



Confort térmico en espacios públicos a base de vegetación y el uso de suelos semi duros

Integración de estrategias para mitigar las islas de calor

Samuel Mejia Ortiz

Trabajo de grado presentado para optar al título de Arquitecto

Docente

Luis Felipe Lalinde Castrillón, Doctor (PhD) en Ingeniería de la Construcción

Manuela Murillo Galvis, Magíster (MSc) en Bioclimática

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Arquitectura y Diseño

Arquitectura

Medellín, Antioquia, Colombia

2025

El contenido de este documento no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o en cualquiera otra universidad.

Dedicatoria

¡A quienes fueron faro en esta travesía arquitectónica: los profesores de la Facultad de Arquitectura! Ustedes —como árboles de gran copa— ofrecieron sombra en los momentos más áridos del camino; dejaron caer sobre mí el conocimiento... como hojas maduras en temporada fértil. ¿Cada palabra suya? Semilla. ¿Cada crítica? Agua. Todo germinó en suelo fértil: abonando una manera más consciente, más humana, de entender y transformar el espacio.

A los maestros que trazaron senderos invisibles entre planos, ideas y frustraciones: ¡gracias! Gracias por convertirse —sin pretenderlo— en cartógrafos del pensamiento. Ustedes enseñaron que el diseño no solo se dibuja, se siente; se escucha... se habita. ¿Cómo olvidar ese momento donde, entre líneas, descubrimos que también se construye con preguntas?

A mis padres —raíces profundas de esta vocación—:

Gracias por sostenerme aún en tormenta, por creer en cada bosque antes de que yo supiera sembrar la primera semilla. Fueron tierra firme cuando todo temblaba; horizonte cuando el camino se estrechaba. En cada plano hay un gesto de ustedes, en cada idea, un eco de su amor incondicional. Esta travesía también les pertenece.

Y a quienes comienzan a recorrer este extenso parque llamado arquitectura: este documento es para ustedes. Es una banca, sí; una pausa. Un respiro entre tantos trazos. ¡Siéntense! Observen.

Reflexionen. Que este trabajo sea sendero y no destino: inspiración más que instrucción. ¡Proyecten árboles que abracen! ¡Diseñen suelos que respiren! ¡Piensen lo público como lo que es: ¡de todos, para todos... siempre!

Agradecimientos

¡Nada de esto habría sido posible sin quienes caminaron a mi lado en este proceso! A cada persona que, con su tiempo, palabra o gesto, dejó una huella en esta monografía: ¡gracias infinitas!

Primero, a los profesores **Luis Felipe Lalinde Castrillón** y **Manuela Murillo Galvis**: ¿cómo no agradecer su guía paciente, su ojo crítico y su voz serena en medio del caos creativo? Ustedes fueron brújula y ancla —a veces al mismo tiempo—; su acompañamiento, siempre oportuno, me ayudó a aterrizar ideas, cuestionar enfoques y seguir adelante... incluso cuando las páginas parecían no fluir.

A los docentes que se prestaron para conversar, reflexionar y compartir sus ideas sobre el espacio público: ¡gracias! ¿Sus entrevistas? Claras, honestas, provocadoras. ¿Sus palabras? Insumos vivos que dieron profundidad a este trabajo. Sin ustedes, muchos senderos no habrían sido explorados.

Y por supuesto: ¡a mis padres! Gracias por ser faro y raíz. Por creer, por guiar, por sostener. Por invertir no solo dinero —sino esperanza, paciencia y amor— en esta carrera. ¿Cómo agradecer una vida entera de respaldo? Este logro también es suyo... profundamente.

Tabla de Contenido

Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
Planteamiento del problema	13
Antecedentes	16
Justificación.....	19
Objetivos	21
Marco teórico	22
Marco contextual.....	29
Metodología	32
Resultados	39
Conclusiones	89
Referencias	91

Lista de tablas

Tabla 1 – “Análisis de Bibliografía – Antecedentes” Autoría propia usando bibliografía	17
Tabla 2. Etapas de la investigación – Autoría Propia	32
Tabla 3. Análisis Suelos Bloque 10. Autoría propia	42
Tabla 4. Análisis Factores Bloque 10, Autoría propia	43
Tabla 5. Análisis materialidad de suelos Bloque 10, Autoría propia	44
Tabla 6. Toma de datos Bloque 10, Autoría Propia	45
Tabla 7. Tablas de medida Promediadas Bloque 10, Autoría propia	45
Tabla 8. Análisis Variables Biblioteca, Autoría Propia.	51
Tabla 9. Toma de datos Biblioteca. Autoría propia.	51
Tabla 10. Tablas de mediciones Promediadas, Autoría Propia	52
Tabla 11. Matriz tipos de suelo. Autoría propia.....	64
Tabla 12. Matriz evaluación simple de estrategias. autoría propia	66
Tabla 13. Matriz evaluación ponderada. Autoría Propia	67
Tabla 14. Matriz evaluación territorial. utoría Propia.....	67
Tabla 15. Matriz evaluación arboles urbanos en Colombia. Autoría propia.....	68

Lista de figuras

<i>Figura 1- Mapa mental Causas y efectos – Planteamiento del Problema.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2. Area de estudio Patio Bloque 10 y Acceso a biblioteca.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 3. Etapas de la investigación (Mapa mental y cuadro de procesos) -Autoría propia</i>	<i>32</i>
<i>Figura 4. Localización áreas de estudio (Patio bloque 10 y acceso biblioteca). Autoria propia con base satelital Google maps 05/03/25</i>	<i>40</i>
<i>Figura 5. Mapeo espacio público bloque 10.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 6. Mapeo espacio público Biblioteca.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 7. Gráficos de Resultados encuesta, información general. Autoría propia.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 8. Gráficos de Resultados encuesta, Percepción confort térmico. Autoría propia.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 9. Gráficos de Resultados encuesta, Tipos de suelo. Autoría propia.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 10. Gráficos de Resultados encuesta, Percepción del entorno. Autoría propia.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 11. Representación Suelos semiduros tipo collage renderizados en lumion 13. autoría propia</i>	<i>66</i>
<i>Figura 12. Sección manejo de arboles en espacio público. autoría Propia.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 13 Estrategia cambio de suelos. Autoría propia a través de Photoshop.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 14 Esquemas estrategias d cambio de suelos para espacio público. Autoría propia a través de photoshop.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 15 Esquema estrategia uso de suelo verde. Autoría propia a través de Lumión.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 16 Esquema estrategia uso de suelo verde. Autoría propia a través de photoshop</i>	<i>72</i>
<i>Figura 17 Esquema estrategia uso de suelo verde. Autoría propia a través de Photoshop y mejorado por IA (ChatGPT)</i>	<i>73</i>
<i>Figura 18 Esquema estrategia uso de suelo verde. Autoría propia a través de Photoshop y mejorado por IA (ChatGPT)</i>	<i>74</i>
<i>Figura 19 Esquema estrategia uso de suelo general. Autoría propia a través de Photoshop y mejorado por IA (ChatGPT)</i>	<i>74</i>

<i>Figura 20 Esquema estrategia uso de suelo general. Autoría propia a través de Photoshop y mejorado por IA (ChatGPT)</i>	<i>75</i>
<i>Figura 21 Esquema estrategia uso de suelo general. Autoría propia a través de Photoshop y mejorado por IA (ChatGPT)</i>	<i>76</i>
<i>Figura 22 Prototipo Acceso a biblioteca “Antes” Autoria Propia A través de photoshop.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 23 Imaginario Acceso a biblioteca “Antes”</i>	<i>77</i>
<i>Figura 24 Prototipo Mejora Acceso Biblioteca (Después).....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 25 Imaginario Acceso a biblioteca (Después). Autoría Propia a través de Photoshop y mejorado por IA (ChatGPT)</i>	<i>79</i>
<i>Figura 26 Esquema de temperatura y frescura. Autoría Propia a través de photoshop.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 27 Render Imaginario Prototipo Acceso biblioteca. Autoría propia a través de Lumion.</i>	<i>81</i>
<i>Figura 28 Render Imaginario Prototipo Acceso biblioteca. Autoría propia a través de Lumion.</i>	<i>81</i>
<i>Figura 29 Render Imaginario Prototipo Acceso biblioteca. Autoría propia a través de Lumion.</i>	<i>82</i>
<i>Figura 30 Gráficos encuestados final General.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 31 Gráficos encuestados final General 2.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 32 Gráficos encuestados final suelos.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 33 Gráficos encuestados final Satisfacción.</i>	<i>87</i>

Siglas, acrónimos y abreviaturas

APA – American Psychological Association

BID – Banco Interamericano de Desarrollo

CMS – Centímetros

dBA – Decibelios A ponderados

ERIC – Education Resources Information Center

ENVI-met – Environmental Meteorology Simulation Software

Esp. – Especialista

FAO – Food and Agriculture Organization

IC – Isla de Calor

INSHT – Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

LUX – Unidad de medida de iluminancia

MP – Magistrado Ponente

MSc – Magister Scientiae

NASA – National Aeronautics and Space Administration

ONU-Hábitat – Organización de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos

PBQ-SF – Personality Belief Questionnaire – Short Form

Párr. – Párrafo

PET – Physiological Equivalent Temperature

PhD – Philosophiae Doctor

PMV – Predicted Mean Vote

PostDoc – Postdoctorado

SMAQ – Simplified Medication Adherence Questionnaire

SNCTeI – Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

UPB – Universidad Pontificia Bolivariana

Resumen

El uso de vegetación y suelos semiduros en el diseño urbano: una estrategia fundamental para mejorar el confort ambiental en espacios públicos y mitigar el fenómeno de isla de calor urbana. La vegetación —elemento clave en esta propuesta— actúa como amortiguador térmico y acústico; regula la temperatura mediante la sombra y la evapotranspiración, mientras que absorbe y filtra ruidos, generando entornos más saludables y confortables. Paralelamente, los suelos semiduros [como pavimentos permeables y cubiertas vegetales] favorecen el drenaje del agua y reducen la acumulación de calor —a diferencia de las superficies duras tradicionales, que tienden a retener altas temperaturas—.

Como resultado de este trabajo se formuló un modelo de estrategias para el mejoramiento del confort termoacústico en espacios públicos. ¿El caso de estudio?: el acceso a la Biblioteca Central de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) en Medellín. ¿Originalmente una plaza dura y sin vegetación! La propuesta consistió en intervenir el espacio mediante la implementación de suelos semiduros permeables, acompañados de amplia cobertura vegetal. ¿El impacto?: reducción significativa del efecto isla de calor; mayor sombra; mejora en la percepción de confort por parte de los usuarios.

Se aplicaron encuestas que revelaron una valoración positiva hacia la intervención planteada. A partir de dichos resultados, se propusieron lineamientos generales aplicables a otros espacios públicos: selección de materiales adecuados; inclusión de árboles con gran capacidad de sombreado y regulación térmica; diseño de superficies permeables. Lo anterior, con el objetivo de optimizar las condiciones de habitabilidad urbana, fomentar la interacción social y fortalecer la resiliencia ambiental de las ciudades frente al cambio climático.

Palabras clave: Confort térmico; Vegetación urbana; Suelos semiduros; Isla de calor urbana; Mitigación térmica; Diseño urbano sostenible; Espacios públicos; Resiliencia climática.

Abstract

The use of vegetation and semi-permeable pavements in urban design stands out as a fundamental strategy to improve environmental comfort in public spaces and mitigate the urban heat island effect. Vegetation—an essential component in this approach—acts as a thermal and acoustic buffer: it regulates temperature through shading and evapotranspiration, while also filtering noise, thereby creating healthier and more comfortable environments. Simultaneously, semi-permeable ground surfaces [such as permeable pavements and green roofs] promote proper water drainage and reduce heat accumulation—unlike traditional hardscapes, which tend to retain high thermal loads.

As a result of this research, a strategic model was developed to enhance thermal-acoustic comfort in public spaces. The case study was carried out at the main access plaza of the Central Library of Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), Medellín. Originally characterized by a hard, vegetation-free surface, the intervention proposed the implementation of semi-permeable pavements and extensive green coverage. The outcome: a noticeable reduction of the heat island intensity, increased shaded areas, and improved thermal perception among users.

Additionally, user surveys confirmed positive feedback regarding the proposed intervention. Based on these findings, general design guidelines were established for broader application in urban public spaces: careful material selection; incorporation of high-canopy trees; and the integration of permeable and climate-responsive surfaces. {Altogether}, these strategies contribute to urban sustainability, reinforce social interaction, and improve microclimatic conditions—thereby increasing resilience to the impacts of climate change.

Keywords: thermal comfort; urban vegetation; semi-permeable pavements; urban heat island; thermal mitigation; sustainable urban design; public space; climate resilience.

Introducción

El confort térmico en los espacios públicos ha pasado de ser un tema secundario para convertirse en una preocupación constante dentro del diseño urbano, especialmente en ciudades como Medellín. En muchos sectores, se ha priorizado la rigidez del concreto sobre la flexibilidad de la naturaleza; esto ha traído consigo una notable pérdida de sombra, menor vegetación y, como consecuencia, el aumento de las temperaturas. Las islas de calor urbanas son hoy una realidad — una que no solo afecta el ambiente físico, sino también el bienestar de quienes usan esos espacios a diario. Estudios recientes confirman que la cobertura vegetal y los espacios permeables son esenciales para mitigar los efectos de estas islas térmicas y mejorar la calidad del entorno urbano (Oke, 1982).

Uno de los casos que ejemplifica este fenómeno es el acceso a la biblioteca central de la Universidad Pontificia Bolivariana. Aunque es solo un ejemplo, ilustra lo que sucede en muchas otras plazas, andenes y espacios de encuentro: superficies duras, poco arbolado y condiciones térmicas poco favorables. A partir de este caso se plantea una pregunta que guía esta investigación: ¿sería posible mejorar el confort térmico de esos lugares incorporando más vegetación y reemplazando los suelos duros por otros de tipo semiduro?

Este trabajo busca dar una respuesta a ese interrogante desde una mirada que combina lo técnico con lo sensible. Porque más allá de los materiales, el diseño de espacios públicos también implica pensar en cómo se sienten las personas cuando los habitan. Si bien la propuesta tiene bases teóricas claras, también parte de una observación cotidiana: cuando hay árboles, sombra y suelos que permiten respirar al entorno, el espacio cambia —y la gente, también.

Planteamiento del problema

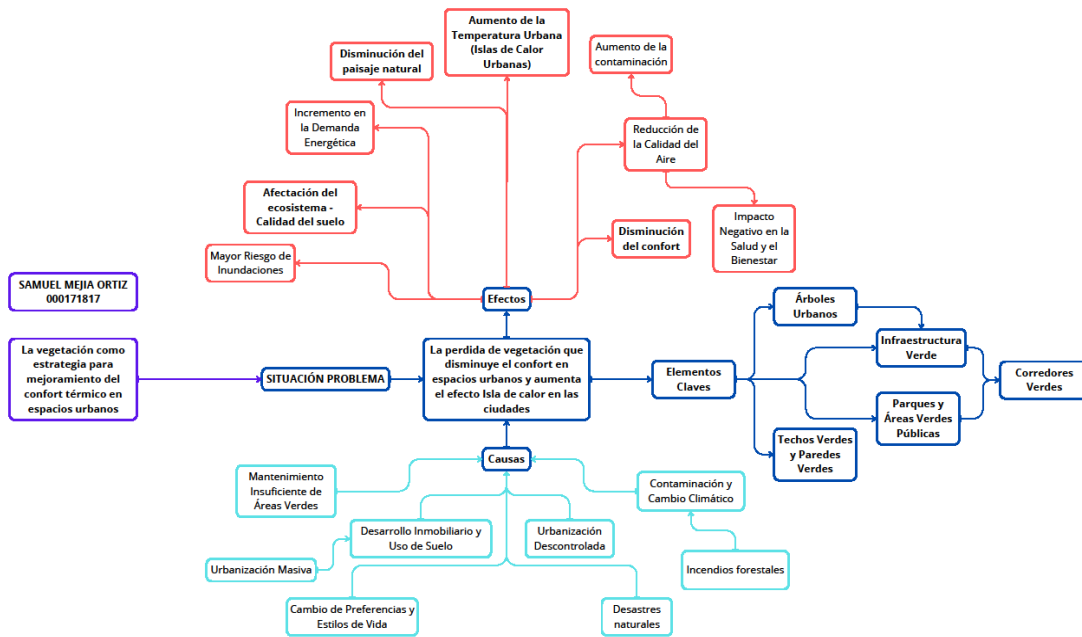


Figura 1- Mapa mental Causas y efectos – Planteamiento del Problema.

En este mapa mental —resultado de la exploración conceptual inicial— se reconocen las múltiples aristas que componen el problema general: la pérdida progresiva de vegetación urbana y el predominio de suelos impermeables, lo cual incide directamente en el confort ambiental, térmico y acústico. Medellín, como muchas ciudades latinoamericanas, se enfrenta a la consolidación de un modelo urbano que ha priorizado el concreto, el asfalto y la densidad construida por encima de lo natural. Que ha generado como resultado, ambientes más cálidos, secos y ruidosos; menos humanos.

Entre las causas destacadas, se señala el avance de la urbanización sobre áreas verdes; esto ha implicado no solo una reducción del arbolado urbano, sino también un olvido en la planificación micro climática. A esto se suma la escasa implementación de estrategias basadas en naturaleza. "La vegetación urbana regula el clima local mediante procesos de evapotranspiración y sombra, aportando bienestar térmico y psicológico a los usuarios del espacio público" (Xhexhi, 2019). Pero, lamentablemente, tales beneficios no se integran sistemáticamente en el diseño urbano actual.

Las consecuencias no se limitan al aumento de la temperatura. El fenómeno de isla de calor altera las condiciones de habitabilidad, reduce la calidad del aire, y potencia enfermedades relacionadas con el estrés térmico. Además, las superficies duras impiden la filtración del agua, afectando el ciclo hidrológico urbano. Spiegel y Meadows (2012) afirman que "los suelos permeables y la vegetación no solo enfrían las ciudades, también las hacen más resilientes frente al cambio climático". Sin embargo, estas soluciones siguen sin aplicarse de forma masiva.

El mapa también sugiere caminos posibles: suelos semiduros, vegetación de gran copa, techos verdes y corredores biológicos. No se trata de decorar la ciudad con plantas, sino de comprender que el confort —térmico, acústico y emocional— es parte del derecho a una ciudad habitable. Por tanto, diseñar con sensibilidad ecológica no es un lujo: es una necesidad urgente.

En Medellín —como en muchas ciudades de clima cálido— los espacios públicos enfrentan un desafío constante: ¿cómo ofrecer confort térmico a sus usuarios cuando predominan los materiales duros y escasean las áreas verdes? Las plazas pavimentadas, los senderos de concreto y los accesos sin árboles generan ambientes áridos; incómodos; a menudo, insoportables.

El fenómeno de la isla de calor urbana, ampliamente estudiado, se relaciona directamente con esta problemática. Según la EPA: "las superficies impermeables absorben calor durante el día y lo irradian lentamente en la noche, elevando la temperatura del entorno" (EPA, 2008). A esto se suma lo señalado por ONU-Hábitat: "la falta de cobertura vegetal en las ciudades no solo incrementa la temperatura, sino que profundiza la desigualdad urbana" (ONU-Hábitat, 2021). ¡Y es verdad! Basta caminar un mediodía por una plaza de concreto para comprobarlo.

El caso de estudio de esta monografía —el acceso a la Biblioteca Central de la Universidad Pontificia Bolivariana— refleja esta situación: un espacio duro, sin sombra ni vegetación; térmicamente hostil. Ante ello, surge la necesidad de intervenir: se propone reemplazar superficies duras por suelos semiduros —como adoquines drenantes o gravilla estabilizada— e incorporar árboles de gran copa; vegetación baja; y zonas permeables. ¿El objetivo? Crear microclimas confortables; habitables; sostenibles.

Así, la pregunta que guía este trabajo es clara: ¿cómo la incorporación de vegetación y suelos semiduros puede mitigar las islas de calor y mejorar el confort térmico y visual en los espacios públicos urbanos? La respuesta, permite evaluar las estrategias para el mejoramiento de la sensación térmica en el espacio seleccionado como caso de estudio sino servir como modelo replicable para otras zonas de la ciudad.

Antecedentes

¡La ciudad respira... o se sofoca! ¿La razón? El diseño urbano: suelos duros; ausencia de árboles; plazas que retienen calor. En Medellín —como en muchas urbes latinoamericanas— los espacios públicos enfrentan una problemática cada vez más evidente: la generación de islas de calor. La Environmental Protection Agency lo advierte con claridad: "las superficies impermeables como el concreto y el asfalto tienden a absorber y retener el calor, elevando considerablemente la temperatura del entorno urbano" (EPA, 2008). ¿Consecuencia? Ambientes hostiles; la experiencia del usuario se deteriora; el confort desaparece.

Esta investigación —a través de un análisis multicriterio representado en un cuadro comparativo— evaluó diversas estrategias urbanas. Se contemplaron criterios como: viabilidad técnica; impacto en el bienestar ; funcionalidad ; estética ; permeabilidad. La conclusión fue clara: las estrategias que integran vegetación y suelos semiduros sobresalen —casi sin excepción— frente a las que mantienen superficies rígidas y áridas. ¡El verde refresca!; la sombra reconforta; los árboles protegen.

Nº	Referencia o autor	Título	Tema	Pregunta de investigación del autor o hipótesis	Objetivo de investigación del autor	Metodología de investigación	Resultado de la investigación	Donde lo encuentre	Mis opiniones y observaciones
1	Klodjan Xhexhi	Climate Parameters, Heat Islands, and the Role of Vegetation in the City	Vegetación como mejora térmica en ciudades	La hipótesis del estudio es que la vegetación urbana puede moderar de manera efectiva las temperaturas en áreas urbanas, reduciendo así los efectos negativos de las islas de calor urbano y mejorando el confort térmico en las ciudades.	El objetivo de la investigación es explorar cómo diferentes tipos y configuraciones de vegetación en entornos urbanos afectan los parámetros climáticos locales, específicamente en términos de reducción de la temperatura y mejora del confort térmico, y cómo esto contribuye a la mitigación de las islas de calor urbano.	Utiliza revisión de literatura, modelos climáticos, estudios de caso y datos empíricos para evaluar cómo la vegetación puede mitigar las islas de calor urbano y mejorar la calidad del aire.	Los hallazgos indican que la implementación de vegetación en áreas urbanas puede reducir significativamente las temperaturas locales, aliviando los efectos de las islas de calor. Se observó que la vegetación contribuye a mejorar el confort térmico en espacios urbanos y puede ayudar a disminuir el uso de energía en edificios al reducir la necesidad de aire acondicionado.	Buscando el título "Rol de la vegetación en la ciudad" (Búsqueda en inglés, principalmente en librerías virtuales)	Importancia de integrar estrategias de vegetación en el diseño urbano como una solución viable para combatir el cambio climático y mejorar la habitabilidad de las ciudades.
2	Ross Spiegel, Dru Meadows	Green Building Materials: A Guide to Product Selection and Specification	Como seleccionar materiales o incluso vegetación para mejorar el confort térmico o acústico	¿Qué materiales de construcción ecológicos son más efectivos para mejorar la sostenibilidad de los edificios y cómo pueden ser seleccionados y especificados adecuadamente en proyectos de construcción?	Proporcionar un marco para la selección de materiales de construcción que promuevan la sostenibilidad, incluyendo aquellos que integren vegetación y otros elementos naturales para mejorar el confort térmico y acústico.	Realiza una revisión documental, estudios comparativos de materiales, entrevistas con expertos, y análisis de casos de proyectos sostenibles para identificar materiales verdes que mejoren el confort térmico y acústico.	Se identificaron múltiples materiales ecológicos, incluyendo vegetación para techos verdes y fachadas, que ofrecen beneficios significativos en términos de aislamiento térmico y acústico. El libro proporciona directrices para la especificación de estos materiales, destacando su capacidad para mejorar la eficiencia energética y el confort interior.	Busqueda sobre "Vegetación como material de mejora térmica o acústica en edificaciones" (Búsqueda en inglés - google books)	Otra mirada interesante del uso de materiales ecológicos para mejorar impactos de calor pero también ayudando con la salud y sostenibilidad.
3	National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine	Mitigating Urban Heat Islands: Summary of a Workshop	Como mitigar el efecto isla de calor a base de la vegetación aplicada en espacios urbanos	¿Cuáles son las estrategias más efectivas para mitigar las islas de calor urbano y cómo puede la vegetación urbana desempeñar un papel en estas estrategias?	Evaluar diferentes estrategias para mitigar el efecto de isla de calor urbano, con un enfoque particular en la implementación de vegetación urbana y otros métodos sostenibles.	Se basa en la revisión de estudios científicos, discusiones en talleres con expertos, y la formulación de recomendaciones consensuadas para implementar estrategias de vegetación urbana que mitiguen las islas de calor.	Se concluyó que la vegetación urbana, como árboles y techos verdes, es una de las estrategias más efectivas para reducir las temperaturas en áreas urbanas, junto con materiales de construcción reflectantes y políticas de diseño urbano sostenibles. La vegetación no solo reduce la temperatura del aire, sino que también mejora la calidad de vida al proporcionar sombra y reducir la contaminación.	Google, buscando el tema de vegetación para mejorar un espacio urbano en el aspecto térmico (Búsqueda en Inglés)	Buen enfoque en la búsqueda del uso de la vegetación a nivel urbano para mitigar el impacto de la isla de calor.

Tabla 1 – “Análisis de Bibliografía – Antecedentes” Autoría propia usando bibliografía

En el informe de ONU-Hábitat se señala que: "las soluciones basadas en la naturaleza son clave para mejorar la resiliencia climática de las ciudades" (ONU-Hábitat, 2020). Esta afirmación se

vincula directamente con el caso de estudio abordado: la Universidad Pontificia Bolivariana. Su acceso principal —una explanada dura y expuesta— fue repensado a partir de principios de sostenibilidad. ¿La propuesta? Pavimentos permeables; vegetación densa ; árboles nativos de gran copa —como el Nogal cafetero o el Yopo— seleccionados por su eficiencia térmica y valor estético.

La guía “Cooling the Public Realm”, del centro LSE Cities, lo expresa con firmeza: "los árboles de gran copa actúan como reguladores naturales del microclima, reduciendo la radiación solar directa y promoviendo una experiencia urbana más habitable" (LSE, 2018). Esta visión no solo se adoptó —sino que se validó— mediante encuestas y modelaciones. Los resultados sugieren que: intervenir con elementos naturales, lejos de ser un lujo estético, es una necesidad climática y social.

A este enfoque se suman instrumentos técnicos como el Manual de Espacios Públicos del BID (2018) y los lineamientos LEED v4 —que ofrecen criterios estandarizados para evaluar el desempeño ambiental urbano—. En conjunto, todo este corpus teórico y práctico sirvió de base para un modelo replicable de intervención que privilegia el confort térmico y acústico, integrando variables humanas, ecológicas y técnicas.

Justificación

El presente estudio se orienta hacia la mejora del confort térmico en espacios públicos; específicamente, mediante la integración de vegetación y la sustitución de suelos duros por opciones semiduras. Las altas temperaturas; comunes en entornos urbanos densamente construidos; tienen un impacto directo sobre la calidad de vida de los ciudadanos: reducen el confort físico; dificultan la concentración; y afectan negativamente el bienestar general. Transformar estos espacios responde no solo a una necesidad inmediata; sino también a una tendencia global: ¡la búsqueda de entornos urbanos sostenibles y saludables!

La vegetación, por su parte ; cumple una función crucial en la regulación térmica y acústica de las ciudades. Según el Servicio Forestal del USDA en colaboración con la Universidad del Rosario: "los bosques urbanos reducen hasta 8,7 °C el calor extremo en ciudades más calurosas de Colombia" Giraldo, D., Quesada, B., Escobedo, F., & Clerici, N. (2025); demostrando así su capacidad para mitigar significativamente el impacto de las islas de calor en el espacio público urbano. Este efecto no solo disminuye la sensación térmica; sino que también reduce el uso de energía en sistemas de climatización; mejorando la eficiencia energética urbana.

Asimismo; el arbolado urbano ha demostrado su efectividad en el contexto local. De acuerdo con un estudio de la Universidad Nacional de Colombia: "el arbolado urbano de Medellín regula naturalmente la temperatura, la humedad y la contaminación del aire" (Universidad Nacional de Colombia, s.f); logrando una reducción de 1°C a 2°C en los parques públicos; y eliminando más de 800 kilogramos anuales de monóxido de carbono y partículas contaminantes. Esta contribución mejora tanto el microclima urbano como la salud respiratoria de la población.

En paralelo; los suelos semiduros —como los pavimentos permeables o las cubiertas vegetadas— ofrecen ventajas complementarias. No solo facilitan el drenaje natural del agua lluvia; sino que también evitan la acumulación de calor en la superficie: al contrario de los suelos duros que absorben y retienen radiación solar; elevando las temperaturas. Esta estrategia —integrada al diseño urbano— favorece una mayor habitabilidad de los espacios; fomenta la interacción social; y contribuye al equilibrio térmico de la ciudad.

En este sentido; se justifica una aproximación proyectual que integre vegetación y suelos adecuados como ejes centrales de intervención. Este trabajo propone —desde el estudio de caso de la Universidad Pontificia Bolivariana— una metodología replicable para generar impactos positivos: no solo en el campus universitario; sino en otros espacios públicos de Medellín y similares contextos urbanos. ¡En un mundo urbanizado!; adoptar soluciones pasivas y sostenibles ya no es una opción: es una necesidad urgente para garantizar ciudades habitables.

Objetivos

Objetivo general

Proponer estrategias de diseño urbano; que incrementen el confort térmico en espacios públicos; mediante la incorporación de vegetación y la modificación de los tipos de suelo ; para la mitigación el fenómeno de las islas de calor urbanas

Objetivos específicos

1. **Identificar** el estado actual de los espacios públicos en la UPB específicamente en el entorno inmediato de la Biblioteca, analizando los requerimientos funcionales y ambientales en relación con la temperatura, la vegetación, el uso del suelo, el tránsito peatonal y las zonas de estancia.
2. **Analizar** estrategias preliminares sobre la variación de escenarios de sombra generados por la vegetación y el uso de diferentes tipos de suelo a través de matrices y encuestas a los usuarios del caso de estudio, evaluando el impacto en el uso de cada tipo de suelo y árboles que generen una determinada sombra para mejorar el confort térmico y disminuir el efecto isla de calor.
3. **Implementar** las estrategias diseñadas en un prototipo de espacio público que mejore el confort térmico y disminuya la isla de calor.

Marco teórico

Hablar de confort térmico en espacios públicos implica, necesariamente, mirar hacia la vegetación y su rol dentro de la planificación urbana. No es un tema nuevo, pero sí urgente. Las ciudades crecen, muchas veces sin freno ni planeación clara, y con ese crecimiento llegan retos: más calor, menos sombra, menos naturaleza “en una gran ciudad, las medidas bioclimáticas en el diseño urbano deben incluir elementos como espacios en sombra en las horas centrales del día” (EcoAvant, 2023). Frente a eso, este marco teórico se construye sobre tres ejes fundamentales — vegetación, diseño ambiental y sostenibilidad— que sirven como base para repensar los espacios que habitamos y proponernos mejorar la habitabilidad.

Confort térmico y su importancia

El confort térmico, aunque suene técnico, en realidad tiene que ver con algo muy simple: sentirnos bien en un lugar. Que no haga demasiado calor ni demasiado frío, que el aire circule, que no haya una humedad sofocante. Fanger (1970) lo explicó de forma bastante clara al definirlo como "el estado en que las condiciones del entorno son percibidas como agradables por quienes lo experimentan" norma ISO 7730. Y tiene razón: cuando nos sentimos térmicamente cómodos, el espacio se vuelve habitable, acogedor, incluso disfrutable.

Pero eso no siempre ocurre, especialmente en ciudades donde dominan el concreto y el asfalto. En esos lugares, la falta de vegetación crea lo que se conoce como islas de calor: zonas urbanas donde la temperatura sube más de la cuenta, sobre todo durante las horas más intensas del día. Y esa diferencia térmica no es menor —afecta desde el estado de ánimo hasta la salud de quienes viven o se mueven por allí.

Ahora bien, introducir vegetación no es solo “hacer bonito”; tiene efectos concretos. Como señalan Akbari et al. (2001), "la cobertura vegetal reduce significativamente la temperatura superficial urbana y mejora la calidad ambiental general". Árboles, jardines y zonas verdes no solo dan sombra: también refrescan el aire, filtran contaminantes, albergan fauna y, sobre todo, invitan a

quedarse. Son espacios vivos que, en medio del ritmo urbano, ofrecen un respiro —y ese respiro es confort.

Estrategias de medición del confort térmico según la percepción del usuario

Medir el confort térmico en un espacio público no es tan sencillo como mirar un termómetro y ya. La percepción de las personas frente al clima cambia según varios factores: no es lo mismo 30 °C con viento fresco que con humedad estancada. Por eso, existen herramientas diseñadas para captar ese tipo de matices. Algunas de las más utilizadas son el Índice de Calor y el Índice de Temperatura Efectiva. Ambos combinan variables como la temperatura, la humedad y la velocidad del viento para darnos una idea más clara de cómo se siente realmente un lugar, más allá del dato en bruto.

Como lo explican Matzarakis et al. (2007), "el uso de estos indicadores permite una valoración objetiva del confort térmico y apoya decisiones de diseño en espacios abiertos". En otras palabras, no es solo cuestión de números: estos indicadores ayudan a tomar decisiones más acertadas al momento de intervenir un espacio.

Además, también se recurre a mediciones en campo (es decir, directamente en el lugar, tomando datos en distintos horarios y días) o a simulaciones digitales, que permiten prever cómo funcionaría el espacio si se aplicaran ciertos cambios. Ambos métodos —aunque distintos— se complementan muy bien. Y lo importante es esto: si se va a rediseñar un lugar público, lo mínimo es saber cómo se siente estar ahí, no sólo en lo referido a los valores numéricos a través de sensores.

Vegetación y bienestar psicológico

Pocas cosas tienen tanto impacto en nuestro estado de ánimo como estar rodeados de naturaleza. No es solo que se vea “bonito” —que sí, ayuda—, sino que también tiene efectos reales en cómo se siente el usuario. Según Kaplan y Kaplan (1989), "los entornos naturales permiten a los individuos recuperarse del estrés, mejorar su concentración y promover estados emocionales positivos". Es decir, no es solo decoración: es salud mental.

Y tiene sentido. En una ciudad donde todo va rápido, donde hay ruido, cemento, autos y más ruido... contar con un espacio verde, aunque sea pequeño, marca la diferencia. Sentarse en la sombra de un

árbol, caminar entre plantas, o simplemente ver un poco de verde ya cambia la percepción del entorno y hasta del día.

Por eso, cuando se habla de confort urbano, no hay que pensar únicamente en temperaturas o materiales. La vegetación cumple también un papel emocional importantísimo: El contacto con la naturaleza en la ciudad reconecta al individuo, le proporciona calma y un momento de pausa, lo cual resulta invaluable en el contexto urbano. Como señala la Fundación Verdes Horizontes, “los espacios verdes ayudan a reducir el estrés, mejorar el estado de ánimo y fortalecer la salud mental” (Verdes Horizontes, 2023).

Elementos naturales y la experiencia del usuario

A veces pasamos por alto lo mucho que los detalles naturales pueden influir en la forma en que vivimos un espacio. No se trata solo de si hay bancas o iluminación suficiente. La sombra de un árbol, el movimiento de las hojas con el viento o el simple hecho de ver verde alrededor puede transformar por completo la experiencia.

Espacios que combinan bien la vegetación —con variedad de plantas, árboles y texturas— suelen sentirse más acogedores. Además, fomentan algo que es clave en la ciudad: el encuentro entre personas. Como dicen Barton et al. (2015), *"la variedad y complejidad de los paisajes vegetales mejora la interacción social, la relajación y el sentido de pertenencia"*. Es decir, no solo se ven bonitos, sino que ayudan a que la gente se sienta parte del lugar, lo use más, lo cuide más.

Lo natural tiene ese poder de suavizar el ritmo de la ciudad, de ofrecer pequeños respiros que hacen la diferencia en la rutina diaria.

Diseño bioclimático y estrategias efectivas

El diseño bioclimático tiene una lógica bastante sencilla: en lugar de imponerle al entorno un diseño rígido, se trata de aprovechar el clima y las condiciones naturales para que el espacio funcione mejor. Es una forma de pensar los lugares con más sentido común y menos artificialidad.

Atencia Gualda (2021) lo resume bien cuando afirma que *"la ubicación estratégica de la vegetación, la selección de materiales y la orientación de los espacios pueden optimizar el confort térmico"*. Y es cierto: si se planta un árbol en el lugar adecuado, se puede bajar la temperatura varios grados sin necesidad de tecnología; si se elige un suelo permeable, se evita que el calor se acumule tanto.

Algunas estrategias comunes en este tipo de diseño son:

Disposición de vegetación: Colocar árboles en zonas donde más golpea el sol ayuda a generar sombra justo cuando más se necesita. No es solo plantar por estética, sino por funcionalidad.

Elección de materiales: Usar superficies que no retengan tanto calor (como materiales claros o permeables) mejora el confort térmico y, de paso, facilita el drenaje del agua cuando llueve.

Orientación de espacios: Pensar desde el principio en cómo se mueve el sol o por dónde corre el viento puede hacer que el espacio se sienta más fresco y agradable, sin tener que recurrir a soluciones costosas.

Al final, estas decisiones no solo hacen que el espacio sea más cómodo, sino también más sostenible y mejor conectado con la realidad climática del lugar.

Sostenibilidad y resiliencia urbana

Hoy por hoy, cuando se habla de cómo deben crecer las ciudades, es imposible dejar por fuera la sostenibilidad. No se trata solo de plantar árboles por estética: es algo más profundo. Galderisi y Colucci (2019) lo dicen claro: *"la infraestructura verde es fundamental para enfrentar los nuevos desafíos que trae el cambio climático"*. Y tiene sentido, porque la vegetación urbana no solo baja la temperatura —también ayuda a que las ciudades sean más fuertes ante eventos extremos, como lluvias intensas o calor excesivo.

Y es que integrar la naturaleza al diseño urbano es una estrategia que cada vez cobra más fuerza. No solo se trata de adaptar los espacios, sino de permitir que se regeneren, que respondan mejor ante lo inesperado. No es solo por ecología, es por necesidad.

¿Por qué es tan importante la infraestructura verde?

Cuando pensamos en parques o jardines urbanos, a veces olvidamos todo lo que aportan más allá de lo visual. Sí, hacen ver más bonita la ciudad, pero también tienen una función ambiental poderosa. Según Haas et al. (2017), *"espacios como estos ayudan a reducir las inundaciones, limpian el aire y ofrecen refugio a diferentes formas de vida"*. Es decir, no es solo sombra: es salud, es bienestar, es equilibrio.

Además, estos lugares se convierten en zonas de encuentro. No solo mejoran la temperatura del entorno, también mejoran el ánimo. En una ciudad tan acelerada, tener un respiro verde no es un lujo... es una necesidad básica.

Materiales sostenibles: más allá del concreto de siempre

Otra parte que muchas veces se pasa por alto es con qué materiales se construyen los espacios. Porque no todo es verde: también cuenta si el suelo permite que el agua se infiltre o si un muro refleja el calor. Franzoni (2020), por ejemplo, propone el uso de bloques de concreto huecos —y no solo por estética. Según él, *"estos materiales ayudan a reducir la escorrentía del agua y a bajar la temperatura en zonas urbanas"*.

Lo interesante es que estos bloques, por su diseño, pueden albergar pequeñas plantas. O sea, cumplen dos funciones: dejan que el agua entre al suelo y refrescan el ambiente gracias a la vegetación que crece en ellos. Es una solución simple, pero con un impacto real.

Algunas ventajas concretas:

Filtran el agua: dejan pasar el agua de lluvia al subsuelo, evitando que se acumule o cause inundaciones.

Mejoran el clima local: al integrar vegetación, crean microclimas que hacen más soportable el calor.

Este tipo de propuestas, que combinan diseño y naturaleza, pueden parecer menores a simple vista... pero cuando se aplican bien, cambian por completo la sensación de estar en un espacio público.

Políticas urbanas y participación ciudadana

Más allá del diseño bonito y de elegir bien los materiales, hay algo que muchas veces se subestima: las reglas del juego. Es decir, las políticas urbanas. Porque por más buenas ideas que haya, si no hay un marco normativo que las respalde, es difícil que se concreten. Las leyes, los planes de ordenamiento y los programas de ciudad son claves para que existan —y se mantengan— los espacios verdes.

Pero ojo, no se trata solo de lo que diga el papel. Para que estos espacios realmente funcionen y duren, es necesario que las personas se involucren. Que los vecinos, las familias, los jóvenes, tengan voz y voto. Ahí es donde entra la participación comunitaria.

Cuando la comunidad se mete de lleno, todo cambia

Los procesos participativos no son solo un requisito bonito. Funcionan. Cuando la comunidad tiene la oportunidad de aportar ideas, de decidir cómo quieren que sea su parque, su calle o su plazoleta, es más probable que ese lugar tenga vida. No solo porque se adapta a sus necesidades reales, sino porque se vuelve un espacio suyo.

El Civic Trust (2010) lo resume muy bien: "las personas cuidan más aquello en lo que han participado". Y es verdad. Cuando uno ve que su opinión fue tomada en cuenta, que el resultado refleja lo que pidió, se genera un vínculo. Y ese vínculo hace que los espacios se respeten más, se usen mejor, y se mantengan activos.

Talleres participativos: una forma sencilla de sumar voces

Una estrategia bastante útil (y sencilla de aplicar) son los talleres participativos. En ellos, se invita a los vecinos a imaginar, opinar y hasta diseñar cómo quieren que sea el entorno. No se trata de grandes arquitectos ni de técnicos expertos. Se trata de que los usuarios reales —quienes caminan por ahí todos los días— sean parte del proceso desde el inicio.

Y cuando eso pasa, el resultado no solo es más democrático, también suele ser más exitoso.

Marco contextual

Para entender por qué esta investigación tiene sentido, primero hay que mirar bien el lugar donde se propone: la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), ubicada en Medellín. Esta ciudad, rodeada de montañas y con un clima tropical, se enfrenta a varios retos urbanos. Entre los más evidentes están el aumento de las islas de calor y la falta de zonas verdes, sobre todo en áreas muy urbanizadas.

A medida que la ciudad crece —construyendo más y más sobre superficies duras como asfalto y concreto— el calor se acumula con facilidad, y eso termina afectando directamente la experiencia de quienes usan los espacios públicos. Además, se ve afectada la calidad de vida en general: caminar por una calle sin sombra en Medellín al mediodía puede ser realmente incómodo, incluso agobiante.

Las islas de calor: un problema cada vez más común en Medellín

El fenómeno de las islas de calor no es nuevo, pero sí ha cobrado más fuerza en los últimos años. Básicamente, se refiere a zonas urbanas que llegan a tener temperaturas bastante más altas que los alrededores, especialmente en comparación con áreas rurales o con buena cobertura vegetal. ¿La razón? Materiales como el concreto y el asfalto absorben el calor durante el día y lo liberan lentamente durante la noche, haciendo que el entorno se mantenga caliente por más tiempo.

En Medellín, este problema se ha intensificado por el ritmo acelerado de la urbanización y la falta de vegetación adecuada. Según datos de la Alcaldía de Medellín (2018), en algunos sectores la diferencia de temperatura entre una zona densamente construida y un área más verde puede ser de hasta 5 °C. Esa brecha térmica no solo es incómoda; también afecta la salud, el bienestar y el uso efectivo de los espacios públicos.

La Universidad Pontificia Bolivariana como espacio de intervención

La UPB, ubicada en una zona bastante movida de Medellín, es un buen ejemplo de cómo se mezclan distintas condiciones urbanas en un solo lugar. Aunque el campus tiene varias zonas verdes, también es evidente que hay bastantes superficies duras que, con el calor del día, se vuelven

incómodas para quienes transitan por ahí. No se trata solo de la cantidad de árboles o jardines, sino también de cómo están distribuidos y si realmente cumplen una función más allá de lo estético.

Si uno camina por los senderos, se da cuenta de que muchos de ellos no están diseñados pensando en el clima de la ciudad. La sombra escasea en algunos tramos, y el sol pega fuerte, sobre todo en zonas amplias donde predomina el concreto. Esto afecta la sensación térmica general y puede hacer que ciertas áreas sean evitadas, especialmente en las horas más calurosas del día.

Para analizar esto con más detalle, se eligieron dos espacios dentro del campus: la entrada a la biblioteca y el patio del Bloque 10. El primero es un claro ejemplo de cómo la ausencia de vegetación y el exceso de superficies duras pueden convertir un sitio en una isla de calor. Se siente seco, caluroso, poco acogedor. En cambio, el patio del Bloque 10 es otra historia. Hay más sombra, el suelo es menos rígido y, en general, se percibe como un lugar más agradable para estar, incluso cuando hace calor.

Comparar estos dos espacios permite ver con claridad el impacto que tienen la vegetación y los materiales del suelo sobre el confort térmico. No es solo una cuestión técnica: se trata de cómo se vive el espacio. Y eso, en el fondo, es lo que se busca mejorar con este tipo de intervenciones.

Patio Bloque 10



Acceso Biblioteca



Figura 2. Area de estudio Patio Bloque 10 y Acceso a biblioteca

Nota. Fuente (Wikipedia, Pag web UPB 28/02/25)

Url: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Escuela_de_Arquitectura_y_Diseño_UPB.jpg

<https://www.upb.edu.co/es/noticias/reapertura-parcial-biblioteca-central>

Beneficios de la Intervención

La implementación de un diseño que incremente la presencia de vegetación y sustituya suelos duros por opciones más permeables traerá consigo múltiples beneficios, entre los que destacan:

- **Reducción de temperaturas:** La inclusión de más áreas verdes ayudará a disminuir la temperatura superficial y mejorar el microclima del campus.
- **Mejor calidad del aire:** La vegetación contribuye a la absorción de contaminantes y a la producción de oxígeno, promoviendo un ambiente más saludable.
- **Fomento de la biodiversidad:** Un diseño adecuado puede generar hábitats para diversas especies, enriqueciendo el ecosistema urbano.
- **Impacto positivo en la salud mental y el bienestar:** Diversos estudios han demostrado que la presencia de naturaleza en entornos urbanos favorece la relajación, reduce el estrés y mejora la concentración.

Metodología

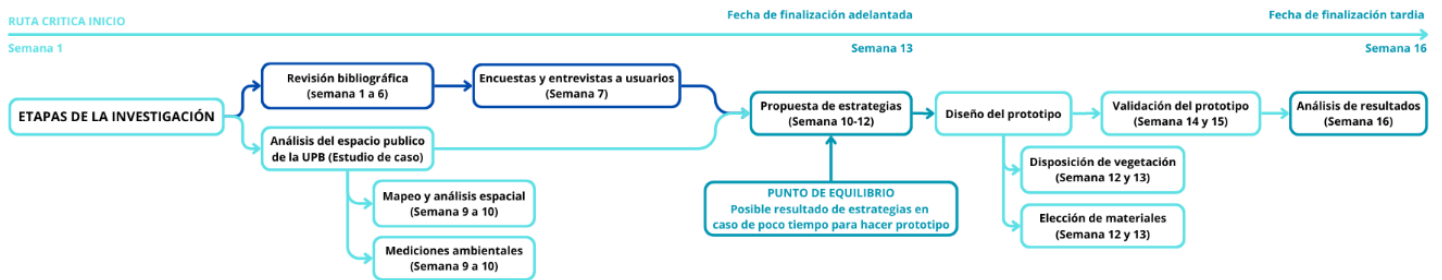
1. Enfoque de la investigación

Este estudio adopta un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos. Se busca analizar tanto las percepciones de los usuarios sobre el confort térmico en los espacios públicos como los datos medibles sobre temperatura, humedad, radiación solar y otros factores ambientales.

2. Tipo de estudio

La investigación es de tipo exploratorio y descriptivo. Exploratorio porque busca examinar las soluciones basadas en vegetación y suelos semi duros como mitigadores del efecto de isla de calor en espacios públicos. Descriptivo porque documenta las condiciones actuales del espacio público en la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) y evalúa el impacto de las intervenciones propuestas.

Tabla 2. Etapas de la investigación – Autoría Propia



3. Etapas de la investigación

Figura 3. Etapas de la investigación (Mapa mental y cuadro de procesos) -Autoría propia

3.1 Revisión bibliográfica (Objetivo específico 1) – Semana 1 a 6 (20 enero a 28 febrero)

- Se llevará a cabo una revisión de literatura científica y técnica relacionada con el confort térmico, las islas de calor urbanas y las soluciones basadas en la naturaleza

(NBS). Esta etapa tiene como objetivo identificar las estrategias más efectivas y sus aplicaciones en contextos similares.

- Fuentes: artículos científicos, libros especializados, normativas urbanas, estudios de caso previos.

3.2 Análisis del espacio público de la UPB (Estudio de caso, Objetivo específico 1) – Semana 9 a 10 (17 marzo a 28 marzo)

- Se realizará un análisis del espacio público en la Universidad Pontificia Bolivariana como caso de estudio.

3.2.1 Espacios públicos seleccionados para el análisis e intervención:

3.2.1.1 Patio Arquitectura - Bloque 10:

Razones de selección:

- Altamente sombreado, lo que mejora el confort térmico.
- Uso mixto que combina circulación y estancia.
- Suelo predominantemente blando con superficies sólidas solo en las áreas de circulación.
- Condiciones favorables para el confort térmico y acústico debido a la presencia de vegetación y materiales menos reflectantes.

3.2.1.2 Acceso Biblioteca:

Razones de selección:

- Prácticamente sin sombra, lo que genera temperaturas elevadas.
- Suelo compuesto en un 90% por superficies sólidas, lo que incrementa la absorción y radiación de calor.
- Condiciones desfavorables para el confort térmico y acústico.

3.2.2 Métodos:

3.2.2.1 Mapeo y análisis espacial (Objetivo específico 1) – Semana 9 a 10 (17 marzo a 28 marzo):

- Utilización de planos del campus para identificar áreas problemáticas en términos de confort térmico, basados en la observación de la distribución actual de superficies duras y vegetación.

3.2.2.2 Mediciones ambientales (Objetivo específico 1) – Semana 9 a 10 (17 marzo a 28 marzo):

- **Temperatura:** Medición con herramientas en la universidad.
- **Humedad:** Uso de dispositivos disponibles en la universidad
- **Sonido:** Evaluación mediante herramientas de medición (Sonómetro)
- **Masas arbóreas:** Identificación mediante planimetrías, imágenes satelitales o mediciones in situ.
- **Cobertura arbórea (copas de árboles):** Evaluación basada en planimetrías, imágenes satelitales, análisis visual y mediciones aproximadas con lienza.
- **Estado del suelo:** Clasificación en blando, sólido o semiblando mediante inspección visual en el sitio.
- **Área verde vs área construida:** Observación directa en el sitio y análisis mediante planos del campus.
- **Temperatura radiante en suelos:** Medición mediante equipos especializados proporcionados por la universidad.
- **Iluminación:** Evaluación con dispositivos de la universidad.
- **Porcentaje de sombreamiento:** Análisis mediante visitas al sitio en diferentes horarios según las masas arbóreas y la extensión de sus copas.
- **Asoleamiento:** Observación directa mediante el mismo procedimiento del análisis de sombreamiento.

3.2.2.3 Encuestas y entrevistas a usuarios (Objetivo específico 1) – Semana 7 (3 marzo a 7 marzo)

- Se aplicarán encuestas a los usuarios del espacio público (estudiantes, profesores, visitantes) para recolectar información sobre sus percepciones del confort térmico.
- Preguntas clave: ¿Qué áreas perciben como más calurosas? ¿Cómo influye el entorno en su confort físico y mental? ¿Qué mejoras sugieren en términos de vegetación y pavimentación?
- Se complementará con entrevistas a profesionales en diseño urbano y sostenibilidad.

3.3 Análisis Estrategias (Objetivo específico 2) – Semana 10 a 12 (24 marzo a 11 abril)

- El propósito de este estudio trasciende la intervención directa en los espacios públicos de la UPB. A partir del análisis detallado de los dos sitios seleccionados el patio de Arquitectura (Bloque 10) y el acceso a la biblioteca, se busca desarrollar una serie de estrategias de diseño urbano que:
 - **Optimicen el confort térmico y acústico:** Proponiendo soluciones como la incorporación estratégica de vegetación, materiales de suelo adecuados y elementos de sombra para reducir el efecto de isla de calor. En particular, se evaluará el uso de suelos semiduros, que permiten una mayor permeabilidad, mejoran la gestión del agua y contribuyen a moderar las temperaturas superficiales.
 - **Generen recomendaciones replicables a nivel global:** Las estrategias derivadas de este caso de estudio podrán ser aplicadas o adaptadas a múltiples espacios urbanos en distintas partes del mundo, buscando responder a problemáticas similares relacionadas con el confort en entornos públicos.
 - **Fomenten el diseño biofílico:** Integrando la naturaleza como elemento clave en la planificación y diseño urbano, no solo para mejorar la estética, sino también para contribuir a la salud y bienestar de los usuarios.

El resultado esperado es una guía de estrategias prácticas que puedan ser implementadas tanto en campus universitarios como en plazas, parques urbanos, áreas de acceso y otras tipologías de espacio público.

3.4Diseño del prototipo (*Objetivo específico 3*) – *Semana 12 a 13 (7 abril a 18 abril)*

- Con base en los datos obtenidos del análisis espacial y las encuestas, se diseñará un prototipo de espacio público que incorpore estrategias de vegetación y pavimentos semi-duros.
- El diseño considerará:
 - **3.4.1Disposición de vegetación:** Estrategias de plantación de árboles y áreas verdes que maximicen la sombra y la mejora del microclima.
 - **3.4.2Elección de materiales:** Se seleccionarán suelos permeables o semi-duros que reflejen menos calor y permitan la infiltración de agua.
 - **3.4.3Simulaciones computacionales:** Uso de software de modelación (como ENVI-met o similar) para simular los efectos del diseño propuesto en la temperatura superficial y el confort térmico.

3.6Análisis de resultados (*Objetivo específico 3*) – *Semana 16 (5 a 9 mayo)*

- Los resultados de las mediciones, encuestas y simulaciones se analizarán para evaluar el impacto de las intervenciones propuestas.
- Se hará un análisis comparativo entre las condiciones actuales del espacio público y las simulaciones del prototipo diseñado.

4Herramientas y técnicas de recolección de datos

• 4.1Temperatura:

- Herramienta a solicitar en la universidad para su uso por dos semanas de análisis en los casos de estudio determinados a horas de la mañana entre siete a once am y en

horas de la tarde entre dos y seis pm, en caso de no conseguir la herramienta se usaran aplicaciones móviles gratuitas, como *Thermometer* y *Weather Live*.

- **4.2 Humedad:**

- Herramienta a solicitar en la universidad para su uso por dos semanas de análisis en los casos de estudio determinados a horas de la mañana entre siete a once am y en horas de la tarde entre dos y seis pm, en caso de no conseguir la herramienta se usaran aplicaciones móviles como *Hygrometer* y *Humidity Checker*.

- **4.3 Sonido:**

- Herramienta a solicitar en la universidad para su uso por dos semanas de análisis en los casos de estudio determinados a horas de la mañana entre siete a once am y en horas de la tarde entre dos y seis pm, en caso de no conseguir la herramienta se usaran aplicaciones móviles gratuitas como *Sound Meter* o *Decibel X*.

- **4.4 Masas arbóreas:**

- Planimetrías, imágenes satelitales y mediciones en sitio.

- **4.5 Cobertura arbórea (copas de árboles):**

- Análisis mediante imágenes satelitales, inspección visual directa y mediciones aproximadas con lienza.

- **4.6 Estado del suelo:**

- Clasificación visual en sitio (blando, sólido o semiblando).

- **4.7 Área verde vs. área construida:**

- Observación directa en el sitio y análisis de planos.

- **4.8 Temperatura radiante del suelo:**

- Equipos especializados de la Universidad.

- **4.9 Iluminación:**

- Herramienta a solicitar en la universidad para su uso por dos semanas de análisis en los casos de estudio determinados a horas de la mañana entre siete a once am y en horas de la tarde entre dos y seis pm.

- **4.10 Sombreamiento:**

- Observaciones en diferentes horarios según la cobertura de copas arbóreas.

- **4.11 Asoleamiento:**

- **4.12Análisis** basado en visitas al sitio y estudio visual según la incidencia solar.
- **4.13Software de simulación:** Programas como ENVI-met o Rhinoceros/Grasshopper con plugins de análisis ambiental.
- **4.14Encuestas y entrevistas:** Formatos estructurados y semiestructurados.

5Alcances y limitaciones

- **5.1Alcances:** Esta metodología permite un análisis detallado de las estrategias de confort térmico en un espacio público específico, con potencial para replicarse en otros entornos urbanos.
- **5.2Limitaciones:** Los resultados están limitados a las condiciones climáticas y urbanas específicas del área de estudio en la UPB, y podrían requerir ajustes en otros contextos geográficos.

Resultados

3.2.2.1 Mapeo y análisis espacial (Objetivo específico 1):

Durante la visita a los espacios seleccionados dentro del campus de la Universidad Pontificia Bolivariana —el acceso a la biblioteca y el patio del Bloque 10— fue evidente la diferencia entre ambos lugares, a pesar de estar a solo unos 100 metros de distancia. Al apoyarnos también en imágenes satelitales de Google Earth, pudimos ubicarlos con claridad y analizar visualmente sus características principales.

Desde el satélite ya se puede intuir lo que después se siente al estar allí. El acceso a la biblioteca se ve árido, con mucho suelo duro y sin una sola sombra visible. Es un espacio donde el calor se acumula fácilmente, y donde la falta de árboles no solo se nota: se sufre. Esa sensación de calor incómodo se confirmó al recorrerlo: la superficie refleja el sol y casi no hay ningún rincón donde resguardarse.

En cambio, el patio del Bloque 10 transmite algo muy distinto. Lo primero que salta a la vista desde arriba es su color verde: no es un verde plano, sino uno que habla de árboles, sombra, frescura. Al estar allí, esa impresión se vuelve evidente. La presencia de vegetación cambia por completo la experiencia del espacio: se siente más fresco, más tranquilo, más amable con quien lo habita.

Este primer análisis deja algo claro: no hace falta recorrer grandes distancias para notar cómo la vegetación transforma el ambiente. La diferencia entre estos dos espacios, tan cercanos entre sí, demuestra que incluir naturaleza en el diseño urbano no es un lujo, sino una necesidad para mejorar la calidad de vida.

Localización casos de estudio

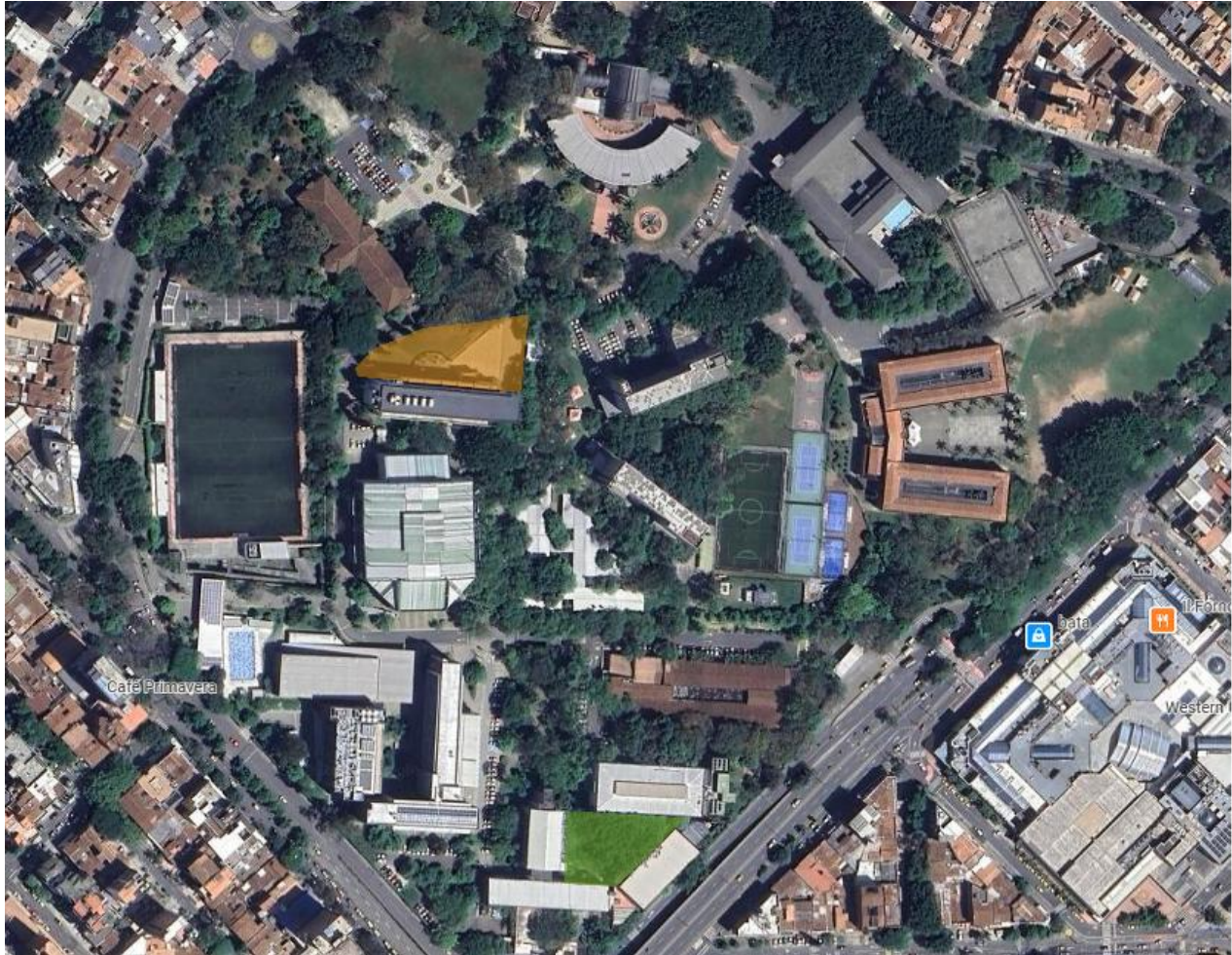


Figura 4. Localización áreas de estudio (Patio bloque 10 y acceso biblioteca). Autoría propia con base satelital Google maps 05/03/25

Url. <https://www.google.com/maps/search/?api=1&query=>

■ Caso de estudio “Acceso a la biblioteca”

■ Caso de estudio “Patio bloque 10”

Análisis espacial Bloque 10

Puntos de referencia y enfoque del análisis

Para recoger los datos en cada uno de los espacios públicos analizados, se eligieron tres puntos de referencia por caso de estudio. En cada uno de esos puntos se tomaron mediciones de variables específicas, como temperatura, humedad y otros factores que ayudan a entender cómo se siente realmente el ambiente en esos lugares.

Ahora bien, aunque los datos se tomaron en puntos concretos, el análisis de elementos como la vegetación, la sombra o los tipos de suelo se hizo pensando en el espacio completo. No tenía mucho sentido separar esos aspectos por punto, porque lo que importa es cómo funciona el entorno en general. Por eso, se optó por observar y evaluar el comportamiento de cada lugar como un todo, más allá de los datos fríos.



Figura 5. Mapeo espacio público bloque 10

Fuente. Autoría propia con base de Google maps

Url. <https://www.google.com/maps/search/?api=1&query=>

Este espacio presenta una condición mixta en cuanto a su materialidad y cobertura vegetal, lo cual genera contrastes importantes en confort térmico, acústico y ambiental.

Tabla 3. Análisis Suelos Bloque 10. Autoría propia

Tipo de suelo	Observaciones bioclimáticas	Impacto en confort
Suelo duro	Zona de mayor acumulación de calor, baja permeabilidad, mayor reflejo de radiación solar.	Genera islas de calor localizadas. Bajo confort térmico.
Suelo semi-duro	Transición térmica intermedia, permite algo de absorción y menor reflejo.	Mejor que suelo duro pero sigue siendo caluroso.
Suelo blando/vegetación	Mayor capacidad de infiltración de agua, disipación térmica, reducción de temperatura superficial.	Altísimo confort térmico y ambiental.

Vegetación y Grupos Arbóreos:

- La presencia de vegetación y masas arbóreas bien distribuidas en el centro y zonas laterales generan un microclima más fresco y agradable.
- Las copas de los árboles y la vegetación aportan:
 - Reducción del asoleamiento directo.
 - Creación de sombra en diferentes horarios.
 - Regulación de humedad relativa en la zona.

Análisis por Puntos de Medición:

Punto 1:

Zona con mayor proporción de suelo duro y semi-duro.

- Baja cobertura vegetal.
- Mayor exposición solar.

- Se espera alta temperatura superficial y aire más seco.
- Mayor reflexión y acumulación térmica.
- Confort térmico bajo.

Punto 2:

Ubicado en la zona central de mayor vegetación y cercanía a masas arbóreas.

- Alta sombra natural.
- Suelo mayoritariamente blando.
- Mejor calidad de aire y humedad relativa.
- Confort térmico y acústico alto.
- Es el espacio más adecuado bioclimáticamente dentro del análisis.

Punto 3:

Zona de transición entre suelo semi-duro y vegetación.

- Sombras parciales por grupos arbóreos.
- Condiciones térmicas intermedias.
- Dependencia de la hora del día para evaluar confort.

Tabla 4. Análisis Factores Bloque 10, Autoría propia

Factor	Situación Actual	Recomendaciones Estratégicas
Temperatura Superficial	Muy alta en suelos duros. Baja en zona vegetal.	Aumentar vegetación en zonas expuestas y priorizar suelos blandos o semi-blandos.
Humedad Relativa	Baja en zonas duras. Mayor en zonas verdes.	Integrar elementos de agua o jardines en zonas duras para compensar.
Asoleamiento	Excesivo en Punto 1. Controlado en Punto 2. Variable en Punto 3.	Generar estructuras de sombra o arborización en zonas duras.

Sombra Natural	Deficiente en accesos y bordes.	Reforzar las masas arbóreas y diseñar recorridos con sombra.
Estado del Suelo	Muy impermeable en zonas duras. Permeable en zonas verdes.	Reemplazar suelos duros por semi-blandos donde sea posible. Integrar pavimentos drenantes.

Caracterización general del espacio:

El espacio analizado presenta un equilibrio parcial entre zonas de confort ambiental y zonas con problemáticas térmicas. La distribución de vegetación, la proporción de suelos y los grupos arbóreos existentes son determinantes para las condiciones bioclimáticas presentes.

3.2.2.2 Análisis por variables bioclimáticas:

Materialidad de suelos:

Tabla 5. Análisis materialidad de suelos Bloque 10, Autoría propia

Tipo de Suelo	Observaciones	Impacto Bioclimático
Suelo Duro	Alta capacidad térmica, absorbe y refleja calor. Baja permeabilidad.	Genera islas de calor localizadas. Bajo confort térmico. Calienta el espacio circundante.
Suelo Semi-Duro	Material permeable parcialmente, transición térmica.	Mejor desempeño que el suelo duro, pero sigue generando cierta acumulación térmica. Necesita apoyo vegetal.
Suelo Vegetal/Blando	Suelo natural con vegetación. Excelente permeabilidad y amortiguación térmica.	Óptimo confort térmico, regula temperatura y humedad, mejora calidad de aire y confort ambiental.

Posibles Estrategias Bioclimáticas para el Espacio:

- Reducción de superficies de suelo duro en las zonas más expuestas.
- Implementación de suelos semi-duros o blandos permeables en caminos y zonas de recorrido.

- Reforestación urbana con especies nativas de gran copa para aumentar el % de sombra.
- Incorporar jardines de infiltración y vegetación baja en zonas secas.
- Crear espacios de confort térmico (plazas verdes, mobiliario bajo sombra).
- Implementar elementos de retención de agua para mejorar la humedad ambiental.

Mediciones ambientales (Objetivo específico 1):

Tabla 6. Toma de datos Bloque 10, Autoría Propia

TOMA DE DATOS PATIO BLOQUE 10										
VARIABLES	PUNTOS	MARZO 27.2025	ABRIL 01.2025		ABRIL 02.2025		ABRIL 03.2025		ABRIL 04.2025	
		4:48PM	4:00PM	4:37PM	4:48PM	3:01 PM	4:30PM	5:00 PM	3:28PM	
Temperatura (°C)	1		32.2				30.3			
	2		32.8				30.9			
	3		33				30.8			
	General	24.8	28.9	28.5	24.5	25.3	32.0	24.5	28.9	
Humedad (%)	1		55.4				67.9			
	2		53.8				68.4			
	3		53.9				66			
	General	49	47	47	50	46	68	71	60	
Sonido (dBA)	1		47.2				40			
	2		40.1				39			
	3		40.5				39			
	1		89.51				147.3			
Iluminación (Lux)	2		149.2				147.3			
	3		257.1				147.3			

Para los puntos de medición se registraron las variables de temperatura, humedad, sonido e iluminación. Además, se tomaron algunas medidas generales con una herramienta perteneciente a la Ecovilla UPB. Estas mediciones generales se realizaron en días específicos, especialmente en aquellos en los que no se tomaron datos detallados por punto. En cuanto al horario, la mayoría de las mediciones se llevaron a cabo entre las 3:00 p. m. y las 5:00 p. m., con la excepción del 24 de abril, un día especialmente caluroso, en el que los datos fueron registrados a las 11:00 a. m.

Marzo 27, 2025 - 4:48PM (día lluvioso)

Tabla 7. Tablas de medida Promediadas Bloque 10, Autoría propia

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sonido (dBA)	Iluminación (Lux)
1	32.2	55.4	47.2	89.51
2	32.8	53.8	40.1	149.2
3	33.0	53.9	40.5	257.1

Abril 01, 2025 - 4:00PM (día nublado)

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sonido (dBA)	Iluminación (Lux)
1	28.9			

Abril 02, 2025 - 4:48PM (día nublado)

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sonido (dBA)	Iluminación (Lux)
General	24.5	40		

Abril 02, 2025 - 3:01PM (día nublado)

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sonido (dBA)	Iluminación (Lux)
General	25.3	46		

Abril 03, 2025 - 4:30PM (día lluvioso)

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sonido (dBA)	Iluminación (Lux)
1	30.3	67.9	40.0	147.3
2	30.9	68.4	39.0	147.3
3	30.8	66.0	39.0	147.3

Abril 03, 2025 - 5:00PM (día lluvioso)

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sonido (dBA)	Iluminación (Lux)
General	24.5	71		

Abril 04, 2025 - 3:28PM (día nublado)

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sonido (dBA)	Iluminación (Lux)
General	28.9	60		

Abril 24, 2025 - 11:00AM (día soleado)

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sonido (dBA)	Iluminación (Lux)
1	35.1	50.4	39.0	2479
2	37.5	47.1	52.1	968

3	38.3	43.3	42.1	1117
---	------	------	------	------

Temperatura (°C)

- **Rango de temperaturas:**

- Mínima: 24.5°C
- Máxima: 39°C

- **Observación:**

Las temperaturas más altas se registran en horas Del medio día (entre 11:00 a.m y 1:00 p.m), especialmente en los puntos 1 y 3. La temperatura se mantiene cálida, típica de un espacio exterior expuesto al sol.

Humedad Relativa (%)

- **Rango de humedad:**

- Mínima: 46%
- Máxima: 71%

- **Observación:**

La humedad es relativamente alta, con picos cercanos al 70% en algunos días, lo que indica un ambiente húmedo, posiblemente con presencia de vegetación o retención de humedad en el espacio.

Sonido (dBA)

- **Rango de ruido:**

- Mínimo: 39 dBA
- Máximo: 47.2 dBA

- **Observación:**

Los niveles de sonido son bajos — corresponde a un ambiente tranquilo, sin contaminación acústica significativa. Valores por debajo de 50 dBA indican confort sonoro.

Iluminación (Lux)○ **Rango de iluminación:**

- Mínima: 89.51 Lux
- Máxima: 257.1 Lux

○ **Observación:**

Los niveles de iluminación son moderados, influenciados por la hora del día y la posible presencia de sombras. Valores inferiores a 300 Lux son típicos de un espacio exterior con algo de sombra o techado parcial.

Análisis espacial Acceso ~~Bblioteca~~Biblioteca

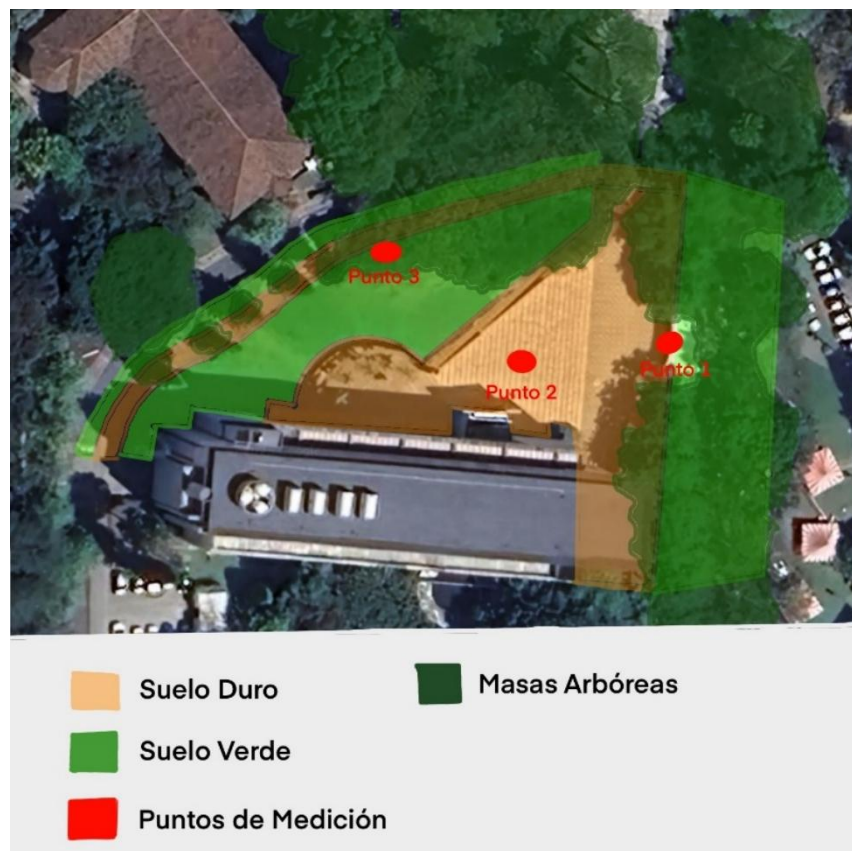


Figura 6. Mapeo espacio público Biblioteca

Fuente. Autoría propia con base de Google maps

Url. <https://www.google.com/maps/search/?api=1&query=>

3.2.2.2 Análisis Bioclimático — Biblioteca UPB

Características generales del espacio:

El área estudiada presenta una combinación de:

- Suelo duro → Áreas pavimentadas que incrementan el almacenamiento y reflejo de calor.
- Suelo verde → Zonas con vegetación baja que ayudan a reducir temperatura superficial y mejoran la evaporación.
- Masas arbóreas → Árboles que aportan sombra, regulación térmica y captación de CO₂.

- Puntos de medición → Estrategias de monitoreo térmico y ambiental en zonas clave (exposición solar, sombra y transición).

Interpretación Bioclimática por zonas:

Punto 1 — Zona con Suelo Duro + Masas Arbóreas cercanas

- Se espera mayor acumulación de calor por radiación reflejada del suelo duro.
- Sin embargo, las masas arbóreas atenúan el impacto térmico directo.
- Ideal para implementar estrategias de sombra y pavimentos fríos o permeables.

Punto 2 — Área de Transición: Suelo Duro vs. Suelo Verde

- Punto clave de medición por encontrarse en un límite térmico y perceptivo.
- Las diferencias de temperatura y confort pueden ser notorias.
- Recomendable potenciar el uso de vegetación baja y mobiliario que permita ventilación natural.

Punto 3 — Zona Predominantemente Verde

- Condiciones térmicas más favorables.
- El efecto de las masas arbóreas es determinante en la regulación de temperatura.
- Ideal para actividades pasivas y espacios de estancia prolongada si tuviera alguna sombra.

Tabla 8. Análisis Variables Biblioteca, Autoría Propia.

Variable	Condición Actual	Recomendaciones Bioclimáticas
Exposición Solar	Alta en suelos duros	Incrementar la cantidad de arboles que generen sombra al espacio.
Vegetación	Mal manejo de masas arbóreas	Consolidar y aumentar franjas verdes en zonas duras.
Ventilación	Potencial ventilación cruzada	Optimizar corredores de viento natural.
Confort Térmico	Diferenciado según superficie	Reemplazar o mezclar suelos duros por semi-duros o permeables.

Tabla 9. Toma de datos Biblioteca. Autoría propia.

TOMA DE DATOS ESPACIO PÚBLICO BIBLIOTECA										
VARIABLES	PUNTOS	MARZO 27.2025	ABRIL 01.2025			ABRIL 02.2025		ABRIL 03.2025		ABRIL 04.2025
		4:48PM	4:00PM	4:37PM	4:48PM	3:01 PM	4:30PM	5:00 PM	3:28PM	
Temperatura (°C)	1	27	27.8	26			30.8			
	2	26	28	27,5			31.9			
	3	24	29	25			30.8			
	General	24.8	28.9	26	24.5	25.3	32.0	24.5	28.9	
Humedad (%)	1	64,4	62.2	60			79.6			
	2	64	62	61			64.5			
	3	64,7	62.3	59			67.9			
	General	49	47	47	50	46	68	71	60	
Sonido (dBA)	1		40.5	40.5			41.6			
	2		40.7	40.7			39.9			
	3		55.6	55.6			40			
Iluminación (Lux)	1		769.4	769.4			1070			
	2		1234	1234			126.8			
	3		448.7	448.7			147.3			

Marzo 27, 2025 - 4:48PM

Tabla 10. Tablas de mediciones Promediadas, Autoría Propia.

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sonido (dBA)	Iluminación (Lux)
1	27	64.4	40.5	769.4
2	26	64	40.7	1234
3	24	64.7	55.6	448.7

Abril 01, 2025 - 4:00PM

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sonido (dBA)	Iluminación (Lux)
1	27.8	62.2	40.5	769.4
2	28	62	40.7	1234
3	29	62.3	55.6	448.7

Abril 01, 2025 - 4:37PM

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sonido (dBA)	Iluminación (Lux)
1	26	59		
2	27.5			

Abril 02, 2025 - 4:48PM

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sonido (dBA)	Iluminación (Lux)
1	30.8	79.6		
2	31.9	64.5		
3	30.8	67.9		

Abril 02, 2025 - 3:01PM

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sonido (dBA)	Iluminación (Lux)
General	25.3	46		

Abril 02, 2025 - 4:30PM

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sonido (dBA)	Iluminación (Lux)
General	32			

Abril 03, 2025 - 5:00PM

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sonido (dBA)	Iluminación (Lux)
General	24.5	71		

Abril 04, 2025 - 3:28PM

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sonido (dBA)	Iluminación (Lux)
-------	------------------	-------------	--------------	-------------------

General	28.9	60		
---------	------	----	--	--

Abril 24, 2025 - 11:00AM

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sonido (dBA)	Iluminación (Lux)
1	32.1	56.8	40.3	1718
2	34.9	45.4	35.8	1358
3	35.1	50.4	39	2479

Análisis de Datos — Espacio Público Biblioteca UPB**Temperatura (°C)**

- Rango de temperaturas:
 - Mínima: 24°C
 - Máxima: 36°C
- Observación:

Las temperaturas son más frescas en comparación al Patio del Bloque 10. Se perciben condiciones más controladas térmicamente, tal vez por vegetación, sombra o menor exposición directa al sol.

Humedad Relativa (%)

- Rango de humedad:
 - Mínima: 46%
 - Máxima: 79.6%
- Observación:

La humedad en este espacio es más alta en comparación con el Patio del Bloque 10. Esto puede indicar vegetación densa o características del espacio que favorecen la retención de humedad.

Sonido (dBA)

- Rango de ruido:
 - Mínimo: 39.9 dBA
 - Máximo: 55.6 dBA

- Observación:

El nivel sonoro es bajo-moderado, aunque en un punto (Punto 3) alcanza los 55.6 dBA, lo que podría ser por cercanía a zonas de paso o actividades con más personas. En general, sigue siendo un ambiente cómodo.

Iluminación (Lux)

- Rango de iluminación:
 - Mínima: 126.8 Lux
 - Máxima: 1234 Lux

- Observación:

Este espacio presenta niveles de iluminación mucho más altos y variables. Hay zonas con excelente iluminación natural (valores superiores a 1000 Lux), lo que evidencia mayor exposición solar o espacios abiertos sin sombra.

Comparativa de mediciones (Bloque 10 vs Biblioteca)**1. Temperatura**

Bloque 10: Temperaturas registradas de hasta 38.3 °C en algunos puntos y horarios.

Biblioteca: Temperaturas ligeramente más bajas, alrededor de los 35.1 °C.

Diferencia clave: Aunque el Bloque 10 presenta una temperatura mayor en medición absoluta, su percepción térmica es más agradable.

2. Humedad relativa

Bloque 10: Humedades entre 43 % y 48 %, lo que contribuye a una sensación térmica más equilibrada.

Biblioteca: Humedad algo mayor (50 % aprox.), pero con sensación térmica más calurosa.

Diferencia clave: La humedad en el Bloque 10 ayuda a amortiguar la sequedad del aire, mientras que en la biblioteca no se siente confort porque la humedad no compensa la exposición solar directa.

3. Iluminación (lux)

Bloque 10: Registros bajos a moderados (968–1117 lux), lo cual indica una presencia efectiva de sombra natural.

Biblioteca: Altos niveles de iluminación (hasta 2479 lux), reflejo de una gran exposición solar sin sombra.

Diferencia clave: La sombra natural del Bloque 10 reduce el deslumbramiento y la incomodidad térmica.

4. Sonido (dBA)

Bloque 10: Niveles de sonido moderados (42.1 dBA), lo que lo hace más adecuado para lectura y descanso.

Biblioteca: Sonido similar o levemente menor (39.0 dBA), pero el entorno es más árido, lo que amplifica la sensación de incomodidad.

Diferencia clave: Aunque el nivel sonoro no difiere tanto, el contexto natural del Bloque 10 mitiga mejor la percepción del ruido.

5. Vegetación y sombra

Bloque 10: Alta cobertura vegetal con árboles de copa densa y zonas verdes. Sombras proyectadas eficientemente durante gran parte del día.

Biblioteca: Prácticamente sin vegetación en la zona central de acceso. Dominio de superficies duras y exposición directa al sol.

6. Caminabilidad y uso del espacio

Bloque 10: Suelo mixto, espacios de estancia, bancos y sombra. Es un lugar habitable.

Biblioteca: Escalinata de uso forzado, sin zonas cómodas de descanso ni permanencia.

¿Por qué se siente más confortable el Bloque 10?

Aunque el Bloque 10 muestra temperaturas ligeramente más altas en los instrumentos, el confort térmico percibido es mucho mayor debido a:

- La **sombra natural** proporcionada por la vegetación.
- La **protección contra el sol directo**, que reduce la carga térmica sobre las personas.
- La **textura visual y ambiental** más amigable.
- La **disposición del espacio** que permite estar, no solo pasar.
- La **presencia de zonas verdes**, que refrescan y humanizan el entorno.

Este caso demuestra que el confort no depende solo de la temperatura medida, sino de **cómo se percibe el entorno en su conjunto**: sombra, materiales, vegetación, humedad, y posibilidad de uso.

3.2.2.3 Encuestas y entrevistas a usuarios (Objetivo específico 1)

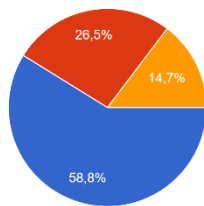
Resultado de encuestas y entrevistas realizadas en el campus universitario y a profesores de las materias de Arquitectura.

Información general

Se realizó una encuesta entre estudiantes y profesores para conocer cómo perciben las condiciones térmicas en los espacios públicos del campus. La mayoría de quienes respondieron fueron estudiantes, y muchos dijeron que usan estos espacios varias veces por semana, permaneciendo en ellos por más de media hora en promedio.

1.1. ¿Eres estudiante o profesor?

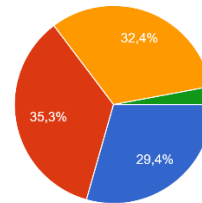
34 respuestas



● Estudiante
● Profesor
● Otro

1.2. ¿Con qué frecuencia utilizas los espacios públicos de la universidad?

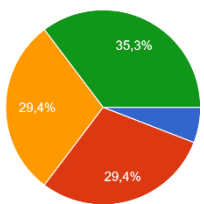
34 respuestas



● Todos los días
● Varias veces por semana
● Ocasionalmente
● Casi nunca

1.3. ¿Cuánto tiempo permaneces en estos espacios en promedio?

34 respuestas



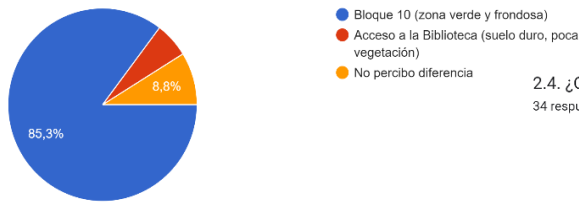
● Menos de 15 minutos
● Entre 15 y 30 minutos
● Entre 30 minutos y 1 hora
● Más de 1 hora

Figura 7. Gráficos de Resultados encuesta, información general. Autoría propia.

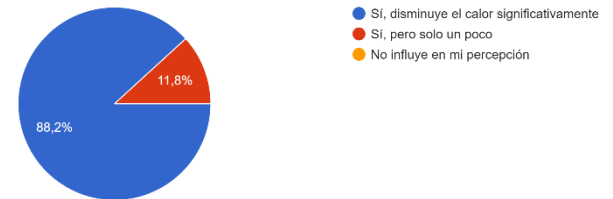
Cuando se les preguntó por el confort térmico, el Bloque 10 fue el espacio mejor valorado: más del 80 % lo identificó como el lugar más fresco del campus. Por el contrario, el acceso a la Biblioteca fue percibido como más caluroso por cerca del 74 % de los encuestados, probablemente debido a que tiene menos vegetación y predominan superficies duras.

Algo que también quedó claro es la importancia de la sombra: un 86 % afirmó que la presencia de árboles ayuda bastante a reducir la sensación de calor. Además, casi el 80 % dijo que el sol directo les resulta incómodo, por lo que prefieren evitarlo.

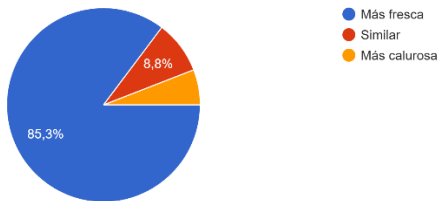
2.1. ¿En cuál de estos espacios sientes mayor confort térmico?
34 respuestas



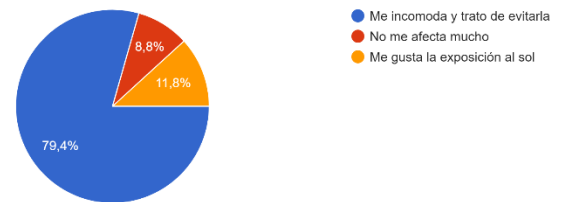
2.4. ¿Consideras que la sombra de los árboles influye en tu percepción térmica?
34 respuestas



2.2. ¿En el Bloque 10, cómo percibes la temperatura en comparación con otras zonas del campus?
34 respuestas



2.5. ¿Cómo te afecta la exposición al sol en estos espacios?
34 respuestas



2.3. ¿En el acceso a la Biblioteca, cómo percibes la temperatura en comparación con otras zonas del campus?
34 respuestas

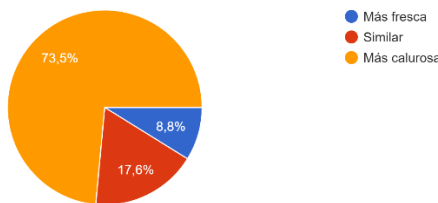


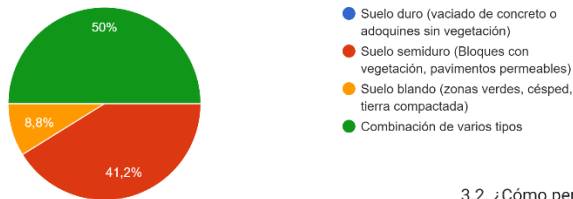
Figura 8. Gráficos de Resultados encuesta, Percepción confort térmico. Autoría propia.

Al consultar sobre la preferencia en los tipos de suelo para los espacios públicos de la universidad, la mitad de los participantes eligió una combinación de diferentes tipos, lo que sugiere una valoración del equilibrio entre funcionalidad y naturaleza. Un 41 % se inclinó por los suelos semiduros (como los pavimentos permeables

con vegetación), lo que indica que muchos buscan espacios caminables pero con cierto nivel de confort térmico y ambiental.

En cuanto a la caminabilidad, la mayoría (56 %) prefiere los suelos semiduros porque combinan estabilidad con una sensación natural. Un porcentaje menor eligió los suelos blandos por ser más cómodos y frescos, mientras que solo un pequeño grupo optó por los duros por considerarlos más fáciles para caminar.

3.1. ¿Qué tipo de suelo prefieres para los espacios públicos de la universidad?
34 respuestas



3.2. ¿Cómo percibes la caminabilidad de los diferentes tipos de suelo?
34 respuestas



Figura 9. Gráficos de Resultados encuesta, Tipos de suelo. Autoría propia.

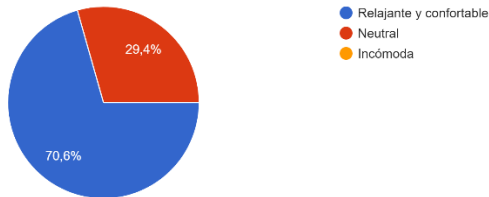
4. Percepción del Entorno y Sensación de Bienestar

La mayoría de las personas describen su experiencia en el Bloque 10 como relajante y cómoda, lo cual contrasta bastante con lo que sienten al acceder a la biblioteca, donde la mitad expresó incomodidad. Esto parece estar muy ligado a la diferencia en sombra y vegetación entre ambos espacios.

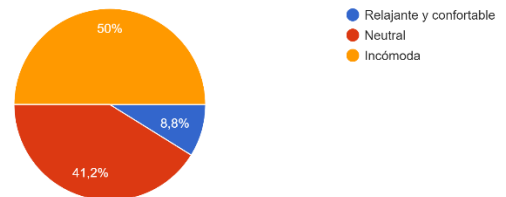
Cuando se preguntó qué cosas hacen más agradables los espacios públicos, la respuesta fue bastante clara: más árboles, sombra, bancas cómodas y un poco de agua cercana son clave para que la gente

se sienta a gusto. También hubo quienes valoran tener distintos tipos de suelo, lo cual sugiere que la variedad y el diseño pensado en el bienestar marcan la diferencia.

4.1. ¿Cómo describirías tu sensación general en el Bloque 10?
34 respuestas



4.2. ¿Cómo describirías tu sensación general en el acceso a la Biblioteca?
34 respuestas



4.3. ¿Qué elementos crees que hacen más agradable un espacio público?
opciones)
34 respuestas

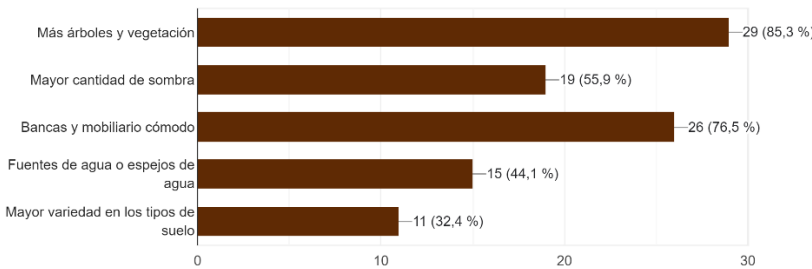


Figura 10. Gráficos de Resultados encuesta, Percepción del entorno. Autoría propia.

Cuestionario sobre cambios hacia un espacio público según preferencias de cada encuestado:

Las 36 personas que respondieron las encuestas y comentarios cualitativos coincidieron en varios aspectos importantes a la hora de pensar el diseño y la mejora de los espacios públicos. A partir de sus opiniones, se pueden identificar los siguientes criterios de diseño clave:

1. Mejora de la caminabilidad y accesibilidad

Uno de los puntos más insistentes fue la necesidad de rediseñar las escalinatas de acceso, especialmente las del área de la biblioteca. Se mencionó que los peldaños son incómodos, con proporciones que no permiten caminar con naturalidad. También se sugirió integrar gradas con doble uso (estancia y circulación) y caminos más amigables que respeten medidas antropométricas. En resumen: los recorridos deben ser cómodos, seguros y pensados para una variedad de usuarios.

2. Incorporación de vegetación para sombra y frescura

La falta de sombra y el exceso de superficies duras fueron una constante preocupación. Muchos proponen añadir árboles de gran porte, vegetación arbustiva o herbácea de bajo mantenimiento y elementos que ayuden a crear microclimas más frescos. También se habló de romper la rigidez del suelo duro mediante corredores verdes, suelos permeables o zonas plantadas que ayuden a mitigar la sensación térmica elevada.

3. Espacios de permanencia y mobiliario adecuado

Varios comentarios hacen referencia a la necesidad de habilitar zonas donde quedarse sea agradable. Esto incluye bancas cómodas, mobiliario para lectura o descanso, espacios sombreados y elementos que inviten a habitar el lugar, no solo a transitarlo. Se mencionó incluso la posibilidad de cubiertas o pérgolas para ampliar el confort.

4. Elementos de regulación térmica y sensorial

Además de la vegetación, se propuso la inclusión de espejos de agua, fuentes o incluso materiales con colores adecuados para reducir la radiación. También se sugirió mejorar la ventilación natural, e incluso incorporar elementos artificiales que generen frescura como un sistema de aire o rocío.

5. Intervención sensible y adaptable al entorno

Algunos comentarios reconocen el valor estético y simbólico de ciertos espacios, como el acceso monumental a la biblioteca. En estos casos, se propone intervenir sin ocultar o interferir con esos valores, usando vegetación baja, colores neutros o estructuras ligeras. La intención es mejorar el confort sin perder la esencia del lugar

○ Conclusiones de encuestas:

- Comenzando con el análisis de estudio de la conveniencia del patio 10. En el bloque y el acceso a la biblioteca de la Universidad Pontificia Bolivariana, se identificaron varios problemas relacionados con la calidad, la disponibilidad y la funcionalidad espacial del entorno. Las respuestas obtenidas muestran una percepción general de incomodidad debido a la ausencia de factores térmicos, movilidad y espacio apropiado.
- **Falta de comodidad térmica y ambiental**
 - Los resultados indican que la exposición directa al sol crea un entorno desagradable para los usuarios. La ausencia de elementos que regulan la temperatura, como las altas cargas que proporcionan estructuras de vegetación o sombra, aumentan la sensación térmica al dificultar el lugar correcto. Se propone la inclusión de árboles colocados estratégicamente, lo que permite ingresar a la luz natural sin causar una densidad excesiva, así como la introducción de espejos de agua u otros elementos de agua para reducir el impacto térmico.
- **Problemas de disponibilidad y caminabilidad**
 - Uno de los aspectos más precisos de las respuestas es la incomodidad causada por la configuración de la escalera para el acceso a la biblioteca. Se enfatiza que la dimensión de huella es inadecuada, lo que dificulta el tráfico fluido y seguro. Para mejorar la disponibilidad, se recomienda convertir escaleras con un pie mínimo

de 60 cm y Modhuella, que corresponde a parámetros ergonómicos. Además, se propone una combinación de soportes y escaleras con lugares de descanso, facilitando la transición entre niveles y promoviendo su uso como una duración del espacio.

- **Carencia de mobiliario y espacios de estancia**

- El espacio se percibe como un área de tránsito sin condiciones apropiadas. La falta de muebles y elementos que contribuyen a la apropiación ambiental limita su funcionalidad. En respuesta a este problema, es aconsejable hacer la introducción de bancos ergonómicos, pérgola y muebles para apoyar la comodidad del usuario. También propone generar un espacio de transición con carcassas apropiadas que le permitan complementar actividades como leer o relajarse.

- **Intervención de la Tierra y estrategias de paisaje**

- Considerar superficies sólidas aumenta la sensación de calidez y evita la integración con el entorno natural. Se ofrece la inclusión del suelo permeable, lo que facilita la absorción de agua y ayuda a mejorar la calidad del medio ambiente. Del mismo modo, para determinar la destrucción óptima de la vegetación, es aconsejable determinar el estudio de energía solar sin comprometer la visibilidad de la biblioteca. La elección de las especies debe considerar sistemas de bajo mantenimiento, como jugosos, helechos y arbustos que son resistentes a la exposición al sol.

- **Estrategias de invención climática**

- Se propone la necesidad de introducir soluciones que reduzcan el impacto del calor y mejoren las condiciones de confort de calor en el área. Entre las estrategias propuestas se encuentran la integración de corredores verdes, el uso de colores brillantes en las superficies para reducir la absorción térmica y la instalación de techos o pérgolas con especies claras que crean una sombra.

- **Conclusión general**

- El análisis del estudio muestra que el acceso a la biblioteca tiene desventajas en términos de comodidad, disponibilidad y funcionalidad del calor. La implementación de estrategias de diseño de la ciudad y paisaje mejoraría la calidad de la habitación y promovería su uso como un entorno conveniente y apropiado. La integración de la vegetación, los muebles ergonómicos y las soluciones arquitectónicas, que reducen una sensación de calor, es esencial para que los usuarios garanticen una mejor experiencia.

3.3 Análisis Estrategia (Objetivo específico 2)

A partir del análisis comparativo de los datos recolectados en ambos casos de estudio, se concluye que las estrategias e intervenciones estarán dirigidas prioritariamente al espacio público de la Biblioteca de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB). Esta decisión se fundamenta en las evidencias encontradas respecto a su deficiente confort térmico-acústico, la limitada presencia de cobertura vegetal y el predominante uso de suelos duros. Estas condiciones no solo afectan la calidad ambiental del espacio, sino también la experiencia de quienes lo habitan, lo transitan y lo hacen parte de su cotidianidad universitaria.

Matrices multicriterio Estrategias de diseño espacio publico

Matriz de Evaluación de Tipos de Suelo Semiduro y Áreas Verdes

Esta matriz evalúa distintos tipos de suelo semiduro y áreas verdes según criterios clave para el diseño urbano: viabilidad técnica, impacto en el bienestar, estética, funcionalidad y permeabilidad. La calificación es del 1 al 100, siendo 100 la puntuación más favorable.

Tabla 11. Matriz tipos de suelo. Autoría propia.

<i>Tipo de suelo/Area verde</i>	<i>Viabilidad Técnica</i>	<i>Bienestar</i>	<i>Estética</i>	<i>Funcionalidad</i>	<i>Permeabilidad</i>	<i>Puntaje</i>
<i>Grava</i>	<i>Alta (85)</i>	<i>Media (70)</i>	<i>Media (65)</i>	<i>Alta (80)</i>	<i>Media (70)</i>	<i>370</i>

<i>Pavimento Permeable</i>	<i>Alta (90)</i>	<i>Alta (85)</i>	<i>Media (70)</i>	<i>Alta (85)</i>	<i>Alta (90)</i>	<i>420</i>
<i>Patos Naturales</i>	<i>Media (70)</i>	<i>Alta (90)</i>	<i>Alta (90)</i>	<i>Media (75)</i>	<i>Alta (95)</i>	<i>420</i>
<i>Areas ajardinadas</i>	<i>Media (75)</i>	<i>Alta (85)</i>	<i>Alta (85)</i>	<i>Media (70)</i>	<i>Alta (90)</i>	<i>405</i>
<i>Suelo con resinas vegetales</i>	<i>Alta (80)</i>	<i>Media (70)</i>	<i>Media (65)</i>	<i>Alta (80)</i>	<i>Media (70)</i>	<i>365</i>
<i>Gramoquin</i>	<i>Alta (95)</i>	<i>Alta (90)</i>	<i>Alta (100)</i>	<i>Alta (100)</i>	<i>Alta (95)</i>	<i>480</i>

Considerando los resultados obtenidos en la matriz multicriterio, el **gramoquín** se posiciona como la alternativa más completa y eficaz para intervenir espacios públicos urbanos que requieren mejor confort térmico y sostenibilidad. Su **alta puntuación en estética (100), funcionalidad (100) y permeabilidad (95)** lo convierten en un material ideal para entornos donde se busca crear ambientes habitables, frescos y resilientes ante el cambio climático.

Por otro lado, tanto los **patos naturales** como el **pavimento permeable** también muestran un excelente desempeño, siendo opciones viables para combinar en zonas de circulación o áreas de transición, al equilibrar **viabilidad técnica, bienestar ambiental y eficiencia hídrica**.

En cambio, materiales como la **grava** o los **suelos con resinas vegetales** deberían limitarse a sectores muy específicos del diseño, pues su aporte al confort térmico y visual es más limitado, especialmente en condiciones de alta exposición solar.



Figura 11. Representación Suelos semiduros tipo collage renderizados en lumion 13. autoría propia

Matriz Evaluación simple de estrategias por criterios (Escala 0-5)

Tabla 12. Matriz evaluación simple de estrategias. autoría propia

Estrategia de Diseño	Reducción de Calor	Costo Económico	Mantenimiento	Impacto Social Positivo	Total
Sustituir suelos duros por semiduros	4	3	4	4	15
Añadir áreas verdes permeables (praderas)	5	2	3	5	15
Plantación de árboles de gran copa	5	3	3	5	16
Incorporar techos verdes	4	2	2	3	11
Pérgolas con enredaderas naturales	3	4	3	4	14

Matriz Evaluación ponderada (AHP simplificado)

Pesos asignados a los criterios:

- Reducción de Calor: 40%
- Costo Económico: 20%
- Mantenimiento: 15%
- Impacto Social Positivo: 25%

Tabla 13. Matriz evaluación ponderada. Autoría Propia

Estrategia	Calor (x0.4)	Costo (x0.2)	Mantenimiento (x0.15)	Social (x0.25)	Total Ponderado
Suelo semiduro	1.6	0.6	0.6	1.0	3.8
Más áreas verdes	2.0	0.4	0.45	1.25	4.1
Árboles de gran copa	2.0	0.6	0.45	1.25	4.3
Techos verdes	1.6	0.4	0.3	0.75	3.05

Matriz Evaluación territorial (Impacto espacial por zonas)

Tabla 14. Matriz evaluación territorial. utoría Propia

Zona del Parque / Ciudad	Estrategia Propuesta	Grado de Sellado (%)	Cambio propuesto (%)	Potencial de Reducción de IC	Prioridad
Plaza Central	Árboles de gran copa + suelo semiduro	95	-60%	Muy Alto	Alta
Zona de paso peatonal	Sustituir suelo por material permeable	85	-50%	Alto	Alta
Sector recreativo	Añadir áreas verdes abiertas	70	-40%	Medio	Media
Estacionamientos	Techos verdes + suelo drenante	98	-70%	Muy Alto	Alta
Senderos periféricos	Árboles + césped bajo	60	-30%	Bajo	Media

La matriz evidencia que las **estrategias basadas en vegetación** como árboles de gran copa, praderas permeables y suelos semiduros ofrecen los **mejores resultados integrales** al combinar efectividad térmica, viabilidad económica y alto impacto social. Estas deben ser priorizadas en

intervenciones de espacio público como el caso de la Biblioteca UPB, donde la vegetación y la permeabilidad del suelo son esenciales.

Matriz de Evaluación de Árboles Urbanos en Colombia para Mitigar la Isla de Calor

Esta matriz se enfoca en especies de árboles comunes y adecuados para el contexto urbano colombiano, evaluados en función de viabilidad técnica, impacto en el bienestar, estética, funcionalidad (sombra) y efectividad en reducción de calor urbano. Puntaje del 1 al 100 por criterio.

Tabla 15. Matriz evaluación arboles urbanos en Colombia. Autoría propia

Especie de Árbol (Nombre común / científico)	Viabilidad Técnica	Bienestar	Estética	Funcionalidad (Sombra)	Reducción de Calor	Puntaje Total
Guayacán rosado (Tabebuia rosea)	Alta (85)	Alta (90)	Alta (90)	Alta (85)	Alta (90)	440
Ocobo (Handroanthus chrysanthus)	Alta (80)	Alta (85)	Alta (90)	Media (75)	Alta (85)	415
Saman (Samanea saman)	Media (75)	Alta (90)	Media (75)	Muy Alta (95)	Muy Alta (95)	430
Cocotero (Cocos nucifera)	Media (70)	Media (75)	Alta (85)	Media (65)	Media (70)	365
Nogal cafetero (Cordia alliodora)	Alta (80)	Alta (85)	Media (70)	Alta (85)	Alta (85)	405
Ceiba (Ceiba pentandra)	Media (70)	Alta (85)	Media (75)	Alta (80)	Alta (85)	395

Para mitigar las islas de calor y mejorar el confort térmico, las especies más recomendables son aquellas con copas densas, alta viabilidad y estética destacada. En este caso, el Guayacán rosado y el Samán encabezan la lista como las alternativas más completas. Su inclusión en propuestas como la intervención del acceso a la biblioteca UPB permite lograr un equilibrio entre sostenibilidad, habitabilidad y diseño.

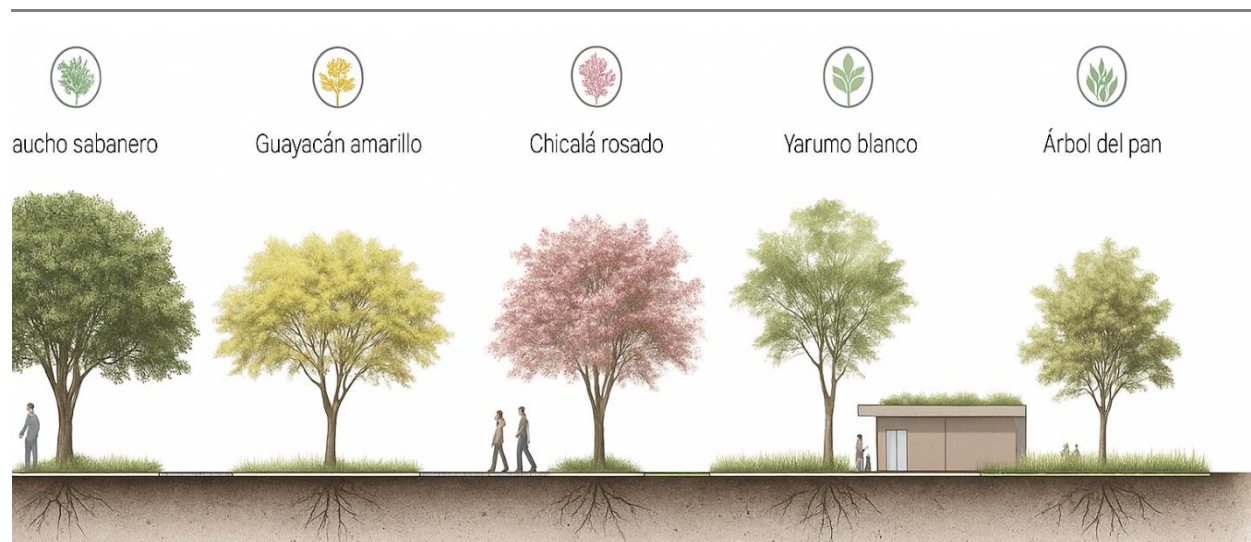


Figura 12. Sección manejo de arboles en espacio público. autoría Propia

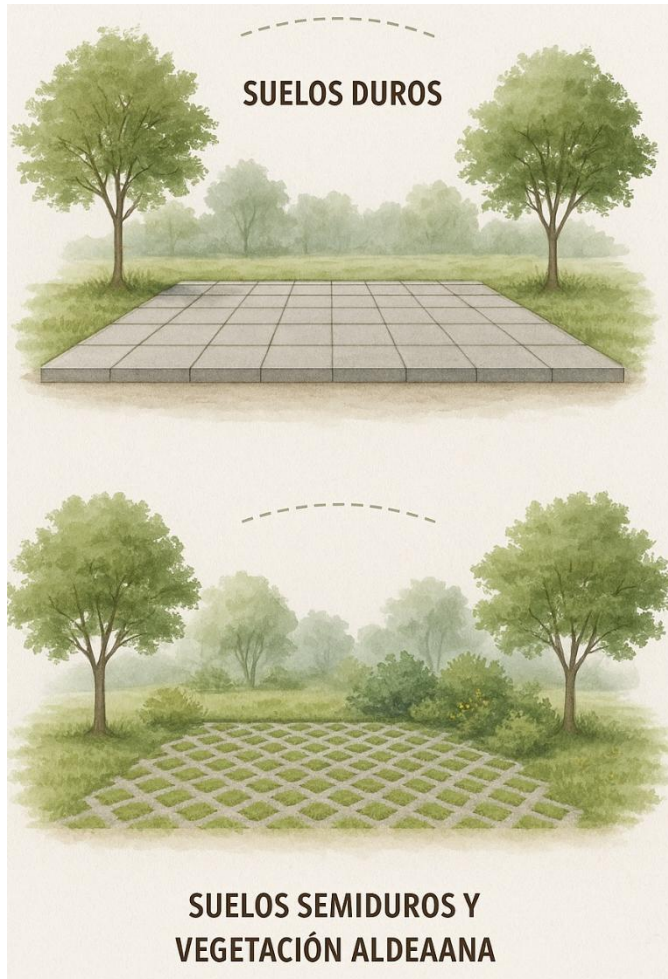
Prototipos derivados para espacios públicos en general (criterios de diseño paisajístico)

Figura 13 Estrategia cambio de suelos. Autoría propia a través de Photoshop.

Menos calor, más frescura

Los suelos duros como el concreto y el asfalto tienden a absorber mucho calor durante el día y lo liberan poco a poco, incluso en la noche. Eso genera el conocido efecto de isla de calor urbana. En cambio, los suelos semiduros —como los pavimentos permeables o los que combinan vegetación— permiten que el calor se disipe mejor y el entorno se mantenga más fresco. Esa diferencia se siente de inmediato en la experiencia de quienes transitan o permanecen en estos espacios.

Mejor manejo del agua

Cuando llueve sobre un suelo duro, el agua corre sin filtro y muchas veces termina acumulándose o saturando los desagües. En

cambio, los suelos semiduros permiten que el agua se infiltre poco a poco en el terreno, ayudando al ciclo natural y reduciendo el riesgo de inundaciones. Además, evitan esos molestos charcos que impiden caminar o deterioran el espacio con el tiempo.

3. Espacios más cómodos para quedarse

Los suelos semiduros, acompañados de vegetación, crean un ambiente mucho más acogedor. No solo mejoran la temperatura, sino que aportan sombra, oxígeno y una sensación de naturaleza en medio del concreto urbano. Eso hace que las personas no solo pasen, sino que quieran quedarse, descansar, leer, conversar o simplemente disfrutar el lugar.

Sostenibles y fáciles de mantener

Estos materiales no requieren grandes intervenciones ni gastos excesivos a largo plazo. Muchos de ellos están pensados para durar, resistir el uso cotidiano y conservar su apariencia con poco esfuerzo. Además, su impacto ambiental es menor comparado con los suelos duros tradicionales.

Más opciones de diseño y armonía con la vegetación

Al no ser una superficie rígida y uniforme, el suelo semiduro se adapta mejor al diseño de paisajes: se puede combinar con árboles, arbustos o césped, e incluso integrarse con mobiliario urbano como bancas o senderos. Esto permite crear espacios con identidad, conectados con la naturaleza y más agradables visualmente.

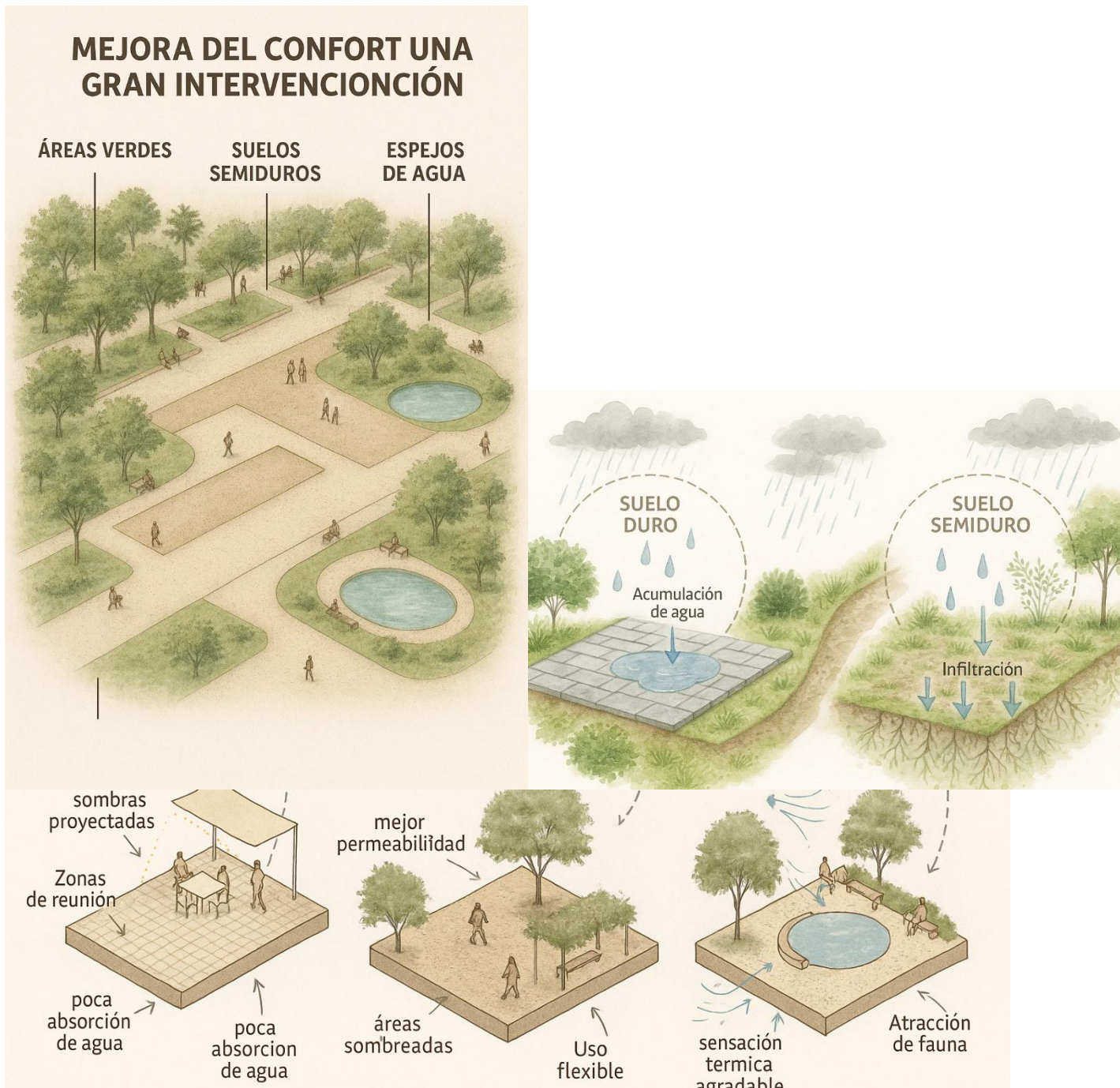


Figura 14 Esquemas estrategias d cambio de suelos para espacio público. Autoría propia a través de photoshop



Figura 15 Esquema estrategia uso de suelo verde. Autoría propia a través de Lumión

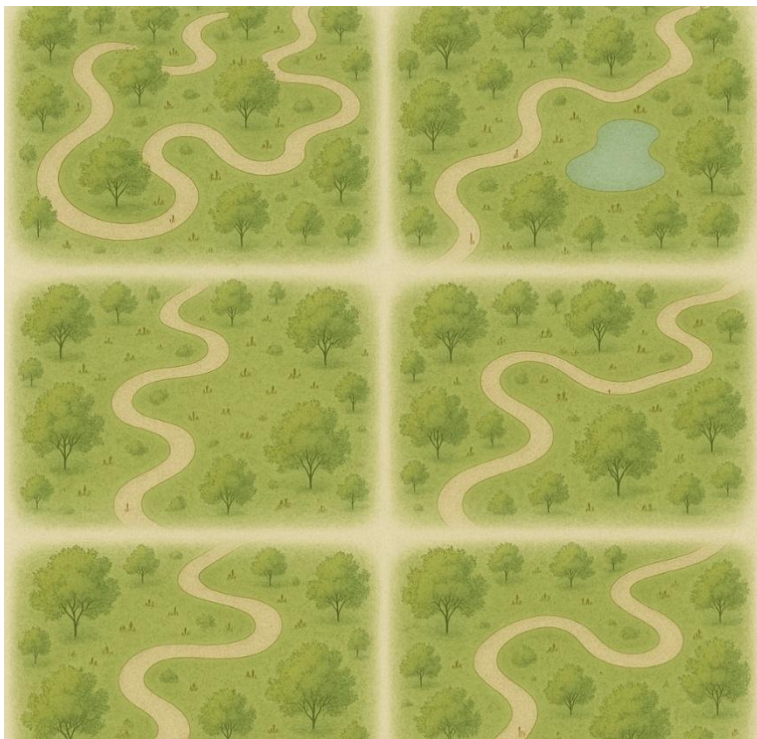


Figura 16 Esquema estrategia uso de suelo verde. Autoría propia a través de photoshop

Más área verde = mejor confort térmico y bienestar urbano

Cuando hablamos de confort en el espacio público, no solo nos referimos a una cuestión estética o visual. El confort también implica temperatura agradable, sombra, frescura, espacios para descansar y respirar. Por eso, una de las estrategias más efectivas y naturales es **aumentar la proporción de área verde en el diseño urbano**.

Las imágenes muestran un modelo de parque o espacio natural donde predominan los senderos suaves, las zonas verdes continuas y elementos como árboles, arbustos y espejos de agua. Este tipo de diseño genera varios beneficios clave:

1. Regulación térmica natural

Cuanto mayor es la cobertura vegetal, menor es la temperatura superficial. Las plantas — especialmente los árboles— **absorben radiación solar y generan sombra**, lo que reduce el

calor directo en el pavimento y en las personas. Además, a través de la evapotranspiración, las hojas liberan vapor de agua que refresca el aire circundante.

2. Sombra activa y sensación térmica más agradable



Figura 17 Esquema estrategia uso de suelo verde. Autoría propia a través de Photoshop y mejorado por IA (ChatGPT)

En la imagen se observa cómo los árboles están estratégicamente ubicados en torno a los caminos. Esta estrategia busca que, sin importar la hora del día, el usuario tenga zonas frescas y protegidas del sol. A la sombra de un árbol, la sensación térmica puede ser **hasta 10 °C menor** que a pleno sol.

3. Mayor permanencia y uso del espacio

Un entorno verde invita a quedarse. La presencia de pasto, flores, cuerpos de agua, y sombra genera una **atmósfera más amable y acogedora**. Esto se traduce en más personas descansando, caminando, leyendo o simplemente disfrutando del espacio. En contraste, un parque con superficies duras y poca vegetación es transitado, pero no habitado.



Figura 18 Esquema estratégico uso de suelo verde. Autoría propia a través de Photoshop y mejorado por IA (ChatGPT)

4. Diversidad vegetal = confort multisensorial

La inclusión de distintas especies (árboles, arbustos, jardines bajos) permite crear paisajes variados y ricos en textura, aroma y color. Este tipo de vegetación no solo mejora el confort térmico, sino también el **bienestar emocional**, como lo demuestran estudios de Kaplan y Kaplan (1989).



Figura 19 Esquema estratégico uso de suelo general. Autoría propia a través de Photoshop y mejorado por IA (ChatGPT)

5. Mejora del microclima urbano

Cuando el diseño incorpora vegetación abundante y continua, el impacto va más allá del propio parque. Se contribuye a un **enfriamiento general de la zona**, mejora la calidad del aire y se reduce la contaminación acústica. Estas “islas verdes” actúan como pulmones que restauran el equilibrio climático en medio del concreto urbano.

Conclusión Estrategias

Estrategia de plazas verdes: suelo semiduro + vegetación = equilibrio entre funcionalidad y confort

La imagen muestra un modelo ideal de espacio público: una red de senderos y plazas que conviven con una vegetación abundante. Este tipo de diseño parte de una premisa clara: **el confort urbano no se alcanza solo con infraestructura; necesita naturaleza integrada**. De ahí que los suelos semiduros se consoliden como una solución intermedia y altamente efectiva.

¿Por qué?

Porque permiten caminar con comodidad, acceder con facilidad (silla de ruedas, coches, ciclistas), mantener una buena durabilidad... pero al mismo tiempo **son permeables, no retienen calor excesivo** y se pueden combinar con vegetación. En lugar de grandes planchas de concreto, vemos caminos integrados al paisaje, zonas pavimentadas con criterio ecológico, y espacios donde lo verde sigue siendo protagonista.

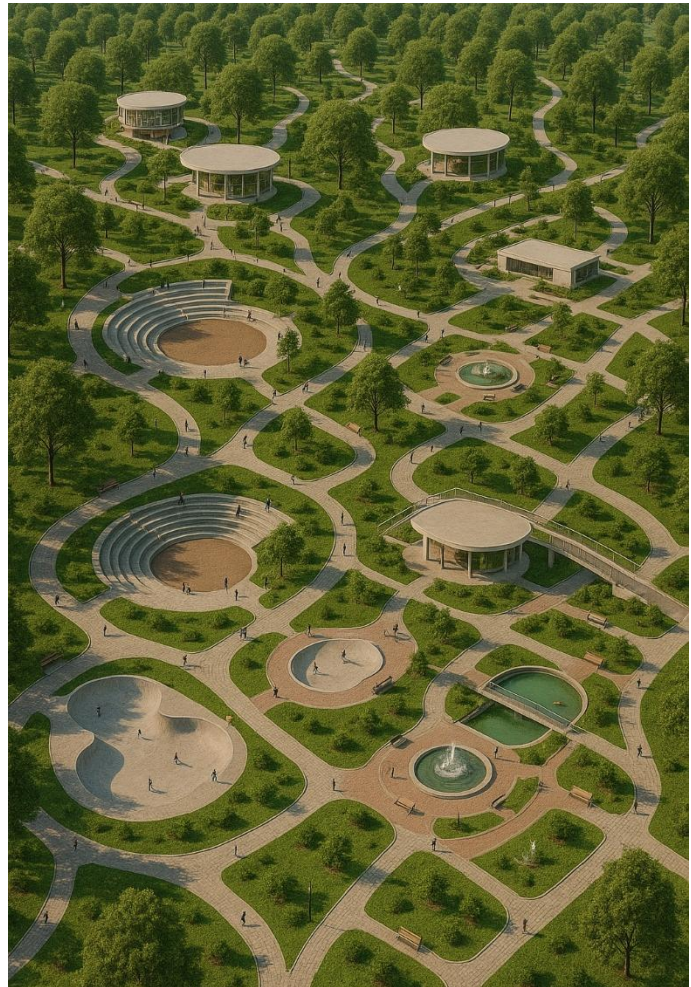


Figura 20 Esquema estrategia uso de suelo general. Autoría propia a través de Photoshop y mejorado por IA (ChatGPT)

Beneficios clave de esta estrategia:

- **Termorregulación natural:** al tener menos superficie dura expuesta al sol, se reduce el efecto de isla de calor. Las zonas verdes refrescan el entorno y hacen que la temperatura percibida sea más baja.
- **Mayor permanencia:** las áreas verdes, en combinación con plazas sombreadas, invitan a estar. Personas sentadas, caminando, leyendo o simplemente paseando, como se observa en la imagen.
- **Permeabilidad del suelo:** estos suelos permiten que el agua de lluvia se filtre, evitando encharcamientos y contribuyendo a la recarga de acuíferos.
- **Estética integrada:** no se trata solo de funcionalidad; el resultado visual es más amable, más cercano a lo natural, más vivible.
- **Conectividad social y ambiental:** se crean recorridos continuos, agradables, conectados visual y funcionalmente; y a la vez se respeta la vegetación, los árboles y los elementos naturales existentes.



Figura 21 Esquema estrategia uso de suelo general. Autoría propia a través de Photoshop y mejorado por IA (ChatGPT)

3.4 Diseño del prototipo (Objetivo específico 3)

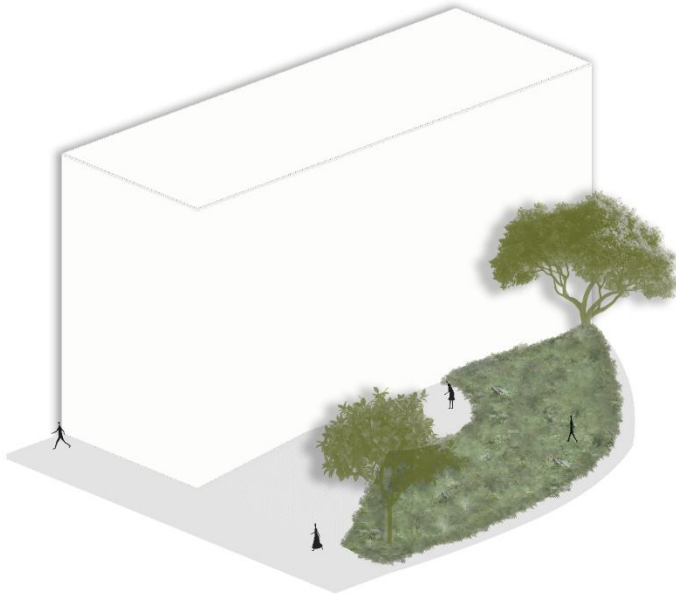


Figura 22 Prototipo Acceso a biblioteca "Antes" Autoría Propia A través de photoshop



Figura 23 Imaginario Acceso a biblioteca "Antes"

Autoría Propia a través de Photoshop y mejorado por IA (ChatGPT)

Diagnóstico del estado actual del espacio frente a la biblioteca

El esquema refleja una situación bastante común en muchos espacios públicos universitarios: un lugar que tiene potencial, pero que hoy por hoy se siente frío, poco acogedor y mal aprovechado.

1. Mucho suelo duro, poca vida

La mayor parte del espacio está cubierta por concreto o superficies similares. Esto no solo hace que el lugar se caliente mucho con el sol, sino que también le quita calidez visual. Es un terreno plano y seco que no invita a quedarse, a sentarse o simplemente a estar.

2. Vegetación simbólica, pero insuficiente

Aunque hay uno que otro árbol, se nota que no están pensados para dar sombra real ni mejorar la sensación térmica. Más que funcionales, parecen decorativos. No hay arbustos, ni zonas verdes amplias que equilibren la dureza del suelo o refresquen el ambiente.

3. Casi nadie permanece en el lugar

El espacio se siente vacío. No hay bancas, no hay sombra cómoda, no hay razones para quedarse. La gente simplemente pasa por ahí. No se ve apropiación, ni actividades, ni interacción.

4. Un espacio sin identidad ni propósito claro

Pese a estar frente a un edificio tan importante como la biblioteca, este lugar no refleja su valor. Se siente genérico, sin carácter, como si solo existiera para “conectar” un punto con otro, en lugar de ser un punto de encuentro, de descanso o de disfrute.

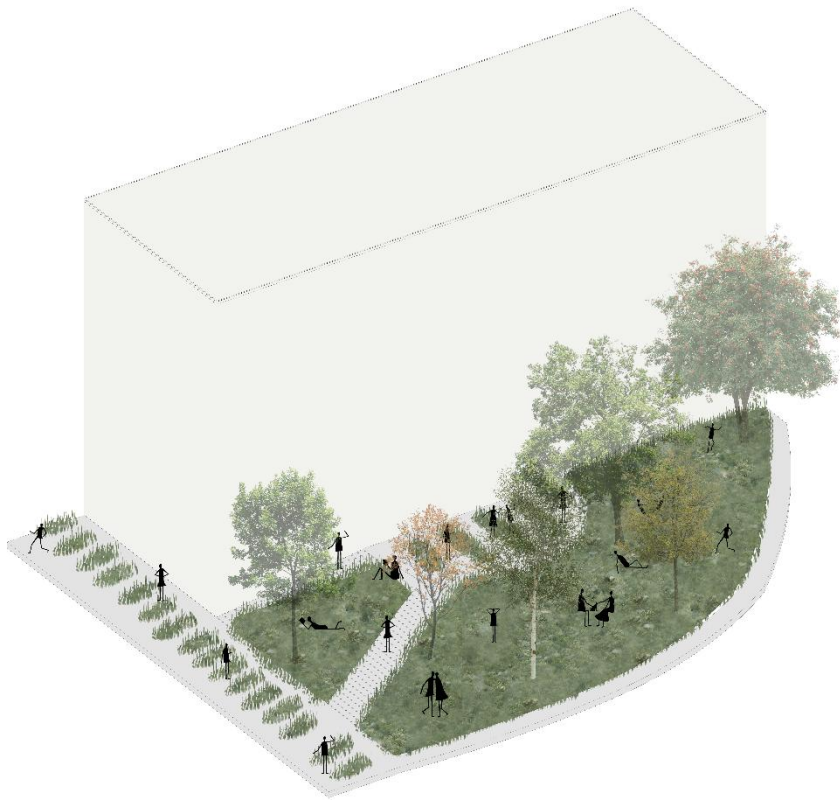


Figura 24 Prototipo Mejora Acceso Biblioteca (Después).

Autoría Propia a través de Photoshop

1. Aumento significativo de vegetación:

Comparado con el “antes”, esta propuesta introduce una **capa vegetal diversa**, con árboles de distintas alturas, follajes densos y vegetación arbustiva y herbácea. Esto cumple múltiples funciones:

- **Generación de sombra:** Árboles frondosos dispuestos estratégicamente mitigan la radiación solar directa, reduciendo la sensación térmica y mejorando el confort.

- **Creación de microclimas:** La vegetación permite una mayor evapotranspiración, enfriando el aire local.



Figura 25 Imaginario Acceso a biblioteca (Después). Autoría Propia a través de Photoshop y mejorado por IA (ChatGPT)

- **Mayor biodiversidad visual:** La mezcla de especies rompe la monotonía del suelo duro y mejora la experiencia estética.

🚶 2. Inclusión de un sendero accesible y escaleras mejoradas:

- Se incorpora un recorrido más amable, posiblemente con huellas más amplias y proporciones adecuadas a la marcha humana.
- Este nuevo trayecto acompaña el ingreso con vegetación lateral, ofreciendo una **transición térmica, visual y sensorial** hacia el interior del edificio.

👤 🪑 3. Espacios para la permanencia y apropiación social:

- La presencia de más personas representadas (con posturas de estar, leer, caminar o descansar) evidencia que el espacio ahora **invita al uso y a la apropiación**.
- Se infiere la existencia de **mobiliario o elementos de confort**, aunque no estén dibujados explícitamente (pueden ser bancos, gradas verdes, pérgolas o mobiliario urbano integrado al paisaje).

👥 4. Diversificación de usos y dinamismo del espacio:

- El espacio deja de ser exclusivamente de paso y se vuelve multifuncional: permite estar, leer, conversar, caminar, descansar.

- Esto responde a las demandas expresadas por los usuarios en las encuestas: sombra, permanencia, descanso, y contacto con la naturaleza.

💧 5. Posible mejora en la permeabilidad del suelo:

- Se observa una reducción importante del suelo duro. El terreno parece más permeable, cubierto con vegetación baja o césped.
- Esto mejora la absorción de agua lluvia y reduce el efecto isla de calor, aportando a la sostenibilidad ambiental del campus.

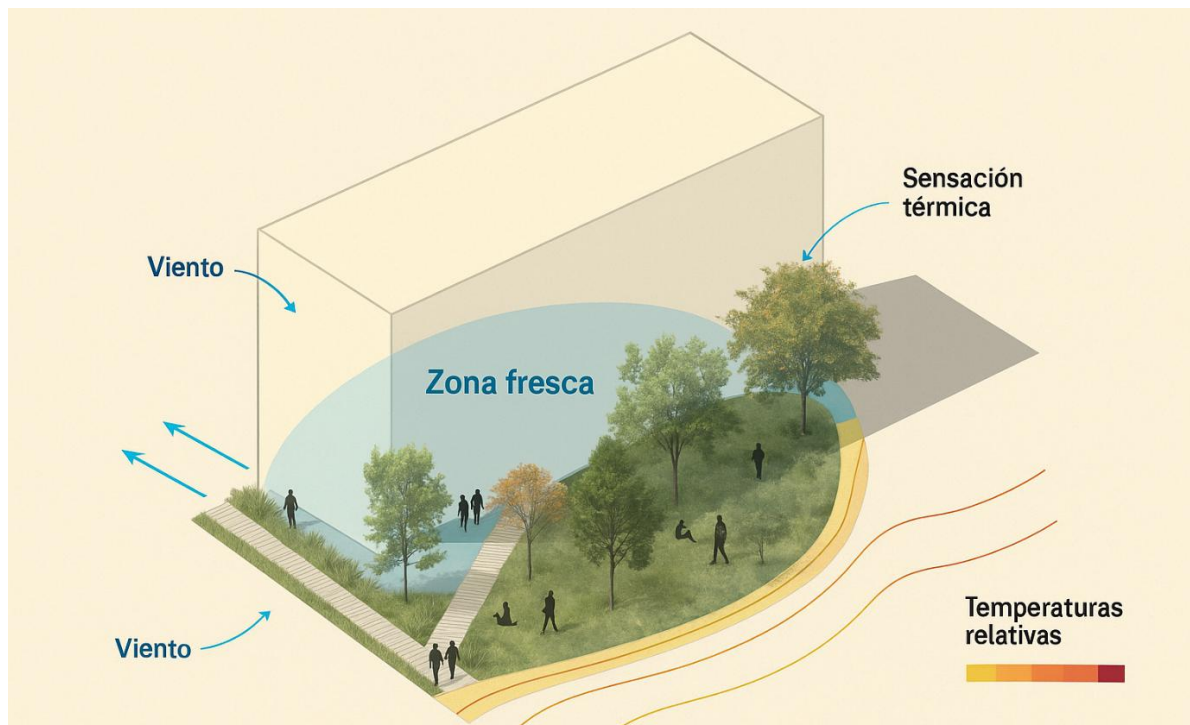


Figura 26 Esquema de temperatura y frescura. Autoría Propia a través de photoshop

Rendes: Imaginarios del espacio publico e interacciones sociales en un entorno de confort
Isométrico Imaginario copas arbóreas



Figura 27 Render Imaginario Prototipo Acceso biblioteca. Autoría propia a través de Lumion

Isométricos Imaginarios a vista de peatón



Figura 28 Render Imaginario Prototipo Acceso biblioteca. Autoría propia a través de Lumion



Figura 29 Render Imaginario Prototipo Acceso biblioteca. Autoría propia a través de Lumion

Inclusión de vegetación arbórea y cobertura verde

Ambas imágenes destacan una arborización notable. Se introducen árboles de diferentes tamaños y especies que generan sombra, mejoran la calidad del aire y aportan a la regulación térmica del lugar. Este componente es crucial para mitigar la isla de calor y promover confort térmico.

Pavimento permeable y suelos semi-duros

El uso de bloques de concreto con intersticios verdes (probablemente con césped o vegetación rastrera) favorece la infiltración del agua y reduce la reflexión térmica. Este tipo de suelo no solo contribuye al drenaje sostenible, sino que también mejora la sensación térmica al caminar por la zona.

Espacios de permanencia y encuentro

En el primer render se observa un espacio plano habilitado con mobiliario urbano como bancas y posiblemente sillones, lo que sugiere un lugar para la permanencia, socialización o lectura. La disposición abierta, bajo sombra de árboles, invita a la estancia prolongada.

Escalinata integrada al paisaje

El segundo render presenta una escalera-terracea con vegetación lateral y una pendiente más suave. Este diseño mejora la accesibilidad, especialmente al respetar proporciones más humanas en las huellas y contrahuellas. Además, la inclusión de vegetación en los laterales suaviza visualmente el recorrido y genera un ambiente más fresco y acogedor.

Actividad y apropiación del espacio

Ambas escenas representan personas interactuando con el entorno de distintas formas: caminando, conversando, sentadas, leyendo. Esto sugiere una mejora en la apropiación del lugar, ahora concebido no solo como paso obligado, sino como un espacio disfrutable.

Conclusión prototipo:

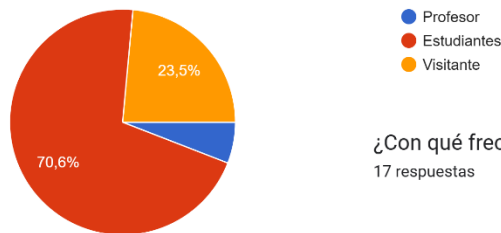
El prototipo de intervención transforma el acceso a la biblioteca en un espacio público más habitable, fresco y funcional. A través de la incorporación de vegetación, suelos permeables y mobiliario, se logra mejorar el confort térmico y promover la permanencia y el encuentro. Esta propuesta no solo responde a las necesidades climáticas del lugar, sino que también refuerza la apropiación social y la calidad ambiental del entorno inmediato.

3.6 Análisis de resultados (Objetivo específico 3)

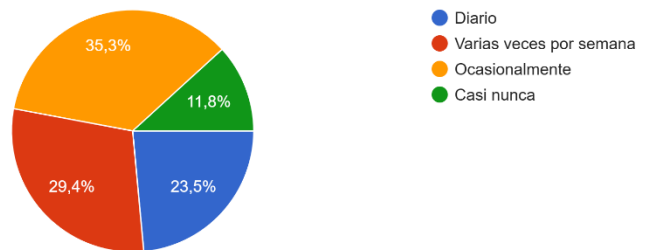
La mayoría de los encuestados son estudiantes (70.6 %) que transitan ocasionalmente o varias veces por semana por el área de acceso a la biblioteca. El confort térmico en la zona se percibe principalmente como aceptable o incómodo, y solo una minoría lo encuentra muy cómodo. La principal causa de incomodidad térmica es la falta de sombra, seguida por el calor reflejado del suelo y la alta radiación solar.

En cuanto a la caminabilidad, un 41.2 % la considera difícil, mientras que un 47.1 % la ve aceptable. Ante la posibilidad de usar suelos semiduros bajo lluvia, las respuestas reflejan aceptación si se evita el barro o el deslizamiento, lo que valida su implementación como estrategia de mejora.

Rol en la UPB
17 respuestas



¿Con qué frecuencia transita o permanece en el área de acceso a la biblioteca?
17 respuestas



¿Cómo percibe la caminabilidad y el tránsito peatonal en esta área?
17 respuestas

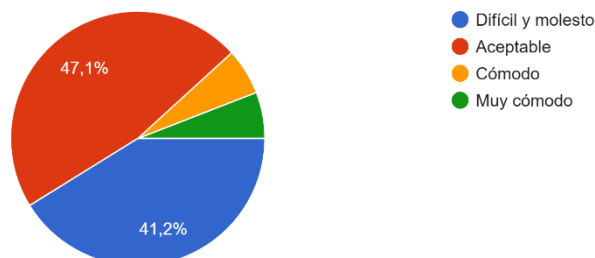
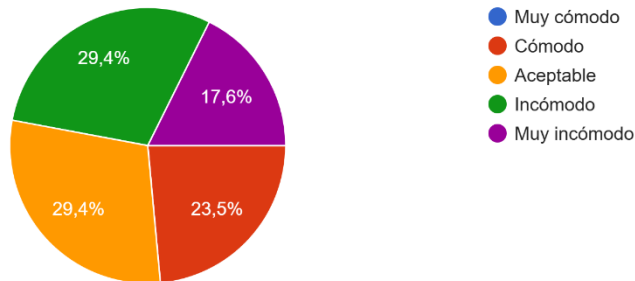


Figura 30 Gráficos encuestados final General.

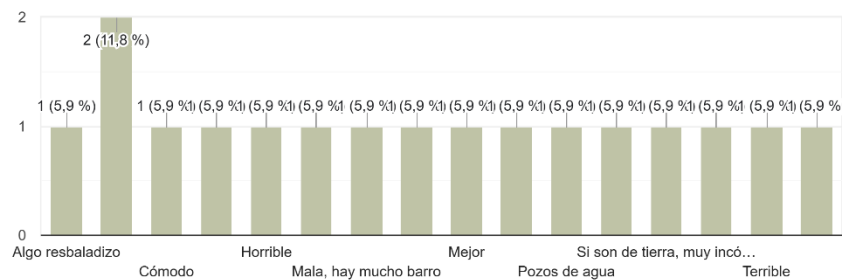
¿Cómo califica el confort térmico en esta zona?

17 respuestas



¿Cómo percibirías la caminabilidad en suelos semiduros si está lloviendo?

17 respuestas



¿Qué elementos generan incomodidad térmica en este espacio? (Seleccione todos los que apliquen)

17 respuestas

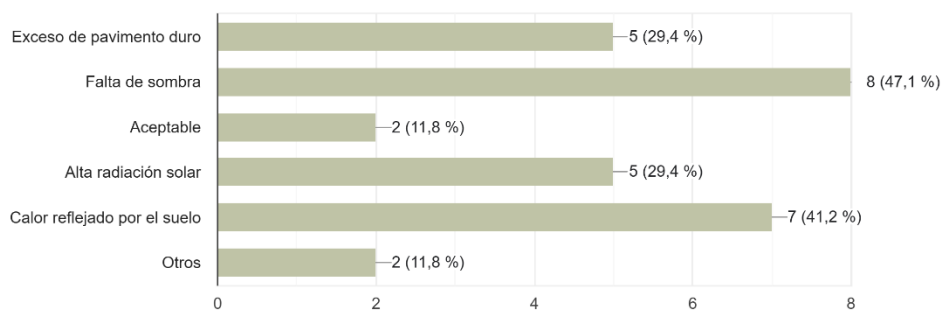


Figura 31 Gráficos encuestados final General 2.

Evaluación de propuesta

Percepción general de la propuesta

- El 35,3 % considera que la propuesta es *muy atractiva* y otro 29,4 % la ve *atractiva*, lo que indica buena aceptación visual.
- Un 58,8 % cree que cambiar suelos duros por *suelos semiduros* mejoraría el confort térmico.
- La inclusión de más vegetación (árboles, arbustos o jardines) fue vista como *muy útil* por el 70,6 % de los encuestados.

Impacto esperado

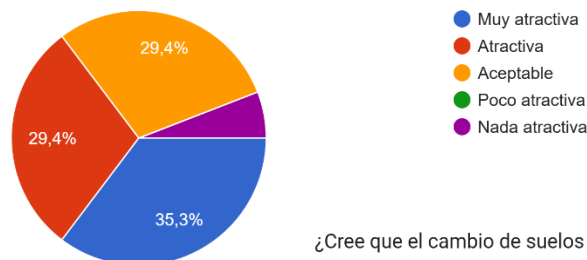
- El 58,8 % considera que el rediseño fomentaría el uso del espacio como lugar de permanencia y no solo de paso.
- En cuanto a caminabilidad, el 28,4 % la considera *muy cómoda*, mientras que el 47,1 % la califica como *cómoda*.

Frecuencia de uso potencial

- Un 70,6 % usaría el espacio con mayor frecuencia si se implementara la propuesta, lo cual se repite en dos gráficas, indicando una fuerte tendencia positiva.

¿Cómo califica visualmente la propuesta presentada para mejorar el acceso a la biblioteca?

17 respuestas



¿Cree que el cambio de suelos duros por suelos semiduros mejoraría el confort térmico del lugar?

17 respuestas

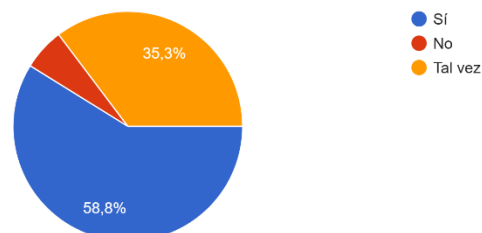
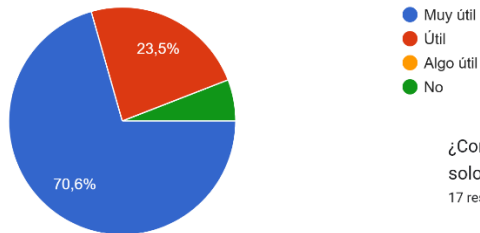


Figura 32 Gráficos encuestados final suelos.

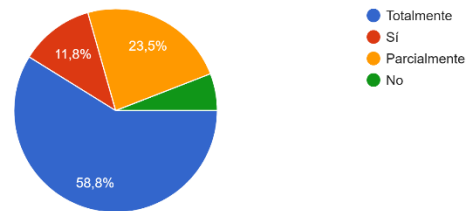
¿Le parece útil la inclusión de más vegetación (árboles, arbustos o jardines)?

17 respuestas



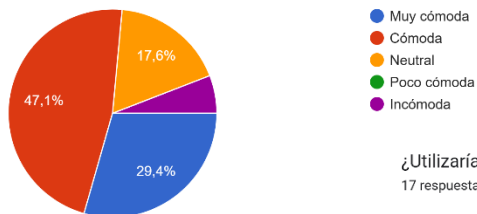
¿Considera que este rediseño podría fomentar el uso del espacio como lugar de permanencia y no solo de paso?

17 respuestas



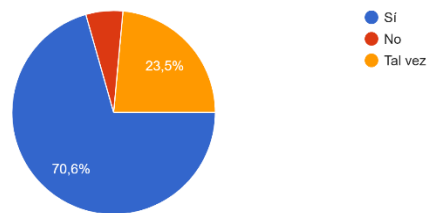
¿En qué medida la propuesta le resulta cómoda desde el punto de vista peatonal (caminabilidad)?

17 respuestas



¿Utilizaría este espacio con mayor frecuencia si se implementara la propuesta presentada?

17 respuestas



¿Utilizaría este espacio con mayor frecuencia si se implementara la propuesta presentada?

17 respuestas

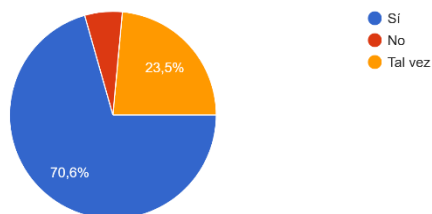


Figura 33 Gráficos encuestados final Satisfacción.

Comentarios adicionales sobre la propuesta

- **Valoración general positiva:** La mayoría considera que la propuesta es atractiva, innovadora y adecuada para mejorar el espacio exterior de la biblioteca.
- **Preocupaciones por accesibilidad:** Se mencionan posibles dificultades para personas con movilidad reducida, especialmente por el uso de gramoquín en escaleras y pendientes.
- **Problemas con lluvia y mantenimiento:** Hay inquietudes sobre el encharcamiento y el mantenimiento del césped o suelos semiduros, especialmente en épocas lluviosas.
- **Sugerencias funcionales:** Se propone agregar mobiliario, una cafetería o una mejor articulación con el edificio de la biblioteca.
- **Ajustes menores en diseño:** Se sugiere revisar el tamaño de los escalones, evitar el 100% de gramoquín en las escaleras, y reducir ligeramente la proporción de zonas verdes para facilitar el tránsito.

Conclusiones encuestas

Las encuestas evidencian una percepción mayoritariamente positiva frente a la propuesta de mejoramiento del acceso a la biblioteca, destacando su atractivo visual, utilidad de la vegetación y potencial para fomentar la permanencia en el espacio. Se reconoce que el uso de gramoquín puede mejorar el confort térmico y la integración paisajística del lugar; sin embargo, también se expresaron preocupaciones sobre la accesibilidad, el mantenimiento y el comportamiento del suelo en temporada de lluvias. En ese sentido, se sugiere incluir un sendero de 1 a 2 metros de suelo duro que facilite la circulación durante lluvias, complementando el gramoquín, el cual podría utilizarse en piezas más pequeñas o con menor densidad para reducir la acumulación de lodo sin perder los beneficios térmicos y estéticos que aporta.

Conclusiones

Este trabajo permitió entender cómo el confort térmico en espacios públicos no depende únicamente de la temperatura o del clima externo, sino también —y en gran parte— del diseño del entorno. Factores como la vegetación, el tipo de suelo y la forma en que las personas se relacionan con el espacio influyen directamente en cómo perciben su comodidad y bienestar.

El estudio se enfocó en el acceso a la Biblioteca de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), un espacio con gran potencial, pero que hoy se percibe caluroso, incómodo y poco usado. Las mediciones realizadas, junto con las encuestas y observaciones, reflejaron esa percepción: hay mucho pavimento duro, muy poca sombra, casi nada de vegetación, y en general, el espacio no invita a quedarse.

Al comparar este lugar con el entorno del bloque 10, se identificaron diferencias importantes. Aunque allí las temperaturas registradas fueron incluso más altas, los usuarios lo percibieron como un espacio más confortable. ¿La razón? Hay sombra natural, zonas verdes y una sensación más fresca gracias al diseño y los materiales. Esto demostró que el confort no es solo cuestión de grados centígrados, sino también de percepción y calidad del espacio.

Por eso se propuso intervenir el acceso a la biblioteca con una estrategia sencilla: reemplazar parte del suelo duro por gramoquín, un material semiduro que permite caminar sin dificultad y a la vez introduce vegetación. Así, se busca reducir la sensación térmica, aumentar la retención de humedad y hacer más agradable el paso por ese lugar. Aun así, surgieron recomendaciones valiosas en las encuestas: por ejemplo, mantener un sendero de concreto de entre 1 y 2 metros para facilitar el tránsito en días de lluvia y evitar zonas lodosas. También se sugirió reducir el área total del gramoquín o aumentar la proporción de zonas firmes, para mejorar el equilibrio entre confort térmico y funcionalidad.

Como conclusión, esta propuesta no solo busca disminuir el efecto de la isla de calor urbana (IC), sino también recuperar el sentido de pertenencia hacia este espacio. Se trata de hacer que la gente quiera estar allí, pasar el rato, leer, descansar. Es una forma de repensar la ciudad desde la escala

humana, con soluciones sencillas, pero bien pensadas, que aporten tanto al clima como al disfrute cotidiano del entorno.

Referencias

Akbari, H., Pomerantz, M., & Taylor, R. (2001). *Cooling our communities: A guidebook on tree planting and light-colored surfacing.* U.S. Environmental Protection Agency.

Atencia Gualda, S. (2021). *Estrategias del diseño bioclimático en espacio público urbano, el caso de las calles peatonales de la ciudad de San Miguel Tucumán, Argentina* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Tucumán].

Barton, J., Bragg, R., Wood, C., & Pretty, J. (2015). The health benefits of spending time in green spaces: A systematic review of the evidence. *Journal of Environmental Psychology, 45*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2015.01.001>

Civic Trust. (2010). *Community involvement in the planning process.* Civic Trust.

Franzoni, E. (2020). *Materials selection for green buildings: Which tools for engineers and architects?* *Sustainability, 12*(14), 5682. <https://doi.org/10.3390/su12145682>

Galderisi, A., & Colucci, A. (2019). *Smart, resilient and transition cities: Emerging approaches and tools for climate adaptation planning.* Elsevier.

Haas, S., et al. (2017). The role of green infrastructure in urban resilience. *Urban Forestry & Urban Greening, 27*, 394–401. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.09.007>

Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective.* Cambridge University Press.

Alcaldía de Medellín. (2018). *Informe sobre islas de calor en Medellín.* <https://www.medellin.gov.co>

Alcaldía de Medellín. (s.f.). *Plan de Ordenamiento Territorial de Medellín.* <https://www.medellin.gov.co>

Confort térmico y percepción ambiental

Fanger, P. O. (1970). *Thermal comfort: Analysis and applications in environmental engineering.* Danish Technical Press.

Desarrolla los índices PMV (Predicted Mean Vote) y PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) para evaluar el confort térmico en interiores.

Matzarakis, A., de Freitas, C. R., & Scott, D. (2007). *The new thermal comfort index.* En **Matzarakis, A., de Freitas, C. R., & Scott, D. (Eds.),** *Developments in tourism climatology* (pp. 13–20). Commission on Climate, Tourism and Recreation, International Society of Biometeorology.

Reconocido por la creación del índice PET (Physiological Equivalent Temperature), útil para el análisis del confort térmico al aire libre.

Atencia Gualda, L. (s.f.). *Percepción del clima en el Caribe colombiano y su influencia en el comportamiento del usuario.* [Datos del documento no especificados — se sugiere incluir tipo de fuente y año].

Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective.* Cambridge University Press.

Presentan la teoría de la restauración atencional, que sostiene que el contacto con la vegetación mejora el estado psicológico y emocional de los usuarios.

Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design.* Van Nostrand Reinhold.

Investigaciones pioneras sobre diseño climático y confort térmico en espacios exteriores.

Vegetación urbana, sombra y mitigación climática

Akbari, H. (2002). *Shade trees reduce building energy use and CO₂ emissions from power plants.* *Environmental Pollution*, 116(S1), S119–S126.

Estudios sobre el papel de la vegetación en la reducción de la isla de calor urbana.

Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>

Metaanálisis sobre los beneficios de la vegetación en ciudades para reducir temperatura y aumentar el confort.

Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., & Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure. *Built Environment*, 33(1), 115–133. <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>

Trabajos sobre el efecto de la infraestructura verde en la mitigación del cambio climático urbano.

Franzoni, E. (2011). Materials for sustainable buildings: Comfort, energy and indoor quality. *Materials & Design*, 32(9), 4961–4969. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.06.003>

Análisis de materiales y superficies en relación al confort térmico.

Galderisi, A. (2014). Climate change and cities: The challenge of resilience. In F. Musco (Ed.), *Counteracting urban heat island effects in a global climate change scenario* (pp. 23–44). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10425-6_2

Relación entre planificación urbana y resiliencia ambiental, con foco en vegetación y sostenibilidad.

Diseño urbano, espacio público y habitabilidad

Barton, H. (2003). *Sustainable communities: The potential for eco-neighbourhoods*. Earthscan.

Discute el diseño urbano enfocado en calidad de vida, confort y accesibilidad.

Carmona, M., Heath, T., Oc, T., & Tiesdell, S. (2010). *Public places urban spaces: The dimensions of urban design* (2nd ed.). Routledge.

Fundamentos de diseño urbano contemporáneo.

Civic Trust. (2010). *Community involvement in the planning process*. Civic Trust.

Principios de diseño inclusivo y participativo en espacios urbanos.

Gehl, J. (2011). *Life between buildings: Using public space* (6th ed.). Island Press.

Analiza cómo el espacio público invita o no a la permanencia de las personas.

Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1–24. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>

Artículo fundamental sobre la base energética de la isla de calor urbana.

Whyte, W. H. (1980). *The social life of small urban spaces*. Project for Public Spaces.

Observaciones urbanas sobre cómo la configuración del espacio afecta el uso social y la permanencia.

Matrices

Referencias y Justificación de Datos

Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2023). *Reducing urban heat islands: Compendium of strategies – Green roofs*. <https://www.epa.gov/heatislands>

UN-Habitat. (2020). *Streets for walking and cycling: Design guide.* <https://unhabitat.org/streets-for-walking-and-cycling>

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process.* McGraw-Hill.

Ayuga-Téllez, E., & Ayuga, F. (2021). Application of AHP to evaluate sustainability in urban redevelopment. *Sustainability*, 13(2), 590. <https://doi.org/10.3390/su13020590>

Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1–24. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>

NASA Earth Observatory. (s.f.). *Visualización de islas de calor urbanas.* <https://earthobservatory.nasa.gov/features/UrbanHeat>

Referencias Complementarias

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (s.f.). *Reducing urban heat islands: Compendium of strategies.* <https://www.epa.gov/heatislands>

ONU-Hábitat. (s.f.). *Planning for climate action in cities.* <https://unhabitat.org/topic/climate-change>

FAO. (s.f.). *Guía de árboles urbanos: Guía para el diseño de arbolado urbano y espacios verdes.* <https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9214es>

U.S. Green Building Council (USGBC). (s.f.). *LEED v4 – Heat island reduction credit guide.* <https://www.usgbc.org/credits/new-construction/v4/heat-island-reduction>

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (s.f.). *Manual técnico de espacios públicos: Diseño de espacios públicos para la inclusión y la sostenibilidad urbana.* <https://publications.iadb.org/es/manual-de-espacios-publicos>

LSE Cities. (s.f.). *Cooling the public realm.* <https://www.lse.ac.uk/cities/research/cooling-public-realm>

OpenAI. (2025). *Imágenes mejoradas por IA (Chat GPT 4.0)*