el año 2015-2025
Ley 400 de 1997	1997	NO
Resolución 549 de 2015	2015	SI
Ley 1931 de 2018	2018	SI
CONPES 3919 de 2018	2018	SI
Estrategia Nacional de Economía Circular de 2021	2021	SI
Hoja de Ruta Nacional de Edificaciones Neto Cero Carbono de 2022	2022	SI
Acuerdo 0373 de 2014 del Municipio de Cali	2014	NO

Tabla 1. Clasificación de normativa entre el año 2015 y 2025.

Cómo se observa, tanto la Ley 400 de 1997 como el Acuerdo 0373 de 2014 del Municipio de Cali se encuentran fuera del rango temporal definido, por lo que se consideraron únicamente como referencias complementarias o históricas, y no como fuentes normativas principales en la definición de requisitos obligatorios actuales.

En contraste, documentos como la Resolución 0549 de 2015, la Ley 1931 de 2018, el CONPES 3919 de 2018, la Estrategia Nacional de Economía Circular (2021) y la Hoja de Ruta Nacional de Edificaciones Neto Cero Carbono (2022) sí cumplen con el criterio de temporalidad, y fueron integrados al análisis como referentes normativos y estratégicos clave. Estas normas y lineamientos contienen criterios técnicos, orientaciones políticas y metas ambientales que permiten guiar la implementación de prácticas sostenibles en los entornos construidos.

Para profundizar en su utilidad, se presenta a continuación la Tabla 2, la cual permite entender no sólo el alcance normativo de cada documento, sino también si incluye parámetros técnicos aplicables a la construcción sostenible y si dichos parámetros tienen carácter obligatorio o vinculante:

<b>Normativa</b>	<b>Alcance</b>	<b>¿contiene parámetros en construcción sostenible?</b>	<b>¿los parámetros son obligatorios?</b>
Resolución 0549 de 2015	Obligatoria. Establece requisitos mínimos de eficiencia energética en edificaciones nuevas, diferenciados por zona climática.	Sí, incluye parámetros técnicos.	Sí, es una resolución de cumplimiento obligatorio.
Ley 1931 de 2018	Marco legal para la gestión del cambio climático en Colombia. Aplica a todos los sectores, incluyendo la construcción.	Parcialmente: impulsa acciones climáticas, pero no define parámetros técnicos.	Sí, es una ley con efectos jurídicos vinculantes.
CONPES 3919 de 2018	Documento de política pública que orienta la Estrategia de Crecimiento Verde. No es vinculante.	Parcialmente: incluye lineamientos generales, no técnicos específicos.	No, es una política orientadora, no normativa.
Estrategia Nacional de Economía Circular (2021)	Estrategia transversal que promueve la circularidad en sectores como construcción, industria y residuos. No es normativa.	Parcialmente: contiene lineamientos, pero no parámetros normativos concretos.	No, tiene carácter estratégico y no vinculante.
Hoja de Ruta Nacional de Edificaciones Neto Cero Carbono (2022)	Documento estratégico con metas y acciones para alcanzar la carbono-neutralidad en edificaciones al 2050.	Sí, propone medidas orientadas a edificaciones sostenibles y descarbonizadas.	No, es una hoja de ruta no obligatoria.

*Tabla 2. Alcance de normativa entre el año 2015 y 2025.*

Este análisis detallado permitió identificar con claridad cuáles marcos regulatorios incluyen parámetros específicos aplicables a la construcción sostenible y cuáles tienen carácter obligatorio dentro del marco legal colombiano. A partir de esta revisión, se concluye que la Resolución 0549 de 2015 es la única normativa que cumple simultáneamente ambos criterios: por un lado, establece requisitos técnicos concretos en materia de eficiencia energética para edificaciones nuevas; y por otro, es de cumplimiento obligatorio, al tratarse de una resolución expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

En este sentido, la Resolución 0549 de 2015 se adopta como la línea base normativa principal para este estudio, ya que representa el marco regulatorio vigente más específico y vinculante en cuanto a parámetros sostenibles aplicables a edificaciones en contextos climáticos como el de la ciudad de Cali (clima cálido seco). Esta normativa sirve como punto de partida para contrastar y validar las estrategias propuestas en la guía, asegurando su coherencia con los requerimientos mínimos exigidos por la legislación nacional.

#### ***4.1.4 Determinación de lineamientos de sostenibilidad aplicables – Resolución 0549 de 2015***

Las medidas recomendadas para obtener los ahorros establecidos por la resolución para edificaciones educativas en la ciudad de Cali se presentan en la Figura 6.

CÁLIDO SECO	Hotel	Oficina	Centro comercial	Hospital	Educativo	Vivienda no VIS	Vivienda VIS/VIP
Relación ventana pared	x	x	x	x	x	x	x
Protección solar	x	x	x	x	x	x	
Ventilación natural	x	x	x	x	x	x	
Luz día y control de luz día	x	x		x	x		
Iluminación de energía eficiente	x	x	x	x	x		
Coefficiente de Desempeño (COP)	x	x	x	x			x
Recuperación de calor del aire de retorno				x			
Variadores de velocidad - torres de enfriamiento	x	x					
Sensores de monóxido de carbono para parqueaderos (CO)	x	x	x				
Variadores de velocidad - bombas	x	x	x				
Controles: sensores de ocupación	x	x			x		
Control de iluminación exterior		x			x		
Sub-medidores de electricidad		x	x				
Corrección de Factor de Potencia	x	x	x	x	x	x	x
Agua caliente solar	x			x		x	
Accesorios de conservación de agua	x	x	x	x	x	x	x
Tratamiento de aguas residuales y reciclaje de agua							
Recolección de aguas lluvia y reutilización							

Tabla 18. Medidas recomendadas clima cálido seco

*Figura 6. Medidas Recomendadas Clima Cálido Seco (Ministerio de Vivienda, 2015.)*

#### 4.1.4.1 Energía - medidas pasivas:

Las estrategias de ahorro energético deben centrarse en lograr que el edificio actúe como un disipador eficiente de calor, minimizando la acumulación térmica y maximizando la generación de sombra. Estas medidas deben integrarse en el diseño arquitectónico, garantizando un mayor confort térmico y reduciendo la dependencia de sistemas mecánicos de climatización.

Relación ventana pared (RVP):

El área vidriada no debe exceder el 40% de la superficie de cada fachada, considerando todos los elementos acristalados, como marcos, parteluces y cerramientos. Este cálculo se basa en la vista exterior del edificio y se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Área de vidriado} / \text{área bruta de pared exterior} = \text{RVP (\%)}$$

Si  $\text{RVP} > 40\%$  entonces otras medidas, como el sombreado o el coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC) del vidrio deben ser consideradas para compensar la pérdida de energía al aumentar el RVP.

#### **Recomendaciones:**

- Aperturas reducidas y superficies difusoras: ventanas pequeñas (10%-20% RVP) dirigen la luz natural a superficies reflectantes internas, distribuyéndola sin aumentar la temperatura.
- Superficies reflectivas exteriores: Ventanas moderadas orientadas hacia superficies reflectantes externas, pero protegidas del sol directo, permiten el ingreso de luz sin ganancia térmica, mejorando el confort interior.
- Para reducir la exposición solar, las fachadas norte y sur deben concentrar las áreas habitables y vidriadas, mientras que los espacios de servicio y circulación se ubican en las fachadas este y oeste, actuando como barrera térmica y minimizando el impacto del calor

Protección solar: elementos de protección solar y vidrios de control solar

El control solar está diseñado para bloquear la radiación solar excesiva en períodos de altas temperaturas, lo que se puede visualizar mediante un diagrama solar que muestra la incidencia del sol a lo largo del día y el año. Para evaluar la efectividad de un sistema de sombreado, se utilizan

herramientas como el transportador de ángulo de sombra, que permite calcular la cobertura solar según la orientación de las ventanas.

Existen tres tipos principales de elementos de protección solar:

- Bloquean la radiación solar desde arriba mediante un ángulo de sombra vertical (VSA).
- Su tamaño y disposición pueden ajustarse para optimizar el sombreado según la ubicación del edificio.
- Son altamente efectivos en regiones con sol alto, como en Colombia.

Elementos verticales (persianas o aletas laterales)

- Funcionan con un ángulo de sombra horizontal (HSA) y generan un patrón de sombreado en forma sectorial.
- Son más efectivos cuando el sol se encuentra bajo, en las primeras horas de la mañana o en la tarde.
- No deben superar los  $90^\circ$  de inclinación, ya que esto indicaría que el sol está detrás del edificio.

Sombreado combinado (rejillas metálicas y sistemas mixtos)

- Integran elementos horizontales y verticales para proporcionar una sombra más uniforme.
- No pueden representarse con un solo ángulo de sombra, ya que bloquean la radiación desde múltiples direcciones.
- Son ideales para climas donde la radiación solar varía en diferentes momentos del día.

Con la herramienta SunCalc (SunCalc,n.d.), que permite visualizar la posición del sol en cualquier ubicación y fecha específica, se analizó la incidencia solar en la Pontificia Universidad Javeriana Cali (Figura 7). Debido a su proximidad al Ecuador, la trayectoria solar influye significativamente en la distribución de la radiación en las fachadas.

A lo largo del año, la variación en la posición solar en Cali es menos extrema que en latitudes más alejadas del Ecuador. Sin embargo, estos cambios son suficientes para que las fachadas norte y sur tengan un comportamiento solar diferenciado dependiendo de la época del

año, lo cual es un factor definitivo para el diseño arquitectónico pasivo y la planificación de estrategias de control solar y confort térmico. De acuerdo con esto, es importante resaltar, que el recorrido solar de Cali se caracteriza por desplazarse ligeramente hacia el norte entre marzo y junio, lo que genera una mayor incidencia solar sobre dicha fachada. Después del solsticio de junio, el sol inicia su desplazamiento hacia el sur, alcanzando un nuevo equinoccio el 21 de septiembre. A partir de este momento y hasta diciembre, la trayectoria solar se inclina progresivamente hacia el hemisferio sur, provocando una mayor exposición solar sobre la fachada sur. Lo anterior, nos permite concluir que todas las fachadas deben considerarse en los estudios de confort, eficiencia energética y soluciones pasivas.

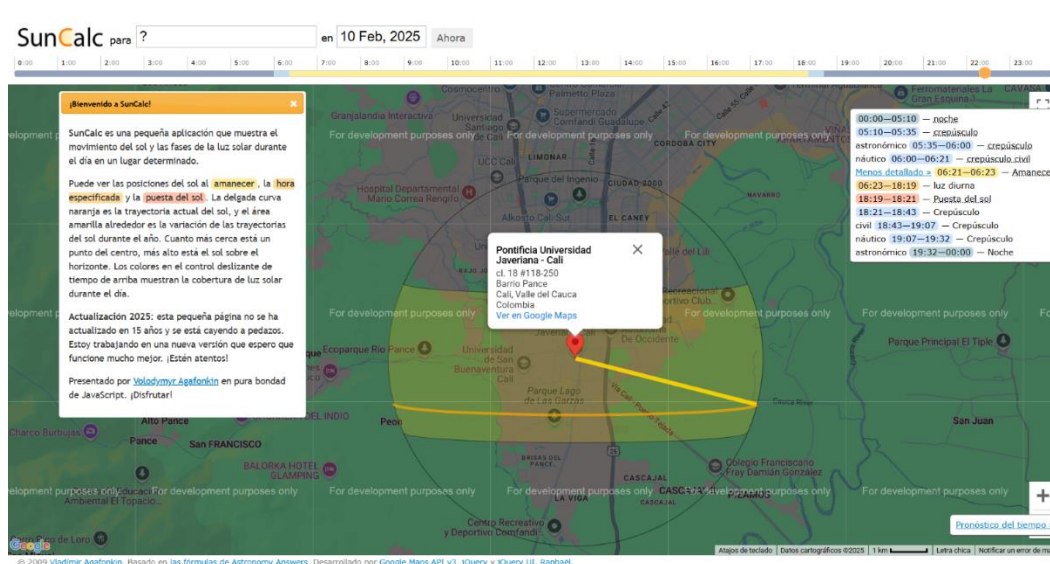


Figura 7. Captura de pantalla - ubicación Pontificia Universidad Javeriana Cali (SunCalc,n.d.)

## Recomendaciones:

El SHGC debe ser usado en conjunto con el sombreado solar para alcanzar un mínimo de 70 grados de VSA o HSA, que siempre aplica.

Otras recomendaciones que deben considerarse con:

- Considere cuan fuerte es el sol en sitio en diferentes momentos del año.
- La ubicación del sol en diferentes momentos del año.
- Diferenciar las ganancias de calor solar entre deseable y no deseables basado en el confort de los ocupantes.

- Diseñe medidas para controlar las ganancias de calor de radiación solar directa, convección o conducción y como se pueden encontrar con elementos vidriados del edificio.
- Cuál es la capacidad de almacenamiento térmico del edificio en relación con las ganancias disponibles de sol en el sitio.

Energía - medidas activas:

Las medidas activas consisten en la implementación de sistemas mecánicos y eléctricos para regular las condiciones de confort dentro de las edificaciones. Entre estos se incluyen equipos como calderas, aire acondicionado, ventilación mecánica e iluminación artificial, los cuales permiten controlar la temperatura, la calidad del aire y la iluminación en los espacios interiores.

Sensores de ocupación:

Los sensores de ocupación controlan la iluminación al detectar movimiento en una habitación. Apagan automáticamente las luces cuando no hay presencia y las encienden al detectar ocupantes, optimizando el consumo energético.

Luz día y control de luz día:

El control de la luz natural contribuye significativamente al ahorro energético en edificaciones, especialmente en instituciones educativas, donde puede reducir el consumo de energía hasta en un 15%. Sin embargo, la implementación de sensores fotoeléctricos resulta más eficiente en entornos como escuelas y universidades, en comparación con viviendas, debido a su mayor uso diurno y necesidades específicas de iluminación, en la Figura 9 se muestra un diagrama esquemático de una habitación con sistemas de sensores fotoeléctricos.

### **Recomendaciones:**

Se recomienda integrar sensores fotoeléctricos en nuevas edificaciones, según lo establecido en la matriz de implementación. La ubicación óptima para los sensores perimetrales se especifica a continuación.

- La penetración de luz día está íntimamente ligada con la altura de la cabeza de la ventana. La luz día utilizable es capaz de alcanzar el espacio interno a una

profundidad de aproximadamente 1,5 veces la altura de la cabeza de la ventana como se evidencia en la Figura 8.

- Por otro lado, un vidrio menor a 0,80 metros no contribuye típicamente a luz de día utilizable y se debe evitar lo más posible.

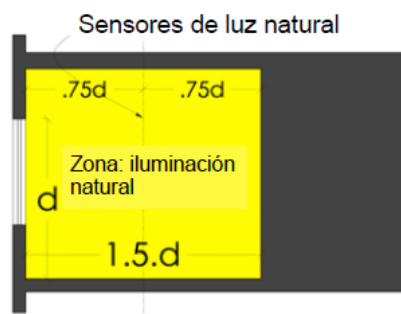


Figura 8. Ubicación de los sensores de luz día fotoeléctricos de perímetro (Ministerio de Vivienda, 2015.)

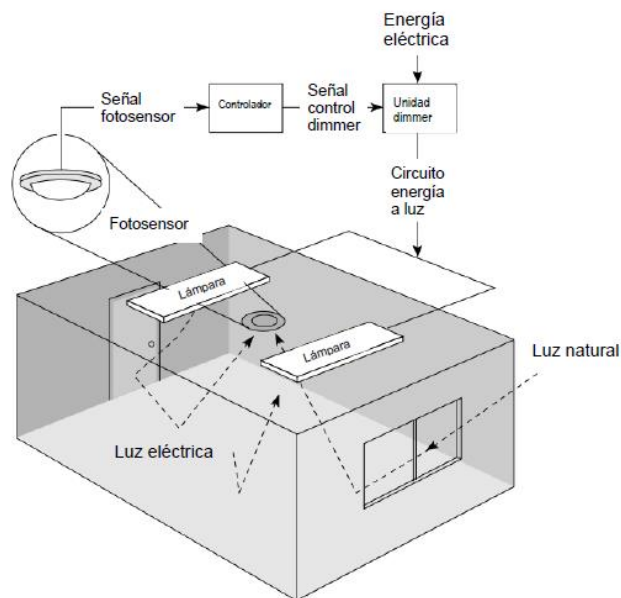


Figura 9. Diagrama esquemático de una habitación con sistemas de sensores fotoeléctricos (Ministerio de Vivienda, 2015.)

### Iluminación de energía eficiente:

La iluminación eficiente se define por una baja densidad de potencia de luz (LPD), que mide el consumo eléctrico de las luminarias en relación con el área del edificio. Un menor LPD indica mayor eficiencia, lo que depende del uso de lámparas de bajo consumo. Su implementación puede reducir el consumo de energía entre un 5% y 25%, con mayores ahorros en edificaciones como se menciona en la Resolución 0549 de 2015.

- Lámparas compactas fluorescentes [CFL por sus siglas en inglés]: Las lámparas compactas fluorescentes (CFLs) son una alternativa eficiente a los bombillos incandescentes, diseñadas para adaptarse a enchufes convencionales. Consumen cinco veces menos energía y tienen una vida útil más prolongada, lo que las convierte en una opción sostenible para la iluminación.
- Lámparas T5 y T8: Las lámparas fluorescentes se identifican con un código FxxTy, donde F indica fluorescente, xx representa la potencia en watts o la longitud en pulgadas, T señala su forma tubular y su diámetro en octavos de pulgada. Entre ellas, las lámparas T5 destacan por su alta eficiencia, logrando reducir el consumo energético en iluminación hasta en un 65% (Ministerio de Vivienda, 2015).
- LED: Las lámparas LED son una opción de larga duración y alta eficiencia energética, utilizadas tanto para iluminación general como especializada. No contienen mercurio, se encienden de inmediato y son más resistentes mecánicamente en comparación con otras tecnologías de iluminación.

### **Recomendaciones:**

El uso de cualquiera de las lámparas mencionadas más arriba, cubriendo al menos el 80% de la instalación del edificio.

#### 4.1.4.2 Agua:

Las estrategias de eficiencia hídrica en la Pontificia Universidad Javeriana Cali están enfocadas en la reducción del consumo de agua potable en sus edificaciones, promoviendo el uso responsable del recurso a través de tecnologías sostenibles y sistemas de gestión eficientes dentro del campus.

#### Accesorios de conservación de agua:

El uso de accesorios eficientes reduce el consumo de agua sin afectar su funcionalidad. Dispositivos como aireadores y urinarios de descarga dual están disponibles en el mercado y pueden disminuir el uso de agua entre un 10% y 42%, según el tipo de edificación (Ministerio de Vivienda, 2015).

	Tipos de accesorios de agua	Tipos de edificaciones			
		Centros comerciales, oficinas & educacionales	Hospitales	Hoteles	Edificaciones de vivienda
1	Lavamanos	Llave de agua fría con controlador aireador de flujo 2 LPM flujo	Llave de agua fría con controlador aireador de flujo 2 LPM flujo	Llave con control de mezcla frío caliente con aireador y control de flujo 2LPM flujo	Llave con control de mezcla frío caliente con aireador y control de flujo 2LPM flujo
2	Orinales	1 LPF	1 LPF	1 LPF	No Aplicable
3	Duchas	No Aplica	Bajo flujo con aireador y control de flujo debe incluir un controlador de mezcla 6 LPM	Bajo flujo con aireador y control de flujo debe incluir un controlador de mezcla 6 LPM	Bajo flujo con aireador y control de flujo debe incluir un controlador de mezcla 6 LPM
4	Inodoro	Descarga dual con 6/4.5 LPF	Descarga dual con 6/4.5 LPF	Descarga dual con 6/4.5 LPF	Descarga dual con 6/4.5 LPF
5	Lavadero de servicio	Llave de agua fría con controlador aireador de flujo 2 LPM flujo	Llave de agua fría con controlador aireador de flujo 2 LPM flujo	Llave de agua fría con controlador aireador de flujo 2 LPM flujo	Llave de agua fría con controlador aireador de flujo 2 LPM flujo

Nota: la presión de agua mínima requerida es de 3 bar, LPF: Litros por descarga, LPM: Litros por minuto.

Figura 10. Guía de conformidad accesorios de conservación de agua (Ministerio de Vivienda, 2015.)

#### 4.1.4.3 Buenas prácticas:

En la Pontificia Universidad Javeriana Cali, la construcción sostenible va más allá de los requisitos normativos, incorporando buenas prácticas voluntarias que pueden ser adoptadas por diseñadores y administradores de edificaciones para mejorar su eficiencia y sostenibilidad.

Algunas estrategias incluyen medidas pasivas, como la orientación adecuada del edificio respecto al sol y al viento, y otras buscan optimizar el consumo de recursos mediante la instalación de sub-medidores de agua y energía para un monitoreo eficiente.

Además, se proponen iniciativas que trascienden la infraestructura, promoviendo la separación de residuos, estacionamientos para bicicletas y puntos de carga para vehículos eléctricos, lo que fomenta hábitos sostenibles en la comunidad universitaria.

El éxito de estas prácticas depende de la participación de todos los involucrados en el proceso de construcción y uso del campus. Su difusión a través de medios visuales y campañas de sensibilización facilitarían su adopción, impulsando un cambio de comportamiento hacia una universidad más sostenible a largo plazo.

#### Ventilación natural:

Consiste en la renovación del aire interior sin el uso de sistemas mecánicos, mejorando el confort térmico y la calidad del aire. Es recomendada en climas fríos y templados, donde la temperatura exterior es inferior a la de confort, permitiendo el enfriamiento pasivo de los espacios. En climas cálidos, su aplicación debe limitarse a momentos en los que el aire exterior tenga temperaturas moderadas y baja humedad, especialmente durante la noche.

Para un diseño sostenible, es fundamental considerar la orientación solar y del viento, la proyección de sombras y el acceso a luz natural, adaptándose a las condiciones del microclima del sitio. Además, se recomienda seguir los lineamientos de la norma NTC 5183 (2003), que establece criterios para una ventilación adecuada y calidad del aire interior.

En ese sentido, la Figura 11 presenta una síntesis de los requerimientos mínimos de ventilación definidos por dicha norma para espacios destinados a actividades recreativas, de transporte y trabajo, diferenciando las unidades de medida empleadas (cfm/persona, cfm/ft<sup>2</sup>, L/s·m<sup>2</sup>) y señalando las condiciones particulares que pueden requerir ventilación mecánica o controles especiales según el uso del espacio.

Aplicación	Ocupación máxima estimada P/1000 ft <sup>2</sup> o 100 m <sup>2</sup>	Requerimientos de aire exterior				Comentarios
		Cfm/persona	L/s - persona	Cfm/ft <sup>2</sup>	L/s• m <sup>2</sup>	
<b>Deportes y diversión</b>						
Áreas de espectadores	150	15	8			Cuando los motores de combustión interna son empleados para mantenimiento de superficies de juego, se puede requerir el aumento del flujo de la ventilación
Salas de juego	70	25	13			
Arreas frescas (playas)				0,50	2,50	
Piscinas				0,50	2,50	Puede requerirse para grandes válvulas un control de humedad
Pisos de juego (gimnasios)	30	20	10			
Salones de baile	100	25	13			
Boleras	70	25	13			
<b>Teatros</b>						
Cabina de tiquetes	60	20	10			Puede necesitarse una ventilación especial para eliminar los efectos especiales de las escenas (vapores secos, neblina. etc.)
Sala de espera	150	20	10			
Auditorios	150	15	8			
Escenarios, estudios	70	15	8			
<b>Transporte</b>						
Sala de espera	100	15	8			Las instalaciones interiores pueden requerir instalaciones especiales.
Plataformas	100	15	8			
Vehículos	150	15	8			
<b>Cuartos de trabajo</b>						
Procesamiento de carne	10	15	8			Mantener espacios a bajas temperaturas (-10°F a 50°F, o -23 °C a +10 °C) no están cubiertos por estos requerimientos a menos que el oficio sea seguido, la instalación de los espacios contiguos es aceptable. Cuando el oficio es intermitente, la instalación debe exceder normalmente la instalación requerida
Foto estudios	10	15	8			
Cuartos oscuros	10			0,50	2,50	
Farmacias	20	15	8			
Bóvedas de banco	5	15	8			
Duplicadoras e impresoras.				0,50	2,50	Los equipos de instalación deben incorporar un escape positivo y un control (requerido) de menor capacidad de contaminantes (tóxicos)

Figura 11. Aplicación de requerimientos vs áreas de ocupación NTC 5183 (2003).

2.2 INSTALACIONES INSTITUCIONALES						
Ecuación						
Salones	50	15	8			
Laboratorios	30	20	10			Puede requerirse un sistema de control de contaminantes especial para procesos o funciones que incluyan laboratorios para animales
Tienda escolar	30	20	10			
Sala de música	50	15	8			
Librerías	20	15	8			
Cuarto de casilleros				0,50	2,50	
Pasillos				0,10	0,50	
Auditorios	150	15	8			
Sala de fumadores	70	60	30			El suministro normal para transferencia de aire, se recomienda emplear un escape mecánico local sin recirculación
<b>Hospitales, enfermerías y asilos</b>						
Habitaciones	10	25	13			Los requerimientos especiales o códigos y relaciones bajo presión pueden determinar flujos de ventilación mínima y filtros eficientes. Procesos que general contaminantes pueden requerir altos flujos.
Tramites médicos	20	15	8			
Sala de operaciones	20	30	15			
Recuperación y ICU	20	15	8			
Sala de autopsias				0,50	2,50	El aire no debe ser recirculado al interior de otros espacios
Terapia física	20	15	8			
Cárceles						
Celdas	20	20	10			
Restaurante	100	15	8			
Estaciones de guardias	40	15	8			

Nota: CFM (Cubic Feet per Minute o pies cúbicos por minuto), pies cúbicos por minuto por persona (cfm/persona) o en litros por segundo por persona (L/s/persona).

Figura 12. NTC 5183 (2003).

Por ejemplo, para ciertos ambientes pedagógicos, la norma recomienda una tasa de ventilación de 0,60 L/s·m<sup>2</sup>. Esto significa que, por cada metro cuadrado del espacio, se deben suministrar 0,60 litros de aire exterior por segundo para asegurar una calidad de aire adecuada. La NTC 5183 (2003) establece las tasas de ventilación necesarias para mantener una calidad aceptable del aire en espacios interiores no residenciales. Estas tasas pueden expresarse en diferentes

unidades, según el enfoque de diseño. Una de las más comunes es en pies cúbicos por minuto por persona (cfm/persona), que determina el flujo de aire requerido en función de la cantidad de ocupantes. En otros casos, se emplean valores basados en el área del espacio, como pies cúbicos por minuto por pie cuadrado (cfm/ft<sup>2</sup>) o litros por segundo por metro cuadrado (L/s·m<sup>2</sup>). Esta última unidad indica el volumen de aire exterior necesario por cada metro cuadrado, siendo especialmente útil en espacios educativos. Por ejemplo, para ambientes pedagógicos, la norma recomienda una tasa de ventilación de 0,60 L/s·m<sup>2</sup>, lo que significa que deben suministrarse 0,60 litros de aire exterior por segundo por cada metro cuadrado del espacio, con el fin de garantizar condiciones adecuadas de confort y calidad del aire para los ocupantes.

Esta información se detalla en la Figura 12, que resume los valores mínimos de ventilación recomendados para distintos tipos de espacios en instalaciones institucionales, así como observaciones específicas relacionadas con la recirculación del aire y requerimientos técnicos particulares.

#### ***4.1.5 Parámetros normativos de las certificaciones LEED, EDGE y Manual de Construcción Sostenible de Cali***

Como parte del análisis de referencia normativa y técnica, se realizó una revisión sistemática de los parámetros sostenibles propuestos por las certificaciones LEED, EDGE y el Manual de Construcción Sostenible de Cali (MCSC). Estas fuentes fueron seleccionadas por su amplio reconocimiento a nivel nacional e internacional, así como por su aplicabilidad directa en el diseño, construcción y evaluación de edificaciones sostenibles.

Con el fin de facilitar la comparación y el análisis temático, los parámetros identificados se organizaron en función de los cuatro ejes clave definidos en esta investigación: agua, energía, confort ambiental y materiales. Para cada eje, se elaboraron tablas independientes en las que se compilan y comparan los lineamientos técnicos propuestos por cada fuente.

Estas tablas se encuentran incluidas en el Anexo 1. Permiten visualizar de forma estructurada:

- Los criterios técnicos aplicables propuestos por cada certificación o manual.
- La coincidencia o divergencia entre los enfoques de las distintas fuentes.
- El nivel de detalle técnico de cada parámetro.

- Su aplicabilidad potencial al contexto del campus universitario.

Este análisis permitió identificar puntos de convergencia y complementariedad entre las fuentes, como por ejemplo la prioridad compartida en la eficiencia hídrica mediante dispositivos de bajo consumo, la reducción de demanda energética, o el uso de materiales con bajo impacto ambiental y contenido reciclado. Asimismo, se identificaron parámetros que son abordados con mayor profundidad técnica en una fuente específica —por ejemplo, el confort ambiental en LEED, o la implementación de soluciones pasivas en EDGE— lo que aporta criterios diferenciadores relevantes para la selección de estrategias sostenibles dentro de la guía.

En conjunto, este ejercicio comparativo permitió establecer una base de referencia sólida y actualizada, que complementa los mínimos legales exigidos por la normativa nacional, y orienta la adopción de estrategias sostenibles con respaldo técnico comprobado y aplicabilidad práctica en entornos universitarios.

## **4.2 Fase 2: Metodología de toma de decisiones**

Esta fase permitió establecer una ruta metodológica para transformar necesidades institucionales en estrategias sostenibles concretas, priorizadas con base en criterios técnicos, ambientales y económicos. A partir de un trabajo colaborativo con los directivos de la Oficina de Recursos Físicos de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, se identificaron treinta y ocho (38) necesidades específicas organizadas en torno a cuatro ejes clave: agua, energía, confort ambiental y materiales y residuos. Con base en estas necesidades, se construyeron matrices comparativas entre estrategias extraídas de tres fuentes principales: las certificaciones LEED, EDGE y el Manual de Construcción Sostenible de Cali. Posteriormente, se aplicó la metodología Q-Sorting, lo que permitió jerarquizar las estrategias según su impacto, viabilidad y pertinencia para el contexto del campus. Los resultados obtenidos constituyen la base técnica que sustenta la estructuración final de la guía de construcción sostenible, garantizando que sus recomendaciones respondan a las condiciones reales y a los desafíos operativos identificados dentro de la universidad.

### ***4.2.1 Identificación de las necesidades de la universidad***

Como resultado del Focus Group realizado con los directivos de la Oficina de Recursos Físicos de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, se logró identificar un conjunto de necesidades prioritarias organizadas en torno a los cuatro ejes temáticos definidos en el marco de esta

investigación: energía, agua, confort y materiales y residuos. Estas necesidades reflejan tanto los retos actuales que enfrenta la institución en términos de sostenibilidad, como las oportunidades de mejora percibidas por los actores clave encargados de la gestión, operación y mantenimiento de la infraestructura física del campus.

A continuación, se presentan las principales necesidades identificadas en cada uno de los ejes:

#### 4.2.1.1 Eficiencia en el uso del agua

- Necesidades explícitas:
  - Implementar dispositivos ahorradores en las llaves de pocetas y jardines para reducir el desperdicio.
  - Automatizar el sistema de acueducto para monitorear el caudal y detectar pérdidas.
  - Mejorar el diseño de tuberías para minimizar fracturas y fugas de agua.
  - Implementar un estándar institucional de equipos hidrosanitarios que optimicen el uso del agua y faciliten el mantenimiento.
  - Mejorar el almacenamiento y aprovechamiento de aguas lluvias, actualmente solo se recolecta en pocos edificios.
  - Diseñar estrategias para enfrentar posibles restricciones futuras del suministro de agua por parte del DAGMA.
  - Actualizar los medidores de agua para lograr un balance hídrico más preciso.
- Necesidades implícitas:
  - Falta de planificación y monitoreo adecuado del consumo y distribución del agua.
  - Riesgo alto en caso de una crisis hídrica debido a la dependencia de un solo sistema de abastecimiento.
  - Necesidad de infraestructura más resiliente para la distribución del agua potable.
  - Falta de cultura de ahorro y reutilización del agua dentro de la comunidad universitaria.

#### 4.2.1.2 Prácticas de consumo energético

- Necesidades explícitas:
  - Superar las barreras normativas y estructurales para implementar energía fotovoltaica (sombras de árboles, altura y orientación de edificios, capacidad limitada de la red eléctrica para recibir energía).
  - Implementar un sistema de medición de energía por edificio para identificar oportunidades de ahorro.
  - Aumentar la capacidad instalada de paneles solares propios y reducir la dependencia de contratos con empresas externas.
  - Implementar automatización en aulas y oficinas para optimizar el uso de iluminación y aire acondicionado.
  - Fomentar estrategias de reducción de la huella de carbono, incluyendo el uso de movilidad sostenible (carpooling, rutas de transporte eficientes).
  - Campañas de concientización para reducir el consumo innecesario de energía, especialmente en iluminación y climatización.
- Necesidades implícitas:
  - Falta de integración de energías renovables en los planes de desarrollo del campus.
  - Baja cultura de ahorro energético entre estudiantes y administrativos.
  - Necesidad de normativas internas claras sobre el uso de energía y climatización en la universidad.

#### 4.2.1.3 Calidad del ambiente interior

- Necesidades explícitas:
  - Mejorar la relación muro-ventana en edificios nuevos para optimizar la luz natural sin generar sobrecalentamiento.
  - Incorporar estrategias pasivas de iluminación como domos solares y tragaluces en nuevas construcciones.
  - Regular la temperatura de los espacios con medidas bioclimáticas eficientes.
  - Establecer una política institucional sobre el confort térmico basada en estándares internacionales.

- Mejorar la ventilación natural en los edificios antiguos para reducir la necesidad de aire acondicionado.
- Automatizar el control de temperatura en los espacios climatizados para evitar pérdidas.
- Necesidades implícitas:
  - Falta de planificación bioclimática en algunos edificios, lo que genera altos consumos energéticos en climatización.
  - Necesidad de educar a la comunidad universitaria sobre la importancia del confort térmico eficiente.
  - Desbalance entre el diseño arquitectónico y la funcionalidad térmica y lumínica.

#### 4.2.1.4 Materiales de bajo impacto y construcción

- Necesidades explícitas:
  - Incluir criterios de mantenimiento en el diseño de nuevas construcciones (ubicación accesible de aires acondicionados, impermeabilizaciones eficientes).
  - Usar materiales con menor impacto ambiental y evaluar alternativas locales para reducir la huella de carbono.
  - Mejorar la planificación de mantenimiento para evitar deterioro acelerado de las construcciones existentes.
  - Integrar la economía circular en los procesos constructivos, priorizando la reutilización de materiales en demoliciones.
  - Rediseñar las fachadas para evitar problemas de humedad y filtraciones.
- Necesidades implícitas:
  - Falta de presupuesto o priorización para el mantenimiento adecuado de los edificios.
  - Desconexión entre el diseño arquitectónico y las necesidades operativas de mantenimiento.
  - Necesidad de políticas institucionales que promuevan la construcción sostenible de manera efectiva.

#### ***4.2.2 Identificación de estrategias sostenibles***

A continuación, se presentan cuatro (4) tablas correspondientes a los ejes temáticos definidos en esta investigación: agua (Tabla 7), energía (Tabla 8), materiales (Tabla 9) y confort (Tabla 10). En cada una de ellas se identifican tres estrategias sostenibles por cada fuente consultada, entendiendo por "fuente" las certificaciones o manuales analizados (LEED, EDGE y el Manual de Construcción Sostenible de Cali). Las estrategias seleccionadas están directamente asociadas a las necesidades diagnosticadas previamente, y fueron organizadas de forma que cada propuesta responda de manera específica y contextualizada a los retos identificados en el campus universitario.

Necesidad	LEED			EDGE			MCSC		
	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3
Implementar dispositivos ahorradores en las llaves de pocetas y jardines para reducir el desperdicio.	Instalar accesorios WaterSense para reducir el consumo de agua.	Instalar aireadores en grifos para reducir consumo sin perder presión percibida.	Usar sensores de movimiento en grifos y sistemas de riego automatizados.	Instalar aireadores en las llaves de lavados para mezclar agua con aire y así reducir el caudal.	Usar grifos de bajo flujo o cierre automático para evitar desperdicio de agua.	Usar riego tecnificado con agua lluvia para reducir consumo en zonas verdes.	Instalar aparatos sanitarios y griferías de bajo consumo en todos los edificios.	Emplear dispositivos ahorradores en las tomas de riego y aseo exterior, como boquillas de cierre automático y sistemas de riego eficientes.	Implementar sistemas de riego tecnificados en las zonas verdes.
Automatizar el sistema de acueducto para monitorear el caudal y detectar pérdidas.	Instalar medidores de agua permanentes en puntos estratégicos para un monitoreo preciso.	Implementar sistemas de detección de fugas con alertas automáticas.	Integrar reportes mensuales y anuales del consumo de agua.	Integrar medidores de caudal inteligentes en puntos estratégicos de la red hídrica para registrar el flujo en tiempo real.	Usar un sistema SCADA (sistema automatizado de gestión) para monitorear caudales y controlar fugas de forma automática.	Hacer balances hídricos periódicos para detectar pérdidas y mejorar el control del consumo.	Instalar un sistema de telemetría para monitorear en tiempo real caudal y presión en puntos clave de la red de agua potable, con alertas ante posibles fugas.	Sectorizar la red interna de distribución en el campus mediante medidores maestros por zonas o edificios.	Implementar un sistema automatizado de gestión (SCADA) que integre el monitoreo de caudales con el control de válvulas y bombas.
Mejorar el diseño de tuberías para minimizar fracturas y fugas de agua.	Utilizar tuberías certificadas con materiales de alta resistencia y eficiencia.	Optimizar la distribución de tuberías con sistemas de presión equilibrada para reducir fallo.	Realizar pruebas de presión y mantenimiento predictivo con sensores de monitoreo.	Diseñar la red de tuberías con un esquema mallado y materiales de alta resistencia, incorporando válvulas de seccionamiento.	Implementar un sistema de doble tubería que separe el agua potable de la reutilizada.	Instalar válvulas y sensores para estabilizar la presión y prevenir fugas en la red hídrica.	Renovar y rediseñar la red de tuberías con materiales durables y bajo estándares que prevengan sobrepresiones.	Implementar válvulas de control de presión y sistemas de amortiguación hidráulica en la red.	Diseñar redes de agua sectorizadas y redundantes para asegurar continuidad ante fallas.
Implementar un estándar institucional de equipos hidrosanitarios que optimicen el uso del agua y faciliten el mantenimiento.	Definir especificaciones técnicas de equipos sanitarios con certificación de eficiencia hídrica.	Establecer un protocolo de mantenimiento preventivo para las redes hidráulicas.	Capacitar al personal de mantenimiento en tecnologías de reducción del consumo de agua.	Adoptar como norma institucional el uso de sanitarios de bajo consumo.	Establecer el uso obligatorio de griferías y duchas de bajo flujo en todos los edificios.	Unificar la selección de equipos hidrosanitarios para facilitar el mantenimiento.	Formular un pliego institucional que exija el uso exclusivo de aparatos hidrosanitarios de alta eficiencia en nuevos proyectos y renovaciones.	Estandarizar el uso de tecnologías de grifería y sanitarios.	Implementar un programa de mantenimiento preventivo unificado para los equipos hidrosanitarios.
Mejorar el almacenamiento y aprovechamiento de aguas lluvias.	Instalar sistemas de captación de aguas lluvias en los tejados de los edificios.	Ampliar tanques de almacenamiento para aprovechar mejor el agua lluvia en épocas secas.	Optimizar el aprovechamiento del agua de lluvia en sistemas de climatización y enfriamiento evaporativo.	Ampliar la captación de agua lluvia incorporando más superficies de recogida para incrementar el volumen recolectado.	Incrementar la capacidad de almacenamiento mediante nuevos tanques o ampliación de los existentes.	Usar agua lluvia almacenada en sistemas separados para riego e inodoros, cumpliendo normas sanitarias.	Ampliar la captación de aguas lluvias instalando canaletas, bajantes y tanques de almacenamiento en cubiertas aptas, para abastecer usos no potables.	Implementar sistemas de utilización de esa agua lluvia almacenada, integrándola a los consumos no potables existentes.	Construir jardines de lluvia y pavimentos permeables para gestionar excedentes pluviales y recargar acuíferos.
Diseñar estrategias para enfrentar posibles restricciones futuras del suministro de agua por parte del DAGMA.	Desarrollar y fomentar políticas de reducción del consumo de agua durante periodos de sequía.	Implementar recirculación de agua en sistemas de climatización y procesos industriales para minimizar el consumo de agua potable.	Promover una cultura del ahorro con educación y normativas institucionales para el uso responsable del agua.	Desarrollar un plan de contingencia hídrica que establezca cómo mantener el funcionamiento con suministro limitado.	Instalar sistemas de reutilización de agua que disminuyan la dependencia de la red pública.	Reducir la demanda base de agua mediante medidas permanentes de eficiencia.	Diversificar fuentes de agua para asegurar el suministro durante racionamientos y aumentar la autosuficiencia hídrica del campus.	Reducir al máximo el consumo de agua para minimizar el impacto de cortes en el suministro.	Instalar tanques de reserva y un plan de contingencia para enfrentar crisis en el suministro de agua potable.
Actualizar los medidores de agua para lograr un balance hídrico más preciso.	Instalar medidores por subsistema para detectar consumos elevados por área.	Instalar sensores de flujo inteligentes con alarmas para detección de fugas y desperdicio.	Establecer auditorías hídricas anuales para evaluar la eficiencia y ajustar estrategias de reducción de consumo.	Instalar medidores de agua digitales de alta precisión en las acometidas principales y puntos críticos.	Implementar sub-medición en edificios o zonas específicas (laboratorios, residencias, etc.) para detallar el consumo por actividad.	Realizar auditorías hídricas periódicas comparando las lecturas de entrada de agua con la suma de los medidores internos.	Instalar medidores digitales de agua en puntos clave del campus para mejorar el control del consumo y	Implementar micromedición por zonas o edificios del campus para registrar el consumo individualizado de agua.	Implementar sistemas de medición automática de agua que transmitan datos en tiempo real

	LEED			EDGE			MCSC		
Necesidad	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3
							reemplazar equipos obsoletos.		
Falta de planificación y monitoreo adecuado del consumo y distribución del agua.	Crear una política de gestión del agua con metas e indicadores claros.	Desarrollar un sistema de monitoreo de consumo de agua con reportes periódicos y herramientas de análisis.	Incorporar la gestión del agua en el plan maestro de sostenibilidad del campus para garantizar su monitoreo continuo.	Incorporar la gestión del agua en el plan maestro institucional, asignando recursos y personal dedicados.	Implementar monitoreo continuo con sensores inteligentes para detectar fugas y evaluar el consumo.	Monitorear continuamente el consumo hídrico con sensores y medidores inteligentes para detectar fugas e ineficiencias.	Elaborar un Plan Maestro Hídrico con diagnóstico, metas de reducción y lineamientos de operación y mantenimiento.	Implementar un sistema integral de monitoreo del agua con sensores y medidores inteligentes que brinden datos en tiempo real.	Crear una unidad encargada de la gestión del agua, para planificar, supervisar el consumo y coordinar acciones del plan hídrico.
Riesgo alto en caso de una crisis hídrica debido a la dependencia de un solo sistema de abastecimiento.	Usar fuentes alternativas como pozos o cisternas para abastecer agua en emergencias.	Aumentar la resiliencia hídrica con tanques de emergencia y conexiones redundantes.	Fomentar acuerdos con proveedores de agua sostenible para garantizar una fuente confiable en caso de crisis.	Desarrollar fuentes alternativas como la captación de agua lluvia para reducir la dependencia de la red y abastecer usos no potables.	Reciclar aguas grises y negras para garantizar uso interno en caso de fallas en el servicio externo.	Aumentar la resiliencia hídrica con tanques de almacenamiento de emergencia y conexiones redundantes para garantizar el suministro en caso de cortes prolongados.	Desarrollar fuentes alternativas como captación de agua lluvia y reutilización de aguas tratadas para usos no potables.	Incorporar tanques de reserva y, si es viable, un pozo subterráneo de emergencia para garantizar el suministro básico durante cortes prolongados y fortalecer la resiliencia ante crisis hídricas.	Fortalecer la resiliencia del sistema hídrico con equipos redundantes, energía de respaldo y planes de emergencia que garanticen la continuidad del suministro en situaciones críticas.
Necesidad de infraestructura más resiliente para la distribución del agua potable.	Renovar y modernizar la red de distribución de agua con materiales de alta durabilidad y eficiencia.	Implementar tecnología de detección remota para identificar fugas antes de que generen pérdidas significativas.	Optimizar la presión del agua en el sistema de distribución para reducir el desgaste de tuberías y mejorar su vida útil.	Modernizar la red potable con anillos, válvulas sectoriales y tuberías durables para mayor robustez.	Implementar doble tubería para separar redes de agua potable y no potable según uso.	Aplicar mantenimiento proactivo y monitoreo en tiempo real para prevenir fallas en la red hídrica (sensores de presión/caudal).	Modernizar la red de agua con redes malladas, válvulas y rutas alternas para garantizar el suministro continuo ante fallos.	Usar materiales resistentes como tuberías PEAD, juntas flexibles y válvulas de alivio para aumentar la durabilidad y resiliencia de la red.	Implementar mantenimiento predictivo y monitoreo estructural con sensores y tecnologías de detección para prevenir fallas en la red.
Falta de cultura de ahorro y reutilización del agua dentro de la comunidad universitaria.	Diseñar campañas y programas educativos sobre ahorro de agua para estudiantes y personal.	Incentivar la reducción del consumo de agua mediante programas de reconocimiento y certificación a edificios eficientes.	Crear programas de participación estudiantil en proyectos de optimización del uso del agua dentro del campus.	Promover el uso eficiente del agua mediante campañas educativas, talleres y señalización en el campus.	Fomentar el uso de dispositivos eficientes destacando que ahorran agua sin afectar la comodidad ni la higiene.	Involucrar a la comunidad en el ahorro de agua mediante actividades participativas, retroalimentación y tecnologías que eviten desperdicios.	Promover una cultura de uso responsable del agua mediante campañas educativas permanentes con talleres, señalización y datos de consumo.	Visibilizar el ciclo del agua en el campus con elementos educativos que fomenten el aprendizaje y apoyo a prácticas sostenibles.	Involucrar activamente a la comunidad en la gestión del agua para fortalecer hábitos sostenibles y consolidar una cultura institucional de ahorro.

Tabla 3. Matriz de necesidades del eje agua vs estrategias sostenibles según la certificación LEED, EDGE Y Manual de Construcción Sostenible de Cali.

Necesidad	LEED			EDGE			MCSC		
	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3
Superar las barreras normativas y estructurales para implementar energía fotovoltaica.	Optimizar la orientación y diseño de los paneles solares	Evaluar la compra de electricidad renovable certificada.	Analizar sombreado y estructura para instalar paneles solares.	Ajustar orientación de paneles según latitud y radiación.	Usar inversores MPPT (Punto de Maxima Potencias) para mejorar la eficiencia solar.	Evaluar el impacto del sombreado con herramientas de simulación para maximizar la generación de energía	Diseño solar pasivo e integración temprana de fotovoltaica	Adecuación estructural y normativa para fotovoltaica	Adaptar la red eléctrica para generación distribuida y medición neta con sistemas solares.
Implementar un sistema de medición de energía por edificio para identificar oportunidades de ahorro.	Instalar medidores de energía avanzados para monitorear el consumo total y de subsistemas críticos	Implementar reportes de consumo energético con seguimiento mensual y análisis de tendencias	Integrar los medidores en un sistema de gestión de energía con monitoreo remoto y alertas de eficiencia	Instalar contadores de energía inteligentes con registro de consumo en tiempo real .	Usar software de monitoreo para detectar consumos ineficientes.	Desarrollar reportes periódicos de consumo y eficiencia para optimizar el uso energético (EDGE - Gestión de Energía).	Instalar submedición inteligente por edificio para monitorear y optimizar el consumo energético en tiempo real.	Implementar un BMS ( Building Management System) para analizar consumos por edificio.	Implementar paneles informativos o paneles digitales públicos que muestren el consumo energético de cada edificio en tiempo real o de forma semanal.
Aumentar la capacidad instalada de paneles solares propios y reducir la dependencia de contratos con empresas externas.	Incrementar la capacidad de generación onsite mediante la optimización del espacio disponible	Explorar incentivos financieros y acuerdos de compra de energía renovable a largo plazo	Incluir almacenamiento de energía para mejorar la autonomía energética y gestionar picos de demanda	Ampliar generación solar con baterías para cubrir demanda nocturna.	Ajustar la inclinación de paneles para eficiencia anual máxima.	Evaluar micro-redes para aumentar la resiliencia energética del campus.	Diseñar un plan maestro para ampliar la generación solar en techos y espacios disponibles del campus.	Diversificar fuentes renovables y añadir almacenamiento para mejorar resiliencia y reducir dependencia energética.	Renegociar contratos e incentivar autogeneración para financiar más energía solar.
Implementar automatización en aulas y oficinas para optimizar el uso de iluminación y aire acondicionado.	Instalar sensores de ocupación para gestionar iluminación y climatización en función del uso del espacio	Implementar sistemas de automatización en HVAC con controles inteligentes y ajuste dinámico de temperatura .	Integrar un sistema centralizado de monitoreo y control energético para mejorar la eficiencia operativa.	Instalar sensores de ocupación en aulas y oficinas para regular la iluminación y climatización.	Usar sistemas FRV ( flujo de refrigerante variable) para mejorar la eficiencia del aire acondicionado.	Automatizar el control de temperatura con algoritmos de aprendizaje automático para minimizar desperdicio energético.	Instalar iluminación inteligente con sensores para reducir consumo innecesario.	Automatizar climatización y ventilación para optimizar confort y consumo energético.	Usar BMS en tiempo real para gestionar iluminación y climatización de forma eficiente.
Fomentar estrategias de reducción de la huella de carbono, incluyendo el uso de movilidad sostenible.	Promover infraestructura para el uso de bicicletas y estaciones de carga para vehículos eléctricos.	Optimizar las rutas de transporte interno para mejorar la eficiencia energética en desplazamientos.	Implementar programas de carpooling y transporte compartido para reducir emisiones de carbono.	Promover infraestructura para bicicletas y estaciones de carga de vehículos eléctricos en el campus.	Optimizar rutas de transporte interno para minimizar consumo de combustible y tiempos de traslado.	Incentivar programas de carpooling y uso de transporte público a través de beneficios institucionales.	Promoción de movilidad activa y compartida	Optimización del transporte público y vehicular eficiente	Implementar incentivos y seguimiento de CO <sub>2</sub> para fomentar movilidad baja en carbono.
Campañas de concientización para reducir el consumo innecesario de energía, especialmente en iluminación y climatización.	Desarrollar programas educativos sobre eficiencia energética y reducción de desperdicios (LEED - Cultura Energética O+M).	Incentivar el uso de iluminación natural y estrategias pasivas de enfriamiento en la arquitectura del campus.	Monitorear el impacto de las campañas con reportes de consumo antes y después de su implementación.	Desarrollar programas educativos sobre el uso eficiente de la energía y reducción del desperdicio.	Monitorear y comparar el consumo energético antes y después de implementar campañas de concientización.	Implementar campañas educativas para promover prácticas de ahorro energético.	Programas educativos y difusión continua: Desarrollar campañas permanentes de educación y sensibilización energética dirigidas a estudiantes, profesores y personal administrativo.	Usar señalización y datos en tiempo real para reforzar el ahorro energético.	Fomentar la participación activa en retos y proyectos que promuevan el ahorro energético.
Falta de integración de energías renovables en los planes de desarrollo del campus.	Incluir objetivos de generación renovable en el plan maestro de sostenibilidad de la institución.	Impulsar investigación y uso de tecnologías renovables en proyectos universitarios.	Evaluar microrredes para aumentar la autosuficiencia energética del campus.	Incluir objetivos de generación renovable en el plan maestro del campus para alinearlo con	Analizar la integración de fuentes renovables como solar, eólica y biomasa.	Diseñar políticas para autosuficiencia energética con modelos híbridos sostenibles.	Integrar energía sostenible en la planificación física y estratégica del campus.	Definir metas institucionales de energía renovable con respaldo directivo y seguimiento anual.	Articulación institucional para proyectos sostenibles: Crear un comité o mesa de trabajo de energía sostenible

Necesidad	LEED			EDGE			MCSC		
	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3
				estrategias sostenibles.					
Baja cultura de ahorro energético entre estudiantes y administrativos.	Implementar programas de certificación energética para edificios con reconocimiento visible.	Desarrollar políticas internas de eficiencia energética con incentivos para el ahorro.	Promover desafíos energéticos entre facultades para reducir el consumo eléctrico.	Implementar certificaciones internas para edificios eficientes en consumo energético.	Crear normas internas para estandarizar la eficiencia en uso de equipos y espacios.	Organizar concursos entre departamentos para reducir el consumo eléctrico.	Incluir sostenibilidad y eficiencia energética en la formación académica y la inducción del personal.	Liderazgo y ejemplo institucional: Designar “embajadores energéticos” o líderes verdes en cada dependencia, quienes modelen buenas prácticas y motiven a sus compañeros.	Crear incentivos y brindar retroalimentación periódica para promover el ahorro energético.
Necesidad de normativas internas claras sobre el uso de energía y climatización en la universidad.	Elaborar una normativa de climatización y eficiencia energética alineada con estándares.	Definir parámetros de temperatura y horarios de operación óptimos para reducir desperdicios energéticos.	Fomentar la regulación de equipos electrónicos en horarios no operativos.	Crear un reglamento interno con directrices para el uso eficiente de la energía en el campus.	Definir horarios y rangos de temperatura óptimos para el uso de climatización en espacios educativos y administrativos.	Fomentar la regulación de uso de equipos electrónicos fuera de horario laboral para minimizar consumos pasivos.	Elaboración de un reglamento interno de energía: Desarrollar una normativa universitaria que establezca directrices explícitas para el uso eficiente de la energía en campus.	Establecer protocolos de operación y mantenimiento que aseguren eficiencia energética continua.	Crear un comité para supervisar, actualizar y auditar el cumplimiento de la normativa energética.

Tabla 4. Matriz de necesidades del eje energía vs estrategias sostenibles según la certificación LEED, EDGE Y Manual de Construcción Sostenible de Cali.

	LEED			EDGE			MCSC		
Necesidad	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3
Incluir criterios de mantenimiento en el diseño de nuevas construcciones.	Diseñar accesibilidad adecuada para equipos de mantenimiento crítico	Utilizar materiales con certificaciones de alta resistencia y bajo mantenimiento.	Incorporar protocolos de mantenimiento preventivo.	Ubicar accesos a equipos de mantenimiento en zonas estratégicas para facilitar intervenciones.	Utilizar materiales con alta durabilidad y resistencia a la intemperie para minimizar mantenimientos.	Impermeabilización eficientes en cubiertas y fachadas.	La planificación del diseño desde el ciclo de vida completo del edificio.	Selección de materiales y tecnologías de baja demanda de mantenimiento.	Empleo de sistemas modulares y prefabricados.
Usar materiales con menor impacto ambiental y evaluar alternativas locales para reducir la huella de carbono.	Implementar materiales con bajo carbono incorporado, optimizados mediante análisis de ciclo de vida.	Priorizar materiales locales certificados por su menor impacto ambiental en transporte y producción.	Utilizar productos con certificaciones ambientales como FSC, Cradle to Cradle o Declare para asegurar su sostenibilidad.	Seleccionar materiales con bajo contenido de carbono incorporado, priorizando opciones locales.	Incluir elementos prefabricados.	Utilizar acabados sostenibles.	Priorizar el uso de materiales de construcción de origen local.	Seleccionar insumos con baja energía embebida y menor huella de carbono en su ciclo de vida.	Integrar materiales reciclados o reutilizados.
Mejorar la planificación de mantenimiento para evitar deterioro acelerado de las construcciones existentes.	Planes de gestión de mantenimiento basados en auditorías energéticas y de materiales.	Utilizar sistemas de monitoreo del estado estructural y de materiales para prevenir fallas.	Emplear recubrimientos y tratamientos de superficies de larga duración.	Implementar planes de mantenimiento predictivo basados en la durabilidad de los materiales utilizados.	Utilizar revestimientos y pinturas de alta reflectancia para reducir deterioro térmico y humedad.	Optimizar el uso de materiales autolimpiables y resistentes a la corrosión para prolongar su vida útil.	Establecer un plan de mantenimiento preventivo integral que programe inspecciones y acciones periódicas.	Apoyarse en herramientas de gestión digital (p. ej., BIM extendido a Facility Management) para planificar y monitorear el mantenimiento.	Emplear materiales de rehabilitación y soluciones técnicas que aumenten la durabilidad de las estructuras existentes.
Integrar la economía circular en los procesos constructivos, priorizando la reutilización de materiales en demoliciones.	Reutilizar elementos estructurales y no estructurales en nuevos proyectos para reducir la demanda de materiales vírgenes.	Diseñar un plan de gestión de residuos de construcción.	Adoptar criterios de diseño modular que permitan el desmontaje y reutilización de componentes en el futuro.	Reutilizar al menos el 30% de los residuos de construcción.	Diseñar procesos de desmontaje eficiente.	Minimizar el uso de adhesivos y sellantes irreversibles	Implementar un plan de gestión de residuos de construcción y demolición (RCD).	Incorporar criterios de diseño para la desmontabilidad y la reutilización futura de componentes.	Adoptar la prefabricación y modularidad como práctica
Rediseñar las fachadas para evitar problemas de humedad y filtraciones.	Incluir sistemas de impermeabilización certificados.	Optimizar la envolvente térmica y la ventilación de la fachada para reducir acumulaciones de humedad.	Emplear estrategias de diseño pasivo para mejorar la eficiencia energética y la durabilidad de las fachadas .	Incorporar materiales de baja absorción y alta resistencia a la intemperie en fachadas.	Implementar aislamiento térmico y barreras de vapor en los muros exteriores para prevenir condensaciones.	Optimizar la ventilación natural y sistemas de drenaje.	Implementar sistemas de fachada ventilada o envolventes de doble piel que mejoren la protección contra la humedad.	Aplicar recubrimientos impermeables y tecnologías avanzadas en las superficies exteriores que prevengan la filtración de agua	Elementos arquitectónicos complementarios que mitiguen la incidencia directa del agua sobre la fachada.
Falta de presupuesto o priorización para el mantenimiento adecuado de los edificios.	Evaluar costos de ciclo de vida para priorizar inversiones en materiales de larga duración y bajo mantenimiento.	Establecer estrategias de mantenimiento programado.	Implementar políticas de mantenimiento preventivo en toda la infraestructura del campus.	Mantenimiento a largo plazo con base en materiales duraderos y de bajo mantenimiento	Incorporar materiales autolimpiables y resistentes al desgaste para reducir costos operativos.	Implementar programas de capacitación para optimizar los procedimientos de mantenimiento y reducir costos por fallas prematuras.	Incorporar el análisis de costos a largo plazo (costos de ciclo de vida) para evidenciar los ahorros que genera un mantenimiento preventivo.	Optimizar los procesos constructivos y la selección de materiales.	Aplicar principios de economía circular en las actividades de mantenimiento.
Desconexión entre el diseño arquitectónico y las necesidades operativas de mantenimiento.	Incluir criterios de diseño que faciliten el acceso a instalaciones clave para su mantenimiento.	Optimizar la elección de materiales en función de su durabilidad y facilidad de mantenimiento.	Implementar simulaciones de ciclo de vida.	Incluir criterios de accesibilidad en el diseño.	Priorizar el uso de materiales y componentes modulares.	Utilizar materiales con garantías extendidas y certificaciones de resistencia.	Promover una integración temprana entre los equipos de diseño y los equipos de operación/mantenimiento durante la fase de proyecto arquitectónico.	Utilizar modelos digitales integrados (p. ej., plataformas BIM con información de mantenimiento)	Fomentar la flexibilidad y adaptabilidad en el diseño arquitectónico para acomodar cambios y facilitar el mantenimiento.

Necesidad	LEED			EDGE			MCSC		
	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3
Necesidad de políticas institucionales que promuevan la construcción sostenible de manera efectiva.	Establecer directrices institucionales alineadas con los estándares LEED para construcción sostenible	Crear incentivos para la utilización de materiales reciclados y de bajo impacto ambiental en nuevos proyectos	Incorporar criterios de sostenibilidad en los procesos de contratación y compra de materiales de construcción.	Desarrollar un manual institucional de construcción sostenible.	Incorporar requisitos de uso de materiales certificados y de bajo impacto	Establecer incentivos para proyectos de estrategias de eficiencia energética y reducción de residuos.	Desarrollar y adoptar políticas institucionales que incorporen las directrices del Manual de Construcción Sostenible de Cali.	Establecer incentivos financieros y procedimientos administrativos que favorezcan la adopción de medidas sostenibles	Programas de capacitación y seguimiento para garantizar el cumplimiento de políticas sostenibles.

Tabla 5. Matriz de necesidades del eje materiales vs estrategias sostenibles según la certificación LEED, EDGE Y Manual de Construcción Sostenible de Cali.

	LEED			EDGE			MCSC		
Necesidad	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3
Mejorar la relación muro-ventana en edificios nuevos para optimizar la luz natural sin generar sobrecalentamiento.	Diseñar fachadas con un mínimo de 75% de espacios regularmente ocupados con acceso a luz natural.	Utilizar vidrios de alta transmitancia lumínica y control térmico.	Implementar dispositivos de sombreado pasivo como aleros y persianas automatizadas.				Mantener la proporción ventana-pared dentro 30-40% de área acristalada en la fachada	Incorporar sistemas de sombreado pasivo en las aberturas.	Emplear acristalamientos de alto desempeño (vidrios de control solar bajo emisivo) en las ventanas expuestas.
Incorporar estrategias pasivas de iluminación como domos solares y tragaluces en nuevas construcciones.	Instalar tragaluces y domos solares en al menos el 50% de los espacios ocupados.	Realizar simulaciones de autonomía espacial de la luz natural.	El ingreso de Luz natural cumpla con niveles de iluminancia entre 300 y 3,000 lux				Diseñar aperturas cenitales (tragaluces, claraboyas o patios de luz)	Complementar la iluminación cenital con fuentes laterales para lograr una distribución homogénea de la luz natural en el espacio	Incorporar difusores o filtros en los domos solares/tragaluces para controlar la intensidad de la luz y el calor que ingresan.
Regular la temperatura de los espacios con medidas bioclimáticas eficientes.	Implementar estrategias de confort térmico adaptativo en espacios sin climatización mecánica.	Diseñar sistemas de ventilación natural basados en estudios de orientación y viento predominante	Optimizar la inercia térmica de los materiales para reducir variaciones de temperatura sin incrementar el consumo energético				Maximizar la ventilación natural cruzada ubicando aberturas operables en lados opuestos	Emplear ventilación por efecto chimenea (diferencial térmico) incorporando salidas de aire caliente en la parte superior de los espacios	Mejorar el aislamiento térmico de la envolvente del edificio (muros y cubierta).
Establecer una política institucional sobre el confort térmico basada en estándares internacionales.	Aplicar los criterios de ASHRAE 55-2017 para el diseño de confort térmico en todos los espacios ocupados	Proveer controles térmicos individuales en al menos el 50% de los espacios de trabajo	Implementar monitoreo de temperatura y humedad con ajustes automatizados en tiempo real.				lineamientos institucionales obligatorios. Esto implica fijar rangos aceptables de temperatura operativa, humedad relativa y ventilación mínima por ocupante.	Definir métricas de desempeño y monitoreo continuo para evaluar el confort térmico en los edificios.	Implementar protocolos operativos que combinen eficiencia energética y confort.
Mejorar la ventilación natural en los edificios antiguos para reducir la necesidad de aire acondicionado.	Incrementar el suministro de aire exterior en un 15% por encima del mínimo.	Optimizar la apertura de ventanas para permitir flujo cruzado de aire en al menos el 75% de los espacios ocupados.	Instalar sistemas de monitoreo de CO <sub>2</sub> para alertar cuando los niveles de ventilación sean insuficientes.				Adecuar los edificios existentes para la ventilación cruzada	Integrar sistemas de ventilación por convección natural en estructuras antiguas.	Aprovechar la ventilación nocturna en climas cálidos para pre-enfriar las edificaciones.
Automatizar el control de temperatura en los espacios climatizados para evitar desperdicios.	Integrar termostatos programables con sensores de ocupación para regular la climatización	Utilizar sistemas HVAC con variación de volumen de aire para ajustar el flujo según la carga térmica.	Monitorear y ajustar automáticamente la temperatura mediante algoritmos de eficiencia térmica.				Implementar sistemas de gestión automatizada de climatización (Building Management Systems).	Incorporar dispositivos de apertura y cierre automatizados en elementos pasivos de enfriamiento natural.	Establecer controles por zonas y horarios para los sistemas de aire acondicionado
Falta de planificación bioclimática en algunos edificios, lo que genera altos consumos energéticos en climatización.	Realizar auditorías energéticas.	Optimizar el uso de materiales con alta reflectancia y baja transmitancia térmica en fachadas.	Diseñar estrategias de ventilación pasiva para reducir la dependencia de sistemas mecánicos.				Incorporar criterios de diseño bioclimático desde las primeras fases de proyecto arquitectónico.	Realizar intervenciones de retrofit en edificios existentes mal planeados, añadiendo elementos pasivos que mitiguen sus deficiencias.	Mejorar el desempeño térmico de la envolvente en construcciones existentes como medida correctiva ante la falta de diseño bioclimático.

Necesidad	LEED			EDGE			MCSC		
	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3
Necesidad de educar a la comunidad universitaria sobre la importancia del confort térmico eficiente.	Implementar campañas de concientización sobre hábitos de confort térmico eficiente	Desarrollar programas de certificación en eficiencia térmica para edificios universitarios.	Involucrar a la comunidad en estudios de percepción térmica y confort adaptativo				Desarrollar programas de sensibilización y formación que destaquen los beneficios del confort térmico pasivo y eficiente.	Divulgar datos concretos y resultados de estudios para respaldar la importancia de un confort térmico eficiente.	Incorporar en la cultura institucional prácticas cotidianas alineadas con el confort eficiente.
Desbalance entre el diseño arquitectónico y la funcionalidad térmica y lumínica.	Realizar estudios de modelado térmico y lumínico previo al diseño de nuevos edificios.	Garantizar la correcta orientación de los edificios para aprovechar luz natural y minimizar ganancias térmicas.	Utilizar acabados interiores con reflectancias adecuadas para mejorar la distribución de la luz y la eficiencia térmica.				Integrar las soluciones bioclimáticas como parte intrínseca del diseño arquitectónico.	Utilizar herramientas de simulación térmica y lumínica en la etapa de diseño.	Implementar medidas de mejora en edificios existentes donde la forma arquitectónica complemente el funcionamiento ambiental, para re-equilibrar ambos aspectos.

Tabla 6. Matriz de necesidades del eje materiales vs estrategias sostenibles según la certificación LEED Y Manual de Construcción Sostenible de Cali.

En las tablas anteriores se evidencia que varias estrategias se repiten entre las diferentes fuentes consultadas, ya que muchas de ellas se fundamentan en principios comunes de sostenibilidad. Por esta razón, se procedió a depurar las matrices, consolidando las estrategias sin distinción de su fuente de origen. A continuación, se presentan las cuatro (4) tablas 11, 12, 13 y 14 depuradas, organizadas por cada uno de los ejes temáticos de sostenibilidad.

	Necesidad	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 4	Estrategia 5	Estrategia 6
ENERGIA	Superar las barreras normativas y estructurales para implementar energía fotovoltaica.	Evaluar la compra de electricidad renovable certificada.	Analizar sombreado y estructura para instalar paneles solares.	Ajustar orientación de paneles según latitud y radiación.	Usar inversores MPPT (Punto de Máxima Potencias) para mejorar la eficiencia solar.	Adaptar la red eléctrica para generación distribuida y medición neta con sistemas solares.	
	Implementar un sistema de medición de energía por edificio para identificar oportunidades de ahorro.	Usar software de monitoreo para detectar consumos ineficientes.	Instalar submedición inteligente por edificio para monitorear y optimizar el consumo energético en tiempo real.	Implementar un BMS ( Building Management System) para analizar consumos por edificio.			
	Aumentar la capacidad instalada de paneles solares propios y reducir la dependencia de contratos con empresas externas.	Ampliar generación solar con baterías para cubrir demanda nocturna.	Ajustar la inclinación de paneles para eficiencia anual máxima.	Evaluar micro-redes para aumentar la resiliencia energética del campus.	Diseñar un plan maestro para ampliar la generación solar en techos y espacios disponibles del campus.	Diversificar fuentes renovables y añadir almacenamiento para mejorar resiliencia y reducir dependencia energética.	Renegociar contratos e incentivar autogeneración para financiar más energía solar.
	Implementar automatización en aulas y oficinas para optimizar el uso de iluminación y aire acondicionado.	Usar sistemas FRV ( flujo de refrigerante variable) para mejorar la eficiencia del aire acondicionado.	Instalar iluminación inteligente con sensores para reducir consumo innecesario.	Automatizar climatización y ventilación para optimizar confort y consumo energético.	Usar BMS en tiempo real para gestionar iluminación y climatización de forma eficiente.		
	Fomentar estrategias de reducción de la huella de carbono, incluyendo el uso de movilidad sostenible.	Fomentar transportes alternativos, vehículo compartido, transporte público y vehículos eléctricos para reducir la huella de carbono.	Implementar incentivos y seguimiento de CO <sub>2</sub> para fomentar movilidad baja en carbono.				
	Campanas de concientización para reducir el consumo innecesario de energía, especialmente en iluminación y climatización.	Implementar campañas educativas para promover prácticas de ahorro energético.	Usar señalización y datos en tiempo real para reforzar el ahorro energético.	Fomentar la participación activa en retos y proyectos que promuevan el ahorro energético.			
	Falta de integración de energías renovables en los planes de desarrollo del campus.	Impulsar investigación y uso de tecnologías renovables en proyectos universitarios.	Evaluar microrredes para aumentar la autosuficiencia energética del campus.	Analizar la integración de fuentes renovables como solar, eólica y biomasa.	Diseñar políticas para autosuficiencia energética con modelos híbridos sostenibles.	Integrar energía sostenible en la planificación física y estratégica del campus.	Definir metas institucionales de energía renovable con respaldo directivo y seguimiento anual.
	Baja cultura de ahorro energético entre estudiantes y administrativos.	Crear normas internas para estandarizar la eficiencia en uso de equipos y espacios.	Organizar concursos entre departamentos para reducir el consumo eléctrico.	Incluir sostenibilidad y eficiencia energética en la formación académica y la inducción del personal.	Crear incentivos y brindar retroalimentación periódica para promover el ahorro energético.		
	Necesidad de normativas internas claras sobre el uso de energía y climatización en la universidad.	Fomentar la regulación de equipos electrónicos en horarios no operativos.	Crear un reglamento interno con directrices para el uso eficiente de la energía en el campus.	Establecer protocolos de operación y mantenimiento que aseguren eficiencia energética continua.	Crear un comité para supervisar, actualizar y auditar el cumplimiento de la normativa energética.		

Tabla 7. Matriz de necesidades del eje energía vs estrategias sostenibles.

	Necesidad	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 4	Estrategia 5
MATERIALES	Incluir criterios de mantenimiento en el diseño de nuevas construcciones.	Utilizar materiales con certificaciones de alta resistencia y bajo mantenimiento.	Incorporar protocolos de mantenimiento preventivo.	Impermeabilizaciones eficientes en cubiertas y fachadas.	La planificación del diseño desde el ciclo de vida completo del edificio.	Empleo de sistemas modulares y prefabricados.
	Usar materiales con menor impacto ambiental y evaluar alternativas locales para reducir la huella de carbono.	Incluir elementos prefabricados.	Utilizar acabados sostenibles.	Priorizar el uso de materiales de construcción de origen local.	Integrar materiales reciclados o reutilizados.	
	Mejorar la planificación de mantenimiento para evitar deterioro acelerado de las construcciones existentes.	Planes de gestión de mantenimiento basados en auditorías energéticas y de materiales.	Emplear recubrimientos y tratamientos de superficies de larga duración.			
	Integrar la economía circular en los procesos constructivos, priorizando la reutilización de materiales en demoliciones.	Diseñar un plan de gestión de residuos de construcción.	Reutilizar al menos el 30% de los residuos de construcción.	Diseñar procesos de desmontaje eficiente.	Mínimizar el uso de adhesivos y sellantes irreversibles	Adoptar la prefabricación y modularidad como práctica
	Rediseñar las fachadas para evitar problemas de humedad y filtraciones.	Incluir sistemas de impermeabilización certificados.	Optimizar la ventilación natural y sistemas de drenaje.	Elementos arquitectónicos complementarios que mitiguen la incidencia directa del agua sobre la fachada.		
	Falta de presupuesto o priorización para el mantenimiento adecuado de los edificios.	Establecer estrategias de mantenimiento programado.	Mantenimiento a largo plazo con base en materiales duraderos y de bajo mantenimiento	Optimizar los procesos constructivos y la selección de materiales.	Aplicar principios de economía circular en las actividades de mantenimiento.	
	Desconexión entre el diseño arquitectónico y las necesidades operativas de mantenimiento.	Implementar simulaciones de ciclo de vida.	Incluir criterios de accesibilidad en el diseño.	Priorizar el uso de materiales y componentes modulares.	Utilizar materiales con garantías extendidas y certificaciones de resistencia.	Utilizar modelos digitales integrados (p. ej., plataformas BIM con información de mantenimiento)
	Necesidad de políticas institucionales que promuevan la construcción sostenible de manera efectiva.	Desarrollar un manual institucional de construcción sostenible.	Incorporar requisitos de uso de materiales certificados y de bajo impacto	Establecer incentivos para proyectos de estrategias de eficiencia energética y reducción de residuos.	Programas de capacitación y seguimiento para garantizar el cumplimiento de políticas sostenibles.	

Tabla 8. Matriz de necesidades del eje materiales vs estrategias sostenibles.

	Necesidad	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 4
AGUA	Implementar dispositivos ahorradores en las llaves de pocetas y jardines para reducir el desperdicio.	Instalar accesorios WaterSense para reducir el consumo de agua.	Instalar aireadores en grifos para reducir consumo sin perder presión percibida.	Usar grifos de bajo flujo o cierre automático para evitar desperdicio de agua.	Usar riego tecnificado con agua lluvia para reducir consumo en zonas verdes.
	Automatizar el sistema de acueducto para monitorear el caudal y detectar pérdidas.	Instalar medidores de agua permanentes en puntos estratégicos para un monitoreo preciso.	Hacer balances hídricos periódicos para detectar pérdidas y mejorar el control del consumo.	Usar un sistema SCADA (sistema automatizado de gestión) para monitorear caudales y controlar fugas de forma automática.	
	Mejorar el diseño de tuberías para minimizar fugas y pérdidas de agua.	Implementar un sistema de doble tubería que separe el agua potable de la reutilizada.	Instalar válvulas y sensores para estabilizar la presión y prevenir fugas en la red hídrica.	Diseñar redes de agua sectorizadas y redundantes para asegurar continuidad ante fallas.	
	Implementar un estándar institucional de equipos ahorradores de agua.	Establecer un protocolo de mantenimiento preventivo para las redes hidráulicas.			
	Mejorar el almacenamiento y aprovechamiento de aguas lluvias.	Instalar sistemas de captación de aguas lluvias en los tejados de los edificios.	Ampliar tanques de almacenamiento para aprovechar mejor el agua lluvia en épocas secas.	Usar agua lluvia almacenada en sistemas separados para riego e inodoros, cumpliendo normas sanitarias.	Construir jardines de lluvia y pavimentos permeables para gestionar excedentes pluviales y recargar acuíferos.
	Diseñar estrategias para enfrentar posibles restricciones en el suministro de agua.	Desarrollar y fomentar políticas de reducción del consumo de agua durante periodos de sequía.	Reducir al máximo el consumo de agua para minimizar el impacto de cortes en el suministro.	Instalar tanques de reserva y un plan de contingencia para enfrentar crisis en el suministro de agua potable.	
	Actualizar los medidores de agua para lograr una medición más precisa del consumo.	Instalar medidores por subsistema para detectar consumos elevados por área.	Implementar sistemas de medición automática de agua que transmitan datos en tiempo real.		
	Falta de planificación y monitoreo adecuado del uso de agua.	Crear una política de gestión del agua con metas e indicadores claros.	Incorporar la gestión del agua en el plan maestro institucional, asignando recursos y personal dedicados.	Monitorear continuamente el consumo hídrico con sensores y medidores inteligentes para detectar fugas e ineficiencias.	
	Riesgo alto en caso de una crisis hídrica debido a la falta de fuentes alternas.	Usar fuentes alternativas como pozos o cisternas para abastecer agua en emergencias.	Reciclar aguas grises y negras para garantizar uso interno en caso de fallas en el servicio externo.	Aumentar la resiliencia hídrica con tanques de emergencia y conexiones redundantes.	
	Necesidad de infraestructura más resiliente para garantizar el suministro de agua.	Modernizar la red potable con anillos, válvulas sectoriales y tuberías durables para mayor robustez.	Implementar doble tubería para separar redes de agua potable y no potable según uso.	Aplicar mantenimiento proactivo y monitoreo en tiempo real para prevenir fallas en la red hídrica (sensores de presión/caudal).	
Falta de cultura de ahorro y reutilización del agua en la comunidad universitaria.	Diseñar campañas y programas educativos sobre ahorro de agua para estudiantes y personal.				

Tabla 9. Matriz de necesidades del eje agua vs estrategias sostenibles.

	Necesidad	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 4	Estrategia 5
CONFORT	Mejorar la relación muro-ventana en edificios nuevos para optimizar la luz natural sin generar sobrecalentamiento.	Utilizar vidrios de alta transmitancia luminica y control térmico.	Mantener la proporción ventana-pared dentro 30–40% de área acristalada en la fachada	Incorporar sistemas de sombreado pasivo en las aberturas.		
	Incorporar estrategias pasivas de iluminación como domos solares y tragaluces en nuevas construcciones.	Instalar tragaluces y domos solares en al menos el 50% de los espacios ocupados.	Realizar simulaciones de autonomía espacial de la luz natural.	El ingreso de Luz natural cumpla con niveles de iluminancia entre 300 y 3,000 lux		
	Regular la temperatura de los espacios con medidas bioclimáticas eficientes.	Implementar estrategias de confort térmico adaptativo en espacios sin climatización mecánica.	Mejorar el aislamiento térmico de la envolvente del edificio (muros y cubierta).			
	Establecer una política institucional sobre el confort térmico basada en estándares internacionales.	Proveer controles térmicos individuales en al menos el 50% de los espacios de trabajo	lineamientos institucionales obligatorios. Esto implica fijar rangos aceptables de temperatura operativa, humedad relativa y ventilación mínima por ocupante.	Definir métricas de desempeño y monitoreo continuo para evaluar el confort térmico en los edificios.	Implementar protocolos operativos que combinen eficiencia energética y confort.	
	Mejorar la ventilación natural en los edificios antiguos para reducir la necesidad de aire acondicionado.	Incrementar el suministro de aire exterior en un 15% por encima del mínimo.	Optimizar la apertura de ventanas para permitir flujo cruzado de aire en al menos el 75% de los espacios ocupados.	Instalar sistemas de monitoreo de CO <sub>2</sub> para alertar cuando los niveles de ventilación sean insuficientes.	Integrar sistemas de ventilación por convección natural en estructuras antiguas.	Aprovechar la ventilación nocturna en climas cálidos para pre-enfriar las edificaciones.
	Automatizar el control de temperatura en los espacios climatizados para evitar desperdicios.	Integrar termostatos programables con sensores de ocupación para regular la climatización	Utilizar sistemas HVAC con variación de volumen de aire para ajustar el flujo según la carga térmica.	Implementar sistemas de gestión automatizada de climatización (Building Management Systems).	Establecer controles por zonas y horarios para los sistemas de aire acondicionado	
	Falta de planificación bioclimática en algunos edificios, lo que genera altos consumos energéticos en climatización.	Realizar auditorias energéticas.	Optimizar el uso de materiales con alta reflectancia y baja transmitancia térmica en fachadas.	Diseñar estrategias de ventilación pasiva para reducir la dependencia de sistemas mecánicos.	Incorporar criterios de diseño bioclimático desde las primeras fases de proyecto arquitectónico.	Realizar intervenciones de retrofit en edificios existentes mal planeados, añadiendo elementos pasivos que mitiguen sus deficiencias.
	Necesidad de educar a la comunidad universitaria sobre la importancia del confort térmico eficiente.	Desarrollar programas de certificación en eficiencia térmica para edificios universitarios.	Desarrollar programas y divulgar datos de sensibilización y formación que destaquen el confort térmico pasivo y eficiente.			
	Desbalance entre el diseño arquitectónico y la funcionalidad térmica y luminica.	Utilizar acabados interiores con reflectancias adecuadas para mejorar la distribución de la luz y la eficiencia térmica	Integrar las soluciones bioclimáticas como parte intrínseca del diseño arquitectónico.	Utilizar herramientas de simulación térmica y luminica en la etapa de diseño.	Implementar medidas de mejora en edificios existentes donde la forma arquitectónica complemente el funcionamiento ambiental, para re-equilibrar ambos aspectos.	

Tabla 10. Matriz de necesidades del eje confort vs estrategias sostenibles.

### **4.2.3 Evaluación de impacto de las estrategias – Matriz de decisión Q sorting**

Con el fin de facilitar un análisis detallado y asegurar una evaluación rigurosa, se optó por organizar las estrategias sostenibles por eje temático y por necesidad específica, reconociendo que cada necesidad representa un problema particular con características técnicas y contextuales únicas.

Como resultado de este enfoque, se desarrollaron treinta y ocho (38) matrices individuales, correspondientes a las 37 necesidades identificadas previamente en el diagnóstico institucional (ver ítem 4.2.1). Cada matriz contempla la selección y evaluación de estrategias vinculadas a una sola necesidad (ver ítem 4.2.2), lo cual permitió aplicar el método de priorización Q-Sorting de forma independiente y sistemática en cada caso.

El proceso de evaluación fue de carácter cualitativo y estuvo a cargo de los autores del trabajo de grado. Para ello, se definieron tres criterios fundamentales: técnico, sostenible y económico, con ponderaciones respectivas del 30% para los criterios técnico y sostenible, y 40% para el criterio económico, dada la relevancia que representa la viabilidad financiera en los procesos de implementación.

Esta metodología permitió comparar el impacto estimado de cada estrategia y determinar cuáles resultan más viables y efectivas dentro del contexto institucional. El análisis obtenido se constituye como una herramienta clave para apoyar la toma de decisiones en futuros proyectos de diseño, construcción y remodelación sostenible en el campus universitario. A continuación, se presentan las 37 tablas de ponderación de las Necesidades vs Estrategias (Tabla 11 a Tabla 47), resultado de la aplicación del método Q-Sorting a cada una de las necesidades identificadas.

Antes de presentar las tablas, es importante explicar cómo deben interpretarse. Cada tabla compara una necesidad específica con varias estrategias sostenibles mediante la aplicación del método Q-Sorting, evaluando tres criterios fundamentales: técnico, sostenible y económico. En las tablas, la columna "P" corresponde al valor ponderado asignado a cada estrategia según cada criterio, mientras que "R" indica el resultado parcial, es decir, el valor obtenido al multiplicar la ponderación del criterio por su respectiva puntuación. La suma de los tres resultados parciales determina el puntaje total de cada estrategia. Las estrategias con mayor valor total son aquellas que presentan un impacto positivo más alto en términos de sostenibilidad, y se consideran prioritarias para su implementación dentro del campus universitario.

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4		Estrategia 5		Energía
Superar las barreras normativas y estructurales para implementar energía fotovoltaica.		Evaluar la compra de electricidad renovable certificada.		Analizar sombreado y estructura para instalar paneles solares.		Ajustar orientación de paneles según latitud y radiación.		Usar inversores MPPT (Punto de Máxima Potencias) para mejorar la eficiencia solar.		Adaptar la red eléctrica para generación distribuida y medición neta con sistemas solares.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	
ECONÓMICO	40%	1	0,4	3	1,2	4	1,6	2	0,8	1	0,4	
TÉCNICA	30%	5	1,5	3	0,9	3	0,9	2	0,6	2	0,6	
SOSTENIBLE	30%	2	0,6	5	1,5	2	0,6	3	0,9	4	1,2	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		2,5		3,6		3,1		2,3		2,2	

Tabla 11. Matriz de decisión 1 Necesidad vs Estrategias (Energía)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Energía
Implementar un sistema de medición de energía por edificio para identificar oportunidades de ahorro.		Usar software de monitoreo para detectar consumos ineficientes.		Instalar submedición inteligente por edificio para monitorear y optimizar el consumo energético en tiempo real.		Implementar un BMS ( Building Management System) para analizar consumos por edificio.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	
ECONÓMICO	40%	1	0,4	2	0,8	1	0,4	
TÉCNICA	30%	3	0,9	4	1,2	5	1,5	
SOSTENIBLE	30%	5	1,5	4	1,2	5	1,5	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		2,8		3,2		3,4	

Tabla 12. Matriz de decisión 2 Necesidad vs Estrategias (Energía)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4		Estrategia 5		Estrategia 6		Energía
Aumentar la capacidad instalada de paneles solares propios y reducir la dependencia de contratos con empresas externas.		Ampliar generación solar con baterías para cubrir demanda nocturna.		Ajustar la inclinación de paneles para eficiencia anual máxima.		Evaluar micro-redes para aumentar la resiliencia energética del campus.		Diseñar un plan maestro para ampliar la generación solar en techos y espacios disponibles del campus.		Diversificar fuentes renovables y añadir almacenamiento para mejorar resiliencia y reducir dependencia energética.		Renegociar contratos e incentivar autogeneración para financiar más energía solar.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	
ECONÓMICO	40%	1	0,4	4	1,6	1	0,4	1	0,4	3	1,2	1	0,4	
TÉCNICA	30%	3	0,9	3	0,9	4	1,2	4	1,2	3	0,9	5	1,5	
SOSTENIBLE	30%	3	0,9	2	0,6	2	0,6	5	1,5	1	0,3	2	0,6	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		2,2		3,1		2,2		3,1		2,4		2,5	

Tabla 13. Matriz de decisión 3 Necesidad vs Estrategias (Energía)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4		Energía
Implementar automatización en aulas y oficinas para optimizar el uso de iluminación y aire acondicionado.		Usar sistemas FRV (flujo de refrigerante variable) para mejorar la eficiencia del aire acondicionado.		Instalar iluminación inteligente con sensores para reducir consumo innecesario.		Automatizar climatización y ventilación para optimizar confort y consumo energético.		Usar BMS en tiempo real para gestionar iluminación y climatización de forma eficiente.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R	
ECONÓMICO	40%	2	0,8	2	0,8	3	1,2	1	0,4	
TÉCNICA	30%	4	1,2	4	1,2	3	0,9	4	1,2	
SOSTENIBLE	30%	2	0,6	3	0,9	4	1,2	5	1,5	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		2,6		2,9		3,3		3,1	

Tabla 14. Matriz de decisión 4 Necesidad vs Estrategias (Energía)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Energía
Fomentar estrategias de reducción de la huella de carbono, incluyendo el uso de movilidad sostenible.		Fomentar transportes alternativos, vehículo compartido, transporte público y vehículos eléctricos para reducir la huella de carbono.		Implementar incentivos y seguimiento de CO <sub>2</sub> para fomentar movilidad baja en carbono.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	
ECONÓMICO	40%	5	2	4	1,6	
TÉCNICA	30%	4	1,2	3	0,9	
SOSTENIBLE	30%	3	0,9	3	0,9	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		4,1		3,4	

Tabla 15. Matriz de decisión 5 Necesidad vs Estrategias (Energía)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Energía
Campañas de concientización para reducir el consumo innecesario de energía, especialmente en iluminación y climatización.		Implementar campañas educativas para promover prácticas de ahorro energético.		Usar señalización y datos en tiempo real para reforzar el ahorro energético.		Fomentar la participación activa en retos y proyectos que promuevan el ahorro energético.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	
ECONÓMICO	40%	5	2	2	0,8	4	1,6	
TÉCNICA	30%	5	1,5	2	0,6	5	1,5	
SOSTENIBLE	30%	4	1,2	4	1,2	4	1,2	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		4,7		2,6		4,3	

Tabla 16. Matriz de decisión 6 Necesidad vs Estrategias (Energía)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4		Estrategia 5		Estrategia 6		Energía
Falta de integración de energías renovables en los planes de desarrollo del campus.		Impulsar investigación y uso de tecnologías renovables en proyectos universitarios.		Evaluar microrredes para aumentar la autosuficiencia energética del campus.		Analizar la integración de fuentes renovables como solar, eólica y biomasa.		Diseñar políticas para autosuficiencia energética con modelos híbridos sostenibles.		Integrar energía sostenible en la planificación física y estratégica del campus.		Definir metas institucionales de energía renovable con respaldo directivo y seguimiento anual.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	
ECONÓMICO	40%	4	1,6	1	0,4	2	0,8	3	1,2	1	0,4	5	2	
TÉCNICA	30%	3	0,9	4	1,2	4	1,2	3	0,9	2	0,6	4	1,2	
SOSTENIBLE	30%	4	1,2	2	0,6	5	1,5	4	1,2	5	1,5	3	0,9	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		3,7		2,2		3,5		3,3		2,5		4,1	

Tabla 17. Matriz de decisión 7 Necesidad vs Estrategias (Energía)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4		Energía
Baja cultura de ahorro energético entre estudiantes y administrativos.		Crear normas internas para estandarizar la eficiencia en uso de equipos y espacios.		Organizar concursos entre departamentos para reducir el consumo eléctrico.		Incluir sostenibilidad y eficiencia energética en la formación académica y la inducción del personal.		Crear incentivos y brindar retroalimentación periódica para promover el ahorro energético.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R	
<b>ECONÓMICO</b>	<b>40%</b>	5	2	4	1,6	5	2	3	1,2	
<b>TÉCNICA</b>	<b>30%</b>	4	1,2	3	0,9	3	0,9	4	1,2	
<b>SOSTENIBLE</b>	<b>30%</b>	3	0,9	4	1,2	3	0,9	3	0,9	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	4,1		3,7		3,8		3,3		

Tabla 18. Matriz de decisión 8 Necesidad vs Estrategias (Energía)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4		Energía
Necesidad de normativas internas claras sobre el uso de energía y climatización en la universidad.		Fomentar la regulación de equipos electrónicos en horarios no operativos.		Crear un reglamento interno con directrices para el uso eficiente de la energía en el campus.		Establecer protocolos de operación y mantenimiento que aseguren eficiencia energética continua.		Crear un comité para supervisar, actualizar y auditar el cumplimiento de la normativa energética.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R	
<b>ECONÓMICO</b>	<b>40%</b>	5	2	5	2	3	1,2	2	0,8	
<b>TÉCNICA</b>	<b>30%</b>	3	0,9	4	1,2	3	0,9	3	0,9	
<b>SOSTENIBLE</b>	<b>30%</b>	4	1,2	4	1,2	4	1,2	3	0,9	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	4,1		4,4		3,3		2,6		

Tabla 19. Matriz de decisión 9 Necesidad vs Estrategias (Energía)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4		Estrategia 5		Materiales
Incluir criterios de mantenimiento en el diseño de nuevas construcciones.		Utilizar materiales con certificaciones de alta resistencia y bajo mantenimiento.		Incorporar protocolos de mantenimiento preventivo.		Impermeabilizaciones eficientes en cubiertas y fachadas.		La planificación del diseño desde el ciclo de vida completo del edificio.		Empleo de sistemas modulares y prefabricados.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	
<b>ECONÓMICO</b>	<b>40%</b>	2	0,8	3	1,2	3	1,2	4	1,6	2	0,8	
<b>TÉCNICA</b>	<b>30%</b>	3	0,9	3	0,9	3	0,9	2	0,6	2	0,6	
<b>SOSTENIBLE</b>	<b>30%</b>	4	1,2	5	1,5	2	0,6	4	1,2	3	0,9	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	2,9		3,6		2,7		3,4		2,3		

Tabla 20. Matriz de decisión 10 Necesidad vs Estrategias (Materiales)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4		Materiales
Usar materiales con menor impacto ambiental y evaluar alternativas locales para reducir la huella de carbono.		Incluir elementos prefabricados.		Utilizar acabados sostenibles.		Priorizar el uso de materiales de construcción de origen local.		Integrar materiales reciclados o reutilizados.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R	
<b>ECONÓMICO</b>	<b>40%</b>	2	0,8	2	0,8	4	1,6	4	1,6	
<b>TÉCNICA</b>	<b>30%</b>	2	0,6	3	0,9	4	1,2	2	0,6	
<b>SOSTENIBLE</b>	<b>30%</b>	3	0,9	3	0,9	4	1,2	5	1,5	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	2,3		2,6		4		3,7		

Tabla 21. Matriz de decisión 11 Necesidad vs Estrategias (Materiales)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Materiales
Mejorar la planificación de mantenimiento para evitar deterioro acelerado de las construcciones existentes.		Planes de gestión de mantenimiento basados en auditorías energéticas y de materiales.		Emplear recubrimientos y tratamientos de superficies de larga duración.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	
<b>ECONÓMICO</b>	<b>40%</b>	3	1,2	3	1,2	
<b>TÉCNICA</b>	<b>30%</b>	3	0,9	3	0,9	
<b>SOSTENIBLE</b>	<b>30%</b>	5	1,5	4	1,2	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	3,6		3,3		

Tabla 22. Matriz de decisión 12 Necesidad vs Estrategias (Materiales)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4		Estrategia 5		Materiales
Integrar la economía circular en los procesos constructivos, priorizando la reutilización de materiales en demoliciones.		Diseñar un plan de gestión de residuos de construcción.		Reutilizar al menos el 30% de los residuos de construcción.		Diseñar procesos de desmontaje eficiente.		Minimizar el uso de adhesivos y sellantes irreversibles		Adoptar la prefabricación y modularidad como práctica		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	
ECONÓMICO	40%	3	1,2	4	1,6	3	1,2	2	0,8	2	0,8	
TÉCNICA	30%	2	0,6	2	0,6	3	0,9	3	0,9	2	0,6	
SOSTENIBLE	30%	4	1,2	4	1,2	2	0,6	2	0,6	3	0,9	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		3		3,4		2,7		2,3		2,3	

Tabla 23 Matriz de decisión 13 Necesidad vs Estrategias (Materiales)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Materiales
Rediseñar las fachadas para evitar problemas de humedad y filtraciones.		Incluir sistemas de impermeabilización certificados.		Optimizar la ventilación natural y sistemas de drenaje.		Elementos arquitectónicos complementarios que mitiguen la incidencia directa del agua sobre la fachada.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	
ECONÓMICO	40%	3	1,2	2	0,8	2	0,8	
TÉCNICA	30%	3	0,9	3	0,9	2	0,6	
SOSTENIBLE	30%	2	0,6	3	0,9	3	0,9	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		2,7		2,6		2,3	

Tabla 24. Matriz de decisión 14 Necesidad vs Estrategias (Materiales)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4		Materiales
Falta de presupuesto o priorización para el mantenimiento adecuado de los edificios.		Establecer estrategias de mantenimiento programado.		Mantenimiento a largo plazo con base en materiales duraderos y de bajo mantenimiento		Optimizar los procesos constructivos y la selección de materiales.		Aplicar principios de economía circular en las actividades de mantenimiento.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R	
ECONÓMICO	40%	3	1,2	3	1,2	4	1,6	4	1,6	
TÉCNICA	30%	3	0,9	3	0,9	3	0,9	2	0,6	
SOSTENIBLE	30%	5	1,5	4	1,2	3	0,9	4	1,2	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		3,6		3,3		3,4		3,4	

Tabla 25. Matriz de decisión 15 Necesidad vs Estrategias (Materiales)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4		Estrategia 5		Materiales
Desconexión entre el diseño arquitectónico y las necesidades operativas de mantenimiento.		Implementar simulaciones de ciclo de vida.		Incluir criterios de accesibilidad en el diseño.		Priorizar el uso de materiales y componentes modulares.		Utilizar materiales con garantías extendidas y certificaciones de resistencia.		Utilizar modelos digitales integrados (p. ej., plataformas BIM con información de mantenimiento)		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	
ECONÓMICO	40%	1	0,4	3	1,2	2	0,8	2	0,8	3	1,2	
TÉCNICA	30%	2	0,6	4	1,2	2	0,6	3	0,9	4	1,2	
SOSTENIBLE	30%	4	1,2	3	0,9	3	0,9	4	1,2	4	1,2	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		2,2		3,3		2,3		2,9		3,6	

Tabla 26. Matriz de decisión 16 Necesidad vs Estrategias (Materiales)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4	
Necesidad de políticas institucionales que promuevan la construcción sostenible de manera efectiva.		Desarrollar un manual institucional de construcción sostenible.		Incorporar requisitos de uso de materiales certificados y de bajo impacto		Establecer incentivos para proyectos de estrategias de eficiencia energética y reducción de residuos.		Programas de capacitación y seguimiento para garantizar el cumplimiento de políticas sostenibles.	
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R
ECONÓMICO	40%	3	1,2	2	0,8	3	1,2	3	1,2
TÉCNICA	30%	2	0,6	3	0,9	3	0,9	3	0,9
SOSTENIBLE	30%	5	1,5	4	1,2	4	1,2	3	0,9
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>3,3</b>		<b>2,9</b>		<b>3,3</b>		<b>3</b>

Tabla 27. Matriz de decisión 17 Necesidad vs Estrategias (Materiales)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4	
Implementar dispositivos ahorradores en las llaves de pocetas y jardines para reducir el desperdicio.		Instalar accesorios WaterSense para reducir el consumo de agua.		Instalar aireadores en grifos para reducir consumo sin perder presión percibida.		Usar grifos de bajo flujo o cierre automático para evitar desperdicio de agua.		Usar riego tecnificado con agua lluvia para reducir consumo en zonas verdes.	
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R
ECONÓMICO	40%	3	1,2	5	2	5	2	3	1,2
TÉCNICA	30%	3	0,9	4	1,2	4	1,2	3	0,9
SOSTENIBLE	30%	4	1,2	3	0,9	3	0,9	4	1,2
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>3,3</b>		<b>4,1</b>		<b>4,1</b>		<b>3,3</b>

Tabla 28. Matriz de decisión 18 Necesidad vs Estrategias (Agua)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3	
Automatizar el sistema de acueducto para monitorear el caudal y detectar pérdidas.		Instalar medidores de agua permanentes en puntos estratégicos para un monitoreo preciso.		Hacer balances hídricos periódicos para detectar pérdidas y mejorar el control del consumo.		Usar un sistema SCADA (sistema automatizado de gestión) para monitorear caudales y controlar fugas de forma automática.	
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R
ECONÓMICO	40%	3	1,2	2	0,8	1	0,4
TÉCNICA	30%	3	0,9	2	0,6	3	0,9
SOSTENIBLE	30%	3	0,9	4	1,2	4	1,2
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>3</b>		<b>2,6</b>		<b>2,5</b>

Tabla 29. Matriz de decisión 19 Necesidad vs Estrategias (Agua)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3	
Mejorar el diseño de tuberías para minimizar fugas y pérdidas de agua.		Implementar un sistema de doble tubería que separe el agua potable de la reutilizada.		Instalar válvulas y sensores para estabilizar la presión y prevenir fugas en la red hídrica.		Diseñar redes de agua sectorizadas y redundantes para asegurar continuidad ante fallas.	
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R
ECONÓMICO	40%	4	1,6	2	0,8	4	1,6
TÉCNICA	30%	3	0,9	3	0,9	3	0,9
SOSTENIBLE	30%	4	1,2	3	0,9	2	0,6
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>3,7</b>		<b>2,6</b>		<b>3,1</b>

Tabla 30. Matriz de decisión 20 Necesidad vs Estrategias (Agua)

Necesidad		Estrategia 1	
Implementar un estándar institucional de equipos ahorradores de agua.		Establecer un protocolo de mantenimiento preventivo para las redes hidráulicas.	
Categoría/Valor de la Categoría		P	R
ECONÓMICO	40%	5	2
TÉCNICA	30%	5	1,5
SOSTENIBLE	30%	5	1,5
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>5</b>

Tabla 31. Matriz de decisión 21 Necesidad vs Estrategias (Agua)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4	
Mejorar el almacenamiento y aprovechamiento de aguas lluvias.		Instalar sistemas de captación de aguas lluvias en los tejados de los edificios.		Ampliar tanques de almacenamiento para aprovechar mejor el agua lluvia en épocas secas.		Usar agua lluvia almacenada en sistemas separados para riego e inodoros, cumpliendo normas sanitarias.		Construir jardines de lluvia y pavimentos permeables para gestionar excedentes pluviales y recargar acuíferos.	
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R
ECONÓMICO	40%	4	1,6	2	0,8	4	1,6	2	0,8
TÉCNICA	30%	3	0,9	2	0,6	3	0,9	3	0,9
SOSTENIBLE	30%	3	0,9	3	0,9	3	0,9	3	0,9
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>3,4</b>		<b>2,3</b>		<b>3,4</b>		<b>2,6</b>

Tabla 32. Matriz de decisión 22 Necesidad vs Estrategias (Agua)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3	
Diseñar estrategias para enfrentar posibles restricciones en el suministro de agua.		Desarrollar y fomentar políticas de reducción del consumo de agua durante periodos de sequía.		Reducir al máximo el consumo de agua para minimizar el impacto de cortes en el suministro.		Instalar tanques de reserva y un plan de contingencia para enfrentar crisis en el suministro de agua potable.	
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R
ECONÓMICO	40%	4	1,6	4	1,6	2	0,8
TÉCNICA	30%	4	1,2	2	0,6	2	0,6
SOSTENIBLE	30%	3	0,9	3	0,9	3	0,9
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>3,7</b>		<b>3,1</b>		<b>2,3</b>

Tabla 33. Matriz de decisión 23 Necesidad vs Estrategias (Agua)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2	
Actualizar los medidores de agua para lograr una medición más precisa del consumo.		Instalar medidores por subsistema para detectar consumos elevados por área.		Implementar sistemas de medición automática de agua que transmitan datos en tiempo real.	
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R
ECONÓMICO	40%	3	1,2	1	0,4
TÉCNICA	30%	3	0,9	3	0,9
SOSTENIBLE	30%	3	0,9	4	1,2
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>3</b>		<b>2,5</b>

Tabla 34. Matriz de decisión 24 Necesidad vs Estrategias (Agua)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3	
Falta de planificación y monitoreo adecuado del uso de agua.		Crear una política de gestión del agua con metas e indicadores claros.		Incorporar la gestión del agua en el plan maestro institucional, asignando recursos y personal dedicados.		Monitorear continuamente el consumo hídrico con sensores y medidores inteligentes para detectar fugas e ineficiencias.	
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R
ECONÓMICO	40%	4	1,6	2	0,8	3	1,2
TÉCNICA	30%	4	1,2	3	0,9	3	0,9
SOSTENIBLE	30%	3	0,9	4	1,2	3	0,9
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>3,7</b>		<b>2,9</b>		<b>3</b>

Tabla 35. Matriz de decisión 25 Necesidad vs Estrategias (Agua)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3	
Riesgo alto en caso de una crisis hídrica debido a la falta de fuentes alternas.		Usar fuentes alternativas como pozos o cisternas para abastecer agua en emergencias.		Reciclar aguas grises y negras para garantizar uso interno en caso de fallas en el servicio externo.		Aumentar la resiliencia hídrica con tanques de emergencia y conexiones redundantes.	
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R
ECONÓMICO	40%	3	1,2	2	0,8	3	1,2
TÉCNICA	30%	2	0,6	3	0,9	3	0,9
SOSTENIBLE	30%	4	1,2	4	1,2	3	0,9
TOTAL	100%		3		2,9		3

Tabla 36. Matriz de decisión 26 Necesidad vs Estrategias (Agua)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3	
Necesidad de infraestructura más resiliente para garantizar el suministro de agua.		Modernizar la red potable con anillos, válvulas sectoriales y tuberías durables para mayor robustez.		Implementar doble tubería para separar redes de agua potable y no potable según uso.		Aplicar mantenimiento proactivo y monitoreo en tiempo real para prevenir fallas en la red hídrica (sensores de presión/caudal).	
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R
ECONÓMICO	40%	3	1,2	4	1,6	3	1,2
TÉCNICA	30%	3	0,9	3	0,9	3	0,9
SOSTENIBLE	30%	2	0,6	4	1,2	4	1,2
TOTAL	100%		2,7		3,7		3,3

Tabla 37. Matriz de decisión 27 Necesidad vs Estrategias (Agua)

Necesidad		Estrategia 1	
Falta de cultura de ahorro y reutilización del agua en la comunidad universitaria.		Diseñar campañas y programas educativas sobre ahorro de agua para estudiantes y personal.	
Categoría/Valor de la Categoría		P	R
ECONÓMICO	40%	5	2
TÉCNICA	30%	5	1,5
SOSTENIBLE	30%	5	1,5
TOTAL	100%		5

Tabla 38. Matriz de decisión 28 Necesidad vs Estrategias (Agua)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3	
Mejorar la relación muro-ventana en edificios nuevos para optimizar la luz natural sin generar sobrecalentamiento.		Utilizar vidrios de alta transmitancia lumínica y control térmico.		Mantener la proporción ventana-pared dentro 30-40% de área acristalada en la fachada		Incorporar sistemas de sombreadamiento pasivo en las aberturas.	
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R
ECONÓMICO	40%	3	1,2	3	1,2	2	0,8
TÉCNICA	30%	4	1,2	4	1,2	3	0,9
SOSTENIBLE	30%	3	0,9	3	0,9	3	0,9
TOTAL	100%		3,3		3,3		2,6

Tabla 39. Matriz de decisión 29 Necesidad vs Estrategias (Confort)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Confort
Incorporar estrategias pasivas de iluminación como domos solares y tragaluces en nuevas construcciones.		Instalar tragaluces y domos solares en al menos el 50% de los espacios ocupados.		Realizar simulaciones de autonomía espacial de la luz natural.		El ingreso de Luz natural cumplan con niveles de iluminancia entre 300 y 3,000 lux		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	
ECONÓMICO	40%	2	0,8	3	1,2	3	1,2	
TÉCNICA	30%	2	0,6	3	0,9	2	0,6	
SOSTENIBLE	30%	4	1,2	1	0,3	3	0,9	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		2,6		2,4		2,7	

Tabla 40. Matriz de decisión 30 Necesidad vs Estrategias (Confort)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Confort
Regular la temperatura de los espacios con medidas bioclimáticas eficientes.		Implementar estrategias de confort térmico adaptativo en espacios sin climatización mecánica.		Mejorar el aislamiento térmico de la envolvente del edificio (muros y cubierta).		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	
ECONÓMICO	40%	3	1,2	2	0,8	
TÉCNICA	30%	2	0,6	2	0,6	
SOSTENIBLE	30%	4	1,2	4	1,2	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		3		2,6	

Tabla 41. Matriz de decisión 31 Necesidad vs Estrategias (Confort)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4		Confort
Establecer una política institucional sobre el confort térmico basada en estándares internacionales.		Proveer controles térmicos individuales en al menos el 50% de los espacios de trabajo		lineamientos institucionales obligatorios. Esto implica fijar rangos aceptables de temperatura operativa, humedad relativa y ventilación mínima por ocupante.		Definir métricas de desempeño y monitoreo continuo para evaluar el confort térmico en los edificios.		Implementar protocolos operativos que combinen eficiencia energética y confort.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R	
ECONÓMICO	40%	2	0,8	4	1,6	2	0,8	4	1,6	
TÉCNICA	30%	3	0,9	4	1,2	3	0,9	3	0,9	
SOSTENIBLE	30%	3	0,9	3	0,9	4	1,2	4	1,2	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		2,6		3,7		2,9		3,7	

Tabla 42. Matriz de decisión 32 Necesidad vs Estrategias (Confort)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4		Estrategia 5		Confort
Mejorar la ventilación natural en los edificios antiguos para reducir la necesidad de aire acondicionado.		Incrementar el suministro de aire exterior en un 15% por encima del mínimo.		Optimizar la apertura de ventanas para permitir flujo cruzado de aire en al menos el 75% de los espacios ocupados.		Instalar sistemas de monitoreo de CO <sub>2</sub> para alertar cuando los niveles de ventilación sean insuficientes.		Integrar sistemas de ventilación por convección natural en estructuras antiguas.		Aprovechar la ventilación nocturna en climas cálidos para pre-enfriar las edificaciones.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	
ECONÓMICO	40%	3	1,2	2	0,8	2	0,8	1	0,4	4	1,6	
TÉCNICA	30%	2	0,6	2	0,6	3	0,9	2	0,6	2	0,6	
SOSTENIBLE	30%	4	1,2	3	0,9	4	1,2	3	0,9	3	0,9	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		3		2,3		2,9		1,9		3,1	

Tabla 43. Matriz de decisión 33 Necesidad vs Estrategias (Confort)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4		Confort
Automatizar el control de temperatura en los espacios climatizados para evitar desperdicios.		Integrar termostatos programables con sensores de ocupación para regular la climatización		Utilizar sistemas HVAC con variación de volumen de aire para ajustar el flujo según la carga térmica.		Implementar sistemas de gestión automatizada de climatización (Building Management Systems).		Establecer controles por zonas y horarios para los sistemas de aire acondicionado		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R	
<b>ECONÓMICO</b>	<b>40%</b>	3	1,2	3	1,2	1	0,4	4	1,6	
<b>TÉCNICA</b>	<b>30%</b>	3	0,9	3	0,9	3	0,9	4	1,2	
<b>SOSTENIBLE</b>	<b>30%</b>	3	0,9	3	0,9	5	1,5	3	0,9	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	3		3		2,8		3,7		

Tabla 44. Matriz de decisión 34 Necesidad vs Estrategias (Confort)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4		Estrategia 5		Confort
Falta de planificación bioclimática en algunos edificios, lo que genera altos consumos energéticos en climatización.		Realizar auditorías energéticas.		Optimizar el uso de materiales con alta reflectancia y baja transmitancia térmica en fachadas.		Diseñar estrategias de ventilación pasiva para reducir la dependencia de sistemas mecánicos.		Incorporar criterios de diseño bioclimático desde las primeras fases de proyecto arquitectónico.		Realizar intervenciones de retrofit en edificios existentes mal planeados, añadiendo elementos pasivos que mitiguen sus deficiencias.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	
<b>ECONÓMICO</b>	<b>40%</b>	2	0,8	3	1,2	4	1,6	4	1,6	1	0,4	
<b>TÉCNICA</b>	<b>30%</b>	2	0,6	1	0,3	3	0,9	3	0,9	2	0,6	
<b>SOSTENIBLE</b>	<b>30%</b>	3	0,9	3	0,9	3	0,9	3	0,9	4	1,2	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	2,3		2,4		3,4		3,4		2,2		

Tabla 45. Matriz de decisión 35 Necesidad vs Estrategias (Confort)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Confort
Necesidad de educar a la comunidad universitaria sobre la importancia del confort térmico eficiente.		Desarrollar programas de certificación en eficiencia térmica para edificios universitarios.		Desarrollar programas y divulgar datos de sensibilización y formación que destaquen el confort térmico pasivo y eficiente.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	
<b>ECONÓMICO</b>	<b>40%</b>	4	1,6	4	1,6	
<b>TÉCNICA</b>	<b>30%</b>	3	0,9	2	0,6	
<b>SOSTENIBLE</b>	<b>30%</b>	4	1,2	3	0,9	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	3,7		3,1		

Tabla 46. Matriz de decisión 36 Necesidad vs Estrategias (Confort)

Necesidad		Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4		Confort
Desbalance entre el diseño arquitectónico y la funcionalidad térmica y lumínica.		Utilizar acabados interiores con reflectancias adecuadas para mejorar la distribución de la luz y la eficiencia térmica		Integrar las soluciones bioclimáticas como parte intrínseca del diseño arquitectónico.		Utilizar herramientas de simulación térmica y lumínica en la etapa de diseño.		Implementar medidas de mejora en edificios existentes donde la forma arquitectónica complemente el funcionamiento ambiental, para re-equilibrar ambos aspectos.		
Categoría/Valor de la Categoría		P	R	P	R	P	R	P	R	
<b>ECONÓMICO</b>	<b>40%</b>	4	1,6	4	1,6	3	1,2	1	0,4	
<b>TÉCNICA</b>	<b>30%</b>	4	1,2	3	0,9	2	0,6	2	0,6	
<b>SOSTENIBLE</b>	<b>30%</b>	3	0,9	3	0,9	3	0,9	4	1,2	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	3,7		3,4		2,7		2,2		

Tabla 47. Matriz de decisión 37 Necesidad vs Estrategias (Confort)

#### ***4.2.4 Priorización y resultados de estrategias sostenibles según análisis Q-Sorting***

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la evaluación de impacto realizada mediante el método Q-Sorting, aplicado a las matrices de decisión construidas para cada una de las treinta y ocho (38) necesidades previamente identificadas.

Este análisis permitió determinar la estrategia con mayor ponderación por necesidad, considerando los criterios técnicos (30 %), sostenible (30 %) y económico (40 %). La estrategia que alcanzó el puntaje más alto se considera la más viable y eficaz. No obstante, en algunos casos se identificaron dos estrategias con la misma puntuación máxima (\*), por lo que ambas se recomiendan como acciones clave para su inclusión en la Guía de Construcción Sostenible.

A continuación, se presenta la síntesis de las estrategias priorizadas, organizadas en función de las necesidades específicas de la universidad:

##### **4.2.4.1 Energía**

- Superar las barreras normativas y estructurales para implementar energía fotovoltaica: Analizar sombreado y estructura para instalar paneles solares.
- Implementar un sistema de medición de energía por edificio para identificar oportunidades de ahorro: Implementar un BMS ( Building Management System) para analizar consumos por edificio.
- Aumentar la capacidad instalada de paneles solares propios y reducir la dependencia de contratos con empresas externas\*: Ajustar la inclinación de paneles para eficiencia anual máxima. Diseñar un plan maestro para ampliar la generación solar en techos y espacios disponibles del campus.
- Implementar automatización en aulas y oficinas para optimizar el uso de iluminación y aire acondicionado: Automatizar climatización y ventilación para optimizar confort y consumo energético.
- Fomentar estrategias de reducción de la huella de carbono, incluyendo el uso de movilidad sostenible: Fomentar transportes alternativos, vehículo compartido, transporte público y vehículos eléctricos para reducir la huella de carbono.
- Campañas de concientización para reducir el consumo innecesario de energía, especialmente en iluminación y climatización: Implementar campañas educativas para promover prácticas de ahorro energético.

- Falta de integración de energías renovables en los planes de desarrollo del campus: Definir metas institucionales de energía renovable con respaldo directivo y seguimiento anual.
- Baja cultura de ahorro energético entre estudiantes y administrativos: Crear normas internas para estandarizar la eficiencia en uso de equipos y espacios.
- Necesidad de normativas internas claras sobre el uso de energía y climatización en la universidad: Crear un reglamento interno con directrices para el uso eficiente de la energía en el campus.

#### 4.2.4.2 Materiales

- Incluir criterios de mantenimiento en el diseño de nuevas construcciones: Incorporar protocolos de mantenimiento preventivo.
- Usar materiales con menor impacto ambiental y evaluar alternativas locales para reducir la huella de carbono: Priorizar el uso de materiales de construcción de origen local.
- Mejorar la planificación de mantenimiento para evitar deterioro acelerado de las construcciones existentes: Planes de gestión de mantenimiento basados en auditorías energéticas y de materiales.
- Integrar la economía circular en los procesos constructivos, priorizando la reutilización de materiales en demoliciones: Reutilizar al menos el 30% de los residuos de construcción.
- Rediseñar las fachadas para evitar problemas de humedad y filtraciones: Incluir sistemas de impermeabilización certificados.
- Falta de presupuesto o priorización para el mantenimiento adecuado de los edificios: Establecer estrategias de mantenimiento programado.
- Desconexión entre el diseño arquitectónico y las necesidades operativas de mantenimiento: Utilizar modelos digitales integrados (p. ej., plataformas BIM con información de mantenimiento).
- Necesidad de políticas institucionales que promuevan la construcción sostenible de manera efectiva\*: Desarrollar un manual institucional de construcción sostenible.

Establecer incentivos para proyectos de estrategias de eficiencia energética y reducción de residuos.

#### 4.2.4.3 Agua

- Implementar dispositivos ahorradores en las llaves de pocetas y jardines para reducir el desperdicio\*: Instalar aireadores en grifos para reducir consumo sin perder presión percibida. Usar grifos de bajo flujo o cierre automático para evitar desperdicio de agua.
- Automatizar el sistema de acueducto para monitorear el caudal y detectar pérdidas: Instalar medidores de agua permanentes en puntos estratégicos para un monitoreo preciso.
- Mejorar el diseño de tuberías para minimizar fugas y pérdidas de agua: Implementar un sistema de doble tubería que separe el agua potable de la reutilizada.
- Implementar un estándar institucional de equipos ahorradores de agua: Establecer un protocolo de mantenimiento preventivo para las redes hidráulicas.
- Mejorar el almacenamiento y aprovechamiento de aguas lluvias\*: Instalar sistemas de captación de aguas lluvias en los tejados de los edificios. Usar agua lluvia almacenada en sistemas separados para riego e inodoros, cumpliendo normas sanitarias.
- Diseñar estrategias para enfrentar posibles restricciones en el suministro de agua: Desarrollar y fomentar políticas de reducción del consumo de agua durante periodos de sequía.
- Actualizar los medidores de agua para lograr una medición más precisa del consumo: Instalar medidores por subsistema para detectar consumos elevados por área.
- Falta de planificación y monitoreo adecuado del uso de agua: Crear una política de gestión del agua con metas e indicadores claros.
- Riesgo alto en caso de una crisis hídrica debido a la falta de fuentes alternas\*: Usar fuentes alternativas como pozos o cisternas para abastecer agua en emergencias.

Aumentar la resiliencia hídrica con tanques de emergencia y conexiones redundantes.

- Necesidad de infraestructura más resiliente para garantizar el suministro de agua: Implementar doble tubería para separar redes de agua potable y no potable según uso.
- Falta de cultura de ahorro y reutilización del agua en la comunidad universitaria: Diseñar campañas y programas educativos sobre ahorro de agua para estudiantes y personal.

#### 4.2.4.4 Confort

- Mejorar la relación muro-ventana en edificios nuevos para optimizar la luz natural sin generar sobrecalentamiento\*: Utilizar vidrios de alta transmitancia lumínica y control térmico. Mantener la proporción ventana-pared dentro 30–40% de área acristalada en la fachada.
- Incorporar estrategias pasivas de iluminación como domos solares y tragaluces en nuevas construcciones: El ingreso de Luz natural cumplan con niveles de iluminancia entre 300 y 3,000 lux.
- Regular la temperatura de los espacios con medidas bioclimáticas eficientes: Implementar estrategias de confort térmico adaptativo en espacios sin climatización mecánica.
- Establecer una política institucional sobre el confort térmico basada en estándares internacionales\*: lineamientos institucionales obligatorios. Esto implica fijar rangos aceptables de temperatura operativa, humedad relativa y ventilación mínima por ocupante. Implementar protocolos operativos que combinen eficiencia energética y confort.
- Mejorar la ventilación natural en los edificios antiguos para reducir la necesidad de aire acondicionado: Aprovechar la ventilación nocturna en climas cálidos para pre-enfriar las edificaciones.
- Automatizar el control de temperatura en los espacios climatizados para evitar desperdicios: Establecer controles por zonas y horarios para los sistemas de aire acondicionado.

- Falta de planificación bioclimática en algunos edificios, lo que genera altos consumos energéticos en climatización\*: Diseñar estrategias de ventilación pasiva para reducir la dependencia de sistemas mecánicos. Incorporar criterios de diseño bioclimático desde las primeras fases de proyecto arquitectónico.
- Necesidad de educar a la comunidad universitaria sobre la importancia del confort térmico eficiente: Desarrollar programas de certificación en eficiencia térmica para edificios universitarios.
- Desbalance entre el diseño arquitectónico y la funcionalidad térmica y lumínica: Utilizar acabados interiores con reflectancias adecuadas para mejorar la distribución de la luz y la eficiencia térmica.

### **4.3 Fase 3: Estructuración de la guía**

La Fase 3 corresponde al momento en que se consolidan los hallazgos y decisiones tomadas en las etapas previas para dar forma al principal producto del trabajo: una guía práctica que oriente la implementación de estrategias sostenibles en los procesos de diseño, construcción y remodelación dentro del campus universitario. Esta fase implicó traducir el análisis técnico y normativo en un instrumento funcional, organizado por ejes temáticos y alineado con las metas institucionales de sostenibilidad. El proceso incluyó la estructuración lógica de los contenidos, su redacción técnica y una revisión detallada orientada a garantizar la claridad, aplicabilidad y pertinencia de las recomendaciones.

#### ***4.3.1 Redacción y revisión de la guía para la adopción de estrategias de construcción sostenible en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali***

La Guía para la adopción de estrategias de construcción sostenible en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali se encuentra consignada en el Anexo 3 de este documento. Su elaboración se basó en las estrategias priorizadas por eje temático —agua, energía, confort y materiales—, garantizando una alineación directa con las necesidades identificadas en el campus. Cabe resaltar que, a partir de las estrategias definidas en el ítem 4.2.4 y con base en los ejes estratégicos establecidos, se realizó la redacción y estructuración de la Guía. Aunque constituye el resultado más importante del trabajo, debido a su extensión se presenta como un anexo al trabajo de grado.

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- La elaboración de una Guía de Construcción Sostenible para la Pontificia - Universidad Javeriana de Cali permitió integrar de manera coherente las normativas vigentes, las certificaciones internacionales (LEED, EDGE) y los manuales técnicos locales con las necesidades reales del campus universitario, con el fin de orientar el diseño, construcción y renovación de espacios físicos hacia prácticas más sostenibles. Esta articulación facilitó la formulación de estrategias pertinentes, viables y ajustadas al contexto institucional.
- La investigación confirmó la escasa disponibilidad de normativas nacionales aplicables directamente al entorno universitario. Por ello, se definió una línea base normativa robustecida mediante la incorporación de certificaciones y manuales complementarios, permitiendo superar las limitaciones de los marcos regulatorios existentes y alinearse con estándares más exigentes de sostenibilidad.
- La aplicación de una metodología de enfoque mixto, basada en el análisis normativo, la recolección de necesidades a través de grupos focales y la priorización mediante matriz de decisión y Q-sorting, permitió estructurar un proceso riguroso de toma de decisiones. Este enfoque garantizó que las estrategias seleccionadas respondieran a criterios técnicos, económicos y ambientales de manera equilibrada.
- Se evidenció que ciertas estrategias sostenibles, como el diseño bioclimático, la ventilación natural, la gestión eficiente del agua y el uso de materiales regionales, presentan un carácter transversal. Estas acciones no solo resuelven múltiples necesidades del campus, sino que también ofrecen un alto potencial de impacto ambiental positivo con bajos requerimientos de implementación.
- La guía resultante constituye una herramienta técnica de fácil consulta, útil para proyectistas, tomadores de decisiones y responsables de infraestructura dentro de la universidad. Su estructura por ejes temáticos (agua, energía, confort y materiales) y su vinculación directa con necesidades específicas del campus, facilitan su implementación progresiva en proyectos de nueva edificación o remodelación.

- Finalmente, se concluye que la adopción sistemática de esta guía fortalecerá el compromiso institucional con la sostenibilidad, contribuirá a la reducción de la huella ecológica del campus y posicionará a la Pontificia Universidad Javeriana de Cali como referente en infraestructura educativa sostenible en el suroccidente colombiano.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Se sugiere incorporar análisis detallados del comportamiento térmico de las edificaciones en distintas épocas del año, mediante aplicaciones de simulación como DesignBuilder o EnergyPlus, lo que permitiría ajustar estrategias pasivas a las condiciones climáticas reales del campus.
- La caracterización de residuos de construcción y demolición puede fortalecerse mediante estudios específicos que cuantifiquen su composición, frecuencia y puntos críticos de generación, facilitando así la selección de prácticas de economía circular con mayor impacto.
- Resulta útil explorar mecanismos financieros que fomenten la adopción de estrategias sostenibles en infraestructura educativa, incluyendo modelos de inversión público-privada o incentivos tributarios locales que promuevan construcciones de bajo impacto ambiental.
- La medición del confort ambiental podría enriquecerse con técnicas de evaluación post-ocupacional, utilizando encuestas y registros de percepción térmica, lumínica y acústica de los usuarios en diferentes zonas del campus.
- Es necesario revisar periódicamente la pertinencia técnica y normativa de las estrategias incluidas, considerando los cambios en la legislación colombiana. Particularmente, se recomienda analizar con detalle la Resolución 0194 de 2025, la cual entra en vigencia en octubre del mismo año y podría contener actualizaciones o disposiciones que complementen o modifiquen los lineamientos establecidos en esta guía.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía de Santiago de Cali, & Pontificia Universidad Javeriana Cali. (2022). Manual de Construcción Sostenible de Cali.

Andres Alfonso Galeano Gómez, María Angélica Suárez Jaraba, & Javier Forero Torres. (2023). Cosmos Javeriana sostenible. [www.javeriana.edu.co/sostenibilidad/](http://www.javeriana.edu.co/sostenibilidad/)

André-Noël Roth Deubel, & Elizabeth Bernal Gamboa. (2014). Vista de Metodología Q\_ una alternativa...uperior en Colombia \_ Ciencia Política.

Asamblea General. (2015). Naciones Unidas Asamblea General.

BREEAM®. El certificado de construcción sostenible. (2016). <https://breeam.es/>

Camacol. (2021, september 28). El sector de la construcción y su importancia económica y social. <https://revistandc.camacolvalle.org.co/sectorconstructor/>

CCCS. (n.d.). ¿Cuál es el avance de la construcción sostenible en Colombia? - CCCS. Retrieved October 28, 2024, from <https://www.cccs.org.co/wp/cual-es-el-avance-de-la-construccion-sostenible-en-colombia/>

Certificación del sistema de gestión energética | AENOR. (2009). <https://www.aenor.com/certificacion/eficiencia-energetica/eficiencia-energetica-50001>

Concejo de Santiago de Cali. (2014). 20141201 acuerdo 0373 de 2014.

Construcciones sin propósitos sostenibles: las emisiones mundiales del sector de la construcción siguen siendo elevadas y van en aumento. (n.d.). Retrieved April 2, 2025, from [https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/construcciones-sin-propositos-sostenibles-las-emisiones?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/construcciones-sin-propositos-sostenibles-las-emisiones?utm_source=chatgpt.com)

Cruz, J. P., & ambiental, a. (n.d.). Sistema de gestión ambiental de la institución Universitaria Antonio José Camacho Ever Maradiago Orozco Pasantía institucional para optar al título de Administrador del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales.

Departamento Administrativo de la Función Pública. (1997). Ley 0400 de 1997.

Departamento Administrativo de la Función Pública. (2018). Ley 1931 de 2018.

Diana Marcela Lugo Díaz. (2020). Parámetros de construcción de vivienda sostenible en Bogotá y mitos vs realidades en proyectos sostenibles.

Dias Pereira, L., Raimondo, D., Corgnati, S. P., & gameiro da silva, m. (2014). Energy consumption in schools - A review paper. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 40, pp. 911–922). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.010>

Directiva - 2010/31 - EN - EUR-Lex. (2010). <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj/spa>

División de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. (1992). <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>

Escombros: Una crisis de ciudad en Cali | Cemento San Marcos. (n.d.). Retrieved April 4, 2025, from <https://cementosanmarcos.com/escombros-una-crisis-de-ciudad-en-cali/>

Francis, M., Moore, T., Moore, T., Francis, M., & Moore, • T. (2019). Edificios universitarios: el tira y afloja hacia la sostenibilidad Machine Translated by Google. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-7880-4\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-10-7880-4_9)

Gencat. (2020). Edificios de consumo energético casi zero. Instituto Catalán de Energía. [https://icaen.gencat.cat/es/energia/usos\\_energia/edificis/consum\\_nul/](https://icaen.gencat.cat/es/energia/usos_energia/edificis/consum_nul/)

Gustavo, H., Mura, C., Ismael, J., & Reyes, P. (2015). De la sostenibilidad a la sustentabilidad. Modelo de desarrollo sustentable para su implementación en políticas y proyectos. *Revista EAN*, 78, 40–55. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-81602015000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602015000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

ISO 14001:2015. (2015). Guía para la aplicación de la Norma. [www.aenor.com](http://www.aenor.com)

ISO 50001: A Framework for Continuous Energy Improvement - My Green Montgomery : My Green Montgomery. (n.d.). Retrieved April 14, 2025, from [https://mygreenmontgomery.org/2020/iso-50001-a-framework-for-continuous-energy-improvement/?utm\\_source=chatgpt.com](https://mygreenmontgomery.org/2020/iso-50001-a-framework-for-continuous-energy-improvement/?utm_source=chatgpt.com)

Itziar Aguado Moralejo, C. E. M. J. M. B. L. (2009). El desarrollo sostenible a lo largo de la historia del pensamiento económico. <https://www.redalyc.org/pdf/866/86611886004.pdf>

Krueger, R. A., Casey, M. A., Newcomer, K. E., Hatry, H. P., & Wholey, J. S. (2015). Focus group interviewing Handbook of Practical Program Evaluation, Fourth Edition.

Manuel Santos Calderón, J., Abel Rivera Flórez, G., Cárdenas Santamaría, M., Carlos Villegas Echeverri, L., Guillermo Zuluaga Cardona, J., Gaviria Uribe, A., Janeth Restrepo Gallego, G., Arce Zapata, G., Lorena Gutiérrez Botero, M., Giha Tovar, Y., Gilberto Murillo Urrutia, L., Armando Sánchez Ortega, C., Luna Sánchez, D., Cardona Gutiérrez, G., Garcés Córdoba, M., Raúl Roys Garzón, N., Fernando Mejía Alzate, L., Corchuelo Marmolejo, A., & Matallana Méndez, S. (2018). Consejo Nacional de Política Económica y Social CONPES María Ángela Holguín Cuéllar Ministra de Relaciones Exteriores.

Michael Quinn Patton. (2015). Qualitative Research & Evaluation Methods (Sage Publications., Ed.; 4th ed.).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, & Ministerio de Comercio, I. Y t. (2019). Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio Estrategia Nacional de Economía Circular Contenido.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). Hoja de Ruta Nacional de Edificaciones Neto Cero Carbono. [www.cccs.org.co](http://www.cccs.org.co)

Ministerio de Vivienda. (n.d.). Resolución 549 de 2015 con Anexos.

Naciones Unidas. (2005). Naciones Unidas.

Nations, U. (1972). Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, Estocolmo 1972 | Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/conferences/environment/stockholm1972>

SunCalc. (n.d.). SunCalc - sun position, sunlight phases, sunrise, sunset, dusk and dawn times calculator. Retrieved April 15, 2025, from <https://suncalc.net/#/3.3488,-76.5318,13/2025.02.10/22:27>

Tecnia. (2022). Logística inversa de residuos de construcción y demolición (RCD) en Colombia.

United Nations Climate Change. (2015). El Acuerdo de París | CMNUCC. <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>

United Nations. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development.

Tecnia. (2022). Logística inversa de residuos de construcción y demolición (RCD) en Colombia.

United Nations Climate Change. (2015). El Acuerdo de París | CMNUCC. <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>

United Nations. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development.

# **Anexo 1. Parámetros sostenibles**

**LEED, EDGE y MCSC**

**Tabla A1.1. EDGE – ENERGÍA**

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Menor Proporción de Vidrio en la Fachada Exterior (WWR)*</p>	$WWR (\%) = \frac{\sum \text{sup.vidriada (m}^2\text{)}}{\sum \text{sup.bruta pared externa (m}^2\text{)}}$ <p>Superficie vidriada: incluye todas las fachadas con vidrio (ventanas, parteluces y marcos). Superficie bruta de pared externa: suma de todas las fachadas exteriores (paredes, ventanas y puertas).</p>	<p>Reducir la WWR manteniendo un buen nivel de luz natural. Usar ventanas pequeñas (WWR ≈ 15%) que propaguen la luz. Utilizar ventanas medianas (WWR ≈ 30%) protegidas con dispositivos de control solar. Seleccionar vidrios con alta transmisión de luz visible (TLV &gt; 50%). Compensar una WWR alta con control solar o vidrios de baja emisividad.</p>
<p>Pintura Reflectiva / Tejas para Techo</p>	<p>La reflectividad solar de los materiales de techado influye en la eficiencia térmica de las edificaciones. Los materiales se pueden clasificar según su capacidad de reflejar la radiación solar:</p> <p>Baja reflectividad (&lt;35%): Materiales como EPDM gris (23%), tejas asfálticas (22%) y tejas de cemento sin pintar (25%) absorben más calor, elevando la temperatura interior. Media reflectividad (35-70%): Opciones como aluminio (61%), gravilla blanca (65%) y EPDM blanco (69%) reducen la acumulación de calor. Alta reflectividad (&gt;70%): Materiales como teja de cemento blanco (73%), PVC blanco (83%) y revestimientos blancos de dos capas (85%) son altamente recomendables para minimizar el calentamiento en climas cálidos.</p>	<p>Usar acabados blancos o colores muy claros para maximizar la reflectividad. Para techos verdes, modificar la reflectividad solar y mejorar el aislamiento térmico. Si el área del techo es de uso frecuente, evitar colores blancos brillantes que puedan generar deslumbramiento. Consultar la ficha técnica del fabricante para conocer la reflectividad solar exacta.</p>

<b>NOMBRE PARÁMETRO</b>	<b>REQUISITO U OBJETIVO</b>	<b>ESTRATEGÍA</b>
<p>Pintura Reflectiva para Paredes Externas</p>	<p>La reflectividad solar en paredes influye en la temperatura interior de las edificaciones. Materiales de alta reflectividad como el yeso blanco (90%), el cemento Portland blanco (70%-80%) y la pintura acrílica blanca (70%) reducen la absorción de calor, mejorando la eficiencia térmica.</p> <p>Los materiales de reflectividad media, como el hormigón nuevo (35%-45%) y el ladrillo rojo (40%), absorben una cantidad moderada de calor.</p> <p>Por otro lado, los materiales con baja reflectividad, como la pintura acrílica oscura (15%) y los ladrillos de arcilla cocida (17%-56%), absorben mayor cantidad de calor, lo que puede aumentar la temperatura interior.</p> <p>Para optimizar el confort térmico y la eficiencia energética, se recomienda utilizar materiales de alta reflectividad en climas cálidos y equilibrar su uso en zonas de alta exposición solar para evitar deslumbramientos.</p>	<p>Usar colores claros o blancos para maximizar la reflectividad solar. Consultar la ficha técnica del fabricante para conocer la reflectividad solar exacta.</p> <p>Evitar superficies altamente reflectantes que puedan causar deslumbramiento en ciertas zonas del edificio.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Dispositivos de Control Solar Externo	<p>Baja reflectividad (&lt;35%): Materiales como <b>EPDM gris (23%), tejas asfálticas (22%) y tejas de cemento sin pintar (25%)</b> absorben más calor, elevando la temperatura interior.</p> <p>Las estrategias de sombreado varían según la orientación del edificio:</p> <p>Hacia el ecuador: Se recomienda un dispositivo horizontal fijo para bloquear la radiación solar directa.</p> <p>Este y oeste: Se sugieren dispositivos verticales o persianas móviles para controlar la luz en distintos momentos del día.</p> <p>Hacia los polos: No se requiere sombreado adicional debido a la baja incidencia solar.</p>	<p>Los dispositivos de control solar regulan la incidencia de la luz y el calor en los edificios, mejorando la eficiencia energética. Se dividen en:</p> <p>Voladizos (horizontales): Bloquean la radiación solar en fachadas expuestas a luz elevada.</p> <p>Aletas (verticales): Protegen de la luz solar en fachadas con ángulos bajos de incidencia.</p> <p>Caja de huevo (combinados): Combinan elementos horizontales y verticales para sombreado continuo.</p> <p>Contraventanas o persianas (móviles): Permiten ajustar la luz y ofrecen protección climática y seguridad.</p> <p>Estos sistemas optimizan el confort térmico y reducen el consumo energético.</p>
Aislamiento del Techo	<p>Para alcanzar un valor <math>U = 0,45 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}</math>, los materiales con menor conductividad térmica requieren menos espesor.</p> <p>Mayor eficiencia térmica: Paneles de vacío (10-20 mm, <math>0,008 \text{ W/m} \cdot \text{K}</math>), poliuretano (PU) y poliisocianurato (PIR) (40-80 mm, <math>0,020\text{-}0,028 \text{ W/m} \cdot \text{K}</math>).</p> <p>Intermedios: Espuma fenólica (PF) (40-55 mm, <math>0,022\text{-}0,025 \text{ W/m} \cdot \text{K}</math>), poliestireno expandido (EPS) y extruido (XPS) (60-95 mm, <math>0,030\text{-}0,045 \text{ W/m} \cdot \text{K}</math>).</p> <p>Mayor espesor necesario: Lana y fibra de vidrio (60-130 mm, <math>0,030\text{-}0,061 \text{ W/m} \cdot \text{K}</math>).</p>	<p>Maximizar el aislamiento térmico en climas fríos y templados antes de diseñar los sistemas HVAC.</p> <p>Usar materiales de baja conductividad térmica para mejorar la eficiencia energética.</p> <p>Seleccionar el tipo de aislamiento adecuado según la aplicación y la disponibilidad en el mercado.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Aislamiento Térmico de Paredes Externas	<p>Para lograr un valor <math>U = 0,45 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}</math>, los materiales con menor conductividad térmica requieren menos espesor:</p> <p>Mayor eficiencia: Paneles de vacío (10-20 mm, 0,008 W/m·K), PU y PIR (40-80 mm, 0,020-0,028 W/m·K).  Intermedios: Espuma fenólica (40-55 mm, 0,022-0,025 W/m·K), EPS y XPS (60-95 mm, 0,030-0,045 W/m·K).  Mayor espesor: Lana y fibra (60-130 mm, 0,030-0,061 W/m·K).</p>	<p>Los materiales aislantes se clasifican según su composición y método de instalación:</p> <p>Estera, manta o colcha aislante (0,034-0,044 W/m·K): Fibra mineral en rollos de distintos espesores, ideal para techos y paredes.  Material de relleno suelto (0,035-0,055 W/m·K): Fibras sueltas (celulosa, vermiculita) aplicadas en espacios irregulares o de difícil acceso.  Aislamiento soplado (0,023-0,046 W/m·K): Fibras de celulosa o vidrio aplicadas con equipo especial para rellenar cavidades.  Paneles aislantes rígidos (0,02-0,081 W/m·K): Placas de espuma plástica o poliestireno utilizadas en espacios reducidos, con alta eficiencia térmica.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Vidrio con Revestimiento de Baja Emisividad</p>	<p>Método simple para calcular el valor-U y el SHGC de una ventana:</p> $\text{Valor-U de la ventana} = \frac{U_v \times S_v + U_m \times S_m}{S_v + S_m}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>U<sub>v</sub> = valor-U del vidrio</li> <li>S<sub>v</sub> = superficie del vidrio en vista de alzado</li> <li>U<sub>m</sub> = valor-U del marco</li> <li>S<sub>m</sub> = superficie del marco en vista de alzado</li> </ul>	<p>El rendimiento térmico y solar de los vidrios depende del SHGC (coeficiente de ganancia de calor solar) y el Valor-U (aislamiento térmico).</p> <p>Vidrios con control solar medio:</p> <p>Oro (6 mm, revestimiento duro) → SHGC 0,45   Valor-U 2,69-2,82 W/m<sup>2</sup>·K</p> <p>Vidrios con buen control solar:</p> <p>Azul/verde (6 mm, blando) → SHGC 0,36-0,45   Valor-U 3,01-3,83 W/m<sup>2</sup>·K</p> <p>Azul/verde (8 mm, blando) → SHGC 0,32   Valor-U 2,99-3,79 W/m<sup>2</sup>·K</p> <p>Bronce (6 mm, blando) → SHGC 0,40   Valor-U 3,01-3,83 W/m<sup>2</sup>·K</p> <p>Gris (6 mm, blando) → SHGC 0,39   Valor-U 3,01-3,83 W/m<sup>2</sup>·K</p> <p>Vidrios estándar:</p> <p>Gris (6 mm, duro) → SHGC 0,42   Valor-U 2,84-3,68 W/m<sup>2</sup>·K</p> <p>Transparente (6 mm, duro) → SHGC 0,52   Valor-U 2,83-3,65 W/m<sup>2</sup>·K</p> <p>Transparente (8 mm, duro) → SHGC 0,51   Valor-U 2,81-3,65 W/m<sup>2</sup>·K</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Ventilación Natural	<p>a ventilación natural es clave para el confort y la calidad del aire en distintos tipos de edificaciones:</p> <p>Casas: Dormitorios, sala de estar y cocina.  Hoteles: Pasillos y habitaciones con control automático.  Comercios: Pasillos, atrios y áreas comunes.  Oficinas: Oficinas, pasillos y vestíbulos.  Hospitales: Pasillos, vestíbulos, salas de espera, áreas de consulta y habitaciones de pacientes.  Educación: Pasillos.</p>	<p>Condiciones para Ventilación Natural - Condiciones geométricas:  Relación Profundidad/Altura del cielo raso  Máxima permitida:  Ventilación por un solo lateral (una abertura): 1.5  Ventilación por un solo lateral (múltiples aberturas): 2.5  Ventilación cruzada (dos aberturas opuestas): 5.0  Superficie mínima de aberturas para ventilación  Debe ser al menos el 10%-25% de la superficie del piso, según el tipo de espacio:  Pasillos y vestíbulos: 10%  Salones, oficinas y habitaciones: 20%  Cocinas y espacios de alta carga térmica: 25%  - Sistema de aire acondicionado con control automático:  Si el edificio tiene aire acondicionado, debe incluir un control de apagado automático cuando la ventilación natural esté en uso.  - Cumplimiento por tipo de edificio:  La ventilación natural debe aplicarse en el 90% de los espacios obligatorios, incluyendo pasillos y salones.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Ventiladores de Techo	<p>a instalación de ventiladores de techo es recomendada en:</p> <p>Casas: Todas las habitaciones habitables (dormitorios y salas de estar).            Oficinas: Oficinas abiertas y cerradas.            Educación: Todos los salones de clase.</p>	<p>El tamaño mínimo del ventilador y la cantidad necesaria dependen del ancho y la longitud de la habitación:</p> <p>Para habitaciones pequeñas (3-6 m de ancho), generalmente se recomienda 1 ventilador de 1,2 a 1,4 m de diámetro.            En habitaciones medianas (7-10 m de ancho), pueden ser necesarios uno o más ventiladores de 1,4 a 1,5 m.            En espacios grandes (más de 10 m de ancho), se requieren varios ventiladores con diámetros de 1,4 a 1,6 m para una circulación eficiente del aire.            El número de ventiladores aumenta con el tamaño del espacio para garantizar una adecuada ventilación.</p>
Sistema de Refrigeración con Flujo de Refrigerante Variable (FRV)	<p>Optimizar la eficiencia del sistema de aire acondicionado en edificios con múltiples zonas.            Evitar la instalación de equipos ineficientes por parte de futuros ocupantes.            Reducir el consumo energético mediante un control preciso del flujo de refrigerante.</p>	<p>El Coeficiente de Rendimiento (COP) mide la eficiencia de los sistemas de aire acondicionado. Según el tipo de refrigeración, los valores mínimos de COP recomendados son:</p> <p style="text-align: center;">Refrigerado por aire:</p> <p style="text-align: center;">Split <math>\leq</math> 19 kW <math>\rightarrow</math> COP 3,81            Compacto único <math>\leq</math> 19 kW <math>\rightarrow</math> COP 4,10            Split y compacto único <math>&gt;</math> 19 kW <math>\rightarrow</math> COP 4,10 - 0,0003 x capacidad (kW)</p> <p style="text-align: center;">Flujo de refrigerante variable (FRV):</p> <p style="text-align: center;">Refrigerado por aire (<math>&lt;</math>19 kW) <math>\rightarrow</math> COP 3,81            Refrigerado por agua (<math>&lt;</math>19 kW) <math>\rightarrow</math> COP 3,52            Subterráneo como fuente (<math>&lt;</math>40 kW) <math>\rightarrow</math> COP 4,75</p>
Aire Acondicionado con Enfriador por Aire	<p>Optimizar la eficiencia del sistema de aire acondicionado en edificios con enfriadores centralizados.            Evitar la instalación de sistemas ineficientes por parte de los ocupantes.            Reducir el consumo energético utilizando agua fría para mejorar la transferencia de calor.            Adecuado para climas secos, donde el suministro de agua es limitado y las torres de enfriamiento pierden eficiencia.</p>	<p style="text-align: center;">Refrigerado por aire (<math>&lt;</math>19 kW) <math>\rightarrow</math> COP 3,81            Refrigerado por agua (<math>&lt;</math>19 kW) <math>\rightarrow</math> COP 3,52            Subterráneo como fuente (<math>&lt;</math>40 kW) <math>\rightarrow</math> COP 4,75</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Aire Acondicionado con Enfriador por Agua</p>	<p>Mayor eficiencia energética en comparación con enfriadores por aire.  Ideal para reducir costos operativos a largo plazo en grandes edificios.  Mayor inversión inicial, ya que requiere:  Enfriador + torres de enfriamiento.  Bombas, tuberías y tanques adicionales.  Consumo de agua significativo debido a evaporación y purgas.</p>	<p>Tierra como fuente (&lt;40 kW) → COP 3,95  Enfriadores de aire y agua:</p> <p>Enfriador por aire (&lt;528 kW) → COP 2,985 a carga plena  Enfriador por agua (&lt;528 kW) → COP 4,669 a carga plena  Enfriador por agua con/tipo &lt;528 kW → COP 5,771 a carga plena</p>
<p>Bomba de Calor Geotérmica</p>	<p>Aprovecha la temperatura estable del subsuelo para calefacción y refrigeración.  Mayor eficiencia energética en comparación con sistemas tradicionales:  COP de 3,6 a 5,2 en condiciones frías.  Alternativa limpia y renovable con menor impacto ambiental</p>	<p>Las bombas de calor geotérmicas pueden operar con sistemas de bucle cerrado o abierto, dependiendo del método de intercambio térmico con el suelo o el agua.</p> <p>Sistemas de Bucle Cerrado  Horizontal: Más económico, adecuado para terrenos amplios, utiliza tuberías enterradas a poca profundidad.  Vertical: Ideal para espacios reducidos, con tuberías perforadas a mayor profundidad para mayor eficiencia térmica.  De estanque/lago: Usa un cuerpo de agua cercano para el intercambio térmico, siendo una opción eficiente y económica.  Sistema de Bucle Abierto  Geotérmico de bucle abierto: Usa agua de un pozo o estanque como fluido de intercambio térmico, requiriendo una fuente de agua abundante.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Enfriador por Absorción con Calor Residual	<p>La electricidad del edificio debe provenir de un generador de diésel o gas natural.</p> <p>Debe instalarse un sistema de recuperación de calor para alimentar el enfriador por absorción.</p> <p>El coeficiente de desempeño (COP) del enfriador debe ser mayor a 0,7.</p> <p>Si hay varios enfriadores, calcular el COP promedio ponderado.</p>	<p>Enfriador de absorción utiliza calor residual en vez de electricidad. Convierte la energía térmica en refrigeración, reduciendo costos operativos.</p> <p>Compatible con edificios de grandes dimensiones donde la propiedad y operación estén integradas.</p>
Recuperación del Calor Residual del Generador para Calefacción	<p>El edificio debe generar electricidad con un generador in situ que funcione con diésel o gas natural.</p> <p>Se debe instalar una tecnología de recuperación para capturar y reutilizar el calor residual del generador.</p> <p>Se debe ingresar en EDGE el porcentaje de electricidad generada por el combustible utilizado.</p>	<p>Las bombas de calor geotérmicas pueden operar con sistemas de bucle cerrado o abierto, dependiendo del método de intercambio térmico con el suelo o el agua.</p> <p>Sistemas de Bucle Cerrado</p> <p>Horizontal: Más económico, adecuado para terrenos amplios, utiliza tuberías enterradas a poca profundidad.</p> <p>Vertical: Ideal para espacios reducidos, con tuberías perforadas a mayor profundidad para mayor eficiencia térmica.</p> <p>De estanque/lago: Usa un cuerpo de agua cercano para el intercambio térmico, siendo una opción eficiente y económica.</p> <p>Sistema de Bucle Abierto</p> <p>Geotérmico de bucle abierto: Usa agua de un pozo o estanque como fluido de intercambio térmico, requiriendo una fuente de agua abundante.</p>

<b>NOMBRE PARÁMETRO</b>	<b>REQUISITO U OBJETIVO</b>	<b>ESTRATEGÍA</b>
<p>Sistemas de Velocidad Variable en los Ventiladores de las Torres de Enfriamiento</p>	<p>El proyecto debe contar con un sistema de aire acondicionado con enfriadores por agua. Los ventiladores de las torres de enfriamiento deben incluir sistemas de velocidad variable (VSD). Se aceptan motores con unidades de frecuencia variable (VFD) u otras tecnologías de VSD.</p>	<p>Funcionamiento del Sistema:  El agua caliente del edificio se bombea hacia la torre de enfriamiento.  El agua se pulveriza sobre una superficie para aumentar el área de contacto con el aire.  Los ventiladores mueven el aire para facilitar la evaporación del agua caliente y expulsar el aire caliente al exterior.  El agua enfriada se devuelve al sistema de refrigeración, repitiendo el ciclo.  Los ventiladores con VSD ajustan su velocidad automáticamente según la carga térmica, reduciendo el consumo de electricidad.</p>
<p>Sistemas de Velocidad Variable (VSD o VFD) en Unidades Manejadoras de Aire (UMA)</p>	<p>Los ventiladores de las UMA deben estar equipados con motores con VSD. Se aceptan unidades de frecuencia variable (VFD) u otras tecnologías similares. La medida solo aplica si el sistema de aire acondicionado tiene UMA.</p>	<p>Las UMA incluyen ventiladores, serpentines de calentamiento/enfriamiento y filtros. Los motores con VSD ajustan la velocidad de los ventiladores en función de la demanda térmica, en lugar de operar a una velocidad constante. El consumo de energía se reduce exponencialmente con la disminución de la velocidad del motor (por ejemplo, una reducción del 20 % en la velocidad puede reducir el consumo de energía en aproximadamente un 50 %).</p>
<p>Bombas con Sistemas de Velocidad Variable (VSD) en HVAC</p>	<p>Se deben instalar bombas con motores VSD en el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC). Aplica para enfriadores por aire o agua, bombas de calor o enfriadores por absorción. Solo se mostrarán ahorros si el sistema HVAC incluye equipos con bombas.</p>	<p>Las UMA incluyen ventiladores, serpentines de calentamiento/enfriamiento y filtros. Los motores con VSD ajustan la velocidad de los ventiladores en función de la demanda térmica, en lugar de operar a una velocidad constante. El consumo de energía se reduce exponencialmente con la disminución de la velocidad del motor (por ejemplo, una reducción del 20 % en la velocidad puede reducir el consumo de energía en aproximadamente un 50 %).</p>

<b>NOMBRE PARÁMETRO</b>	<b>REQUISITO U OBJETIVO</b>	<b>ESTRATEGÍA</b>
Recuperación del Calor Sensible del Aire de Salida	<p>Instalar un dispositivo de recuperación del calor sensible en el sistema de ventilación con una eficiencia mínima del 60 % en la transferencia de temperatura (ETT). Se debe demostrar que al menos el 75 % del aire de salida pasa por el sistema de recuperación.</p>	<p>Intercambiadores de calor de aire a aire que transfieren energía térmica entre corrientes de aire sin afectar la humedad. Sistemas anticorrosivos, ideales para ambientes húmedos como spas, piscinas y cocinas. Baja caída de presión, lo que reduce el consumo de energía de los ventiladores.</p>
Calderas de Condensación de Alta Eficiencia	<p>La caldera utilizada para calefacción debe ser una caldera de condensación con una eficiencia superior al 80 % (caso base). La eficiencia predeterminada en el caso mejorado es del 90 % y puede alcanzar hasta 97 %. Debe utilizarse gas natural como combustible principal para calefacción.</p>	<p>Estas calderas incluyen un intercambiador de calor más grande que recupera más energía antes de liberar los gases al conducto de humo. El vapor de agua generado por la combustión se condensa y el calor liberado se reutiliza para calentar el agua del sistema. Al operar a carga plena, alcanzan su máxima eficiencia, por lo que se recomienda evitar el sobredimensionamiento.</p>
Caldera de alta eficiencia para agua caliente sanitaria	<p>Uso de calentador o caldera de agua caliente de alto rendimiento (ej., caldera de condensación) para provisión de ACS.</p>	<p>Que el equipo que genera el agua caliente tenga una eficiencia de combustible anual superior a la del caso base. En EDGE el caso base por defecto para agua caliente suele ser calentador eléctrico (100% eficiente en uso, pero caro en energía primaria); al seleccionar esta medida se debe cambiar el combustible a gas, GLP o diésel y proveer la eficiencia de la caldera de gas elegida. Debe superarse típicamente el 80% de eficiencia (caso base de caldera convencional).</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Bombillas ahorradoras de energía	Se considera aplicada esta medida cuando al menos el 90 % de las lámparas utilizadas son CFL, ledes, T5 u otras tecnologías que alcancen una eficiencia de 90 lm/W o más.	No se exige una medida de eficacia específica, pero el equipo de diseño debe demostrar que se han especificado tecnologías de iluminación eficiente. Se puede utilizar documentación del fabricante para demostrar que se cumplen los 90 lm/W requeridos.
Bombillas Ahorradoras de Energía	Se considera aplicada esta medida cuando al menos el 90 % de las bombillas utilizadas en el proyecto son CFL, ledes, T5 u otras tecnologías con eficiencia de 90 lm/W o más	No se exige una eficacia específica, pero el equipo de diseño debe demostrar que se han especificado tecnologías de iluminación eficiente. Se requiere documentación del fabricante para comprobar que cumplen con los 90 lm/W.
Controles de Iluminación	Se considera aplicada esta medida cuando la iluminación de todas las habitaciones relevantes es controlada por sensores de ocupación, temporizadores o sensores de luz natural.	No se requieren cálculos para evaluar esta medida. Se debe demostrar que todos los espacios cumplan con la instalación de controles automáticos de iluminación.
Colectores Solares para Agua Caliente	Se considera aplicada esta medida cuando se instala un sistema de calentamiento solar de agua en el proyecto.	Se debe ingresar en EDGE el porcentaje de la demanda de agua caliente que será cubierta con colectores solares. El software calcula la superficie mínima de colectores necesarios para satisfacer esa demanda y permite a los auditores verificar la instalación.
Energía Solar Fotovoltaica	Se considera aplicada esta medida cuando se instalan paneles fotovoltaicos en el edificio o el predio y la energía generada se utiliza para su funcionamiento.	El equipo de diseño debe indicar el porcentaje de demanda de electricidad que será cubierta con los paneles fotovoltaicos. El software EDGE calculará la potencia en kilovatios pico (kWp) necesaria para cubrir esa demanda. El equipo de diseño debe demostrar que la instalación tiene capacidad suficiente para generar la potencia requerida.

<b>NOMBRE PARÁMETRO</b>	<b>REQUISITO U OBJETIVO</b>	<b>ESTRATEGÍA</b>
Otra Energía Renovable para Generación de Electricidad	Se considera aplicada esta medida cuando en el proyecto se utiliza una fuente de energía renovable distinta a la energía solar fotovoltaica, como biomasa, energía eólica, geotérmica o hidroeléctrica, y está ubicada en el sitio del proyecto.	El equipo de diseño debe indicar el porcentaje de demanda de electricidad que será cubierta con la energía renovable generada en el predio. EDGE calculará el consumo anual total de electricidad en el caso mejorado. El equipo de diseño debe demostrar que la fuente renovable es suficiente para cubrir el porcentaje de consumo de electricidad indicado
Adquisición de Energía Renovable Fuera del Predio	Se considera aplicada esta medida cuando se ha firmado un contrato para adquirir energía renovable fuera del predio, específicamente asignada al proyecto. Puede incluir fuentes como energía solar, eólica, mareomotriz o de biomasa.	El equipo de diseño debe indicar la cantidad de energía renovable adquirida fuera del predio. Debe demostrarse que esta energía ha sido asignada exclusivamente al proyecto. La cantidad de energía renovable adquirida se compara con el consumo anual de electricidad del edificio para determinar la compensación porcentual.
Compensación de Carbono	Se aplica cuando se ha firmado un contrato para invertir en un proyecto de compensación de carbono, que financia acciones de terceros para reducir o capturar emisiones de carbono. Solo se reconoce para certificación de carbono neto cero si el proyecto ha alcanzado un ahorro de energía del 40 % o más	El equipo de diseño debe especificar la cantidad de compensaciones de carbono adquiridas con un contrato firmado. Cada unidad de compensación representa la mitigación de una tonelada métrica de CO <sub>2</sub> o su equivalente en otros gases de efecto invernadero. El valor de compensación se compara con las emisiones totales estimadas del caso mejorado para calcular el porcentaje de compensación logrado.

**Tabla A1.2. EDGE – AGUA**

<b>NOMBRE PARÁMETRO</b>	<b>REQUISITO U OBJETIVO</b>	<b>ESTRATEGÍA</b>
<p>Duchas de Bajo Flujo</p>	<p>El flujo de una ducha puede variar entre 6 y 20 litros por minuto según la presión del agua.                      Los fabricantes proporcionan gráficos con flujos a diferentes presiones.                      En EDGE, se debe utilizar el flujo correspondiente a una presión de 3 bares (43,5 psi) en la etapa de diseño.                      En la etapa posterior a la construcción, se deben usar los flujos reales.                      Si hay variaciones de presión y flujo, se debe calcular un promedio ponderado con el flujo máximo.</p>	<p>Existen duchas que mezclan el agua con aire para intensificar la sensación de presión sin aumentar el flujo.                      Este sistema mantiene la satisfacción del usuario con un menor consumo de agua.</p>
<p>Grifos de Bajo Flujo para Lavabos</p>	<p>Este ahorro se consigue mediante el uso de aireadores y mecanismos de cierre automático</p>	<p>Aireadores: Dispositivos que se instalan en los grifos para mezclar el agua con aire, creando una sensación de mayor presión sin aumentar el flujo real.                      También se conocen como reguladores de flujo.                      Grifos con cierre automático: Funcionan con un sistema de presión o sensores electrónicos que controlan el flujo de agua. Permiten la salida de agua durante un tiempo programado (generalmente 15 segundos) antes de cerrarse automáticamente.                      Son ideales para baños públicos y áreas no supervisadas.                      Reductores de flujo: Alternativa más económica a los grifos de bajo flujo, permitiendo reducir el consumo sin necesidad de cambiar toda la grifería.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Sanitarios con Uso Eficiente de Agua	<p>Se lograrán ahorros si:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La descarga principal es menor que la del caso base en litros por descarga.</li> <li>- La descarga secundaria (en caso de doble descarga) es menor que la del caso base en litros por descarga.</li> </ul> <p>En EDGE, si se usa descarga simple eficiente, se debe seleccionar la opción "Single flush/flush valve" e ingresar el volumen real de descarga.</p> <p>Si los volúmenes de descarga varían dentro del proyecto, se debe usar un promedio ponderado, realizando mediciones en distintos pisos y áreas.</p>	<p>Sanitarios de doble descarga:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Permiten elegir entre un volumen reducido para desechos líquidos y un volumen mayor para desechos sólidos.</li> <li>- Es importante que los controles sean claros e intuitivos para evitar un uso ineficiente.</li> <li>- Algunos modelos pueden aumentar el consumo si el usuario no comprende su funcionamiento o si requieren descargas adicionales para limpiar los desechos.</li> </ul> <p>Certificación WaterSense:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (EPA) ha desarrollado la etiqueta "WaterSense", que certifica sanitarios con alto rendimiento y bajo consumo de agua.</li> <li>- Los productos con esta certificación garantizan un uso eficiente sin comprometer la funcionalidad..</li> </ul>
Urinaris con Uso Eficiente de Agua	<p>El volumen de descarga se mide en litros/descarga y debe ingresarse con los valores reales del fabricante.</p> <p>Si hay variaciones dentro del proyecto, se debe calcular un promedio ponderado.</p> <p>Los urinaris sin agua deben registrarse con un valor de 0,001 litros/descarga.</p>	<p>Urinaris de alta eficiencia: Descarga <math>\leq 2</math> litros.</p> <p>Urinaris secos: No utilizan agua, pero requieren mantenimiento especial para evitar olores y obstrucciones.</p> <p>Urinaris con válvulas de descarga: Funcionan de manera manual o automática, adecuados para baños con alto tráfico.</p>
Grifos de Cocina con Uso Eficiente de Agua	<p>Se mide el flujo en litros por minuto.</p> <p>Se debe registrar el flujo a una presión de 3 bares (43,5 psi).</p> <p>Si el valor no está disponible, se pueden hacer mediciones en el sitio con un cronómetro y un recipiente medidor.</p> <p>Si hay variaciones dentro del proyecto, se debe calcular un promedio ponderado.</p>	<p>Grifos de bajo flujo: Diseñados para reducir el consumo sin perder funcionalidad.</p> <p>Aireadores: Dispositivos que mezclan agua con aire para mantener la sensación de presión con menor consumo.</p> <p>Reductores de flujo: Alternativa económica que disminuye el caudal sin cambiar el grifo.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Sistema de Recuperación del Agua Condensada</p>	<p>Se debe instalar un dispositivo de recolección en el sistema de HVAC.  El agua recuperada puede almacenarse en un tanque exclusivo o integrarse a un sistema de recolección de agua de lluvia.  El uso del agua recolectada debe ser dentro del edificio para riego, sanitarios o limpieza.</p>	<p>Riego: Se puede utilizar sin tratamiento.  Torres de enfriamiento: Requiere tratamiento para evitar corrosión y bacterias.  Fuentes y estanques decorativos: Se necesita filtrado y tratamiento.  Descarga de sanitarios y urinarios: Requiere tratamiento.  Sistema de reciclaje de agua de lluvia: Puede integrarse como fuente adicional.  Lavado de ropa y vajilla: Requiere tratamiento biocida.</p>
<p>Sistema de Recolección de Agua de Lluvia</p>	<p>El agua recolectada debe reemplazar parte del suministro municipal.  Se debe documentar la necesidad de agua y su sustitución con agua de lluvia.  EDGE calcula automáticamente la cantidad de agua que puede recolectarse según datos pluviométricos y superficie de captación.  Se pueden utilizar techos o superficies pavimentadas como áreas de captación.</p> <p style="text-align: center;"><small>Captación de agua de lluvia (m<sup>3</sup>) = (superficie de captación * volumen de precipitaciones * coeficiente de escorrentía)/1000</small></p> <p style="text-align: center;"><small>Donde: superficie de captación = superficie del techo o solado (m<sup>2</sup>)</small></p>	<p>El tamaño del tanque de almacenamiento debe considerar la tasa de abastecimiento (precipitación y superficie de captación) y la demanda de consumo de agua.  Implementación de sistemas de doble tubería para evitar la contaminación cruzada entre el agua recolectada y el agua potable.  Uso del agua para sanitarios, lavadoras y duchas, cumpliendo normas sanitarias locales o internacionales.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Jardinería con Uso Eficiente de Agua</p>	<p>Para cumplir con esta medida, es necesario que el agua utilizada en jardines y superficies verdes sea menor a 4 litros/m<sup>2</sup>/día. Se puede lograr mediante:</p> <p>Sustitución de especies de alto consumo hídrico por plantas autóctonas y resistentes a la sequía. Zonificación de la vegetación según sus necesidades hídricas. Implementación de sistemas de riego eficientes.</p> $\text{Consumo de agua para jardinería} = \frac{\text{necesidad de agua para jardinería} - \text{volumen de precipitaciones}}{\text{superficie ajardinada al aire libre total}}$ <p>Donde:</p> <p>necesidad de agua para jardinería = cantidad promedio de agua requerida por día para todas las plantas de la superficie ajardinada al aire libre (en litros)</p> <p>volumen de precipitaciones = promedio anual de precipitaciones diarias (en litros)</p> <p>superficie ajardinada al aire libre total = área de césped, jardines y estanques (m<sup>2</sup>)</p>	<p>Selección de vegetación: Preferencia por especies nativas y de bajo requerimiento hídrico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemas de riego eficientes: Uso de riego por goteo o sistemas subsuperficiales en lugar de aspersores.</li> <li>- Agrupación por consumo hídrico: Creación de zonas de riego con necesidades similares para evitar desperdicios.</li> <li>- Optimización del riego: Aplicación en horarios estratégicos para reducir evaporación y pérdidas.</li> </ul>
<p>Cobertor para Piscina</p>	<p>Para cumplir con esta medida, el cobertor debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ser resistente a los productos químicos de tratamiento y a la radiación UV.</li> <li>✓ Tener propiedades aislantes para reducir la pérdida de calor.</li> <li>✓ Cubrir toda la superficie de la piscina.</li> <li>✓ Ser fácil de manipular y almacenar.</li> <li>✓ Ser seguro para los usuarios y el personal.</li> </ul>	<p>Reduce la evaporación hasta en un 98 %, disminuyendo la necesidad de reabastecimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-En piscinas climatizadas, retiene el calor por la noche y favorece el calentamiento durante el día, reduciendo la necesidad de calefacción.</li> <li>-Protege el agua de residuos y reduce la evaporación de cloro, disminuyendo el uso de químicos para tratamiento.</li> <li>-Reduce la evaporación en piscinas cubiertas, disminuyendo el consumo de energía en ventilación y deshumidificación.</li> <li>-Reduce la acumulación de suciedad y la humedad en estructuras cercanas, prolongando la vida útil de materiales y equipos.</li> </ul>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Sistema de Tratamiento y Reciclaje de Aguas Grises</p>	<p>Para cumplir con esta medida, el sistema debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recoger y almacenar las aguas grises generadas en el edificio.</li> <li>✓ Tratar el agua para su reutilización en descargas de sanitarios, HVAC, limpieza o riego.</li> <li>✓ Contar con un sistema de doble tubería para evitar la contaminación cruzada.</li> <li>✓ Cumplir con los estándares sanitarios y ambientales locales o internacionales.</li> </ul> <p>Si la planta de tratamiento está fuera del predio, se debe contar con un contrato firmado con la empresa administradora del sistema.</p>	<p>Doble tubería: Separa el agua reciclada de la potable.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plantas de tratamiento centralizadas o individuales: Procesan y distribuyen el agua tratada.</li> <li>- Sistemas descentralizados: Permiten la recolección de aguas grises en pequeños grupos de edificios o viviendas.</li> </ul>
<p>Sistema de Tratamiento y Reciclaje de Aguas Negras</p>	<p>Para cumplir con esta medida, el sistema debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recolectar, tratar y almacenar adecuadamente las aguas negras.</li> <li>✓ Reutilizar el agua reciclada en descargas de sanitarios, HVAC, limpieza o jardinería.</li> <li>✓ Contar con doble tubería para evitar contaminación cruzada.</li> <li>✓ Cumplir normas sanitarias y ambientales locales o internacionales.</li> </ul> <p>Si la planta de tratamiento está fuera del predio, se requiere un contrato firmado con la empresa administradora del sistema.</p>	<p>Plantas de tratamiento centralizadas o individuales: Permiten la purificación de aguas negras para su reutilización en el edificio.</p> <p>Sistemas de doble tubería: Separan el agua tratada de la potable.</p> <p>Filtros biológicos y químicos: Eliminan impurezas y garantizan la calidad del agua reciclada.</p>

**Tabla A1.3. EDGE – MATERIALES**

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Duchas de Bajo Flujo	<p>El flujo de una ducha puede variar entre 6 y 20 litros por minuto según la presión del agua.</p> <p>Los fabricantes proporcionan gráficos con flujos a diferentes presiones.</p> <p>En EDGE, se debe utilizar el flujo correspondiente a una presión de 3 bares (43,5 psi) en la etapa de diseño.</p> <p>En la etapa posterior a la construcción, se deben usar los flujos reales.</p> <p>Si hay variaciones de presión y flujo, se debe calcular un promedio ponderado con el flujo máximo.</p>	<p>Existen duchas que mezclan el agua con aire para intensificar la sensación de presión sin aumentar el flujo.</p> <p>Este sistema mantiene la satisfacción del usuario con un menor consumo de agua.</p>
Losas de Piso Objetivo	<p>El equipo de diseño debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Seleccionar la especificación de losa que más se asemeje a la del diseño.</li> <li>✓ Ingresar espesor y contenido de varillas de refuerzo en EDGE.</li> <li>✓ Considerar la losa de las plantas intermedias y no la de la planta baja.</li> <li>✓ Excluir la capa de nivelación (incluida en “Acabado de piso” en EDGE).</li> </ul>	<p>Losa de concreto reforzada en obra: Tradicional con cemento Portland, arena, agregados y acero de refuerzo.</p> <p>Concreto en obra con material reciclado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;25 % de escorias de alto horno (subproducto de fabricación de acero).</li> <li>&gt;30 % de cenizas volantes (cenizas de carbón en centrales eléctricas).</li> </ul> <p>Losa aligerada de concreto: Uso de materiales livianos (bloques celulares, arcilla, etc.).</p> <p>Losas prefabricadas de concreto con vigas de soporte: Prefabricadas con losetas apoyadas en viguetas.</p> <p>Losa aligerada con bloques de poliestireno: Uso de poliestireno como aligerante.</p> <p>Canalón de concreto en obra: Uso de moldes de vacío extraíbles.</p> <p>Losa reticular de concreto: Sistema reticular con moldes de vacío extraíbles.</p> <p>Losa hueca prefabricada: Elementos prefabricados con vacíos longitudinales.</p> <p>Losas con acero compuesto: Concreto reforzado sobre bases de acero perfiladas o placas de acero.</p> <p>Unidades tipo doble T prefabricadas: Sistema con mínimas conexiones y estructura segura.</p> <p>Piso de madera: Instalado sobre viguetas de madera.</p>

<b>NOMBRE PARÁMETRO</b>	<b>REQUISITO U OBJETIVO</b>	<b>ESTRATEGÍA</b>
		<p>Piso tipo cassette de acero ligero: Planchas de acero preensambladas sujetadas con pernos.</p> <p>Reutilización de losas de piso existentes: Opción altamente recomendada en EDGE, con energía incorporada de cero (mínimo 5 años de antigüedad).</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Construcción de Cubierta</p>	<p>Ingresar en EDGE el tipo de cubierta con su espesor y contenido de acero de refuerzo.  Si hay múltiples especificaciones, elegir la predominante.  Para techos verdes, definir:</p> <p>Reflectividad solar (usar 70 % si no hay datos).  Aislamiento térmico en la pestaña "Materiales".</p>	<p>Cubiertas de concreto  Losa de concreto reforzada en obra (tradicional).  Concreto con &gt;25 % de escorias de alto horno (sustitución de cemento para menor impacto ambiental).  Concreto con &gt;30 % de cenizas volantes (reutilización de residuos industriales).  Losa aligerada de concreto (uso de materiales livianos para reducir el consumo de concreto).  Losas prefabricadas con vigas de soporte (menor tiempo de construcción).  Losa hueca prefabricada (perfil ligero y eficiente).  Losa aligerada con bloques de poliestireno (mejora térmica y reducción de concreto).  Cubiertas ligeras y metálicas  Planchas de acero (cinc o galvanizado) sobre vigas de acero o madera.  Planchas de aluminio o cobre (durables y resistentes a la corrosión, pero con mayor impacto energético).  Panel sándwich de acero o aluminio (alto aislamiento térmico).  Tejas de arcilla, microconcreto o asfalto sobre vigas de acero o madera.  Opciones sostenibles  Canalón de concreto en obra (uso eficiente de materiales).  Losa reticular de concreto en obra (reducción de volumen de concreto).  Reutilización del techo existente (impacto ambiental cero).</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Paredes Externas</p>	<p>Ingresar en EDGE el tipo de pared exterior, su espesor y material predominante.  Si hay múltiples especificaciones, elegir la más representativa del diseño.  Las paredes externas son las que están expuestas al ambiente exterior.</p>	<p>Opciones de Paredes Externas en EDGE</p> <p>Mampostería tradicional</p> <p>Ladrillo común con yeso (económico, pero alta energía incorporada).</p> <p>Ladrillo caravista (sin yeso externo).</p> <p>Bloques de concreto huecos o macizos (mayor resistencia y aislamiento acústico).</p> <p>Bloques de concreto aireado en autoclave (menor densidad, mayor aislamiento térmico).</p> <p>Alternativas sostenibles</p> <p>Bloques de suelo estabilizado (con cenizas volantes o escorias granuladas).</p> <p>Bloques de tierra comprimida (no requieren cocción, baja energía incorporada).</p> <p>Paredes de tierra apisonada (uso en zonas áridas, alto aislamiento térmico).</p> <p>Bloques de paja (rápido crecimiento, bajo impacto ambiental).</p> <p>Bloques FaLG (cenizas volantes, cal y yeso, reducen impactos ambientales).</p> <p>Paneles y Revestimientos Prefabricados</p> <p>Paneles de concreto prefabricado (uso en muros cortina o estructuras).</p> <p>Panel sándwich de concreto, acero o aluminio (aislamiento térmico eficiente).</p> <p>Placas de yeso sobre montantes de madera o metálicos.</p> <p>Panel de fosfoyeso (uso de residuos industriales de fertilizantes).</p> <p>Otros sistemas de construcción</p> <p>Muro cortina (elemento opaco) (no estructural, solo cierra el espacio).</p> <p>Malla 3D con concreto proyectado (estructura de poliestireno y concreto).</p> <p>Pared reforzada en obra (concreto convencional, alto impacto ambiental).</p> <p>Revestimiento con perfiles metálicos (acero o aluminio, alta resistencia).</p> <p>Reutilización de Materiales</p> <p>Reutilización de pared existente (impacto ambiental cero, alta recomendación EDGE).</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Paredes Internas	<p>Ingresar en EDGE el tipo de pared interna, su espesor y material predominante.</p> <p>Si hay múltiples especificaciones, elegir la más representativa del diseño.</p>	<p>Opciones de Paredes Internas en EDGE</p> <p>Mampostería tradicional</p> <p>Ladrillo común con yeso en ambos lados (económico, pero alta energía incorporada).</p> <p>Ladrillos huecos (menor material, reducción del 40% en mortero).</p> <p>Bloques de concreto huecos (menor peso, mejor aislamiento térmico y acústico).</p> <p>Bloques de concreto macizo (alta resistencia estructural, pero mayor energía incorporada).</p> <p>Concreto aireado en autoclave (menor densidad, excelentes propiedades de aislamiento térmico).</p> <p>Alternativas sostenibles</p> <p>Bloques de tierra comprimida estabilizada (uso de tierra local, bajo impacto ambiental).</p> <p>Bloques de suelo estabilizado con cenizas volantes o escorias granuladas (uso de residuos industriales).</p> <p>Paredes de tierra apisonada (uso en zonas áridas, alta inercia térmica).</p> <p>Bloques de paja (rápido crecimiento, bajo impacto ambiental).</p> <p>Paneles y Sistemas Prefabricados</p> <p>Paneles de concreto prefabricado (uso en muros divisorios).</p> <p>Panel mural de ferrocemento (estructura de malla de alambre y cemento).</p> <p>Panel sándwich de concreto prefabricado (estructura liviana con aislamiento).</p> <p>Placas de yeso sobre montantes de madera o metálicos (con o sin aislamiento).</p> <p>Malla 3D con concreto proyectado (estructura de poliestireno expandido y concreto).</p> <p>Reutilización de Materiales</p> <p>Reutilización de pared existente (impacto ambiental cero, altamente recomendable en EDGE).</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Acabado de Piso	Elegir el tipo de acabado de piso que más se asemeje al utilizado en el proyecto. En caso de múltiples opciones, seleccionar la predominante.	<p>Opciones de Acabado de Piso en EDGE</p> <p>Opciones Convencionales (Alta Energía Incorporada)</p> <p>Baldosa cerámica (duradera, pero con alta energía incorporada debido a su cocción).</p> <p>Baldosas/losas de piedra (baja energía incorporada si es piedra local, mayor si es cortada/pulida).</p> <p>Piso de concreto con acabado (económico, pero puede agrietarse).</p> <p>Baldosas de terrazo (duraderas y resistentes, pero con alto impacto energético en fabricación).</p> <p>Baldosas de terracota (resistentes al agua y fuego, buena opción sostenible).</p> <p>Opciones Sostenibles (Menor Energía Incorporada)</p> <p>Linóleo (hecho de materiales naturales, menor impacto ambiental que el vinilo).</p> <p>Baldosas de corcho (renovable, cosecha sin talar árboles).</p> <p>Alfombra de fibras vegetales (sisal, coco, yute; baja energía incorporada, pero sensibles a humedad).</p> <p>Piso de madera laminada (mayor estabilidad que madera maciza, menor impacto ambiental).</p> <p>Parqué de madera (estructura maciza o multicapa, opción natural con estabilidad térmica).</p> <p>Opciones de Bajo Mantenimiento</p> <p>Piso de vinilo (económico y resistente, pero con alta energía incorporada y emisiones de COV).</p> <p>Alfombra de nailon (buena absorción acústica, pero fabricada con derivados del petróleo).</p> <p>Reutilización del Piso Existente</p> <p>Reutilización de materiales (impacto cero, altamente recomendable en EDGE).</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Marcos de Ventana	Elegir el tipo de marco más cercano al especificado en el diseño. Si hay múltiples opciones, seleccionar la predominante.	<p>Opciones de Marcos de Ventana en EDGE</p> <p>Opciones Convencionales (Alta Energía Incorporada)</p> <p>Aluminio (ligero, resistente, no se oxida, pero con alta energía incorporada).</p> <p>Acero (más pesado que el aluminio, requiere mantenimiento contra óxido, pero mejor aislamiento térmico).</p> <p>Madera revestida de aluminio (combinación de madera con aluminio, alta energía incorporada, pero menos mantenimiento).</p> <p>Opciones Sostenibles (Menor Energía Incorporada)</p> <p>Madera (buen aislamiento térmico, pero sensible a la humedad y requiere mantenimiento).</p> <p>PVC no plastificado (bajo mantenimiento, buena eficiencia térmica, cavidades pueden llenarse con aislante).</p> <p>Reutilización de marcos existentes (impacto cero, altamente recomendable en EDGE).</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Aislamiento	<p>Elegir el tipo de aislamiento más cercano al especificado en el diseño.</p> <p>Si hay múltiples opciones, seleccionar la predominante.</p>	<p>Opciones de Aislamiento en EDGE</p> <p>Opciones Convencionales (Alta Energía Incorporada)</p> <p>Poliestireno (expandido o extruido): Alto impacto ambiental, pero buen aislamiento térmico.</p> <p>Poliuretano (espuma rígida): Mayor resistencia al fuego, valor R superior.</p> <p>Fibra de vidrio: Aislante acústico y térmico, pero menos eficiente que otras opciones.</p> <p>Fibra mineral (de roca o escoria reciclada): Similar a la fibra de vidrio, pero con menor resistencia a la humedad.</p> <p>Opciones Sostenibles (Menor Energía Incorporada)</p> <p>Celulosa (relleno suelto): Alternativa ecológica hecha de papel reciclado.</p> <p>Corcho: Material renovable con impacto ambiental mínimo.</p> <p>Viruta de madera prensada (Woodwool): Excelente para revoques, aislamiento térmico y acústico.</p> <p>Cámara de aire &lt;100 mm: Funciona como barrera térmica natural sin necesidad de materiales adicionales.</p> <p>Sin aislamiento</p> <p>Si no se especifica ningún aislamiento en las paredes o techos, EDGE no lo considera en los cálculos de energía incorporada.</p>

**Tabla A1.4. LEED – SITIOS SOSTENIBLES**

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Sitio ambiental	<p>Evaluación del Sitio</p> <p>Se debe realizar una evaluación ambiental del sitio (Fase I) según la norma ASTM E1527-13 (o su equivalente local).</p> <p>Si hay indicios de contaminación, se procede a una evaluación más detallada (Fase II) basada en la norma ASTM E1903-11.</p>	<p>Remediación Ambiental</p> <p>Si se detecta contaminación, el sitio debe ser remediado conforme a los estándares de la agencia de protección ambiental local, estatal o nacional, priorizando la normativa más estricta.</p>
Evaluación del sitio	<p>Preservar Áreas Verdes: Proteger al menos el 40% del sitio sin intervención.</p> <p>Restaurar el Hábitat: Recuperar entre el 15% y 25% del área afectada, incluyendo techos verdes con plantas nativas.</p> <p>Restaurar Suelos: Usar especies vegetales adecuadas sin importar suelos agrícolas protegidos.</p> <p>Incorporar Vegetación Nativa: Plantar al menos seis especies, combinando árboles, arbustos o cobertura vegetal, e incluir un jardín de polinizadores de 30 m<sup>2</sup>.</p>	<p>Se debe presentar un plano del sitio con:</p> <p>Límite del proyecto y huella del edificio.</p> <p>Áreas verdes protegidas y restauradas.</p> <p>Especies de vegetación nativa utilizadas.</p> <p>Áreas de jardín para polinizadores.</p>
Espacio Abierto	<p>Para obtener este crédito, los proyectos deben destinar al menos el 30% del sitio (incluida la edificación) a un espacio al aire libre, con al menos el 25% de este cubierto por vegetación o dosel vegetal.</p> <p>El espacio debe ser accesible y cumplir con al menos una función: social, recreativa, paisajística, productiva (huertos) o de restauración de hábitat.</p> <p>Se pueden incluir techos verdes accesibles, terrazas pavimentadas que cumplan los criterios, y humedales o estanques con vegetación y pendiente ≤ 1:4.</p>	<p>Aclaración del porcentaje obligatorio de espacio abierto y de cobertura vegetal.</p> <p>Se deben presentar planos y documentación que demuestren el cumplimiento de los criterios de espacio accesible y vegetación.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Gestión del Agua de Lluvia	<p>Retención de Lluvias por Percentil: Gestionar la escorrentía con infraestructura verde (IG) y desarrollo de bajo impacto (LID), reteniendo:</p> <p>80% de eventos → 1 punto.  85% de eventos → 2 puntos.  90% de eventos → 3 puntos.</p> <p>Restauración de Condiciones Naturales: Igualar la hidrología original del sitio con IG y LID, obteniendo 3 puntos (2 para asistencia sanitaria).</p>	<p>Guía de Implementación y Documentación  Planos de escorrentía antes y después del desarrollo.  Datos climáticos locales para calcular eventos de lluvia a gestionar.  Cálculo de volúmenes retenidos por cada estrategia implementada.</p>
Reducción de la Isla de Calor	<p>Los proyectos pueden cumplir con el crédito eligiendo entre dos opciones:</p> <p>Estrategias en Techos y Superficies: Implementar superficies de alta reflectancia (SRI adecuado), techos verdes, o sistemas de sombreado con paneles solares, cubiertas vegetales, elementos arquitectónicos o vegetación. Se permite combinar estrategias con un enfoque ponderado.</p> <p>Estacionamiento Bajo Techo: Cubrir al menos el 75% de los estacionamientos exteriores con materiales de alto SRI, techos vegetados o sistemas de energía renovable.</p>	<p>Importancia del Crédito en Proyectos LEED  Disminuye el efecto isla de calor, mejorando el confort térmico en entornos urbanos.  Reduce la demanda energética al minimizar el uso de aire acondicionado.  Mejora la calidad ambiental exterior al integrar vegetación y superficies de alto albedo.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Reducción de la Contaminación Lumínica</p>	<p>Los proyectos deben elegir entre dos métodos para cumplir con el crédito:</p> <p>Clasificación de Errores (BUG): Utilizar luminarias con control de iluminación ascendente, cumpliendo los límites de la norma IES TM-15-11 según la zona de iluminación (MLO).</p> <p>Cálculo de Emisión de Luz: Limitar los lúmenes emitidos por encima de la horizontal según la zona de iluminación (LZ), con un máximo de 6% en LZ4. Además, controlar la intrusión de luz y minimizar el deslumbramiento.</p>	<p>Se permite una iluminación máxima de 200 cd/m<sup>2</sup> (nits) durante la noche y 2000 cd/m<sup>2</sup> (nits) durante el día.</p> <p>Excepciones aplican a:</p> <p>Iluminación en hospitales (urgencias, helipuertos). Banderas nacionales en ciertas zonas. Iluminación escénica y cinematográfica.</p>
<p>Plano Maestro del Sitio</p>	<p>El proyecto debe obtener al menos 4 de los siguientes 6 créditos:</p> <p>Sitio de Alta Prioridad Protección o Restauración del Hábitat Espacio Abierto Gestión del Agua de Lluvia Reducción de la Isla de Calor Reducción de la Contaminación Lumínica</p> <p>Además, el plan maestro debe incluir colaboración con autoridades escolares, diseño sostenible en infraestructuras, considerar futuras expansiones y evaluar el impacto en estacionamientos, pavimentación y servicios públicos.</p> <p><b>Restricción:</b> Proyectos sin desarrollos futuros no son elegibles.</p>	<p>Estrategias de conservación de infraestructura existente.</p> <p>Planificación a largo plazo considerando desarrollos futuros.</p> <p>Integración de créditos sostenibles en la infraestructura del campus.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Diseño y Construcción para Inquilinos</p>	<p>Los propietarios deben entregar a los inquilinos un documento ilustrado con:</p> <p>Estrategias sostenibles en el diseño y construcción del edificio.  Metas de sostenibilidad aplicables a los inquilinos.  Recomendaciones de materiales y productos sostenibles.  Guía para coordinar el diseño con los sistemas del edificio.  Además, debe incluir requisitos y créditos LEED en:</p> <p>Eficiencia del agua (WE).  Eficiencia energética (EA).  Calidad del aire y confort térmico (EQ).  Materiales sostenibles y reciclables (MR).  Reducción de contaminantes interiores (COV y humo de tabaco).</p>	<p>Guía de Implementación y Documentación</p> <p>Desarrollo del documento guía con información detallada sobre la sostenibilidad en el edificio.  Incorporación de requisitos en los contratos de arrendamiento.  Uso de medidores de agua y energía para evaluar el desempeño de los inquilinos.  Seguimiento del consumo para garantizar que el diseño sostenible funcione según lo planificado.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Lugares de Respiro	<p>Requisitos</p> <p>Provisión de espacios de descanso:</p> <p>Pacientes y visitantes: Un área equivalente al 5% del área neta utilizable del edificio.</p> <p>Personal del hospital: Un área adicional equivalente al 2% del área neta utilizable.</p> <p>Ubicación y accesibilidad:</p> <p>Deben estar al aire libre o en espacios acondicionados (invernaderos, solarios).</p> <p>Al menos el 30% del área debe recibir luz natural o el 90% debe ofrecer vistas a la naturaleza.</p> <p>No deben usarse espacios donde se realicen procedimientos médicos.</p> <p>Condiciones de confort:</p> <p>Las áreas deben estar a menos de 60 metros de una entrada principal o acceso.</p> <p>Proporcionar sombra en un mínimo del 30% del área.</p> <p>Incluir bancos o asientos, con al menos un espacio para silla de ruedas por cada cinco asientos.</p> <p>Normas de diseño:</p> <p>Mínimo 25% de cobertura vegetal con especies autóctonas o adaptadas.</p> <p>Evitar monocultivos o céspedes convencionales.</p> <p>Espacios abiertos al aire libre y accesibles al cielo.</p> <p>Cumplimiento con las Directrices FGI 2010 para centros de salud.</p> <p>Restricciones:</p> <p>No incluir espacios exclusivos para horticultura terapéutica (máximo 50% del área).</p> <p>No incluir senderos de acceso universal (máximo 30% del área si están alejados del edificio).</p> <p>Ubicar los espacios a más de 7.6 metros de zonas de fumadores.</p>	<p>Guía de Implementación y Documentación</p> <p>Diseño de los espacios de respiro con planos y especificaciones.</p> <p>Cálculo de las áreas disponibles para descanso.</p> <p>Registro fotográfico y de materiales vegetales utilizados.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Acceso Exterior Directo	<p>Requisitos de Acceso Exterior para Pacientes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Espacio exterior obligatorio: Patio, terraza, jardín o balcón.</li> <li>- Superficie mínima: 0.5 m<sup>2</sup> por paciente.</li> <li>- Cobertura: Disponible para el 75% de pacientes hospitalizados y ambulatorios con estancias mayores a 4 horas.</li> <li>- Excepción: Pacientes en emergencia o cuidados intensivos.</li> </ul> <p>Condiciones del Espacio Exterior</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Puede estar fuera del edificio si cumple con el crédito SS: Lugares de Respiro.</li> <li>- Puede estar junto a áreas clínicas o tener acceso desde unidades de hospitalización.</li> </ul> <p><b>Restricciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>No puede ser área de fumadores.</li> <li>Debe cumplir con estándares de calidad del aire (Crédito EQ).</li> <li>Debe estar a más de 30 metros de escapes de aire, muelles de carga y zonas con vehículos en ralentí.</li> </ul>	<p>Guía de Implementación y Documentación</p> <p>Planos y cálculos del área exterior con acceso para pacientes.</p> <p>Documentación sobre calidad del aire en la zona de los espacios exteriores.</p> <p>Diseño de accesibilidad y cumplimiento de normativa LEED.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Uso Conjunto de Instalaciones</p>	<p>El proyecto debe cumplir con una de estas opciones:</p> <p><b>Opción 1:</b> Espacios abiertos al público (1 punto)  Permitir el uso comunitario de al menos tres espacios fuera del horario escolar, como:  -Auditorio, gimnasio, cafetería, aulas, campos de juego o estacionamiento.  Condición: Acceso a baños en las áreas compartidas.</p> <p><b>Opción 2:</b> Contrato con organizaciones comunitarias (1 punto)  Firmar acuerdos para compartir dos espacios con entidades como:  Oficina comercial, clínica, centro comunitario, policía, biblioteca o estacionamiento.  Condición: Acceso a baños en las áreas compartidas.</p> <p><b>Opción 3:</b> Uso de espacios externos (1 punto)  Firmar acuerdos para que los estudiantes usen dos espacios en organizaciones vecinas, como:  Auditorio, gimnasio, cafetería, aulas, piscina o campos de juego.  Condición: Acceso peatonal y acuerdos de uso conjunto.</p>	<p>Guía de Implementación y Documentación  Planos y documentos que demuestren la disponibilidad de espacios.  Contratos de uso conjunto firmados con las organizaciones participantes.  Registro de acceso a baños en las áreas compartidas.</p>

**Tabla A1.5. LEED – USO DE AGUA AL AIRE LIBRE**

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Reducción del Consumo de Agua en Interiores</p>	<p>Requisitos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Accesorios certificados: Inodoros, urinarios, grifos y duchas con WaterSense (o equivalente).</li> <li>-Electrodomésticos y procesos: Lavadoras, lavavajillas y máquinas de hielo ENERGY STAR o similar.</li> <li>-Torres de enfriamiento:               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Medidores de agua.</li> <li>-Controladores de conductividad.</li> <li>-Eliminadores de deriva eficientes.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Restricción:</b> No se permite el uso de agua potable en sistemas de rechazo de calor y enfriamiento de paso único.</p>	<p>Criterios de Consumo de Agua (Tabla 1)</p> <p>Ejemplos de valores de referencia para accesorios:</p> <p>Inodoros: 6 L/descarga.          Urinarios: 3.8 L/descarga.          Grifos de baño público: 1.9 L/min a 415 kPa.          Grifos de cocina: 8.3 L/min a 415 kPa.          Duchas: 9.5 L/min a 550 kPa.</p>
<p>Agua a Nivel del Edificio – Medida</p>	<p>Requisitos para Medición del Consumo de Agua</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalación de medidores permanentes para medir el consumo total de agua potable.</li> <li>- Registro y reporte: Datos resumidos mensualmente y anualmente.</li> <li>- Se permiten medidores manuales o automáticos.</li> </ul>	<p>Guía de Implementación y Documentación</p> <p>Instalación y configuración de medidores de agua en puntos estratégicos.</p> <p>Registro de consumo mensual y anual con informes detallados.</p> <p>Reportes de datos a través de la plataforma Arc de USGBC para facilitar el monitoreo.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Reducción del Uso de Agua al Aire Libre</p>	<p>Opciones para Reducción del Riego</p> <p><b>Opción 1:</b> Sin riego permanente (hasta 2 puntos, excepto en salud y CS).</p> <p>Demostrar que el paisaje no necesita riego después de 2 años de establecimiento.</p> <p><b>Opción 2:</b> Riego reducido (hasta 3 puntos).</p> <p>Reducir el consumo de agua en al menos 50% mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plantas nativas o adaptadas.</li> <li>- Sistemas de riego eficientes (EPA/WaterSense).</li> <li>- Fuentes alternativas o tecnologías inteligentes de riego.</li> </ul>	<p>Guía de Implementación y Documentación</p> <p>Planos y especificaciones del paisaje, incluyendo detalles de las especies de plantas seleccionadas.</p> <p>Cálculo del consumo de agua base y reducción lograda utilizando herramientas de la EPA y WaterSense.</p> <p>Documentación de los sistemas de riego eficientes (si aplican) y cualquier fuente de agua alternativa utilizada.</p>
<p>Reducción del Consumo de Agua en Interiores</p>	<p>Instalar equipos que cumplan con los estándares de eficiencia según las Tablas 2, 3, 4 y 5.</p> <p>Tabla 2: Lavadoras Comerciales</p> <p>Procesar ≥ 120,000 libras/año. Consumo máximo: 1.8 gal/lb (7 L/0.45 kg).</p> <p>Tabla 3: Equipos de Cocina Comerciales</p> <p>ENERGY STAR o equivalente. Vaporeras: Máx. 5 gal/hora/bandeja. Trituradores: 3-8 gpm en carga completa.</p> <p>Tabla 4: Equipos Médicos y de Laboratorio</p> <p>Esterilizadores, lavadoras y reciclaje con consumos regulados. Ejemplo: Esterilizador de 60" → 6.3 gal/bandeja (28.5 L/DIN).</p>	<p>Guía de Implementación</p> <p>Los proyectos Core &amp; Shell ahora pueden obtener 4 puntos adicionales.</p> <p>Se fomenta el uso de fuentes de agua alternativas en campus y municipios.</p> <p>Requisito internacional: La etiqueta A de la UE para electrodomésticos es aceptable como alternativa a ENERGY STAR.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
	Tabla 5: Sistemas de Vapor Municipales  100% recuperación y reutilización del condensado.	
Optimización del Uso del Agua en Procesos	Requisitos Implementar torres de enfriamiento y condensadores evaporativos eficientes. Cumplir con límites de calidad del agua en el sistema de enfriamiento. Usar agua reciclada en al menos 20 % de la demanda de agua de proceso (hasta 3 puntos).	Guía de Implementación Analizar la calidad del agua antes de su uso en torres de enfriamiento. Optimizar ciclos de concentración para reducir el consumo. Usar fuentes alternativas de agua (reciclada, pluvial, etc.).

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Medición de Agua	<p>Instalar medidores permanentes en al menos 5 subsistemas del edificio o terreno para analizar el consumo y detectar ahorros. Subsistemas a medir:</p> <p>Riego: Áreas irrigadas (excepto xeropaisajismo/vegetación nativa). Plomería interior: Medir el 80% del consumo. Agua caliente sanitaria: Medir el 80% del consumo. Calderas: Si consumen &gt;100,000 gal/año o &gt;500,000 BTU/h. Agua recuperada: Medición independiente. Otras aguas de proceso: Lavanderías, lavavajillas, humidificación, etc. Proyectos de salud deben medir 5 sistemas adicionales, como:</p> <p>Purificación de agua. Recirculación y laboratorios. Esterilización y quirófanos. Hidroterapia y fisioterapia. Sistemas de calefacción/enfriamiento.</p>	<p>Guía de Implementación: No hay cambios sustanciales respecto a LEED v4 en los requisitos del crédito. Los administradores deben monitorear el uso del agua y generar informes de consumo para optimizar su eficiencia a lo largo del ciclo de vida del edificio. Submedición: Es clave para la gestión sostenible del agua, permitiendo ajustar estrategias de reducción de consumo y costos. Conexión con el desempeño continuo: La recopilación de datos permite mejorar la puntuación del proyecto en términos de rendimiento hídrico y sostenibilidad.</p>

**Tabla A1.6. LEED – RENDIMIENTO ENERGÉTICO MÍNIMO**

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Requisitos y Guía de Implementación</p>	<p>Requisitos de Medición de Energía                      Instalar nuevos medidores de energía o utilizar los existentes en el edificio.                      Medir el consumo total de energía, incluyendo electricidad, gas natural, vapor y combustibles de calefacción (propano, biomasa, etc.).                      Se pueden usar medidores de empresas de servicios públicos si permiten agregar el uso total del edificio.                      Compromiso de reportar el consumo a USGBC durante 5 años tras la certificación LEED o la ocupación.                      Monitoreo mensual del consumo energético.</p>	<p>Objetivo: Fomentar la eficiencia energética mediante el monitoreo y análisis del consumo de energía.                      Método: Instalación de medidores en todo el edificio para un seguimiento detallado de los recursos energéticos.                      Beneficios:                      Mejora la gestión de la energía y detecta oportunidades de ahorro.                      Permite verificar el correcto funcionamiento de los sistemas energéticos.                      Facilita el cumplimiento del requisito LEED mediante la plataforma Arc, compartiendo datos con USGBC y apoyando la recertificación.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Gestión de Refrigerante Fundamental</p>	<p>Requisitos para el Uso de Refrigerantes  Prohibición de refrigerantes dañinos: No se deben usar CFC ni HCFC en sistemas nuevos de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración (HVAC&amp;R).  Eliminación progresiva: Equipos existentes con CFC/HCFC deben ser retirados antes de la finalización del proyecto.  Conversión de Equipos Existentes</p> <p>Si se reutilizan sistemas con CFC/HCFC, se debe ejecutar un plan de conversión total antes de la entrega del proyecto. Se permite una eliminación gradual, con justificación y sin extenderse más allá de la fecha de entrega.  Excepciones</p> <p>Equipos pequeños con &lt;0.5 libras (225 g) de refrigerante, como refrigeradores domésticos o unidades pequeñas de enfriamiento de agua.</p>	<p>Guía de Implementación  Cumplir con la prohibición de CFC y HCFC, alineándose con los compromisos ambientales internacionales.  Si hay equipos existentes con refrigerantes prohibidos, implementar un plan de eliminación o conversión antes de la finalización del proyecto.  Equipos con refrigerantes permitidos deben ser correctamente gestionados para evitar fugas a la atmósfera.</p>
<p>Energía a nivel de edificio</p>	<p>Requisitos:  Instalación de medidores de energía a nivel de edificio para registrar el consumo total de electricidad, gas, vapor, biomasa, etc.  Uso de medidores secundarios que puedan agregar datos a los sistemas de medición existentes.  Compromiso de compartir datos sobre el consumo de energía con USGBC durante al menos cinco años o hasta que el edificio cambie de propietario o arrendatario.  Medición a nivel de CS (Core &amp; Shell) con submedidores para determinar el uso energético básico de los ocupantes.  Seguimiento mensual del consumo de energía.</p>	<p>Guía de Implementación:  No hay cambios sustanciales en los requisitos de crédito.  Conexión con desempeño LEED O+M EA:  La instalación de medidores en todo el edificio ayuda a gestionar eficientemente el consumo energético.  Facilita el seguimiento de patrones de uso, verificación del funcionamiento de los sistemas y permite la recertificación LEED a través de la plataforma Arc.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Medición de Energía a Nivel de Edificio</p>	<p>Requisitos para la Medición de Energía</p> <p>Instalación de Medidores: Se deben instalar nuevos medidores o utilizar los existentes para registrar el consumo total del edificio.</p> <p>Se permite el uso de submedidores para datos adicionales.</p> <p>Se pueden utilizar medidores de empresas de servicios públicos si pueden agregar datos del edificio.</p> <p>Parámetros a medir:</p> <p>Electricidad Gas natural Agua helada Vapor Combustibles para calefacción (propano, biomasa, etc.)</p> <p>Seguimiento y Reporte:</p> <p>Monitoreo mensual del consumo energético. Reporte de datos a USGBC por 5 años o hasta un cambio de propietario/arrendatario.</p>	<p>Guía de Implementación</p> <p>No hay cambios sustanciales en los requisitos previos.</p> <p>Se recomienda el uso de la plataforma Arc para compartir datos con USGBC y avanzar hacia la recertificación.</p> <p>Beneficio: La instalación de medidores favorece una gestión energética eficiente y permite verificar el correcto funcionamiento de los sistemas del edificio.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Medición avanzada de energía</p>	<p>Requisitos para la Medición Avanzada de Energía            Instalar un sistema de medición avanzada para:            Todas las fuentes de energía utilizadas.            Usos individuales que representen <math>\geq 10\%</math> del consumo total anual.            Características del sistema:</p> <p>Medidores instalados de forma permanente.            Registro a intervalos de una hora o menos con transmisión remota.            Medición de consumo y demanda eléctrica, incluyendo factor de potencia si aplica.            Uso de red local, sistema de automatización de edificios o red inalámbrica.            Almacenamiento de datos por 36 meses y acceso remoto.            Capacidad de generar reportes por hora, día, mes y año.            Requisitos adicionales para Core &amp; Shell (CS):</p> <p>Medidores en espacios de inquilinos para consumo independiente.            Al menos un medidor por fuente de energía por piso.            Medición avanzada de todas las fuentes de energía básicas del edificio.</p>	<p>Guía de Implementación            No hay cambios en los requisitos de crédito con respecto a la guía LEED v4.            Importancia del monitoreo:            Facilita el seguimiento del consumo energético y costos.            Permite generar informes para evaluar el rendimiento del edificio a lo largo del tiempo.            Contribuye a la identificación de oportunidades de ahorro energético y a la gestión eficiente de los recursos.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Puesta en servicio mejorada</p>	<p>Requisitos:  Implementar actividades avanzadas de puesta en servicio (CxP) además del prerrequisito básico.  Contratar un agente de puesta en servicio con experiencia documentada.  Evaluar y verificar sistemas mecánicos, eléctricos, de plomería, energía renovable, calidad ambiental interior y durabilidad.  Opciones de cumplimiento:  Puesta en servicio mejorada de sistemas (3-4 puntos): Incluir actividades de prueba, monitoreo y actualización de manuales.  Puesta en servicio del cerramiento del edificio (2 puntos): Verificación térmica, hermeticidad y documentación.</p>	<p>Guía: Se recomienda realizar pruebas de desempeño continuo e integración con normativas ASHRAE.</p>
<p>Energía renovable</p>	<p>Se otorgan hasta 5 puntos según la estrategia utilizada:</p> <p>Nivel 1: Generación de energía renovable en el sitio.  Nivel 2: Compra de electricidad renovable de activos recientes (últimos 6 años).  Nivel 3: Compra de energía renovable certificada de fuentes externas.  Los contratos de compra deben tener una duración mínima de 10 años para ser considerados en la evaluación.</p>	<p>Guía de implementación:</p> <p>Explorar oportunidades de adquisición de energía renovable según costos, incentivos y viabilidad técnica.  Establecer objetivos de integración de energía renovable considerando el consumo total del sitio.  Realizar análisis de costo-beneficio para evaluar la mejor opción de adquisición.  Garantizar la trazabilidad de los Certificados de Atributos Energéticos (EAC) y su equivalencia con Green-e.  La energía renovable adquirida debe documentarse correctamente para cumplir con los requisitos de LEED.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Energía renovable	<p>Se otorgan hasta 5 puntos según la estrategia utilizada:</p> <p>Nivel 1: Generación de energía renovable en el sitio.</p> <p>Nivel 2: Compra de electricidad renovable de activos recientes (últimos 6 años).</p> <p>Nivel 3: Compra de energía renovable certificada de fuentes externas.</p> <p>Los contratos de compra deben tener una duración mínima de 10 años para ser considerados en la evaluación.</p>	<p>Guía de implementación:</p> <p>Explorar oportunidades de adquisición de energía renovable según costos, incentivos y viabilidad técnica.</p> <p>Establecer objetivos de integración de energía renovable considerando el consumo total del sitio.</p> <p>Realizar análisis de costo-beneficio para evaluar la mejor opción de adquisición.</p> <p>Garantizar la trazabilidad de los Certificados de Atributos Energéticos (EAC) y su equivalencia con Green-e.</p> <p>La energía renovable adquirida debe documentarse correctamente para cumplir con los requisitos de LEED.</p>

**Tabla A1.7. LEED – ALMACENAMIENTO Y RECOLECCIÓN DE RECICLABES**

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Impacto en el ciclo de vida de los edificios	<p>Opción 1: Reutilización de Materiales y Construcción (1-5 puntos BD+C, 2-6 puntos Núcleo y Estructura)  Ruta 1: Mantener elementos estructurales existentes (paredes, pisos, techos, envolventes) según el porcentaje reutilizado:</p> <p>15% → 1 punto  30% → 2 puntos  45% → 3 puntos  60% → 4 puntos  75% → 5 puntos (hasta 6 en Núcleo y Estructura)  Ruta 2: Mantener elementos interiores no estructurales (paredes, puertas, techos) en ≥30% del edificio terminado para 1 punto adicional.</p> <p>Opción 2: Evaluación del Ciclo de Vida del Edificio (1-4 puntos)  Comparación con un edificio de referencia para demostrar reducción del impacto ambiental.  Rutas para obtener puntos:  Evaluación del ciclo de vida de la estructura y cerramiento (1 punto).  Reducción ≥5% en tres categorías de impacto (2 puntos).  Reducción ≥10% en tres categorías (3 puntos).  Reducción ≥20% en GWP y ≥10% en otras categorías mediante reutilización de materiales (4 puntos).</p>	<p>5. Rendimiento Ejemplar  Ruta 1: Reutilización del 90% del edificio existente.  Ruta 2: Demostrar una reducción del 40% en el potencial de calentamiento global (GWP).</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Declaraciones Ambientales de Productos</p>	<p>Opción 1: Declaraciones Ambientales de Producto (DAP) (1 punto)  Se requiere el uso de al menos 20 productos de cinco fabricantes distintos (o 10 productos de tres fabricantes en algunos casos).  Los productos deben contar con una Declaración Ambiental de Producto (EPD) verificada según estándares ISO (14025, 15804 y 21930).  Existen tres tipos de EPD:  Evaluación de ciclo de vida revisada críticamente y publicada.  EPD específica del producto (Tipo III) revisada internamente.  EPD Tipo III certificada por terceros, que recibe una ponderación mayor (1.5 productos para el crédito).  Opción 2: Optimización del carbono incorporado / Análisis de Ciclo de Vida (LCA) (1 punto)  Uso de productos con planes de optimización de carbono que reduzcan su impacto ambiental.  Se deben utilizar al menos 5 productos de diferentes fabricantes con informes de optimización verificados.  Se otorgan puntos según el nivel de reducción en potencial de calentamiento global (GWP) y otras categorías de impacto ambiental.</p>	<p>Rendimiento Ejemplar  Opción 1: Comprar al menos 40 productos con certificación ambiental de diez fabricantes distintos.  Opción 2: Comprar 10 productos compatibles con optimización de carbono.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Adquisición de Materias Primas</p>	<p>Opciones para Abastecimiento Responsable de Materias Primas</p> <p>Opción 1: Uso de Materiales Sostenibles</p> <p>1 punto: <math>\geq 15\%</math> del costo total de materiales con abastecimiento sostenible de 5 fabricantes distintos.</p> <p>2 puntos: <math>\geq 30\%</math> del costo total de materiales con abastecimiento sostenible de 5 fabricantes distintos.</p> <p>Criterios de abastecimiento sostenible:</p> <p>Responsabilidad Extendida del Productor (REP): Recuperación de materiales por el fabricante.</p> <p>Materiales de origen biológico: Certificación ASTM D6866 o ISO 16620-2 (excluye cuero y pieles).</p> <p>Madera certificada: Forest Stewardship Council (FSC) o equivalente.</p> <p>Materiales reciclados: Contenido postconsumo y preconsumo certificado. Productos reciclados valorados al 100% de su costo. Materiales reutilizados valorados al 200% de su costo para el cálculo del crédito.</p>	<p>Rendimiento Ejemplar</p> <p>Alcanzar el 45% del valor total de los productos de construcción con certificaciones sostenibles.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Ingredientes del Material	<p>Opciones para Créditos de Informe y Optimización de Ingredientes de Materiales</p> <p>Opción 1: Informe de Ingredientes de Materiales (1 punto)</p> <p>Uso de 20 productos de 5 fabricantes distintos con inventario químico detallado hasta el 0.1% (1000 ppm).</p> <p>Métodos y certificaciones aceptadas:</p> <p>Cradle to Cradle Certified™ (Bronce o superior).</p> <p>Declare (Living Building Challenge): “Libre de Lista Roja” o “Cumple con LBC”.</p> <p>GreenScreen: Evaluación de peligros químicos.</p> <p>NSF/ANSI 336 y BIFMA e3: Evaluación de muebles y textiles.</p> <p>SGA (Sistema Globalmente Armonizado): Clasificación química internacional.</p> <p>Optimización REACH (para proyectos internacionales).</p> <p>Valoración adicional: Informes verificados por terceros cuentan como 1.5 productos en el cálculo del crédito.</p> <p>Opción 2: Optimización de Ingredientes del Material (1 punto)</p> <p>Uso de 5 productos de diferentes fabricantes con plan de eliminación de sustancias peligrosas.</p> <p>Puntos según nivel de optimización:</p> <p>Inventario básico: Evaluación hasta el 0.01% (100 ppm) en peso.</p> <p>Optimización de materiales: Evaluación del 95% del peso sin peligros BM-1, usando GreenScreen.</p> <p>Optimización internacional: Uso de certificaciones como REACH en Europa.</p>	<p>Rendimiento Ejemplar</p> <p>Utilizar productos optimizados en al menos el 75% de los materiales instalados para obtener beneficios adicionales en LEED.</p> <p>Comprar al menos 40 productos calificados de 10 fabricantes diferentes para maximizar la puntuación.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Residuos de construcción y demolición	<p>Se busca reducir el envío de residuos a vertederos e incineradoras mediante el reciclaje y la reutilización.</p> <p>Dos opciones para obtener puntos:</p> <p>Desvío de residuos: Al menos el 50% de los residuos deben reciclarse o reutilizarse.</p> <p>Prevención de residuos: Se premia la reducción total de residuos generados:</p> <p>Ruta 1: Generar menos de 15 lbs/ft<sup>2</sup> (75 kg/m<sup>2</sup>) → 1 punto.</p> <p>Ruta 2: Generar menos de 10 lbs/ft<sup>2</sup> (50 kg/m<sup>2</sup>) → 2 puntos.</p> <p>Se exige un Plan de Gestión de Residuos, con auditorías y certificación de instalaciones de reciclaje.</p>	<p>Conversión de Residuos en Energía</p> <p>Solo aceptable si no hay métodos de reutilización o reciclaje disponibles.</p> <p>Cumplimiento con normas ISO 17065 y EN 303 para proyectos internacionales.</p>

**Tabla A1.8. LEED – CALIDAD MÍNIMA DEL AIRE INTERIOR**

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Control de humo de tabaco	<p>Se prohíbe fumar dentro de los edificios.</p> <p>Se permite fumar solo en áreas designadas a una distancia mínima de 7.5 metros de entradas y ventanas.</p> <p>En proyectos residenciales, se exige compartimentar las unidades para evitar la filtración de humo.</p> <p>Se requiere señalización adecuada y documentación de la política de no fumar.</p>	

<b>NOMBRE PARÁMETRO</b>	<b>REQUISITO U OBJETIVO</b>	<b>ESTRATEGÍA</b>
Acústica mínima en escuelas	Busca un diseño acústico que mejore la comunicación en aulas. Regulación del ruido de fondo de sistemas HVAC a un máximo de 40 dBA. Control del tiempo de reverberación en aulas y auditorios basado en la norma ANSI S12.60-2010. Estrategias para minimizar ruido exterior en entornos cercanos a fuentes de contaminación acústica.	

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Calidad del Aire Interior</p>	<p>Sistemas de entrada: Instalación de rejillas o tapetes industriales en accesos principales para capturar suciedad y partículas.</p> <p>Prevención de contaminación cruzada: Mantener presión de aire negativa en áreas con productos químicos (garajes, laboratorios) para evitar la transferencia de contaminantes.</p> <p>Filtración del aire exterior: Uso de filtros con eficiencia mínima MERV 13 o PM1 50% (según ASHRAE e ISO), con reemplazo obligatorio antes de la ocupación.</p> <p>Filtración del aire recirculado: Aplicación de los mismos filtros en sistemas de recirculación en espacios ocupados.</p> <p>Mayor ventilación: Aumento del suministro de aire exterior en 15% o 30% por encima de los mínimos de ASHRAE 62.1.</p> <p>Ventanas operables: Al menos 75% de los espacios ocupados deben contar con ventanas funcionales para entrada de aire exterior.</p> <p>Ventilación natural diseñada: Cumplimiento con ASHRAE 62.1-2016 para garantizar una ventilación eficiente.</p> <p>Monitoreo de CO<sub>2</sub>: Instalación de sensores en espacios densamente ocupados para alertar si los niveles de CO<sub>2</sub> superan el 10% del valor de referencia.</p> <p>Control de fuentes adicionales: Evaluación de contaminantes y desarrollo de un plan de gestión de materiales para reducir emisiones.</p>	

<b>NOMBRE PARÁMETRO</b>	<b>REQUISITO U OBJETIVO</b>	<b>ESTRATEGÍA</b>
<p>Calidad del aire interior en la construcción - Plan de gestión</p>	<p>Filtración de aire: Uso de filtros de alta eficiencia (MERV 8 o superior) durante la obra y reemplazo antes de la ocupación.</p> <p>Control de humedad: Protección de materiales contra la humedad para prevenir la formación de moho.</p> <p>Reducción de contaminantes: Uso de materiales con bajo contenido de COV y almacenamiento seguro de productos químicos.</p> <p>Prohibición del tabaco: No se permite fumar dentro del edificio ni en un radio de 7.5 metros.</p> <p>Ruido y vibración: Minimización del impacto de maquinaria pesada para reducir molestias.</p> <p>Control de infecciones (en hospitales): Cumplimiento de protocolos estrictos de higiene.</p>	

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Evaluación de la calidad del aire interior	<p>Los proyectos pueden optar por una de las siguientes opciones:</p> <p>Opción 1: Limpieza del Aire Interior antes de la Ocupación (1 punto)  Ruta 1: Realizar una purga de aire con un volumen total de 14,000 ft<sup>3</sup> por ft<sup>2</sup> antes de la ocupación, manteniendo: Temperatura entre 15-27°C. Humedad relativa menor al 60%.  Ruta 2: Si la ocupación ocurre antes de completar la purga, se debe garantizar una ventilación mínima de 3,500 ft<sup>3</sup> por ft<sup>2</sup> hasta alcanzar el total de 14,000 ft<sup>3</sup> por ft<sup>2</sup>.</p> <p>Opción 2: Prueba de Calidad del Aire después de la Ocupación (1-2 puntos)  Realizar pruebas de aire en condiciones normales de ventilación para detectar contaminantes.  Ruta 1: Medición de materia particulada y gases inorgánicos: Monóxido de carbono (CO), PM10, PM2.5 y ozono.  Ruta 2: Medición de compuestos orgánicos volátiles (COV): Formaldehído, benceno, tolueno, hexano, entre otros.</p>	<p>Requisitos y límites de contaminantes  Se establecen umbrales específicos para contaminantes del aire, basados en normas internacionales como ISO 16000 y estándares de la EPA.  La evaluación debe ser realizada por laboratorios acreditados bajo la norma ISO/IEC 17025.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Confort Térmico	<p>Requisitos</p> <p>Diseño de Confort Térmico:</p> <p>Implementar sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) según la norma ASHRAE 55-2017 o un equivalente local.</p> <p>Para natatorios, cumplir con el Manual HVAC de ASHRAE (2015).</p> <p>Para almacenes y centros de distribución, incluir alternativas como suelo radiante, ventiladores, refrigeración activa localizada y ventilación natural.</p> <p>Control de Confort Térmico:</p> <p>Proveer controles térmicos individuales en al menos el 50% de los espacios ocupados individualmente.</p> <p>Implementar controles térmicos grupales en espacios compartidos con múltiples ocupantes.</p> <p>Se permite ajustar temperatura del aire, temperatura radiante, velocidad del aire y humedad.</p>	<p>Estrategias Adicionales</p> <p>Diseñar HVAC para mantener condiciones óptimas en todas las situaciones climáticas y de carga térmica.</p> <p>Cumplir con criterios de confort térmico adaptativo para espacios acondicionados naturalmente.</p> <p>Variaciones en gimnasios y natatorios según las condiciones específicas de cada espacio.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Iluminación Interior	<p>Para obtener puntos, los proyectos deben cumplir al menos una de las siguientes estrategias:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Control del Deslumbramiento Uso de luminarias con menos de 7,000 cd/m<sup>2</sup> entre 45° y 90° del nadir. Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR &lt; 19) validado mediante software de modelado.</li> <li>2. Reproducción Cromática Fuentes de luz con Índice de Reproducción Cromática (IRC) ≥ 90. Fuentes de luz con Índice de Fidelidad de Color entre 78 y 110 (según norma TM-30).</li> <li>3. Control de Iluminación Implementación de sistemas de iluminación regulable o con niveles ajustables en al menos 90% de los espacios ocupados.</li> <li>4. Reflectividad de Superficies Al menos 90% de los espacios deben contar con acabados interiores con reflectancias mínimas: 80% para techos. 55% para paredes. 45% para superficies de trabajo. 50% para particiones móviles.</li> </ol>	<p>Guía de Implementación</p> <p>Fase de diseño: Evaluar las necesidades de iluminación con base en las tareas a realizar.</p> <p>Prevención del deslumbramiento: Usar hojas de corte y archivos fotométricos para verificar el cumplimiento de requisitos.</p> <p>Reproducción cromática: Seleccionar fuentes de luz que cumplan con IRC y fidelidad de color.</p> <p>Control de iluminación: Diseñar sistemas de iluminación regulable.</p> <p>Reflectividad: Seleccionar materiales con alta reflectancia y verificar los valores proporcionados por los fabricantes.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
Luz del Día	<p>Requisitos</p> <p>Control del deslumbramiento: Se deben instalar dispositivos manuales o automáticos con anulación manual para todas las áreas ocupadas regularmente.</p> <p>Cumplimiento de una de las siguientes opciones:</p> <p>Opción 1: Simulación de autonomía espacial de la luz natural. Realizar simulaciones computacionales anuales para evaluar la exposición del espacio a la luz natural y la iluminación solar en función de valores establecidos en IES LM-83-12.</p> <p>Opción 2: Simulación de cálculos de iluminancia. Simular con software niveles de iluminación entre 300 y 3000 lux a diferentes horas del día en cada espacio ocupado regularmente.</p> <p>Opción 3: Medición en sitio. Realizar mediciones de iluminancia en distintos momentos del año, asegurando niveles de iluminación entre 300 y 3000 lux.</p>	<p>Guía LEED y Conexión con la Sostenibilidad</p> <p>Se han actualizado los criterios para hacerlos más claros y alcanzables.</p> <p>Se permiten ajustes en el umbral de cumplimiento y se han simplificado ciertos requisitos.</p> <p>La introducción de luz natural contribuye a la salud y bienestar de los ocupantes, reduciendo el consumo energético asociado a la iluminación artificial.</p>
Vistas de Calidad en Edificios	<p>Requisitos Claves:</p> <p>Al menos el 75 % del área ocupada regularmente debe contar con vistas al exterior (naturaleza, monumentos urbanos o arte).</p> <p>Las vistas deben realizarse a través de un vidrio con transmitancia de luz visible (VLT) &gt;40 %, sin obstrucciones significativas.</p> <p>Para hospitales y almacenes, aplicar el requisito en unidades de pacientes y en 25 % del área ocupada, respectivamente.</p>	<p>Consideraciones Adicionales:</p> <p>Atención a la calidad del vidrio:</p> <p>Se recomienda que los patrones de fritada para evitar colisiones de aves no superen 1/8 de pulgada (3,175 mm) de grosor y estén espaciados cada 2 pulgadas (5,08 cm) verticalmente y 4 pulgadas (10,16 cm) horizontalmente.</p> <p>Evaluaciones previas:</p> <p>Realizar un análisis preliminar antes de una evaluación detallada para mejorar el diseño.</p> <p>Documentación Requerida:</p> <p>Planos de planta con identificación de áreas con vistas, elevaciones y diagramas que demuestren líneas de visión.</p>

NOMBRE PARÁMETRO	REQUISITO U OBJETIVO	ESTRATEGÍA
<p>Rendimiento Acústico en Construcción Sostenible</p>	<p>Ruido de Fondo de HVAC:  Cumplir con niveles máximos de ruido de fondo generados por sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, utilizando estándares como ASHRAE 2015 y mediciones según IEC 61672-1:2013.</p> <p>Aislamiento Acústico:  Asegurar la adecuada transmisión de sonido entre espacios adyacentes, cumpliendo con clasificaciones STC o NIC específicas, y considerando el uso de sistemas de enmascaramiento de sonido.</p> <p>Tiempo de Reverberación:  Controlar el tiempo de reverberación dentro de los espacios para garantizar claridad acústica, con requisitos específicos según el tipo de habitación.</p> <p>Ruido Exterior del Sitio:  Minimizar el impacto del ruido exterior (tráfico, aeronaves, etc.) en los ocupantes, siguiendo directrices como FGI 2015 y normas ASTM E966-18</p>	<p>Requisitos Específicos y Consideraciones:</p> <p>Escuelas y Centros de Salud: Existen requisitos más estrictos para estas edificaciones, enfocándose en la privacidad del habla, el aislamiento del sonido y el control del ruido de fondo.</p>
<p>Innovación</p>	<p>Guía Paso a Paso (Con Adiciones):</p> <p>Paso 2: Desarrollar la estrategia de puntos de innovación:  Exención para proyectos con ACP piloto: Si el proyecto persigue un ACP (Acreditación de Construcción Profesional) piloto, está exento de perseguir al menos un crédito piloto.  Combinaciones para 5 puntos: Para alcanzar los cinco puntos, se pueden seleccionar combinaciones como:  4 innovaciones y 1 desempeño ejemplar  3 innovaciones y 2 desempeños ejemplares</p>	<p>Explicación Adicional:</p> <p>Conexión con el desempeño continuo:  Crédito LEED O+M IN Innovación: Muchas estrategias de innovación también están disponibles en el crédito LEED O+M (Operación y Mantenimiento) v4.1 Innovación.  Enfoque en el seguimiento del desempeño: Otras estrategias de innovación se centran en el seguimiento del desempeño innovador o en prácticas operativas que se inician durante diseño y construcción, estableciendo un proyecto para el éxito en puntuaciones de desempeño más altas.</p>

**Tabla A1.9. MANUAL DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE DE CALI – AGUA**

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Aparatos sanitarios eficientes (bajo consumo)</b>	Consiste en instalar <b>equipos sanitarios ahorradores de agua</b> (griferías, inodoros, duchas, etc.) tanto en unidades privadas (viviendas, oficinas, hoteles, hospitales, comercios) como en áreas comunes, para reducir el consumo de agua potable. El manual sugiere adoptar aparatos de bajo caudal por encima de los mínimos exigidos en la Resolución 0549 de 2015, logrando ahorros adicionales en el uso de agua dentro de la edificación.	Instalación de inodoros de doble descarga, grifos y duchas de bajo caudal en proyectos residenciales, comerciales e institucionales. Por ejemplo, utilizar sanitarios con descarga $\leq 4.8$ L y griferías ahorradoras en baños de viviendas y baterías sanitarias de áreas sociales, disminuyendo el gasto de agua en cada uso.
<b>Uso eficiente del agua en exteriores (aseo y riego)</b>	Implica adoptar <b>prácticas de limpieza y riego que minimicen el uso de agua potable</b> en espacios exteriores. El manual enfatiza que usar agua potable para lavar áreas comunes o regar jardines es “ <i>una práctica poco sostenible</i> ”, pues destina agua tratada a usos que no requieren calidad potable. Se busca reducir este consumo mediante métodos eficientes de limpieza (ej. limpieza en seco o con agua reciclada) y riego, o mediante el uso de fuentes alternativas de agua para estas actividades.	Barrido en seco de patios y aceras en lugar de mangueras, o reutilización de agua lluvia almacenada para lavar pisos exteriores y vehículos. En riego de jardines, regar en horas de menor evaporación y priorizar técnicas eficientes (como goteo) utilizando agua no potable (ej. agua lluvia recolectada) en vez de agua de la red.
<b>Selección de vegetación nativa y de bajo consumo hídrico</b>	Consiste en diseñar el paisajismo con <b>especies vegetales autóctonas o adaptadas al clima local</b> , que requieran menos riego. El manual ejemplifica el uso de especies nativas de la región (Farallones de Cali) y recomienda aplicar coberturas orgánicas (mantillo) sobre el suelo para conservar la humedad. Estas estrategias disminuyen la necesidad de riego frecuente y hacen más resiliente el jardín frente a sequías.	Empleo de plantas xerófitas y árboles nativos en jardines y zonas verdes de proyectos urbanos, las cuales están mejor adaptadas a las condiciones climáticas locales. En parques y conjuntos residenciales, aplicar mulch (hojarasca, astillas de madera) en parterres para reducir la evaporación y mantener la humedad del suelo, disminuyendo la frecuencia de riego necesaria.

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Sistemas de riego eficientes y sectorizados</b>	Consiste en implementar <b>tecnologías de riego de bajo desperdicio</b> y gestionar el riego por zonas según las necesidades de las plantas. El manual muestra preferencia por <b>riego por goteo y microaspersión</b> , en contraposición al riego por manguera o aspersores convencionales (que mojan áreas innecesarias). También sugiere <b>agrupar las plantas según requerimientos hídricos</b> (hidrozonas) para regar cada zona lo justo necesario. Estas medidas aseguran un riego más uniforme y con menor pérdida de agua.	Instalación de riego por goteo en jardines residenciales y huertos urbanos, con controladores que ajustan los tiempos de riego según el tipo de planta. División de las áreas verdes en secciones (césped, arbustos, flores xerófitas) para regar cada sección independientemente. Por ejemplo, en un parque, usar microaspersores en césped y goteo en arriates, evitando el riego con manguera manual.
<b>Recolección y aprovechamiento de aguas lluvias</b>	Es la estrategia de <b>captar el agua de lluvia</b> que cae sobre cubiertas u otras superficies impermeables, almacenándola para su posterior uso. El manual indica que mediante esta tipología se recoge el agua pluvial para su aprovechamiento en <b>usos no potables</b> dentro del edificio, como abastecer sanitarios, riego de zonas verdes o limpieza general. El diseño del sistema de captación puede enfocarse solo en el suministro de agua no potable, e incluso incluir el control de la escorrentía excedente mediante tanques de retención adicionales.	Colocación de canales y bajantes pluviales conectados a un tanque de almacenamiento (cisterna). El agua de lluvia recolectada se emplea, por ejemplo, para el <b>llenado de inodoros</b> , lavado de pisos o riego de jardines. Aplicado en edificaciones nuevas con cisternas de lluvia integradas, o en cubiertas verdes con depósitos, reduciendo el consumo de agua potable de la red y mitigando inundaciones al captar el agua de tormentas.

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)</b>	<p>Conjunto de <b>estrategias de manejo de aguas pluviales in-situ</b> que imitan procesos naturales para reducir la escorrentía superficial y mejorar su calidad. El manual describe diversas técnicas SUDS, entre ellas: bordillos y cunetas que encauzan el agua hacia zonas verdes, alcorques y zanjas de infiltración, pavimentos permeables en andenes y calles, <b>jardines de lluvia/biorretención</b>, humedales artificiales y estanques de detención temporal. Estas soluciones permiten infiltrar, retener y tratar el agua de lluvia donde cae, aliviando el drenaje convencional.</p>	<p>Implementación de pavimento permeable en estacionamientos y vías peatonales para que el agua se filtre al suelo; construcción de biozanjas o cunetas ajardinadas a lo largo de vías que recojan el agua de lluvia; creación de humedales artificiales o estanques en parques para retener e infiltrar el caudal en eventos de lluvia. En proyectos urbanos de Cali ya se proponen <b>eco-bulevares</b> con drenaje verde y <b>parques de tratamiento</b> que funcionan como SUDS, gestionando el 30% del agua lluvia en sitio antes de descargar al alcantarillado.</p>
<b>Reutilización de aguas grises</b>	<p>Consiste en <b>reusar el agua residual ligeramente contaminada</b> generada en lavamanos, duchas, lavanderías y lavaplatos (aguas grises) tras darle un tratamiento adecuado. Según el manual, las aguas grises (sin materia fecal, solo con jabones y grasas) pueden almacenarse y depurarse para destinarlas a <b>usos no potables como descargas de sanitarios y riego de exteriores</b>. Para su uso seguro, se incorporan en un sistema cerrado separado del agua potable, evitando riesgos sanitarios al usuario. Esta estrategia reduce tanto el consumo de agua potable como el volumen de aguas servidas vertidas al alcantarillado.</p>	<p>Instalación de un sistema de tuberías separadas en el edificio: una red recoge las aguas grises de duchas y lavabos hacia un pequeño sistema de tratamiento (filtro biológico, tanque sedimentador, etc.), y luego distribuye el agua tratada a las cisternas de inodoros o a circuitos de riego. Por ejemplo, en un edificio residencial se puede reutilizar el agua de las duchas de los apartamentos para los inodoros, logrando ahorrar una porción significativa de agua potable al año.</p>

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Uso de agua no potable en la construcción</b>	<p>Se refiere a emplear <b>fuentes alternativas de agua durante la obra</b> para las actividades constructivas y las instalaciones provisionales, disminuyendo el uso de agua potable municipal en esta etapa. El manual recomienda, como buena práctica de obra, la <i>“utilización de agua no potable”</i> (criterio AA.3.1) para procesos constructivos y baños temporales del campamento. Por ejemplo, aprovechar agua lluvia captada en el sitio o aguas grises tratadas para abastecer los sanitarios portátiles de la obra, pudiendo aportar <b>al menos 15% del consumo</b> requerido en estos usos. Asimismo, se sugiere almacenar agua lluvia para emplearla en actividades de obra (mezcla de materiales, curado de concretos, lavado de equipos) en vez de usar agua potable.</p>	<p>Colocación de canaletas en las cubiertas de bodegas o campamentos de obra para recolectar lluvia en tanques, y usar esa agua en la mezcla de concreto y mortero, en la limpieza de herramientas y en los sanitarios de los trabajadores. También se pueden reutilizar las aguas grises generadas en las duchas o fregaderos del campamento, después de un tratamiento básico, para la descarga de sanitarios de obra. Estas prácticas reducen la demanda de agua potable de la red pública durante la fase de construcción.</p>
<b>Diseño urbanístico orientado al agua</b>	<p>Es una estrategia de <b>planificación de espacios comunes</b> para integrarlos al ciclo natural del agua de forma visible y educativa. El manual propone diseñar las áreas comunes (plazas, parques lineales, entre otros) con elementos que <i>“hagan visible el ciclo del agua”</i> y permitan la interacción segura con este recurso. Esto implica incorporar en el diseño urbano componentes como espejos de agua, canales descubiertos, fuentes con recirculación o jardines de lluvia, de modo que las personas puedan tener contacto visual o lúdico con el agua lluvia captada, a la vez que dicha agua es controlada (cantidad y calidad) para evitar riesgos. Esta estrategia sensibiliza a los usuarios sobre el recurso hídrico y mejora la gestión de la escorrentía pluvial en el sitio.</p>	<p>Diseño de conjuntos residenciales o campus incorporando recorridos de agua: por ejemplo, canales que recogen el agua de lluvia de techos y la conducen a estanques o fuentes en zonas comunes, donde el agua se almacena y recircula ornamentalmente. Implementación de <b>jardines de lluvia</b> en plazas públicas, que además de embellecer el espacio, infiltran el excedente de agua de tormenta. En parques urbanos, crear senderos con acequias poco profundas que muestren el flujo del agua hacia humedales o lagunas artificiales, combinando así recreación con gestión hídrica sostenible.</p>

**Tabla A1.10. MANUAL DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE DE CALI – ENERGÍA**

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Aparatos sanitarios eficientes (bajo consumo)</b>	Consiste en instalar <b>equipos sanitarios ahorradores de agua</b> (griferías, inodoros, duchas, etc.) tanto en unidades privadas (viviendas, oficinas, hoteles, hospitales, comercios) como en áreas comunes, para reducir el consumo de agua potable. El manual sugiere adoptar aparatos de bajo caudal por encima de los mínimos exigidos en la Resolución 0549 de 2015, logrando ahorros adicionales en el uso de agua dentro de la edificación.	Instalación de inodoros de doble descarga, grifos y duchas de bajo caudal en proyectos residenciales, comerciales e institucionales. Por ejemplo, utilizar sanitarios con descarga $\leq 4.8$ L y griferías ahorradoras en baños de viviendas y baterías sanitarias de áreas sociales, disminuyendo el gasto de agua en cada uso.
<b>Uso eficiente del agua en exteriores (aseo y riego)</b>	Implica adoptar <b>prácticas de limpieza y riego que minimicen el uso de agua potable</b> en espacios exteriores. El manual enfatiza que usar agua potable para lavar áreas comunes o regar jardines es <i>“una práctica poco sostenible”</i> , pues destina agua tratada a usos que no requieren calidad potable. Se busca reducir este consumo mediante métodos eficientes de limpieza (ej. limpieza en seco o con agua reciclada) y riego, o mediante el uso de fuentes alternativas de agua para estas actividades.	Barrido en seco de patios y aceras en lugar de mangueras, o reutilización de agua lluvia almacenada para lavar pisos exteriores y vehículos. En riego de jardines, regar en horas de menor evaporación y priorizar técnicas eficientes (como goteo) utilizando agua no potable (ej. agua lluvia recolectada) en vez de agua de la red.
<b>Selección de vegetación nativa y de bajo consumo hídrico</b>	Consiste en diseñar el paisajismo con <b>especies vegetales autóctonas o adaptadas al clima local</b> , que requieran menos riego. El manual ejemplifica el uso de especies nativas de la región (Farallones de Cali) y recomienda aplicar coberturas orgánicas (mantillo) sobre el suelo para conservar la humedad. Estas estrategias disminuyen la necesidad de riego frecuente y hacen más resiliente el jardín frente a sequías.	Empleo de plantas xerófitas y árboles nativos en jardines y zonas verdes de proyectos urbanos, las cuales están mejor adaptadas a las condiciones climáticas locales. En parques y conjuntos residenciales, aplicar mulch (hojarasca, astillas de madera) en parterres para reducir la evaporación y mantener la humedad del suelo, disminuyendo la frecuencia de riego necesaria.

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Sistemas de riego eficientes y sectorizados</b>	Consiste en implementar <b>tecnologías de riego de bajo desperdicio</b> y gestionar el riego por zonas según las necesidades de las plantas. El manual muestra preferencia por <b>riego por goteo y microaspersión</b> , en contraposición al riego por manguera o aspersores convencionales (que mojan áreas innecesarias). También sugiere <b>agrupar las plantas según requerimientos hídricos</b> (hidrozonas) para regar cada zona lo justo necesario. Estas medidas aseguran un riego más uniforme y con menor pérdida de agua.	Instalación de riego por goteo en jardines residenciales y huertos urbanos, con controladores que ajustan los tiempos de riego según el tipo de planta. División de las áreas verdes en secciones (césped, arbustos, flores xerófitas) para regar cada sección independientemente. Por ejemplo, en un parque, usar microaspersores en césped y goteo en arriates, evitando el riego con manguera manual.
<b>Recolección y aprovechamiento de aguas lluvias</b>	Es la estrategia de <b>captar el agua de lluvia</b> que cae sobre cubiertas u otras superficies impermeables, almacenándola para su posterior uso. El manual indica que mediante esta tipología se recoge el agua pluvial para su aprovechamiento en <b>usos no potables</b> dentro del edificio, como abastecer sanitarios, riego de zonas verdes o limpieza general. El diseño del sistema de captación puede enfocarse solo en el suministro de agua no potable, e incluso incluir el control de la escorrentía excedente mediante tanques de retención adicionales.	Colocación de canales y bajantes pluviales conectados a un tanque de almacenamiento (cisterna). El agua de lluvia recolectada se emplea, por ejemplo, para el <b>llenado de inodoros</b> , lavado de pisos o riego de jardines. Aplicado en edificaciones nuevas con cisternas de lluvia integradas, o en cubiertas verdes con depósitos, reduciendo el consumo de agua potable de la red y mitigando inundaciones al captar el agua de tormentas.

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)</b>	<p>Conjunto de <b>estrategias de manejo de aguas pluviales in-situ</b> que imitan procesos naturales para reducir la escorrentía superficial y mejorar su calidad. El manual describe diversas técnicas SUDS, entre ellas: bordillos y cunetas que encauzan el agua hacia zonas verdes, alcorques y zanjas de infiltración, pavimentos permeables en andenes y calles, <b>jardines de lluvia/biorretención</b>, humedales artificiales y estanques de detención temporal. Estas soluciones permiten infiltrar, retener y tratar el agua de lluvia donde cae, aliviando el drenaje convencional.</p>	<p>Implementación de pavimento permeable en estacionamientos y vías peatonales para que el agua se filtre al suelo; construcción de biozanjas o cunetas ajardinadas a lo largo de vías que recojan el agua de lluvia; creación de humedales artificiales o estanques en parques para retener e infiltrar el caudal en eventos de lluvia. En proyectos urbanos de Cali ya se proponen <b>eco-bulevares</b> con drenaje verde y <b>parques de tratamiento</b> que funcionan como SUDS, gestionando el 30% del agua lluvia en sitio antes de descargar al alcantarillado.</p>
<b>Reutilización de aguas grises</b>	<p>Consiste en <b>reusar el agua residual ligeramente contaminada</b> generada en lavamanos, duchas, lavanderías y lavaplatos (aguas grises) tras darle un tratamiento adecuado. Según el manual, las aguas grises (sin materia fecal, solo con jabones y grasas) pueden almacenarse y depurarse para destinarlas a <b>usos no potables como descargas de sanitarios y riego de exteriores</b>. Para su uso seguro, se incorporan en un sistema cerrado separado del agua potable, evitando riesgos sanitarios al usuario. Esta estrategia reduce tanto el consumo de agua potable como el volumen de aguas servidas vertidas al alcantarillado.</p>	<p>Instalación de un sistema de tuberías separadas en el edificio: una red recoge las aguas grises de duchas y lavabos hacia un pequeño sistema de tratamiento (filtro biológico, tanque sedimentador, etc.), y luego distribuye el agua tratada a las cisternas de inodoros o a circuitos de riego. Por ejemplo, en un edificio residencial se puede reutilizar el agua de las duchas de los apartamentos para los inodoros, logrando ahorrar una porción significativa de agua potable al año.</p>

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Uso de agua no potable en la construcción</b>	<p>Se refiere a emplear <b>fuentes alternativas de agua durante la obra</b> para las actividades constructivas y las instalaciones provisionales, disminuyendo el uso de agua potable municipal en esta etapa. El manual recomienda, como buena práctica de obra, la <i>“utilización de agua no potable”</i> (criterio AA.3.1) para procesos constructivos y baños temporales del campamento. Por ejemplo, aprovechar agua lluvia captada en el sitio o aguas grises tratadas para abastecer los sanitarios portátiles de la obra, pudiendo aportar <b>al menos 15% del consumo</b> requerido en estos usos. Asimismo, se sugiere almacenar agua lluvia para emplearla en actividades de obra (mezcla de materiales, curado de concretos, lavado de equipos) en vez de usar agua potable.</p>	<p>Colocación de canaletas en las cubiertas de bodegas o campamentos de obra para recolectar lluvia en tanques, y usar esa agua en la mezcla de concreto y mortero, en la limpieza de herramientas y en los sanitarios de los trabajadores. También se pueden reutilizar las aguas grises generadas en las duchas o fregaderos del campamento, después de un tratamiento básico, para la descarga de sanitarios de obra. Estas prácticas reducen la demanda de agua potable de la red pública durante la fase de construcción.</p>
<b>Diseño urbanístico orientado al agua</b>	<p>Es una estrategia de <b>planificación de espacios comunes</b> para integrarlos al ciclo natural del agua de forma visible y educativa. El manual propone diseñar las áreas comunes (plazas, parques lineales, entre otros) con elementos que <i>“hagan visible el ciclo del agua”</i> y permitan la interacción segura con este recurso. Esto implica incorporar en el diseño urbano componentes como espejos de agua, canales descubiertos, fuentes con recirculación o jardines de lluvia, de modo que las personas puedan tener contacto visual o lúdico con el agua lluvia captada, a la vez que dicha agua es controlada (cantidad y calidad) para evitar riesgos. Esta estrategia sensibiliza a los usuarios sobre el recurso hídrico y mejora la gestión de la escorrentía pluvial en el sitio.</p>	<p>Diseño de conjuntos residenciales o campus incorporando recorridos de agua: por ejemplo, canales que recogen el agua de lluvia de techos y la conducen a estanques o fuentes en zonas comunes, donde el agua se almacena y recircula ornamentalmente. Implementación de <b>jardines de lluvia</b> en plazas públicas, que además de embellecer el espacio, infiltran el excedente de agua de tormenta. En parques urbanos, crear senderos con acequias poco profundas que muestren el flujo del agua hacia humedales o lagunas artificiales, combinando así recreación con gestión hídrica sostenible.</p>

**Tabla A1.11. MANUAL DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE DE CALI – CALIDAD DEL AMBIENTE**

**INTERIOR**

<b>Estrategia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Aplicaciones prácticas</b>
<b>Orientación y forma del edificio</b>	<p>Diseñar la configuración y emplazamiento del edificio de modo que sus fachadas más largas estén orientadas hacia el norte-sur, con una forma alargada en planta (relación de aspecto entre 1:1.7 y 1:3). Así se minimiza la exposición directa al sol de las fachadas este-oeste, reduciendo la radiación solar absorbida en climas cálidos. Esta estrategia básica de confort térmico busca que en climas cálidos se rechace la mayor cantidad de calor solar y en climas fríos se aproveche al máximo.</p>	<p><i>Ubicar</i> el edificio en el terreno con su eje mayor en dirección este-oeste (fachadas principales al norte y sur). <i>Concebir</i> plantas rectangulares alargadas. En climas cálidos húmedos de Cali, por ejemplo, una edificación con forma alargada y orientada adecuadamente reducirá el sobrecalentamiento interior. En edificios nuevos, desde la etapa de diseño se debe prever la orientación óptima; en existentes, <b>limitar nuevas aberturas</b> en fachadas críticas (este/oeste) o agregar protección solar si la orientación no es modificable.</p>
<b>Protección solar en vanos (aberturas)</b>	<p>Incorporar elementos de <b>sombreamiento</b> en las aberturas (ventanas, puertas de vidrio) para proteger los espacios interiores de la radiación solar directa. Esta estrategia pasiva evita el sobrecalentamiento y el deslumbramiento, mejorando tanto el confort térmico como el visual. Consiste en usar dispositivos como aleros, persianas, celosías, balcones u otros elementos que bloqueen el sol antes de que entre al interior. Es especialmente crucial en horas o fachadas donde la radiación excede los rangos de confort.</p>	<p><i>Instalar</i> parasoles arquitectónicos: aleros sobre ventanas, pantallas o parasoles verticales en laterales, lamas horizontales tipo brise-soleil, películas o toldos. <i>Diseñar</i> balcones o voladizos que den sombra a vanos en pisos inferiores. <i>Usar</i> vegetación (árboles de hoja caduca) para sombrear ventanas en orientación occidental. En Cali, por ejemplo, edificios con celosías en fachada oeste logran reducir hasta un 11–17% la demanda de climatización al mitigar la ganancia solar.</p>

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Protección solar en vanos orientados Este y Oeste</b>	<p>En climas cálidos, las fachadas <b>Este y Oeste</b> reciben sol bajo en la mañana y tarde, por lo que requieren sombreado especial. Esta sub-estrategia enfatiza ubicar elementos de protección solar en aberturas de esas orientaciones para reducir la entrada de calor y luz deslumbrante. Su objetivo es bloquear la radiación directa en las horas críticas de mayor carga térmica, mejorando el confort interior. De acuerdo con estudios de soporte, una adecuada protección en vanos este/oeste puede lograr ahorros de 11%–17% en necesidades de enfriamiento, dependiendo del edificio.</p>	<p><i>Priorizar</i> persianas, toldos retráctiles o quiebra-soles verticales en ventanas que miran al oriente y occidente. <i>Extender</i> voladizos o aleros en esas fachadas para tapar el sol bajo. <i>Emplear</i> vidrios tintados o películas reflectivas adicionales en ventanas este/oeste si no es viable añadir elementos externos. En viviendas unifamiliares, plantar árboles de sombra al oriente y occidente; en edificios, diseñar parasoles verticales modulados para cada ventana de la fachada oeste.</p>
<b>Vidrios de baja absorción de calor (bajo-e)</b>	<p>Uso de acristalamientos especiales de <b>baja absorción</b> y baja emisividad, capaces de rechazar una porción del calor solar. Consiste en vidrios con propiedades termoaislantes mejoradas (bajo valor U) y con coeficiente bajo de ganancia solar (SHGC), de forma que reflejan el calor hacia el exterior en lugar de absorberlo. Esta estrategia disminuye el efecto invernadero en interiores y reduce la necesidad de climatización. Según la Resolución 0549, su implementación logra entre 3,8% y 4,9% de reducción en consumo de enfriamiento para un vidrio con <math>U \approx 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}</math> y <math>SHGC \approx 0,40</math>.</p>	<p><i>Instalar</i> ventanas con vidrios de control solar (doble acristalamiento con capa selectiva, vidrios tintados o reflejantes). <i>Reemplazar</i> ventanales existentes de vidrio claro simple por unidades de doble vidrio con capa low-E. En edificaciones históricas donde no se pueden agregar parasoles, usar este tipo de vidrio para mejorar el desempeño térmico sin alterar la fachada. También útil en rascacielos con muros cortina de vidrio: especificar paneles de alto rendimiento térmico para minimizar cargas de aire acondicionado.</p>

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Relación ventana-pared (RVP) 30%–40%</b>	<p>Mantener una proporción equilibrada entre el área de ventanas y la superficie opaca de fachada, idealmente que las aberturas representen entre <b>30% y 40%</b> del muro. Un porcentaje de acristalamiento dentro de ese rango permite aprovechar la luz y ventilación natural sin sacrificar el aislamiento térmico. Si la razón vidrio/muro es demasiado alta en climas cálidos, incrementa significativamente la ganancia de calor y la incomodidad térmica, elevando el consumo de enfriamiento. Por el contrario, una superficie acristalada muy baja impide iluminación y ventilación adecuadas. El objetivo es <b>balancear</b> luz, ventilación y vistas con las cargas térmicas solares.</p>	<p><i>Dimensionar</i> las ventanas en el diseño arquitectónico para que, sumadas, ocupen alrededor de un tercio del área de cada fachada. <i>Agregar</i> elementos opacos (muretes, parasoles fijos) o vinilos translúcidos si la superficie vidriada supera el 40%. <i>Abrir</i> vanos adicionales (o ampliar existentes) si la fachada es muy sólida con menos del 30% de huecos, esto para mejorar luz natural y flujo de aire. Aplicable en oficinas y viviendas: por ejemplo, en un muro de 10 m<sup>2</sup>, disponer entre 3 m<sup>2</sup> y 4 m<sup>2</sup> de ventanas.</p>
<b>Geometría de ventanas tipo “cinta”</b>	<p>Diseñar las ventanas con una <b>forma horizontal alargada</b> (tipo cinta continua) y ubicarlas estratégicamente en la fachada. La geometría (proporción longitud: altura) y la posición de las ventanas influye en el desempeño térmico, lumínico y en la ventilación de los espacios interiores. Ventanas apaisadas y colocadas cerca del cielorraso iluminan más profundamente con luz natural uniforme, mientras que ventanas altas y estrechas distribuyen la luz de forma menos homogénea. La estrategia busca optimizar la forma y colocación de los vanos para mejorar la habitabilidad interior en cuanto a confort térmico, visual y calidad de aire. Estudios de sensibilidad en Cali mostraron que ajustar estas características de ventanas puede reducir hasta ~1,8% las horas de incomodidad térmica anual.</p>	<p><i>Usar</i> ventanas continuas horizontales (bandas de ventana) en lugar de varias ventanas pequeñas separadas. <i>Colocar</i> las ventanas lo más cercanas posible al techo para aumentar la profundidad de la penetración de luz natural (hasta ~2.5 veces la altura del dintel). <i>Segmentar</i> la fachada con franjas acristaladas a la altura de la vista y/o por encima de puertas. En una oficina, por ejemplo, sustituir ventanas verticales por una franja continua que provea vistas panorámicas y luz más homogénea. Garantizar que estas ventanas sean operables para propiciar ventilación cruzada.</p>

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Ventilación natural cruzada</b>	Aprovechar la <b>ventilación natural</b> disponiendo aberturas ubicadas en muros opuestos o adyacentes, de forma que el viento atraviese el espacio interior. La ventilación cruzada renueva el aire interior caliente y viciado con aire exterior más fresco y oxigenado, mejorando la calidad del aire y el confort térmico. Es una de las técnicas de enfriamiento pasivo más efectivas en climas cálidos-húmedos: en simulaciones para Cali, la incorporación de ventanas operables enfrentadas redujo a cero las horas de incomodidad térmica en ciertos casos. Además, mantener ventilados los ambientes disminuye contaminantes interiores y humedad, favoreciendo la salud de los ocupantes.	<i>Disponer</i> ventanas operables grandes en paredes opuestas de cada habitación (por ejemplo, ventana hacia la calle y otra hacia el patio). <i>Asegurar</i> que nada bloquee el flujo del aire a través del espacio (divisiones interiores alineadas, puertas con rejillas de ventilación). <i>Orientar</i> las ventanas predominantes perpendicularmente a la dirección de los vientos dominantes locales para captar la brisa. En viviendas de Cali, abrir ventanas en fachada y contrafachada permite ventilación cruzada constante; en edificios de oficinas, planificar patios o shafts que posibiliten corrientes de aire entre fachadas opuestas.
<b>Ventilación nocturna (enfriamiento pasivo nocturno)</b>	Estrategia de enfriamiento pasivo que consiste en <b>ventilar el edificio durante la noche</b> para disipar el calor acumulado en la estructura y bajar la temperatura interior antes del día siguiente. Durante las noches más frescas, se abren vanos para dejar entrar aire más frío que extrae el calor de muros, pisos y techos calentados durante el día. Esta “purga nocturna” reduce la temperatura radiante interior y preenfía los espacios, mejorando el confort térmico diurno. Es especialmente útil en climas cálido-secos o temporadas de brisa nocturna fresca.	<i>Abrir</i> estratégicamente ventanas altas durante la noche (automatizadas idealmente) para que el aire fresco nocturno circule. <i>Incorporar</i> rejillas o respiraderos de seguridad que puedan permanecer abiertos en la noche sin riesgo. En edificios comerciales, usar sistemas de ventilación forzada nocturna que expulsan aire caliente desde techos. Un ejemplo es operar extractores en la madrugada para bajar de 30°C a ~25°C la temperatura interior antes de la jornada. Requiere garantizar seguridad y aprovechar diferencias térmicas significativas entre día y noche.

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Ventilación por diferencial térmico (efecto chimenea)</b>	<p>También llamada ventilación por <b>efecto de flotabilidad</b> emplea la diferencia de densidad del aire por temperatura para ventilar. El aire caliente interior, al ser más ligero, asciende y se expulsa por aperturas altas (ej. lucernarios o chimeneas de ventilación), mientras que aire más frío ingresa por aperturas bajas, estableciendo una corriente convectiva. Esta estrategia permite ventilar incluso en ausencia de viento, usando la elevación térmica natural. Es útil para extraer el aire sobrecalentado acumulado en la parte superior de recintos altos.</p>	<p><i>Construir</i> tragaluces, claraboyas o torres de ventilación en la cubierta que puedan abrirse para liberar el aire caliente. <i>Prever</i> aberturas inferiores (como ventilas en puertas o zócalos) para la entrada de aire fresco a nivel bajo. Un diseño típico es la “chimenea solar”: un conducto vertical oscuro que se calienta al sol y crea una corriente ascendente, succionando aire del interior. En naves industriales o aulas altas de colegios en Cali, abrir van ventilaciones superiores (rejillas altas) durante las horas cálidas ayuda a expulsar aire caliente acumulado cerca del techo.</p>
<b>Envolvente vertical con valor <math>U \leq 1.21 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}</math></b>	<p>Construir los muros perimetrales con materiales y sistemas de alta <b>resistencia térmica</b> (aislamiento) de modo que la transmitancia térmica (valor U) de los cerramientos verticales sea de <math>1.21 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}</math> o menor. Un valor U bajo implica que ingresa menos calor por conducción a través de paredes, manteniendo más estables y frescas las temperaturas interiores. Si la envolvente no está bien aislada (U alto), los muros se calientan, elevan la temperatura radiante interior y generan desconfort térmico. El propósito de esta estrategia es <b>minimizar</b> el flujo de calor exterior-interior mediante muros bien aislados, mejorando el confort y reduciendo la carga de climatización.</p>	<p><i>Emplear</i> materiales constructivos con baja conductividad: por ejemplo, mampostería termoaislante, bloques aligerados, muros dobles con cámara de aire o aislamiento (poliestireno, lana mineral) en su interior. <i>Añadir</i> recubrimientos aislantes sobre muros existentes (ej. sistemas EIFS o paneles aislantes) para mejorar su U. En proyectos de vivienda VIS en Cali, seleccionar bloques de concreto celular curado en autoclave o ladrillos con aislante puede lograr <math>U \leq 1.2</math> fácilmente. Asegurarse de sellar filtraciones de aire en juntas para que el rendimiento térmico del muro sea efectivo.</p>

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Envolvente vertical de colores claros (reflectividad <math>\geq 0.6</math>)</b>	<p>Acabar las fachadas con <b>materiales de alta reflectividad solar</b> (índice de reflectancia <math>\geq 0,6</math>, equivalente a 60% o más). Las superficies claras reflejan la mayor parte de la radiación solar incidente en lugar de absorberla, manteniéndose más frescas. Esto reduce la transferencia de calor al interior y ayuda a evitar el calentamiento excesivo de las paredes expuestas al sol. Es una estrategia pasiva para disminuir ganancias térmicas: se puede lograr mediante pinturas reflectivas especiales, acabados cerámicos claros o revestimientos metálicos reflectantes en la envolvente vertical. Simulaciones indican que aumentar la reflectancia de muros puede recortar hasta ~3,9% las horas de discomfort térmico anual.</p>	<p><i>Pintar</i> las fachadas con colores claros (blanco, crema, pasteles) o con pinturas reflectivas certificadas para exteriores. <i>Usar</i> revestimientos de alta albedo: por ejemplo, azulejos o estuco claro, láminas de aluminio pintado de blanco. En rehabilitación de edificios, aplicar membranas reflectivas sobre paredes expuestas al sol intenso. Por ejemplo, en Cali se recomienda pintar muros exteriores de viviendas de interés social con pintura acrílica blanca de alta reflectancia solar, lo que reduce notablemente la temperatura superficial del muro al mediodía.</p>
<b>Cubierta con valor <math>U \leq 0.5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}</math></b>	<p>Dotar a la <b>cubierta (techo)</b> de la edificación de aislamiento térmico suficiente para que su transmitancia térmica sea <math>0.5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}</math> o menor. Dado que el techo es una de las superficies más expuestas al sol, su capacidad aislante es crucial para el confort interior. Un techo mal aislado provoca sobrecalentamiento de los ambientes inferiores. Al tener un U bajo, la cubierta opone mayor resistencia al flujo de calor, manteniendo los espacios bajo techo más frescos en clima cálido y más cálidos en clima frío. El objetivo es impedir la entrada de calor por conductividad a través del techo durante horas soleadas, reduciendo la necesidad de enfriamiento mecánico.</p>	<p><i>Instalar</i> aislamiento térmico en cubierta: por ejemplo, paneles de poliuretano, lana de roca o poliestireno expandido sobre o bajo la placa de techo. <i>Construir</i> cubiertas ventiladas o techos dobles (techo falso aislado debajo de la cubierta) para crear cámara de aire. En viviendas unifamiliares de Cali, colocar una capa de aislamiento de 5-10 cm al reacondicionar la cubierta de tejas de barro o de lámina metálica. En edificios, considerar losa verde (techo ajardinado) o gravilla sobre membrana aislante, lo cual además de aislar térmicamente brinda masa térmica y protección adicional contra calor y también mejora el aislamiento acústico.</p>

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Coefficiente de luz diurna (CLD) adecuado</b>	<p>Garantizar que cada espacio interior alcance un <b>nivel adecuado de iluminación natural</b> según la actividad realizada, medido a través del Coeficiente de Luz Diurna (CLD) promedio. El CLD es el porcentaje de la iluminación interior respecto a la iluminación exterior difusa, y sirve para evaluar la disponibilidad de luz natural en un ambiente. RETILAP fija valores mínimos de CLD promedio y mínimo según el tipo de local y la dificultad visual de las tareas: por ejemplo, aulas escolares requieren ~5% de CLD promedio, oficinas ~2%, talleres de precisión ~10%, etc. Cumplir con estos umbrales asegura que el espacio dispone de suficiente luz natural para desempeñar las funciones visuales sin fatiga.</p>	<p><i>Diseñar</i> ventanas, tragaluces o patios de luz de tamaño y ubicación tales que provean el CLD requerido (según normativa RETILAP) en las zonas de trabajo. <i>Realizar</i> simulaciones de iluminación natural en etapa de diseño para verificar el porcentaje de luz diurna en interiores y ajustar aberturas en consecuencia. En proyectos nuevos de oficinas en Cali, por ejemplo, buscar un CLD <math>\geq 2\%</math> en la mayor parte de la planta mediante fachadas acristaladas y claraboyas; en viviendas, asegurar que salas y cocinas alcancen ~2% y dormitorios ~1% de CLD. Complementar con iluminación artificial de refuerzo solo donde la luz natural no alcance los niveles necesarios.</p>

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Uniformidad lumínica</b>	<p>Lograr una <b>distribución homogénea de la iluminación</b> en el espacio de manera que se eviten contrastes excesivos o zonas demasiado oscuras en comparación con la zona de tarea. Según RETILAP, la relación de iluminancia entre el área de trabajo y sus alrededores inmediatos debe cumplir ciertos mínimos (por ej., para tareas con 500 lux en la zona central, las áreas circundantes deberían tener al menos 300 lux, y así sucesivamente). Además, la uniformidad (iluminancia mínima/ promedio) debería ser como mínimo 0.5 en el área de trabajo principal. Esto previene fatiga visual y accidentes causados por deslumbramiento o penumbra. En resumen, no basta con tener suficiente luz, sino que ésta debe repartirse equilibradamente.</p>	<p><i>Distribuir</i> las fuentes de luz (natural y artificial) para evitar zonas muy brillantes junto a zonas muy tenues. En iluminación natural, <i>añadir</i> superficies difusoras como vidrios esmerilados o cortinas ligeras para suavizar la entrada de luz directa. En iluminación artificial, <i>colocar</i> múltiples luminarias de menor potencia en lugar de pocas muy potentes, logrando una cobertura uniforme. Por ejemplo, en un aula, complementar luz cenital de un tragaluz con ventanas laterales ayuda a nivelar la iluminación; en una oficina, usar plafones modulares distribuidos regularmente en el techo para asegurar uniformidad en todos los escritorios.</p>

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Acabados interiores con reflectividad <math>\leq 0.6</math></b>	<p>Seleccionar <b>acabados interiores</b> (pinturas, cielos rasos, muros) con reflectividad moderada, recomendablemente de 0.6 (60%) o menor. La reflectividad interior influye en la luminancia ambiente: un valor adecuado incrementa la sensación de luminosidad rebotando la luz disponible sin llegar a provocar deslumbramiento. Superficies muy oscuras absorberían la luz dificultando la iluminación del espacio, mientras que superficies excesivamente reflectantes (como acabados metálicos brillantes) podrían causar brillos molestos. Con un acabado mate o semimate de reflectancia <math>\sim 0.5-0.6</math> se logra un buen equilibrio: aumenta la iluminancia útil al reflejar la luz más profundamente en la habitación, como muestra la comparación entre un techo negro vs. uno blanco.</p>	<p>Usar pinturas de tono claro o medio (blancos mate, marfiles, grises claros) en paredes y techos, con acabado mate o satinado cuya reflectancia ronde 50-60%. <i>Evitar</i> techos excesivamente brillantes o espejados que puedan producir reflejos incómodos; en su lugar aplicar pintura blanca mate (reflectividad <math>\sim 0.8</math>, aunque la recomendación indica <math>\leq 0.6</math> por norma). <i>Combinar</i> pisos y mobiliario de colores claros para mejorar la luminosidad general sin depender solo de la luz directa. Por ejemplo, en un consultorio médico, pintar el cielorraso de blanco ayuda a difundir la luz a toda la sala, mientras que un cielo negro crearía un ambiente lúgubre con rincones oscuros.</p>

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<p><b>Profundidad, altura y ventana (diseño para luz natural)</b></p>	<p>Dimensionar los espacios interiores (su <b>profundidad y altura</b>) en relación con las ventanas, de modo que la luz natural pueda penetrar eficazmente. En general, la <b>profundidad útil</b> de iluminación natural de un ambiente es aproximadamente 2.5 veces la altura del dintel superior de la ventana. Más allá de esa distancia desde la ventana, la luz diurna disminuye mucho. Por ejemplo, con ventanas de altura 2.5 m, la luz alcanza unos 6.25 m de profundidad. Si un espacio es muy profundo, solo la zona cercana a ventanas tendrá buena luz; por ello, esta estrategia sugiere limitar la profundidad de ambientes o aumentar la altura de piso a techo para extender el alcance de la luz. También recomienda preferir ventanas horizontales continuas separadas a lo largo del muro en vez de una sola agrupada, para distribuir mejor la luz.</p>	<p><i>Diseñar</i> plantas arquitectónicas no excesivamente profundas o, si lo son, incorporar patios de luz/claraboyas intermedias. <i>Aumentar</i> la altura interior si se requiere iluminar espacios anchos: techos más altos permiten ubicar ventanas más elevadas y ganar metros de penetración luminosa. En una oficina profunda (12 m de fondo) con ventanas en ambos extremos, asegurar al menos ~3 m de altura interior para que la luz de cada lado alcance el centro. <i>Utilizar</i> particiones de vidrio en vez de muros sólidos en zonas internas para que la luz viaje más lejos. Para renovaciones, considerar <b>tubos de luz</b> o tragaluces que lleven luz natural a áreas alejadas de las fachadas.</p>

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Ventilación mecánica (climatización activa)</b>	<p>Uso de sistemas mecánicos de ventilación y climatización (extractores, inyección de aire, aire acondicionado) para garantizar una <b>calidad de aire interior</b> adecuada y confort térmico cuando la ventilación natural no es suficiente o posible. En ciertos edificios (ej. hospitales, laboratorios), la ventilación mecánica es imprescindible por requisitos de asepsia y control ambiental. Aunque la prioridad es aprovechar la ventilación natural, se debe mantener ventilación forzada en áreas que lo demanden, asegurando suministro de aire exterior filtrado y control de temperatura y humedad. Un buen diseño de HVAC puede remover eficientemente contaminantes interiores (CO<sub>2</sub>, COV, humedad excesiva) y proveer confort uniforme.</p>	<p><i>Instalar</i> sistemas de ventilación mecánica controlada con recuperadores de calor para introducir aire fresco y expulsar aire viciado minimizando pérdidas energéticas. <i>Mantener</i> un caudal mínimo de aire exterior según normas (p. ej., ASHRAE 62.1 o la Res. 0549 colombiana) en oficinas y aulas mediante ventiladores o sistemas HVAC. En climas cálidos húmedos como Cali, combinar ventilación natural con apoyos mecánicos: por ejemplo, abanicos de techo o extractores en baños/cocinas, y solo usar aire acondicionado en horas pico de calor o en recintos cerrados. En hospitales se usan filtros HEPA y flujo laminar mecánico en quirófanos para garantizar aire estéril, mientras en habitaciones se puede complementar con ventanas operables cuando las condiciones lo permitan.</p>

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Control acústico (aislamiento de ruido)</b>	Incorporar medidas pasivas que garanticen el <b>confort acústico</b> , reduciendo la transmisión de ruido exterior e interior. Esto implica diseñar envolventes con buen aislamiento sonoro (muros, ventanas y cubiertas con alta masa o materiales fonoabsorbentes) y acondicionar interiores para evitar reverberación excesiva. Por ejemplo, las cubiertas vegetales contribuyen a la insonorización: un techo verde puede disminuir la reflexión del sonido hasta en 3 dB y mejorar el aislamiento acústico en hasta 12 dB, lo que beneficia la tranquilidad en el interior. El control de ruido aumenta la calidad de vida, previniendo estrés y trastornos del sueño en entornos urbanos ruidosos.	<i>Utilizar</i> ventanas con doble acristalamiento y sellos herméticos para atenuar ruido de tráfico. <i>Emplear</i> materiales porosos o con cámaras de aire (lana mineral, espumas acústicas) en muros divisorios y techos para absorber sonido. <i>Diseñar</i> barreras vegetales o muros verdes en fachadas expuestas a vías para mitigar el ingreso de ruido. En un edificio cerca del aeropuerto de Cali, por ejemplo, se puede instalar vidrios laminados acústicos y falsos techos con paneles fonoabsorbentes para garantizar un silencio relativo en el interior. También disponer zonas de transición (vestíbulos, dobles puertas) en accesos desde calles bulliciosas.
<b>Materiales bajos en VOC (aire interior saludable)</b>	Emplear en interiores <b>materiales con bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles (COV)</b> , como pinturas, sellantes, adhesivos y revestimientos que emitan mínima cantidad de gases tóxicos. Esto mejora la calidad del aire interior al reducir contaminantes químicos que puedan provocar irritación o enfermedades. Por ejemplo, se <b>incentiva</b> el uso de pinturas arquitectónicas cuya emisión de COV esté por debajo de 500 µg/m <sup>3</sup> . Asimismo, evitar productos con solventes fuertes o contenido de metales pesados (plomo, cromo, etc.) en acabados. Esta estrategia contribuye a ambientes interiores más sanos y seguros para los ocupantes, reduciendo olores y riesgos a la salud.	<i>Seleccionar</i> pinturas de bajo VOC certificadas (por ejemplo, con sellos verdes o certificaciones LEED) al pintar muros y techos interiores. <i>Usar</i> adhesivos base agua y selladores neutros en lugar de solventes tradicionales para instalaciones y muebles empotrados. <i>Optar</i> por mobiliario y carpinterías con acabado libre de formaldehído o con sellos ecológicos. En la construcción de una escuela en Cali, por ejemplo, utilizar pintura vinílica sin olor y pegantes sin tolueno mejorará la calidad del aire de las aulas. Igualmente, ventilar bien las áreas tras aplicar cualquier producto químico para acelerar la dispersión de posibles compuestos emitidos.

**Tabla A1.12. MANUAL DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE DE CALI – MATERIALES**

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Uso de materiales locales</b>	Consiste en emplear materiales de construcción provenientes de la localidad o región cercana, disminuyendo la dependencia de insumos traídos de lejos. Esto reduce el impacto ambiental asociado al transporte de materiales y promueve la economía local, contribuyendo a edificaciones más sostenibles y resilientes.	Priorizar materiales autóctonos en la obra (por ejemplo, uso de ladrillos, piedras o madera originarios de la región) en lugar de importarlos de lejos; seleccionar proveedores locales para reducir distancias de transporte y apoyar la industria regional.
<b>Materiales reciclados y/o reutilizados (MS.1.1)</b>	Busca el aprovechamiento de residuos de construcción y demolición (RCD) y otros desechos (vía simbiosis industrial, incluyendo plástico reciclado) como materia prima para nuevas obras. La meta es que al menos el 30% del peso total de los materiales de un proyecto provenga de materiales reciclados, reutilizados y/o recuperados. En el caso de edificaciones existentes (mantenimiento o rehabilitación), también se debe reutilizar por lo menos el 30% en peso de los residuos generados. Se recomiendan insumos como agregados reciclados, eco-concretos, eco-morteros y eco-bloques, cumpliendo las normas técnicas vigentes.	Uso de agregados reciclados en la mezcla de concreto, fabricación de bloques con material reciclado, reutilización de ladrillos o elementos estructurales de demoliciones en nuevas construcciones; implementación de eco-concretos y otros “eco-materiales” en obra, asegurando que cumplan con estándares de calidad.

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Materiales con baja energía embebida, baja huella hídrica y baja huella de carbono (MS.2.1)</b>	<p>Propone reducir el impacto ambiental de los materiales seleccionándolos con base en análisis de ciclo de vida (ACV). Se comparan las alternativas y se priorizan aquellos materiales cuya producción limpia implique menor energía incorporada, menor huella de agua y menor huella de carbono frente a los procesos convencionales. En esencia, fomentar el uso de materiales de bajo impacto ambiental en toda su fabricación.</p>	<p>Selección de materiales con certificaciones o estudios de ACV que evidencien bajos consumos energéticos y de agua en su producción (p. ej., materiales manufacturados con energía renovable o con contenido reciclado); uso de componentes ligeros o locales que conlleven menor huella de carbono; comparación de fichas técnicas para elegir, por ejemplo, entre acero reciclado vs. acero convencional, optando por el de menor impacto.</p>
<b>Materiales de construcción inteligentes (MS.2.2)</b>	<p>Impulsa la innovación mediante el uso de materiales capaces de reaccionar a estímulos del entorno para brindar funciones adicionales (ej.: purificación del aire, autolimpieza, autorreparación). Estos materiales “inteligentes” deben demostrar eficiencias superiores al 80% en las condiciones ambientales donde se apliquen, garantizando un desempeño significativamente mejorado (ej. descontaminación, auto-mantenimiento).</p>	<p>Empleo de concretos y recubrimientos fotocatalíticos que limpian el aire, vidrios autolimpiantes, pinturas o sellantes que se auto-regeneran con el sol, materiales estructurales autorreparables, etc.; integración de estos materiales innovadores en fachadas, pavimentos o cubiertas para aprovechar sus propiedades (como eliminar contaminantes atmosféricos o sellar grietas automáticamente).</p>
<b>Pinturas con bajo contenido de VOC (MS.3.1)</b>	<p>Incentiva el uso de pinturas para interiores con bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles (VOC), de modo que la concentración de estos compuestos se mantenga por debajo de <math>500 \mu\text{g}/\text{m}^3</math>. Asimismo, se busca evitar el uso de pinturas que contengan sustancias tóxicas como plomo, cromo o zinc, las cuales pueden afectar la salud humana y el ambiente.</p>	<p>Utilización de pinturas y recubrimientos certificados como “bajo VOC” o sin solventes orgánicos para pintar muros y cielorrasos interiores; reemplazo de pinturas antiguas con contenido de plomo por alternativas libres de metales pesados; elección de selladores, barnices y adhesivos de bajo VOC para mejorar la calidad del aire interior.</p>

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<p><b>Minimizar las superficies impermeables en edificaciones y desarrollos urbanos</b> (MS.3.2)</p>	<p>Plantea reducir al mínimo las áreas impermeables (pavimento, cubiertas duras, etc.) en las construcciones y proyectos urbanos, fomentando superficies permeables que permitan la filtración natural del agua lluvia. Esto está alineado con las estrategias de desarrollo urbano sostenible y los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) mencionados en el manual.</p>	<p>Implementación de pavimentos permeables en estacionamientos y vías peatonales, uso de adoquines drenantes o gravilla en vez de concreto sólido, incorporación de jardines, zonas verdes o techos verdes que absorban agua, y en general limitar el uso de pisos sellados para favorecer la infiltración del agua en el suelo.</p>
<p><b>Coordinación en el diseño para reducir los impactos ambientales en la construcción, operación y fin de ciclo de vida</b> (MS.4.1)</p>	<p>Consiste en planificar y coordinar el diseño de la edificación considerando su construcción, uso y disposición final, para minimizar impactos ambientales en cada etapa. Incluye elaborar un plan de manejo ambiental de la obra que cubra, entre otros aspectos, la gestión y aprovechamiento de residuos durante la construcción, entrenamiento del personal en el uso eficiente de maquinaria, control de emisiones atmosféricas (por ejemplo, mediante mantenimiento de equipos, uso de biodiésel u otros combustibles limpios) y mitigación de ruido. También implica limpiar los vehículos al salir de la obra para evitar dispersión de polvo y lodo, y desde el diseño identificar elementos de la construcción que podrán recuperarse o reutilizarse al final de su vida útil. Estas acciones no solo reducen los impactos ambientales y riesgos laborales, sino que pueden disminuir costos y mejorar la calidad de la obra.</p>	<p>Desarrollo e implementación de un <b>Plan de Manejo Ambiental de Obra</b> que incluya separación y reciclaje de residuos in situ, reutilización de restos de materiales (ej. maderas, aceros) durante la obra, capacitación a operarios en técnicas de construcción limpia, uso de maquinaria eficiente y menos contaminante; control de polvo con mallas o riego, lavado de ruedas de camiones al salir; y planeación para desensamblar o reciclar componentes del edificio en el futuro (p. ej., modularidad que facilite desmontaje).</p>

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<p><b>Optimización de los procesos mediante producción industrializada</b> (MS.4.2)</p>	<p>Promueve optimizar la construcción a través de procesos industrializados, es decir, incorporando la <b>prefabricación y modularización</b> de componentes como práctica estándar. El Manual indica que el uso de <b>eco-prefabricados</b> (elementos prefabricados con criterios sostenibles) y módulos construidos fuera de obra puede medirse como indicador de esta estrategia. Los beneficios esperados incluyen reducir la duración de las obras, minimizar imprevistos, optimizar costos de material y mano de obra, mejorar la seguridad y calidad constructiva, disminuir la generación de RCD (residuos de construcción y demolición) y facilitar la reutilización de módulos al final de la vida útil de la edificación.</p>	<p>Uso de sistemas prefabricados en la edificación: por ejemplo, muros estructurales, vigas y columnas prefabricadas, baños modulares completos fabricados en planta y ensamblados en obra, fachadas modulares, etc. Integración de metodología <b>BIM (Building Information Modeling)</b> para coordinar el diseño con la fabricación fuera de sitio. Esto permite un montaje rápido en obra, menor desperdicio de materiales y posibilidad de desmontar módulos para reuso o reciclaje en el futuro.</p>

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<p><b>Diseños que permiten la adaptación y el cambio de uso en el tiempo (MS.4.3)</b></p>	<p>Fomenta el diseño de sistemas constructivos y espacios con <b>flexibilidad arquitectónica</b>, capaces de adaptarse y cambiar de función con facilidad a lo largo del tiempo. A diferencia del diseño tradicional (estático), una arquitectura flexible puede rediseñarse incorporando, eliminando o modificando partes de la edificación sin grandes demoliciones. Esto prolonga la vida útil del edificio, reduciendo la necesidad de construir de cero ante nuevos usos, y conlleva beneficios como menor costo e impacto ambiental global, mayor capacidad de adaptación a necesidades cambiantes y fomento de soluciones innovadoras. En esencia, se trata de diseñar edificios “a prueba del futuro” que puedan cambiar de configuración o uso con mínimas intervenciones (ej.: convertir espacios, ampliar o subdividir áreas) .</p>	<p>Diseño de plantas y estructuras modulares que admitan reorganización (por ejemplo, plantas libres fácilmente subdivisibles, pisos con muros móviles o removibles); empleo de elementos desmontables en vez de fijos (mamparas, fachadas modulares) para reconfigurar espacios según se requiera un cambio de uso (p. ej., convertir una oficina en vivienda, o unir dos apartamentos); prever instalaciones y estructuras con margen para ampliaciones o modificaciones futuras sin demoler, incrementando así la resiliencia y adaptabilidad de la construcción.</p>
<p><b>Maderas jóvenes (MS.5.1)</b></p>	<p>Incentiva el uso de <b>madera proveniente de cultivos jóvenes y renovables</b>, con certificación de origen que garantice su extracción responsable. Esta estrategia busca asegurar que la madera utilizada en la construcción provenga de fuentes sostenibles (plantaciones forestales manejadas) en lugar de bosques naturales no renovables, contribuyendo a una producción más limpia en la industria y evitando la tala ilegal o depredatoria.</p>	<p>Utilización de madera certificada (por ejemplo, con sello FSC u otra certificación forestal) obtenida de plantaciones de rápido crecimiento para elementos constructivos como vigas, columnas, carpintería o acabados; sustitución de maderas tropicales o nativas no certificadas por alternativas cultivadas (teca, pino, eucalipto de plantación, etc.) que aseguren reforestación y manejo sostenible.</p>

Estrategia	Descripción	Aplicaciones prácticas
<b>Materias primas extraídas responsablemente</b> (MS.5.2)	<p>Propone emplear únicamente materias primas cuya extracción o origen haya sido <b>ambientalmente responsable</b>. En la práctica implica asegurarse de que insumos básicos (minerales, áridos, arcillas, maderas, etc.) provengan de fuentes legales con licencia ambiental vigente y con prácticas sostenibles de explotación. De este modo se certifica que la cadena de suministro de los materiales de construcción respeta estándares ambientales, evitando materias primas de procedencia ilícita o que causen grave daño ecológico.</p>	<p>Verificar que agregados (arena, grava), ladrillos, cemento y demás insumos provengan de canteras o proveedores con permisos ambientales; exigir certificados de origen legal para la madera y otros recursos naturales; preferir materiales obtenidos de yacimientos que cuenten con planes de manejo ambiental y restauración del terreno, garantizando que la extracción minimice impactos en ecosistemas.</p>
<b>Etiquetado ambiental</b> (MS.5.3)	<p>Estimula el uso de productos y materiales de construcción que cuenten con <b>etiquetas ambientales</b> reconocidas, las cuales avalan su menor impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida. Ejemplos de estos etiquetados son las <b>Declaraciones Ambientales de Producto (EPD, Environmental Product Declarations)</b> u otros sellos verdes oficiales, que informan sobre la huella ecológica del producto. Al elegir materiales con ecoetiqueta, se incentiva a los fabricantes a adoptar procesos más sostenibles y se brinda transparencia sobre los impactos ambientales de los materiales utilizados.</p>	<p>Selección de materiales con certificaciones tipo II o III (p. ej., EPD para acero, concreto o paneles, sello ambiental colombiano para productos de construcción, certificaciones LEED o Cradle to Cradle en acabados); incluir en las especificaciones de obra que ciertos productos (pinturas, pisos, aislantes, etc.) tengan ecoetiquetas que aseguren bajos niveles de emisión, contenido reciclado, o menor huella de carbono comprobada.</p>

**Anexo 2.**

**Consentimiento**

**informado**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE CALI**

**Cl. 18 #118-250, Barrio Pance**

**Cali-Valle del Cauca, 05 de marzo de 2025**

**Asunto:** Consentimiento para la Grabación en Video y Audio en el Focus Group sobre Sostenibilidad

Estimado/a Luís Fernando Guerra G

En el marco del estudio sobre necesidades en sostenibilidad en la Universidad Javeriana de Cali, se realizará un Focus Group con el objetivo de recabar información relevante en temas de recursos energéticos, consumo de agua, confort y construcciones sostenibles. Para garantizar la precisión y el análisis de la información, se realizará la grabación en video y audio de la sesión.

Por este medio, solicitamos su consentimiento para ser grabado/a durante la realización del Focus Group. La información recopilada será utilizada exclusivamente con fines de investigación en el contexto de la realización de una guía de construcción sostenible. Se garantizará la confidencialidad y anonimato de los participantes en cualquier informe o presentación derivada del estudio.

Si está de acuerdo en participar y permitir la grabación, por favor firme a continuación:

Yo, Luís Fernando Guerra, con documento de identidad 16940580, declaro que he sido informado/a sobre la grabación en video y audio del Focus Group y autorizo el uso de dicho material con fines de investigación. Entiendo que mi identidad será protegida y que puedo retirar mi consentimiento en cualquier momento sin que esto afecte mi participación en la actividad.

Nombre del Participante: Luís Fernando Guerra  
Documento de Identidad: 16.940.580  
Firma: [Firma manuscrita]  
Fecha: Marzo 5/2025

Agradecemos su colaboración y participación en este estudio.

Atentamente,

**Cesar A. Teran Tulandy**  
**Ingeniero de Proyectos**  
**Cesar.teran@javerianacali.edu.co**  
**Cel: 3164934094**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE CALI**  
**Cl. 18 #118-250, Barrio Pance**  
**Cali-Valle del Cauca, 05 de marzo de 2025**

**Asunto: Consentimiento para la Grabación en Video y Audio en el Focus Group sobre Sostenibilidad**

Estimado/a \_\_\_\_\_,

En el marco del estudio sobre necesidades en sostenibilidad en la Universidad Javeriana de Cali, se realizará un Focus Group con el objetivo de recabar información relevante en temas de recursos energéticos, consumo de agua, confort y construcciones sostenibles. Para garantizar la precisión y el análisis de la información, se realizará la grabación en video y audio de la sesión.

Por este medio, solicitamos su consentimiento para ser grabado/a durante la realización del Focus Group. La información recopilada será utilizada exclusivamente con fines de investigación en el contexto de la realización de una guía de construcción sostenible. Se garantizará la confidencialidad y anonimato de los participantes en cualquier informe o presentación derivada del estudio.

Si está de acuerdo en participar y permitir la grabación, por favor firme a continuación:

Yo, Carlos Salazar, con documento de identidad 6422746 declaro que he sido informado/a sobre la grabación en video y audio del Focus Group y autorizo el uso de dicho material con fines de investigación. Entiendo que mi identidad será protegida y que puedo retirar mi consentimiento en cualquier momento sin que esto afecte mi participación en la actividad.

Nombre del Participante: Carlos Salazar  
Documento de Identidad: 6422746  
Firma: [Firma]  
Fecha: 5 03 2025

Agradecemos su colaboración y participación en este estudio.

Atentamente,

**Cesar A. Teran Tulandy**  
**Ingeniero de Proyectos**  
**Cesar.teran@javerianacali.edu.co**  
**Cel: 3164934094**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE CALI**  
**Cl. 18 #118-250, Barrio Pance**  
**Cali-Valle del Cauca, 05 de marzo de 2025**

**Asunto: Consentimiento para la Grabación en Video y Audio en el Focus Group sobre Sostenibilidad**

Estimado/a \_\_\_\_\_,

En el marco del estudio sobre necesidades en sostenibilidad en la Universidad Javeriana de Cali, se realizará un Focus Group con el objetivo de recabar información relevante en temas de recursos energéticos, consumo de agua, confort y construcciones sostenibles. Para garantizar la precisión y el análisis de la información, se realizará la grabación en vídeo y audio de la sesión.

Por este medio, solicitamos su consentimiento para ser grabado/a durante la realización del Focus Group. La información recopilada será utilizada exclusivamente con fines de investigación en el contexto de la realización de una guía de construcción sostenible. Se garantizará la confidencialidad y anonimato de los participantes en cualquier informe o presentación derivada del estudio.

Si está de acuerdo en participar y permitir la grabación, por favor firme a continuación:

Yo, Edier A. Segura (Apellido) con documento de identidad 116444816, declaro que he sido informado/a sobre la grabación en vídeo y audio del Focus Group y autorizo el uso de dicho material con fines de investigación. Entiendo que mi identidad será protegida y que puedo retirar mi consentimiento en cualquier momento sin que esto afecte mi participación en la actividad.

Nombre del Participante: Edier Segura  
Documento de Identidad: 116444816  
Firma: Edier Segura  
Fecha: 05/03/2025

Agradecemos su colaboración y participación en este estudio.

Atentamente,

**Cesar A. Teran Tulandy**  
**Ingeniero de Proyectos**  
**Cesar.teran@javerianacali.edu.co**  
**Cel: 3164934094**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE CALI**  
**Cl. 18 #118-250, Barrio Pance**  
**Cali-Valle del Cauca, 05 de marzo de 2025**

**Asunto: Consentimiento para la Grabación en Video y Audio en el FOCUS Group sobre Sostenibilidad**

Estimado/a \_\_\_\_\_,

En el marco del estudio sobre necesidades en sostenibilidad en la Universidad Javeriana de Cali, se realizará un Focus Group con el objetivo de recabar información relevante en temas de recursos energéticos, consumo de agua, confort y construcciones sostenibles. Para garantizar la precisión y el análisis de la información, se realizará la grabación en video y audio de la sesión.

Por este medio, solicitamos su consentimiento para ser grabado/a durante la realización del Focus Group. La información recopilada será utilizada exclusivamente con fines de investigación en el contexto de la realización de una guía de construcción sostenible. Se garantizará la confidencialidad y anonimato de los participantes en cualquier informe o presentación derivada del estudio.

Si está de acuerdo en participar y permitir la grabación, por favor firme a continuación:

Yo, José Luis C., con documento de identidad 1118259685 declaro que he sido informado/a sobre la grabación en video y audio del Focus Group y autorizo el uso de dicho material con fines de investigación. Entiendo que mi identidad será protegida y que puedo retirar mi consentimiento en cualquier momento sin que esto afecte mi participación en la actividad.

Nombre del Participante: José Luis Cuadros  
Documento de Identidad: 1118259685  
Firma: [Firma manuscrita]  
Fecha: 4 - 3 - 25

Agradecemos su colaboración y participación en este estudio.

Atentamente,

**Cesar A. Teran Tulandy**  
**Ingeniero de Proyectos**  
**Cesar.teran@javerianacali.edu.co**  
**Cel: 3164934094**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE CALI**  
**Cl. 18 #118-250, Barrio Pance**  
**Cali-Valle del Cauca, 05 de marzo de 2025**

**Asunto: Consentimiento para la Grabación en Video y Audio en el Focus Group sobre Sostenibilidad**

Estimado/a \_\_\_\_\_,

En el marco del estudio sobre necesidades en sostenibilidad en la Universidad Javeriana de Cali, se realizará un Focus Group con el objetivo de recabar información relevante en temas de recursos energéticos, consumo de agua, confort y construcciones sostenibles. Para garantizar la precisión y el análisis de la información, se realizará la grabación en video y audio de la sesión.

Por este medio, solicitamos su consentimiento para ser grabado/a durante la realización del Focus Group. La información recopilada será utilizada exclusivamente con fines de investigación en el contexto de la realización de una guía de construcción sostenible. Se garantizará la confidencialidad y anonimato de los participantes en cualquier informe o presentación derivada del estudio.

Si está de acuerdo en participar y permitir la grabación, por favor firme a continuación:

Yo, Manuel Alejandro Rojas, con documento de identidad 10'291.663, declaro que he sido informado/a sobre la grabación en video y audio del Focus Group y autorizo el uso de dicho material con fines de investigación. Entiendo que mi identidad será protegida y que puedo retirar mi consentimiento en cualquier momento sin que esto afecte mi participación en la actividad.

Nombre del Participante: Manuel Alejandro Rojas  
Documento de Identidad: 10'291.663  
Firma: [Firma manuscrita]  
Fecha: 05/03/25

Agradecemos su colaboración y participación en este estudio.

Atentamente,

**Cesar A. Teran Tulandy**  
**Ingeniero de Proyectos**  
**Cesar.teran@javerianacali.edu.co**  
**Cel: 3164934094**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE CALI**

**Cl. 18 #118-250, Barrio Pance**

**Cali-Valle del Cauca, 05 de marzo de 2025**

**Asunto: Consentimiento para la Grabación en Video y Audio en el Focus Group sobre Sostenibilidad**

Estimado/a \_\_\_\_\_,

En el marco del estudio sobre necesidades en sostenibilidad en la Universidad Javeriana de Cali, se realizará un Focus Group con el objetivo de recabar información relevante en temas de recursos energéticos, consumo de agua, confort y construcciones sostenibles. Para garantizar la precisión y el análisis de la información, se realizará la grabación en video y audio de la sesión.

Por este medio, solicitamos su consentimiento para ser grabado/a durante la realización del Focus Group. La información recopilada será utilizada exclusivamente con fines de investigación en el contexto de la realización de una guía de construcción sostenible. Se garantizará la confidencialidad y anonimato de los participantes en cualquier informe o presentación derivada del estudio.

Si está de acuerdo en participar y permitir la grabación, por favor firme a continuación:

Yo, Juan Felipe Rivera, con documento de identidad 1116256740, declaro que he sido informado/a sobre la grabación en video y audio del Focus Group y autorizo el uso de dicho material con fines de investigación. Entiendo que mi identidad será protegida y que puedo retirar mi consentimiento en cualquier momento sin que esto afecte mi participación en la actividad.

Nombre del Participante: Juan Felipe Rivera

Documento de Identidad: 1116256740

Firma: [Firma manuscrita]

Fecha: 5/03/2025

Agradecemos su colaboración y participación en este estudio.

Atentamente,

**Cesar A. Teran Tulandy**  
**Ingeniero de Proyectos**  
**Cesar.teran@javerianacali.edu.co**  
**Cel: 3164934094**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE CALI**  
**Cl. 18 #118-250, Barrio Pance**  
**Cali-Valle del Cauca, 05 de marzo de 2025**

**Asunto: Consentimiento para la Grabación en Video y Audio en el Focus Group sobre Sostenibilidad**

Estimado/a \_\_\_\_\_,

En el marco del estudio sobre necesidades en sostenibilidad en la Universidad Javeriana de Cali, se realizará un Focus Group con el objetivo de recabar información relevante en temas de recursos energéticos, consumo de agua, confort y construcciones sostenibles. Para garantizar la precisión y el análisis de la información, se realizará la grabación en video y audio de la sesión.

Por este medio, solicitamos su consentimiento para ser grabado/a durante la realización del Focus Group. La información recopilada será utilizada exclusivamente con fines de investigación en el contexto de la realización de una guía de construcción sostenible. Se garantizará la confidencialidad y anonimato de los participantes en cualquier informe o presentación derivada del estudio.

Si está de acuerdo en participar y permitir la grabación, por favor firme a continuación:

Yo, Juan Camilo Avelar, con documento de identidad 1151965079, declaro que he sido informado/a sobre la grabación en video y audio del Focus Group y autorizo el uso de dicho material con fines de investigación. Entiendo que mi identidad será protegida y que puedo retirar mi consentimiento en cualquier momento sin que esto afecte mi participación en la actividad.

Nombre del Participante: Juan Camilo Avelar  
Documento de Identidad: 1.151.965.079  
Firma: [Firma]  
Fecha: 05 - marzo 2025

Agradecemos su colaboración y participación en este estudio.

Atentamente,

**Cesar A. Teran Tulandy**  
**Ingeniero de Proyectos**  
**Cesar.teran@javerianacali.edu.co**  
**Cel: 3164934094**

# **Anexo 3. Guía de Construcción Sostenible**

# GUÍA PARA LA ADOPCIÓN DE ESTRATEGIAS DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE CALI



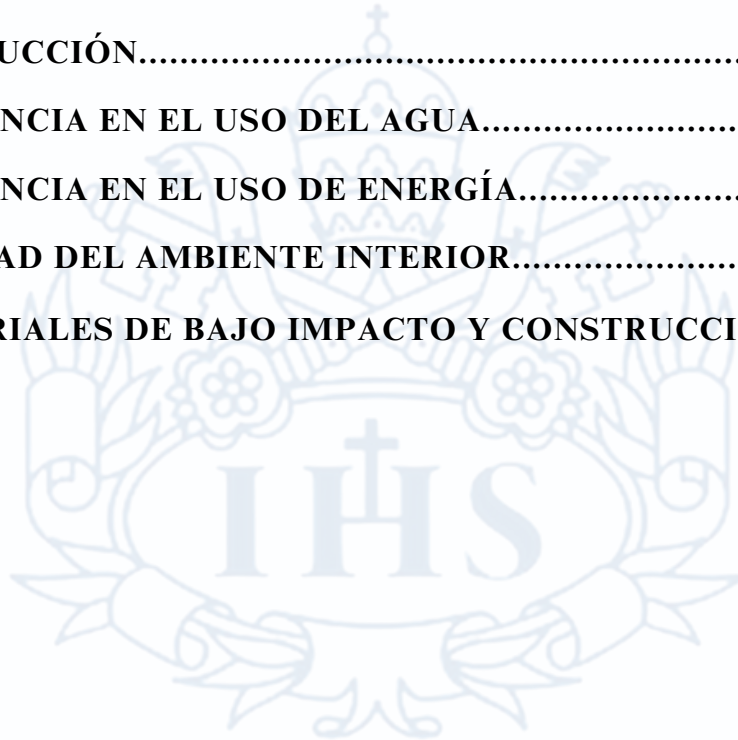
Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Cali



# ÍNDICE

---

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1. EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. EFICIENCIA EN EL USO DE ENERGÍA.....</b>	<b>7</b>
<b>3. CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR.....</b>	<b>12</b>
<b>4. MATERIALES DE BAJO IMPACTO Y CONSTRUCCIÓN.....</b>	<b>17</b>



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Cali



# INTRODUCCIÓN

---

La presente guía de construcción sostenible tiene como propósito ofrecer un instrumento técnico y práctico que oriente la incorporación de estrategias sostenibles en los proyectos de construcción y remodelación del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. Su objetivo es contribuir a la reducción de la huella ambiental institucional y al cumplimiento de los compromisos asumidos en materia de desarrollo sostenible.

Este documento se fundamenta en una metodología de investigación de enfoque mixto, que articula el análisis normativo, la recolección de necesidades específicas del campus universitario y la priorización técnica de estrategias. En primer lugar, se llevó a cabo una revisión detallada de la legislación colombiana en base a la Resolución 0549 de 2015, certificaciones internacionales (LEED, EDGE) y del Manual de Construcción Sostenible de Cali, lo que permitió establecer una línea base normativa robustecida y contextualizada.

Posteriormente, a través de grupos focales con actores estratégicos de la universidad, se identificaron las principales necesidades operativas del campus, agrupadas en cuatro ejes temáticos: agua, energía, confort y materiales. Con base en estos insumos, se desarrolló una matriz de decisión complementada con la metodología Q-sorting, con el objetivo de jerarquizar las estrategias sostenibles según su impacto ambiental, viabilidad técnica y pertinencia económica.

Como resultado, se estructuró esta guía técnica y aplicada, que presenta un conjunto de soluciones adaptadas al contexto institucional. Su organización por ejes temáticos y vinculación directa con las necesidades identificadas facilita su consulta e implementación por parte de los equipos de infraestructura, proyectistas y tomadores de decisiones dentro del campus.

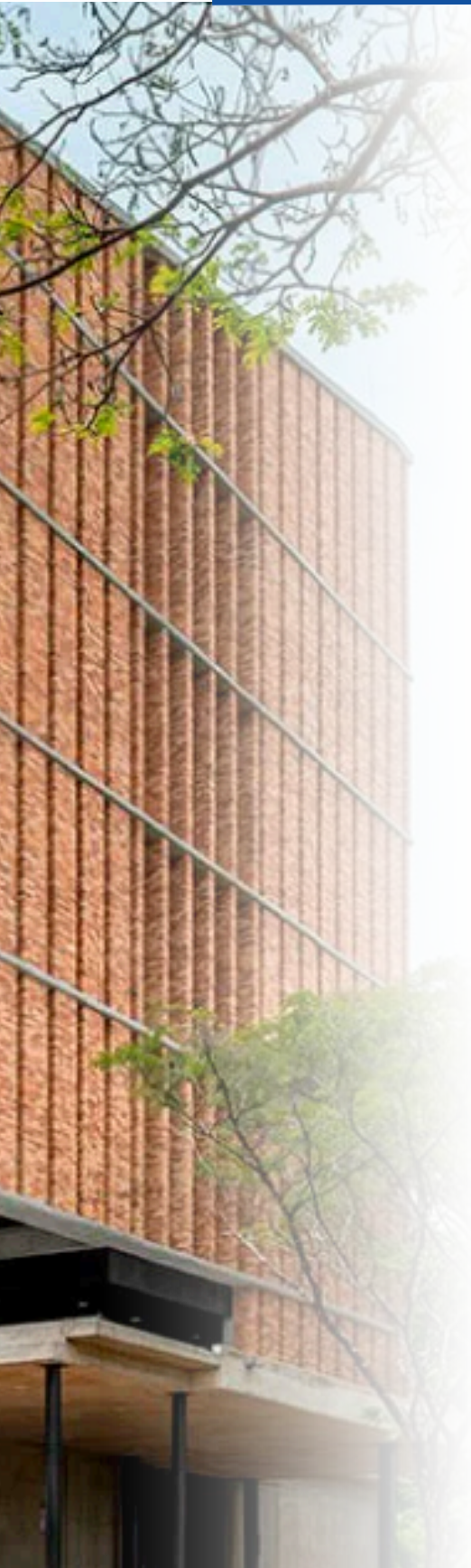




Imagen tomada de:  
(<https://www.javerianacali.edu.co/ecocampus/gestion-del-recurso-hidrico/manejo-de-la-concesion-de-aguas>)

# 1. EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

# 1. EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

## 1.1. Fuentes de abastecimiento

Ante la creciente presión sobre los recursos hídricos y el riesgo latente de desabastecimiento en contextos urbanos, el campus universitario enfrenta diversas necesidades relacionadas con la gestión eficiente y sostenible del agua. Entre estas se encuentran la necesidad de reducir la dependencia de la planta de potabilización mediante, el aprovechamiento de aguas lluvias disponibles en las cubiertas de los edificios, y fortalecer la resiliencia del sistema hídrico institucional frente a posibles crisis o emergencias por falta de fuentes alternas. Estas necesidades exigen soluciones integrales que permitan una gestión adaptativa del recurso, garantizando tanto el abastecimiento continuo como el cumplimiento de las normativas sanitarias y ambientales vigentes.

Para responder a estas problemáticas, se proponen las siguientes estrategias:

- **Instalar** sistemas de captación de aguas lluvias en las cubiertas de los edificios del campus, mediante canaletas, filtros y tanques de almacenamiento que permitan recolectar eficientemente el recurso hídrico disponible durante las precipitaciones. El agua recolectada deberá destinarse a usos no potables, como el riego de zonas verdes y el abastecimiento de inodoros, a través de redes hidráulicas separadas que garanticen la seguridad sanitaria y el cumplimiento de la normativa vigente.

Esta estrategia busca reducir significativamente la demanda de agua tratada proveniente de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, promover un uso más eficiente del recurso hídrico y disminuir la huella ambiental del campus universitario. Además, su implementación representa una oportunidad para avanzar en prácticas sostenibles de bajo costo operativo y replicabilidad en distintos bloques o zonas del campus.

- **Incorporación** de fuentes alternativas de abastecimiento: como pozos o cisternas, acompañadas de tanques de emergencia y conexiones redundantes, con el fin de aumentar la resiliencia hídrica del campus en escenarios de crisis.

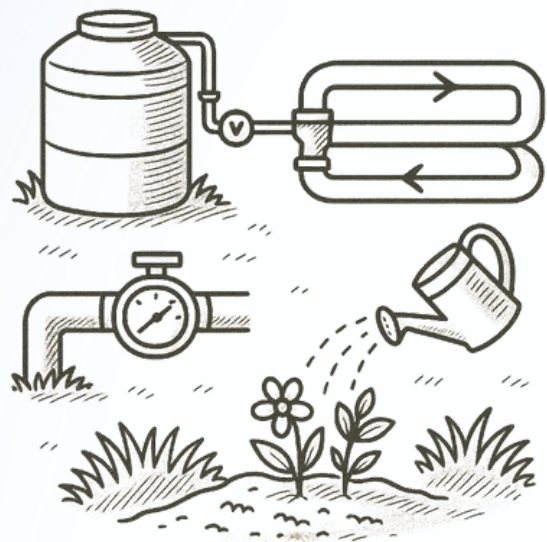


# 1. EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

## 1.2. Resiliencia hídrica

Para fortalecer la gestión eficiente del recurso hídrico en el campus universitario, es fundamental abordar diversas necesidades identificadas durante el diagnóstico. Entre ellas se destacan el alto riesgo ante una eventual crisis hídrica por la ausencia de fuentes alternas, las pérdidas de agua causadas por deficiencias en el diseño de las redes internas, la falta de automatización en el monitoreo de consumos, y el uso ineficiente del agua en puntos como pocetas y jardines. Estas problemáticas requieren la implementación de soluciones técnicas que garanticen tanto la sostenibilidad del sistema como su capacidad de respuesta ante emergencias.

En este sentido, se plantean las siguientes estrategias orientadas a responder a estas necesidades prioritarias:



- **Aumentar** la resiliencia hídrica con tanques de emergencia y conexiones redundantes: Diseñar e instalar sistemas de almacenamiento de agua de emergencia y redes hidráulicas alternativas que permitan mantener el suministro en situaciones de racionamiento o fallas de la planta de potabilización, reduciendo la vulnerabilidad operativa del campus.
- **Implementar** un sistema de doble tubería que separe el agua potable de la reutilizada: Incorporar redes hidráulicas diferenciadas que permitan conducir agua no potable tratada para usos secundarios, como riego o sanitarios, disminuyendo la demanda de agua potable y mejorando la eficiencia del sistema.
- **Instalar** medidores de agua permanentes en puntos estratégicos para un monitoreo preciso: Automatizar el control del consumo hídrico mediante dispositivos que registren en tiempo real los caudales, facilitando la detección de fugas, el seguimiento del uso por bloques y la toma de decisiones informadas en la gestión del recurso.

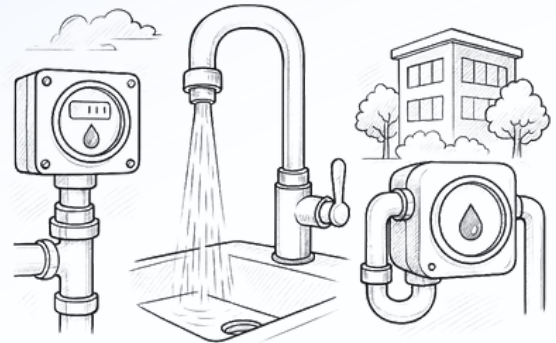
# 1. EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

- **Instalar** aireadores en grifos para reducir consumo sin perder presión percibida: Incorporar dispositivos ahorradores en lavamanos, cocinetas y otros puntos de uso frecuente, que mezclen aire con el flujo de agua para disminuir el consumo sin afectar la experiencia del usuario.
- **Instalar** medidores por subsistema para detectar consumos elevados por área: Incorporar medidores sectorizados en las distintas zonas del campus (bloques, edificios o subsistemas hidráulicos) para identificar puntos de alto consumo, facilitar el análisis detallado del uso del recurso y orientar acciones de mejora en la eficiencia hídrica.

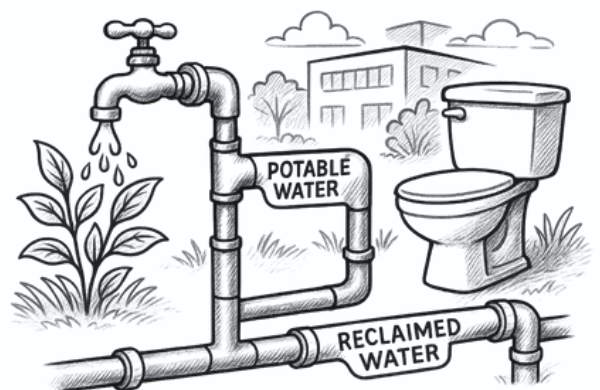
## 1.3. Optimización del agua

Otra de las necesidades identificadas en el campus se relaciona con el uso ineficiente del agua en sanitarios y jardines, causado por la ausencia de dispositivos de control de caudal. Asimismo, se evidencian pérdidas asociadas a deficiencias en el diseño de redes internas, lo cual incrementa el consumo innecesario de agua potable. Atender estas problemáticas permite optimizar el desempeño del sistema hidráulico, disminuir el desperdicio y avanzar hacia una gestión más sostenible del recurso.

Para ello, se proponen las siguientes estrategias:



- **Usar** grifos de bajo flujo o cierre automático para evitar desperdicio de agua: Instalar dispositivos en baños y jardines que limiten el caudal o se cierren automáticamente para reducir el consumo innecesario.
- **Implementar** un sistema de doble tubería que separe el agua potable de la reutilizada: Rediseñar la red hidráulica del campus para permitir el uso de agua tratada en usos no potables como riego o sanitarios, optimizando el uso del agua potable.



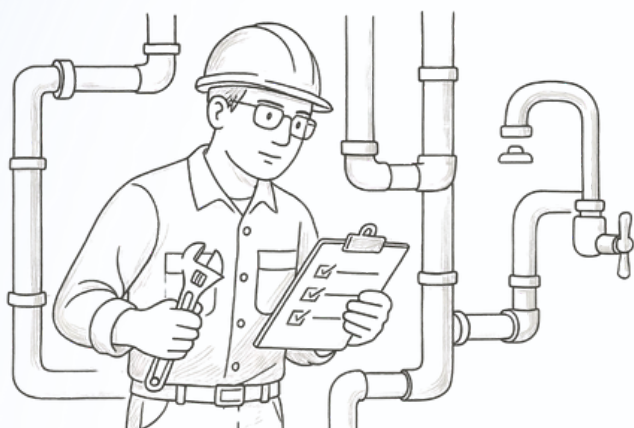
# 1. EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

## 1.4. Políticas y Cultura

Además de las intervenciones técnicas en infraestructura, se identificaron necesidades asociadas a la gestión institucional del recurso hídrico. Entre ellas destacan la ausencia de estándares definidos para el uso de equipos eficientes, la falta de planificación ante escenarios de desabastecimiento, la carencia de políticas con indicadores que orienten el monitoreo del consumo, y la débil apropiación de una cultura de ahorro y reutilización del agua en la comunidad universitaria. Estas limitaciones impiden una gestión integral y preventiva del recurso, y requieren ser abordadas desde una perspectiva normativa, educativa y operativa.

A la luz de esta problemáticas, se proponen las siguientes estrategias:

- **Establecer** un protocolo de mantenimiento preventivo para las redes hidráulicas: Implementar un estándar institucional que promueva el uso de equipos ahorradores y el control periódico de las instalaciones.



- **Desarrollar** y fomentar políticas de reducción del consumo de agua durante periodos de sequía: Diseñar planes de acción para escenarios de contingencia que permitan disminuir el impacto de restricciones en el suministro.



Desarrollar políticas de reducción del consumo de agua durante periodos de sequía



Crear una política de gestión del agua con metas e indicadores claros



Diseñar campañas y programas educativos sobre ahorro de agua

- **Crear** una política de gestión del agua con metas e indicadores claros: Formular lineamientos institucionales que orienten la toma de decisiones y el seguimiento del uso eficiente del recurso hídrico en el campus.
- **Diseñar** campañas y programas educativos sobre ahorro de agua para estudiantes y personal: Fortalecer la cultura del uso responsable del agua mediante estrategias de sensibilización y formación continua dirigidas a toda la comunidad universitaria.



Imagen tomada de:  
(<https://www.javeriana.edu.co/repositorio-hoy-en-la-javeriana/resultados-del-compromiso-con-los-ods/>)

---

## **2. EFICIENCIA EN EL USO DE ENERGÍA**

## 2. EFICIENCIA EN EL USO DE ENERGÍA

### 2.1. Generación de Energía Solar

La eficiencia energética es un pilar estratégico de la sostenibilidad institucional, ya que permite reducir el consumo de recursos no renovables, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y optimizar los costos operativos a largo plazo. En el contexto universitario, avanzar hacia una gestión energética más inteligente y autónoma no solo aporta a la mitigación del cambio climático, sino que también convierte al campus en un laboratorio vivo de buenas prácticas ambientales.

Actualmente, uno de los principales retos identificados es la limitada capacidad instalada de generación solar fotovoltaica, lo que ha mantenido una alta dependencia de contratos de suministro energético con terceros. Esta situación se ve agravada por barreras normativas, técnicas y estructurales que dificultan la implementación de soluciones renovables a mayor escala. A su vez, la falta de planificación específica y de un aprovechamiento eficiente de los techos y espacios disponibles representa una oportunidad desaprovechada para ampliar la generación limpia dentro del campus. Abordar estas necesidades requiere acciones enfocadas en la optimización del recurso solar, la planificación estratégica de expansión y la superación de obstáculos técnicos.

Con base en ello, se proponen las siguientes estrategias:

- **Ajustar** la inclinación de paneles para eficiencia anual máxima: Mejorar el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos existentes mediante el ajuste técnico de su ángulo de inclinación, adaptándolo a las condiciones locales de radiación solar.
- **Diseñar** un plan maestro para ampliar la generación solar en techos y espacios disponibles del campus: Elaborar una hoja de ruta institucional que permita identificar, priorizar e intervenir progresivamente las áreas con mayor potencial para la instalación de paneles solares.
- **Analizar** sombreado y estructura para instalar paneles solares: Realizar estudios técnicos que permitan evaluar la viabilidad estructural y las condiciones de iluminación de las cubiertas, a fin de asegurar instalaciones eficientes y seguras.



## 2. EFICIENCIA EN EL USO DE ENERGÍA



### 2.2. Uso Eficiente

El uso eficiente de la energía en espacios universitarios requiere herramientas de monitoreo precisas y sistemas de automatización que permitan adaptar el consumo a la ocupación real de los espacios. Actualmente, se evidencia la ausencia de un sistema centralizado que permita analizar consumos por edificio, lo que limita la capacidad institucional para identificar oportunidades de mejora. Asimismo, se detecta un bajo grado de automatización en aulas y oficinas, lo que genera un uso continuo e innecesario de sistemas de iluminación y climatización. Estas necesidades exigen soluciones tecnológicas que permitan optimizar el consumo energético sin afectar el confort de los usuarios.

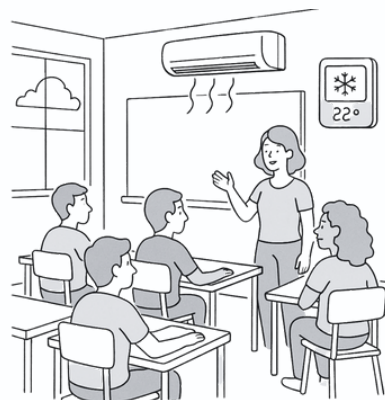
Derivado del contexto actual, se contemplan las siguientes estrategias prioritarias:

- **Implementar** un BMS (Building Management System) para analizar consumos por edificio: Instalar un sistema de gestión centralizada que permita monitorear en tiempo real el uso de energía por bloque, generar reportes automáticos y facilitar la identificación de oportunidades de mejora.

Implementar un BMS para analizar consumos por edificio



- **Automatizar** climatización y ventilación para optimizar confort y consumo energético: Incorporar sensores de ocupación, temporizadores y controles inteligentes en aulas y oficinas para gestionar de forma eficiente los sistemas de aire acondicionado e iluminación según el uso real de los espacios.

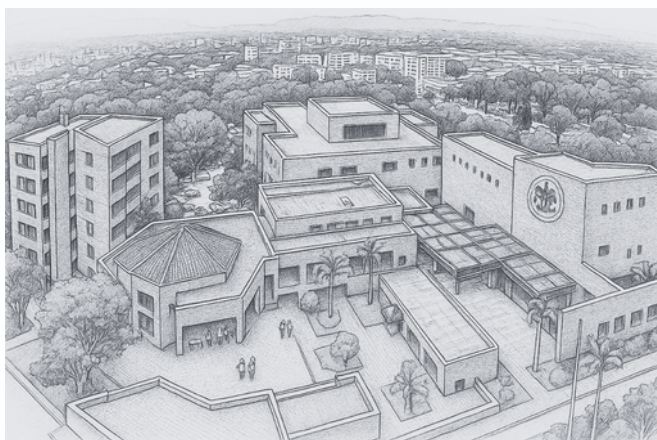


## 2. EFICIENCIA EN EL USO DE ENERGÍA

### 2.3. Cultura

La transición hacia un campus sostenible implica no solo intervenciones tecnológicas, sino también un cambio cultural profundo que promueva hábitos responsables entre la comunidad universitaria. En este sentido, se identificó la necesidad de fomentar una cultura de ahorro energético, especialmente en lo relacionado con la iluminación y la climatización, donde aún persisten prácticas de uso innecesario. Asimismo, se requiere impulsar acciones que contribuyan a la reducción de la huella de carbono generada por la movilidad interna y externa del campus, a través de medios de transporte más sostenibles y compartidos. Estas necesidades exigen un enfoque educativo y participativo que complemente las soluciones técnicas con acciones de sensibilización y cambio de comportamiento.

Como acciones prioritarias, se plantean las siguientes estrategias:



- **Fomentar** transportes alternativos, vehículo compartido, transporte público y vehículos eléctricos para reducir la huella de carbono: Promover políticas de movilidad sostenible entre estudiantes, docentes y personal administrativo, reduciendo así las emisiones derivadas del transporte.
- **Implementar** campañas educativas para promover prácticas de ahorro energético: Diseñar y ejecutar iniciativas de sensibilización dirigidas a la comunidad universitaria, enfocadas en el uso racional de la energía en espacios interiores, con énfasis en iluminación



## 2. EFICIENCIA EN EL USO DE ENERGÍA

### 2.4. Políticas Eficientes

La consolidación de una política energética sostenible en el campus universitario no solo requiere inversiones en infraestructura, sino también una gestión institucional articulada que defina metas claras, fomente la cultura de uso responsable y establezca normas internas que regulen el consumo. Entre las principales necesidades identificadas se encuentra la falta de integración de fuentes renovables en los planes de desarrollo, la débil apropiación de una cultura de ahorro energético por parte de estudiantes y personal administrativo, y la ausencia de normativas institucionales que orienten el uso eficiente de los sistemas eléctricos y de climatización. Para superar estas barreras, es necesario implementar acciones que institucionalicen la sostenibilidad energética como parte del modelo de gestión universitaria.

Como respuesta institucional, se contemplan las siguientes estrategias prioritarias:



- **Definir** metas institucionales de energía renovable con respaldo directivo y seguimiento anual: Incorporar objetivos de transición energética dentro de los planes de desarrollo universitario, con indicadores de avance y compromisos desde la alta dirección.
- **Crear** normas internas para estandarizar la eficiencia en uso de equipos y espacios: Establecer lineamientos técnicos que orienten el comportamiento energético dentro de oficinas, laboratorios, salones y espacios comunes.



Definir metas institucionales de energía renovable



Crear normas internas



Crear un reglamento interno

- **Crear** un reglamento interno con directrices para el uso eficiente de la energía en el campus: Formular un marco normativo institucional que regule prácticas como el uso de sistemas de climatización, la operación de equipos eléctricos y la iluminación artificial, promoviendo criterios de eficiencia en toda la comunidad educativa.



Imagen tomada de:  
(<https://egresados.javerianacali.edu.co/eccampus/trabajamos-en/energia-y-cambio-climatico>).

### 3. CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR

# 3. CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR

## 3.1. Bioclimática

Durante el diagnóstico realizado en el campus universitario, se identificaron diversas necesidades asociadas al confort térmico y lumínico, que afectan tanto el desempeño energético de las edificaciones como la calidad ambiental interior. Una de las principales carencias observadas es la falta de planificación bioclimática, lo que ha derivado en altos consumos energéticos, especialmente por el uso intensivo de sistemas de climatización artificial. En algunos edificios, se evidencia un desbalance entre el diseño arquitectónico y la funcionalidad térmica y lumínica, lo que impide un aprovechamiento eficiente de los recursos naturales.

En las construcciones nuevas, surge la necesidad de optimizar la relación muro-ventana, buscando un equilibrio entre el ingreso de luz natural y el control del sobrecalentamiento. También se requiere incorporar estrategias pasivas de iluminación, como tragaluces y domos solares, para reducir la dependencia de luz artificial. Por otro lado, en edificaciones antiguas, se destaca la insuficiente ventilación natural, lo cual incrementa la necesidad de recurrir al aire acondicionado. Finalmente, se reconoce la urgencia de aplicar medidas bioclimáticas efectivas que permitan regular la temperatura interior de manera pasiva y eficiente.

se establecen las siguientes recomendaciones técnicas:

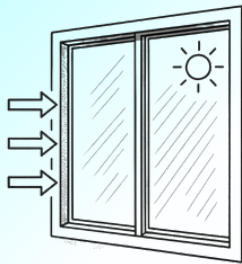
- **Diseñar** estrategias de ventilación pasiva para reducir la dependencia de sistemas mecánicos: Incorporar elementos como ventilación cruzada, patios interiores y celosías para mejorar la circulación natural del aire en los espacios habitables.
- **Incorporar** criterios de diseño bioclimático desde las primeras fases del proyecto arquitectónico: Considerar orientación solar, uso de sombras, materiales térmicamente eficientes y control solar para optimizar el desempeño energético de las edificaciones.



- **Utilizar** acabados interiores con reflectancias adecuadas para mejorar la distribución de la luz y la eficiencia térmica: Seleccionar pinturas, revestimientos y superficies que maximicen el aprovechamiento de la luz natural y reduzcan la carga térmica en los espacios.

# 3. CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR

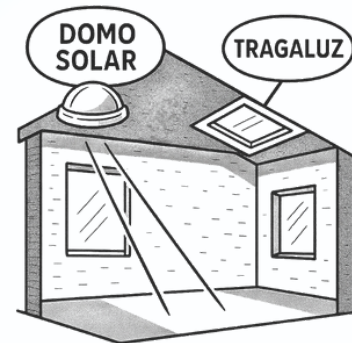
- **Implementar** estrategias de confort térmico adaptativo en espacios sin climatización mecánica: Aplicar soluciones pasivas como ventilación cruzada, control de radiación solar, vegetación integrada y materiales aislantes que favorezcan la regulación natural de la temperatura.
- **Utilizar** vidrios de alta transmitancia lumínica y control térmico: Incorporar cerramientos acristalados con propiedades selectivas que permitan el paso de luz visible sin aumentar la carga térmica, mejorando la eficiencia energética de los edificios.



- **Mantener** la proporción ventana-pared dentro del 30–40% de área acristalada en la fachada: Diseñar fachadas equilibradas que maximicen la luz natural y minimicen el riesgo de sobrecalentamiento, de acuerdo con estudios de asoleamiento y orientación.



- **Incorporar** estrategias pasivas de iluminación como domos solares y tragaluces: Implementar soluciones arquitectónicas que aseguren niveles de iluminancia natural entre 300 y 3,000 lux, promoviendo el bienestar visual y reduciendo el uso de luz artificial.



- **Aprovechar** la ventilación nocturna en climas cálidos para pre-enfriar las edificaciones: Abrir estratégicamente ventanas o rejillas durante la noche para permitir el ingreso de aire fresco, reduciendo la temperatura interior y la demanda de aire acondicionado.



# 3. CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR

## 3.2. Monitoreo

Uno de los retos clave en materia de sostenibilidad dentro del campus universitario es el manejo eficiente del confort térmico. En este sentido, resulta prioritario formular una política institucional basada en estándares internacionales, que oriente el diseño y la operación de los espacios construidos en función del bienestar térmico de sus ocupantes. También se requiere implementar sistemas de automatización para el control de temperatura en ambientes climatizados, a fin de minimizar el consumo innecesario de energía. Complementariamente, se hace evidente la falta de formación y sensibilización de la comunidad universitaria sobre el uso responsable de los sistemas térmicos y la importancia de adoptar hábitos que favorezcan un confort térmico eficiente..

Con base en lo identificado, se establecen las siguientes recomendaciones técnicas:

- **Establecer** controles por zonas y horarios para los sistemas de aire acondicionado: Incorporar automatización inteligente que permita la operación diferenciada de equipos según horarios de uso, cantidad de ocupantes y condiciones climáticas externas.



- **Establecer** lineamientos institucionales obligatorios sobre confort térmico: Definir y adoptar estándares técnicos de temperatura operativa, humedad relativa y ventilación mínima por ocupante, alineados con normativas internacionales como ASHRAE o ISO 7730.



- **Implementar** protocolos operativos que combinen eficiencia energética y confort térmico: Establecer rutinas de uso, apertura de ventanas, horarios de operación y mantenimiento que garanticen condiciones térmicas adecuadas con bajo impacto energético.



### 3. CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR

---

- Desarrollar programas de certificación en eficiencia térmica para edificios universitarios: Crear iniciativas formativas que fomenten el conocimiento técnico y la adopción de buenas prácticas entre estudiantes, docentes y personal administrativo.





Imagen tomada de:  
(Archivo construccion Cedro Rosado)

---

## 4. MATERIALES DE BAJO IMPACTO Y CONSTRUCCIÓN

# 4. MATERIALES DE BAJO IMPACTO Y CONSTRUCCIÓN

## 4.1. Materiales y Residuos

En los procesos de construcción y remodelación del campus, se ha identificado la necesidad de reducir la huella de carbono asociada al uso de materiales convencionales, especialmente aquellos con altos costos de transporte o fabricación intensiva en recursos. A su vez, es evidente la falta de integración de principios de economía circular, lo que limita el aprovechamiento de materiales provenientes de demoliciones o intervenciones previas. Estas problemáticas pueden abordarse mediante criterios de selección más sostenibles, así como mediante la incorporación de prácticas de reutilización que reduzcan el volumen de residuos y el consumo de recursos vírgenes.

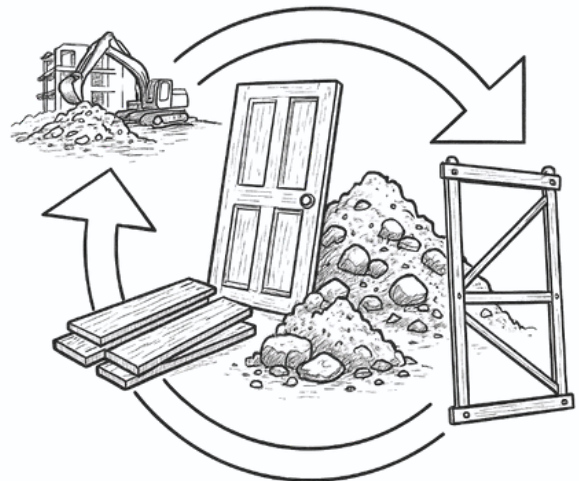
En función del análisis previo, se establecen las siguientes recomendaciones técnicas:



- **Priorizar** el uso de materiales de construcción de origen local: Seleccionar insumos con baja huella ambiental y de procedencia regional para reducir emisiones por transporte y fomentar el desarrollo de proveedores sostenibles en el entorno.



- **Reciclar** al menos el 30% de los residuos de construcción: Aplicar principios de economía circular en las obras mediante el rescate, clasificación y reincorporación de materiales provenientes de demoliciones, tales como madera, concreto triturado, puertas o estructuras metálicas.



# 4. MATERIALES DE BAJO IMPACTO Y CONSTRUCCIÓN



## 4.1. Gestión Técnica

En la gestión de los espacios físicos del campus universitario, se han evidenciado limitaciones importantes tanto en el diseño como en la gobernanza de los proyectos constructivos. Se observa una desconexión entre el diseño arquitectónico de las edificaciones y los criterios de sostenibilidad, lo que dificulta el aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles. Asimismo, se advierte la falta de políticas institucionales claras que fomenten de manera estructurada la construcción sostenible, reduciendo el alcance y la permanencia de iniciativas orientadas a la eficiencia energética, la gestión de residuos y el uso responsable de materiales. Estas problemáticas requieren un abordaje técnico y normativo que permita fortalecer los lineamientos institucionales y optimizar los procesos desde una visión integral.

En respuesta a esta situación, se establecen las siguientes recomendaciones técnicas:

- **Utilizar** modelos digitales integrados (por ejemplo, plataformas BIM con información de mantenimiento): Facilitar el seguimiento, planificación y optimización de las actividades de mantenimiento desde las etapas de diseño, promoviendo una gestión más eficiente y basada en datos.



- **Desarrollar** un manual institucional de construcción sostenible: Establecer lineamientos técnicos, ambientales y operativos que orienten las nuevas obras y remodelaciones hacia criterios de sostenibilidad, asegurando coherencia con las metas institucionales.



- **Establecer** incentivos para proyectos con estrategias de eficiencia energética y reducción de residuos: Promover la implementación de buenas prácticas mediante mecanismos de reconocimiento y apoyo interno que motiven la adopción de soluciones sostenibles por parte de equipos técnicos y administrativos.

# 4. MATERIALES DE BAJO IMPACTO Y CONSTRUCCIÓN

## 4.3. Mantenimiento

En el desarrollo y operación de las edificaciones del campus universitario, se han identificado problemáticas asociadas a la gestión del mantenimiento. Por un lado, los proyectos de nueva construcción no incorporan criterios técnicos de mantenimiento desde su fase de diseño, lo que dificulta una planificación preventiva y encarece las intervenciones futuras. Asimismo, se evidencian fallas constructivas frecuentes, como filtraciones o humedad en fachadas, resultado de soluciones inadecuadas o ausentes en impermeabilización. A esto se suma la escasa asignación de recursos y la falta de estrategias institucionalizadas para atender el mantenimiento correctivo o programado, lo que incrementa el deterioro acumulado de las edificaciones. Estas situaciones requieren ser abordadas mediante acciones que integren el mantenimiento desde el diseño, mejoren la calidad constructiva y optimicen la planificación institucional.



Frente a este panorama, se establecen las siguientes recomendaciones técnicas:

- **Incorporar** protocolos de mantenimiento preventivo desde la etapa de diseño: Integrar lineamientos de acceso, revisión y sustitución de elementos críticos en los planos y especificaciones técnicas, anticipando las necesidades de operación futura.
- **Establecer** estrategias de mantenimiento programado a nivel institucional: Diseñar e implementar un cronograma estructurado de mantenimiento periódico que permita anticipar fallas, optimizar costos y prolongar la vida útil de los activos físicos.



- **Incluir** sistemas de impermeabilización certificados en el rediseño de fachadas: Aplicar soluciones constructivas que cuenten con certificación técnica y garanticen la protección contra humedad, aumentando la durabilidad de las envolventes exteriores.

