

Diseño sostenible: reimaginar, recrear, replantear y reunir

Compilador: Carlos Alberto Lopera Quiroz

Autores: Rubén Darío Calixto Morales, Yuliana Alejandra Durán Villa, Valentina Genecco Orellano, Nicolás Alberto Aguirre López, Chárol Kátherin Vélez Castañeda, Jorge Amado Rentería Vera, Yesit Jovan Rodríguez Caro, Juan David Velásquez Gómez, Adolfo Vargas-Espitia, Julieth Hernández-Ariza y Héctor Díaz-Martínez

Colección + Investigación

Diseño sostenible: reimaginar, recrear, replantear y reunir

Compilador: Carlos Alberto Lopera Quiroz

Autores: Rubén Darío Calixto Morales, Yuliana Alejandra Durán Villa, Valentina Genecco Orellano, Nicolás Alberto Aguirre López, Chárol Kátherin Vélez Castañeda, Jorge Amado Rentería Vera, Yesit Jovan Rodríguez Caro, Juan David Velásquez Gómez, Adolfo Vargas-Espitia, Julieth Hernández-Ariza y Héctor Díaz-Martínez



745.2
E96

Diseño sostenible: reimaginar, recrear, replantear/ Carlos Alberto Lopera Quiroz (compilador) Medellín : IUPB. Fondo Editorial Pascual Bravo, 2025 90 p. : il. -- (Colección Investigación)

ISBN 978-628-96454-5-3

1.Diseño sostenible 2. Formación profesional 3.Desarrollo Sostenible 4.Participación ciudadana 5.Conciencia ambiental 6.Transformación cultural 7.Tejido social 8.Movilidad sostenible 9.Cambio social 10. Diseño arquitectónico I. Calixto Morales, Rubén Darío II. Durán Villa, Yuliana Alejandra III. Genecco Orellano, Valentina IV. Aguirre López, Nicolás Alberto V. Vélez Castañeda, Chárol Kátherin VI. Rentería Vera, Jorge Amado VII. Rodríguez Caro, Yesit Jovan VIII. Velásquez Gómez, Juan David IX. Vargas Espitia, Adolfo X. Hernández Ariza, Julieth XI. Díaz Martínez, Héctor XII. Compilador Lopera Quiroz, Carlos Alberto

Catalogación en la publicación Biblioteca de Ciencia y Tecnología

Diseño sostenible: reimaginar, recrear, replantear y reunir

Colección Investigación
Institución Universitaria Pascual Bravo

Primera edición: junio de 2025
ISBNe: 978-628-96454-5-3

Autores

Rubén Darío Calixto Morales
Yuliana Alejandra Durán Villa
Valentina Genecco Orellano
Nicolás Alberto Aguirre López
Chárol Kátherin Vélez Castañeda
Jorge Amado Rentería Vera
Yesit Jovan Rodríguez Caro
Juan David Velásquez Gómez
Adolfo Vargas-Espitia
Julieth Hernández-Ariza
Héctor Díaz-Martínez

Compilador

Carlos Alberto Lopera Quiroz

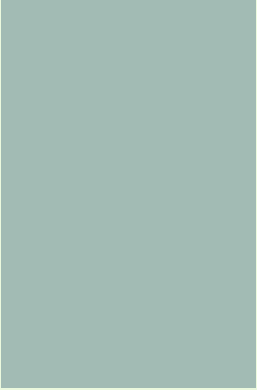
Coordinación editorial: Johana Martínez Ramírez
Diagramación: Leonardo Sánchez Perea

Editado en Medellín, Colombia
Fondo Editorial Pascual Bravo
Institución Universitaria Pascual Bravo
Calle 73 No. 73A – 226 – Tel. (604) 4480520
fondoeditorial@pascualbravo.edu.co
www.pascualbravo.edu.co
Medellín – Colombia

Las ideas expresadas en la obra aquí contenida son manifestaciones del pensamiento individual de sus autores; en esa medida, no representan el pensamiento de la Institución Universitaria Pascual Bravo, siendo ellos los únicos responsables por los eventuales daños o perjuicios que pudieran causar con lo expresado o por la vulneración de los derechos de autor de terceros en los que hubiesen podido incurrir en su creación.

Está prohibido todo uso de la obra que atente contra los derechos de autor y el acceso abierto. Esta obra está protegida a través de la licencia Creative Commons: Reconocimiento-No comercial 4.0 Internacional.





Contenido

Presentación	5
Carlos Alberto Lopera Quiroz	
Aplicación metodológica para el replanteo de la arquitectura: un enfoque en el confort térmico y el diseño sostenible	8
Rubén Darío Calixto Morales	
Escudería Bravo: un escenario de investigación formativa para la movilidad sostenible	34
Yuliana Alejandra Durán Villa, Valentina Genecco Orellano, Nicolás Alberto Aguirre López, Chárol Kátherin Vélez Castañeda, Jorge Amado Rentería Vera, Yesit Jovan Rodríguez Caro y Juan David Velásquez Gómez	
Rediseñando espacios de participación: la mochila de la buena gobernanza	70
Adolfo Vargas-Espitia, Julieth Hernández-Ariza y Héctor Díaz-Martínez	

Presentación

Este libro, titulado *Diseño sostenible: reimaginar, recrear, replantear y reunir*, surge como resultado de un esfuerzo colectivo por consolidar una mirada crítica y propositiva del diseño en clave de sostenibilidad. Esta publicación se enmarca en la línea de Diseño Sostenible del Grupo de Investigación Ícono y hace parte de la colección del Fondo Editorial Pascual Bravo dedicada a la producción investigativa. La obra reúne tres capítulos que representan apuestas investigativas diversas, todas ellas articuladas por un hilo conductor común: la necesidad de repensar el papel del diseño en las transformaciones sociales, ambientales y tecnológicas desde la noción integradora del eje temático del 13° Simposio Internacional de Diseño Sostenible: el concepto «renacer».

En el primer capítulo, titulado *Aplicación metodológica para el replanteo de la arquitectura: un enfoque en el confort térmico y el diseño sostenible*, el autor Rubén Darío Calixto Morales propone una experiencia pedagógica rigurosa y sensible en torno al rediseño arquitectónico de espacios universitarios, específicamente en el edificio Santo Domingo de Guzmán de la Universidad Santo Tomás en Tunja (Boyacá, Colombia). A partir de la metodología de evaluación posocupacional (EPO), se realiza un análisis técnico y perceptual del confort térmico en espacios con condiciones climáticas adversas, promoviendo la reflexión crítica de los estudiantes en su formación como arquitectos. El capítulo se destaca por combinar teoría, práctica, modelación térmica y participación estudiantil, con lo cual se generan propuestas de intervención que integran criterios de sostenibilidad, eficiencia energética y bienestar humano. En este estudio se contribuye a la articulación entre academia y entorno con una mirada regenerativa sobre la arquitectura y su impacto en la calidad de vida de las personas.

En el segundo capítulo, *Escudería Bravo: un escenario de investigación formativa para la movilidad sostenible*, escrito por un equipo interdisciplinar de docentes y estudiantes de la Institución Universitaria Pascual Bravo, se presenta una experiencia integral que articula diseño, tecnología, sostenibilidad y formación profesional. El proyecto Escudería Bravo se convierte en un laboratorio de innovación educativa en el que convergen la ingeniería, la gestión y el diseño con el propósito de construir un vehículo

eléctrico funcional que responda a los retos actuales de movilidad sostenible. Por medio de metodologías activas como la simulación, el trabajo por roles y el aprendizaje basado en proyectos, el capítulo evidencia cómo la investigación formativa puede ser una poderosa herramienta para fomentar conciencia ambiental, pensamiento crítico, competencias técnicas y trabajo colaborativo. La propuesta se posiciona como un ejemplo sobre cómo las instituciones de educación superior pueden contribuir, desde sus capacidades y saberes, a la transición energética y a la formación de ciudadanos comprometidos con el desarrollo sostenible.

El tercer capítulo, *Rediseñando espacios de participación: la mochila de la buena gobernanza*, es una propuesta que fusiona diseño, pedagogía social y participación ciudadana. Sus autores, Adolfo Vargas Espitia, Julieth Hernández Ariza y Héctor Díaz Martínez, desarrollan una reflexión profunda sobre los vínculos entre el diseño y la gobernanza desde una perspectiva comunitaria. Por medio de un dispositivo simbólico —la mochila—, se configuran espacios de encuentro, diálogo y reconstrucción del tejido social en contextos territoriales marcados por desigualdades y desafíos estructurales. Este artefacto se convierte en mediador pedagógico para el fortalecimiento de capacidades locales y para el ejercicio de una gobernanza democrática y colaborativa. En el capítulo se ofrece una mirada del diseño como herramienta de mediación social, para destacar su potencial en la facilitación de procesos de transformación cultural e institucional por medio del arte, la metáfora, la memoria colectiva y la acción participativa. Esta propuesta enriquece el campo del diseño sostenible al integrar saberes ancestrales, dinámicas comunitarias y estrategias creativas de intervención social.

En conjunto, estos tres capítulos contribuyen a la construcción de una visión más amplia y crítica del diseño sostenible, entendido como un conjunto de técnicas o estilos, y como una práctica transformadora, situada y comprometida con el bienestar colectivo. Como compilador de esta obra, agradezco a las autoras y autores por su generoso trabajo, a las instituciones aliadas por su respaldo y al Fondo Editorial Pascual Bravo por facilitar la circulación de conocimientos que enriquecen al diálogo interinstitucional, disciplinar y social.

Invito a las lectoras y lectores a sumergirse en estas páginas con disposición reflexiva y constructiva, reconociendo que el diseño sostenible es un campo en permanente evolución, que nos convoca a reimaginar, recrear, replantear y reunir nuestras ideas, saberes y acciones en favor de un futuro más equitativo y regenerativo.

Carlos Alberto Lopera Quiroz

Compilador

Director

Grupo de Investigación Ícono

Institución Universitaria Pascual Bravo

Aplicación metodológica para el replanteo de la arquitectura: un enfoque en el confort térmico y el diseño sostenible

Rubén Darío Calixto Morales

Arquitecto, especialista en Diseño Urbano, magíster en Bioclimática y candidato a doctor en Urbanismo y Arquitectura Sostenible.
Docente tiempo completo, Facultad de Arquitectura, Universidad Santo Tomás Seccional Tunja
mgrubencalixto@gmail.com / ruben.calixto@usantoto.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-8631-7927>

Introducción

El edificio Santo Domingo de Guzmán, ubicado en el Campus Universitario de la Universidad Santo Tomás en Tunja (Boyacá), ha sido objeto de estudio debido a problemas significativos relacionados con el confort térmico (Lamberti *et al.*, 2021). Este edificio, ubicado en una zona climática fría, presenta condiciones térmicas heterogéneas que afectan su habitabilidad: habitabilidad: exceso de calor en ciertas áreas y zonas notablemente frías en otras. Estas variaciones no solo dificultan el confort de los usuarios, sino que también limitan el aprovechamiento óptimo de los ambientes interiores. En la investigación inicial, documentada en el Informe Técnico 001: Evaluación del comportamiento térmico de la envolvente del edificio Santo Domingo de Guzmán y su incidencia en el confort interno, se identificó una serie de deficiencias térmicas en su envolvente, que inciden de manera negativa en la usabilidad de los escenarios. Las conclusiones de este análisis han sido dirigidas al Departamento de Planta Física, responsable de proponer mejoras para optimizar el bienestar de los usuarios (Calixto *et al.*, 2022).

En este contexto, la investigación adquiere un valor pedagógico central, al abordar estas problemáticas mediante un ejercicio académico desarrollado con estudiantes de Arquitectura de octavo semestre. Esta propuesta metodológica se centra en la evaluación posocupación (EPO) del edificio y en el replanteamiento espacial de dos zonas críticas, a partir de



los hallazgos del informe técnico. Este enfoque combina el análisis técnico con la reflexión crítica, promoviendo en los estudiantes competencias clave para abordar los desafíos contemporáneos de la arquitectura, como el diseño sostenible y la regeneración de espacios.

La estrategia académica se fundamentó en un enfoque secuencial que incluyó las siguientes etapas:

- Diagnóstico inicial (anexos 1 y 2): se analizaron las condiciones de localización, características espaciales y térmicas del edificio, tanto internas como externas, considerando factores como orientación, materialidad, y distribución de las zonas problemáticas en términos climáticos, además de puntos característicos de mayores pérdidas y ganancias térmicas.
- Análisis de variables críticas: mediante herramientas como simulaciones térmicas y registros termográficos, se evaluaron factores determinantes como asoleación, sombras, humedad relativa, velocidad del viento intercambios térmicos.
- Estudio de percepción del usuario: se complementó el análisis técnico con encuestas de satisfacción realizadas a quienes utilizan el edificio, con el fin de identificar necesidades y preferencias desde una perspectiva subjetiva.
- Propuestas de replanteamiento espacial: los estudiantes diseñaron soluciones que incluyeron reorganización de fachadas, redistribución de espacios interiores y modificaciones en los materiales utilizados para mejorar las condiciones térmicas e incorporación de materiales alternativos.
- Evaluación de impacto: se llevó a cabo una valoración objetiva y subjetiva de las propuestas, considerando su efectividad en términos de confort térmico y la habitabilidad de los espacios.

Relevancia pedagógica y aplicación práctica

Este ejercicio académico no solo abordó una problemática real, sino que también ofreció a los estudiantes una oportunidad para integrar conocimientos técnicos, analíticos y reflexivos. Según Bravo *et al.* (2023) y Rentería *et al.* (2024), el desarrollo de competencias críticas en contextos reales fortalece la capacidad de los estudiantes para diseñar soluciones sostenibles, alineadas con los principios del desarrollo sostenible y la ciudadanía global. Este enfoque metodológico fomenta una conexión directa entre teoría y



práctica, un aspecto clave en la formación de arquitectos comprometidos con los desafíos de la sostenibilidad y del bienestar social.

Adicionalmente, en la investigación se abordaron aspectos fundamentales del confort térmico, considerado un elemento crítico en el diseño de espacios interiores. Según Lamsal *et al.* (2023), las personas pasan aproximadamente el 87% de su tiempo en ambientes cerrados, lo que refuerza la necesidad de crear entornos con confort térmico. Este último, definido como —un estado mental que expresa satisfacción con el entorno térmico— (Lamsal *et al.*, 2023), es altamente subjetivo y depende tanto de las condiciones ambientales objetivas como de las percepciones individuales de los usuarios.

Problemática del confort térmico en Tunja

La ubicación geográfica y el clima frío de Tunja plantean desafíos específicos para el diseño arquitectónico, particularmente en edificios como el Santo Domingo de Guzmán. Las zonas de alta incidencia solar durante el día generan acumulaciones de calor, lo que contrasta con áreas sombreadas o mal aisladas, que permanecen frías. Según Zhukova *et al.* (2023), las condiciones de confort térmico están determinadas por factores climáticos locales, lo cual exige a los diseñadores a considerar variables como temperatura, humedad y velocidad del viento al formular soluciones efectivas.

En este contexto, se destacan las siguientes observaciones clave:

- Subjetividad del confort térmico: como subraya Orman *et al.* (2022), diferentes personas perciben de manera distinta las condiciones térmicas, lo que exige un enfoque adaptativo basado en encuestas y monitoreo de preferencias personales (Carlucci *et al.*, 2018).
- Impacto en la productividad y bienestar: la incomodidad térmica incide negativamente tanto la productividad como la calidad de vida de los usuarios, especialmente en espacios educativos y laborales (Fahim *et al.*, 2021).
- Desarrollo de modelos adaptativos: según Zhang *et al.* (2020), el diseño adaptativo permite ajustar las condiciones de los edificios para responder a las particularidades climáticas y las expectativas de los ocupantes.

La relevancia de este proyecto radica en su capacidad para integrar herramientas técnicas, análisis crítico y diseño innovador en un entorno de aprendizaje real. Como lo resalta Calvache *et al.* (2022), abordar problemáticas del contexto genera perspectivas más integrales y fortalece la formación de profesionales conscientes del impacto social y ambiental de



su labor. Este enfoque no solo mejora la calidad del aprendizaje académico, sino que también prepara a los futuros arquitectos para enfrentar desafíos contemporáneos relacionados con el confort térmico, la sostenibilidad y la regeneración de espacios.

Este ejercicio académico-metodológico representa una valiosa oportunidad para fomentar competencias críticas en los estudiantes, al tiempo que impulsa soluciones innovadoras orientadas a mejorar las condiciones térmicas del edificio Santo Domingo de Guzmán. Al combinar teoría y práctica, se consolidan las bases para una arquitectura más sostenible y regenerativa, capaz de responder eficazmente a las necesidades locales y globales.

Metodología

El proceso metodológico de esta investigación se distingue en dos niveles interrelacionados: por un lado, la metodología aplicada para desarrollar la investigación académica, y, por otro, la estrategia implementada por los estudiantes en el ejercicio de diagnóstico y mejoramiento térmico del edificio Santo Domingo de Guzmán. Esta última fue concebida como una actividad práctica alineada con los objetivos de la primera, permitiendo a los estudiantes aplicar conocimientos teóricos en un contexto real (Calixto *et al.*, 2022).

El desarrollo de ambas metodologías se estructuró en etapas clave que abarcan diagnóstico, análisis detallado, evaluación posocupacional (EPO), actividad de replanteo del espacio y valoración (Rincón, 2023). A continuación, se describen estas etapas:

1. Diagnóstico

En esta fase inicial, se realizó un diagnóstico técnico integral, complementado por actividades prácticas desarrolladas por los estudiantes. Estas incluyeron:

- Revisión espacial y térmica: inspecciones visuales y mediciones para identificar zonas problemáticas.
- Registros térmicos: mediciones de temperaturas internas y externas, así como análisis de variaciones estacionales, realizados por los estudiantes para profundizar en las dinámicas térmicas del edificio.
- Evaluación de antecedentes: comparación de condiciones térmicas antes y después de intervenciones anteriores.

Esta etapa sentó las bases para identificar las principales problemáticas térmicas y su impacto en el confort interno (Calixto, 2019).



2. Análisis detallado

El análisis técnico fue desarrollado en detalle mediante herramientas especializadas, permitiendo a los estudiantes comprender los factores claves que inciden en el comportamiento térmico del edificio:

- Asoleación y sombras: se utilizó Design Builder para mapear la incidencia solar y determinar puntos críticos de alta o baja exposición (Salgado *et al.*, 2022).
- Materialidad: evaluación de propiedades térmicas de la envolvente, como aislamiento e inercia térmica.
- Aperturas y ventilación: estudio del porcentaje de fachadas abiertas y elementos que favorecen la ventilación cruzada.
- Registro termográfico: identificación de puntos de pérdida y ganancia de calor mediante cámaras termográficas y así como medición de la humedad relativa y la velocidad del viento (Aqilah *et al.*, 2022).

A partir de estos análisis, los estudiantes generaron informes con hallazgos sustanciales para avanzar hacia las soluciones.

3. Análisis de resultados de la Evaluación Posocupación (EPO)

En esta etapa, se contrastaron datos cuantitativos y cualitativos obtenidos mediante herramientas de medición y encuestas realizadas a los usuarios del edificio:

- Comparación de datos: relación entre resultados técnicos y percepción de los usuarios sobre confort térmico.
- Problemas y oportunidades: identificación de discrepancias entre las condiciones medidas y las expectativas de los ocupantes.

Este proceso permitió a los estudiantes integrar la perspectiva del usuario en el diagnóstico, promoviendo propuestas centradas en las necesidades reales.

4. Actividad de replanteo del espacio

La actividad principal desarrollada por los estudiantes consistió en generar propuestas para mejorar las condiciones térmicas y espaciales del edificio. Basándose en los resultados previos, plantearon estrategias que incluyeron:

- Modificaciones internas y en fachadas: uso de materiales de mejor aislamiento térmico y dispositivos de control solar incorporación de materiales con mejor aislamiento térmico.



- Reorganización espacial: configuraciones que optimizaran la ventilación cruzada y el flujo de aire.
- Cambio de uso: reorientación de algunos espacios para adaptarlos a funciones más acordes con sus condiciones térmicas.

Esta actividad no solo consolidó los conocimientos adquiridos, sino que también fortaleció las habilidades de diseño y análisis crítico de los estudiantes.

5. Valoración

Finalmente, se evaluaron los resultados de las propuestas mediante un enfoque dual:

- Valoración objetiva: mediciones posteriores a las intervenciones para validar los cambios en las condiciones térmicas (Elbellahy, 2020).
- Valoración subjetiva: nuevas encuestas de satisfacción aplicadas a los usuarios para capturar su percepción sobre las mejoras implementadas (Albukhari, 2021).
- Revisión docente: evaluación por parte de pares académicos, bajo la modalidad de doble ciego, para garantizar la objetividad y calidad de las propuestas estudiantiles.

La metodología de esta investigación y la actividad estudiantil fueron complementarias y mutuamente enriquecedoras. Mientras la primera proporcionó un marco riguroso de análisis técnico y científico, la segunda promovió la aplicación práctica de dichos conceptos clave en la formación de futuros arquitectos.

Resultados

En este apartado se presentan y analizan los resultados obtenidos del ejercicio metodológico de aula, por medio del proceso de investigación y replanteo del espacio arquitectónico. Durante el desarrollo de esta actividad, los estudiantes se enfrentaron a diversos desafíos que les permitieron aplicar y fortalecer sus competencias en diseño arquitectónico, análisis térmico, y sostenibilidad. El enfoque de replanteo fue central para el proceso, involucrando modificaciones internas de fachada, reorganización espacial y cambios de uso con el objetivo de mejorar las condiciones térmicas y el confort interno del edificio (Tafahomi, 2021). Cada uno de estos aspectos requirió una comprensión teórica profunda y también la capacidad de aplicar estos conocimientos de manera práctica y efectiva.



Tras explicar, en el espacio académico, el proceso que permitió identificar los lugares térmicamente más complejos del edificio Santo Domingo de Guzmán —debido a su sobreexposición al calor o al frío—, se indicó a los estudiantes aplicar la metodología previamente establecida para formular propuestas de replanteo del escenario arquitectónico. Este ejercicio tenía como propósito consolidar los conocimientos adquiridos en el análisis térmico y fomentar la integración de estrategias prácticas en sus planteamientos arquitectónicos.

A continuación, se presentan los resultados de tres propuestas destacadas, desarrolladas por diferentes grupos de estudiantes, que evidencian la aplicación de la metodología en escenarios reales:

Grupo 1: Zonificación según la carta psicrométrica y la incidencia solar

Este grupo (Figura 1) se centró en el espacio con mayor exposición a la radiación solar. Utilizando la carta psicrométrica como herramienta de evaluación, los estudiantes determinaron las condiciones térmicas del espacio para determinar los niveles de confort alcanzables según las variables climáticas existentes. A partir de este análisis, se obtuvo:

Figura 1.
Propuesta Grupo 1. Resultados generales del ejercicio metodológico aplicado



Fuente: Estudiantes Universidad Santo Tomás, 2022.



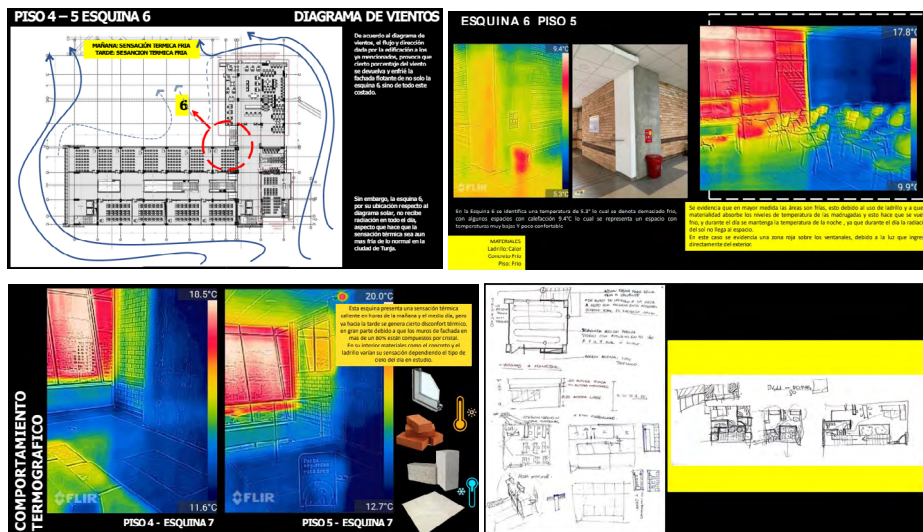
- **Zonificación específica:** redefinieron la distribución espacial, asignando funciones y usos específicos a las áreas del escenario arquitectónico en función de su exposición térmica.
- **Decisiones basadas en condiciones térmicas:** propusieron que los espacios con mayor incidencia solar se destinaran a usos que se beneficien de la ganancia térmica, mientras que áreas de menor incidencia se destinaran a funciones que requieren temperaturas más estables.
- **Optimización del confort térmico:** la propuesta integra estrategias pasivas que maximizan el confort de los usuarios sin recurrir a sistemas de climatización activos.

Grupo 2: Mejoras para una zona térmicamente menos favorable (fría)

Este grupo (Figura 2) identificó una zona especialmente afectada por condiciones térmicas adversas, caracterizadas por bajas temperaturas. Su propuesta se basó en un análisis detallado del comportamiento térmico del espacio, a partir del cual desarrollaron:

Figura 2.

Propuesta Grupo 2. Resultados generales del ejercicio metodológico aplicado



Fuente: Estudiantes Universidad Santo Tomás, 2022.



- **Reubicación del escenario:** los estudiantes propusieron ajustes en la ubicación del aula para optimizar la exposición a las fuentes de calor disponibles.
- **Mejoras de fachada:** diseñaron una intervención en la envolvente del edificio, incluyendo elementos como materiales de mayor capacidad aislante y pisos radiantes que minimizan la pérdida de calor.
- **Mantención del uso original:** sin afectar la función del espacio como aula de clase, plantearon soluciones que priorizan el confort térmico sin comprometer la funcionalidad del espacio.

Grupo 3: Replanteo de espacios con condiciones térmicas contrastantes

El Grupo 3 (Figura 3) optó por trabajar con dos espacios que presentaban condiciones térmicas opuestas: uno cálido y otro frío. Basándose un análisis de incidencia solar y comportamiento de los vientos, los estudiantes desarrollaron una propuesta orientada al aprovechamiento de las propiedades térmicas de cada espacio:

Figura 3.

Propuesta Grupo 3. Resultados generales del ejercicio metodológico aplicado



Fuente: Estudiantes Universidad Santo Tomás, 2022.

- **Replanteo integral:** propusieron un rediseño de los dos espacios, asignándoles funciones específicas que optimizan el confort térmico según sus características particulares.
- **Habitabilidad garantizada:** las intervenciones consideran estrategias pasivas y activas para garantizar condiciones térmicas adecuadas en ambos escenarios, haciéndolos completamente funcionales y habitables aptos para el uso cotidiano.
- **Análisis comparativo:** justificaron sus decisiones mediante un análisis comparativo de las condiciones actuales y las proyectadas, evidenciando el impacto positivo del replanteo.



Estas propuestas evidencian cómo los estudiantes aplicaron la metodología desarrollada para la investigación y adaptaron sus aprendizajes a situaciones prácticas. Los anexos 3, 4 y 5 constituyen evidencia del proceso final de análisis de los grupos en el que integraron herramientas técnicas, análisis térmicos y estrategias de diseño que reflejan un entendimiento profundo de las dinámicas climáticas y espaciales. Al trabajar desde las características específicas de los espacios, lograron replanteos que mejoran las condiciones de confort térmico y destacan por su viabilidad y enfoque sostenible.

Los resultados obtenidos reflejan el impacto de las intervenciones propuestas sobre el confort térmico y la eficiencia energética del edificio, así como el crecimiento académico y profesional de los estudiantes. Mediante la integración de diversas áreas del conocimiento y la aplicación de una metodología rigurosa, los estudiantes pudieron generar propuestas innovadoras y sostenibles, demostrando su capacidad para abordar y resolver problemas complejos en el ámbito del diseño arquitectónico.

Con el desarrollo de la investigación cumplió cabalmente con la metodología planteada y se abordó cada etapa de forma rigurosa y articulada. Durante la fase de diagnóstico, los estudiantes llevaron a cabo una evaluación técnica inicial que permitió identificar las principales problemáticas térmicas del edificio y les brindó la oportunidad de aplicar herramientas de medición y evaluación espacial. Actividades como la revisión espacial y térmica, los registros de temperaturas internas y externas, y la evaluación de antecedentes térmicos posibilitaron una comprensión integral de las condiciones iniciales del proyecto. Este enfoque metodológico cimentó las bases para una valoración detallada y fundamentada que refleja la capacidad de los estudiantes para conectar teoría y práctica en escenarios reales.

En esta etapa, el uso de herramientas especializadas como *software* de modelación térmica, cámaras termográficas y medición ambiental permitió a los estudiantes profundizar en el estudio de variables clave como asoleación, ventilación cruzada y propiedades térmicas de la envolvente. Este proceso destacó la importancia de vincular la tecnología con el diseño arquitectónico, ya que en esta etapa se identificaron oportunidades de mejora y áreas críticas que requerían intervenciones específicas. Los hallazgos obtenidos también fueron enriquecidos con la Evaluación Posocupacional (EPO), que integró la percepción de los usuarios con los resultados técnicos, asegurando que las soluciones propuestas respondieran a condiciones objetivas y a las expectativas de confort.



Las actividades de replanteo del espacio y la posterior evaluación confirmaron la eficacia de la metodología aplicada. Las estrategias de optimización, que incluyeron modificaciones de fachada, reorganización espacial y cambios de uso, demostraron un enfoque integral que combinó sostenibilidad, funcionalidad y confort térmico. Si bien la validación no se puede medir hasta que no se hagan los cambios y adecuaciones, se considera objetiva por parte de los estudiantes, dado que priorizan a las personas y su percepción del espacio como respuesta a la valoración inicial subjetiva. Las propuestas evidencian una mejora significativa en las condiciones térmicas y del replanteamiento del espacio a partir de la experiencia previa de los usuarios. Este cumplimiento integral de la metodología subraya la relevancia del planteamiento utilizado para la formación de competencias críticas y creativas en los estudiantes, preparándolos para enfrentar desafíos reales en el diseño arquitectónico sostenible.

Hallazgos

En este capítulo se presentan los hallazgos derivados de la aplicación de la metodología de investigación, organizados en varias secciones que destacan los aprendizajes adquiridos por los estudiantes en cada etapa del proceso. Estos resultados ilustran su relevancia en el desarrollo de competencias relacionadas con la sostenibilidad, el confort térmico y la ciudadanía global, elementos esenciales en la formación de futuros arquitectos.

Tabla 1

Hallazgos y aprendizajes obtenidos de la aplicación

ASPECTO	SIGNIFICADO PARA EL ESTUDIANTE
Modificaciones internas de fachada	- Conocimiento aplicado: la integración de teoría y práctica en la selección y aplicación de materiales de aislamiento térmico y dispositivos de control solar les permitió comprender la importancia de los materiales en la eficiencia energética de un edificio. Esta experiencia fue fundamental para fortalecer sus habilidades en la evaluación y selección de materiales, así como su impacto en el confort térmico. - Solución de problemas: al enfrentar problemas térmicos específicos, los estudiantes desarrollaron la capacidad de identificar y proponer soluciones efectivas, una habilidad clave esencial para su futura carrera profesional. - Creatividad en el diseño: el equilibrio entre funcionalidad y estética en la modificación de fachadas permite que se destaque la importancia de mantener un enfoque holístico en el diseño arquitectónico. Los estudiantes aprendieron a considerar múltiples variables, incluyendo el confort térmico y la apariencia estética, lo que enriqueció su capacidad para plantear soluciones integrales.



ASPECTO	SIGNIFICADO PARA EL ESTUDIANTE
Reorganización espacial	- Análisis técnico: el uso de herramientas y <i>software</i> de simulación para analizar el flujo de aire y ventilación cruzada, permitió destacar la importancia de la tecnología en el diseño arquitectónico moderno. Esta habilidad técnica es crucial para crear espacios eficientes y confortables. - Optimización del espacio: los estudiantes adquirieron la capacidad de rediseñar espacios de manera que permitieron mejorar la funcionalidad y el confort térmico, destacando la importancia de la flexibilidad y adaptabilidad en el diseño arquitectónico. Igualmente, aprendieron a crear espacios que pueden ajustarse a diferentes necesidades y usos. - Flexibilidad: mediante el desarrollo de soluciones modulares y adaptables, los estudiantes se preparan para enfrentar futuros desafíos en el diseño de espacios multifuncionales, una tendencia creciente en la arquitectura contemporánea.
Cambio de uso	- Regulaciones y normativas: reconocer los códigos de construcción y leyes locales para aplicarlos en proyectos de cambio de uso, permitió a los estudiantes aplicar estas normativas de manera efectiva. - Evaluación del confort: por medio del análisis del impacto del cambio de uso en el confort térmico y general de los usuarios, se resalta la importancia de considerar las necesidades y preferencias de los ocupantes en el diseño arquitectónico. Esta competencia es esencial para crear espacios habitables y funcionales. - Planificación realista: las habilidades de planificación detallada para la implementación de cambios de uso, considerando limitaciones prácticas, prepararon a los estudiantes para gestionar proyectos complejos de manera eficiente y efectiva.
Interdisciplinariedad	- Colaboración: la experiencia en trabajar con profesionales de otras disciplinas fomentó una perspectiva holística y colaborativa. Los estudiantes aprendieron a integrar diferentes áreas del conocimiento para crear soluciones más completas y efectivas. - Integración de conocimientos: la capacidad para integrar conocimientos de diversas disciplinas en soluciones de diseño, prepara a los estudiantes para colaborar en proyectos que requieren una visión integral.
Sostenibilidad	- Conciencia ambiental: a partir de la comprensión de los principios de sostenibilidad y su aplicación en el diseño arquitectónico, los estudiantes se preparan para enfrentar los desafíos ambientales contemporáneos. La sostenibilidad es una competencia clave en la arquitectura moderna, y los estudiantes aprendieron a incorporar estos principios en sus diseños. - Impacto ambiental: por medio de la evaluación del impacto ambiental de los materiales y técnicas de construcción seleccionados, se subrayó la importancia de elegir opciones sostenibles y responsables. Esta competencia es esencial para minimizar el impacto negativo de la construcción en el medio ambiente.



ASPECTO	SIGNIFICADO PARA EL ESTUDIANTE
Evaluación Posocupación (EPO)	- Investigación aplicada: el desarrollo de habilidades en la realización de evaluaciones post-ocupación y análisis de datos permitió a los estudiantes entender mejor cómo sus diseños impactan en el confort y la satisfacción de los usuarios. Esta competencia es crucial para crear espacios que realmente funcionen para sus ocupantes. - Retroalimentación: la capacidad de los estudiantes para utilizar los resultados de las evaluaciones en el planteamiento y ajuste de las propuestas de diseño evidencia la importancia de la retroalimentación continua en el proceso de diseño. Los estudiantes aprendieron a iterar y optimizar sus diseños basados en datos reales y opiniones de los usuarios.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

La tabla de resultados anterior detalla los aprendizajes técnicos y teóricos de los estudiantes y destaca el desarrollo de competencias críticas y creativas necesarias para enfrentar los desafíos del diseño arquitectónico contemporáneo (Sevilla *et al.*, 2024). Mediante la implementación de la metodología aplicada, los estudiantes adquirieron una comprensión profunda de la importancia de la sostenibilidad, la eficiencia energética y el confort térmico, así como la capacidad de integrar estos conceptos en soluciones prácticas y efectivas, como se evidencia en los anexos 3, 4 y 5.

El reto para los estudiantes en la aplicación de la metodología desarrollada

La aplicación de la metodología desarrollada presentó múltiples desafíos para los estudiantes, permitiéndoles poner en práctica sus conocimientos teóricos y habilidades técnicas en un contexto real y complejo. En este apartado se exploran los diversos aspectos en los que los estudiantes se enfrentaron a retos significativos, desde la modificación de fachadas y reorganización espacial hasta la adaptación a diferentes usos, además de la valoración objetiva y subjetiva de las soluciones propuestas. Los retos específicos y la manera en que los estudiantes abordaron cada uno de ellos, fueron:

1. Modificaciones internas de fachada
 - Los estudiantes deben tener un profundo conocimiento sobre los materiales de construcción, técnicas de aislamiento térmico y dispositivos de control solar. Esto requiere un dominio de la teoría y la práctica de estos elementos.



- Evaluar la viabilidad de implementar las modificaciones propuestas en términos de costos, tiempo y factibilidad técnica. Esto implica una comprensión de los procesos constructivos y la capacidad de trabajar con presupuestos y cronogramas realistas (Shaoxiong *et al.*, 2020).
- Mantener la integridad estética del edificio mientras se realizan las modificaciones necesarias. Los estudiantes deben equilibrar las necesidades funcionales con las consideraciones de diseño y estética.

2. Reorganización espacial

- Realizar un análisis detallado del flujo de aire y la ventilación cruzada dentro del espacio. Esto requiere habilidades en el uso de herramientas y software de simulación de flujo de aire.
- Proponer configuraciones espaciales que no solo incrementen la ventilación, sino que también mantengan la funcionalidad y habitabilidad del espacio. Los estudiantes deben considerar cómo los cambios afectan la utilización del espacio por parte de los usuarios (Yukai *et al.*, 2021).
- Evaluar cómo las diferentes configuraciones espaciales se pueden adaptar a los cambios en el uso del espacio a lo largo del tiempo. Esto implica pensar en diseños flexibles y modulares (Tsoumpri, 2023).

3. Cambio de uso

- Asegurarse de que los cambios de uso propuestos cumplan con todas las regulaciones y normativas locales de construcción y zonificación. Esto requiere una comprensión de los códigos de construcción y las leyes locales (Evans, 2018).
- Evaluar cómo el cambio de uso afectará el confort térmico y general de los usuarios. Los estudiantes deben considerar cómo los nuevos usos del espacio pueden requerir diferentes condiciones térmicas y de ventilación (Cihan *et al.*, 2019).
- Desarrollar un plan detallado para la implementación del cambio de uso, considerando los desafíos prácticos de transformar un espacio existente en uno adecuado para un nuevo propósito (Ashby *et al.*, 2019).



Otros retos que se consideraron pertinentes fueron:

- Colaborar con estudiantes y profesionales de otras disciplinas, como ingeniería, medio ambiente y ciencias sociales, para abordar de manera integral los desafíos térmicos y espaciales.
- Integrar principios de sostenibilidad en todas las propuestas, considerando la eficiencia térmica y el impacto ambiental de los materiales y las técnicas de construcción (Feria *et al.*, 2019).
- Desarrollar y llevar a cabo evaluaciones Posocupación para medir la efectividad de las modificaciones propuestas y realizar ajustes basados en los resultados. Esto implica habilidades en investigación y análisis de datos.

La aplicación de esta metodología presentó una serie de retos para los estudiantes, desde el dominio técnico y la viabilidad constructiva hasta la adaptabilidad y sostenibilidad. Superar estos retos no solo les proporciona habilidades prácticas y teóricas, sino que también contribuirá a formar profesionales capaces de abordar los complejos desafíos del diseño arquitectónico y la sostenibilidad térmica de manera integral y efectiva.

Comparación con otras metodologías

Khalifa *et al.* (2020) discute el método -Design/Build- aplicado y evaluado en dos estudios de caso en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Entorno Construido de la Universidad Árabe de Beirut, campus de Trípoli. Este método se aplicó en cursos básicos de pregrado, donde los estudiantes adquirieron experiencia de construcción a escala real, integrando habilidades de diseño y ejecución para lograr el objetivo del proyecto (Holubchak, 2021). La evaluación se basó en el producto final, calificaciones del curso y retroalimentación de instructores y estudiantes, con la formulación de consideraciones y directrices para futuras aplicaciones en el nivel educativo de pregrado.

Ambas metodologías, la planteada y la de Khalifa *et al.* (2020), comparten el objetivo de integrar teoría y práctica en la formación de estudiantes de Arquitectura, y proporcionan experiencias de aprendizaje prácticas que combinan diseño y ejecución. Dentro de las similitudes y relevancias específicas, se encuentran:



Tabla 2
Similitudes y relevancias de las metodologías

Aspecto	Método -Design/Build-	Metodología propuesta
Integración de teoría y práctica	Los estudiantes trabajaron en proyectos a escala real, integrando diseño y habilidades de construcción.	Los estudiantes realizaron modificaciones espaciales y térmicas en un edificio existente, integrando conocimientos teóricos con aplicaciones prácticas.
Experiencia práctica	Los estudiantes adquirieron experiencia práctica en construcción, lo que les permitió comprender los desafíos reales de materializar un diseño.	La experiencia práctica facilitó a los estudiantes comprender las complejidades térmicas (pérdidas y ganancias térmicas excesivas al punto del discomfort) y espaciales, mediante la aplicación de teorías de confort y diseño bioclimático.
Evaluación continua	La evaluación del producto final, calificaciones del curso y retroalimentación proporcionaron una medida completa de la efectividad del método.	Evaluación mediante diagnóstico, análisis, registro termográfico, encuestas de satisfacción y valoración de cambios propuestos.
Formulación de directrices	El método resultó en directrices prácticas para futuras aplicaciones de -Design/Build- en la educación arquitectónica.	Dentro de la investigación se desarrollaron estrategias metodológicas basadas en la EPO y modificaciones espaciales para mejorar el confort térmico.
Competencias adquiridas	Los estudiantes integraron habilidades de diseño y ejecución, cruciales para la práctica profesional.	Los estudiantes fortalecieron competencias críticas y creativas en la evaluación y mejora de espacios arquitectónicos, preparándose para desafíos en la práctica profesional.
Relevancia internacional	La aplicación en un contexto internacional permitió validar y adaptar el método a diversas condiciones y requerimientos educativos.	La adopción y adaptación de métodos internacionales exitosos, como el de Khalifa, demostró la aplicabilidad y beneficios de dichas metodologías en el contexto local.

Fuente: Elaboración propia, 2024.



La comparación demuestra que la aplicación de metodologías internacionales, como el método -Design/Build- de Khalifa *et al.* (2020), proporciona un marco valioso para el desarrollo de competencias prácticas y críticas en estudiantes de Arquitectura. La investigación actual adopta un enfoque similar, centrado en la integración de teoría y práctica, lo que subraya la importancia de las experiencias prácticas en la formación arquitectónica (Nerantzi *et al.*, 2019).

Estas similitudes destacan la relevancia de aplicar y adaptar métodos internacionales exitosos para abordar problemas específicos locales. La adopción de tales metodologías permite a los estudiantes adquirir habilidades transferibles y adaptables, preparándolos para enfrentar desafíos en diversos contextos. La investigación actual se beneficia de las lecciones aprendidas y de las directrices formuladas en estudios de caso internacionales, con lo cual se enriquece el proceso educativo y mejora la formación integral de los futuros arquitectos (Tuktamyshov *et al.*, 2021).

Esta comparación detallada igualmente muestra, además, cómo la metodología desarrollada en la investigación actual es relevante y se beneficia de la aplicación y adaptación de métodos internacionales, proporcionando una formación integral y práctica a los estudiantes, preparándolos para enfrentar desafíos reales en su futura carrera profesional.

Conclusiones

Mediante la investigación se demostró que la integración de teoría y práctica es fundamental para la formación de competencias en los estudiantes de Arquitectura. Al involucrar a los estudiantes en proyectos reales, se fomentó una comprensión profunda de los conceptos teóricos y su aplicación práctica, lo que los preparó mejor para enfrentar desafíos en el mundo real. De esta forma se subraya la necesidad de considerar el confort térmico desde las primeras etapas del diseño, con herramientas y métodos precisos para evaluar y mejorar las condiciones internas de los espacios.

La adaptación de metodologías internacionales exitosas, como el método -Design/Build- al contexto local ha demostrado ser altamente beneficiosa. Esto no solo valida la aplicabilidad de estos métodos en diferentes contextos, sino que también enriquece el proceso educativo, al ofrecer una perspectiva más amplia y global a los estudiantes. La metodología de evaluación térmica demostró ser eficaz para identificar y resolver problemas térmicos en edificios. Los estudiantes pudieron aplicarla de manera



acertada, por medio de soluciones concretas y viables para incrementar el confort térmico en los espacios estudiados.

Además, fortalecieron sus competencias críticas y creativas al participar en el proceso de evaluación y modificación de espacios arquitectónicos. Asimismo, los estudiantes, al enfrentarse a problemas reales y desarrollar soluciones prácticas, aprendieron a abordar el diseño arquitectónico de manera integral, la implementación de múltiples variables y la adopción de un enfoque holístico. La actividad de replanteo fue crucial para determinar exploraciones proyectuales sobre cómo optimizar las condiciones térmicas y el confort de los usuarios. Por otro lado, evaluaron diferentes configuraciones espaciales y propusieron cambios que demostraron ser acertados para reducir la ganancia térmica y mejorar la ventilación, lo que resultó en espacios más confortables y funcionales. De igual forma, la evaluación continua y la retroalimentación de usuarios fueron fundamentales para la objetividad proyectual del ejercicio. Al incluir encuestas de satisfacción y monitoreo termográfico, se obtuvo una visión completa y precisa de los efectos de las modificaciones propuestas, lo que permitió ajustar las estrategias de diseño de manera eficiente.

El proyecto de investigación se alineó con los objetivos de desarrollo sostenible y la formación de competencias hacia la ciudadanía global, puesto que los estudiantes adquirieron competencias para diseñar espacios más confortables y eficientes y desarrollaron una conciencia crítica sobre la importancia de crear ambientes construidos sostenibles y equitativos.

En consecuencia, se ofrecieron directrices prácticas y teóricas para futuras investigaciones y aplicaciones en el diseño arquitectónico. Esta metodología puede ser replicada en otros contextos, con el objetivo de promover una educación arquitectónica fundamentada en la aplicación teórico-práctica de manera efectiva y que prepare a los estudiantes para enfrentar los desafíos de un mundo en constante cambio. Así, se demostró la importancia y relevancia del confort térmico en el diseño arquitectónico y la efectividad de metodologías internacionales adaptadas al contexto local. Los estudiantes adquirieron competencias críticas y creativas que contribuyeron al desarrollo sostenible y a la creación de espacios más justos y equitativos al proporcionar una base sólida para futuras aplicaciones y desarrollos en la educación arquitectónica.



Referencias bibliográficas

- Aqilah, N., Bahadur, H., & Ahmad, S. (2022). A Review of Thermal Comfort in Residential Buildings: Comfort Threads and Energy Saving Potential. *Graduate School of Environmental and Information Studies, Tokyo City University*. 15(23). <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/23/9012>
- Albukhari, I. (2021). Assessment of Architectural Design Studio: A Review. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*. 9. <https://consensus.app/papers/architectural-design-studio-review-albukhari/7fc4f91c115253c883f291d06f59e22d/?q=valoraci%C3%B3n+subjativa+en+arquitectura&lang=es>
- Ashby, I., & Exter, M. (2019). Designing for Interdisciplinarity in Higher Education: Considerations for Instructional Designers. *Purdue University*. 63. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11528-018-0352-z>
- Calixto, R., (2019). *Evaluación del comportamiento térmico en muros de adobe con la implementación de pañete armado*. (Tesis Maestría en Bioclimática). Universidad de San Buenaventura Colombia, Facultad de Artes Integradas. Colombia.
- Calixto, R., Gómez, A. (2022). *Informe Técnico 001: Evaluación del comportamiento térmico de la envolvente del edificio Santo Domingo de Guzmán y su incidencia en el confort interno*. Universidad Santo Tomás. Colombia.
- Calvache, D. Borchers, P., Dueñas, J. C. (2022). El desarrollo de productos sostenibles como escenario para la investigación-creación. En C. Lopera (comp). *Diseño sostenible. Creación, materialidad y experiencia* (pp. 8-43). Fondo Editorial Institución Universitaria Pascual Bravo.
- Carlucci, S. Bai, L., De Dear, R., Yang, L. (2018). Review of adaptive thermal comfort models in built environmental regulatory documents. *Building and Environment*. 137. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132318301884?via%3Dihub>
- Cihan, T., Gulden, G. (2019). The relation between thermal comfort and human-body exergy consumption in a temperate climate zone. *Energy and Buildings*. 205. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109548>.
- Elbellahy, S. (2020). An empirical study to evaluate the architectural design in the construction documents stage using a criteria-based evaluation model. *Journal Engineering Science and Military Technologies*. 4(2). https://ejmtc.journals.ekb.eg/article_169734.html
- Evans, G. (2018). Inclusive and Sustainable Design in the Built Environment: Regulation or Human-Centred?. *Built Environment Journal*. 44(1). <https://www.ingentaconnect.com/content/alex/benv/2018/00000044/00000001/art00008?sessionId=3b1o2ow7skk1s.x-ic-live-02>
- Fahim, I., Kalwar, S., Jilani, S., Fatima, S., & Kaka, Z. (2021). Factors Affecting the Productivity of Employees in Architectural Firms. *International Research Journal of Innovations in Engineering and Technology*. 5(10). <https://doi.org/10.47001/irjiet/2021.510001>



- Feria, M., Amado, M. (2019). Architectural Design: Sustainability in the Decision-Making Process. *Laboratory of Architecture, Buildings*. 9(5). <https://www.mdpi.com/2075-5309/9/5/135>
- Holubchak, K. (2021). The Application of Design Thinking Methodology in Architectural Education in Ukraine: Case Study. *Architecture, Civil Engineering, Environment*. 13. <https://sciendo.com/article/10.21307/acee-2020-027>
- Khalifa, M., El Hefnawi, M. (2020). Enhancing undergraduate architectural education (Scale 1 to 1 design - Build Method). *Architecture & Planning Journal*. 26 (1). <https://digitalcommons.bau.edu.lb/apj/vol26/iss1/1/>
- Lamberti, G., Salvadori, G., Leccese, F., Fantozzi, F., & Bluysen, P. (2021). Advancement on Thermal Comfort in Educational Buildings: Current Issues and Way Forward. *Sustainability*. 13(18). <https://doi.org/10.3390/su131810315>
- Lamsal, P., Bahadur, S., Bahadur, H. (2023). A Review on Adaptive Thermal Comfort of Office Building for Energy-Saving Building Design. *Energies*. 16(3). <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/3/1524>
- Nerantzi, C., James, A. (2019). *LEGO for University Learning: Inspiring academic practice in higher education*. Zenodo. 1. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2813448>
- Orman, J., Majewski, G., Radek, N., & Pietraszek, J. (2022). Analysis of Thermal Comfort in Intelligent and Traditional Buildings. *Energies*. 15(18). <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/18/6522>
- Rincón, J. (2023). Thermal comfort in naturally ventilated educational buildings: a study in temperate-dry bioclimate. *Revista de Arquitectura*. 25(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-03082023000100012
- Rentería, J., Vélez, C., Rodríguez, Y., Durango, J., Hincapié, E., Osorio B. (2023). Integrando los Objetivos de Desarrollo Sostenible en el diseño curricular de la Institución Universitaria Pascual Bravo. Institución Universitaria Pascual Bravo. En C. Lopera (comp). *Miradas multidisciplinares del diseño sostenible* (pp. 27-47). Fondo Editorial Institución Universitaria Pascual Bravo.
- Rentería, J., Vélez, C., Rodríguez, Y., & Peresin, M. (2024). Diseño curricular para el desarrollo sostenible y la ciudadanía global: intervención pedagógica en educación superior. *Entramado*. 20(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-38032024000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Sevilla, G., Zuleta, F. (2024). Desarrollando empatía en el taller Diseño para las funcionalidades diversas. En C. Lopera (comp). *Experiencias del diseño sostenible* (pp. 55-79). Fondo Editorial Pascual Bravo. <https://pascualbravo.edu.co/fondo-editorial/experiencias-del-diseno-sostenible/>
- Salgado, L., López, A., Álvarez, C., & Hernández, J. (2022). *Revisión de los desarrollos de Heliodón y herramientas computacionales para el análisis de sombras en edificios*. *Buildings*. 12(5). <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/5/627>
- Shaoxiong, L., Liu, L., & Peng, C. (2020). A Review of Performance-Oriented Architectural Design and Optimization in the Context of Sustainability: Dividends and Challenges. *Sustainability*. 14(4). <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/4/1427>



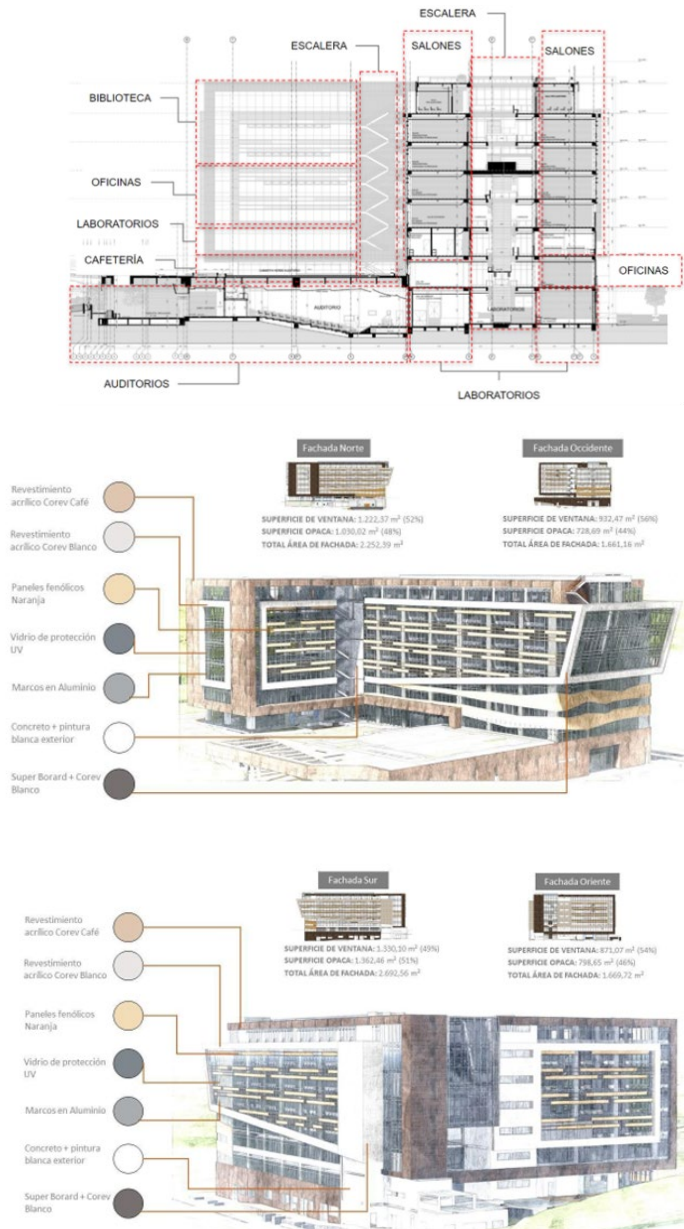
- Tafahomi, R. (2021). Insight into a Personalized Procedure of Design in Concept Generation by the Students in Architecture Thesis Projects. *Journal of Design Studio*. 3(1). <https://dergipark.org.tr/en/pub/journalofdesignstudio/issue/61786/910234>
- Tsompri, D., (2023). *Architectural space as an open, adaptable system: A design experiment*. *International Journal of Architectural Computing*. 21(4). <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/14780771231162382>
- Tuktamyshov, N., Gorskaya, T. (2021). The strategy of forming the research competence of students – architects by means of mathematics. *2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE – 2021)*. 274. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/50/e3sconf_stcce2021_09006/e3sconf_stcce2021_09006.html
- Yukai, Z., Qiaosheng, Z., & Xiang, K. (2021). A comprehensive method for optimizing the design of a regular architectural space to improve building performance. *Energy reports*. 7. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484721001013?via%3Dihub>
- Zhang, S., Zhang, L. (2020). *Adaptive-rational thermal comfort model: Adaptive predicted mean vote with variable adaptive coefficient*. *Indoor Air*. 30. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ina.12665>
- Zhukova, O., Negoda, N. (2023). The influence of the climate of the urbanized territory and the main parameters of building. *Current problems of architecture and urban planning*. 65. <http://archinform.knuba.edu.ua/article/view/276899>



ANEXOS

Anexo 1.

Generalidades de la evaluación volumétrica y materialidad, Edificio Santo Domingo

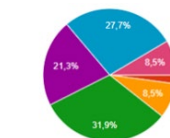
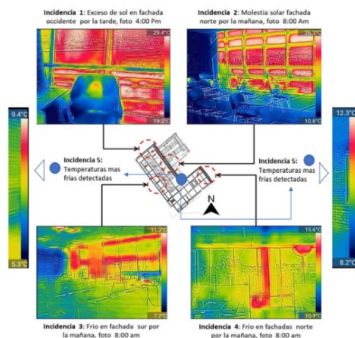
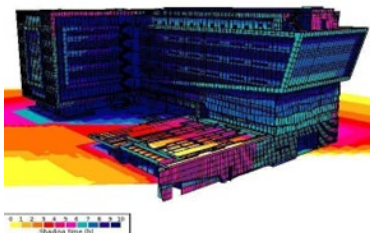
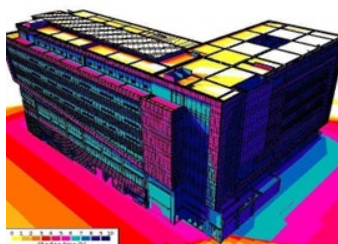
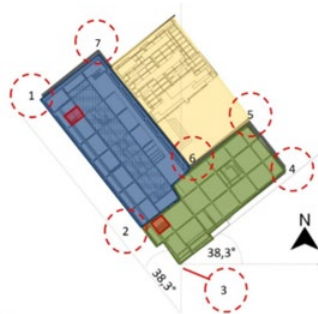


Fuente: Elaboración propia, 2021.

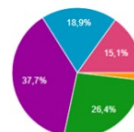


Anexo 2.

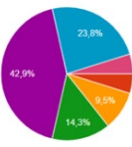
Generalidades de los análisis de asoleación y termográfico



Mañana



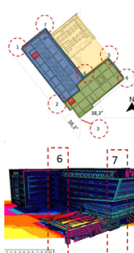
Mediodía



Tarde

- Muy caluroso (+3)
- Caluroso (+2)
- Ligeramente Caluroso (+1)
- Confort - neutro (0)
- Ligeramente frio (-1)
- Frio (-2)
- Muy frio (-3)

ESQUINA 6	
¿Hora del día?	¿En la siguiente escala de valores cual considera que se ajusta a la sensación térmica percibida en el espacio?
Mañana 7 a 8 am	Piso 1 Ligeramente Frio (-1)
	Piso 2 Ligeramente Frio (-1)
	Piso 4 Ligeramente Frio (-1)
	Piso 5 Confort - neutro (0)
Mañana 12 a 1 pm	Piso 2 Muy Frio (-3)
	Piso 2 Ligeramente Frio (-1)
	Piso 3 Ligeramente Frio (-1)
	Piso 4 Ligeramente Frio (-1)
Mañana 4 a 5 am	Piso 3 Ligeramente Frio (-1)
	Piso 2 Ligeramente Frio (-1)
	Piso 6 Confort - neutro (0)
	Piso 6 Ligeramente Caluroso (+1)
	Piso 7 Frio (-2)



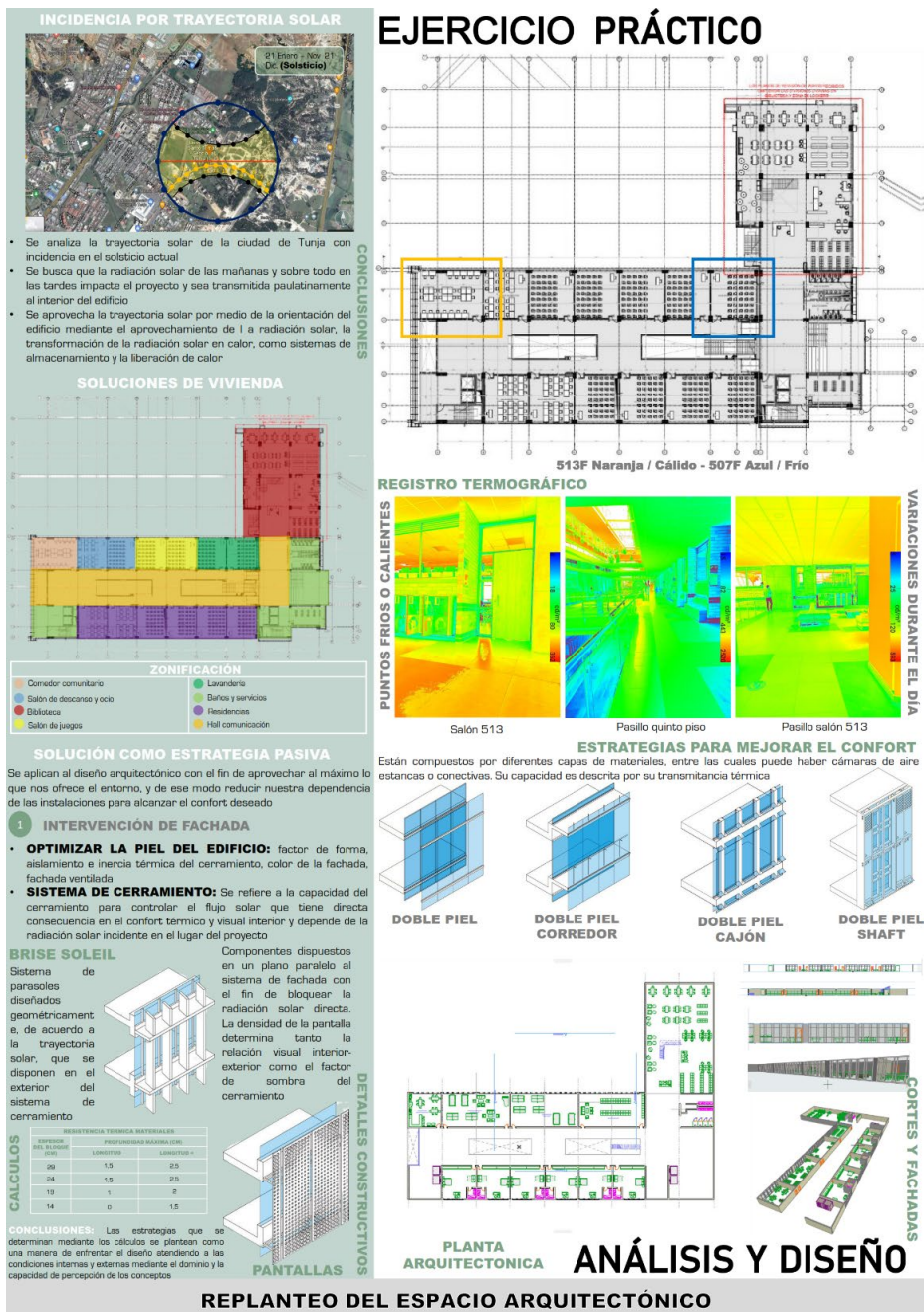
ESQUINA 7	
¿Hora del día?	¿En la siguiente escala de valores cual considera que se ajusta a la sensación térmica percibida en el espacio?
Mañana 7 a 8 am	Piso 7 Ligeramente Caluroso (+1)
	Piso 2 Confort - neutro (0)
	Piso 4 Frio (-2)
	Piso 3 Frio (-2)
Mediodía 12 a 1 pm	Piso 6 Ligeramente Caluroso (+1)
	Piso 1 Confort - neutro (0)
	Piso 5 Confort - neutro (0)
	Piso 5 Confort - neutro (0)
Tarde 4 a 5 am	Piso 2 Frio (-2)
	Piso 3 Ligeramente Frio (-1)
	Piso 4 Ligeramente Frio (-1)
	Piso 6 Ligeramente Caluroso (+1)
	Piso 5 Caluroso (+2)

Fuente: Elaboración propia, 2021.



Anexo 3.

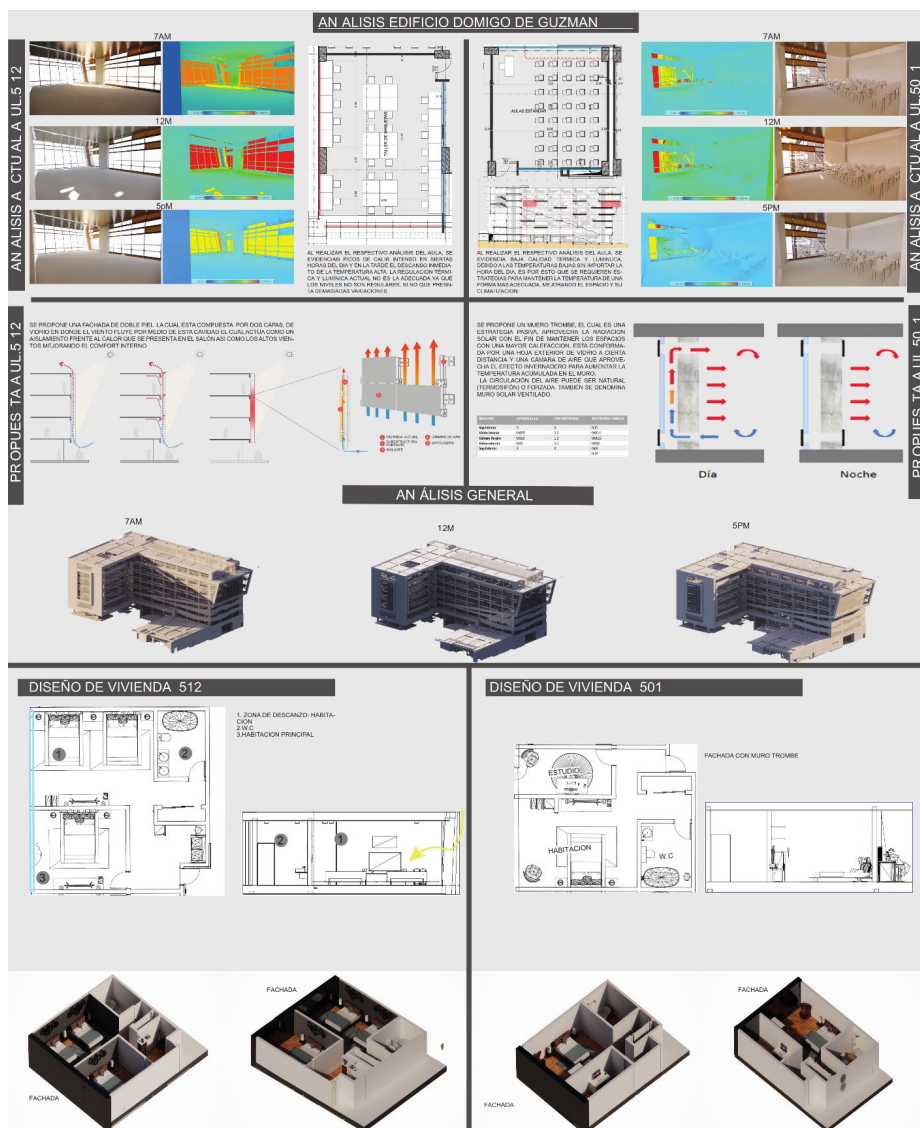
Ejercicio 1 Estudiantes Universidad Santo Tomás, 2022



Fuente: Estudiantes Universidad Santo Tomás, 2022.

Anexo 4.

Ejercicio 5 Estudiantes Universidad Santo Tomás, 2022

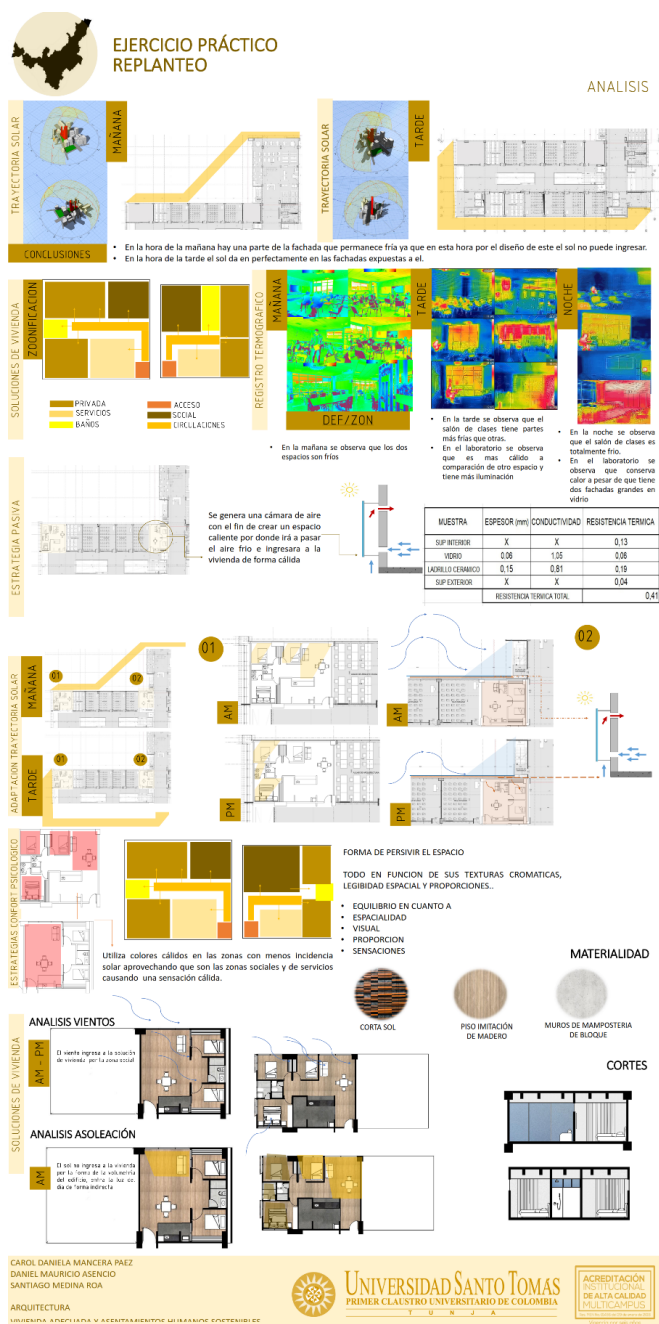


Fuente: Estudiantes Universidad Santo Tomás, 2022.



Anexo 5.

Ejercicio 8 Estudiantes Universidad Santo Tomás, 2022



Fuente: Estudiantes Universidad Santo Tomás, 2022.

Escudería Bravo: un escenario de investigación formativa para la movilidad sostenible

Yuliana Alejandra Durán Villa

Ingeniera Administrativa
Institución Universitaria Pascual Bravo
yuliana.duran854@pascualbravo.edu.co
<https://orcid.org/0000-0003-4030-7544>

Valentina Genecco Orellano

Ingeniera Administrativa
Institución Universitaria Pascual Bravo
valentina.genecco907@pascualbravo.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-9310-8963>

Nicolás Alberto Aguirre López

Magister en Gerencia de la Transformación Digital
Institución Universitaria Pascual Bravo
n.aguirre270@pascualbravo.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-3645-8529>

Chárol Kátherin Vélez Castañeda

Magister en Logística Integral
Institución Universitaria Pascual Bravo
charol.velez@pascualbravo.edu.co
<https://orcid.org/0000-0003-2383-0560>

Jorge Amado Rentería Vera

Doctor en Ciencias de la Educación
Institución Universitaria Pascual Bravo
j.renteriave@pascualbravo.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-9422-8692>

Yesit Jovan Rodríguez Caro

Magister en Logística Integral
Institución Universitaria Pascual Bravo
y.rodriguezca@pascualbravo.edu.co
<https://orcid.org/0000-0001-8225-2268>

Juan David Velásquez Gómez

Magister en Gerencia de Proyectos
Institución Universitaria Pascual Bravo
juan.velasquez@pascualbravo.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-1123-2507>



Una ruta hacia la movilidad sostenible y la investigación formativa

De acuerdo con Navarro *et al.*, (2022) la movilidad sostenible cada día toma mayor relevancia en el contexto global, pero América Latina progresa lentamente en esta materia; así mismo, se consideran de gran importancia los logros en la industria y del sector político para potenciar la financiación y la transición hacia una movilidad amigable con el medio ambiente. Si bien los desarrollos industriales han definido la evolución y el crecimiento de las ciudades, en las que el transporte a combustión, en especial los vehículos particulares, contribuyeron a definir las características urbanas, hoy en día este sistema se considera insostenible en los ámbitos social, económico y ambiental.

En este contexto, la educación desempeña un papel importante para responder a los desafíos en materia de sostenibilidad, haciéndola más eficiente y de calidad. Desde esta óptica, propuestas como las de Rentería *et al.*, (2023), integran iniciativas para articular competencias de desarrollo sostenible en los *curriculum* universitarios y, de esta manera, formar profesionales que aporten soluciones a los grandes retos de la sociedad. Para Andrade (2022), la sostenibilidad es un recurso que nos acerca a la relación entre el consumo y los medios que explotamos, impactando tanto el presente como el futuro. Desde esta perspectiva, es fundamental fomentar alternativas de movilidad sostenible para disuadir a los usuarios de optar por soluciones de transporte individual, las cuales pueden comprometer las condiciones y proyecciones del desarrollo sostenible.

La Institución Universitaria Pascual Bravo, consciente de la importancia de repensar las dinámicas industriales a partir del uso combustibles fósiles, en especial del petróleo, ha iniciado un camino hacia la generación de alternativas que reduzcan el deterioro ambiental, a través del proyecto de investigación interdisciplinario denominado «Escudería Bravo», en el que participan la facultad de Ingeniería y la facultad de Producción y Diseño, con el ánimo de construir un vehículo que contribuya a la movilidad sostenible mediante la disminución de la huella de carbono. Para ello, la investigación formativa se ha convertido en la piedra angular del proceso de diseño y fabricación en la Escudería Bravo. La simulación educativa, a partir del proyecto de investigación ha permitido recrear los diferentes escenarios de enseñanza del proceso industrial para facilitar el aprendizaje. A ello se le suman metodologías activas de aprendizaje como



los juegos de roles, estrategias que han implementado los miembros del equipo para la planeación estratégica, la caracterización del proceso de diseño y la estandarización, entre otros; roles necesarios para recrear un escenario de fabricación a gran escala.

La Escudería Bravo se ha convertido en un escenario de simulación educativa en el que se articula el propósito institucional de contribuir con las metas del desarrollo sostenible desde las prácticas situadas en el aula, cuyos componentes sociales, ambientales, económicos, culturales y físicos, como lo expresa Lopera *et al.*, (2023), transitan para potenciar la innovación y crear valor compartido en el proceso de enseñanza aprendizaje.

Por ello, es esencial fomentar una cultura de sostenibilidad por medio de la simulación, con el objetivo de fortalecer la perspectiva de estudiantes y profesores mediante el análisis y la reflexión sobre la accesibilidad, el transporte, el consumo energético, la protección del medio ambiente, los espacios laborales y la promoción de hábitos saludables. Además, como lo plantea Hernández (2024), la crisis climática es un motor de transformación que impulsa cambios en la vida de las personas y en los territorios, lo que hace invaluable la labor sustantiva de las instituciones de educación superior en la docencia, la investigación y la extensión.

Algunos aportes sobre movilidad sostenible

El reporte Global EV Outlook 2022, elaborado por la Agencia Internacional de Energía (IEA), proyecta que los vehículos eléctricos (VE) representarán más del 30 % de las ventas globales a partir del año 2030. No obstante, si se pretende seguir un camino hacia cero emisiones netas de CO₂, será necesario aumentar esa cifra hasta un mínimo del 60 %. En su lista principal de recomendaciones, la IEA incluye el estímulo del mercado de vehículos eléctricos pesados y el énfasis en electrificar economías emergentes y en desarrollo. También sugiere expandir las infraestructuras para VE y las redes eléctricas inteligentes (microrredes) e instalar puntos públicos para cargar los automóviles además de los disponibles en el hogar (IEA, 2022).

La aplicación de incentivos tributarios del Gobierno para impulsar la conversión de vehículos con motores de combustión interna a eléctricos acortaría notablemente el tiempo necesario para recuperar la inversión en componentes costosos, como el motor de tracción eléctrica y las baterías. La ejecución de esta estrategia tiene como resultado no solo una pronta recuperación de la inversión inicial, sino que también fomenta activamente un proceso eficiente para lograr una movilidad sostenible. Según estudios



realizados, se ha demostrado que el cambio a vehículos eléctricos es económico en términos operativos y en cuanto al retorno financiero a largo plazo (Patlins *et al.*, 2022).

En el artículo titulado *Performance Testing of Electric Motorcycle Conversion* se presentan investigaciones relacionadas con la conversión de motocicletas de gasolina a eléctricas. Esta transformación se plantea como una forma efectiva para disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y reducir las emisiones perjudiciales para el medioambiente. En este se realizaron un conjunto de pruebas que permitieron analizar el desempeño del vehículo modificado. Según los resultados, la conversión generó una mejoría notoria en el rendimiento de la motocicleta y redujo significativamente el costo de energía en comparación con el uso de gasolina. Allí se resalta que esta conversión es una opción viable para disminuir las emisiones y fomentar la movilidad sostenible (Firmansyah *et al.*, 2022).

Como se expresa en *The Measures Study of Electric Bicycle's Hidden Safety Danger in Traffic in Moderate City*, se evidencia el crecimiento en el uso de bicicletas eléctricas y los retos que se plantean para garantizar una conducción segura. La investigación se enfoca especialmente en aspectos como la velocidad de las bicicletas eléctricas, el volumen de tráfico y las infracciones a las regulaciones de tránsito. En este estudio, se identifican distintos peligros vinculados a la protección vial relacionados con estos vehículos; además, se proponen mejoras para asegurar un tráfico más estable. Dentro de las recomendaciones claves, los autores proponen estandarizar este tipo de industria y normalizarla, mediante el abordaje de temas como una sólida formación y control para los conductores, así como optimizar las condiciones viales e implementar un sistema confiable de garantías (Qing & Chun, 2012).

En una revisión de literatura al respecto en Latinoamérica, se descubrió el artículo llamado *Analysis of Efficiency of an Electric Micromobility System Based in Scooter Electric*, que proporciona un análisis sobre la eficacia energética de un sistema implementado con *scooters* eléctricos para facilitar los desplazamientos dentro de Loja, una ciudad ubicada en Ecuador. El foco del estudio está puesto en examinar cuánta energía consumen estos vehículos al circular por diferentes rutas y en distintas condiciones de manejo en el centro de esa urbe. Los resultados obtenidos indican que es posible mejorar el rendimiento energético de los *scooters* eléctricos mediante técnicas como el ajuste óptimo de las rutas y el establecimiento de políticas para un uso óptimo (Díaz *et al.*, 2022).



En términos de movilidad eléctrica sostenible, se presenta el artículo *Baseline Strategy for Remaining Range Estimation of Electric Motorcycle Applications*. En este, se hace énfasis en desarrollar estrategias eficientes para gestionar la energía de las motocicletas eléctricas, con el objetivo de maximizar su autonomía y prolongar al máximo su vida útil (Bui *et al.*, 2022).

En la publicación *Indonesian Electric Motorcycle Development: Lessons from innovation-based concept implementation on the design and production of the first Indonesian electric motorcycle* se describe la creación y producción de la primera motocicleta eléctrica desarrollada en Indonesia. El diseño, las pruebas y la producción en masa de esta motocicleta eléctrica representó un avance significativo en la industria de ese país y fue comercializada en altas cantidades tanto en Indonesia como en el extranjero (Yuniarto *et al.*, 2022).

La integración con las tecnologías de la información es un requerimiento casi obligatorio en nuestro tiempo, en el artículo titulado *Data Analytics for Parameter Estimation of an Electric Bicycle using IoT*, se aborda el uso de análisis de datos y la tecnología de IoT para estimar parámetros de una bicicleta eléctrica. El estudio se centra en el desarrollo de un modelo de simulación que tiene en cuenta la masa del ciclista, las dimensiones del vehículo y la pendiente del terreno para determinar la potencia requerida por la bicicleta. Se representa el comportamiento de esta en diferentes condiciones de funcionamiento y se busca mejorar su diseño para potenciar su desempeño en términos de consumo de energía y rendimiento (Vinoth Kumar *et al.*, 2022).

Pese a que los vehículos eléctricos se han popularizado como una alternativa sostenible, aún existen desafíos ambientales asociados a su consumo energético y la fabricación de sus componentes. Por ello, es necesario reducir su impacto ambiental mediante estrategias como el uso de motores que no requieran imanes de tierras raras y la implementación de bobinados de aluminio en vez de cobre. Paralelamente, se exploran alternativas transitorias, como el potencial de los combustibles sintéticos, para mitigar las emisiones en el transporte de larga distancia (Vajsz *et al.*, 2022).

Para facilitar la transición hacia vehículos eléctricos y la disminución de emisiones contaminantes, es crucial comprender las limitaciones y oportunidades de estos. Factores como el rango de operación, el consumo de energía y los tiempos de carga son esenciales para tomar decisiones de compra conscientes y perdurables en el tiempo al momento de adquirirlos. En este contexto, es recomendable consultar estudios y publicaciones



especializadas, como el artículo *At What Price Can Zero Emissions Be Achieved in Electric Passenger Vehicles*, el cual presenta simulaciones sobre la capacidad de los vehículos eléctricos bajo distintas condiciones ambientales y se comparan con los motores de combustión interna, proporcionando información valiosa para los usuarios (Furch & Krobot, 2023).

En el artículo *The Performance of Electric and Hybrid Cars and the Effect of Their Use in the Environmental Cycle* se resalta que los vehículos eléctricos e híbridos ofrecen beneficios significativos como alta eficiencia, mínimas emisiones, buen rendimiento y seguridad avanzada, lo que contribuye a una reducción considerable de gases nocivos como el monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NOx), entre otros. Estos también son más confiables y requieren menos mantenimiento que los de combustión interna; además, ayudan a reducir la contaminación del aire y a combatir el calentamiento global, lo que a su vez disminuye el impacto en la salud pública. Sin embargo, existen limitaciones en términos de eficiencia económica que contribuyen a la contaminación global durante su proceso de producción (Meydani *et al.*, 2023).

La intención de comprar vehículos eléctricos ha sido impulsada por distintos factores que han influido considerablemente en los consumidores. Una parte importante de ello es la planificación y creación de una infraestructura adecuada para la carga, incluyendo estaciones estratégicamente ubicadas que sean de fácil acceso, junto con el establecimiento de métodos para realizar cargas rápidas. Asimismo, se ha recomendado a los Gobiernos incentivar campañas de promoción y publicidad para estos, ya que estas estrategias han tenido un impacto positivo en la decisión de los consumidores al momento de optar por este tipo de automóviles (Soekardi *et al.*, 2023).

Una apuesta metodológica como escenario de formación

Partiendo desde los principios de Hernández *et al.* (2014), en esta investigación se presenta un enfoque cualitativo que permitió teorizar sobre la fase estratégica (simulación, análisis del entorno y documentación del proceso) y la fase operativa (diseño conceptual, simulación en *software* y desarrollo). A su vez, el alcance es descriptivo, debido a que, por medio del proyecto Escudería Bravo, se busca relatar la ejecución de la construcción, el montaje y las pruebas de recreación en pista para la generación de ventajas competitivas.



El diseño de la investigación es del tipo Investigación – Acción dado que, a partir de los procesos de simulación del vehículo eléctrico, se brindó solución a un problema real en el que fue necesario seguir pasos claves, como el ciclo continuo, participación activa, enfoque colaborativo, orientación a la mejora, reflexión crítica, adaptación flexible, datos empíricos, aplicación práctica, reflexión - documentación y un compromiso con la mejora continua durante las etapas de diseño, desarrollo y validación; esta última mediante pruebas en pista.

Para la consecución de los objetivos trazados en la propuesta de investigación, se propone seguir la siguiente sistematización metodológica, compuesta por una fase estratégica (fase 1) y una fase operativa (fase 2).

Tabla 1

Metodología del proyecto de investigación

Fase	Actividad
1 - Estratégica	Simulación de los procesos organizacionales (mapa proceso)
	Análisis del entorno empresarial (resultados Pestel y DOFA)
	Documentación del proceso: diseño y desarrollo del prototipo (resultados diagrama de flujo y procedimiento)
2 - Operativa	Diseño (conceptual y de detalle)
	Simulación en <i>software</i> (mecánica, eléctrica y gráfica)
	Desarrollo (construcción, montaje, simulación de pruebas en pista y competencia)

Fuente: elaboración propia.

Materializando el escenario de formación Escudería Bravo

Primer hito de formación sobre planeación estratégica

Para dar cumplimiento a la fase estratégica, se presentan las actividades para el logro de los objetivos planteados:

Un escenario de simulación sobre procesos organizacionales

Para Bravo (2015) la gestión por procesos facilita a las organizaciones planear, hacer, verificar y actuar, de acuerdo con su naturaleza del negocio.

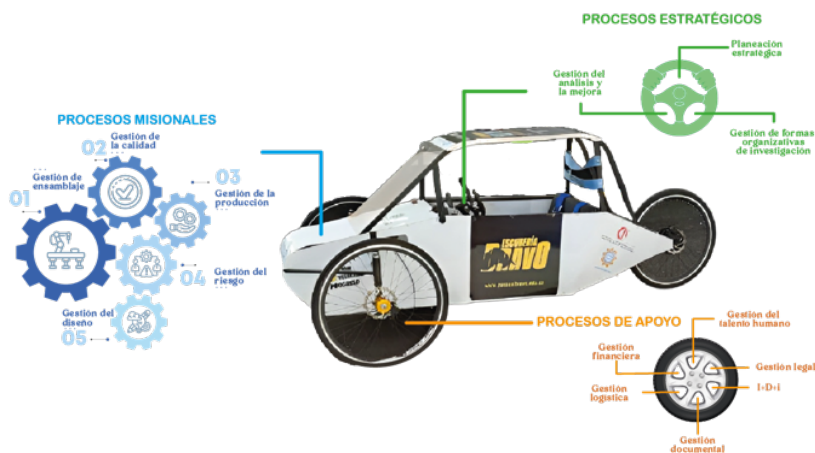


En este caso, la simulación de los procesos representados en un mapa permite la identificación e interacción de las áreas, para generar valor.

A continuación, se presenta la representación gráfica de los procesos estratégicos, misionales y de apoyo identificados en la Escudería Bravo.

Figura 1

Mapa de procesos Escudería Bravo



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la gráfica anterior, los procesos identificados permiten comprender la interacción entre las áreas para la gestión. Por ejemplo, en la fase estratégica se identifican las actividades para definir y controlar las metas que dan cumplimiento a los intereses organizacionales. Por su parte, en los misionales, se evidencia la gestión para generar los productos/servicios con base en los requisitos establecidos, mientras que, respecto a los procesos de apoyo, se abarcan las actividades necesarias para el correcto funcionamiento de las actividades operativas.

Aprendiendo a analizar el macro y microentorno empresarial

Para comprender los factores externos e internos que influyen en el funcionamiento de una organización, se siguen los principios teóricos del análisis PESTEL (macroentorno) y de la matriz DOFA (microentorno). En este sentido, mediante la herramienta PESTEL se clasifican los impactos del macroentorno en seis factores: políticos, económicos, sociales, tecnológicos,



ecológicos y legales. Estos influyen en el entorno competitivo de una organización y ayudan a comprender los impulsores clave del cambio y su repercusión en la estrategia de la empresa, puesto que permiten analizar y predecir amenazas así como aprovechar oportunidades futuras. PESTEL se utiliza para identificar factores externos, minimizar los efectos negativos y aumentar las oportunidades, con el objetivo de facilitar la comprensión del entorno micro y macro en el que opera la empresa (Johnson, Scholes, y Whittington, 2006 citado por Echeverri y Ochoa, 2018; Ibarra, 2019 citado por Barahona Rivera, 2020; Rojas, 2012 citado por Venegas, 2018).

Por otro lado, el análisis DOFA es una herramienta útil en la evaluación de factores internos y externos para que una organización pueda comprender sus debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas. Además, mediante este se evalúan y diseñan estrategias para cumplir con los objetivos de la compañía hacia la mejora continua (Hernández, 2018; Freita y Zhang, 2018 citado por Porto y Saldarriaga, 2019; González, 2017 citado por Barahona J, 2020).

Una herramienta para analizar el macroentorno (PESTEL)

Por medio del PESTEL se evaluaron factores externos con el fin de tener un mejor panorama sobre el mercado. Mediante este análisis documental se identifican diferentes variables que conforman los factores como a continuación se describen.

Factores políticos:

- El Gobierno colombiano, según el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, enfatiza la reindustrialización y la bioeconomía, con una apuesta estratégica hacia la transición energética (Gobierno de Colombia, 2020).
- A nivel global, la COP26 enfatizó la necesidad de tomar medidas inmediatas para reducir las emisiones de dióxido de carbono en un 45 % antes de 2030 y alcanzar la neutralidad de carbono para mediados de siglo. A pesar de que más de 100 países acordaron estrategias para disminuir las emisiones de metano, varias de las principales potencias económicas no suscribieron estos compromisos (Naciones Unidas, 2021a; Naciones Unidas, 2021b). En el ámbito nacional, Colombia no se unió al acuerdo, pero el Gobierno tiene metas para la adopción de vehículos eléctricos (Gobierno de Colombia, 2020).
- En 2023, Colombia contaba con 2 758 vehículos totalmente eléctricos registrados en el RUNT hasta octubre y 24 490 vehículos híbridos y eléctricos (Andemos, 2023).



- Es importante destacar que aproximadamente el 20 % de los vehículos híbridos y eléctricos en Colombia fueron registrados en Antioquia en el año 2023 (Andemos, 2023).

Factores económicos:

- Las tendencias medioambientales globales están creando oportunidades para empresas que adopten prácticas sostenibles (BID, 2021).
- En Colombia, la Ley de Movilidad Eléctrica y la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica ofrecen incentivos fiscales significativos, incluyendo exenciones de impuestos y descuentos en seguros y revisiones técnicas (Banco de la República de Colombia, 2022; Gobierno de Colombia, 2020).
- Se ha comprobado que el costo de mantenimiento de los vehículos eléctricos es más asequible en comparación con los vehículos de combustión interna (Núñez, 2022).

Factores sociales:

- La contaminación del aire en Medellín es una preocupación de salud pública y se vincula a enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Por eso, la implementación continua de programas para prevenir y controlar la contaminación del aire por PM2.5 podría llevar a evitar el 13.8 % de la pérdida de años de vida saludable. Este porcentaje abarcaría patologías como tumores malignos, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y otras afecciones asociadas a la contaminación atmosférica (Romero, como se citó en Ospina, 2020).
- El Gobierno colombiano incentiva el uso de vehículos eléctricos con beneficios como excepciones a restricciones de circulación y acceso preferencial a estacionamientos (Gobierno de Colombia, 2020).
- En el área metropolitana de Medellín, aproximadamente el 82 % de las emisiones provienen de fuentes móviles, mientras que el 18 % restante se atribuye a fuentes fijas (Universidad CES, 2021).

Factores tecnológicos:

- La innovación en la industria automotriz se centra en vehículos eléctricos, que se consideran una tecnología crucial para abordar problemas ambientales (Banco Mundial, 2022).
- La Presidencia de la República sancionó la Ley 2286 de 2023, designando oficialmente a Medellín como el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia. Esto potencia a la ciudad como líder económico regional, destacándola en los ámbitos nacional e internacional, con la tecnología como catalizador. La ley incluye exenciones tributarias para fomentar actividades de ciencia,



tecnología e innovación en empresas tecnológicas que se establezcan en Medellín (ACI Medellín, 2023).

- Los vehículos eléctricos marcan un progreso significativo al ser respetuosos con el medio ambiente y más eficientes en el consumo de energía (Restrepo y Tobón, 2018).

Factores ecológicos:

- Los vehículos eléctricos generan menos emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a la mitigación del cambio climático. Medellín ha logrado una reducción anual de más de 6 500 toneladas de CO₂ como parte de su estrategia contra el cambio climático, principalmente mediante la incorporación de vehículos eléctricos en la ciudad. Además, la implementación de diversas acciones sostenibles, como programas de manejo de residuos, gestión de infraestructura verde y el uso eficiente de energía, contribuye a la meta de reducir las emisiones de CO₂. Cabe destacar que la Alcaldía de Medellín ha priorizado energías más limpias, con más del 55 % de su matriz energética proveniente de gas natural vehicular, tecnología híbrida y vehículos eléctricos, logrando una reducción anual de 53,2 toneladas de CO₂ por vehículo en comparación con los combustibles convencionales (Secretaría de Medio Ambiente de Medellín, 2022).
- Las políticas gubernamentales, como las Políticas de Prevención y Control de la Contaminación del Aire y la Política Nacional de Cambio Climático, respaldan la adopción de vehículos de bajas emisiones (MADS, 2020).
- América Latina lidera globalmente en la maximización de beneficios de vehículos eléctricos debido a su generación mayoritaria de electricidad a partir de fuentes renovables (Euroclima y ONU Medio Ambiente, 2021).

Factores legales:

- En la Resolución 40223 de 2021 se establecen condiciones mínimas para la infraestructura de carga, asegurando la estandarización y la seguridad en este aspecto (MinEnergía, 2021).
- Colombia está enfocada en la reducción de emisiones en el sector transporte mediante el uso de incentivos, políticas y normas que contribuyan al cambio hacia una economía más sostenible. Es por esto que, para este tipo de vehículos, existe normatividad en las siguientes áreas: 13 en seguridad, 11 en métodos de ensayo y desempeño, 4 en interoperabilidad, 4 en conectores, 1 en terminología y 1 en condiciones mínimas de estandarización y mercado (ICONTEC, 2021).



Una herramienta para analizar el microentorno (DOFA)

Por medio del análisis DOFA se identifican las fortalezas internas y las debilidades del vehículo eléctrico de la Escudería Bravo, así como las oportunidades y amenazas externas relacionadas con este mercado. Esto permite tomar decisiones informadas y desarrollar estrategias para aprovechar al máximo esta tecnología sostenible.

Fortalezas:

- Los avances en el desarrollo de baterías permiten almacenar una mayor cantidad de energía en dispositivos más compactos y ligeros, lo que reduce costos y mejora la viabilidad de los vehículos eléctricos.
- La diversificación del mix eléctrico con mayor participación de fuentes renovables contribuye a la sostenibilidad de los vehículos eléctricos y favorece su aceptación en el mercado.
- La ausencia de emisiones contaminantes durante su uso, lo que mejora la calidad del aire y disminuye el impacto ambiental en entornos urbanos.

Oportunidades:

- La autonomía actual de las baterías es compatible con los recorridos diarios, lo que facilita la adopción de los vehículos eléctricos.

Debilidades:

- Las baterías pesadas y la dependencia de recursos escasos como el litio, generan preocupaciones medioambientales.
- La fuente de electricidad para recargar las baterías puede reducir los beneficios ambientales cuando proviene mayormente de combustibles fósiles.

Amenazas:

- Posible aumento en el precio del litio debido a la alta demanda y las limitaciones en las reservas, lo que impactaría el costo de producción de los vehículos eléctricos.
- Avances tecnológicos en motores de combustión interna, los cuales continúan mejorando su desempeño y competitividad, representan un desafío para la adopción masiva de vehículos eléctricos.
- Las deficiencias en la infraestructura de carga y la falta de incentivos gubernamentales, podrían limitar el crecimiento del mercado de vehículos eléctricos en Colombia.

A partir del análisis de las debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades se crean diferentes estrategias para abordar cada uno de estos aspectos:



Estrategias FO (Fortalezas - Oportunidades):

- **Desarrollar alianzas estratégicas:** colaborar con empresas de tecnología y proveedores de energía renovable para capitalizar el desarrollo continuo de baterías y el fortalecimiento de la infraestructura de carga.
- **Promoción de incentivos:** colaborar con el Gobierno para establecer estímulos económicos y regulatorios que impulsen la adopción de vehículos eléctricos, aprovechando su contribución a la sostenibilidad y el rendimiento energético.

Estrategias DA (Debilidades - Oportunidades):

- **Diversificación de fuentes de energía:** explorar e invertir en tecnologías de carga más sostenibles y en baterías que utilicen materiales menos escasos, para reducir así la dependencia de recursos como el litio.
- **Mejorar la educación del consumidor:** desarrollar campañas educativas para destacar las ventajas a largo plazo de los vehículos eléctricos y abordar las preocupaciones sobre la autonomía y el tiempo de recarga.

Estrategias FA (Fortalezas - Amenazas):

- **Innovación continua:** mantener una inversión constante en I+D para fortalecer el desarrollo tecnológico en movilidad sostenible, asegurando la competitividad frente a los avances en motores de combustión interna.
- **Diversificación de materiales:** explorar opciones de baterías alternativas y más sostenibles que permitan mitigar los posibles aumentos de precio del litio.

Estrategias DO (Debilidades - Amenazas):

- **Diversificación de fuentes de energía:** diversificar las fuentes de energía especialmente en contextos donde existan preocupaciones sobre la sostenibilidad de la matriz eléctrica.
- **Gestión de crisis de materiales:** establecer acuerdos a largo plazo con proveedores de materias primas y monitorear de cerca los cambios en los precios para anticipar posibles crisis y ajustar oportunamente las estrategias en consecuencia.

Documentando el proceso: diseño y desarrollo del prototipo

La documentación al interior de los procesos asegura la trazabilidad de las operaciones, lo que posibilita la generación de productos y servicios que satisfacen las necesidades de los clientes mediante el cumplimiento de



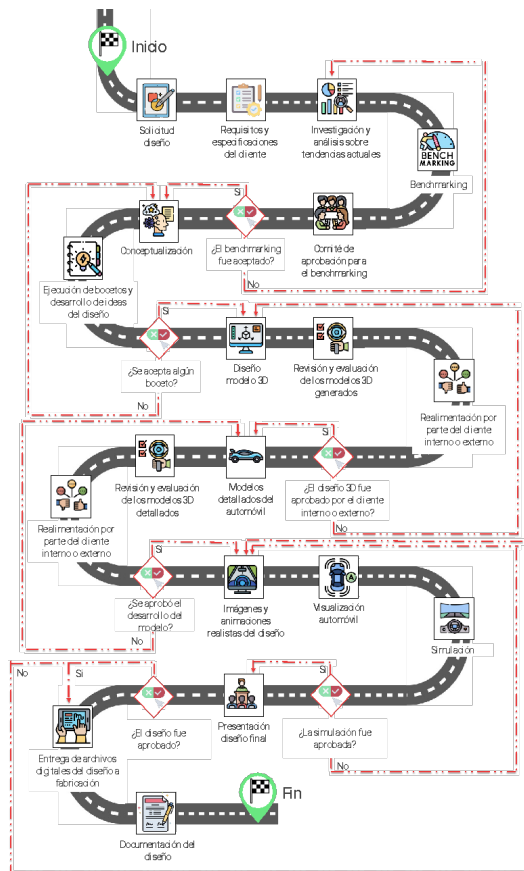
estándares de calidad y eficiencia en las etapas de producción, comercialización, posventa y otras, además de servir como referente histórico de la evolución, modificación y diseño de actividades en la fabricación de los productos, evidenciando su trayectoria, originalidad y permanencia en el tiempo (Chaveco, 2014).

Simular el proceso de ideación y diseño del vehículo eléctrico de la Escudería Bravo, mediante el diagrama de flujo y su procedimiento, permite identificar las actividades secuenciales con su respectiva descripción.

Diseñando el diagrama de flujo y el procedimiento de ideación y diseño del vehículo eléctrico

Figura 2

Conceptualización del proceso de ideación y diseño del vehículo eléctrico Escudería Bravo



Fuente: elaboración propia.



Tabla 2

Procedimiento ideación y diseño de vehículo eléctrico Escudería Bravo

Actividad	Descripción de la actividad
1 Solicitud de diseño	La solicitud del diseño se debe dirigir al área correspondiente de diseño para llevar a cabo su desarrollo.
2 Requisitos y especificaciones del cliente	El proceso continúa con una reunión entre el equipo de diseño y el cliente ya sea interno o externo (una empresa automotriz, la misma empresa o un cliente individual), para comprender sus necesidades, preferencias, especificaciones técnicas y requisitos para el automóvil. Se establecen los objetivos del diseño y los criterios esenciales para el proyecto.
3 Investigación y análisis sobre tendencias actuales	El equipo de diseño realiza una investigación de mercado y examina las tendencias actuales en la industria automotriz. Esto incluye estudiar la competencia, las preferencias del mercado y las tecnologías emergentes. El análisis abarca aspectos de sostenibilidad, eficiencia energética y seguridad.
4 <i>Benchmarking</i>	El equipo de diseño desarrolla un estudio sobre sus principales competidores para entender las estrategias y mejores prácticas utilizadas por ellos, con el fin de adaptar algunas de estas acciones para atraer de manera más efectiva al cliente para el cual se está creando el diseño, ya sean procedimientos, programas, entre otros; así mismo, se identifican las técnicas destacadas y tendencias en el diseño digital, utilizando el conocimiento obtenido para optimizar la experiencia del usuario.
5 Comité de aprobación para el <i>benchmarking</i>	Con la información obtenida por el equipo de diseño durante la fase de investigación, evaluación y, finalmente, el <i>benchmarking</i>, se procede a conformar un comité de aprobación con el objetivo de obtener un único diseño correspondiente y, de este modo, dar continuidad al proceso. La intencionalidad es evaluar las recomendaciones y hallazgos obtenidos a través del <i>benchmarking</i>, este comité debe estar compuesto por los <i>stakeholders</i> relevantes, como el líder de diseño, gerente de producto, gerente de operaciones, especialistas en experiencia de usuario; en caso de que el diseño se esté generando para un cliente en específico, el responsable de este (cliente externo) debe de hacer parte del comité. Durante esta actividad, el comité debe de aprobar:



Actividad	Descripción de la actividad
5 Comité de aprobación para el bench- marking	Validar el hallazgo: el comité revisa los resultados y conclusiones del <i>benchmarking</i> para identificar vacíos, brechas y aspectos por perfeccionar al interior de la organización, asegurando que sean coherentes, relevantes y aplicables al contexto que se esté desarrollando para el proceso actual. Esto implica revisar los datos recopilados, las comparativas realizadas y las recomendaciones presentadas en caso de que fueran generadas. Evaluar la viabilidad y pertinencia: el comité revisa las estrategias destacadas recopiladas durante el <i>benchmarking</i> para determinar si son adecuadas y factibles en el contexto específico del proyecto, profundizando en factores como los recursos disponibles por utilizar. Priorizar las recomendaciones: el comité ayuda a establecer prioridades y orden de implementación de las recomendaciones obtenidas del <i>benchmarking</i>. Se considera la importancia relativa de cada una y se determina cómo se ajusta al panorama general de diseño digital. Aprobar cambios y ajustes en el proceso de diseño: si se identifican ajustes o cambios significativos durante el <i>benchmarking</i>, el comité evalúa y aprueba cambios en el proceso de diseño digital. Esto puede implicar ajustes en la metodología de trabajo, incorporación de nuevas herramientas o tecnologías, y la adopción de prácticas y enfoques más efectivos. Garantizar la alineación con los objetivos estratégicos: el comité se asegura de que las recomendaciones obtenidas del <i>benchmarking</i> estén alineadas con los objetivos iniciales de la solicitud. Se considera cómo las innovaciones propuestas en el diseño digital pueden contribuir a los objetivos comerciales y de experiencia del usuario.
6 ¿El <i>benchmarking</i> fue aceptado?	Durante el comité, se validan y aprueban las conclusiones, recomendaciones y ajustes derivados del proceso de <i>benchmarking</i>. Según la decisión tomada, se procederá de la siguiente manera: ✓ Si el benchmarking es aprobado → Se formaliza la aprobación mediante acta final y se da continuidad al proceso. ✗ Si el benchmarking no es aprobado → Se debe regresar a la actividad de Investigación y análisis sobre tendencias actuales para realizar ajustes y nuevas evaluaciones antes de someterlo nuevamente a validación.
7 Conceptuali- zación	Con base en los requisitos y en la investigación, el equipo de diseño realiza sesiones de lluvia de ideas para generar conceptos iniciales del diseño, creaciones de bocetos a mano o en <i>software</i> de dibujo digital para visualizar diferentes ideas y enfoques para el diseño.



Actividad	Descripción de la actividad
8 Ejecución de bocetos y desarrollo de ideas del diseño	El equipo de diseño desarrolla el boceto como parte del proceso de ideación, según lo establecido en la actividad anterior Conceptualización. De este modo, se exploran y visualizan diversas ideas de manera rápida y eficiente. Durante esta fase se presentan algunos ítems clave considerados fundamentales para la ejecución de dicha actividad: Exploración de conceptos: facilita la investigación de diferentes enfoques y nociones para el diseño del automóvil. Este proceso genera múltiples opciones y se experimenta con diversas soluciones estéticas y funcionales. Evaluación temprana: el equipo de diseño puede evaluar rápidamente las ventajas y desventajas de cada boceto. Esto les brinda la posibilidad de identificar y resolver problemas potenciales antes de comprometer recursos significativos en etapas posteriores del proceso de diseño. Comunicación visual: los bocetos deben proporcionar una forma visual de comunicar las ideas de diseño a otras personas, como clientes, ingenieros y fabricantes. Las imágenes y representaciones gráficas ayudan a transmitir la visión del diseño y facilitan una comprensión más clara de las intenciones del diseñador. Agilidad y flexibilidad: esta etapa permite a los diseñadores experimentar y explorar diferentes enfoques sin restricciones rígidas. Pueden probar ideas novedosas, ajustar detalles y realizar modificaciones rápidamente, lo que fomenta la innovación y la adaptación del proyecto. Feedback temprano: al presentar los bocetos y el desarrollo de ideas a diferentes partes interesadas, se obtiene retroalimentación valiosa en las primeras etapas del proceso de diseño. Esto ayuda a refinar y mejorar las ideas, teniendo en cuenta las perspectivas y necesidades de los usuarios finales.
9 ¿Se acepta algún boceto?	Antes de continuar con la fabricación del vehículo, el boceto debe ser aprobado. Dependiendo del resultado de la evaluación, se tomarán las siguientes acciones: ✓ Si el boceto es aprobado → El equipo de diseño valida el boceto y se da continuidad al proceso. * Si el boceto no es aprobado → Se identifican los ajustes necesarios y se retorna a la actividad Conceptualización para su corrección y reevaluación.
10 Diseño modelo 3D	Los bocetos seleccionados se llevan al modelado en 3D mediante <i>software</i> de diseño. Los diseñadores crean modelos digitales detallados del automóvil, teniendo en cuenta aspectos como la forma, la aerodinámica y la ergonomía.



Actividad	Descripción de la actividad
11 Revisión y evaluación de los modelos 3D generados	Los modelos en 3D se revisan y evalúan en términos de estética, funcionalidad, cumplimiento de requisitos y viabilidad técnica. Lo anteriormente descrito es ejecutado por medio del comité.
12 Realimentación por parte del cliente interno o externo	Por medio de la realimentación ejecutada por el cliente interesado o los <i>stakeholders</i> se proporciona una perspectiva crítica y valiosa que ayuda a mejorar y afinar el diseño solicitado. Este procedimiento se puede comprender como una validación en el cumplimiento de los requisitos y expectativas establecidos inicialmente. Por ende, se debe evaluar si el diseño satisface las necesidades y deseos de los clientes, así como los estándares de la empresa o la marca. En caso de no cumplir con estos criterios, se deberán realizar los ajustes necesarios antes de proceder con la siguiente fase del desarrollo.
13 ¿El diseño 3D fue aprobado por el cliente interno o externo?	Antes de avanzar a la etapa de producción, es fundamental validar que el modelo 3D cumpla con los requisitos establecidos por el cliente interno o externo. Dependiendo del resultado de la evaluación, se toman las siguientes acciones: ✓ Si el modelo 3D es aprobado → Se registra en el acta final y se da continuidad al proceso. ✗ Si el modelo 3D no es aprobado → Se identifican los ajustes necesarios y se retorna a la fase Diseño modelo 3D para su corrección y nueva evaluación.
14 Modelos detallados del automóvil	El desarrollo detallado para el modelo del automóvil corresponde al diseño en proceso teniendo en cuenta: La forma y estética: se traslada el diseño digital a una representación física y tangible del automóvil. Esto proporciona una comprensión más precisa de cómo se verá y se sentirá el vehículo en la realidad. Aerodinámica: a la hora de evaluar el rendimiento y optimización, en este apartado se realizan mediciones y análisis de la resistencia al aire, la sustentación y el flujo de aire alrededor del vehículo. Estos datos ayudan a mejorar la eficiencia energética, la estabilidad y el rendimiento general del vehículo. Ergonomía: permite evaluar la ergonomía del automóvil, es decir, la comodidad y facilidad de uso para el ocupante. Se realizan pruebas y ajustes en el asiento y control de los elementos para asegurar que el vehículo proporcione una experiencia de conducción cómoda y conveniente.



Actividad	Descripción de la actividad
15 Revisión y evaluación de los modelos 3D detallados.	Durante la revisión y evaluación se lleva a cabo la viabilidad y factibilidad técnica, en la que se valora la estética y la ergonomía, se garantiza el cumplimiento normativo y se optimiza la eficiencia de producción, además de confirmar la satisfacción del cliente. Al ser aprobado el diseño 3D, se asegura que esté listo para avanzar hacia etapas finales de producción y fabricación del vehículo.
16 Realimentación por parte del cliente interno o externo	Por medio de la retroalimentación generada por el cliente interesado o los <i>stakeholders</i> , se proporciona una perspectiva crítica y valiosa que ayuda a mejorar y afinar el diseño solicitado. Esta actividad se puede comprender como una validación en el cumplimiento de los requisitos y expectativas establecidas inicialmente. Por ende, se debe evaluar si el diseño satisface las necesidades y deseos de los clientes, así como los estándares de la empresa o la marca. En caso de no cumplir con estos criterios, será necesario realizar los ajustes pertinentes antes de continuar con la siguiente fase del proceso.
17 ¿Se aprobó el desarrollo del modelo?	En el proceso de diseño, se requiere una validación final antes de avanzar a la etapa de producción. Según la decisión tomada, se procederá de la siguiente manera: ✓ Si el desarrollo del modelo es aprobado → El equipo de diseño lo valida y se da continuidad al proceso. ✗ Si el desarrollo del modelo no es aprobado → Se debe regresar a la actividad Modelos detallados del automóvil para realizar ajustes antes de una nueva evaluación.
18 Imágenes y animaciones realistas del diseño	Se crean representaciones gráficas avanzadas del diseño digital mediante herramientas de renderizado especializadas. Este proceso permite obtener imágenes detalladas y animaciones que facilitan la visualización del modelo desde distintos ángulos, resaltando sus características y acabados.
19 Visualización automóvil	La visualización del automóvil diseñado de diferentes ángulos se debe a la culminación del proyecto otorgado, es por ello que la comunicación hacia el diseño, la evaluación estética, la valoración de la aerodinámica y la toma de decisiones son fundamentales para posicionar el producto. Esta visualización proporciona una representación integral y realista del diseño, permitiendo una apreciación completa de su apariencia y características primordiales.
20 Simulación	Se realizan simulaciones para evaluar aspectos como la aerodinámica, la resistencia estructural y la seguridad del vehículo. Estas pruebas virtuales ayudan a optimizar el diseño y garantizar su rendimiento adecuado.



Actividad	Descripción de la actividad
21 ¿La simulación fue aprobada?	La simulación del diseño es un paso fundamental para validar su funcionalidad y recibir retroalimentación antes de avanzar a la producción. Según el resultado, se procede de la siguiente manera : ✓ Si la simulación es aprobada → El equipo de diseño la valida y se continúa con el proceso. ✗ Si la simulación no es aprobada → Se retorna a la actividad Imágenes y animaciones realistas del diseño para realizar ajustes antes de una nueva evaluación.
22 Presentación final	Una vez que el diseño digital está completo, se presenta al cliente o al equipo directivo para su revisión y aprobación.
23 ¿El diseño fue aprobado?	La validación del diseño representa el último control antes de la producción del prototipo digital. Según el resultado de la prueba, se procede de la siguiente manera: ✓ Si el diseño es aprobado → El equipo de diseño lo valida y se continúa con el proceso de producción. ✗ Si el diseño no es aprobado → Se retorna a la actividad Imágenes y animaciones realistas del diseño para realizar los ajustes necesarios antes de una nueva evaluación.
24 Entrega de archivos digitales del diseño a fabricación	El equipo de diseño otorga los archivos digitales del diseño a los ingenieros de producción y al equipo de desarrollo para que puedan utilizarlos como base para la fabricación del automóvil.
25 Documentación del diseño	El diseño aprobado se documenta de manera detallada, incluidas las especificaciones técnicas y de diseño.

Fuente: elaboración propia.

Segundo hito de formación sobre la gestión operativa

La fase operativa del proyecto inició con la etapa de diseño. En esta fase se llevó a cabo una investigación preliminar que incluyó revisión bibliográfica de prototipos similares desarrollados en bases de datos especializadas, con el fin de identificar materiales, equipos y lecciones aprendidas que se deben tener en cuenta para el diseño de detalle, además de requerimientos del chasis del vehículo y subsistemas asociados de acuerdo con los lineamientos del reglamento (UNAL, 2022). Luego de esto, se procede con la simulación en *software*, en la que se realiza el modelado geométrico de las piezas del chasis del vehículo mediante la herramienta Solidworks,



así como la simulación del proceso eléctrico y del diseño gráfico para, finalmente, avanzar con la etapa de desarrollo, en la que se fabrica el chasis para instalar los diferentes componentes del auto, dando paso al desarrollo de pruebas (Villa *et al.*, 2022).

El papel del diseño para la transformación

En la presente sección, se describe el proceso de diseño conceptual y diseño de detalle.

El diseño conceptual: en el marco de la Segunda Competencia Nacional de Vehículos de Tracción Eléctricos (II CNVTE), que tuvo lugar en Bogotá en 2022, la Institución Universitaria Pascual Bravo decidió participar en respuesta a la convocatoria del evento. Esta decisión impulsó una revisión bibliográfica sobre autos eléctricos de competencia, cuyos hallazgos fueron guía para el desarrollo del ‘Furtivo I’, el vehículo eléctrico diseñado por la institución para el concurso. La revisión bibliográfica, complementada por el análisis de diferentes modelos de vehículos, llevó a la elección de una configuración tipo Tadpole, caracterizada por dos ruedas delanteras y una rueda motor trasera. Esta disposición se seleccionó con el objetivo de minimizar el peso y reducir el riesgo de volcamiento, alineándose con los requisitos establecidos en el reglamento de la competencia (Villa *et al.*, 2022).

Tras establecer el concepto exterior del vehículo, el siguiente paso fue el diseño del chasis, que proporciona soporte estructural a la carrocería, al piloto y a los subsistemas esenciales como la dirección, el frenado y los componentes eléctricos.

Diseño de detalle: el diseño de detalle se realizó de acuerdo con los requerimientos de la competencia. Dentro de los requerimientos de diseño mecánico, el vehículo debía tener una altura máxima de 1,5 metros, un ancho que no exceda los 1,3 metros y una longitud total limitada a 3,5 metros; así mismo, se debía garantizar una zona de seguridad mínima de 10 centímetros entre la parte frontal y los pies del piloto, con el fin de brindar una barrera de protección adicional ante cualquier accidente. Además, el vehículo debía contar con una distancia mínima de 15 centímetros entre el piso y la carretera debido a la presencia de posibles obstáculos y resaltos en la pista. Finalmente, el peso máximo del vehículo no debía superar los 120 kg, sin incluir al piloto (UNAL, 2022).

El diseño del chasis requería un sistema integral de protección contra volcamientos, el cual debía asegurar que ninguna parte del cuerpo del piloto hiciera contacto con la superficie de la pista durante un



accidente. Se requería que el vehículo estuviera cubierto por una carrocería que garantizara una visibilidad de 180° al piloto y que lo protegiera contra impactos y volcamientos. Por ello, el sistema de protección contra volcamientos debe estar diseñado para soportar una carga de 152.96 kg, aplicada en dirección a los tres ejes principales del vehículo, como medida de resistencia estructural en caso de accidentes (UNAL, 2022).

El vehículo debe estar equipado con ruedas o neumáticos y mantener un mínimo de tres puntos de contacto ininterrumpido con la pista. Los rines debían de ser compatibles con las dimensiones de las ruedas y prevenir el contacto de partes móviles con otros componentes, como cables, alambres y mangueras, entre otras, evitando así cualquier interferencia con la operación del automotor y la potencial ocurrencia de accidentes. El sistema de frenado debía incorporar dos sistemas independientes, cada uno activado por su propio control. Uno debía de actuar sobre las ruedas delanteras, y el otro, sobre las ruedas traseras y tener frenos de disco en todas ellas para garantizar la eficacia y la seguridad en la detención de este (UNAL, 2022).

Según las normativas de la competencia, el diseño eléctrico del vehículo debía garantizar que el voltaje de la batería principal no excediera los 48 V nominales y la potencia de salida no debía sobrepasar los 500W netos, ya que presentar eventuales valores de potencia superiores durante la competencia, provocaría penalizaciones sobre los puntos obtenidos.

Se establece que el vehículo debía tener una única batería cuya capacidad total no podía superar los 14 Amperios hora (Ah) y el diseño requería incorporar un sistema de odometría capaz de medir la distancia recorrida y el tiempo empleado, con el propósito de evaluar la eficiencia energética al considerar la autonomía en función de la distancia versus el consumo de energía (UNAL, 2022).

Adicional a ello, se debía incorporar un sistema de gestión de baterías (BMS) que monitorizara y regulara el 100 % de las celdas y facilitara evaluar el estado, con el fin de asegurar su funcionamiento óptimo, prevenir riesgos de incendio, ofrecer balanceo individual por celda y protección contra la sobretensión durante procesos de carga. Además, el BMS permitía desconectar de manera automática la batería en situaciones de valores límites excedidos o condiciones anómalas, sin requerir de una intervención manual.

En cuanto a la seguridad eléctrica, los circuitos positivo y negativo asociados a la batería debían estar completamente aislados del chasis y de cualquier componente metálico. Todos los circuitos eléctricos debían estar



protegidos contra sobrecarga, y el cableado debía mantenerse en estado óptimo, correctamente identificado, asegurado y alejado de partes móviles del vehículo.

Se debía incorporar una protección de emergencia que permitiera la desactivación total del sistema de propulsión, incluyendo una desconexión física entre la batería y el sistema eléctrico, con un fusible principal en la salida de la batería e interruptores de emergencia accesibles tanto desde el interior para uso del piloto como en la parte exterior, localizados en la zona posterior del vehículo y debería contar con un «dispositivo de seguridad de hombre muerto», el cual desactivará automáticamente la propulsión si el piloto se encuentra incapacitado, lo que asegura la detención inmediata del automóvil para prevenir incidentes adicionales (UNAL, 2022).

La simulación para la transformación

En la siguiente sección se puede encontrar la información relacionada con la simulación mecánica, eléctrica y de diseño gráfico del Furtivo I.

Simulación mecánica: para este tipo de simulación, se elaboró un modelo matemático utilizando las ecuaciones de la teoría de la elasticidad, para luego proceder con la simulación computacional por medio del método de elementos finitos mediante el *software* Solidworks, ver figura 3 (a), además de dimensionar el vehículo para la elaboración de planos y fabricación de piezas ver figura 3 (b) (Villa *et al.*, 2022).

Estas simulaciones mecánicas permiten garantizar la funcionalidad, seguridad y eficiencia del vehículo. En el caso del diseño del chasis, han facilitado la optimización de la estructura al identificar zonas críticas donde se concentran esfuerzos y deformaciones, lo que ha posibilitado reforzar o rediseñar componentes para mejorar su resistencia y rigidez estructural. Además, han contribuido a reducir el peso del chasis mediante el uso de materiales ligeros, sin comprometer su integridad, lo que favorece una mayor eficiencia energética. Asimismo, estas resultan esenciales para cumplir con las normativas de seguridad, ya que validan que el diseño pueda resistir impactos o cargas específicas con el objetivo de proteger de manera eficaz a los ocupantes.

Otro aspecto relevante es la reducción de costos y tiempos de desarrollo. Al prever el desempeño mecánico antes de la fabricación, se minimiza la necesidad de producir múltiples prototipos físicos, lo que permite un diseño más ágil y económico. Asimismo, las simulaciones



facilitan la integración del chasis con otros componentes, como baterías y motores, lo cual garantiza su compatibilidad y optimiza el ensamblaje.

La versión del *software* utilizado para la simulación, las dimensiones de la estructura, el tipo de tubería y los tipos de secciones transversales empleadas durante la simulación se presentan a continuación:

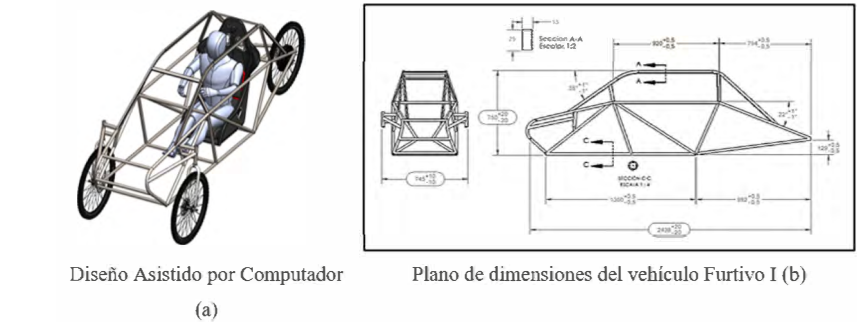
Tabla 3
Parámetros del modelo

Parámetro	Descripción
Software	Solidworks 2021
Estructura tubular de la base del chasis	Diámetro 19.05 mm calibre 1.5 mm
Tubería rectangular	20mm x 10 mm calibre 2 mm
Tubería	Estructural de acero al carbono formada en frío y tubos de acero al carbono laminados en caliente soldados por resistencia eléctrica
Secciones transversales	Redondas y rectangulares

Fuente: Tomado de Villa *et al.*, (2022).

A continuación, se presenta el modelo de Diseño Asistido por Computador (CAE) y uno de los planos con las dimensiones del vehículo.

Figura 3
Diseño asistido por computador (a) y Plano de dimensiones del vehículo Furtivo I (b)



Fuente: Tomado de Villa *et al.*, (2022).

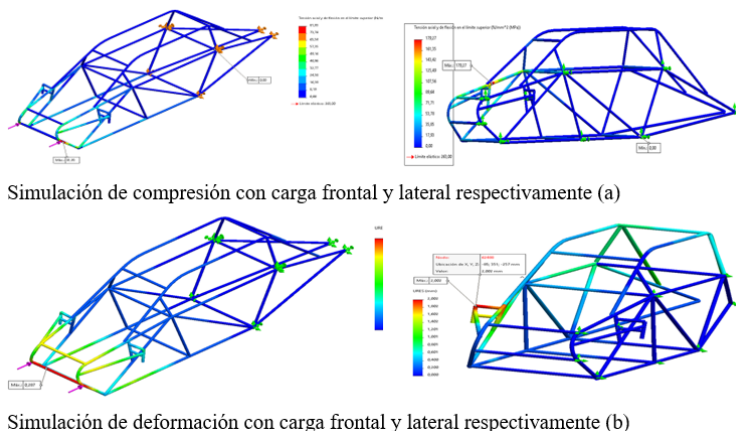


Se analizó la estructura del vehículo haciendo uso del método de elementos finitos para vigas. Con este se evaluaron parámetros como la máxima deflexión y deformación de los tramos en estudio, con una carga frontal de 152.96 kg. Las simulaciones de compresión mostradas en la figura 4 (a) arrojaron valores de 81.93 MPa en la zona frontal y de 179.27 MPa en la lateral, equivalente a un 32 % y 70 % de la deformación de la estructura, lo cual no supone un riesgo para el piloto al estar por debajo del límite elástico (rotura) del material, que es de 256 Mpa.

Las simulaciones de deformación mostradas en la figura 4 (b) presentan valores 0.29 mm en la parte frontal y de 2.002 mm en la parte lateral, lo cual no representa peligro para el conductor al estar por debajo de la distancia del conductor al chasis que supera los 20 cm en la parte frontal y los 5 cm en la lateral.

Figura 4

Simulación de compresión (a) y deformación (b) con carga frontal y lateral respectivamente



Fuente: Tomado de Villa *et al.*, (2022).

Simulación eléctrica: se simuló el comportamiento del suministro de energía eléctrica por medio de un diagrama de bloques, que ilustra la interacción funcional de los componentes críticos del sistema energético del vehículo. Este esquema permite comprender la ruta de la energía desde la generación hasta su utilización final, resaltando los elementos de seguridad y eficiencia implementados en el diseño, lo cual se puede observar en la figura 5 (UNAL, 2022).

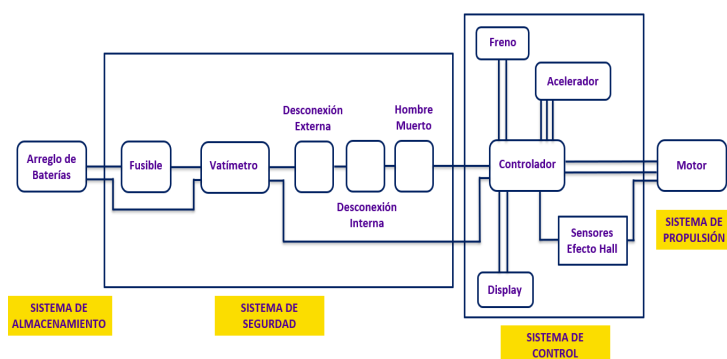


El diagrama funcional desarrollado es fundamental en el diseño final del vehículo eléctrico, ya que posibilita organizar de manera clara y estructurada la interacción entre los componentes clave del sistema energético. Este esquema facilita comprender el flujo de energía desde el sistema de almacenamiento, representado por el arreglo de baterías, hasta el sistema de propulsión, que incluye el motor. Gracias a esta visualización, se pueden identificar posibles puntos de pérdida de energía o ineficiencias, lo que contribuye directamente a optimizar el diseño para maximizar la eficiencia operativa.

Además, en el diagrama se destacan elementos de seguridad, como los fusibles, el vatímetro, los sistemas de desconexión interna y externa, y el mecanismo de «hombre muerto». Estos componentes son esenciales para garantizar una operación confiable y segura del vehículo, previniendo así fallos eléctricos, sobrecargas y otros riesgos para los usuarios.

La simulación facilita también la organización de los diferentes subsistemas: almacenamiento, seguridad, control y propulsión. Esto asegura que todos los componentes funcionen de manera conjunta y eficiente, de manera que optimicen la operación del vehículo como un sistema completo. Otro beneficio práctico del diagrama es su utilidad para el mantenimiento y diagnóstico. Al proporcionar una representación detallada de la conexión y operación de los componentes, se facilita la identificación de fallas y la implementación de soluciones rápidas y precisas. Además, al incluir elementos como el controlador, el acelerador, el freno y los sensores se garantiza un diseño eficiente que también mejora la experiencia del usuario.

Figura 5
Diagrama de bloques de suministro de energía



Fuente: Tomado de archivo Escudería Bravo, elaborado por Villa (2022).



El análisis de los resultados obtenidos en las simulaciones proporcionó una visión integral y detallada sobre cómo interactúan los subsistemas principales (almacenamiento, seguridad, control y propulsión). Este estudio identifica puntos críticos en el diseño, como ineficiencias en el flujo de energía, áreas susceptibles a cuellos de botella o componentes que necesitan ajustes para mejorar la seguridad y el rendimiento general.

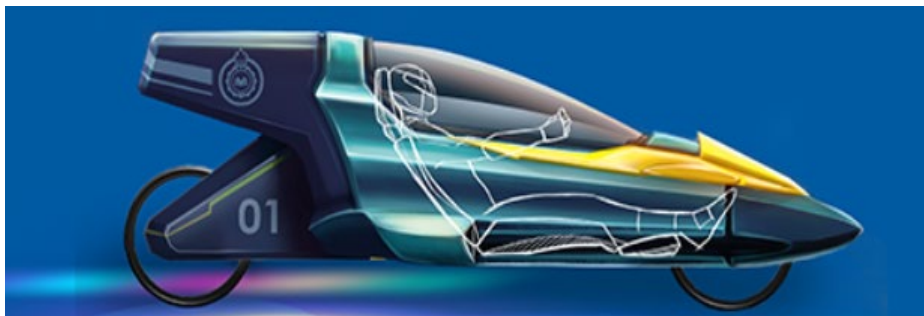
Una adecuada conexión permite evaluar la respuesta del controlador frente a las señales del acelerador y el freno, o examinar si los mecanismos de seguridad, como las desconexiones internas y externas, cumplen con los requisitos operativos. Además, proporciona datos valiosos para validar la robustez del sistema en condiciones reales, lo que ayuda a priorizar decisiones primordiales, como el diseño de redundancias para mayor confiabilidad o la selección de materiales más adecuados para garantizar un equilibrio entre peso y resistencia.

La evaluación de las simulaciones hace posible valorar la interacción entre funciones, se pueden optimizar las rutas de energía y comunicación dentro del sistema, mejorar la integración de los subsistemas y ajustar configuraciones eléctricas para maximizar el rendimiento.

Simulación gráfica: la simulación gráfica se ejecutó en varias etapas, el proceso de conceptualización se hizo en Adobe Photoshop, luego se hizo una simulación en 3D por medio de Autodesk Maya, para continuar al proceso de texturización en Adobe Substance 3D Painter y desarrollar la simulación final por medio de la herramienta Unity.

Figura 6

Simulación gráfica del vehículo Furtivo I



Fuente: Tomado de Institución Universitaria Pascual Bravo (2022).



El escenario de desarrollo

El desarrollo se llevó a cabo en dos etapas, la primera se relaciona con la construcción y montaje y, la segunda, con una simulación de pruebas en pista.

Construcción y montaje: la construcción del chasis se inició con la creación de preformas de cartón industrial, las cuales se utilizaron como guías para aplicar puntos de soldadura en la tubería y formar la estructura. Posteriormente, se llevó a cabo el montaje del sistema de dirección, seguido por la instalación de láminas de polímero para cerrar la carrocería. A continuación, se integró el sistema de frenos y se procedió con la instalación del asiento y el soporte del piloto. Luego, se montaron las ruedas y, como parte de este proceso, se realizó la alineación del sistema de dirección para garantizar la maniobrabilidad del vehículo. Finalmente, se instaló el sistema eléctrico y de control, el cual incluyó las baterías y el sistema de seguridad de propulsión. Este proceso tuvo como objetivo asegurar que todos los componentes funcionaran de manera integrada, en concordancia con las características detalladas en la siguiente tabla (Villa *et al.*, 2022).

Tabla 4

Especificaciones utilizadas en la construcción del vehículo Furtivo I

Descripción	Valor
Chasis	Acero (NTC 4526, NTC 1560), Aluminio
Carrocería	Polímero
Batería	Ion de litio
Llanta delantera	20in (Dos)
Llanta trasera	26in (Una)

Fuente: elaboración propia.

El sistema de baterías utilizado cuenta con una capacidad nominal de 13.6 Ah, un voltaje nominal, 48V, tiene un peso 3.8 kg, una corriente de descarga continua de 20A y una corriente de descarga máxima 50A. Sus dimensiones son 156mm x 67mm x 438mm y tiene un tiempo de carga de 6 a 7 horas y una autonomía de 16 km dependiendo de los hábitos de conducción y el peso del conductor.

El sistema de control del vehículo permite aumentar o disminuir la energía entregada al motor y está compuesto por el control de potencia, el odómetro y el controlador del vehículo. El sistema de seguridad posibilita desenergizar el automotor en caso de cortocircuito o sobrecorriente y está



formado por un portafusible y el circuito eléctrico, el sistema de propulsión brinda movimiento al vehículo cuando se acciona el acelerador y está constituido por el motor y el acelerador.

Simulación de pruebas en pista: luego de la construcción del vehículo, se procedió a realizar una serie de pruebas destinadas a verificar el cumplimiento de los estándares mínimos de seguridad estipulados por las normativas de la competencia. Asimismo, estas pruebas permitieron llevar a cabo los ajustes necesarios para la puesta a punto del vehículo, como inspeccionar el adecuado funcionamiento de los frenos y evaluar que el sistema de dirección del vehículo y sus componentes estuvieran instalados correctamente y con la alineación apropiada. Además, se corroboró que el vehículo fuera seguro ante deformaciones con carga axiales y longitudinales de 152.96 kg, el óptimo funcionamiento del cinturón de seguridad, distancias de seguridad para la integridad del piloto en caso de volcamiento y la comprobación de los sistemas de desconexión automática de energía (II CNVTE).

A continuación, se presenta una tabla, con las pruebas realizadas al vehículo, y se proporciona una descripción de cada una de estas, con los aspectos evaluados destacados y los requerimientos que debía de cumplir para aplicar a la competencia.

Tabla 5

Pruebas habilitantes realizadas al vehículo Furtivo I

Prueba	Descripción
Prueba de abandono del vehículo	El piloto debía estar posicionado en condición de manejo y debía abandonar el vehículo y correr una distancia de 5 metros en menos de 20 segundos.
Prueba de frenos	El vehículo se debía posicionar en una pendiente entre 15° y 20° y permanecer inmóvil accionando los frenos en forma independiente, luego se dejaba rodar el vehículo 2 m, accionar los frenos y este debía frenar en el metro siguiente.
Radio de giro	El vehículo debía tener la capacidad de girar, garantizando un radio de giro de 5 m.
Prueba de carga	Luego de aplicar una carga de 152.96 kg de forma vertical, lateral y frontal, no se debe evidenciar deformación aparente del vehículo.
Prueba del cinturón de seguridad	Se suspende el vehículo sujetado del cinturón este debía soportar el peso completo del vehículo junto con el peso del piloto.



Prueba	Descripción
Prueba de volcamiento	Con el piloto sentado en el vehículo, se girará el vehículo hasta la posición de volcamiento lateral y ninguna parte del cuerpo del piloto debía tener contacto con el suelo. Luego se hará la prueba de volcamiento «sobre cabeza», en donde la parte superior del casco deberá estar como mínimo a 10 cm del techo.
Inspección eléctrica	Se verifica el correcto funcionamiento de la parada de emergencia, «hombre muerto» y el suministro de energía eléctrica al motor con el accionamiento de los frenos.

Fuente: Tomado de UNAL (2022).

Luego de realizar las pruebas habilitantes, se procedió a realizar un conjunto de pruebas de simulación en pista, en diferentes escenarios, que permitieron identificar aspectos de mejora y ajustes requeridos para dejar a punto el vehículo.

La competencia como escenario de validación

Durante la competencia se realizó un conjunto de pruebas habilitantes, mostradas en el apartado anterior y un conjunto de pruebas dinámicas (aceleración, agilidad y la grand prix).

La prueba de aceleración, ver figura 7 (a), se efectuó en una recta de asfalto, con una longitud de 100 metros. Inicialmente, se llevó a cabo una clasificación individual donde se cronometró el tiempo de aceleración de cada equipo. Posteriormente, los equipos con los mejores tiempos fueron emparejados para competir contra aquellos con tiempos más lentos, con el fin de establecer las posiciones de salida para la etapa final de la competencia. Durante la prueba de agilidad, ver figura 7 (b), cada equipo debía completar un circuito predefinido en el menor tiempo posible. Cada equipo tenía dos intentos para recorrer el circuito y se consideraba el mejor de estos para la evaluación final.

Finalmente, la prueba Grand Prix se llevó a cabo durante 60 minutos en un circuito cerrado de 356 metros, ubicado en parte del anillo vial de la Universidad Nacional Sede Bogotá, cerca de la Facultad de Ingeniería. Los vehículos se alinearon según la clasificación de la prueba de aceleración, con una separación de dos metros, esta permitía evaluar la funcionalidad y la autonomía eléctrica de los vehículos participantes. En la figura 7 (c) se ilustra el recorrido del circuito, destacado en color azul, proporcionando una visualización del trayecto (UNAL, 2022).

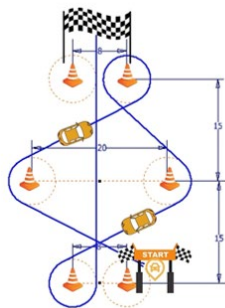


Figura 7

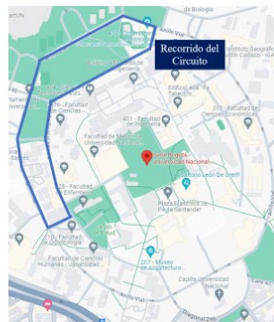
Pruebas de la II Competencia Nacional de Vehículos de tracción eléctrica



Prueba de aceleración
(a)



Prueba de agilidad (b)



Recorrido del circuito de la
Grand Prix (c)

Fuente: (a) elaboración propia; (b) UNAL, (2022); (c) elaboración propia con base en UNAL (2022).

Luego de finalizadas todas las pruebas y efectuado el conteo de los puntos de cada equipo, la Institución Universitaria Pascual Bravo, de la ciudad de Medellín, obtuvo el primer puesto en la competencia.

A partir de la simulación del proceso de mejora continua, se implementaron modificaciones en el vehículo Furtivo I. En particular, se optimizó la estructura lateral del chasis para reducir el peso y facilitar la evacuación del piloto en caso de emergencia. Además, se incorporó un sistema de telemetría que permite a la escudería monitorear diversas variables, como voltaje, corriente y distancia, con el propósito de analizar su desempeño y proyectar oportunidades de optimización a corto y mediano plazo.

A modo de conclusiones

El proceso de investigación formativa sobre el diseño y fabricación de un vehículo que contribuya a la movilidad sostenible denominado Escudería Bravo, permitió identificar avances en los ámbitos académico y empresarial.

Hallazgos en el contexto académico

El proyecto Escudería Bravo, en términos de diseño y desarrollo de un vehículo eléctrico con materiales no convencionales, facilitó a los estudiantes el fortalecimiento de habilidades específicas y transversales. Se destaca, entre otras competencias para el desarrollo sostenible, la



resolución de problemas, el pensamiento crítico, el enfoque estratégico, la comprensión normativa y el desarrollo de una visión sistémica.

El diseño y fabricación del vehículo en la Escudería Bravo ha favorecido recrear diferentes escenarios de enseñanza del proceso industrial, tanto administrativo como operativo, para facilitar el aprendizaje.

Los roles asumidos por los estudiantes y docentes en términos de planeación estratégica, diseño y estandarización de procesos, entre otros, contribuyen a una educación de calidad en la que se empodera a los individuos para reflexionar sobre sus propias acciones, actuar en situaciones complejas y participar en ambientes competitivos en búsqueda de soluciones que generen impacto en los ámbitos social, cultural, económico y ambiental.

Este proyecto, además, integra una propuesta de investigación formativa, alineada con el propósito institucional de fortalecer la formación académica a través de estrategias que fomenten el pensamiento crítico, la innovación y la sostenibilidad. De este modo, se contribuye a las metas del desarrollo sostenible desde las prácticas situadas en el aula, cuyos componentes potencian la innovación y generan valor compartido en el proceso de enseñanza-aprendizaje institucional.

Hallazgos en materia empresarial

La Escudería Bravo cuenta con viabilidad técnica, operativa y jurídica para convertirse en una unidad de negocio, dado que es una alternativa a la movilidad sostenible para la ciudad de Medellín, según el análisis PESTEL.

La proyección a mediano y largo plazo de la propuesta Escudería Pascual Bravo indica dos líneas estratégicas: (I) participar en competencias internacionales de movilidad eléctrica (II); investigación aplicada y formativa para la producción en masa de vehículos comerciales carbono cero, como solución de última milla para la ciudad de Medellín, que respondan a las condiciones topográficas y los requerimientos particulares de la región.

Si bien es necesario profundizar en estudios estadísticos de mayor rigurosidad, la marca Escudería Bravo se ha posicionado como un referente local y nacional de movilidad eléctrica, toda vez que la exhibición en los medios de comunicación se incrementó gracias a la Tercera Competencia Nacional de Vehículos de Tracción Eléctrica, en la que resultaron ganadores por segundo año consecutivo.



Referencias bibliográficas

- Agencia de Cooperación e Inversión de Medellín y el Área Metropolitana [ACI Medellín]. (2023). *Oficialmente Medellín es Distrito de Ciencia, Tecnología e innovación en Colombia*. <https://acimedellin.org/oficialmente-medellin-es-distrito-de-ciencia-tecnologia-e-innovacion-en-colombia/>
- Andrade, R. (2022). La sostenibilidad como motor empresarial en la industria gráfica. En C.A. Lopera Quiroz. (Ed.). *Diseño sostenible creación, materialidad y experiencia* (pp. 44-77). Fondo Editorial Pascual Bravo.
- Asociación Nacional de Movilidad Sostenible [ANDEMOS]. (2022). *Informes interactivos ANDEMOS*. https://lookerstudio.google.com/u/0/reporting/ceb8deeb-3b00-4e08-8536-5a0f2ebb5cf2/page/p_nkrsey2y2c?s=i9QjsVkJn5s
- Asociación Nacional de Movilidad Sostenible [ANDEMOS]. (2023). *Informes interactivos ANDEMOS*. https://lookerstudio.google.com/u/0/reporting/ceb8deeb-3b00-4e08-8536-5a0f2ebb5cf2/page/p_w5l3b4vsrc
- Banco de la República de Colombia. (2022). *Informes sobre Estabilidad Financiera*. <https://repositorio.banrep.gov.co/server/api/core/bitstreams/5afcc809-e12b-43f1-b541-248a45f7a6eb/content>
- Banco Interamericano de Desarrollo [BID]. (2021). *Financiamiento de Proyectos de Energía Sostenible en América Latina*. <https://www.iadb.org/es/noticias/el-bid-e-irena-impulsan-un-futuro-de-energia-sostenible-en-america-latina-y-el-caribe#:~:text=Marzo%2009%2C%202021,y%20el%20Acuerdo%20de%20Par%C3%ADs>.
- Banco Mundial. (2022, 17 de noviembre). *Vehículos eléctricos: beneficios económicos y ambientales para los países en desarrollo*. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2022/11/17/electric-vehicles-an-economic-and-environmental-win-for-developing-countries>
- Barahona, R. J. (2020). *Planificación estratégica y los niveles de competitividad en la Empresa Pública Municipal para la Gestión Integral de Residuos Sólidos* [Master's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Administrativas. Maestría en Administración Pública]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31327/1/02%20ADP.pdf>
- Bui, T. M. N., Holmes, N., & Dinh, T. Q. (2022). Baseline Strategy for Remaining Range Estimation of Electric Motorcycle Applications. *25th International Conference on Mechatronics Technology (ICMT)* Kaohsiung, Taiwan, pp. 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICMT56556.2022.9997802>
- Chaveco Y. (2014). La documentación como un requisito para la calidad de los equipos médicos. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 18(71), 27-37. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212014000200003&lng=es&tlng=es
- Díaz, S., Rojas, D., & Fernández, E. (2022). Analysis of Efficiency of an Electric Micromobility System Based in Scooter Electric. *IEEE ANDESCON*, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/ANDESCON56260.2022.9989908>



- Echeverri, M., y Ochoa, J. (2018). *Plan estratégico caso: Supermercado Mercopa S.A.S.* [Tesis de pregrado, Universidad EIA]. <https://repository.eia.edu.co/server/api/core/bitstreams/67251032-882b-4a3e-a989-e21d79c49eb5/content>
- Euroclima, y ONU Medio Ambiente. (2021). *Movilidad Eléctrica. Avances en América Latina y el Caribe*. 4ta edición. <https://portalmovilidad.com/wp-content/uploads/2021/09/Reporte-de-Movilidad-Ele%CC%81ctrica-4ta-edicio%C-C%81n-1.pdf>
- Firmansyah, A., Supriatna, N., Gunawan, Y., Setiadanu, G., & Slamet. (2022). *7th International Conference on Electric Vehicular Technology (ICEVT)*, Bali, Indonesia, pp. 165-168. <https://doi.org/10.1109/ICEVT55516.2022.9924921>
- Gobierno de Colombia. (2020). *Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica*. <https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/ENME.pdf>
- Hernández, J. (2024). La ética como escenario de reflexión en el desarrollo de procesos de creación desde el diseño industrial: una experiencia de aula. En C.A. Lopera Quiroz. (Ed.). *Experiencias del diseño sostenible* (pp. 80-99). Fondo Editorial Pascual Bravo.
- Hernández, A. (2018) *Reestructuración comercial administrativa de la empresa Andipapeles S.A.S.* [Tesis de pregrado, Fundación Universidad de América]. <http://hdl.handle.net/20.500.11839/6867>
- ICONTEC (2021). Normas de movilidad eléctrica. <https://www.icontec.org/wp-content/uploads/2021/10/Normas-Movilidad-electrica.pdf>
- IEA. (2022). *Global EV Outlook 2022 – Analysis*. IEA. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022>
- Institución Universitaria Pascual Bravo. (2022, 22 de marzo). *Pascual Bravo tiene su propia escudería y competirá a nivel nacional*. <https://pascualbravo.edu.co/pascual-bravo-tiene-su-propia-escuderia/>
- Lopera, C. Lopera, M., Dávila, G., Jiménez, A., y Medina, E. (2023). *Campus verde, Inteligente e Inclusivo*. Fondo Editorial Pascual Bravo.
- Meydani, A., Meidani, A., & Shahablavasani, S. (2023). The Performance of Electric and Hybrid Cars and the Effect of Their Use in the Environmental Cycle. *8th International Conference on Technology and Energy Management (ICTEM)*, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICTEM56862.2023.10084171>
- MineEnergía, (2021). *Resolución 40223 de 2021*. https://www.minenergia.gov.co/documents/10533/Resoluci%C3%B3n_interoperabilidad_comentarios_VF.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (2020). Informe de Gestión. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/INFORME_GESTION_MINAMBIENTE_2020.pdf
- Naciones Unidas. (2021a). *COP26: Juntos por el Planeta*. <https://www.un.org/es/climatechange/cop26>
- Naciones Unidas. (2021b). *Llegar a las emisiones netas cero: el mundo se compromete a tomar medidas*. <https://www.un.org/es/climatechange/net-zero-coalition>



- Navarro, D., Acosta, C., Aulestia, D., y Jauregui-Fung, F. (2022). *Ciudades Inclusivas, Sostenibles e Inteligentes (CISI). Informe de resultados del encuentro Movilidad Urbana Sostenible. Un Diálogo Interregional sobre la Industria y el Financiamiento del Transporte Público Colectivo*. Naciones Unidas CEPAL, Cooperación Alemana Deutsche Zusammenarbeit, http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/48083/S2200600_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Núñez, A. (2022, 14 de abril). Cuáles son los descuentos y exenciones que trae incluidos un carro eléctrico. *La República*. <https://www.larepublica.co/especiales/mis-documentos-i-2022/conozca-cuales-son-los-descuentos-y-exenciones-que-trae-incluidos-un-carro-electrico-3343019>
- Ospina, J. (2020, octubre 16). ¿Cuánto «contamina» el aire de Medellín? *Periódico Alma Máter*. https://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/udea-noticias/udea-noticia/!ut/p/z0/fYw9D4IwEIb_iotj0wMRdCQOjsbBwRjoYi70o-qdtD6Eaf76gg3Fxbxf92ijK20CPviEkSWgG3xt8uNiuUqTMOmt5FkOZb7L5k-W6nu0PoDfa_B8MBL7cbqbUppEQ6Rl11UoX0d0t4RSw_3Vn8fTR450Eidww9l-N4fwe2Mq6-cUsdi-VG0Hn0GKkbeu5ITTxZco6D6ke6ogEgnlG16BXZAhlTU-whBd1eTf0C4X2BvQ!!/
- Patlins, A., Hnatov, A., Arhun, S., Hnatova, H., & Saraiev, O. (2022). Features of converting a car with an internal combustion engine into an electric car. *IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON)*, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/ENERGYCON53164.2022.9830183>
- Porto, Y. y Saldarriaga, L. (2019). *Viabilidad técnica de la implementación de prácticas ambientales para la certificación en Construcción Sostenible en Colombia* [Tesis de especialización, Universidad de Antioquia] https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15907/1/PortoYina_2019_ImplementacionPracticasAmbientales.pdf
- Rentería, J. Rodríguez, Y. Vélez, C., Durango, J., Hincapié, E. y Osorio, B. (2022). Integrando los Objetivos de Desarrollo Sostenible en el diseño curricular de la Institución Universitaria Pascual Bravo. En C.A. Lopera Quiroz. (Ed.). *Miradas multidisciplinarias del diseño sostenible* (pp. 27-47). Fondo Editorial Pascual Bravo.
- Restrepo, J. y Tobón, D. (2018). Desarrollo de estación de carga de vehículos eléctricos. *Lámpsakos*, 19, 22–29. <https://doi.org/10.21501/21454086.2532>
- Secretaría de Medio Ambiente de Medellín. (2022, 28 de enero). *Medellín ha dejado de emitir más de 6.500 toneladas por año de CO2 como parte de la estrategia frente al cambio climático*. Alcaldía de Medellín. <https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/medellin-ha-dejado-de-emitir-mas-de-6-500-toneladas-por-ano-de-co2-como-parte-de-la-estrategia-frente-al-cambio-climatico/>
- UNAL. (2022). *Reglamento II competencia nacional de vehículos de tracción eléctrica*. UNAL.
- Universidad CES. (2021). *Contaminación ambiental incide en aparición de enfermedades respiratorias, pulmonares y cardíacas*. <https://www.ces.edu.co/>



wp-content/uploads/2021/02/Boletin_003-Contaminacion-ambiental-incide-
en-aparicion-de-enfermedades-respiratorias-pulmonares-y-cardiacas.pdf

- Vajsz, T., Horváth, C., Geleta, A., Wendler, V., Bálint, R. P., Neumayer, M., & Varga, D. Z. (2022). An investigation of sustainable technologies in the field of electric mobility. *IEEE 1st International Conference on Cognitive Mobility (CogMob)*, pp. 000057–000066. <https://doi.org/10.1109/CogMob55547.2022.10118323>
- Venegas, R. (2018). Diseño de una estrategia comercial para la empresa Greenspot Spa. [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2018/bpms218d/doc/bpms218d.pdf>
- Villa, A., González, E. y Romero, A. (2022). Diseño del chasis de un vehículo eléctrico para la II Competencia Nacional de Vehículos de Tracción Eléctrica. *Revista CINTEX*, 27(2), pp. 16-31. <https://doi.org/10.33131/24222208.385>
- Vinoth, K., Yamuna, K. S., Sujitha, S., Bhavana, Y., Singh, C. B., & Bindhu, V. (2022). Data Analytics for Parameter Estimation of an Electric Bicycle using IoT. *7th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*, pp. 506–511. <https://doi.org/10.1109/ICCES54183.2022.9835883>
- Yuniarto, M. Sidharta, I., Wiratno, S. Nugraha, Y., & Asfani, D. (2022). Indonesian Electric Motorcycle Development: Lessons from innovation-based concept implementation on the design and production of the first Indonesian electric motorcycle. *IEEE Electrification Magazine*, 10(1), pp. 65–74. <https://doi.org/10.1109/MELE.2021.3139247>

Rediseñando espacios de participación: la mochila de la buena gobernanza

Adolfo Vargas-Espitia

Magíster en Ecodiseño, docente de la Universidad de Investigación y Desarrollo UDI;
Grupo de Investigación TRESDE.
Correo electrónico: avargas2@udi.edu.co, <https://orcid.org/0000-0003-4741-4991>

Julieth Hernández-Ariza

Profesional de Diseño Industrial de la Universidad de Investigación y Desarrollo UDI;
auxiliar Grupo de Investigación TRESDE.
Correo electrónico: jhernandez44@udi.edu.co, <https://orcid.org/0009-0008-7347-4473>

Héctor Díaz-Martínez

Profesional de Diseño Industrial de la Universidad de Investigación y Desarrollo UDI;
auxiliar Grupo de Investigación TRESDE.
Correo electrónico: hdiaz6@udi.edu.co, <https://orcid.org/0009-0006-8129-9674>

Introducción

Repensar los espacios de gobernanza como reto de diseño

En las comunidades rurales de Colombia, las Juntas de Acción Comunal (JAC) desempeñan un papel central en la gestión de recursos y la organización comunitaria. Sin embargo, su capacidad para impulsar el desarrollo sostenible se ve limitada por barreras estructurales y operativas, lo que demanda soluciones innovadoras para fortalecer su gobernanza. A pesar de su relevancia, las JAC operan en un contexto de limitaciones organizativas que afectan su sostenibilidad y capacidad de autogestión (Sánchez, 2014; Ministerio del Interior, 2019; Pasoeco, 2023). Estos desafíos serán analizados en profundidad en la siguiente sección.

En este contexto, el diseño emerge como una herramienta poderosa para la participación comunitaria y mejorar los procesos de toma de



decisiones en las JAC (Chen *et al.*, 2020). A lo largo de este capítulo, se explorará cómo el diseño participativo se puede integrar con enfoques de gobernanza adaptativa para impulsar nuevas dinámicas organizativas. Este capítulo forma parte de una investigación aplicada en diseño participativo, enfocada en el desarrollo y validación de herramientas como aporte a la gobernanza comunitaria en las JAC. Por medio del estudio de caso de la «Mochila Paisana», se presentan los fundamentos teóricos, la metodología de diseño y los resultados obtenidos en su implementación, con el propósito de contribuir a futuras iniciativas de participación comunitaria en entornos rurales.

El proyecto¹ se desarrolla en la microcuenca de Las Cruces, municipio de San Vicente de Chucurí, Santander, una región que alberga aproximadamente 151 familias y 15 JAC. Allí, las comunidades enfrentan desafíos socioecológicos² que demandan soluciones integradoras capaces de alinear la sostenibilidad ambiental, social y económica (Céspedes, 2012; Garcés, *et al.*, 2017). En este marco, la Mochila Paisana no solo propone rediseñar herramientas de gobernanza, sino que también busca reimaginar nuevas prácticas comunitarias mediante la regeneración de espacios participativos y colaborativos.

En este capítulo se traza el recorrido del diseño y validación de la Mochila Paisana y se explora cómo las herramientas participativas pueden regenerar las dinámicas organizativas de las JAC. Para comprender mejor estos procesos, primero se abordarán los conceptos de gobernanza comunitaria y diseño participativo para establecer el marco teórico que sustenta la investigación. Posteriormente, se describirán las etapas de diseño y validación de la herramienta, seguidas por un análisis de sus impactos en la gobernanza rural. Finalmente, se presentarán conclusiones y recomendaciones para futuras aplicaciones.

- 1 El proyecto forma parte del macroproyecto Transiciones socioecológicas, liderado por el grupo de investigación Pasoeco, que busca fomentar la resiliencia socioecológica en comunidades rurales mediante estrategias de diseño participativo.
- 2 En la microcuenca de Las Cruces enfrentan desafíos multifacéticos que no solo se relacionan con la gobernanza y la participación comunitaria, sino también con problemas socioecológicos. Las vías de comunicación, la deforestación, la degradación del suelo y los acueductos, y la contaminación del agua son algunos de los problemas más críticos que afectan la calidad de vida de las comunidades locales, amenazan la biodiversidad y ponen en riesgo la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola en la región (Céspedes, 2012).



Gobernanza: un enfoque a corto y largo plazo

La gobernanza, entendida como el proceso de toma de decisiones y gestión colectiva de recursos, ha evolucionado desde modelos centralizados hacia enfoques más participativos y adaptativos (Folke *et al.*, 2005). A diferencia de la gobernabilidad, que se centra en la capacidad del Estado para administrar de manera eficiente, la gobernanza implica la interacción entre múltiples actores, incluidas comunidades, organizaciones y entidades gubernamentales (Karpouzoglou *et al.*, 2016). En el contexto de las JAC, esta distinción es clave para comprender los desafíos y oportunidades en la gestión comunitaria.

Desde esta perspectiva, la gobernanza adaptativa permite que las comunidades gestionen sistemas complejos mediante la autoorganización y el aprendizaje colaborativo (Folke *et al.*, 2005). Dentro de este enfoque, la gobernanza a corto plazo responde a la necesidad de resolver problemas inmediatos, optimizando la toma de decisiones y la distribución de recursos.

Asimismo, la interacción entre la micro y macrogobernanza es necesaria en las buenas prácticas. A nivel micro, estas operan como espacios autónomos de gestión comunitaria como las JAC, pero su impacto está limitado si no hay una articulación con niveles macro, como las instituciones estatales y redes intercomunales (Karpouzoglou, *et al.*, 2016). La falta de conexión entre estos niveles dificulta el acceso a recursos y la implementación de políticas efectivas. En este sentido, la Mochila Paisana busca cerrar esta brecha al proporcionar herramientas que permitan vincular la gestión local con estructuras y propósitos más amplios de gobernanza.

Las Juntas de Acción Comunal: estructura y desafíos en la gobernanza local

Las Juntas de Acción Comunal son organismos de base que operan como instancias de participación ciudadana en la gestión del desarrollo comunitario en Colombia. En el país existen aproximadamente 63 000 JAC, de las cuales el 90 % se encuentran en zonas rurales (Castro, *et al.*, 2021). Su estructura organizativa se compone de una mesa directiva y diversos comités de trabajo, y sus decisiones son adoptadas en asambleas generales que constituyen el principal espacio de deliberación y gobernanza.

La Ley 2166 de 2021 establece lineamientos para la participación ciudadana en estos espacios, promoviendo mecanismos para la planificación y ejecución de proyectos comunitarios (Congreso de Colombia, 2021).



Sin embargo, en la práctica, muchas JAC continúan operando con limitaciones en la toma de decisiones, falta de planificación estratégica y barreras en la rendición de cuentas (Sánchez, 2014). Estos problemas reflejan la necesidad de herramientas que mejoren la gestión organizativa y de gestión comunitaria desde un enfoque adaptativo.

Además, las JAC deben enfrentar retos estructurales y sociopolíticos que afectan su funcionamiento. En muchas comunidades rurales, la falta de formación en liderazgo y gestión dificultan la formulación y ejecución de proyectos, lo que limita su impacto en el desarrollo local (Edmondson, 2002). La baja participación de los miembros en las asambleas genera concentración del poder en pequeños grupos, lo que puede derivar en conflictos internos y reducción de la confianza comunitaria (Pasoeco, 2023). Asimismo, las restricciones en el acceso a recursos financieros y la ausencia de mecanismos de monitoreo afectan la capacidad de las JAC para sostener iniciativas a largo plazo.

Diseño de espacios de participación y regeneración comunitaria

Desde una perspectiva participativa, el diseño no debe limitarse a la creación de herramientas tangibles, sino que debe transformar las relaciones de poder dentro de los espacios de convivencia (Escobar, 2019). En este sentido, el diseño debe buscar reimaginar los procesos organizativos, reconociendo a los diversos actores involucrados, las dinámicas sociales presentes y el contexto específico en el que se desarrollan. Este enfoque promueve la inclusión y la adaptación constante, permitiendo que las comunidades configuren sus propias reglas, roles y formas de decidir colectivamente (Ángel-Bravo *et al.*, 2023).

El diseño regenerativo trasciende la restauración de sistemas existentes, proponiendo la creación de nuevas estructuras que fomenten la resiliencia y la autonomía comunitaria (Ángel-Bravo y Ascuntar Rivera, 2023). A diferencia de enfoques convencionales, prioriza procesos adaptativos y de co-creación que van desde la participación hasta el aprendizaje continuo (Escobar, 2019). En este sentido, puede integrar principios de la gobernanza adaptativa (Folke *et al.*, 2005) y del diseño endógeno (Arango y Vélez, 2023), repensando estrategias de instalación de capacidades y su sostenibilidad en el tiempo.

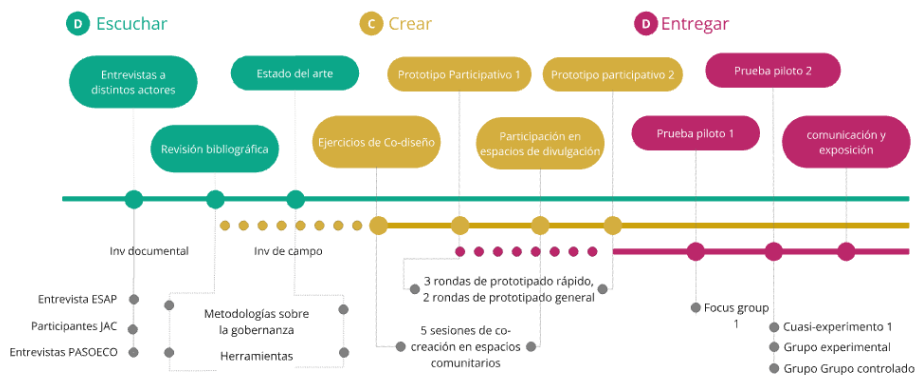


Metodología: diseño centrado en las personas para la gobernanza comunitaria

Este estudio se enmarca dentro de la investigación-creación, mediante la metodología de Diseño Centrado en las Personas (DCP) debido a sus coincidencias de enfoques y prácticas con las disciplinas sociales que guían los procesos del grupo transdisciplinario. Como se observa en la figura 1, este enfoque se despliega en tres fases interrelacionadas: escuchar, crear y entregar (IDEO.org, s.f.). La aplicación de este marco metodológico permite el desarrollo iterativo de herramientas adaptadas a las dinámicas específicas de las JAC, asegurando su aplicabilidad en contextos comunitarios.

A través de la investigación aplicada, con este estudio se busca diseñar y validar herramientas que promuevan el diálogo comunitario, permitiendo la experimentación y el ajuste continuo en función de las necesidades emergentes del territorio. La Mochila Paisana se configura así como un modelo flexible que mejora las prácticas de gobernanza en el área de estudio y que puede ser replicado en otras comunidades por medio de una gestión participativa sostenible (Arango y Vélez, 2023).

Figura 1
Fases del proceso de diseño participativo basado en DCP



Nota. Adaptado de *Design Kit: The Human-Centered Design Toolkit* (2ª ed., págs. 8-9), por IDEO.org, s.f., <https://www.ideo.com/journal/design-kit-the-human-centered-design-toolkit>.



Escuchar la comunidad

La fase *escuchar* tiene como objetivo comprender el contexto en su complejidad y caracterizar el aporte desde el diseño. Para ello, se realizaron alrededor de seis entrevistas individuales dirigidas a actores clave y expertos en el tema. En este punto, es esencial reconocer que el grupo de profesionales transdisciplinario ha sido fundamental por su amplio conocimiento en temas etnográficos y por la confianza previa con la comunidad; en paralelo, se desarrolló una investigación documental en bases de datos científicas siguiendo dos líneas principales: por un lado, se llevó a cabo un análisis de contexto de espacios y, por el otro, dinámicas de aportación, metodologías, estrategias y herramientas³ para enfatizar en la identificación de patrones y en la evaluación de proyectos similares previamente abordados desde el diseño.

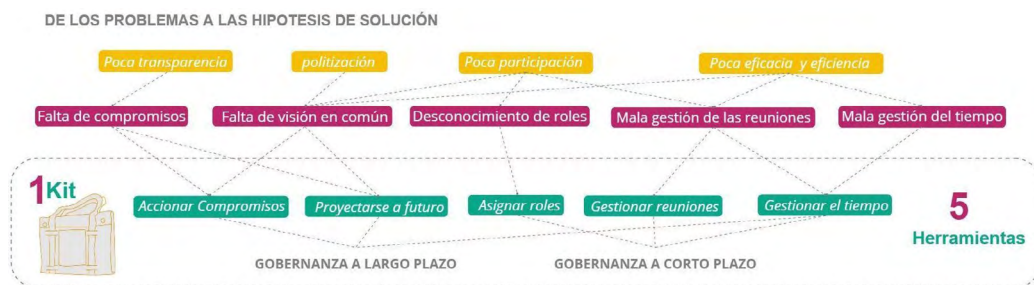
Durante esta fase, se generaron cuatro espacios colectivos de lluvias de ideas y se llevaron a cabo ejercicios de observación en dos talleres comunitarios, donde los diseñadores actuaron como observadores participantes. En estos, se identificaron patrones y dinámicas de interacción entre los presentes, lo que permitió una comprensión profunda de las relaciones y procesos sociales en las JAC. Simultáneamente, se construyeron los requerimientos y determinantes de diseño, iniciando un proceso de bocetación de alternativas que fueron planteadas en «escenarios de uso».

Por medio de un proceso creativo con Pasoeco, se conceptualizó la «Mochila de, y para, la buena gobernanza rural», diseñada para dinamizar las reuniones de las JAC mediante la integración de herramientas que apoyen una visión de gobernanza a corto y largo plazo. Este concepto aborda, a largo plazo, la definición de visiones de territorio comunes, sus principios y líneas de acción; y, a corto plazo, se enfoca en la guía de la reunión, la gestión de acuerdos y la promoción de buenas prácticas como el respeto, el manejo eficiente del tiempo y el enfoque en los objetivos. Como se observa en la figura 2, se propone que este Kit mejore de forma transversal las prácticas durante las reuniones de las JAC. En este estudio se explora cómo estas herramientas posibilitan que los actores conozcan sus roles, contribuyan equitativamente a los objetivos y mejoren la implementación de principios de buena gobernanza, como la transparencia y la rendición de cuentas.

3 Se han revisado propuestas de dispositivos de y para la interacción social en espacios de participación y la toma de decisiones (Marome, Pholcharoen, & Wongpeng, 2017; Jaune Sardine, s.f.; MethodKit, s.f.; Games4Sustainability, s.f.; Philips, s.f.; Banco de la República, s.f.; Artefactshop, s.f.)



Figura 2
1 Kit, 5 tipos de herramientas



Nota: Esta figura muestra los problemas de gobernanza, traducidos a estrategias para la participación.

El desarrollo de estas acciones de escucha resultó crucial para la interpretación de los conceptos, lo que permitió que el proceso de diseño se orientara hacia la identificación de dinámicas sociales, las cuales se transformarán posteriormente en soluciones concretas. Con esta base establecida, el equipo de diseñadores se prepara para avanzar hacia la fase de creación, donde estas ideas preliminares serían materializadas; no obstante, ya para esta fase se han desarrollado algunos prototipos rápidos de baja calidad.

Crear ecosistemas de participación

La fase *crear* dentro del DCP busca iterar sobre las soluciones propuestas para garantizar que sean funcionales y relevantes para la comunidad. Durante esta fase se transforman ideas conceptuales en prototipos tangibles, los cuales son evaluados y refinados continuamente mediante la retroalimentación de la comunidad y de expertos (Lopera, 2022). En el caso de la Mochila Paisana, un *toolkit* diseñado para promover las prácticas de gobernanza en las JAC, en el proceso se incluyó el desarrollo y la reformulación de sus componentes, basándose en la contribución activa tanto de los miembros de las JAC como de los profesionales en diseño industrial. Se llevaron a cabo cinco sesiones de cocreación en espacios comunitarios, lo que consintió una intervención amplia y diversa. Estos encuentros, junto con tres rondas iterativas de prototipado rápido de herramientas y dos fases de prototipado del sistema general, permitieron refinar continuamente las soluciones. El proceso contribuyó a mejorar dimensiones clave como la disposición de componentes, la selección de materiales, las dinámicas de



interacción, los elementos de comunicación y la aceptación, alineándose con lo documentado por Camburn *et al.*, (2017).

A partir de los resultados de estas sesiones y de la revisión de referentes⁴, se definió que durante las reuniones, la mochila se desplegará tipo tablero a la vista de todos los participantes, lo cual permite tener acceso a las herramientas directamente desde este tablero. Además, estas se distribuirán entre las personas presentes según corresponda, optimizando su uso en contextos comunitarios.

Las herramientas se han organizado en dos niveles: macro gobernanza, enfocada en la planificación estratégica y definición de propósitos colectivos, y micro gobernanza, orientada a la operatividad de las reuniones y la toma de decisiones en el corto plazo. En la parte superior, las herramientas de macro gobernanza facilitan la definición y seguimiento de los objetivos comunitarios. Los tableros de principios y propósitos permiten plasmar la visión de manera colaborativa, vinculando cada propósito con metas, actividades, responsables y plazos de ejecución. Su ubicación en la parte superior y el uso de materiales transparentes garantizan que estén siempre a la vista, reforzando el sentido de compromiso colectivo. Estos tableros incluyen iconografía y mapas conceptuales que evocan el entorno rural, con una paleta cromática basada en tonos de la montaña y materiales naturales, diseñados para promover una lectura clara y generar un ambiente visualmente familiar.

En la parte inferior de la mochila se encuentran las herramientas de micro gobernanza, diseñadas para dinamizar las reuniones y mejorar la toma de decisiones. Los tableros de gestión de acuerdos, de estructura modular, permiten registrar compromisos y dar seguimiento a su cumplimiento, asegurando transparencia en la rendición de cuentas. Los identificadores de roles, asignados mediante botones de colores, estructuran la participación de los asistentes en torno a cuatro funciones clave: guardián del tiempo, del foco, del respeto y de la reunión. La selección de materiales se basó en criterios como disponibilidad local, durabilidad, resistencia a la intemperie, facilidad de limpieza y reparación, optando por un enfoque flexible (Ashby, 2013), lo que garantiza que pueda integrarse en distintas comunidades con recursos variables y ajustarse a estructuras portátiles.

Además, se desarrolló una interfaz gráfica para unir las herramientas de la mochila con una plataforma de servicio en línea. A partir del diálogo interdisciplinario y basado en trabajos previos (Bhatnagar, 2017), se im-

4 Banco de la República, s.f.; Design Thinking Malaysia, s.f.



plementó una plataforma web que facilita la socialización, capacitación y autoproducción de la mochila, siguiendo los principios del prototipado abierto y sentando las bases para futuras integraciones del enfoque de sistemas producto-servicio⁵. En la plataforma, vinculada a la mochila mediante códigos QR adjuntos en su interfaz gráfica, se incluyen recursos audiovisuales para presentar de manera accesible la teoría y la práctica de la buena gobernanza. Asimismo, se detallan las secuencias de uso de las herramientas de la mochila, contribuyendo al fortalecimiento de los criterios de visión, acuerdos, gestión del proceso, definición de roles y gestión del tiempo.

Entregar, un proceso de testeo e iteración

En esta fase se implementa un enfoque centrado en la prueba y la iteración para asegurar que las soluciones diseñadas sean efectivas y estén alineadas con las necesidades reales de los usuarios. La Mochila Paisana ha sido sometida a procesos de validación mediante la utilización de diversos instrumentos, entre los que destacan dos prototipos participativos y dos grupos focales. Estas actividades permitieron evaluar la funcionalidad del diseño en situaciones reales y perfeccionarlo a partir de la retroalimentación directa de los usuarios finales.

Prototipos participativos

El prototipo participativo 1 fue presentado a líderes sociales y miembros de JAC rurales, con retroalimentación de 23 personas (ver Figura 3). Se validó el concepto y sus funcionalidades, pero surgieron problemas relacionados con la complejidad de algunas herramientas y la necesidad de adaptar la mochila para su transporte en motocicleta, así como de asegurar que sea impermeable y adecuada para condiciones rurales (Bødker, 1991; Camburn *et al.*, 2017; Chen *et al.*, 2020).

5 Este enfoque busca desarrollar integral, y de forma complementaria, productos y servicios como un sistema en el marco de las economías colaborativas Vezzoli, *et al.*, 2017.



Figura 3

Prototipos participativos de la mochila paisana en territorio



Archivo personal de Julieth Hernández Ariza (Zapatoca, agosto de 2023).

Nota. En la imagen se presenta la interacción de los investigadores con potenciales usuarios.

El prototipo participativo 2 de la Mochila Paisana se centró en optimizar el espacio, mejorando la distribución de los elementos, su tamaño y formato, sugiriendo la simplificación de las líneas de acción y agregar gráficos a la guía de uso para facilitar la comprensión. Se destacó la necesidad de una guía clara y eficiente, así como el uso de materiales más duraderos, colores oscuros y tableros de acrílico. Además, los participantes reconocieron la versatilidad del prototipo, lo que sugiere su potencial para adaptarse y escalar a diferentes contextos comunitarios.

En resumen, los prototipos participativos de la Mochila Paisana permitieron validar el concepto y la funcionalidad, al tiempo que destacaron la necesidad de ajustes clave para su evolución a contextos rurales. Mediante el primer prototipo se reveló la importancia de simplificar herramientas y asegurar que la mochila sea adecuada para el transporte en motocicleta y resistente a las condiciones ambientales. Con el segundo prototipo se abordaron estas preocupaciones con un enfoque hacia la optimización del espacio interno, la integración de elementos gráficos y la selección de materiales más duraderos (ver figura 4).



Figura 4
Evolución prototipos 1 y 2



Archivo personal de Julieth Hernández Ariza (Bucaramanga, noviembre de 2023).

Nota: a la izquierda el prototipo número 1 y a la derecha el prototipo número 2 con los elementos: 1-visión, 2-principios, 3-líneas de acción, 4-tableros, 5-guia, 6- línea del tiempo, 7-roles, 8-accesorios.

Testeando en contextos de uso

Este análisis se centró en la implementación y evaluación de la Mochila Paisana. Para evaluar su efectividad, se llevaron a cabo un grupo focal y un cuasi-experimento. En el primer grupo se presentó el prototipo #2 a una JAC y se aplicó durante una reunión para observar la interacción de los participantes con la herramienta. En el segundo, se realizó un estudio observacional cualitativo y cuantitativo que contrastó dos modalidades de gestión: una con normas convencionales y otra apoyada en el prototipo de la mochila. El objetivo fue testear la hipótesis de que la integración de herramientas de diseño como la Mochila Paisana podría mejorar aspectos fundamentales de la gobernanza, como la claridad de la visión, la concreción de acuerdos, la gestión del proceso, la definición de roles y la gestión del tiempo, proporcionando una visión detallada del impacto del prototipo en la eficacia de las reuniones comunitarias.

Grupo focal, un primer acercamiento de uso

En el grupo focal, realizado el 29 de abril de 2023 en San Vicente de Chururí, se evaluó la funcionalidad y usabilidad de la Mochila Paisana en un entorno real dentro de las JAC. En esta reunión intervinieron seis miembros



activos de la JAC, quienes interactuaron con las herramientas de la mochila y proporcionaron retroalimentación cualitativa. Inicialmente, se observó que los participantes mostraron cierta reticencia a involucrarse de manera activa, lo que se atribuye a la falta de familiaridad con los elementos y conceptos presentados, un fenómeno común cuando se introducen nuevas tecnologías sin el contexto adecuado (Visser *et al.*, 2005).

Durante el simulacro de reunión, los participantes experimentaron dificultades para usar la mochila, especialmente en la redacción de la visión y los principios de la JAC, lo que reveló la necesidad de simplificar y clarificar las instrucciones. Además, la abundancia de opciones generó una sobrecarga cognitiva, sugiriendo que el diseño se debe enfocar en ofrecer opciones limitadas y claras para facilitar la toma de decisiones. Esta situación es consistente con el concepto de «sobrecarga de elección»⁶ descrito en la literatura de diseño (Iyengar, 2000). A pesar de estos desafíos, la herramienta central de la mochila, el tablero, fue bien recibida, aunque su prominencia eclipsó otros elementos, lo que indicó un posible desbalance en la funcionalidad del diseño, un fenómeno discutido en la teoría de las *affordances* de diseño (Norman, 1999).

Los hallazgos en el grupo focal subrayan la necesidad de ajustar varios aspectos del diseño de la Mochila Paisana, incluyendo la ejecución de un programa de capacitación previo y la simplificación de elementos para hacerla más intuitiva. Además, es crucial que el diseño sea lo suficientemente flexible para que se pueda adaptar a las prácticas y necesidades específicas de las JAC en contextos rurales. Este enfoque está respaldado por la literatura sobre adaptación contextual en el diseño de herramientas para la gobernanza comunitaria (Bødker, 1991; Rogers, 2003). A partir de esta fase inicial, se implementaron mejoras progresivas mediante un proceso iterativo de testeo en diferentes sesiones, donde se identificaron desafíos específicos y se aplicaron ajustes en cada una, ver tabla 1.

6 El concepto de *choice overload* (sobrecarga de elección) se refiere a la idea de que, aunque dispone de múltiples opciones generalmente se percibe como algo positivo, un exceso de alternativas puede generar efectos negativos en la toma de decisiones.

**Tabla 1***Desafíos identificados y mejoras implementadas*

Fase	Desafíos identificados	Mejoras implementadas
<i>Sesión 1: Prueba inicial</i>	<i>Falta de claridad en las instrucciones para los participantes.</i>	<i>Se simplificaron las instrucciones y se diseñaron ayudas visuales.</i>
<i>Sesión 2: Validación en comunidad</i>	<i>Dificultad para organizar y priorizar temas en las reuniones.</i>	<i>Se incorporó una metodología de categorización para facilitar la discusión.</i>
<i>Sesión 3: Implementación piloto</i>	<i>Baja participación de ciertos actores en la toma de decisiones.</i>	<i>Se diseñaron dinámicas para fomentar la inclusión de todas las voces en el debate.</i>

Una prueba cuasi-experimental

En este estudio se empleó un instrumento diseñado para evaluar y comparar la efectividad de dos reuniones en términos de claridad de la visión, concreción de acuerdos, gestión del proceso, definición de roles y gestión del tiempo. Se adoptó un enfoque cuasi-experimental, mediante análisis cualitativo y cuantitativo de dos reuniones de comité. La unidad de observación fue una hora de duración de cada reunión. Los datos se recopilieron mediante la observación directa y la medición de métricas específicas, como la frecuencia de menciones a la visión estratégica, número de acuerdos alcanzados, cambios de tema, tiempo promedio dedicado por tema y claridad en la asignación de roles. Para el procesamiento de los datos, se utilizó la herramienta ATLAS.ti, que permitió organizar, codificar y examinar las transcripciones de las reuniones. Este estudio fue complementado con el apoyo de la inteligencia artificial GPT, que facilitó la interpretación de los datos y la identificación de patrones relevantes. Las sesiones fueron grabadas y transcritas para su posterior revisión. La evaluación se basó en modelos teóricos de gestión de espacios de trabajo y dinámica de equipos (Senge, 1990; Edmondson, 2002; Rogelberg *et al.*, 2006; Belbin, 1993), con el objetivo de identificar mejoras y desafíos persistentes en la gestión de los encuentros, enfocándose en fortalecer los aspectos anteriormente mencionados.

Observando al grupo de control

En la primera modalidad de la reunión, cinco integrantes del comité evaluaron aspectos sobre la visión, los acuerdos, la gestión del proceso, los roles y la gestión del tiempo. Aunque en la reunión se resolvieron los



principales objetivos propuestos, surgieron varios problemas, como la falta de una visión unificada, lo que resultó en discusiones dispersas sin un enfoque estratégico. Solo el 15 % del tiempo se dedicó a temas relacionados con la visión, mientras que, de los cinco acuerdos alcanzados, solo el 40 % incluyó una asignación clara de responsabilidades, lo que refleja una falta de concreción y entendimiento en la toma de decisiones (Rogelberg, *et al.*, 2006; Bogan, 1994; Edmondson, 2002; Senge, 1990).

La gestión del proceso fue informal y desorganizada, con frecuentes cambios de tema y una ausencia de estructura que dificultaron la toma de decisiones eficaces. El 50 % del tiempo se dedicó a temas no planificados, y el 70 % de la pérdida del foco temático no culminó en resoluciones claras. Además, los roles de los participantes no estaban bien definidos, lo que provocó confusión y una distribución ineficiente del trabajo. La gestión del tiempo también fue ineficaz, con un promedio de 3.6 minutos dedicados por tema, lo que resultó insuficiente para abordar de manera adecuada asuntos complejos (Belbin, 1993; Parkinson, 1957).

Observando al grupo experimental

La exploración de la reunión apoyada por la Mochila Paisana, acompañada de una capacitación previa al moderador y la distribución anticipada de las herramientas, mostró mejoras en varios aspectos centrales. La claridad de la visión fue destacada, con una dedicación del 25 % del tiempo a temas estratégicos. No obstante algunos participantes aún tuvieron dificultades para diferenciar entre visión y principios, indicando la necesidad de simplificar las instrucciones (Senge, 1990). En cuanto a los acuerdos, el 65 % incluyó responsabilidades claras, aunque la abundancia de opciones provocó cierta sobrecarga cognitiva (Iyengar, 2000).

La gestión del proceso se benefició de la estructura de la Mochila Paisana, dado que redujo cambios de tema no resueltos y mantuvo el enfoque en tareas prioritarias. Sin embargo la prominencia del tablero desvió la atención de otras actividades, lo que sugiere un desbalance en el diseño (Norman, 1999). La definición de roles mejoró, con un 40 % de menciones específicas, pero la gestión del tiempo, aunque mejorada, aún necesita ajustes para evitar discusiones superficiales, en concordancia con Parkinson (1957).



Contrastando los casos de uso

Se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de las dos reuniones para observar los cambios en la claridad de la visión, la concreción de los acuerdos, la estructura del proceso, la definición de roles y la gestión del tiempo. El objetivo fue identificar mejoras entre la primera y la segunda sesión, así como los desafíos que persisten en cada uno de estos aspectos, ver Tabla 2.

Tabla 2

Comparación de indicadores clave en reuniones con y sin la Mochila Paisana

Indicador	Reuniones sin la Mochila	Reuniones con la Mochila	Mejora (%)
Claridad en la visión del grupo	15 % del tiempo dedicado a temas estratégicos.	25 % del tiempo dedicado a temas estratégicos.	0,1
Concreción de acuerdos	40 % de los acuerdos con responsabilidades claras.	65 % de los acuerdos con responsabilidades claras.	0,25
Gestión del proceso	12 cambios de tema, 50 % sin resolución.	8 cambios de tema, 75 % concluidos de manera clara.	Mejora estructura y enfoque.
Definición de roles	30 % de menciones específicas de roles.	40 % de menciones específicas de roles.	0,1
Gestión eficiente del tiempo	Promedio de 3.6 minutos por tema.	Promedio de 5 minutos por tema.	1.4 min más por tema.

Visión. En la segunda reunión se evidenció una ligera mejora en la atención a la visión estratégica. Aunque en ambas sesiones la visión no estuvo claramente definida, la segunda presentó un incremento en la frecuencia de menciones a temas estratégicos. Este cambio se refleja en un aumento del 10 % del tiempo total dedicado a estos temas, pasando de 15 % en la primera reunión a 25 % en la segunda. Sin embargo, la falta de cohesión estratégica sigue siendo un problema, lo que indica que se necesitarán más iteraciones para lograr una visión unificada y efectiva (Senge, 1990).

Acuerdos. En cuanto a los acuerdos, en la segunda reunión se apreció un progreso modesto en la concreción y asignación de responsabilidades.



El porcentaje de acuerdos con responsabilidades claramente asignadas aumentó del 40 % en la primera al 65 % en la segunda. No obstante, la primera reunión, aunque tuvo menos acuerdos, demostró un nivel relativamente fuerte de claridad en la asignación de responsabilidades, comparable al de la segunda. Este resultado indica que los acuerdos en ambas reuniones enfrentaron desafíos similares en términos de concreción, lo que sugiere una necesidad continua de mejorar la claridad y el seguimiento en la implementación de decisiones (Edmondson, 2002).

Gestión del proceso. La gestión del proceso también reveló mejoras en la segunda reunión, con una reducción en la frecuencia de cambios de tema sin resolución clara. En el primer encuentro se registraron doce cambios de tema, de los cuales el 50 % no culminaron en una resolución. En la segunda reunión, el número de cambios de tema se redujo a 8, con un 75 % de estos concluidos de manera clara. Esta reducción en la frecuencia de interrupciones indicó un inicio de mejoría en la estructura de la reunión, aunque el proceso sigue siendo desorganizado. La falta de una agenda estructurada continúa afectando la efectividad general, lo que subraya la necesidad de establecer una moderación más efectiva y evitar la dispersión de los temas (Rogelberg, *et al.*, 2006).

Roles. La clarificación de roles fue otro aspecto que mostró signos positivos. En la segunda reunión, las menciones a roles específicos aumentaron del 30 % al 40 %, lo que reflejó un esfuerzo inicial por definir mejor las responsabilidades dentro del equipo. Sin embargo, los roles aún no están claramente definidos, lo que genera confusión en la asignación de tareas. Este es un aspecto crítico que requerirá más atención en futuras reuniones para asegurar una distribución eficaz del trabajo. La falta de solidez en los roles puede continuar impactando de forma negativa la ejecución de tareas y la responsabilidad dentro del equipo si no se abordan estas deficiencias de manera oportuna (Belbin, 1993).

Gestión del tiempo. El tiempo promedio dedicado a cada tema aumentó en la segunda reunión, lo que permitió discusiones un poco más profundas sobre los asuntos importantes. En la primera reunión En la primera reunión, el tiempo promedio por tema fue de 3.6 minutos el tiempo promedio por tema fue de 3.6 minutos, mientras que en la segunda aumentó a 5 minutos. Al considerar un valor máximo de referencia basado en la duración total de la sesión (1 hora) y el número de componentes clave (temas principales, presentación, definición de dinámicas y cierre), el tiempo ideal por componente sería de 7.5 minutos. Comparando estos



tiempos con el ideal, se observa que en la primera reunión, el tiempo promedio por tema representó solo el 48 % del tiempo idóneo, mientras que en el segundo encuentro aumentó al 67 %. Sin embargo, a pesar de esta mejora, la gestión del tiempo sigue siendo un desafío, ya que muchos temas se trataron de manera superficial y sin la reflexión necesaria. Este incremento en el tiempo promedio por tema no fue suficiente para lograr discusiones más compactas en todos los casos, lo que indica que se requerirán más iteraciones que enfoquen de manera más decidida en la priorización de temas críticos para alcanzar un uso óptimo del tiempo disponible (Parkinson, 1957).

Algunas reflexiones del testeo

Durante estas evaluaciones, se identificó la necesidad de introducir una dinámica interna en el uso de la mochila que facilite la adherencia a la metodología propuesta. Específicamente, se sugiere la implementación de un espacio de revisión a mitad de la reunión, que consienta reflexionar sobre cómo se está desarrollando en relación con los objetivos y herramientas de la Mochila Paisana y así asegurar que las prácticas de gobernanza se mantengan alineadas con los principios de participación y transparencia (Rogelberg *et al.*, 2006; Chen *et al.*, 2020). Además, se presentaron observaciones particulares que indican la necesidad de mejorar el componente flexible de la mochila, lo que permitiría una mayor personalización para cada JAC. Esta flexibilidad es crucial para garantizar que los elementos sean adecuados y efectivos en los diversos contextos específicos en los que operan las diferentes JAC, adaptando el proceso en tiempo real según las necesidades identificadas (Edmondson, 2002).

Conclusiones

Este estudio demuestra que en las Juntas de Acción Comunal (JAC) de contextos rurales, las dinámicas de participación y gobernanza requieren un enfoque de diseño que sea altamente contextualizado y adaptable. Por medio de la fase *escuchar*, se identificó que las herramientas como la Mochila Paisana deben ser flexibles para responder a las especificidades culturales y operativas de cada JAC. Este acercamiento fue posible gracias a la integración del equipo de investigación en diseño en un proyecto pre-existente con una base sólida de confianza en la comunidad. Además, la inclusión de profesionales con un enfoque socioecológico dentro del equipo



fue crucial para facilitar los procesos etnográficos, lo que fortaleció una conexión más efectiva con los casos de estudio específicos del territorio.

Durante la fase *crear*, la cocreación no solo facilitó la traducción de conceptos abstractos en prototipos tangibles, sino que, al pasar de un diseño colaborativo a un diseño orientado a la participación, se redefinió el proceso metodológico. Este enfoque fue enriquecido por la integración de estrategias etnográficas provenientes de diversas disciplinas, lo que permitió abordar las «dinámicas internas» de manera innovadora. En particular, la introducción de espacios de revisión durante las reuniones emergió como un componente clave, puesto que mejoró la adherencia a la metodología y permitió ajustes en tiempo real, alineando el proceso con los principios de transparencia. Esta capacidad de adaptación es crucial, ya que aborda directamente la pérdida de seguimiento observada durante las reuniones, planteando la hipótesis de que un breve espacio intermedio para la autorreflexión podría fortalecer la implementación de las buenas prácticas propuestas por la Mochila Paisana.

En la fase *entregar*, se subrayó que la flexibilidad y personalización del diseño son tan esenciales como la funcionalidad de las herramientas mismas. Las retroalimentaciones específicas recibidas durante cada ejercicio de comprobación destacaron la necesidad de que la Mochila Paisana permita una personalización sustancial, al punto de que cada JAC pueda adaptar el tool kit según sus necesidades y dinámicas particulares. Este hallazgo sugiere que el éxito de las intervenciones de diseño participativo en contextos rurales no reside únicamente en la calidad técnica de las soluciones objetuales, sino en su capacidad para evolucionar con las particularidades culturales, sociales y operativas de las comunidades.

Además, esta investigación abre nuevas perspectivas sobre los roles potenciales de la disciplina del diseño en contextos políticos rurales, un área que ha sido poco explorada en estudios anteriores. Si bien los *toolkits* han sido ampliamente investigados, en este estudio se cuestiona y expande su aplicabilidad, especialmente en la gobernanza rural. No obstante, las limitaciones relacionadas con el acceso a las comunidades, la periodicidad de las juntas y las características inherentes del trabajo rural presentaron desafíos que deberán ser abordados en futuras investigaciones para maximizar la efectividad y sostenibilidad de estas intervenciones.

Finalmente, en este proyecto, la noción de repensar el diseño se ha explorado como una estrategia para abordar los espacios de participación comunitaria en las JAC en Colombia. Siguiendo la propuesta de Escobar



(2019), que promueve un diseño orientado a la reconfiguración de relaciones y formas de vida en lugar de la mera creación de objetos, se ha desarrollado un enfoque que trasciende las prácticas tradicionales. Esto ha permitido la creación de instrumentos que facilitan una participación comunitaria más flexible y significativa, capaz de adaptarse a las dinámicas cambiantes del territorio. Estas exploraciones se enmarcan en un esfuerzo por construir una disciplina que explore innovaciones socioecológicas en contextos en los que, históricamente, en Colombia solo se lo han permitido otras disciplinas dado su carácter complejo y abstracto.

Referencias bibliográficas

- Ángel-Bravo, R., Ascuntar Rivera, M. (2023). El tamal y otros envueltos, desde la perspectiva utilitaria y cultural, para un diseño sostenible. En C. Lopera (comp). *Miradas multidisciplinares del diseño sostenible* (p. 23). Fondo Editorial Institución Universitaria Pascual Bravo. <https://repositorio.pascualbravo.edu.co/bitstream/pascualbravo/2065/1/miradas-multidisciplinares-del-dise-no-sostenible.pdf>
- Arango, M., Vélez, S. (2023). Diseño endógeno y sostenibilidad del patrimonio cultural: Por un quehacer del diseño situado en los saberes artesanales locales. En C. Lopera (comp). *Sostenibilidad, cultura y sociedad* (p. 123). Fondo Editorial Institución Universitaria Pascual Bravo.
- Ashby, M. F., Johnson, K. (2013). *Materials and design: The art and science of material selection in product design*. Butterworth-Heinemann.
- Banco de la República. (s.f.). *Maleta didáctica: Ventana a la colección de arte*. Banco de la República. <https://www.banrepcultural.org/servicios/maleta-didactica-ventana-la-coleccion-de-arte>
- Belbin, M. (1993). *Team roles at work*. Butterworth-Heinemann.
- Bhatnagar, T., & Badke-Schaub, P. (2017). Design thinking and creative problem solving for undergraduate engineering education in India: The need and relevance. En *Research into Design for Communities, Volume 2: Proceedings of ICoRD 2017* (pp. 953–967). Springer Singapore.
- Bødker, S., & Grønþæk, K. (1991). Cooperative Prototyping: Users and Designers in Mutual Activity. *International Journal of Man-Machine Studies*, 34(3), 453–478.
- Camburn, B., Viswanathan, V., Linsey, J., Anderson, D., Jensen, D., Crawford, R., ... & Wood, K. (2017). Design prototyping methods: State of the art in strategies, techniques, and guidelines. *Design Science*, 3, e13.
- Castro, L. D., Guerrero, F., Tobón, G. J., & Nina-Baltazar, E. A. (2021). Juntas de Acción Comunal y gobernanza rural: Retos para la participación y organización comunitaria en seis territorios de Nariño, Colombia.



- Céspedes, C. (2012). *Análisis económico y ambiental de los sistemas de producción en la microcuenca Las Cruces en el municipio de San Vicente de Chucurí* (Tesis de maestría). Universidad Industrial de Santander.
- Chen, E., Leos, C., Kowitt, S. D., & Moracco, K. E. (2020). Enhancing community-based participatory research through human-centered design strategies. *Health Promotion Practice*, 21(1), 37–48.
- Congreso de Colombia. (2021). *Ley 2166 de 2021, por la cual se dictan disposiciones en materia de organización, funcionamiento y acciones comunales*. Diario Oficial No. 51.902. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=176827>
- Edmondson, A. C. (2002). Managing the risk of learning: Psychological safety in work teams. En *The Handbook of Group Research and Practice* (pp. 255–275). Sage Publications.
- Escobar, A. (2019). *Autonomía y diseño: La realización de lo comunal*. Editorial Universidad del Cauca.
- Folke, C., Hahn, T., Olsson, P., & Norberg, J. (2005). Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 30, 441–473. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144511>
- Games4Sustainability. (n.d.). Gamepedia. Games4Sustainability. <https://games-4sustainability.org/gamepedia/>
- Garcés, E., Grimaldos, K., & Luna M, L. (2017). *Capacidad de resiliencia socio-ecológica del paisaje de la microcuenca Las Cruces de San Vicente de Chucurí* (Tesis de maestría). Universidad Industrial de Santander. <https://noesis.uis.edu.co/items/af9adc34-7075-4239-a656-38243aa57095>.
- IDEO.org. (n.d.). *Design kit: The human-centered design toolkit*. <https://www.designkit.org/>
- Iyengar, S., & Lepper, M. (2000). When choice is demotivating: Can one desire too much of a good thing? *Journal of Personality and Social Psychology*, 79(6), 995–1006.
- Jaune Sardine. (n.d.). Aménager l'alpin: Mallette pédagogique. Jaune Sardine. <https://www.jaune-sardine.fr/project/amenager-lalpin/>
- Karpouzoglou, T., Dewulf, A., & Clark, J. (2016). Advancing adaptive governance of social-ecological systems through theoretical multiplicity. *Environmental Science & Policy*, 57, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.11.011>
- Lopera, C. (2022). Prólogo. En López (comp.). *Diseño sostenible: Creación, materialidad y experiencia* (p. 6). Fondo Editorial Pascual Bravo. <https://repositorio.pascualbravo.edu.co/handle/pascualbravo/2001>
- Marome, W., Pholcharoen, T., & Wongpeng, N. (2017). Developing and using a board game as a tool for urban and social resilience and flood management planning in the Bangkok Metropolitan Region. *Urbanisation*, 2(1), 28–37.



- MethodKit. (s.f.). *Facilitator's guide*. MethodKit. <https://methodkit.com/facilitators-guide/>
- Ministerio del Interior. (2019). *Fortalecimiento de las organizaciones de acción comunal en los territorios con actividad de exploración y producción de hidrocarburos*. Ministerio del Interior. Recuperado de [https://comunal.mininterior.gov.co/documentos/Bot%C3%B3n%20Oferta%20Institucional/Cartilla%20OAC%20\(1\)\(1\)%20\(1\).pdf](https://comunal.mininterior.gov.co/documentos/Bot%C3%B3n%20Oferta%20Institucional/Cartilla%20OAC%20(1)(1)%20(1).pdf).
- Moreno, G. (2018). Historia de la Acción Comunal y perspectivas en el pos-conflicto. *Revista Cambios y Permanencias*, 9(2), 597-810.
- Norman, D. (1999). Affordance, conventions, and design. *Interactions*, 6(3), 38-43.
- Parkinson, C. (1957). *Parkinson's law: The pursuit of progress*. John Murray.
- Pasoeco. (2023). *Resultados de entrevistas y análisis del Grupo de Estudios en Paisajes Socio-Ecológicos sobre la gobernanza en la microcuenca de Las Cruces*. Universidad Industrial de Santander.
- Philips. (s.f.). *Co-creator lab: Tools*. Philips. <https://www.philips.com/a-w/cocreatorlab/tools.cs>
- Rogers, E. (2003). *Diffusion of Innovations* (5th ed.). Free Press.
- Rogelberg, S., Leach, D., Warr, P., & Burnfield, J. (2006). "Not another meeting!" Are meeting time demands related to employee well-being? *Journal of Applied Psychology*, 91(1), 83–96. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.91.1.83>
- Sánchez, M. (2014). Gestión y participación ciudadana: caso juntas de acción comunal. *Equidad y Desarrollo*, 1(21), 125-143. <https://doi.org/10.19052/ed.2517>
- Senge, P. (1990). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*. Doubleday.
- Vezzoli, C., Kohtala, C., Srinivasan, A., Diehl, J. C., Fusakul, S. M., Xin, L., & Sateesh, D. (2017). Product-service system design for sustainability. In *Product-Service System Design for Sustainability* (pp. 49-86). Routledge.

Reseña. Este libro surge como resultado de un esfuerzo colectivo por consolidar una mirada crítica y propositiva del diseño en clave de sostenibilidad. Esta publicación se enmarca en la línea de investigación Diseño Sostenible del Grupo de Investigación Ícono y hace parte de la colección Investigación del Fondo Editorial Pascual Bravo. La obra reúne tres capítulos que representan apuestas investigativas diversas, todas ellas articuladas por un hilo conductor común: la necesidad de repensar el papel del diseño en las transformaciones sociales, ambientales y tecnológicas desde la noción integradora del concepto «renacer».

www.pascualbravo.edu.co

 **IUPascualBravo**

VIGILADA Mineducación

Acreditados en Alta Calidad.
Resolución 012512 del MEN.
29 de junio de 2022 - 6 años.

Teléfono: (+57) 604 448 05 20
Calle 73 # 73a - 226 Robledo,
Vía El Volador



Alcaldía de Medellín
Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación