

SketchIN

Revista de Arquitectura y Diseño

13

ISSN: 2954-5145



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA

JULIO-DICIEMBRE 2025

VOLUMEN 7, NÚMERO 13

DIRECTORIO

Dra. Silvia Lorena Amaya Llano

RECTORA

Dra. Oliva Solís Hernández

SECRETARIA ACADÉMICA

Dr. Manuel Toledano Ayala

SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN,
INNOVACIÓN Y POSGRADO

Lic. Diana Rodríguez Sánchez

DIRECTORA DEL FONDO EDITORIAL UNIVERSITARIO

Lic. Ivonne Álvarez Aguillón

COORDINADORA DE PUBLICACIONES PERIÓDICAS

Dra. María de la Luz Pérez Rea

DIRECTORA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Dr. Juan Carlos Jáuregui Correa

JEFE DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Lic. Cristian Emanuel Tovar Navarro

COORDINADOR DEL DESPACHO DE PUBLICACIONES
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

SketchIN, Vol. 7, Núm. 13, julio-diciembre 2025, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas, s/n, Col. Las Campanas, C.P. 76010, Querétaro, Qro., Tel. (442) 1921200 ext. 6023, <http://revistas.uaq.mx/index.php/sketchin>, sketchin@uaq.mx. Editores responsables: Avatar Flores Gutiérrez y Jorge Arturo García Pitol. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2021-090215255600-102, ISSN: 2954-5145, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número: Jorge Arturo García Pitol, Cerro de las Campanas, s/n, Col. Las Campanas, C.P. 76010, Querétaro, Qro. Fecha de última modificación: 31 de julio de 2025.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial del contenido, siempre y cuando se atribuya la fuente y se proporcione un enlace al original. Esta obra está bajo Licencia Creative Commons: Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).



Esta revista está actualmente registrada en el Directorio de Latindex.





COMITÉ EDITORIAL

Mtro. Jorge Arturo García Pitol

Universidad Autónoma de Querétaro, México

DIRECTOR

Dr. Avatar Flores Gutiérrez

Universidad Autónoma de Querétaro, México

EDITOR RESPONSABLE

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Manuel Toledano Ayala

Universidad Autónoma de Querétaro, México

Dr. Luis Fernando Maldonado Azpeitia

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

Dra. Magdalena Mendoza Sánchez

Universidad Autónoma de Querétaro, México

Mtra. Lorena Suárez Álvarez

Universidad Autónoma de Querétaro, México

Dra. Alejandra Nivón Pellón

Universidad Autónoma de Querétaro, México

Mtro. Guillermo López Domínguez

Universidad Autónoma de Querétaro, México

Dr. Miguel Ángel Montiel Arroyo

Universidad Tecnológica de Auckland, Nueva Zelanda

Mtra. Anelisse Yerett Oliveri Rivera

Universidad Autónoma de Querétaro, México

EQUIPO EDITORIAL

Lic. Mariana Cano León

Universidad Autónoma de Querétaro, México

DISEÑO EDITORIAL Y PORTADA

Ing. Soid Ruiz Ramírez

Universidad Autónoma de Querétaro, México

Andrea Cristina Garza Sandoval

Universidad Autónoma de Querétaro, México

CORRECCIÓN DE ESTILO



CONTENIDO

ARTÍCULOS

1. Captación y abastecimiento sustentable de fuentes naturales de agua en hidroponía vertical 6

id Abraham Galileo Álvarez Mena

id Luis Fernando Maldonado Azpeitia

2. Diseño de prototipo de interfaz prestador de servicios-cliente para el seguimiento de servicios 21

id Karen Paola Ramírez López

id Anelisse Yerett Oliveri Rivera

3. Influencia de la mentoría en el desempeño de proyectos universitarios aplicado al proceso conceptual en diseño industrial 34

id Fernando Rodarte Castro

id Jorge Javier Cruz Florín

4. Mentoría digital en diseño industrial: facilitando la ergonomía a través de herramientas digitales y experiencias de usuario 52

id Matías Enrique Peraza Reyes

id Jorge Javier Cruz Florín

5. Eficiencia energética en viviendas urbanas: hacia la sostenibilidad de la alcaldía Benito Juárez, CDMX 64

id Dulce María Vázquez Hernández

id Daniel Alejandro Olvera Sule

Captación y abastecimiento sustentable de fuentes naturales de agua en hidroponía vertical

Sustainable collection of natural water sources for vertical hydroponic systems

 Abraham Galileo Álvarez Mena*
 Luis Fernando Maldonado Azpeitia

Universidad Autónoma de Querétaro,
Querétaro, México

*aalvarez110@alumnos.uaq.mx

El presente texto tuvo como origen el trabajo de tesis Sistema de captación y abastecimiento de fuentes naturales de agua en invernadero hidropónico en Amealco de Bonfil, Querétaro (Álvarez Mena, 2025), de la Maestría en Diseño e Innovación en la Universidad Autónoma de Querétaro.

01

¿CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO?

Álvarez Mena, A. G. y Maldonado Azpeitia, L. F. (2025). Captación y abastecimiento sustentable de fuentes naturales de agua en hidroponía vertical. *SketchIN*, 7(13), 6-20.

Resumen

El cambio climático y el uso desmedido del agua han impactado negativamente en la producción mundial de alimentos que se cultivan en invernaderos. Además, se pondera que la agricultura consume el 72 % del agua dulce disponible a nivel global. El presente estudio analiza la producción agrícola de El Capulín, en el municipio de Amealco de Bonfil, Querétaro, que ha descendido hasta un 30 %, con repercusiones tanto en el comercio como en el consumo local. Ante esta situación, los sistemas de bordos y pozos de la comunidad han funcionado como la única medida para la captación y abastecimiento hídrico para los cultivos. Con el fin de ahorrar la mayor cantidad posible de este recurso esencial, se emplea el método de irrigación por goteo; sin embargo,

esta solución es insuficiente dada la carencia de infraestructura y mantenimiento en el sistema de riego. Debido a tales limitaciones, se concibió un sistema doble de captación y abastecimiento sostenible orientado a fuentes naturales como la lluvia y la niebla. Tal sistema habilita el almacenamiento y la irrigación de cultivos mediante la absorción en un modelo hidropónico vertical. A partir de la combinación de estas tecnologías y bajo las condiciones climáticas favorables, fue posible recolectar 35 litros de agua. Se concluye que la combinación entre el sistema propuesto y los factores climáticos de la localidad acarrearía aportes significativos al abastecimiento hídrico para la hidroponía vertical.

Palabras clave: almacenamiento, captación de niebla, captación pluvial, hidroponía, invernadero, riego.

Abstract

Climate change and the wasteful utilization of water have negatively impacted global production of greenhouse-grown crops. It is calculated that agriculture requires 72% of the world's accessible freshwater. This research focuses on the community of El Capulín, located in the municipality of Amealco de Bonfil, Queretaro, where harvests have decreased by up to 30%, affecting both commerce and local consumption. In the face of this situation, the community's system of dams and wells has represented the only means of water capture and supply for crops. In order to optimize this vital element's reserves, drip irrigation is utilized; nevertheless, this solution is

insufficient due to an absence of infrastructure and maintenance in the irrigation system. As a countermeasure, a dual sustainable water capture and supply system was proposed, based on natural sources, such as rain and fog. This system enables water storage and crop irrigation by means of absorption in a vertical hydroponic arrangement. Due to the conjunction of these technologies and the favorable climatic conditions, it was possible to collect 35 liters of water. In conclusion, the synergy between the water capture system and the community's climatic conditions positively contributed to the water recollection for vertical hydroponics.

Keywords: storage, fog harvesting, rainwater harvesting, hydroponics, greenhouse, irrigation.

Introducción

El agua es el elemento angular para la vida, ya que constituye aproximadamente un 70 % del cuerpo humano y también cubre el 70 % de la superficie terrestre. Aun así, solo un 0.025 % del recurso disponible es apta para el consumo humano. Del total global, el 96.5 % es de origen marino y por tanto salada, mientras que solo un 3.5 % es dulce. De esta última, el 2.45 % se encuentra congelada en glaciares, el 1.05 % está almacenada en acuíferos, el 0.035 % circula en cuencas, arroyos y ríos, lo que deja apenas un 0.025 % de agua potable (Iagua, 2018).

Hoy en día este recurso vital enfrenta una escasez sin precedentes, provocada por una caterva de factores como el calentamiento global, la creciente demanda derivada del aumento poblacional y el uso intensivo de tierras para la agricultura. Esta actividad equivale al 72 % del consumo hídrico a nivel mundial, y se proyecta que las extracciones destinadas al riego incrementen un 5.5 % para el año 2050. Por otra parte, el sector industrial consume el 24 % disponible globalmente, y se estima que esta cifra crecerá para 2025.

México no es la excepción: el estado de Querétaro enfrenta una situación crítica, con más de diez municipios en alerta por escasez hídrica extrema (CONAGUA, 2024). Entre ellos se encuentra Amealco de Bonfil, específicamente la comunidad de El Capulín. En tal municipio se destina el 70 % de la superficie a actividades agrícolas y hortícolas; el 18 % corresponde a pastizales, el 10 % a zonas boscosas, y el resto es conformado por cuerpos de agua (bordos). Lo anterior hace alusión a la relevancia del abastecimiento de agua para el desarrollo agrícola de la región. La presente investigación se realizó en la localidad de El Capulín, ubicada a 12.9 kilómetros al sureste del municipio de Amealco. Ahí se desarrolló un sistema de captación de agua enfocado al riego de invernaderos de autoconsumo comunitario (Figura 1).

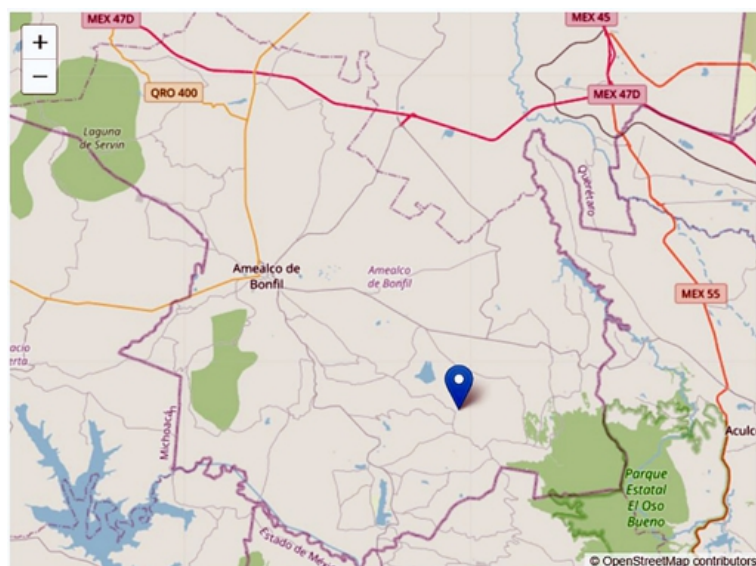


FIGURA 1.
Mapa de la localidad
de El Capulín en
Amealco de Bonfil.
Fuente: Pueblos
América (2024).

La comunidad de El Capulín posee un método de recuperación pluvial conocido como “sistema de bordos”. Estos almacenamientos utilizan geomembranas que evitan la filtración; sin embargo, su costo es elevado, por lo que solo una parte de la población tiene los fondos para su implementación. Además, su capacidad resulta insuficiente para abastecer los invernaderos de autoconsumo, puesto que el riego se prioriza en cultivos a cielo abierto, como el maíz y la avena, lo que deja recursos limitados para estas estructuras.

La metodología implementada fue DCP (por sus siglas, Diseño Centrado en las Personas), un enfoque por etapas enfocado en el usuario. La primera comprende la observación de campo, la experiencia de la comunidad objetivo y la revisión de literatura especializada. En segundo lugar, durante la etapa creativa se desarrollan soluciones de diseño orientadas a resolver el problema identificado por el beneficiario. Finalmente, se fabrica, entrega y valida un prototipo funcional, que responda a sus expectativas y necesidades, considerando los ajustes realizados y el monitoreo previo a su puesta en marcha.

Antecedentes

En la Figura 2 se muestran las condiciones climáticas aptas para la producción agrícola; en 2021 la presa superó el 100 % de su capacidad máxima, lo que permitió el riego de diversos cultivos como el maíz, avena, entre otros.



FIGURA 2.
Presa de El Capulín
en Amealco de Bonfil,
Querétaro en 2021.

Fuente:
elaboración propia.

La Figura 3 evidencia la escasez de agua en la presa de El Capulín en tan solo un año. Ante esta mengua, el terreno fue destinado al cultivo de maíz, el cual se vería afectado posteriormente por una sequía clasificada como categoría D3, según la CONAGUA (CONAGUA, 2024). A partir de esta premisa, el Monitor de Sequía de EE.UU. (USDM) atribuye los niveles D1 (sequía moderada), D2 (sequía severa), D3 (sequía

extrema) y D4 (sequía excepcional). En otras palabras, las áreas etiquetadas D3 experimentan situaciones críticas de escasez hídrica y desecación en contraste con los peldaños D1 y D2. Por otro lado, la categoría D4 indica condiciones devastadoras, como pérdidas generalizadas de cultivos, alto riesgo de incendios y total escasez de agua en embalses, arroyos y pozos. En el peor de los casos, D4 refleja un panorama alarmante de emergencia hídrica (CONAGUA, 2024). En las Figuras 3 y 4 se observa que el municipio de Amealco de Bonfil pasó de la categoría D3 a D4.

FIGURA 3.
Presa de El Capulín
en Amealco de Bonfil,
Querétaro en 2022.

Fuente:
elaboración propia.



FIGURA 4.
Presa de El Capulín
en Amealco de Bonfil,
Querétaro en 2024.

Fuente:
elaboración propia.



En la Figura 5 se denota el deficiente crecimiento y la pérdida de cultivos, específicamente en la producción de tomate cherry. De igual manera, la producción de maíz se redujo en más del 50 % durante 2022, el año con menor registro de lluvias en la última década. Esta situación apunala la necesidad urgente de soluciones sustentables para el aprovechamiento de fuentes naturales de agua, así como la gestión adecuada del recurso en la región, con el propósito de evitar tierras sin frutos (Ángeles, 2023).

FIGURA 5.
Cultivos de tomate
cherry perdidos por
falta de agua en
invernaderos.

Fuente:
elaboración propia.



Metodología

Diseño centrado en las personas (DCP)

El DCP es una estrategia metodológica dirigida a la concepción de soluciones innovadoras en distintos niveles: productos, servicios, estructuras organizativas y dinámicas de interacción. En virtud de colocar al usuario en el centro del proceso, se exploran sus necesidades, expectativas y comportamientos para garantizar que las propuestas sean deseables. Después, se integran criterios de viabilidad y factibilidad, en aras de refinar las soluciones en sus etapas finales (IDEO, 2015).

El modelo propuesto inicia con la identificación de un reto específico y se despliega en tres fases primordiales: escuchar, crear y entregar. El equipo involucrado parte de observaciones puntuales, para luego traducirlas en síntesis abstractas, y al final retornar a lo concreto mediante el diseño de soluciones específicas. Este encauce permite abordar la resolución sistemática de problemas, garantizando una transición coherente entre la comprensión de las necesidades y la generación de respuestas efectivas (IDEO, 2015).

Escuchar

El equipo se enfoca en la recopilación de historias, experiencias y casos representativos. El proceso comprende tanto la preparación para la investigación como la planificación del trabajo de campo, complementadas con la revisión de literatura especializada. Esta etapa es imprescindible para lograr una comprensión profunda de las necesidades y las circunstancias de las personas involucradas en la problemática (IDEO, 2009).

En un inicio, el proceso de investigación comenzó con un análisis detallado de las necesidades particulares de los ejidatarios de El Capulín, centrado en las bajas de cultivos en invernaderos. Para ello se realizaron entrevistas con el respaldo y colaboración de la comunidad. Asimismo, se les requisó una carta de consentimiento informado con el fin de garantizar su confidencialidad y seguridad, cumpliendo con los términos éticos de la presente. A partir de este punto, se emprendió la búsqueda de soluciones existentes y se definieron los requerimientos centrales para la comunidad de estudio, con el fin de ofrecer una respuesta eficaz al detrimento de la cosecha en invernaderos.

Crear

Las observaciones recopiladas se organizan para construir marcos teóricos, identificar áreas de oportunidad y posibles soluciones y prototipos. En esta etapa, el equipo transita del análisis concreto hacia abstracciones que posibilitan interpretar patrones y generar ideas, para luego recurrir a lo tangible mediante el diseño de soluciones manifiestas (IDEO, 2015). El paso descrito es de vital importancia para transformar los hallazgos en iniciativas viables y prototipos que respondan directamente a las necesidades identificadas (IDEO, 2015).

Con ello dio inicio el proceso creativo abocado en definir el diseño que responderá a las aspiraciones y necesidades de los usuarios. Tomando en cuenta la etapa de Escuchar se desarrolló el diseño del producto final mediante un enfoque conceptual que incluyó ideas y sugerencias tanto del profesorado como del director de tesis. Para este proceso se incorporó el bocetaje análogo, la construcción de modelos tridimensionales en el software Rhino 8, así como la generación de renders y animaciones fotorrealistas utilizando 3DS Max y Corona Render.

Una vez concluida la etapa de creación digital, se procedió a la selección del diseño final, considerando los requerimientos identificados durante la fase de estudio y observación del usuario. Luego, se definieron los materiales y procesos necesarios para la construcción del prototipo, con el fin de implementarlo y evaluarlo en la comunidad. Se incorporó en el análisis el dimensionamiento, la estructuración y la adquisición de componentes comerciales de fácil acceso para el usuario, para asegurar así el mantenimiento futuro del prototipo funcional.

Entregar

Las soluciones propuestas se concretan a través del desarrollo de un modelo financiero basado en ingresos y costos. Asimismo, se realiza una evaluación minuciosa de las capacidades requeridas, acompañada de una planificación modular

para su implementación. Este enfoque estructurado permite organizar las soluciones de manera eficiente al mismo tiempo que garantiza su factibilidad y favorece un lanzamiento exitoso al mercado (IDEO, 2015).

Se llevó a cabo la entrega e instalación del prototipo funcional en El Capulín, con el acompañamiento de uno de los propietarios de los invernaderos. El objetivo fue facilitar la comprensión del armado y operatividad del producto, así como brindar una capacitación simultánea para su uso y mantenimiento.

Resultados

La Tabla 1 muestra una serie de entrevistas correspondientes a la etapa de Escuchar, realizadas a los ejidatarios. A partir del análisis de este material, se identificaron y definieron las necesidades específicas de los usuarios, lo cual dio paso a una investigación exhaustiva a través de la literatura. Este rastreo focalizó las posibles soluciones implementadas en otras regiones del mundo ante intempestivas similares, vinculando diferentes sistemas de captación de agua de lluvia, niebla y viento como estrategia para sortear la escasez hídrica a nivel global.

TABLA 1.
Entrevistas a ejidatarios y dueños de invernaderos. Fuente: elaboración propia.

PROPIETARIO	TIPO DE INVERNADERO	SUPERFICIE DEL INVERNADERO	SISTEMA DE RIEGO	AGUA REQUERIDA	¿CUENTA CON BORDO PROPIO?	¿CÓMO OBTIENE EL AGUA PARA RIEGO?
Usuario 1	Comercial y autoconsumo	1600 m ²	Goteo	5000 l/día	Sí	Bordo y toma municipal
Usuario 2	Autoconsumo	5000 m ²	Goteo	7000 l/día	Sí	Bordo y toma municipal
Usuario 3	Autoconsumo	20 m ²	Acarreo	200 l/día	Sí	Bordo y toma municipal
Usuario 4	Comercial y autoconsumo	1000 m ²	Acarreo	1500 l/día	No	Tinaco de 1500 litros

Se encontraron medios de captación y ahorro del líquido vital, así como métodos de optimización en la gestión hídrica aplicada a la agricultura. La presente se sustentó en fuentes de datos de alta relevancia como la UNAM, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), la Organización de las Naciones Unidas, revistas científicas, empresas con experiencia en sistemas de captación y distintas fundaciones en pro de la conservación del agua a nivel mundial. Entre estas últimas destaca Isla Urbana, ubicada en la Ciudad de México, la cual ha logrado recolectar anualmente hasta 6.6 mil millones de litros (Isla Urbana, 2024).

A partir de la información recabada en los estudios de campo y la revisión de literatura, fueron determinados los requerimientos y necesidades prioritarios para atender la problemática de la comunidad, los cuales se presentan en la Tabla 2.

TABLA 2.
Lista de requerimientos. Fuente: elaboración propia.

LISTA DE REQUERIMIENTOS
Recolectar un 33.3 % de agua (200 l) diarios como mínimo para riego.
Almacenamiento de agua para invernaderos con una superficie de 20-100 m².
Dosificación del riego por día.
Disponibilidad de 80 l de agua almacenada.
Riego de 6.4 l diarios para chile serrano en hidroponía vertical.
Recolección de 73 l de agua al día mínimo para una parcela de pepino (20 m²).

Proceso creativo

La etapa de Crear comenzó con el desarrollo de ideas conceptuales enfocadas en solucionar la condición identificada en la comunidad. Para tal efecto, se elaboraron cuatro bocetos preliminares, los cuales se muestran a continuación:

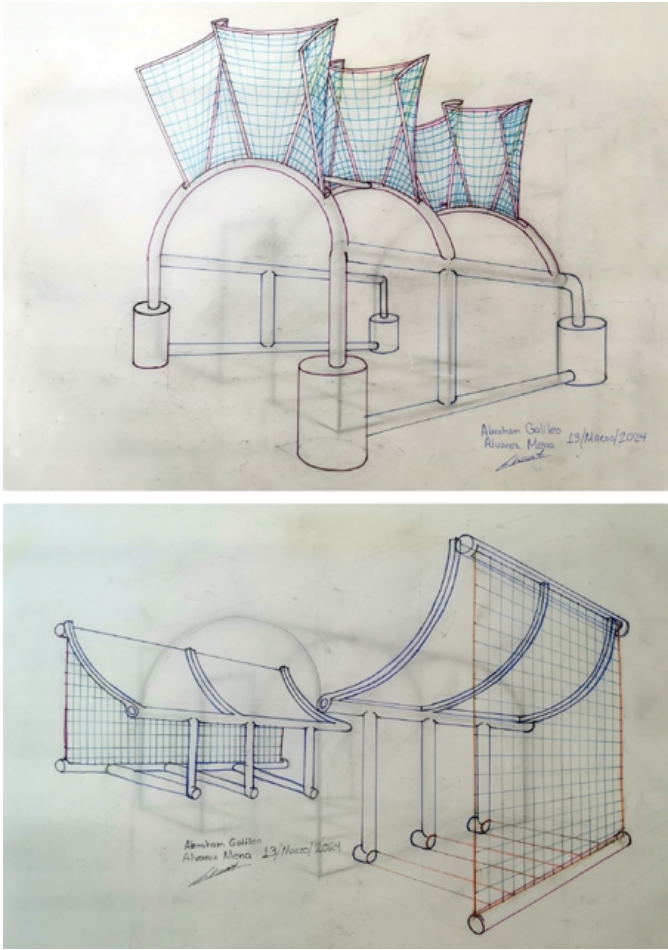
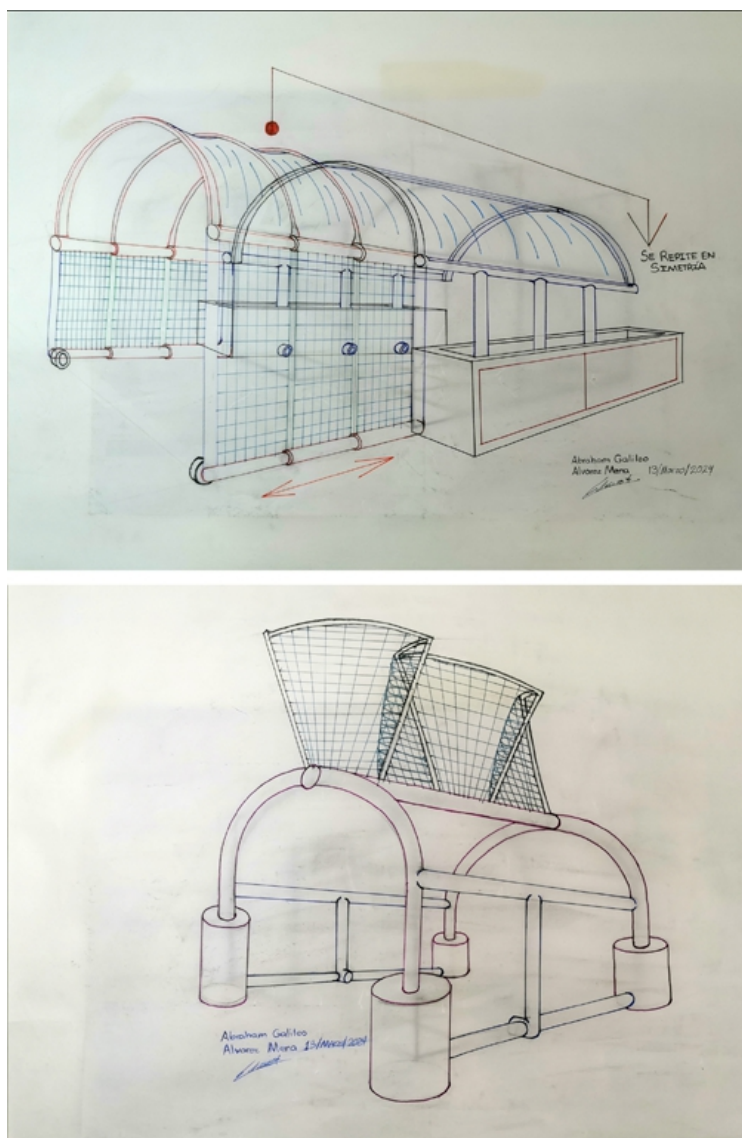


FIGURA 6A.
Bocetaje de las primeras alternativas de diseño.

Fuente:
elaboración propia.

FIGURA 6B.
Bocetaje de las
primeras alterna-
tivas de diseño.

Fuente:
elaboración propia.



Empero, al analizar la composición y la dimensión de cada propuesta, se determinó que ninguna era viable para su construcción, dado que los invernaderos del sitio de estudio carecen de la infraestructura necesaria y la resistencia estructural. En la Figura 7 se presenta un render tridimensional desarrollado en software, el cual incorpora un sistema de hidroponía adaptado al interior del invernadero. En la parte superior se visualiza un rollo de malla Raschel con forma cónica, de 9 metros de largo por 1 metro de alto, con una capacidad de captación de aproximadamente 270 litros (Hidalgo 2021). El sistema hidropónico citado integra un contenedor con capacidad de almacenamiento de hasta 230 litros, diseñado para distribuir el recurso por medio de un sistema de riego por goteo, lo cual permite irrigar los cultivos al interior del invernadero. No obstante, este diseño es impráctico debido al elevado costo de fabricación y mantenimiento. En consecuencia, se procedió a desarrollar nuevas alternativas, igualmente elaboradas en modelos tridimensionales.

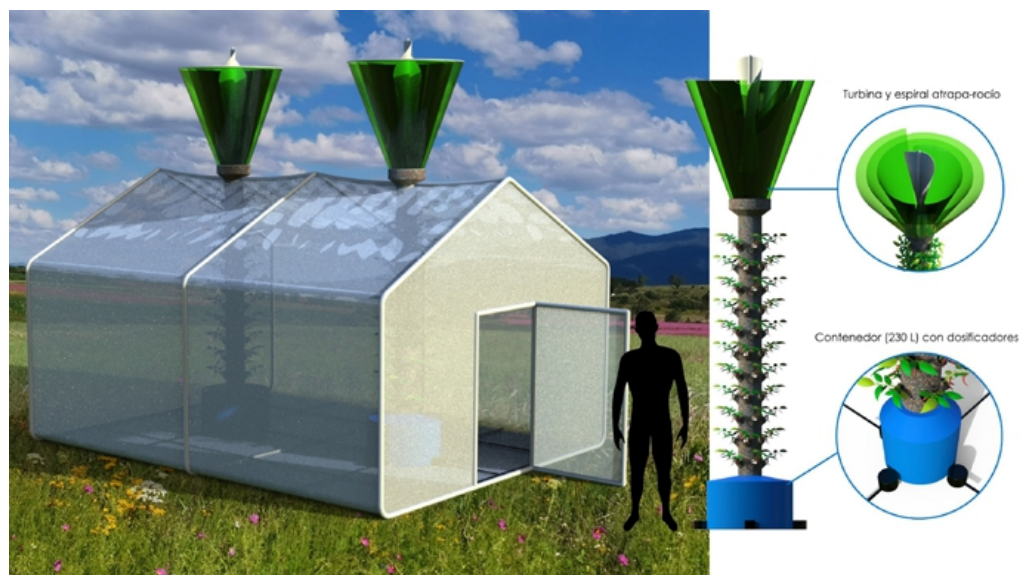


FIGURA 7.
Sistema de
hidroponía dentro
del invernadero.

Fuente:
elaboración propia.

Por otro lado, la Figura 8 muestra cuatro propuestas de diseño para sistemas hidropónicos verticales, los cuales integran tecnologías complementarias capaces de alimentar los cultivos recurriendo a la captación de agua pluvial y de niebla. Estas soluciones toman en cuenta las condiciones climáticas específicas que requiere El Capulín, donde la humedad relativa oscila entre 60 y 80 % durante las temporadas de otoño e invierno (Meteoblue, 2024).

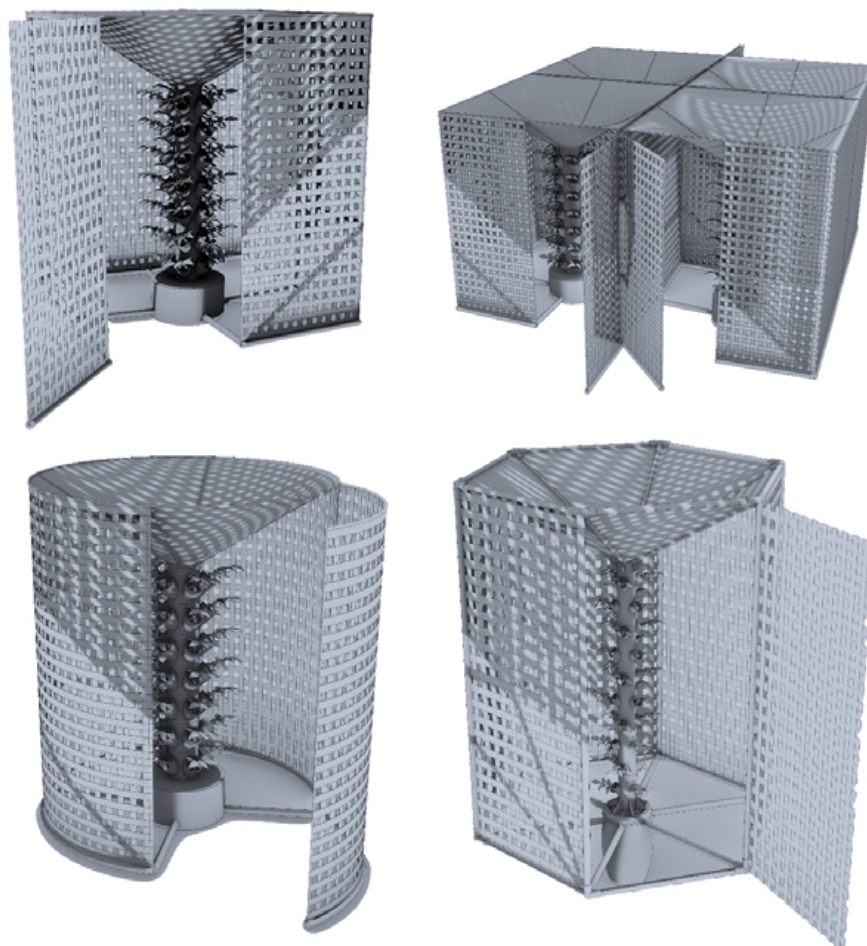


FIGURA 8.
Diseño de hidroponías verticales con ambas tecnologías de captación de agua.

Fuente:
elaboración propia.

Posterior al análisis de los diseños finales, se seleccionó el sistema de captación y abastecimiento de agua para hidroponía vertical con una configuración de seis paneles, ya que responde eficazmente a los requerimientos (Figura 9). Este diseño considera un doble mecanismo de recolección que capta agua de lluvia y de niebla, canalizándola hacia un sistema de hidroponía vertical.

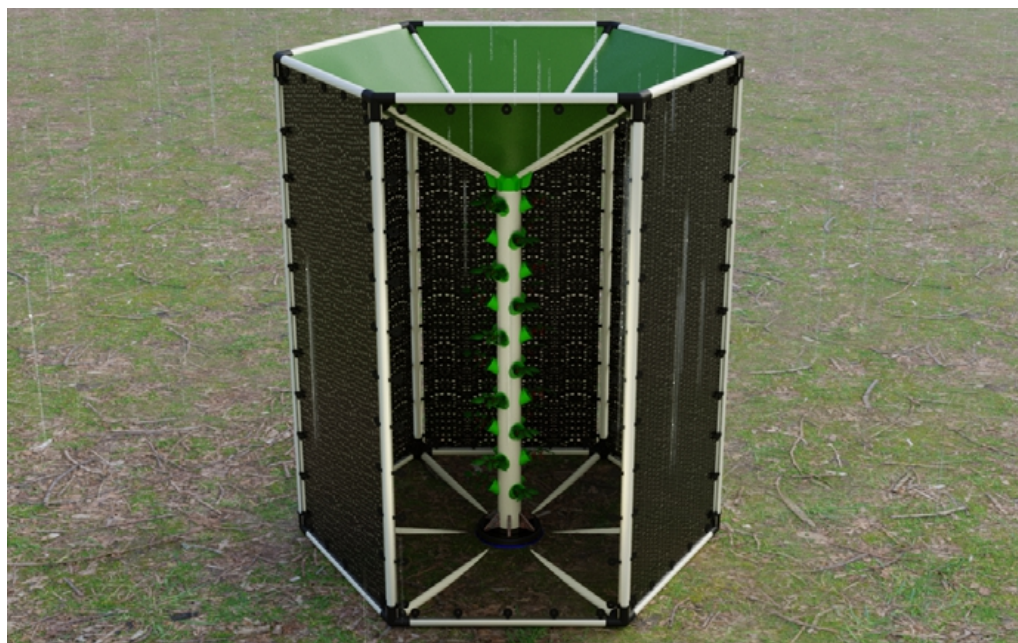


FIGURA 9.

Diseño elegido para cosechar, almacenar y distribuir agua a la hidroponía vertical de 8 paneles.

Fuente: elaboración propia.

El producto se distingue por la integración de materiales accesibles y sostenibles, así como por un diseño estético-funcional inspirado en referentes arquitectónicos emblemáticos, como el techo de paraguas invertido de Félix Candela y el empleo de malla Raschel para la captación de niebla (Minervino, 2012). Para su construcción, se usaron plásticos reciclados, componentes comerciales y piezas de impresión 3D, con el propósito de facilitar su adquisición, instalación y mantenimiento por parte de los usuarios. Entre los elementos seleccionados se listan tubos y conectores de PVC, un contenedor de 35 litros, 6 metros de malla Raschel, plásticos reciclados para soporte estructural, lona plástica para la captación de agua pluvial, broches especializados para fijar la malla, varillas de aluminio de $\frac{1}{4}$ de pulgada y componentes de soporte fabricados en acrílico e impresión 3D.

Más adelante, se presenta la figura que expone el prototipo instalado en el terreno de estudio, donde se comenzaron las pruebas de captación de agua pluvial y de niebla durante el inicio de la temporada de lluvias, comprendida entre agosto y octubre de 2024. A lo largo de este periodo, el sistema logró recolectar el 100 % del agua de lluvia que incidió sobre su superficie. Esto permitió satisfacer en su totalidad la urgencia hídrica del sistema de hidroponía vertical, sin recurrir a fuentes adicionales de abastecimiento.

FIGURA 10.
Instalación del
prototipo funcional
en el lugar de
estudio (2024).

Fuente:
elaboración propia.



La Tabla 3 exhibe los resultados de cinco días consecutivos de captación de agua pluvial y de niebla. El volumen total recolectado fue de 35 litros, correspondiente a la capacidad máxima del contenedor en la temporada de lluvias. A lo largo del periodo la eficiencia del sistema fue constante, aprovechando al máximo los recursos hídricos naturales.

TABLA 3.

Volumen de captación de agua pluvial y de niebla. Fuente: elaboración propia.

VOLUMEN DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL Y NIEBLA				
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
4-jun-24	5-jun-24	6-jun-24	7-jun-24	8-jun-24
Precipitación: 5 mm	Precipitación: 3 mm	Precipitación: 1 mm	Precipitación: 0 mm	Precipitación: 0 mm
35 l captados	15 l captados	3 l captados	0 l captados	0 l captados

Discusión

A manera de respuesta a la reducción del 30 % en la producción de invernaderos en la región de estudio ante la carencia hídrica y los efectos del cambio climático, urge implementar sistemas sustentables de captación y almacenamiento del agua. El sistema dual de captación propuesto demostró un desempeño satisfactorio en un contexto con acceso limitado al recurso. Durante la temporada de lluvias, logró recolectar un volumen suficiente para cubrir las necesidades hídricas del sistema de hidroponía vertical. Estos resultados sugieren que su implementación podría replicarse en otras regiones con condiciones climáticas similares.

Un hallazgo trascendental del sistema es su capacidad para operar de forma eficiente en armonía con la situación climática local. Al aprovechar fuentes naturales como la lluvia y la niebla, se disminuye significativamente la necesidad de agua potable en actividades agrícolas, lo cual resulta benéfico en regiones asoladas por sequías recurrentes. Asimismo, el uso de hidroponía vertical ofrece optimizar el espacio disponible y garantizar un suministro continuo de agua en cultivos, aun en épocas de estrés hídrico.

Un aspecto oblicuo a considerar es la escalabilidad y la replicabilidad del sistema. Aunque su implementación en la comunidad de El Capulín ha resultado exitosa, su adaptación a otros contextos agrícolas y climáticos podrá requerir ajustes tanto en la selección de materiales como en la configuración del sistema de captación y almacenamiento. Aunado a ello, la capacitación adecuada de los operarios en el mantenimiento y operación del sistema es clave para asegurar su adopción efectiva y sostenibilidad a largo plazo. La presente demuestra que la integración de sistemas de captación de agua de lluvia y niebla con tecnologías de cultivo hidropónico desempeña una solución viable y sustentable para atender la escasez hídrica en comunidades rurales.

Conclusiones

El presente estudio confirma que la integración de un sistema dual de captación de agua de lluvia y niebla, junto con tecnologías de hidroponía vertical, brinda una solución eficaz para mitigar la escasez hídrica en zonas agrícolas vulnerables, como la comunidad de El Capulín. El diseño propuesto constituye un modelo de utilidad al aprovechar fuentes naturales de agua mediante dos tecnologías complementarias, lo que permite su recolección, almacenamiento y uso eficiente a través de un sistema de riego por absorción, lo que favorece la sostenibilidad de los cultivos durante periodos prolongados de sequía. Los principales resultados revelan que la articulación entre las condiciones climáticas locales y el diseño del sistema de captación logró satisfacer las exigencias hídricas de los cultivos durante la temporada pluvial. El hallazgo en cuestión sugiere que la tecnología propuesta tiene el potencial de reducir la dependencia de fuentes convencionales de agua y contribuir a un suministro más constante y sostenible.

Pese a los resultados favorables, se reconoce la necesidad de continuar con futuras investigaciones que permitan optimizar tanto la infraestructura de almacenamiento como la operatividad del sistema en contextos de mayor aridez, a fin de garantizar su eficiencia a largo plazo. Asimismo, el estudio destaca áreas de oportunidad, como el incremento en la capacidad de almacenamiento de agua y

el refinamiento del sistema durante intervalos de sequía. Estas limitaciones abren la puerta a futuras innovaciones que impulsen el desarrollo de sistemas más amplios y adaptables a diversas condiciones climáticas y a la variabilidad estacional.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt), por el apoyo económico brindado para realizar esta investigación y fabricar el prototipo funcional. De la misma manera, se extiende el reconocimiento a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, por facilitar sus instalaciones, al igual que por el invaluable acompañamiento académico del profesorado y del director de tesis.

Referencias

- Álvarez Mena, A. H. (2025). *Sistema de captación y abastecimiento de fuentes naturales de agua en invernadero hidropónico en Amealco de Bonfil, Querétaro* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro].
- Ángeles, M. (2023). Sequía devasta agricultura: campesinos luchan por sobrevivir ante la escasez de agua y agotamiento de los pozos queretanos. *Tribuna de Querétaro*. <https://tribunadequeretaro.com/informacion/investigaciones/sequia-devasta-agricultura-campesinos-luchan-por-sobrevivir-ante-la-escasez-de-agua-y-agotamiento-de-los-pozos-queretanos/>
- Arteaga, L. y Burbano, J. (2018). Efectos del cambio climático: Una mirada al Campo. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(2), 79-91. <https://doi.org/10.22267/rcia.183502.93>
- CONAGUA. (2024). *Monitor de Sequía en México (MSM)*. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>
- Hidalgo, F. (2021). *Eficiencia del sistema de atrapanieblas con dos tipos de malla raschel para la captación de agua de niebla - Lomas de Paraíso - 2017* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59654>
- Iagua (2018). *¿Sabías que solo el 0,025% del agua de la Tierra es potable?* Iagua. <https://www.iagua.es/noticias/fundacion-aquae/sabias-que-solo-0025-agua-tierra-es-potable-infografia-fundacion-aquae>
- IDEO. (2015). *Design Kit: The Human-Centered Design Toolkit*. <https://www.ideo.com/journal/design-kit-the-human-centered-design-toolkit>
- Isla Urbana (2024). Lluvia para todos, Capta la Lluvia. <https://islaurbana.org/>
- Meteoblue (2024). *Archivo meteorológico Amealco*. https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/weatherarchive/amealco_m%C3%A9xico_4018584
- Minervino, M. (2012). Entre paraguas, paraboloides y superficies regladas. *Obras & Protagonistas*, (205). <https://www.oyp.com.ar/nueva/revistas/205/1.php?con=3>
- Pueblos América (2024). *El Capulín (Querétaro)*. <https://mexico.pueblosamerica.com/i/el-capulin-113/>

Diseño de prototipo de interfaz prestador de servicios-cliente para el seguimiento de servicios

Prototype design of service provider-client tool interface for service monitoring

 Karen Paola Ramírez López*
 Anelisse Yerett Oliveri Rivera

Universidad Autónoma de Querétaro,
Querétaro, México

*kramirez49@alumnos.uaq.mx

02

¿CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO?

Ramírez López, K. P. y Oliveri Rivera, A. Y. (2025).
Diseño de prototipo de interfaz prestador de servicios-cliente para el seguimiento de servicios.
SketchIN, 7(13), 21-33.

Resumen

Se presenta el diseño de un prototipo de interfaz web para la gestión y seguimiento de servicios en pequeñas y medianas empresas (pymes) en México. Destaca cómo las pymes enfrentan desafíos estructurales y tecnológicos que limitan su competitividad, en especial en la adopción de tecnologías de la información (TIC). La pandemia por COVID-19 aceleró la digitalización, pero muchas pymes aún enfrentan dificultades para adaptarse a causa de restricciones financieras y falta de herramientas accesibles. Este proyecto propone una plataforma web que permite a los prestadores de servicios generar enlaces de seguimiento personalizados, lo cual facilita la comunicación con clientes y optimizan los procesos operativos. Se diseñó bajo el modelo centrado en el usuario, llevándose a cabo las fases correspondientes a observación, generación de ideas, prototipado y pruebas de usabilidad. Esta herramienta buscó

incorporar funcionalidades tales, como creación de enlaces, gestión de etapas, personalización de interfaz y visualización del progreso en tiempo real. En términos técnicos, se emplearon tecnologías tales como Python, Django, HTML5, CSS3 y JavaScript para el desarrollo, con integración en plataformas como GitHub y Render para gestión en la nube. La interfaz se diseñó para ser intuitiva, adaptable a distintos dispositivos y con disponibilidad del 99.99 %. Los resultados sugieren que herramientas accesibles como esta pueden mejorar la productividad de las pymes y fortalecer la relación con los clientes. Futuros estudios deben evaluar las consecuencias económicas de la solución, así como explorar mejoras en automatización y personalización. En conclusión, la digitalización es esencial para la competitividad de las pymes en México.

Palabras clave: desarrollo web, digitalización, diseño centrado en el usuario, pymes, Python, servicio a cliente.

Abstract

This article describes the design of a web interface prototype for the management and tracking of services internally small and medium-sized mexican enterprises (SMEs). It emphasises how SMEs face structural and technological obstacles which limit their competitiveness, especially in the adoption of information technologies (ICT). The global COVID-19 outbreak accelerated digitalization, but many SMEs still struggle to adapt because of financial constraints and a lack of accessible tools. The project consists of a web platform that allows service providers to generate personalized tracking links, which enables communication with customers and optimizing operational processes. The platform is based on a user-centered approach, which encompasses the steps of observation, idea generation, prototyping, and usability testing. This tool incorporates

key functionalities: link creation, stage management, interface customization, and visualization of real-time progress. In specialized terms, technologies such as JavaScript, Python, Django, CSS3, and HTML5 were applied for development, with integration on cloud platforms like GitHub and Render for management. The interface was designed to be intuitive, adaptable to different display sizes, and with 99.99% availability. Results suggest that this type of accessible tools can improve the productivity of SMEs and strengthen customer relationships. Future research should evaluate the economic effects of the solution, as well as explore improvements in automation and personalization. This work concludes that digitalization is essential for the competitiveness of SMEs in Mexico.

Keywords: web development, digitalization, User-Centered Design, SMEs, Python, customer service.

Introducción

En México existen problemas estructurales que dificultan el desarrollo de las pequeñas y medianas empresas; alrededor del 80 % fracasan antes de los tres primeros años de operación y el 70 % no llega al lustro de existencia (Álvarez Toledo *et al.*, 2022). Por otro lado, la tecnología ocupa un papel clave para la competitividad y la gestión empresarial a nivel mundial, regional y local. Sin embargo, no todas las empresas se han beneficiado de las tecnologías de la información (TIC); como señalan Saavedra y Tapia (2013), en México la adopción de TIC por las pymes es incipiente, lo que les resta competitividad para afrontar un mercado globalizado. Así, Hirsch *et al.* (2015) analizaron el nivel de implementación de las TIC en diferentes empresas del sector manufacturero del estado de Querétaro, México; en particular, se centraron en medir el nivel de implementación de las TIC entre diferentes tipos de empresas con el fin de identificar problemas y obstáculos a los que se enfrentan, así como subrayar áreas de intervención política para apoyar el desarrollo de la región. Su estudio concluye que, entre más pequeñas las empresas y menor desarrollo en la estructura organizacional, más difícil es para ellas implementar las TIC; no por la falta de conciencia empresarial, sino por escasez de recursos tecnológicos.

Aproximadamente el 6 % de las pymes en México hacen uso de las TIC (Villafranco, 2017). Sin embargo, si la evolución hacia lo digital era ya un hecho, la pandemia por COVID-19 aceleró los procesos y, ahora, pasar a lo digital se ha vuelto una necesidad. Conforme a la AMVO (2021), el 60 % de las pequeñas y medianas empresas en México elevaron sus ventas en línea durante el confinamiento, al tiempo que sectores como restaurantes y servicios profesionales migraron a plataformas como WhatsApp Business (35 %) y Mercado Shops (25 %) para mantener sus operaciones (INEGI, 2022). No obstante, un 40 % de las pymes aún no ha completado su transición digital, principalmente por limitaciones financieras (OCDE, 2022).

Sánchez Valdés y Nava Rogel (2020) subrayan que las unidades económicas más perjudicadas son las pymes, dado que sus ingresos disminuyeron debido a la baja demanda de sus productos y servicios, forzándolas a recortar el personal ante la incapacidad de efectuar pagos por nómina y cubrir otros costos fijos. Indudablemente, los desafíos derivados de la pandemia han motivado la innovación como medio para superar la crisis económica del país y de la región (De la Cruz May y May Guillermo, 2021). En suma, la innovación surgida ante la crisis sanitaria no es una necesidad eventual sino un estilo de vida que deben adoptar las empresas como parte de su cultura.

Marco teórico

Las empresas en México se clasifican en cuatro grandes grupos: las microempresas son todos aquellos negocios que tienen menos de 10 trabajadores y generan ventas anuales de hasta 4 millones de pesos; las pequeñas disponen de entre 11 a 30 empleados y sus ventas anuales van de 4 millones hasta 100 millones de pesos. Las medianas empresas cuentan con 31 hasta 100 trabajadores, y generan anualmente ventas entre 100 millones y 250 millones de pesos. Se consideran grandes empresas los negocios dedicados a los servicios que tienen desde 101 hasta 250 trabajadores y tienen ventas superiores a los 250 millones de pesos (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2019).

La pandemia de 2020 causada por el virus SARS-CoV-2 orilló a las pequeñas y medianas empresas a adoptar nuevas tecnologías para su operación. La Asociación Mexicana de Venta Online (AMVO, 2021) en colaboración con GS1 México reveló que 6 de cada 10 pymes vendieron en el comercio electrónico, con lo cual se incrementó un 94.6 % esta actividad respecto a 2019. De igual forma, las empresas con una facturación anual menor a 50 millones de pesos reconocieron la importancia de las TIC ante la contingencia sanitaria, ya que aproximadamente el 31 % de las operaciones de estas empresas se efectúan en línea; aún así, numerosas compañías enfrentan dificultades para adaptarse a este nuevo paradigma, ya que carecen de las herramientas necesarias (Aguirre *et al.*, 2021).

Las TIC son el conjunto de herramientas dirigidas a la transmisión, procesamiento y almacenamiento digitalizado de la información, y son pieza clave para cualquier emprendimiento (World Economic Forum, 2019). Al respecto, la auditora PWC (2019) define la transformación digital como una combinación de estrategia y operaciones de negocio con innovación tecnológica, analítica de datos y diseño de nuevos servicios o rediseño de los existentes. El fin de dicha implementación es favorecer la productividad y el crecimiento de la cadena de valor, mejorar la competitividad y ofrecer un nuevo valor añadido a los clientes. El proceso transformativo implica un cambio en la mentalidad de los directivos y los empleados de las organizaciones, es una apuesta de futuro hacia nuevos métodos de trabajo que aprovechen todo el potencial de la digitalización (Arana, 2020). No obstante, dicho cambio no depende de la tecnología disponible en una empresa, sino de las competencias digitales del personal (Slotnisky, 2016). En este sentido, hacen falta profesionales con perspectiva empresarial y capaces de integrar estrategias de gestión en línea y redes sociales. Así, la atracción y retención del talento digital se vuelve fundamental (Ballester Molina, 2020).

Aunque el 94 % de las pymes mexicanas aumentaron sus ventas en línea durante la pandemia (INEGI, 2022), escasean las herramientas gratuitas para la atención a clientes o la gestión de flujos operativos (Aguirre *et al.*, 2021). Las disponibles en el mercado, como Zendesk® y Trello®, están diseñadas para grandes corporaciones o requieren suscripciones costosas (AMVO, 2021). En contraste, las soluciones académicas, como la de Aguirre *et al.* (2021), plantean prototipos para pymes, pero carecen de funciones críticas, como la personalización de etapas o la carga de archivos. El trabajo aquí presentado aborda esas limitaciones con el diseño de una herramienta de gestión y seguimiento de servicios accesible y centrada en las necesidades existentes.

Una revisión de plataformas comerciales, como Monday.com y Asana, reveló que el 80 % está orientada a corporaciones, con costos de suscripción que superan los 500 MXN al mes; además, las alternativas gratuitas, como Google Sheets, carecen de automatización (Sousa y Aspinwall, 2010). La escasa variedad de alternativas para la gestión digital justifica el diseño de una herramienta web para el seguimiento de servicios con enfoque en:

- **Bajo costo:** uso de tecnologías de código abierto, que permite el desarrollo asequible de aplicaciones web.
- **Personalización:** creación de links de seguimiento con etapas adaptadas a distintos servicios.

Metodología

El objetivo del proyecto fue diseñar un prototipo de interfaz web para la gestión de servicios cliente-proveedor, enfocado en resolver tres necesidades clave: permitir el seguimiento en tiempo real del estatus de los servicios prestados; mejorar los canales de comunicación entre las pymes y sus clientes, y ofrecer una herramienta integrada de planeación (con componentes de acceso público y módulos internos). Para lograrlo, se implementó una estrategia basada en el desarrollo de una plataforma web interactiva que genera *links* personalizados de seguimiento, actualizables dinámicamente. La solución incorporó funciones de *branding* para que las pymes puedan personalizar la interfaz con su identidad corporativa, reforzando de esta manera el vínculo con sus clientes a la vez que optimizan sus procesos operativos.

FIGURA 1.
Diagrama de estrategia
para el diseño de la
herramienta web.

Fuente:
elaboración propia.



Se utilizó el modelo de diseño centrado en el usuario, cuyas etapas se exponen a continuación.

- **Observar:** se corrió un análisis competitivo de herramientas web análogas para examinar sus características estructurales, complementado con entrevistas al caso de estudio para diagnosticar sus procesos actuales de servicio y seguimiento a clientes. Los resultados cualitativos y cuantitativos de las entrevistas con pymes y pruebas de usabilidad del prototipo se analizaron a profundidad en un trabajo previo (Ramírez López, 2024, pp. 35-70).
- **Generar ideas:** se estableció un listado priorizado de requerimientos y se desarrollaron *wireframes* conceptuales para esquematizar los flujos de operación del sitio.
- **Prototipar:** se generó una plataforma web funcional con siete módulos interrelacionados: *dashboard* de inicio, generación de enlaces, gestión de enlaces activos, historial de operaciones, administración de clientes, catálogo de servicios y panel de configuración.
- **Probar:** se ejecutaron pruebas iterativas combinadas por cada componente con una evaluación integral en entorno real.

La herramienta se diseñó para dos roles:

- 1) **Prestadores de servicios individuales:** propietarios de pymes de servicios locales (por ejemplo, plomeros o diseñadores gráficos), con acceso a Internet, pero sin conocimiento técnico especializado, que requerían:

- a. Simplificar la comunicación del estatus de un servicio contratado.
 - b. Simplificar la actualización del progreso del servicio.
 - c. Automatizar la comunicación constante con el cliente.
- 2) **Clientes:** usuarios ocasionales que buscan transparencia e información de su servicio (por ejemplo, conocer el estatus en tiempo real).

En la Tabla 1 se enlistan las tecnologías empleadas en el desarrollo de la herramienta web, divididas en cuatro apartados:

- **Back-end:** la capa invisible que procesa datos, ejecuta los algoritmos y gestiona la base de datos.
- **Front-end:** la parte visible con la que interactúa el usuario directamente en su navegador.
- **Cloud:** los servicios remotos que alojan y gestionan el código o la infraestructura.
- **Auxiliares:** el software complementario que facilita el trabajo de los programadores.

TABLA 1.

Estructura básica de la herramienta web propuesta. Fuente: elaboración propia.

CATEGORÍA	TECNOLOGÍAS	DESCRIPCIÓN
Back-End	Python®	Lenguaje de programación principal para lógica de servidor.
	Django®	Framework para desarrollo rápido y seguro.
	DB Browser for SQLite®	Herramienta de gestión y visualización de bases de datos.
Front-End	HTML5	Estructura base de la interfaz.
	CSS3	Estilos y diseño responsivo.
	JavaScript® (ES6+)	Interactividad y dinamismo.
Cloud	GitHub®	Control de versiones y alojamiento de código.
	Render®	Plataforma de despliegue continuo (CI/CD).
Auxiliares	Visual Studio Code®	Entorno de desarrollo integrado (IDE) con <i>plugins</i> para programación web.

Resultados

En este apartado se describen los requerimientos de la herramienta, el boceto inicial de la interfaz, el diseño final del prototipo y la descripción de las secciones que lo conforman. Como primer punto se detallan los requerimientos de funcionalidad y calidad para el prototipo (Tablas 2 y 3).

TABLA 2.
Requerimientos de funcionalidad para el prototipo de la herramienta web. Fuente: elaboración propia.

NÚM.	REQUERIMIENTO
1	Crear <i>links</i> de seguimiento.
2	Agregar o eliminar tantas etapas como sean necesarias antes de crear los <i>links</i> de seguimiento.
3	Agregar indicadores de estatus a las etapas.
4	Indicar tiempos estimados para completar las etapas en horas o días.
5	Visualizar el avance del tiempo en días estimado para completar una etapa por medio de una barra de progreso en porcentaje.
6	Agregar comentarios a los <i>links</i> de seguimiento.
7	Adjuntar archivos a los <i>links</i> de seguimiento.
8	Personalizar el inicio o <i>home</i> agregando el nombre de la empresa y su logo.
9	Guardar los <i>links</i> de seguimiento finalizados en una pestaña distinta como historial.
10	Brindar instrucciones de uso para el usuario.

TABLA 3.
Requerimientos de calidad para el prototipo de la herramienta web. Fuente: elaboración propia.

NÚM.	REQUERIMIENTO
1	Disponibilidad: <i>uptime</i> 99.99 % y actualizaciones de estado y progresos en tiempo real.
2	Estabilidad: desempeño sin fallos críticos.
3	Adaptabilidad: diseño compatible con todos los dispositivos inteligentes que existen en el mercado.
4	Usabilidad: facilidad de familiarización de los usuarios con la herramienta.

Diseño

La Figura 2 muestra el boceto de la interfaz del prestador de servicios individuales, diseñada para permitir la creación de *links* de seguimiento y la gestión de las etapas. Incluye campos para asignar tiempo, en horas y días, y adjuntar archivos, como facturas y demás, alineados con los requerimientos de funcionalidad.

FIGURA 2.

Boceto de la interfaz del prestador de servicios individual.

Fuente: elaboración propia.



La Figura 3 muestra la interfaz del cliente, centrada en la visualización del avance del servicio. Destacan la barra de progreso (requerimiento de funcionalidad 5), y la sección de comentarios (requerimiento de funcionalidad 6), diseñadas para mejorar la comunicación entre ambas partes.

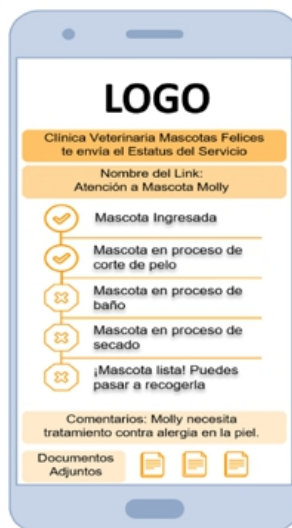


FIGURA 3.
Boceto de la interfaz del cliente.

Fuente:
elaboración propia.

Prototipo

En este apartado se muestra el diseño final de las interfaces del prestador de servicios individual y del cliente. En la Figura 4 se ilustra la pantalla del primer paso para generar un nuevo *link* de seguimiento, conformado por un campo de texto donde se puede agregar el nombre del servicio, un botón de opción de tipo de *link* y un campo donde asignar fecha de expiración.



FIGURA 4.
Diseño de primer paso en la interfaz del prestador de servicios.

Fuente: captura de pantalla,
elaboración propia.

En la Figura 5 puede observarse la pantalla del segundo paso, en el cual se genera un nuevo *link* de seguimiento, conformado por un botón con el que se pueden agregar o eliminar tantas etapas como sean necesarias, un campo de texto donde añadir comentarios y un botón para adjuntar archivos.

FIGURA 5.

Diseño de segundo paso en la interfaz del prestador de servicios.

Fuente: captura de pantalla, elaboración propia.

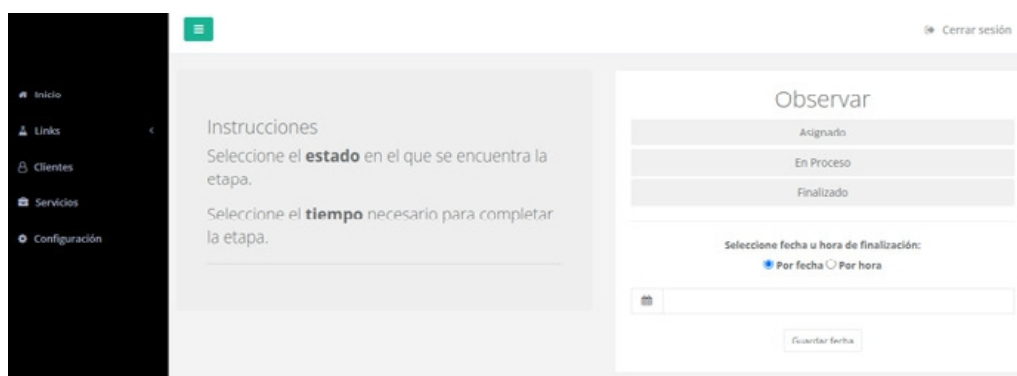


En la Figura 6 se muestra la pantalla para actualizar las etapas agregadas al *link* de seguimiento creado, conformada por tres estados predeterminados y un campo para indicar el tiempo de finalización en horas o días.

FIGURA 6.

Diseño de actualización de las etapas en la interfaz del prestador de servicios.

Fuente: captura de pantalla, elaboración propia.



En la Figura 7 se muestra la pantalla de personalización, donde se puede configurar el nombre de la empresa y cargar su logo.

FIGURA 7.

Diseño de personalización de la herramienta web en la interfaz del prestador de servicios.

Fuente: captura de pantalla, elaboración propia.



En la Figura 8 se muestra el diseño de la interfaz del cliente; se puede visualizar el nombre de la empresa, su logo, las etapas que conforman el servicio, el tiempo

de expiración del *link* de seguimiento, el tiempo de finalización asignado a las etapas, los comentarios y los archivos adjuntos.

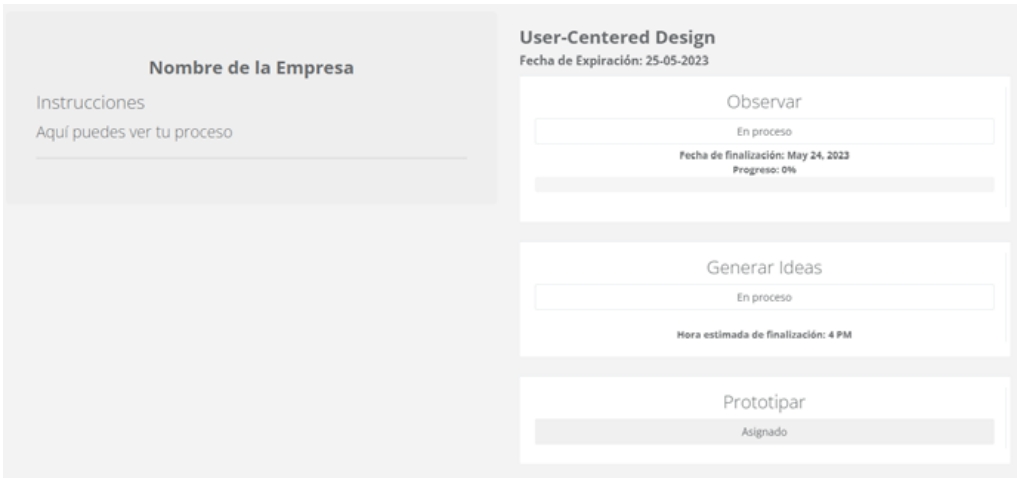


FIGURA 8.
Diseño de la interfaz del cliente.

Fuente: captura de pantalla, elaboración propia.

En la Figura 9 se muestra el diseño de la interfaz del cliente, se puede visualizar el progreso en el servicio según el tiempo asignado a la etapa.

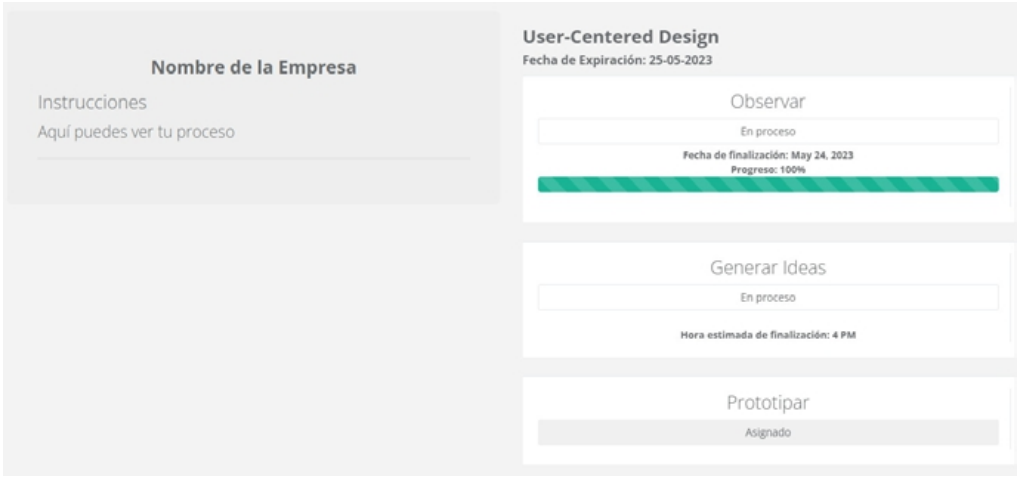


FIGURA 9.
Diseño de la interfaz del cliente.

Fuente: captura de pantalla, elaboración propia.

En la Figura 10 se puede visualizar la pantalla cuando un *link* ha expirado, momento en el cual la información de las etapas ya no estará disponible.

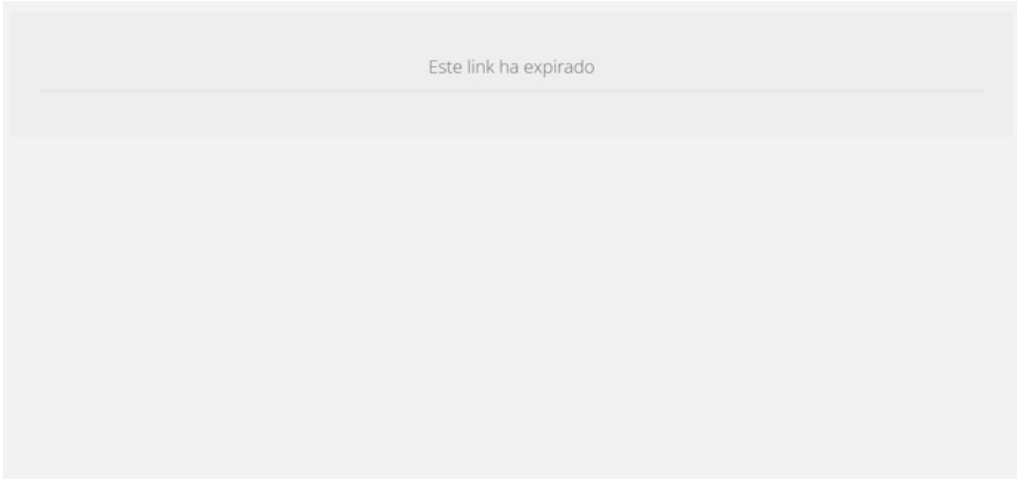


FIGURA 10.
Visualización de pantalla de *link* expirado en interfaz del cliente.

Fuente: captura de pantalla, elaboración propia.

Discusión y conclusión

El prototipo diseñado aborda necesidades cruciales identificadas en pymes (por ejemplo, el seguimiento de servicios en tiempo real y personalización de etapas), como se validó en las pruebas de usabilidad con prestadores de servicios y clientes (Ramírez López, 2024). Este aspecto plantea que herramientas accesibles, como la propuesta en este artículo, pueden optimizar procesos que en general requerían recursos humanos o infraestructura costosa, un desafío clave para las pymes. Futuros estudios deberán cuantificar el impacto económico de su adopción.

Hoy en día, las pymes requieren soluciones tecnológicas adaptadas a sus limitaciones de recursos. El prototipo diseñado, con funciones como generación de *links* y actualización de estados, responde a estas necesidades, aunque futuros estudios deberán cuantificar su impacto en la productividad o la satisfacción del cliente. Además, las herramientas web accesibles ayudan a afrontar desafíos operativos en pymes, como la falta de visibilidad de servicios (requerimiento de funcionalidad 1). Otra característica a determinar podría ser su repercusión en la retención de clientes o reducción de costos.

Como comentario final, Django y Python son herramientas viables para prototipos ágiles en pymes, al permitir la implementación de gestión de estados con modelos relacionales, actualización en tiempo real, y personalización de interfaces sin un costo adicional.

Referencias

- Álvarez Toledo, A., Gallegos Rivas, A. y Márquez Mendoza, M. (2022). Algunas características relevantes de las pequeñas y medianas empresas en México (PyMES). *Realidad Económica de la FEVAQ*, 27(70), 146-159.
- Asociación Mexicana de Venta Online (2021). *Estudio sobre Venta Online en México – 2021*. AMVO. <https://blog.amvo.org.mx/publicaciones/estudios/estudio-sobre-venta-online-en-mexico-2021>
- Arana, R. (s. f.). *Qué es la transformación digital y por qué es necesaria para cualquier negocio*. Ttandem Digital Studio. <https://www.ttandem.com/blog/que-es-la-transformacion-digital-y-por-que-es-necesaria-para-cualquier-negocio/>
- Ballester Molina, M. (2020). *¿Qué es la transformación digital? Clavei*.
- Aguirre, D., Ceja, J. y Santillán, I. (2021). El confinamiento, reto para las pymes mexicanas: aplicando estrategias de tics para la reactivación económica. *Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 15(15). <https://www.riico.net/index.php/riico/article/view/2022>
- De la Cruz May, S. y May Guillermo, E. (2021). Prácticas de innovación implementadas por las mipymes del sector restaurantero ante el COVID-19 en Tabasco, México. *Nova scientia*, 13. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v13nspe/2007-0705-ns-13-spe-00003.pdf>
- Hirsch, J., Almaraz Rodríguez, I. y Ríos Manriquez, M. (2015). La preparación de las empresas manufactureras del Estado de Querétaro, México, en el área de las tecnologías de información y comunicación. *Suma de Negocios*, 6(14), 166-177. <https://doi.org/10.1016/j.sumneg.2015.08.012>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2022). *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares 2022. ENDUTIH. Síntesis metodológica*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463911180>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2022). *Estudios Económicos de la OCDE: México 2022*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/8b913f19-es>
- PWC (2019). *El camino a la transformación digital*. PWC. <https://www.pwc.com/ve/es/publicaciones/assets/PublicacionesNew/Boletines/4RI-El-camino-a-la-transformacion-digital.pdf>
- Ramírez López, K. (2024). *Diseño de herramienta orientada a prestadores de servicios individuales, que permita facilitar al cliente el seguimiento de su servicio a partir de una serie de notificaciones digitales* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro]. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/9136>
- Saavedra García, M. y Tapia Sánchez, B. (2013). El uso de las tecnologías de información y comunicación TIC en las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPyME) industriales mexicanas. *Enlace: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 10(1), 85-104. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=82326270007>
- Sánchez Valdés, A. y Nava Rogel, R. (2020). Perspectiva de las PYMES Restauranteras en el escenario actual de la crisis del COVID-19. *3C Empresa. Investigación y pensamiento crítico*. (Edición Especial COVID-19: Empresa, China y Geopolítica), 129-147. <https://doi.org/10.17993/3cemp.2020.edicion-especial1.129-147>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2020). *Las TIC en México. Indicadores 2019*. SCT. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/573983/Las_TIC_en_Mexico_Indicadores_2019.pdf
- Slotnisky, D. (2016). *Transformación digital. Cómo las personas y las empresas deben adaptarse a esta revolución*. Digital House.
- Sousa, S. y Aspinwall, E. (2010). Development of a performance measurement framework for SMEs. *Total Quality Management & Business Excellence*, 21(5), 475-501. <https://doi.org/10.1080/14783363.2010.481510>
- Villafranco, G. (2017). *Sólo 6% de Pymes aprovecha las tecnologías de la información*. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/solo-6-pymes-aprovecha-las-tecnologias-la-informacion/>
- World Economic Forum (18 de febrero de 2019). *Reporte de Competitividad Global*. WEF. <https://es.weforum.org/agenda/2019/02/que-son-las-tics/>

Influencia de la mentoría en el desempeño de proyectos universitarios aplicado al proceso conceptual en diseño industrial

Influence of mentoring on the performance of university projects applied to the conceptual process in industrial design

 Fernando Rodarte Castro^{1*}

 Jorge Javier Cruz Florín²

¹Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

²Universidad Anáhuac, Querétaro, México

*fernando.rodarte@uaq.mx

03

¿CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO?

Rodarte Castro, F. y Cruz Florín, J. J. (2025). Influencia de la mentoría en el desempeño de proyectos universitarios aplicado al proceso conceptual en diseño industrial. *SketchIN*, 7(13), 34-51.

Resumen

El presente artículo se origina de la implementación de una estrategia para validar competencias en la creación de proyectos conceptuales, desplegada con los estudiantes de Licenciatura en Diseño Industrial de la Universidad Autónoma de Querétaro. Se utilizó una guía de proyectos y sesiones de mentoría, a fin de identificar los conceptos clave del lenguaje de productos, así como los aspectos preponderantes del proceso creativo. La estrategia se sustentó en el diseño de mobiliario urbano y el interiorismo para espacios designados dentro de la Facultad de Ingeniería, en el marco de la actividad académica llamada “repentina”. Se integraron equipos en tres secciones: la primera involucró a un investigador y ocho docentes en activo del programa de Diseño

Industrial; la segunda contó únicamente con un docente del mismo campo; mientras que la tercera trabajó sin acompañamiento de mentoría. En la sección 1, la asesoría se proporcionó tanto de manera individual como por equipos. Los resultados fueron evaluados por medio de una rúbrica diseñada para el experimento, así como a través de encuestas aplicadas a los estudiantes y valoraciones de especialistas externos. Se puso de manifiesto que la presencia del mentor sobre la segunda sección tuvo un impacto negativo en términos del desempeño estudiantil, observado en una mayor tasa de abandonos. En contraste, la sección 1 presentó la menor ratio de deserción junto con un puntaje más elevado en la evaluación general.

Palabras clave: diseño industrial, estrategia, lenguaje de productos, mentoría, proceso creativo, proyectos conceptuales.

Abstract

This article originates from the implementation of a strategy generated to validate competencies in the creation of conceptual projects, deployed with Industrial Design students at the Autonomous University of Querétaro. A project manual and mentoring sessions were utilized to identify the key concepts of product language, as well as the essential aspects of the creative process. The strategy was based on the design of urban furniture and interior design in some appointed areas within the School of Engineering, regarding the framework of the academic event called “repentina”. Teams were integrated in three sections: the first one implicated a researcher and eight active faculty members of the Industrial Design

program; the second had only one faculty member from the same field; while the third worked without mentoring accompaniment. In section 1, the mentoring was provided both individually and in teams. The results were evaluated by means of a set of criteria for the experiment, as well as through surveys applied to the students and evaluations by external specialists. The ensuing analysis revealed that the presence of the mentor on the second section had a negative impact in terms of student performance, observed in a higher dropout index. In contrast, section 1 presented the lowest dropout rate along with a higher score in the overall evaluation.

Keywords: industrial design, strategy, product language, mentoring, creative process, conceptual projects.

Introducción

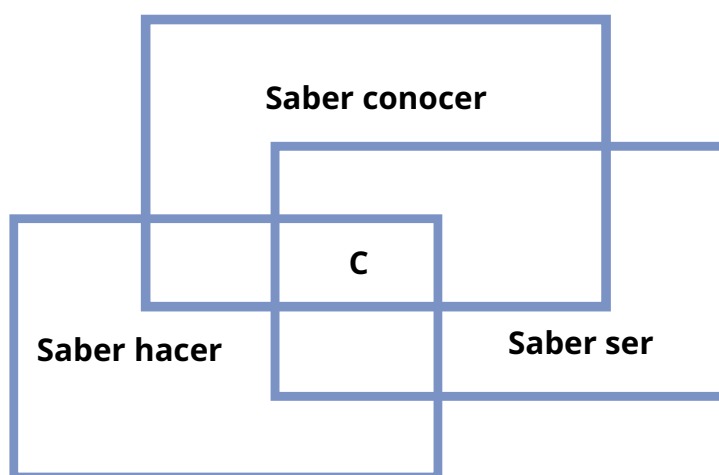
Competencias en el aprendizaje

En la mayoría de los casos, el estudiante universitario espera incorporarse con éxito al campo laboral una vez concluida su formación. En consecuencia, deposita su confianza en el sistema educativo que cursa, el cual tiene la responsabilidad de garantizar una formación que abarque el ámbito personal y profesional (Huamán, *et al.* 2020). No obstante, los egresados se enfrentan a un mercado competitivo, por lo que su perfil debe responder a las exigencias del entorno laboral de manera sólida.

Por esta razón, la calidad de la formación universitaria se ha enfocado en mejorar los procesos de aprendizaje (Pimienta, 2012, p. 54.). Estas preparaciones formativas son denominadas “valoraciones”, conllevan un proceso de diagnóstico, retroalimentación y apoyo constante orientado a solucionar problemas en contextos determinados y a potenciar el talento estudiantil (Huamán *et al.*, 2020). Tal labor requiere asesoramiento, reorientación y seguimiento continuo por parte del docente, con el fin de fortalecer el perfil profesional del estudiante al momento de egresar (Castillo y Cabrerizo, 2009, p. 2). Esto conduce a una interrogante: ¿cómo se puede determinar en qué medida el egresado está integrando el aprendizaje en su formación, de modo que tenga un buen desempeño en su trayectoria? (Izquierdo y Loarte, 2014, p. 46, como se citó en Huamán *et al.*, 2020). Al día de hoy, uno de los enfoques que ofrece respuesta es el de competencias.

FIGURA 1.
La competencia
y los saberes que
comprende.

Fuente:
Pimienta, 2012.



Entre los indicadores que constituyen una competencia en diseño industrial, se encuentra la evidencia del producto, la cual debe presentarse y ser evaluada por un jurado. No obstante, en el caso del alumnado, resulta incompatible valorar sus

aptitudes únicamente con base en el resultado físico, puesto que es en el proceso donde recae el valor formativo. Tal proceso se adecua a distintos contextos y es el estudiante quien lo protagoniza, y por ese motivo es de vital importancia llevar un registro para documentarlo.

La mentoría en el proceso educativo

La función del docente es reforzar los conocimientos y contenidos académicos del currículo, en contraposición a la asesoría externa, orientada a proyectos temporales, como el desarrollo de una tesis o la implementación de un programa social (Ponce *et al.*, 2018). Si bien la consultoría atiende las necesidades de enseñanza-aprendizaje del alumnado, existen otras modalidades que responden a esa misma finalidad, como la asesoría, el *coaching* y la mentoría. Sin embargo, la principal diferencia radica en la duración e intensidad de la interacción. Según Ariztia *et al.* (2022), el proceso de consultoría implica diversas tareas (Tabla 1):

TABLA 1.

Habilidades que debe tener un consultor de proyectos. Fuente: Ariztia *et al.*, 2022.

TIPO DE HABILIDADES	DESCRIPCIÓN
Técnicas	Identificar, analizar y recomendar soluciones acordes a las necesidades del cliente.
	Aportar ideas y sugerencias constructivas.
	Proporcionar información actualizada, respaldando los contenidos con una amplia base de referencias (Rosas <i>et al.</i> , 2006).
Humanas	Poseer habilidades de persuasión, acompañamiento y motivación orientadas al logro de metas comunes.
	Brindar guía al talento, ofreciendo apoyo continuo a lo largo del proceso.
Conceptuales	Visualizar imágenes en conjunto, reconocer elementos importantes dentro de una situación y comprender la relación entre ellos. Aplicar estrategias como la ramificación, que permite organizar ideas de forma visual y estructurada (Buzan, 1996, como se citó en Ocanto, 2009).
	Contar con capacidad reflexiva (Pimienta, 2012).

Es menester señalar que la responsabilidad del proceso no recae únicamente en el asesor. En diversas ocasiones, la falta de experticia, conocimiento o, en su mayoría, la escasa disposición del estudiante obstaculizan el cumplimiento de los objetivos establecidos (Ariztia *et al.*, 2022). Sobre las intervenciones que brindan una orientación especializada al estudiante destaca la mentoría, entendida como el acompañamiento de una persona con mayor pericia que asume la responsabilidad de guiar e instruir a los menos adiestrados. El mentor hace posible que el estudiante adquiera conocimientos que, de otra manera, serían más difíciles de

alcanzar por cuenta propia. Asimismo, la mentoría se clasifica de acuerdo con el tipo de relación establecida entre mentor y aprendiz (Tabla 2).

TABLA 2.
Los cinco tipos de mentoría en la orientación educativa. Fuente: Ponce *et al.*, 2018.

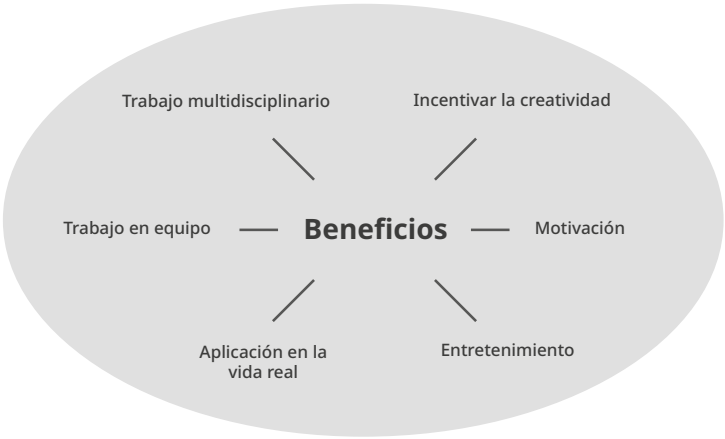
Tipo	DESCRIPCIÓN
Tradicional	Relación uno a uno entre una persona adulta y una joven, centrada en apoyar sus necesidades de desarrollo académico o profesional.
Grupal	Un experto trabaja con un pequeño grupo de hasta cuatro interesados que comparten metas similares.
Equipo	Se congrega a varios especialistas en distintas áreas, que colaboran en la mentoría de varios grupos de jóvenes.
Compañeros	Los jóvenes con mayor experiencia, conocimientos o habilidades orientan a sus compañeros menos versados, generando una dinámica de aprendizaje horizontal.
Virtual	Modalidad en línea que habilita la comunicación entre mentor y estudiante cuando la interacción cara a cara es imposible, agilizando la comunicación y el acceso a recursos.

Casos de estudio en las Universidades de Colombia y La Habana

Un ejemplo aplicado de mentoría en el proceso de desarrollo conceptual fue el llevado a cabo en la Universidad de Colombia, en Bogotá, con estudiantes de Diseño Industrial. El objetivo consistió en fomentar la generación de ideas y la construcción de coherencia entre ellas, al tiempo que los alumnos se familiarizaban con las tendencias tecnológicas. En aras de realizar estos proyectos, se empleó el mapa mental (Figura 2) como herramienta para identificar con rapidez los conceptos fundamentales. Dicha técnica fue utilizada por los investigadores para observar las nociones clave de su estrategia (Aizpun *et al.*, 2015).

FIGURA 2.
Beneficios al realizar proyectos de diseño externos.

Fuente: Aizpun *et al.*, 2015.



La selección de estudiantes en el experimento se realizó bajo tres factores:

- Grado
- Habilidades interpersonales
- Portafolio

Se conformaron equipos con estudiantes de diferentes semestres, con el fin de simular un proyecto de diseño para la marca Adidas. Desde un enfoque preliminar, los alumnos investigaron aspectos de la empresa: historia, logros, misión, visión y valores. En esta fase, cada equipo elaboró dos mapas mentales; el primero correspondía a la firma y el segundo al producto seleccionado (Aizpun *et al.*, 2015). La validación del ejercicio se llevó a cabalidad mediante cuestionarios de percepción aplicados a pupilos y docentes. Los resultados evidenciaron que el estudiantado disfrutó del proceso mientras aprendían a construir y sustentar sus propuestas; por su parte, los profesores reconocieron una mejoría en cuanto a las habilidades de comunicación de los grupos.

Otro caso de estudio confirma las deficiencias en cuanto a la formación de competencias entre universitarios del sector creativo. Por un lado, Peña *et al.* (2017) reportaron que 77 alumnos de la carrera de Diseño Industrial de la Universidad de La Habana coincidieron en que más del 60 % de las competencias adquiridas a lo largo de su carrera fueron desarrolladas en la etapa de especialización, pese a que dichas se encontraban dentro de su plan curricular —ergonomía, geometría descriptiva, tecnología de plásticos, etcétera—. Es decir, existe una clara omisión en la formación e implementación de contenidos durante la etapa educativa.

Metodología de diseño

La metodología de investigación adoptada en este trabajo se sustenta en las herramientas *Design Thinking* y *Lean Six Sigma* (Figura 3). El *Design Thinking* se aboca a la resolución de problemas mediante el análisis y la evaluación de posibles soluciones (Brown y Kuratko, 2015). Su elección se debe principalmente a que es una metodología centrada en el valor del proceso más que en el resultado final. Según Gasca (2015), este proceso trasciende el diseño para las personas y propone diseñar con los usuarios. En este sentido, su implementación podría tener mejores resultados al integrar una estrategia que tome en cuenta a los diseñadores en la construcción de soluciones. Por otra parte, *Lean Six Sigma* está enfocado en optimizar la calidad de los productos y servicios a mediano y largo plazo (Marín *et al.*, 2023); se incorpora a la metodología de la presente por su carácter de mejora continua tras la última etapa del proceso.

FIGURA 3.
Metodología
de diseño aplicada.

Fuente:
elaboración propia.



Diagnóstico inicial

La actividad inicial consistió en identificar y mapear a los actores implicados en la estrategia, así como en las posteriores corridas en medios internos y externos. Este primer acercamiento se realizó con estudiantes de la Licenciatura en Diseño Industrial de tercer semestre en adelante, puesto que es a partir de esta etapa que el plan de estudios les proporciona las habilidades primarias en asignaturas como Modelos, Fundamentos del Diseño, Dibujo Técnico, Interfaces Gráficas, Medios Digitales, Diseño I y CAD.

Recopilación y análisis de información de primera y segunda mano

Posterior a la caracterización de los actores, se desarrolló una recopilación de información de fuentes primarias y secundarias. El objetivo fue cotejar los “elementos de valor” que consideran los expertos en diseño junto con los reflejados en los proyectos desarrollados por estudiantes. A continuación, se resume el conjunto de actividades:

- Aplicación de entrevistas semiestructuradas a seis expertos miembros del jurado del concurso mexicano de diseño de muebles, Dimueble 2024.
- Implementación de encuesta dirigida a los estudiantes de la Universidad Autónoma de Querétaro.
- Recopilación de 14 láminas de proyectos seleccionados y promovidos en medios de difusión.
- Compilación de 40 láminas correspondientes a proyectos no seleccionados ni difundidos.
- Revisión y evaluación de rúbricas utilizadas en tres instituciones educativas distintas.
- Análisis y contraste entre láminas seleccionadas y no seleccionadas.

Creación de instrumentos de trabajo

Una vez definidos y caracterizados los conceptos, se procedió a la creación de dos instrumentos:

- 1) **Rúbrica de proyectos:** documento digital elaborado en Excel, cuya estructura constó de una escala de 1 a 4 puntos con descripciones objetivas por criterio, diseñada para minimizar la subjetividad en la evaluación por parte de los expertos (Tabla 3).

TABLA 3.
Conceptos evaluados en la rúbrica de proyectos. Fuente: elaboración propia.

CATEGORÍA	CONCEPTO
Producto	Originalidad
	Justificación
	Funcionalidad y uso
	Viabilidad productiva
	Optimización
	Mantenimiento
Presentación	Claridad
	Calidad
	Estética
	Objeto 3D

- 2) **Guía de contenidos:** documento digital en formato PDF que aborda cada concepto del *Product Design Language*, en coherencia con las etapas del proceso de diseño conceptual propuesto por Kembaren *et al.* (2014).

La guía se condensa en un documento digital de 40 páginas, donde se describen los conceptos ilustrados en la Figura 4. El protocolo se centra en la creación de productos que mantengan concordancia tanto en lenguaje como en presentación.

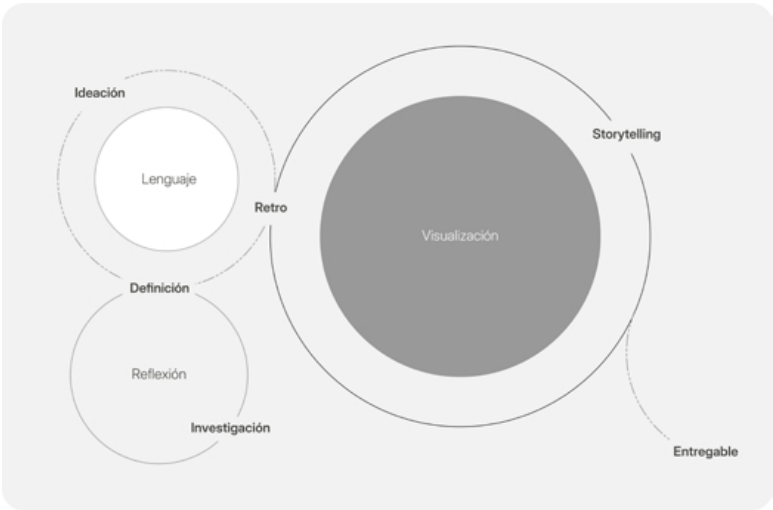


FIGURA 4.
Metodología de diseño en instrumento guía.

Fuente: elaboración propia.

Primera corrida

La repentina consiste en un evento de tres días en que el estudiantado desarrolla proyectos internos como una actividad lúdica orientada a conocerse entre pares. En el caso de esta investigación, los participantes se abocaron al diseño de mobiliario urbano e interiorismo para la UAQ. Participaron alrededor de 135 alumnos (Tabla 5), divididos en tres secciones con el fin de evitar el intercambio de información entre ellos.

- **Sección 1:** Se llevó a cabo una mentoría de tipo “individual” y “por equipos” con docentes. La selección del estudiantado fue realizada por muestreo no probabilístico por conveniencia (Hernández, 2021); de esta forma se prioriza a quienes manifiestan interés en recibir acompañamiento (Pimenta, 2012).
- **Sección 2:** Se implementó una mentoría individual y en modalidad electrónica, bajo el cargo del “docente X”. La asignación de los participantes se realizó por selección aleatoria.
- **Sección 3:** No se estableció ningún tipo de mentoría para este grupo. La selección fue aleatoria.

Esta misma descripción de secciones se presenta en la Tabla 4, junto con los distintos niveles de las variables dependientes. El nivel 1 corresponde al escenario esperado para obtener mejores resultados en el ejercicio, así como las evaluaciones con mayor calificación.

TABLA 4.

Factores no controlables y controlables del experimento. Fuente: elaboración propia.

VARIABLES DEPENDIENTES	Intervenciones	Contenido
NIVEL 1	Con asesor	Con guía
NIVEL 2	Con docente	Sin guía
NIVEL 3	Nadie	-

La organización de los equipos, junto con los factores controlables se encuentran detallados en la Tabla 5. Se desglosa la estructura general que se siguió para dicha prueba; se especifica la cantidad de alumnos por equipo, la duración de horas por jornada y la ubicación física dentro de la universidad.

TABLA 5.
División de grupos entre secciones para el experimento. Fuente: elaboración propia.

DISEÑO DE EXPERIMENTO “TEORÍA”							
Equipos	Integrantes	Asesoría	Salones	Días	Horas por día		
A1	5	Asesoría 1, por investigador e intervenciones	EC2, EC2, ARQUI	3	De 9 a. m. a 6 p. m.		
B1	5		EC2, EC2, ARQUI				
C1	5		EC2, EC2, ARQUI				
D1	5		EC2, EC2, BT3				
E1	5		EC2, EC2, BT3				
F1	5		EC2, EC2, ARQUI				
G1	5		EC2, EC2, ARQUI				
H1	5		EC2, EC2, ARQUI				
I1	5		EC2, EC2, BT3				
J1	No asistió		EC4				
A2	5	Asesoría 2, por docente X	CEDIT			De 9 a. m. a 6 p. m.	
B2	5						
C2	5						
D2	5		CEDIT				
E2	5						
F2	5						
G2	5		-				
H2	5						
I2	5						
J2	No asistió						
A3	5	Grupo de control sin asesor	Laboratorio de química				De 9 a. m. a 6 p. m.
B3	5						
C3	5						
D3	5		BS1				
E3	5						
F3	5						
G3	5		BS2				
H3	5						
I3	5						
J3	No asistió						
30 equipos	135	3 tipos distintos	9 salones	3 días			9 horas por día

Al dar por concluida la repentina, se recopilaron los trabajos elaborados por todos los equipos. En un inicio, se contaba con nueve equipos por sección; sin embargo, algunos estudiantes desertaron del experimento (Tabla 6).

TABLA 6.
Bajas de equipos durante repentina. Fuente: elaboración propia.

TOTAL DE ALUMNOS		133	Todos los grupos tenían A-J, pero se redujeron a A-I por inasistencia
Entregaron		89 Estudiantes	
Sección 1		7/9 Equipos	
Sección 2		5/9 Equipos	
Sección 3		6/9 Equipos	

En total, se logró la recepción de 19 proyectos completos que luego fueron enviados al cuerpo evaluador a fin de ser validados. En aras de organizar la información y facilitar su comprensión, cada uno fue asignado con un código de nomenclatura:

- **Láminas:** *CATEGORÍA_NÚMERO DE EQUIPO_LAM*
- **Documento escrito:** *CATEGORÍA_NÚMERO DE EQUIPO_DOC*
- **Bitácora digital:** *CATEGORÍA_NÚMERO DE EQUIPO_BIT*

Al finalizar la corrida, se graficaron las intervenciones realizadas por el mentor en color rosa y las efectuadas por los docentes en color azul. En los resultados, se aprecia que los proyectos C1 y D1 presentan mayores intervenciones por parte de ambos actores (Figura 5).

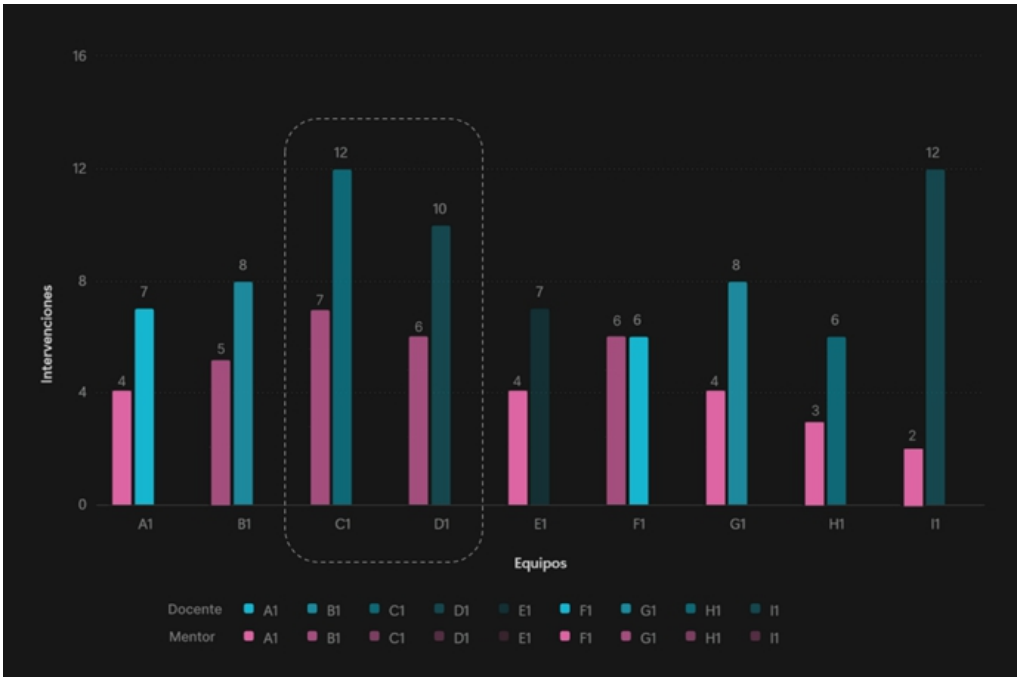


FIGURA 5.
Intervenciones de docentes y mentor registradas.

Fuente: elaboración propia.

Resultados del primer acercamiento: encuestas e instrumentos

La reunión con los expertos tuvo una duración de tres horas mediante videollamada en Google Meet. Durante la sesión, se deliberó cuáles fueron los proyectos más destacados para definir al equipo ganador del evento (Tabla 7).

TABLA 7.
Promedio de cada equipo de acuerdo con la rúbrica. Fuente: elaboración propia.

PROMEDIO DE EVALUACIÓN POR EQUIPOS		
B1	76 %	74 %
C1	84 %	
D1	81 %	
E1	72 %	
F1	68 %	
G1	63 %	
B2	42 %	58 %
C2	58 %	
E2	75 %	
G2	50 %	
I2	68 %	64 %
A3	71 %	
C3	77 %	
E3	64 %	
F3	43 %	
G3	67 %	

Los equipos C1, D1 y C3 (Figuras 6, 7 y 8) obtuvieron los puntajes más altos, convirtiéndose en los ganadores de la repentina.



FIGURA 6.
Lámina del equipo
C3 con mención
honorífica en la
repentina.
Fuente: equipo C3.



FIGURA 7.
Lámina del equipo
C1 con mención
honorífica en la
repentina.
Fuente: equipo C1.



FIGURA 8.
Lámina del equipo
D1 ganador de la
repentina.
Fuente: equipo D1.

La selección de los proyectos ganadores se basó principalmente en su viabilidad y factibilidad, cualidades que destacaron por la claridad con que fueron presentados. De igual manera, se elaboró una gráfica comparativa entre los promedios de sección (Figura 9). Se encontró que la sección 1 obtuvo una calificación promedio de 74 %, seguida de la sección 3 con 64 % y la sección 2 con 58 %.

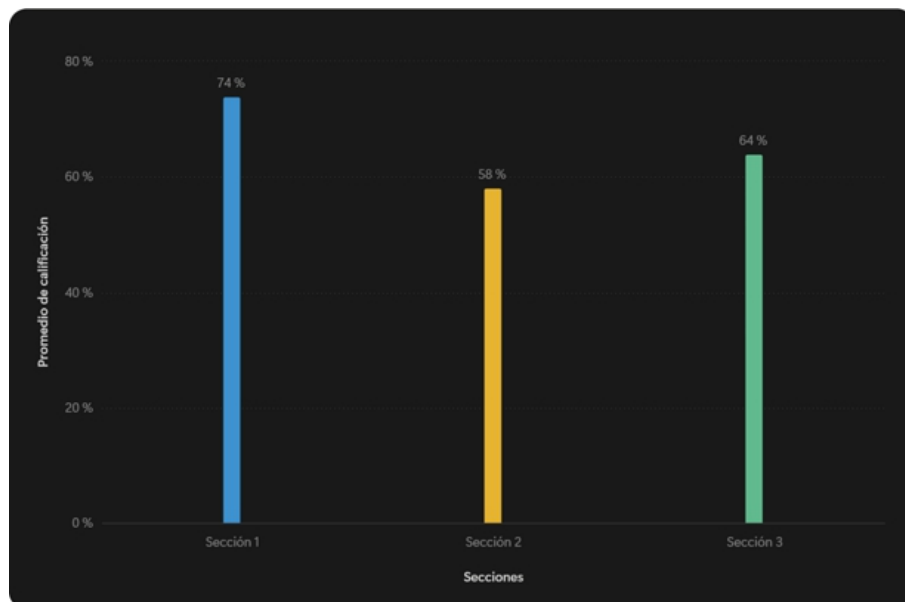


FIGURA 9.
Promedio de trabajos
en cada sección.

Fuente:
elaboración propia.

A continuación, en la Figura 10 se presenta un gráfico de barras que muestra el promedio de conceptos por cada lámina en una escala del 1 al 4.

- 1) El concepto no se menciona ni se observa en la lámina.
- 2) El concepto está presente, pero requiere de modificaciones considerables.
- 3) Buena ejecución del concepto con áreas de mejora.
- 4) Ejecución formidable del concepto.

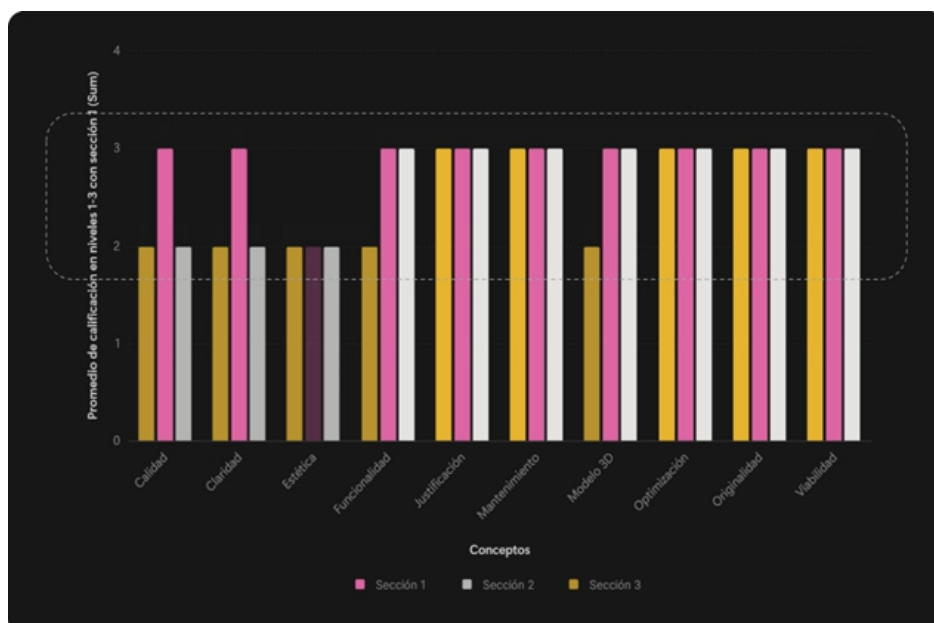


FIGURA 10.
Promedio de
conceptos por
sección.

Fuente:
elaboración propia.

Para que un proyecto sea válido, sus conceptos deben encontrarse en rango de 3 a 4 puntos. No obstante, en las secciones 2 y 3, la mayoría de los equipos alcanzaron un 2 en los 4 primeros conceptos de presentación. En la sección 1, solo uno se encuentra en este valor. Tales resultados se atribuyen al enfoque de la mentoría en mejorar el aspecto visual de las láminas: orden de la información, señalamientos, cotas y gráficos en general. Dicho desempeño fue reconocido por los expertos durante la evaluación de proyectos.

Al finalizar la repentina, se aplicaron tres encuestas, una de carácter general y dos destinadas a los grupos con asesoría, de las cuales se recibieron 56 respuestas. La Figura 11 refleja las etapas del proceso metodológico donde los estudiantes reportaron mayores dificultades.

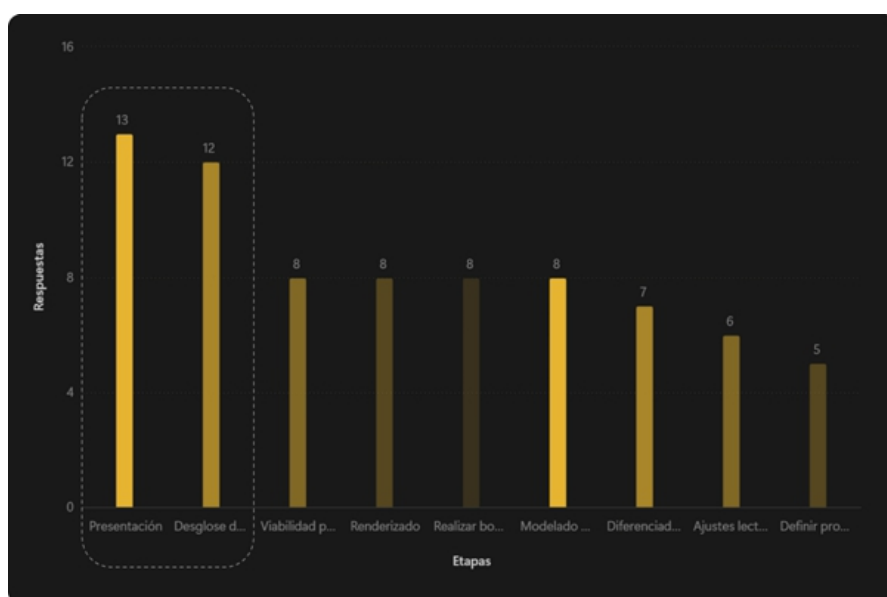


FIGURA 11.
Etapas con mayor dificultad del experimento.

Fuente:
elaboración propia.

En cuanto a la asimilación de la guía de trabajo, alrededor del 60 % de los alumnos en la sección 1 indicaron que el manual fue determinante para el desarrollo de sus propuestas. Un 24 % mencionó tener algunas dudas y requerir de apoyo del investigador, mientras que el 16 % expresó que no le resultó útil la guía (Figura 12).

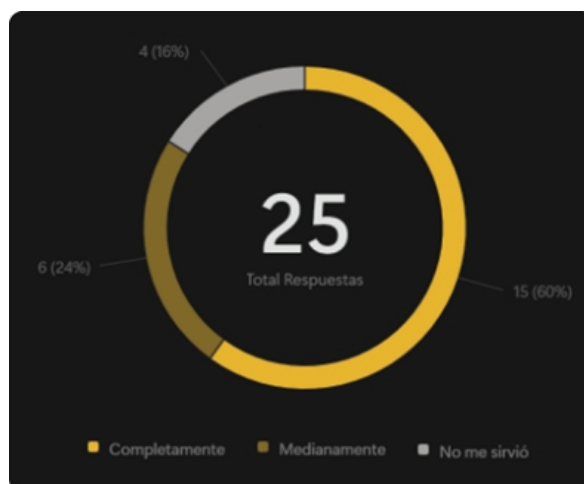


FIGURA 12.
Influencia de la guía en el desarrollo de proyectos.

Fuente:
elaboración propia.

Aunque la guía fue bien recibida por los estudiantes y se evidenciaron diferencias positivas en los promedios entre secciones, se detectó una caída en la experiencia creativa durante el tercer día del experimento. Quizás este descenso radica en la presión originada por la entrega final de los proyectos y en que los participantes percibieron un menor acompañamiento por parte de los mentores (Figura 13).



FIGURA 13.
Experiencias
negativas de los
estudiantes durante
la repentina.

Fuente:
elaboración propia.

Adicionalmente, se describen algunas observaciones angulares de la repentina que influyeron en el proceso creativo del estudiantado, así como ajustes generales en los factores de control para presentar datos más estables:

- 1) Se observó que los equipos con más integrantes tendieron a entablar una mayor cantidad de desacuerdos y discusiones internas. Motivo por el que se recomienda reducir el número de miembros por equipo a un máximo de tres personas.
- 2) Los expertos señalaron dudas al valorar rúbricas de proyectos tan distintos entre sí, como mobiliario urbano, mobiliario de taller, rediseño de espacio, entre otros. Para garantizar una evaluación óptima, debe acotarse a una misma área.
- 3) Se consideraron insuficientes los tres días de actividad del experimento para la asimilación de la guía. Las sesiones requieren extender el proceso, a un mínimo de dos semanas, para evitar que el estrés perjudique el rendimiento del alumnado.
- 4) En la reunión con el jurado se evidenció que los equipos cuyas propuestas se presentaron con calidad, claridad y buena redacción atrajeron más atención y tuvieron un mayor éxito.

- 5) Los alumnos se mostraban confundidos cuando los docentes expresaban opiniones contradictorias sobre los enfoques de su investigación. A fin de reducir estas discrepancias, se eliminarán los equipos de mentores, solo se contará con supervisión individual.

Conclusiones

Esta primera iteración resaltó que ciertos tipos de mentoría tuvieron un impacto limitado en el desarrollo de los proyectos. En particular, la mentoría brindada por el docente de la sección 2 resultó tener un efecto adverso en los estudiantes, reflejado en un mayor número de abandonos y un bajo promedio. Como contraste, los alumnos de la sección 3, que carecieron de figura de autoridad, mostraron un alto nivel de colaboración en la actividad. Del mismo modo, los resultados de la rúbrica de proyectos revelaron que la sección 1 reflejaba una mejor competencia en la ejecución de conceptos del lenguaje de productos, con una puntuación cercana al 75 %.

Respecto a los modelos de apoyo, los estudiantes percibieron de forma negativa la *mentoría por equipos*, puesto que, encontraron dificultad para adaptarse a los distintos escenarios y cuestionamientos introducidos por cada maestro. Será menester realizar modificaciones en los factores controlables en futuros experimentos, con el fin de reducir las variables de ruido que interfieran en la experiencia del universitario.

Referencias

- Aizpun, M., Sandino, D. y Merideno, I. (2015). Developing students' aptitudes through University-Industry collaboration. *Ingeniería e investigación*, 35(3), 121-128. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v35n3.48188>
- Ariztia, T., Cotoras, D. y Espinosa, J. (2022). La vida social de la innovación: una mirada pragmática a las prácticas de producción de conocimiento en el mundo de la consultoría. *Journal of Technology Management & Innovation*, 17(1), 89-99. <https://doi.org/10.4067/s0718-27242022000100089>
- Brown, T. J. y Kuratko, D. F. (2015). The impact of design and innovation on the future of education. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 9(2), 147-151. <https://doi.org/10.1037/aca0000010>
- Castillo, S. y Cabrerizo, J. (2009). *Evaluación educativa de aprendizajes y competencias*. Pearson Educación.
- Gasca, J. (2015). Design Thinking. Afrontar los retos con actitud de un diseñador. *Leaners Magazine*, "8", 22-24.
- Hernández González, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3). <https://revmgi.sld.cu/index.php/mgi/article/view/1442>

- Huamán Huayta, L. A., Pucuhuaranga Espinoza, T. N. e Hilario Flores, N. E. (2020). Evaluación del logro del perfil de egreso en grados universitarios: tendencias y desafíos. *Ride. Revista Iberoamericana para la investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(21). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i21.691>
- Kembaren, P., Simatupang, T. M., Larso, D. y Wiyancoko, D. (2014). Design driven innovation practices in design-preneur led creative industry. *Journal of Technology Management and Innovation*, 9(3), 91-105. <https://doi.org/10.4067/s0718-27242014000300007>
- Marín Calderón, A. V., Valenzuela Galván, M., Cuamea Cruz, G. y Brau Ávila, A. (2023). Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para disminuir desperdicios en una unidad de fabricación de paneles modulares de poliestireno. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 24(1). <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2023.24.1.007>
- Ocanto I. (2009). La creación de imágenes mentales y su implicación en la comprensión, el aprendizaje y la transferencia. *SAPIENS*, 10(2). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1317-58152009000200013
- Peña, S., Pérez, M., Morales, C. y Álvarez, M. (2017). Formación por competencias en estudiantes de Diseño Industrial. *Revista Cubana de Educación Superior*, 36(2) 95-10. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142017000200009
- Pimienta, J. H. (2012). *Las competencias en la docencia universitaria*. Pearson.
- Ponce, S., García, B., Islas, D., Martínez, Y. y Serna, A. (2018). De la tutoría a la mentoría. Reflexiones en torno a la diversidad del trabajo docente. *Páginas de Educación*, 11(2), 215-235. <https://doi.org/10.22235/pe.v11i2.1635>
- Rosas, A., Flores, D. y Valarino, E. (2006). Rol del tutor de tesis: Competencias, condiciones personales y funciones. *Investigación y Postgrado*, 21(1), 153-185. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-00872006000100007&script=sci_abstract

Mentoría digital en diseño industrial: facilitando la ergonomía a través de herramientas digitales y experiencias de usuario

Digital mentoring in industrial design: facilitating ergonomics through digital tools and user experiences

 Matías Enrique Peraza Reyes^{1*}

 Jorge Javier Cruz Florín²

¹Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

²Universidad Anáhuac, Querétaro, México

*matias.enrique.peraza@uaq.mx

04

¿CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO?

Peraza Reyes, M. E. y Cruz Florín, J. J. (2025). Mentoría digital en diseño industrial: facilitando la ergonomía a través de herramientas digitales y experiencias de usuario. *SketchIN*, 7(13), 52-63.

Resumen

La auténtica aplicación de la ergonomía en el diseño industrial es imperativa para la creación de productos funcionales y confortables. Empero, numerosos diseñadores industriales —en particular estudiantes— enfrentan adversidades al intentar comprender y aplicar los principios ergonómicos, ya que con frecuencia los confunden con la antropometría. El presente artículo describe el desarrollo de una sección especializada en ergonomía al interior de una plataforma en línea de mentoría en diseño industrial, donde la información fue presentada de forma accesible y directa. La herramienta digital a la par con su metodología se validó por medio de una prueba práctica con alumnos del tercer semestre de la

Universidad Autónoma de Querétaro, los cuales emplearon la interfaz en su proyecto de Taller de Diseño I para diseñar y fabricar prototipos de sillas. Los resultados evidencian que el diseño de la plataforma transmite el conocimiento de manera comprensible. En la prueba experimental, aproximadamente el 94 % de las sillas cumplió con los requisitos ergonómicos, lo que confirma la efectividad de la estrategia como recurso educativo. El estudio sugiere una plataforma digital que disponga la información de forma concisa, con el fin de facilitar la implementación de los principios de ergonomía en el diseño de objetos por parte de los estudiantes.

Palabras clave: diseño centrado en el usuario, ergonomía, experiencia de usuario, herramientas digitales, interacción usuario-computadora, mentoría.

Abstract

The optimal application of ergonomics in industrial design is imperative for creating functional and comfortable products. Nevertheless, many an industrial designer —particularly students— faces challenges when attempting to understand and apply ergonomic principles, often confusing them with the concept of anthropometry. This article describes the development of a specialized ergonomics section within an online mentorship platform for industrial design, in which information was presented in an accessible and straightforward manner. The digital tool and its methods were validated by means of a practical test with

third-semester students at the Autonomous University of Querétaro, who applied the interface in their Design Workshop I project to plan and construct chair prototypes. The results demonstrate that the layout of the platform effectively transmit knowledge in an understandable approach. In the experimental essay, approximately 94% of the chairs met ergonomic requirements, confirming the strategy's effectiveness as an educational resource. This study proposes a digital platform that display information concisely, which aims to facilitate the implementation of ergonomic principles in product design by students.

Keywords: user-centered design, ergonomics, user experience, digital tools, user-computer interaction, mentoring.

Introducción

Los estudiantes y diseñadores industriales suelen enfrentar dificultades para aplicar en rigor los principios ergonómicos en sus trabajos. Tal obstáculo se origina, con frecuencia, en la forma en que la información se presenta de manera técnica, críptica y desde una perspectiva ingenieril que dificulta su apropiación por perfiles creativos en formación. Aunque existe un cúmulo de recursos —libros, manuales y normas— disponibles en formatos físicos y digitales, las estrategias de exploración empleadas por los alumnos, desorganizadas y multidireccionales, entorpecen el filtrado de la documentación relevante (Egaña *et al.* 2013). En particular, material valioso como *The measure of man and woman* (Henry Dreyfuss Associates, 2001), la norma militar estadounidense MIL-STD-1472H (Departamento de Defensa, 2020) y *Human Dimension & Interior Space* (Panero y Zelnik, 1979) demandan una búsqueda focalizada, bagaje cognitivo previo y experticia profesional para interpretarlos y aplicarlos eficazmente.

Acciones como seleccionar la información y plantearla de manera accesible articulan una coyuntura para acercar el conocimiento ergonómico a los estudiantes. En este sentido, las herramientas digitales desempeñan un papel protagónico, ya que agilizan la conectividad a recursos que, de otro modo, serían difíciles de obtener (Sharma, 2022). La facilidad con que se adquiere el bagaje teórico está estrechamente vinculada al grado de complejidad de la información expuesta (Le Heron y Sligo, 2005). En el caso de la ergonomía, si el estudiantado carece de experiencia, puede toparse con una barrera para la aprehensión de nociones. Por ejemplo, al abordar tablas con números y referencias antropométricas sin acotaciones precisas, se ve afectada tanto su capacidad cognitiva como su habilidad resolutive.

Ante este escenario, el estudio describe el desarrollo y la prueba de una plataforma digital de mentoría, concebida para la ergonomía aplicada al diseño industrial. El propósito de la interfaz es simplificar el acceso a la información y proporcionar herramientas que guíen a los estudiantes y diseñadores en la aplicación de principios y metodologías. Según Norman (2013), la facilidad con que el usuario interactúa con un producto o sistema constituye una cualidad medular para un diseño intuitivo. Así, la plataforma funge como un recurso de mentoría más que como una fuente de datos, al ofrecer una estructura sólida y una presentación simplificada que enriquecen la experiencia del interactuante y permiten enfrentar los desafíos ergonómicos en los procesos de diseño (SlideGenius, 2015).

Metodología

La metodología del estudio se divide en cuatro fases:

- 1) Compilación de información.
- 2) Selección y creación de contenido.
- 3) Desarrollo de la plataforma de mentoría.
- 4) Prueba con estudiantes de diseño industrial.

Compilación de información

Se realizó una revisión de guías, tablas y manuales especializados en ergonomía con el objetivo de recopilar información cuantitativa relevante. Los datos recabados, presentados en formatos como tablas, referencias y textos técnicos, corresponden a dimensiones de referencia empleadas en el diseño de objetos. Luego, dichas dimensiones fueron clasificadas en dos grupos:

- 1) **Fijas:** medidas aplicables a todo el rango comprendido entre el percentil 5 femenino y el 95 percentil masculino, como el ancho de pasillos, la altura de sillas o el diámetro de pasamanos.
- 2) **Variables:** rangos del percentil que requieren un análisis más detallado. Por ejemplo, diseñar el alcance de la mano para una gaveta superior implica combinar los extremos del rango antropométrico.

Selección y creación de contenido

Selección de contenido

La información recopilada fue depurada y organizada según su tipo, priorizando la claridad y la utilidad. Se eliminaron redundancias y seleccionaron los datos con menor nivel de tecnicismos. Las imágenes incluidas son esquemáticas y contienen cotas. Asimismo, se estandarizó el empleo del sistema métrico en milímetros, con conversiones a pulgadas cuando fue imperativo. Además, se integraron videos en línea con explicaciones sencillas sobre la ergonomía. El contenido final abarca los aspectos más comunes para el diseño de objetos:

- Dimensiones fijas de mobiliario habitual.
- Espacios mínimos requeridos alrededor del cuerpo para una correcta interacción.
- Alcances del brazo y la mano.
- Rangos visuales.

Creación de contenido

Para el análisis ergonómico, se desarrollaron videos tutoriales que abordan dos escenarios:

- 1) Cuando existen tablas ergonómicas aplicables, pero no dimensiones exactas del objeto.
- 2) Cuando no hay dimensiones ni tablas específicas, y es menester utilizar tablas antropométricas para obtener medidas de referencia.

Desarrollo de la plataforma de mentoría

Tras evaluar diversas opciones de alojamiento gratuito, se eligió el portal WIX para crear la plataforma. La sección de ergonomía fue diseñada para facilitar el acceso a información compleja, y se dividió en tres partes:

- 1) **Entendiendo la ergonomía:** presenta videos de terceros y charlas TED con explicaciones concisas sobre conceptos ergonómicos (Figura 1).

ENTENDIENDO LA ERGONOMÍA

¿Qué es la ergonomía y los factores humanos? Aquí una serie de videos seleccionados para evitar largas búsquedas en internet sin encontrar el adecuado. Estos videos buscan ser una guía para entender los factores humanos y la ergonomía, de lo básico hasta cuestionamientos como la importancia de la participación del usuario para el éxito de un diseño ergonómico. Aún si algunos de estos videos parecen antiguos, la información sigue siendo actual.

Todos los videos están en inglés, es recomendable activar los subtítulos en español.

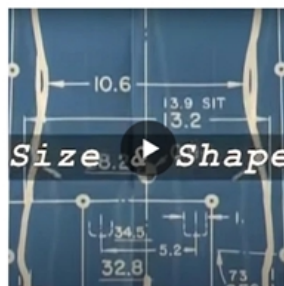


FIGURA 1.

Página *Mi mentor en diseño*, sección: *Entendiendo la ergonomía*.

Fuente: elaboración propia.

- 2) **Información ergonómica:** se reúnen tablas recopiladas de diferentes manuales y normas, organizadas en tres áreas (Figura 2):
 - a) Muebles: diagramas con dimensiones estándar del mobiliario habitual.
 - b) Diseño ergonómico de interfaces y ambientes: información sobre áreas de trabajo, rangos de movimiento corporal, alcance de brazos y manos, así como espacios libres que facilitan la movilidad.

- c) Visibilidad y lectura: parámetros como ángulos de visión, distancias recomendadas para una lectura correcta y tamaños óptimos de tipografía.

INFORMACION ERGONOMICA

Tablas y medidas clasificadas por categorías para acceso simple y sencillo a la información

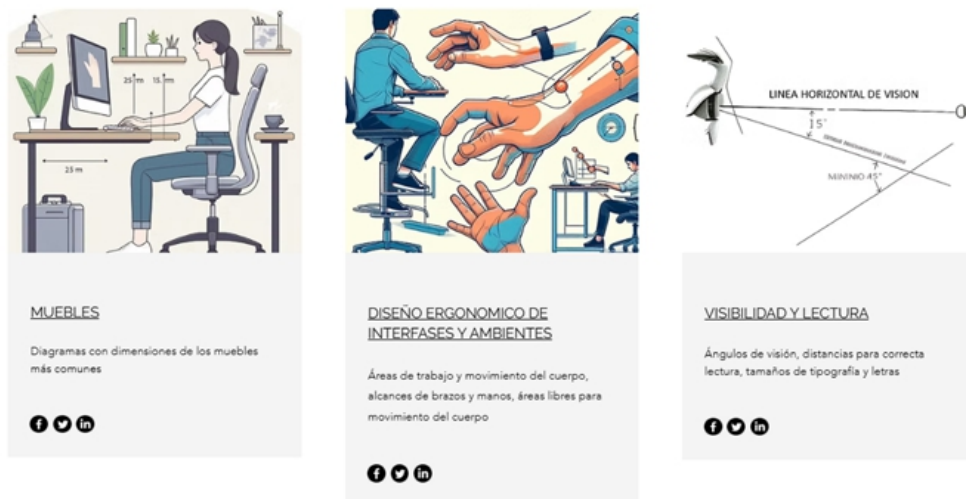


FIGURA 2.

Página Mi mentor en diseño, sección: Información ergonómica.

Fuente: elaboración propia.

- 3) **Tips y recursos:** incluye videos tutoriales para realizar estudios ergonómicos, así como ligas a sitios donde es posible descargar manuales o guías especializadas, como la norma MIL-STD 1472 (Figura 3).

TIPS Y RECURSOS

Ligas a páginas con tablas y normas,

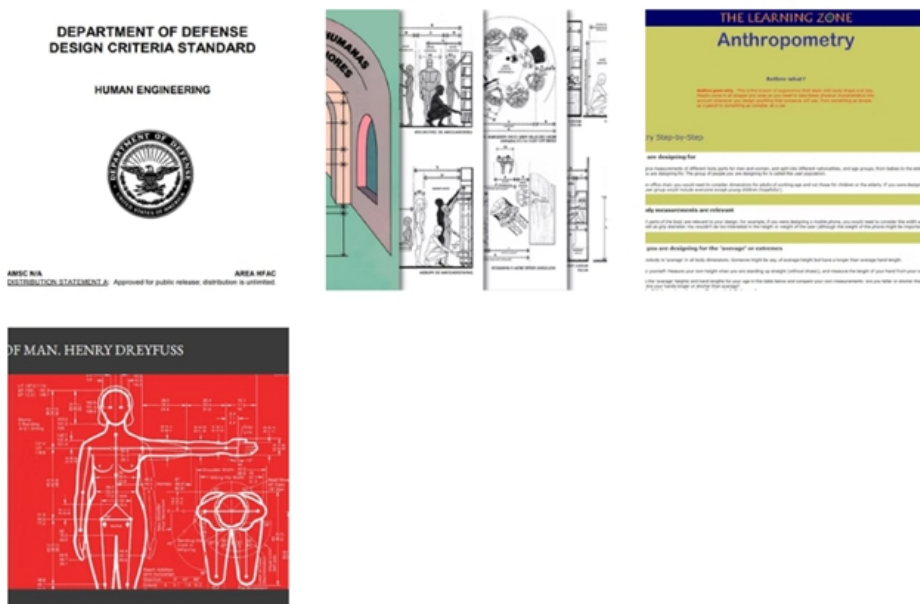


FIGURA 3.

Página Mi mentor en diseño, sección: Tips y recursos.

Fuente: elaboración propia.

Prueba con estudiantes

Para validar la eficacia de la plataforma, se aplicó una prueba a 32 estudiantes de tercer semestre de la Licenciatura en Diseño Industrial de la Universidad Autónoma de Querétaro. La actividad consistió en diseñar una silla utilizando una hoja de madera contrachapada (triplay) de 1.22×2.44 m, con cortes hechos en un *router* de control numérico. Cada alumno eligió a otro como cliente, quien proporcionó los requisitos de diseño —incluidos los ergonómicos— y recibió la silla al finalizar el proceso.

Como parte de la evaluación, se solicitó a los alumnos utilizar la sección de ergonomía de la plataforma para consultar medidas y recomendaciones. Después, se construyó una maqueta a escala con el fin de validar, en primera revisión, la aplicación de los principios ergonómicos y garantizar su implementación en el modelo a tamaño real. Durante esta etapa, se revisaron aspectos como la altura de la silla según su función (trabajo o descanso), el ancho de asiento y de respaldo, la altura y el ángulo del respaldo y asiento, así como —en aplicabilidad— las dimensiones de los descansabrazos (altura, ancho y largo).

Se documentaron, en forma de tabla, algunas muestras aleatorias de la primera revisión en maquetas a escala mediante un criterio de cumple/no cumple. Una vez ratificadas las maquetas, se fabricaron las sillas a tamaño real, las cuales fueron probadas individualmente para evaluar la facilidad para sentarse y levantarse, el apoyo corporal (en glúteos, piernas y espalda), así como la posición de los descansabrazos en los casos aplicables. Además, se valoró la comodidad en relación con las dimensiones y los ángulos del respaldo y asiento.

Resultados

Prueba I

La primera prueba se realizó con estudiantes de la carrera de Diseño Industrial, organizados en diez equipos de seis integrantes, divididos en dos grupos: cinco equipos de control y cinco de validación experimental. Se aplicaron cuestionarios de entrada y salida, análisis del uso de la plataforma de mentoría, y solicitud de reportes ergonómicos por equipo. Cabe destacar que el uso de la plataforma no fue vinculante para efectos de calificación, lo que desembocó en una participación baja e inconsistente, desencadenando datos insuficientes para validar el diseño

y funcionamiento de la herramienta digital. Por ello, esta prueba fue excluida del análisis final.

Prueba II

La segunda prueba involucró al alumnado de tercer semestre de Diseño Industrial. En esta ocasión, el empleo de la herramienta formó parte del proyecto de la materia Taller de Diseño I y se incluyó directamente en la rúbrica de evaluación. La sección de ergonomía contó con los criterios de valoración ilustrados por la Figura 4.

PROYECTO: Silla en triplay, ergonomía Instrucciones: Con base en lo visto en clase, hacer un reporte ergonómico de su silla, usando como guía la página “mi mentor en diseño” con la siguiente liga: Rubrica de evaluación de ergonomía <table> <tr> <th>DIMENSION</th><th>NO CUMPE</th><th>CUMPLE, NO ALINADO AL TIPO DE SILLA</th><th>CUMPLE, ALINEADO AL TIPO DE SILLA</th></tr> <tr> <td>ALTURA DE ASIENTO</td><td>5</td><td>7.5</td><td>10</td></tr> <tr> <td>ANCHO DE ASIENTO</td><td>5</td><td>7.5</td><td>10</td></tr> <tr> <td>PROFUNDIDAD DE ASIENTO</td><td>5</td><td>7.5</td><td>10</td></tr> <tr> <td>ALTURA DE RESPALDO</td><td>5</td><td>7.5</td><td>10</td></tr> <tr> <td>ANULO DE ASIENTO</td><td>5</td><td>7.5</td><td>10</td></tr> <tr> <td>ANGULO DE RESPALDO</td><td>5</td><td>7.5</td><td>10</td></tr> </table> No alineado al tipo de silla significa, por ejemplo, usar medidas de una silla de trabajo para una silla de descanso. Alienado al tipo de silla significa haber usado las medidas correctas según el tipo de silla.				DIMENSION	NO CUMPE	CUMPLE, NO ALINADO AL TIPO DE SILLA	CUMPLE, ALINEADO AL TIPO DE SILLA	ALTURA DE ASIENTO	5	7.5	10	ANCHO DE ASIENTO	5	7.5	10	PROFUNDIDAD DE ASIENTO	5	7.5	10	ALTURA DE RESPALDO	5	7.5	10	ANULO DE ASIENTO	5	7.5	10	ANGULO DE RESPALDO	5	7.5	10
DIMENSION	NO CUMPE	CUMPLE, NO ALINADO AL TIPO DE SILLA	CUMPLE, ALINEADO AL TIPO DE SILLA																												
ALTURA DE ASIENTO	5	7.5	10																												
ANCHO DE ASIENTO	5	7.5	10																												
PROFUNDIDAD DE ASIENTO	5	7.5	10																												
ALTURA DE RESPALDO	5	7.5	10																												
ANULO DE ASIENTO	5	7.5	10																												
ANGULO DE RESPALDO	5	7.5	10																												

FIGURA 4.
 Rúbrica de evaluación de ergonomía.
 Fuente: elaboración propia.

El ejercicio contó con la participación de 32 estudiantes, cada uno responsable del diseño y fabricación de una silla, sumando un total de 32 prototipos (Figura 5).



FIGURA 5.
 Diseño final de las sillas desarrolladas por los estudiantes.
 Fuente: elaboración propia.

Evaluación del diseño

De las 32 sillas diseñadas, 30 cumplieron plenamente con los criterios ergonómicos, mientras que dos lo hicieron de manera parcial. Se seleccionó un muestreo de seis sillas para su verificación dimensional, con un flexómetro como instrumento de medición (Tabla 1).

TABLA 1.
Valoración aleatoria de cumplimiento ergonómico en diseño de silla. Fuente: elaboración propia.

DIMENSIÓN	SILLA 1	SILLA 2	SILLA 3	SILLA 4	SILLA 5	SILLA 6
Altura de asiento	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Ancho de asiento	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Profundidad asiento	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple
Altura de respaldo	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Ángulo de asiento	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Ángulo de respaldo	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Por otro lado, se organizó una evaluación cualitativa durante la presentación de proyectos, donde personas de distintas estaturas probaron cada una de las sillas para valorar su percepción de confort. De las 32 sillas, 30 obtuvieron cali-ficaciones positivas, puesto que generaron una sensación de comodidad entre los usuarios (Tabla 2).

TABLA 2.
Valoración de sensación de confort en diseño de silla. Fuente: elaboración propia.

¿SE SIENTE CONFORTABLE?																																		
IDENTIFICADOR DE SILLA																																		
Persona	Estatura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
1	1.60	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	P	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2	1.84	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	P	✓	✓
3	1.68	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	P	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	P	✓	✓	✓	✓
P = Parcialmente																																		

Con el objetivo de evaluar la herramienta, se solicitó a los estudiantes compar-tir de manera anónima sus comentarios sobre la experiencia de uso, los puntos fuertes de la plataforma y las áreas susceptibles de mejora. En su mayoría, las

respuestas fueron positivas, sobre todo en cuanto a la facilidad de interacción, la claridad en la información y la utilidad del contenido presentado (Figura 6).

FIGURA 6.

Respuestas de alumnos, palabras positivas más mencionadas.

Fuente: elaboración propia.

INSPIRADORA FACIL DE USAR
INFORMACIÓN CLARA
ENCONTRÉ RAPIDO
 UTIL PRACTICA
 SENCILLA ME GUSTÓ

Respecto a las áreas de mejora, los participantes señalaron dificultades en la navegación desde dispositivos móviles, puesto que el diseño de la página exige mucho desplazamiento vertical, tanto hacia abajo como hacia arriba —*scroll*— (Figura 7).

FIGURA 7.

Respuestas de alumnos, palabras negativas más mencionadas.

Fuente: elaboración propia.

MEJORAR LA ESTÉTICA
 TARDA EN CARGAR
HAY QUE SUBIR Y BAJAR MUCHO
DIFICULTAD DE NAVGACION
NO APTA PARA CELULAR
 ES FÁCIL PERDERSE

Conclusiones

Los datos recabados en la segunda prueba indican que la herramienta digital obtuvo un impacto positivo en el proceso de diseño, al facilitar la comprensión y aplicación de conceptos ergonómicos. El alto porcentaje de satisfacción de los requerimientos sugiere que los estudiantes lograron incorporar la información organizada en la plataforma dentro de sus decisiones proyectuales (Norman, 2013). La aplicación de la herramienta favoreció el acceso a los contenidos y la asimilación de una metodología de trabajo centrada en la ergonomía y derivó en una experiencia de aprendizaje significativa. Asimismo, se constató la capacidad del

alumnado para interpretar nociones y parámetros que, de otro modo, resultarían más confusos sin la asistencia digital (Nielsen, 1993).

Dentro del sistema de evaluación académica subyace la importancia de reforzar recursos digitales a fin de incentivar un uso más activo y consciente por parte del estudiantado. Bajo esa premisa, en comparación con otras fuentes existentes sobre ergonomía —a menudo alojadas en páginas universitarias, con lenguaje técnico y estructuras complejas—, la plataforma destaca por su vocabulario accesible, transparencia en el despliegue de información y practicidad. Tales características fueron validadas en los resultados ergonómicos de los prototipos y en la retroalimentación positiva de los usuarios.

Pese a los resultados favorables, la retroalimentación cualitativa también señaló áreas de oportunidad en la interfaz de usuario, enfatizando la optimización de la experiencia de navegación en aras de mejorar el aprendizaje digital (Buxton, 2007; Moggridge, 2006). En conclusión, se devela como proyección futura fortalecer la operatividad mediante la adaptación del diseño y la estructura de la plataforma a los hábitos y expectativas de los alumnos (Nielsen, 1993).

La presente demuestra que las herramientas digitales de mentoría pueden constituir una aportación angular a los métodos tradicionales de enseñanza en áreas técnicas, donde comprender el conocimiento requiere un tratamiento previo de interpretación y valoración. El desempeño de los estudiantes demostró que es viable incorporar en el currículo académico este tipo de interfaz en búsqueda de potenciar el aprendizaje mediante recursos accesibles, constantes y remotos. En cuanto a la retroalimentación recibida sobre la plataforma, se señaló que mejorar su atractivo y dinamismo podría incrementar el interés de los alumnos. En futuras investigaciones, resultaría pertinente explorar cómo enriquecer la experiencia del usuario, es decir, mejorar la interacción con la plataforma digital, en pos de ofrecer una práctica superior de mentoría.

Referencias

- Buxton, B. (2007). *Sketching user experiences: getting the design right and the right design*. Morgan Kaufmann.
- Departamento de Defensa (2020). MIL-STD-1472H: *Department of Defense design criteria standard: Human engineering (15-SEP-2020)*. EverySpec. http://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1400-1499/MIL-STD-1472H_57041/
- Egaña, T., Bidegain, E. y Zuberogoitia, A. (2013). ¿Cómo buscan información académica en Internet los estudiantes universitarios? Lo que dicen los estudiantes y sus profesores. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (43). <https://doi.org/10.21556/edutec.2013.43.332>
- Henry Dreyfuss Associates (2001). *The measure of man and woman: human factors in design*. Wiley.
- Le Heron, J. y Sligo, F. (2005). Acquisition of simple and complex knowledge: a knowledge gap perspective. *Educational Technology & Society*, 8(2), 190-202. <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.8.2.190>
- Moggridge, B. (2006). *Designing interactions*. The MIT Press.
- Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
- Norman, D. (2013). *The design of everyday things*. Basic Books.
- Panero, J. y Zelnik, M. (1979). *Human dimension and interior space. A source book of design reference standards*. Watson-Guptill Publications.
- Sharma, B. P. (2022). Digital tools in art education: from expanding creative horizons and facilitating collaboration to increasing access and resources for a diverse student population. *Applied Research in Artificial Intelligence and Cloud Computing*, 5(1), 55-65. https://www.researchgate.net/publication/368288626_Digital_Tools_in_Art_Education_From_Expanding_Creative_Horizons_and_Facilitating_Collaboration_to_Increasing_Access_and_Resources_for_a_Diverse_Student_Population
- SlideGenius (2015). *4 tips to make your presentation clear and concise*. <https://www.slidegenius.com/blog/4-tips-to-make-your-presentation-clear-and-concise>

Eficiencia energética en viviendas urbanas: hacia la sostenibilidad de la alcaldía Benito Juárez, CDMX

Energy efficiency in urban housing: towards the sustainability of the Benito Juarez district, CDMX

 Dulce María Vázquez Hernández^{1*}

 Daniel Alejandro Olvera Sule²

¹Universidad Nacional Rosario
Castellanos, Ciudad de México,
México

²Universidad Nacional Autónoma
de México, Ciudad de México,
México

*20222mccb01@rcastellanos.cdmx.gob.mx

05

¿CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO?

Vázquez Hernández, D. M. y Olvera Sule, D. A. (2025). Eficiencia energética en viviendas urbanas: hacia la sostenibilidad de la alcaldía Benito Juárez, CDMX. *SketchIN*, 7(13), 64-78.

Resumen

El sector de la edificación es uno de los emisores principales de gases de efecto invernadero (GEI) en México, pues representa alrededor del 12 % a nivel nacional. En la alcaldía Benito Juárez (ABJ), el crecimiento urbano ha incrementado las emisiones a causa de la proliferación de los edificios habitacionales verticales. La presente investigación analiza estrategias de eficiencia energética compatibles con dichos inmuebles, enfocándose en tecnologías accesibles, sostenibles y con alto impacto ambiental. La metodología incluyó una revisión documental y un análisis de los programas existentes, así como encuestas a profesionales del sector. Las tecnologías reconocidas como más efectivas y viables fueron: paneles y calentadores solares, aislamiento térmico, impermeabilizantes reflectantes y luminarias ahorradoras LED. También destacaron medidas complementarias, tales como el mantenimiento preventivo

de bombas de agua y el control inteligente de elevadores. El estudio enfatiza los desafíos técnicos y logísticos, como la compatibilidad estructural, las condiciones climáticas y la necesidad de infraestructura adecuada. Pese a los obstáculos, se constató que algunas ecotecnologías pueden reducir el consumo energético hasta en un 85 % y las emisiones de CO₂ entre un 10 y 90 %. Las políticas públicas como la certificación EcoCasa y el Programa de Ordenamiento Territorial han contribuido al desarrollo urbano sostenible. No obstante, es imprescindible fortalecer los incentivos económicos y la educación ambiental para una adopción más amplia. En suma, una transición energética en la ABJ demanda una combinación de tecnología, normatividad y participación ciudadana para convertir los edificios en espacios resilientes y sostenibles acorde con los objetivos del desarrollo urbano y ambiental.

Palabras clave: ecotecnias, edificaciones verticales, eficiencia energética, emisiones de CO₂, tecnologías sostenibles, transición urbana.

Abstract

The construction sector is a significant emitter of greenhouse gas (GHG) in Mexico, which accounts for approximately 12% of the national total. In the Benito Juárez district, urban growth has increased emissions due to the expansion of vertical residential buildings. This research analyzes energy efficiency strategies applicable to these structures, emphasizing accessible, sustainable technologies with a high environmental impact. The methodology entailed documentary review, analysis of available programs, and surveys to construction professionals. The solutions identified as most effective and feasible were: solar cells and water heaters, thermal insulation, reflective waterproof coatings, and LED lightbulbs. Some other complementary measures were also highlighted, such as preventive maintenance of water pumps and smart elevator control systems.

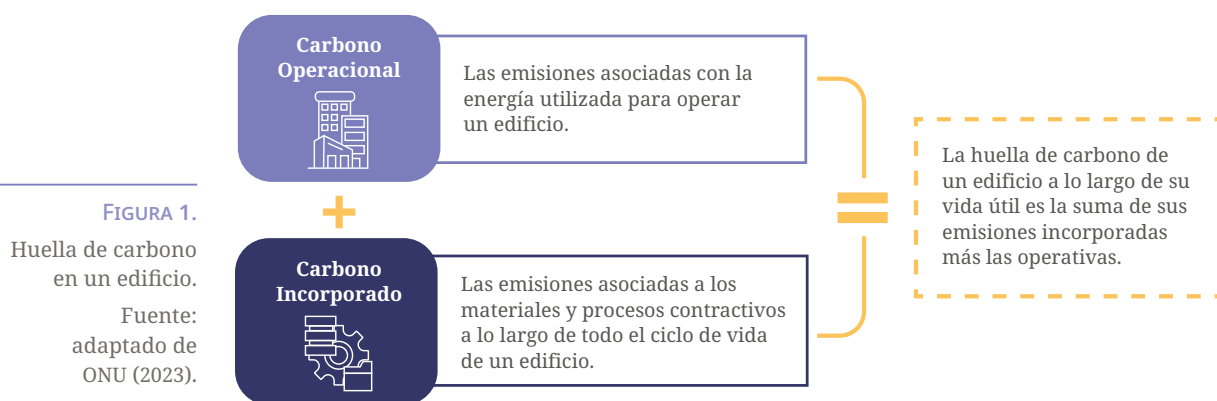
The study acknowledges technical and logistical challenges, specifically structural compatibility, climatic conditions, and the need for adequate infrastructure. In the face of these obstacles, some eco-technologies were proven to reduce energy consumption up to 85% and CO₂ emissions between 10 and 90%. Some public policies, such as the EcoCasa system and the Territorial Planning Program have provided for a sustainable urbanistic development. Nevertheless, it is necessary to strengthen economic incentives and environmental education to usher broader adoption. In conclusion, the energy management in the Benito Juárez district requires a holistic approach based on technology, regulation, and a proactive population to transform buildings into resilient, sustainable spaces aligned with environmental and urban development goals.

Keywords: eco-technologies, vertical buildings, energy efficiency, CO₂ emissions, sustainable technologies, urban transition.

Introducción

El sector de la edificación es uno de los mayores consumidores de energía y emisores de gases de efecto invernadero (GEI) en el mundo debido a su alta dependencia eléctrica (ONU, 2023). La Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) estima que los edificios comerciales, residenciales y públicos consumen entre el 30 y 40 % de la energía y son responsables de entre 25 y 35 % de las emisiones de GEI a nivel mundial (Gobierno de CDMX, 2019). En México, se estima que las edificaciones consumen aproximadamente el 18 % de la energía del país y generan cerca del 12 % de los GEI (WRI, 2019).

El crecimiento urbano desorganizado representa una problemática en la Ciudad de México (CDMX), al igual que en otras zonas urbanizadas del país. Impulsado por la creciente demanda habitacional, el fenómeno ha llegado a generar una presión significativa sobre el desempeño de los servicios públicos, además de impactos negativos, como contaminación, visual y acústica, del aire, agua y suelo (Luiselli Fernández, 2019). Aunque las edificaciones habitacionales verticales se presentan como una solución para optimizar el espacio al albergar a más personas (Alvarado Noriega, 2021), este tipo de desarrollos aumenta el consumo energético. Como se esquematiza en la Figura 1, la huella de carbono de un edificio es la suma de sus emisiones operativas más las incorporadas, por lo que los modelos de construcción actuales deben evolucionar hacia diseños con mayor eficiencia energética que tomen en cuenta ambos conceptos.



La construcción, mantenimiento y operación de edificios representan el 38 % de las emisiones mundiales de CO₂ relacionadas con la energía (ONU, 2023). Ante los desafíos ambientales, las edificaciones sustentables inspiradas en la naturaleza, con arquitectura bioclimática, sistemas de captación solar, instalaciones eléctricas ahorradoras y espacios verdes verticales, emergen como alternativas clave para reducir el consumo energético y la huella de carbono (Valderrama Morales, 2016).

De acuerdo con la IEA, el éxito desde la perspectiva de la eficiencia energética de estas iniciativas radica en la adopción de tecnologías avanzadas y en la promoción de estrategias educativas que fomenten un uso consciente de los espacios habitables (Guillén Mena *et al.*, 2015). En ese sentido, es fundamental actualizar los códigos de construcción hacia la mejora de la eficiencia energética, como ocurrió en Mendoza, Argentina (Balter, 2015), donde los cambios en los códigos de construcción y simulaciones optimizaron el desempeño ambiental y energético de los edificios verticales.

En este contexto, urge implementar estrategias de eficiencia energética en edificios habitacionales para minimizar el impacto del cambio climático. La presente investigación busca describir propuestas de modernización y tácticas sostenibles para dichas edificaciones, con el objetivo de promover el desarrollo urbano sostenible en la alcaldía Benito Juárez (ABJ) de CDMX.

Desarrollo

Estrategia de análisis

La investigación se desarrolló en tres etapas; en primer instancia se consultaron acervos como el del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Global Covenant of Mayors for Climate & Energy y el Registro Único de Vivienda (RUV), entre otras. Se seleccionó información poblacional, de tipologías de vivienda y de consumo energético en la ABJ. Posteriormente, se revisaron datos sobre población y vivienda, así como de generación de emisiones de dióxido de carbono en la zona de estudio (Gobierno de CDMX, 2025).

En segunda, con base en los planteamientos de Tena y Rivas (1995), se analizaron las acciones y estrategias urbanísticas de eficiencia energética en México. Se revisaron programas implementados en edificaciones de vivienda vertical, de 2010 a la fecha, con el propósito de identificar qué planes de mitigación del cambio climático se han llevado a cabo y evaluar su viabilidad y resultados.

Por último, se diseñó e implementó una encuesta referente a la efectividad de diferentes medidas de eficiencia energética, dirigida a mipymes y profesionales del sector de la construcción, cuyas identidades se mantienen reservadas. Del mismo modo, se consultó a instituciones como Sustentabilidad para México y la Asociación Mexicana del Edificio Inteligente y Sustentable A. C. para identificar medidas de eficiencia energética desde la perspectiva de efectividad, factibilidad técnica, costos y beneficios ambientales. Después la información fue procesada por medio

de la matriz de Velázquez Sánchez y Meléndez García (2023), a fin de jerarquizar por facilidad de implementación la factibilidad técnica, costos e impactos potenciales de cada medida.

Área de estudio

La ABJ de la CDMX (Figura 2), abarca una superficie de 2663 hectáreas, equivalente al 1.81 % del territorio central de la ciudad. Entre 2000 y 2020, experimentó un crecimiento poblacional del 20 %, alcanzando en 2020 un total de 434 153 habitantes (INEGI, 2000, 2010, 2020). La alcaldía es un afianzamiento urbano con inmuebles dedicados, en especial, a oficinas y comercio, en su mayoría por su ubicación céntrica y accesibilidad de servicios. Sin embargo, esa misma realidad ha generado la consolidación de torres departamentales de lujo, que han desplazado gradualmente las viviendas unifamiliares y vecindades.

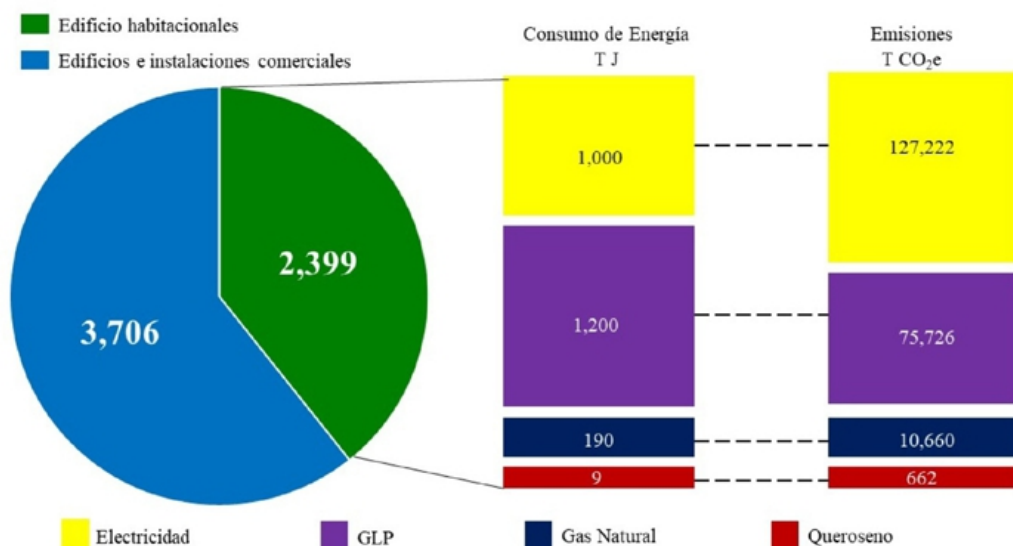


FIGURA 2.
Ubicación de la
alcaldía Benito Juárez.
Fuente: IPN (s. f.).

En 2010, se registró un incremento significativo en el número de departamentos en edificios, con 239 738 unidades, más de tres veces la cantidad reportada en 2000 (72 439). No obstante, para 2020, la actividad sísmica y las dinámicas de urbanización redujeron este número a 113 264, lo que significó una disminución del 52.75 % (INEGI, 2000, 2010, 2020).

Por otra parte, la inadecuada planeación urbana ha generado impactos sociales, económicos y ambientales en la ABJ. Se registraron en 2016 un total de 3 145 063 toneladas de CO₂e, de las cuales el 18.7 % correspondió al sector de edificios (Global Covenant, 2016). Como se presenta en la Figura 3, las edificaciones de uso habitacional son responsables del 36 % de las emisiones de CO₂e del sector (214 270 t); el consumo de energía eléctrica representa la principal fuente de estas emisiones 127 222 t CO₂e (22 %).

FIGURA 3.
Consumo de energía en edificios en la alcaldía Benito Juárez.
Fuente: adaptado de Global Covenant (2016).



Aspectos institucionales hacia la eficiencia energética en edificaciones

El Estado mexicano fijó como objetivo generar por lo menos el 35 % de su energía a partir de fuentes alternativas a los combustibles fósiles para finales de 2024; sin embargo, en 2023, solo alcanzó el 22 % (SENER, 2024). Ante este desafío, y conforme a las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés), es imperativo aminorar emisiones mediante estrategias como la regulación de la eficiencia energética en edificios (ONU, 2015).

Diversas iniciativas promueven las tecnologías y sistemas constructivos sostenibles para optimizar el consumo energético; una de ellas es la edificación de viviendas

verticales de departamentos de 60 m² o menos. En la CDMX, entre 2020 y 2023, el 99.96 % de las viviendas construidas fueron verticales, por lo que la huella ambiental se redujo en el ámbito de uso de suelo (INFONAVIT, 2024). Asimismo, a fin de cumplir con el Acuerdo de París, la Sociedad Hipotecaria Federal ha instaurado programas como las certificaciones *EcoCasa*, que evalúan la eficiencia energética y el consumo hídrico, al igual que la huella de carbono de las viviendas con el objetivo de disminuir al menos un 20 % de las emisiones de CO₂ (Gobierno de México, 2025).

En CDMX, la Dirección General de Desarrollo y Sustentabilidad Energética impulsó en 2019 la Política Energética Sustentable 2019-2024, enfocada en el empleo de energías renovables, la eficiencia en el consumo energético y la demanda eléctrica (Gobierno de CDMX, 2019). De manera semejante, se estableció el Proyecto del Programa General de Ordenamiento Territorial, que promueve el uso de ecotecias, la construcción de infraestructura verde y la articulación de funciones ecológicas entre suelos de conservación rurales y urbanos. Acciones compensatorias como estas han fomentado alternativas sostenibles desde los sectores económico, social y cultural, atenuando la huella de carbono en viviendas y edificios habitacionales (Gobierno de CDMX, 2019).

La edificación de inmuebles en zonas urbanas mexicanas se ciñe a la Ley de Planeación Urbana, la Ley General de Asentamientos Humanos y Ordenación del Territorio y sus respectivas Normas Oficiales Mexicanas. Las entidades federativas cuentan con una dependencia estatal específica encargada de emitir los permisos necesarios para la construcción. En la Ciudad de México, es la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI). Por medio de instrumentos de planeación y gestión, la SEDUVI promueve el desarrollo urbano enfocado en la generación de viviendas dignas, observando los objetivos de sostenibilidad y ordenamiento territorial (Gobierno de CDMX, 2025).

Propuestas de transición energética sostenible en edificios habitacionales de la ABJ

El análisis realizado en la presente investigación se centra en tecnologías y materiales innovadores accesibles y asequibles. Según la encuesta aplicada, las tecnologías clave para mejorar la eficiencia energética y reducir emisiones en edificios habitacionales existentes incluyen paneles solares para la generación eléctrica y calefacción de agua, iluminación LED, sistemas inteligentes de control energético, materiales aislantes y ventilación pasiva.

En el ámbito de tecnologías más accesibles, se destacan los impermeabilizantes reflectantes, el aislamiento térmico y los dispositivos ahorradores de energía, así como los calentadores y paneles solares (Tabla 1). Su implementación representa un paso crucial para disminuir las emisiones de carbono y optimizar el consumo energético en el sector habitacional. En cambio, las tecnologías sofisticadas están sujetas a barreras financieras, logísticas y operacionales que obstaculizan la adquisición de unidades a escala masiva. De igual forma sucede con los sistemas de bombeo de agua y elevadores, caracterizados por los altos consumos de energía y desafíos como la inversión significativa y el reacondicionamiento de los complejos. Sin embargo, existen estrategias de eficiencia energética más asequibles que contribuyen a la sostenibilidad ambiental y la modernización del entorno urbano. En cuanto a la mejora del desempeño de sistemas de bombeo de agua se encuentran disponibles las siguientes opciones:

- Los variadores de velocidad posibilitan el ajuste de la potencia según la demanda real, evitando el funcionamiento a máxima capacidad cuando es innecesario.
- El mantenimiento preventivo, las inspecciones periódicas y la limpieza de sistemas de bombeo, tuberías y filtros garantiza un funcionamiento eficiente, evitando las pérdidas de energía por desgaste, obstrucciones o fugas en el sistema.

En lo que concierne a la modernización de elevadores:

- Los sistemas de tracción regenerativa recuperan, almacenan y permiten reutilizar la energía generada durante el descenso, lo que reduce el consumo total del edificio.
- El control inteligente de operaciones optimiza las rutas y agrupa las solicitudes de usuarios, minimizando los recorridos innecesarios.

TABLA 1.

Costos de ecotecnias en la Ciudad de México.

TECNOLOGÍA	COSTO
Aislamiento térmico	31.20 USD por m ² (sin mano de obra).
Paneles solares	Varían entre 202.69 y 2875.71 USD (suministro e instalación completa).
Calentadores solares con capacidad para 150 litros (tres regaderas)	Entre 207.20 y 906.44 USD.
Impermeabilizantes reflectantes	Entre 5.37 y 7.83 USD por m ² (incluye limpieza, materiales y aplicación).

TECNOLOGÍA	COSTO
Luminarias ahorradoras	Luminarias LED interiores: 13.39 a 27.68 USD. Reflectores LED exteriores: 13.91 a 52.95 USD.

Nota: cotizado en moneda mexicana y convertido en dólares; al cierre de mayo de 2025, 1 USD = 19.23 MXN. Elaboración propia con información obtenida de cotizaciones realizadas por el INFONAVIT (2024). El costo de los materiales y tecnologías depende de sus características específicas y el proveedor.

La transición hacia viviendas más sostenibles enfrenta desafíos técnicos y logísticos agrupados en cuatro categorías:

- **Condiciones estructurales y arquitectónicas:** la implementación de tecnologías como paneles solares requiere espacios adecuados y estructuras seguras que soporten el peso adicional.
- **Factores climáticos y geográficos:** la eficiencia de ecotecnologías, como paneles solares, depende de varias condiciones específicas, como una alta radiación solar.
- **Infraestructura compatible:** muchas construcciones carecen de sistemas que faciliten la integración de estas tecnologías.
- **Mantenimiento y durabilidad:** la tecnología avanzada requiere de mantenimiento periódico, especializado y costoso.

Según la encuesta realizada, sustentada en la escala de eficacia de Schalock *et al.* (2015), los dispositivos ahorradores alcanzaron una alta calificación (5/6) gracias a su facilidad de implementación; por el contrario, los paneles solares obtuvieron una calificación baja (1.9/6) dada su complejidad técnica. Entonces, urgen estrategias que combinen las tecnologías accesibles con la capacitación técnica y los incentivos económicos para impulsar la adopción de soluciones más avanzadas en edificaciones verticales.

El consumo de energía en la ABJ es de 42 615 TJ, considerando edificios y transporte (Global Covenant, 2016); en adición, se registra un nivel promedio de radiación solar de 5.3 kWh/m², que varía según la estación del año. Ahora bien, el rendimiento de los sistemas solares depende de la calidad de la radiación solar, la presencia de sombras, las condiciones climáticas, el mantenimiento de las instalaciones, la contaminación y la temperatura ambiental. Cabe señalar que la falta de una jerarquía estructural entre las viviendas en esta área genera desafíos adicionales, ya que algunos son cubiertos por edificaciones de mayor altura, lo que reduce la exposición solar. Dichas diferencias influyen directamente en las capacidades individuales de los edificios para reducir el consumo energético. Por ello, es esencial evaluar de manera individual las características arquitectónicas y estructurales de cada inmueble (Figura 4).

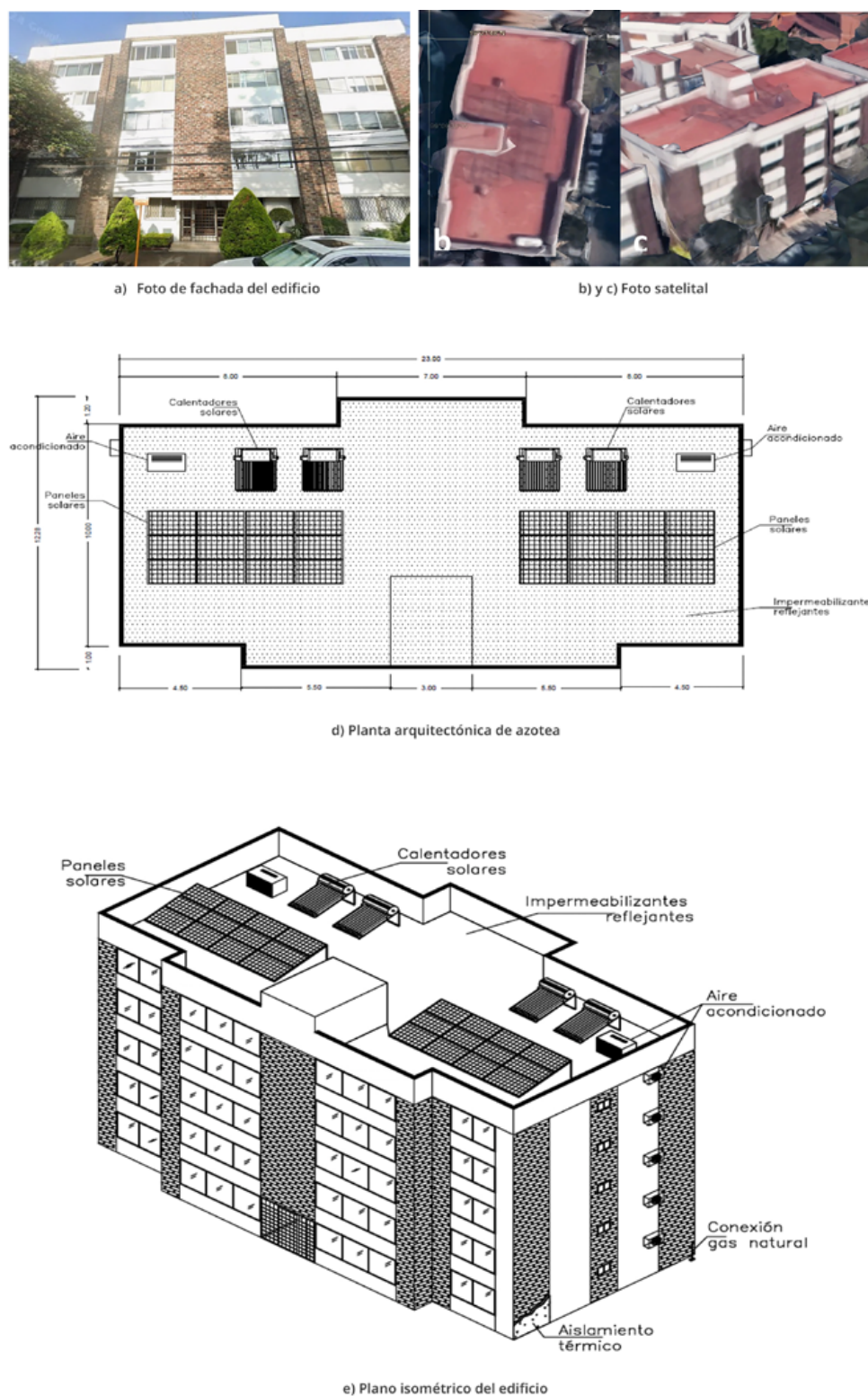


FIGURA 4.

Edificio en ABJ con propuestas de ecotecnologías aplicadas: departamentos entre av. Popocatepetl y prol. Uxmal en ABJ.

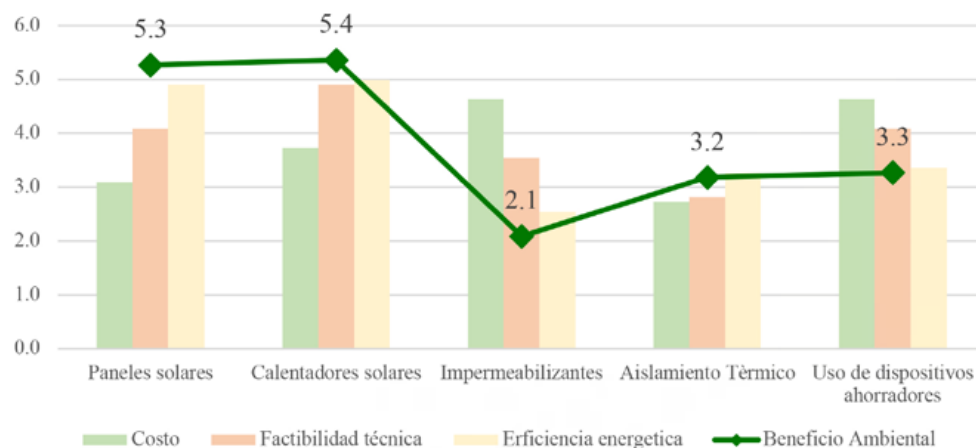
Fuente: elaboración propia.

Conforme con las consultas realizadas a empresas y profesionales de la construcción, los paneles y calentadores solares son las tecnologías con mayores beneficios en la reducción de GEI (Figura 5). Los paneles solares, por ejemplo, pueden disminuir las emisiones hasta 12 veces respecto del uso de gas natural. Por su parte, los calentadores solares permiten reducir el consumo de energía de fuentes fósiles en los hogares entre un 60 y 80 %.

FIGURA 5.

Calificaciones de tecnologías según sus beneficios ambientales.

Fuente: elaboración propia.



Los dispositivos ahorradores ocupan el tercer lugar en cuanto a beneficio ambiental: equipos y luminarias de bajo consumo. Al adquirirlos, es importante prestar atención a su clasificación energética, la cual se indica por un etiquetado que va de A (la mejor calificación) a G (la peor) (DMA CCOO-Aragón, 2004). Además, es crucial evaluar las necesidades específicas del usuario y el uso que se dará al dispositivo para maximizar su eficiencia ambiental y energética.

El aislamiento térmico es otra tecnología destacada por su capacidad para reducir la pérdida de energía, pues disminuye la dependencia de dispositivos como calefactores y aires acondicionados. No obstante, su instalación resulta más eficiente cuando es incorporada en la etapa de construcción del edificio (Añazco Serrano, 2024). En cuanto a los impermeabilizantes, aunque su propósito es evitar el paso de agua y humedad, también actúan como un método eficaz de aislamiento térmico. Instalados en la fachada exterior, mejoran la capacidad de las paredes para acumular calor, disminuyendo el gasto de energía. Además, no requieren espacio útil del inmueble, lo que los convierte en una alternativa práctica para optimizar la eficiencia energética de los edificios. Es clave señalar que la eficiencia energética y la reducción de emisiones de GEI de cada tecnología difieren según su tipo, las condiciones de su uso y el entorno donde se implementen. A continuación, se detallan los impactos específicos de cada una de estas tecnologías.

- **Aislamiento térmico:** reduce entre un 20 y un 40 % la demanda de energía para calefacción y enfriamiento al mantener estable la temperatura interna. El sistema también ayuda a disminuir entre 15 y 25 % de las emisiones de CO₂ relacionadas con el consumo energético (Chavarry Vallejos *et al.*, 2023).
- **Paneles solares:** generan energía eléctrica limpia, cubriendo entre un 30 y 100 % de las necesidades energéticas de una vivienda, dependiendo del tamaño del sistema y la radiación solar disponible (Contreras *et al.*, 2022).

Cada vez que se produce un kilovatio-hora por medio de paneles solares, se evita aproximadamente 0.4 kg de CO₂; esta reducción puede significar entre un 60 y 90 % de disminución anual en emisiones para una vivienda promedio (Cerezo Lara, 2023).

- **Calentadores solares:** reducen entre un 60 y un 80 % el consumo de gas o electricidad utilizados para calentar agua (CONUEE, 2014). Evitan la emisión de hasta una tonelada de CO₂ al año por calentador, dependiendo del combustible reemplazado (CONUEE, 2014).
- **Impermeabilizantes reflectantes:** aminora entre un 5 y 15 % la temperatura interna de los edificios al reflejar la radiación solar, lo que disminuye la necesidad de aire acondicionado (Cárdenas Reyes, 2014). La menor demanda de energía para enfriamiento puede traducirse en una reducción del 10 al 20 % de las emisiones GEI relacionadas con el consumo eléctrico en climas cálidos (Confederación Suiza, 2023).
- **Luminarias ahorradoras:** consumen hasta un 85 % menos energía que las bombillas incandescentes y tienen una vida útil hasta 25 veces mayor (Romero Huerta *et al.*, 2024). Por cada 1000 kWh ahorrados al año (aproximadamente 50 luminarias LED reemplazadas), se logra evitar la emisión de 400 kg de CO₂, dependiendo de la fuente de energía utilizada (DMA CCOO-Aragón, 2004).

En la ABJ, el crecimiento urbano plantea oportunidades y desafíos para la sostenibilidad y la eficiencia energética. La implementación de las estrategias descritas anteriormente ayudará a mitigar los problemas ambientales causados por el consumo excesivo de los recursos, como el gas o la electricidad, a medida que la Alcaldía continúa desarrollándose. Si bien estas tecnologías disminuyen la huella ambiental, también tienen efectos positivos sobre la economía y la vida de los habitantes, lo que conduce a un equilibrio entre muchas áreas, promoviendo la resiliencia y el desarrollo activo.

TABLA 2.

Resumen de impacto en eficiencia energética de tecnologías con la radiación solar recibida en la ABJ. Fuente: adaptado de Carpio Guerrero *et al.* (2025).

TECNOLOGÍA	REDUCCIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO	REDUCCIÓN ESTIMADA DE EMISIONES DE CO ₂
Aislamiento térmico	20 - 40 %	15 - 25 %
Paneles solares	30 - 100 %	60 - 90 %
Calentadores solares	60 - 80 %	Hasta 1 tonelada de CO ₂ por año

TECNOLOGÍA	REDUCCIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO	REDUCCIÓN ESTIMADA DE EMISIONES DE CO ₂
Impermeabilizantes reflectantes	5 - 15 %	10 - 20 %
Luminarias LED ahorradoras	Hasta 85 %	400 kg CO ₂ /1000 kWh ahorrados

La responsabilidad ambiental de los edificios habitacionales en la ABJ representa un tema prioritario, debido a su alta densidad poblacional y al envejecimiento de muchas de sus construcciones. La implementación de dichas estrategias facilita transformar los edificios en espacios sostenibles, funcionales y económicos, que se alineen con las necesidades de los usuarios y los objetivos globales de sostenibilidad. Así se contribuye a la calidad de vida en los entornos urbanos dinámicos como el de la ABJ, y ofrece un modelo replicable en otras localidades, siempre que se consideren el estatus económico, las características geográficas y las particularidades sociales de cada región.

Conclusión

La adopción de tecnologías sostenibles, como paneles y calentadores solares, aislamiento térmico, impermeabilizantes y dispositivos ahorradores, es clave para mejorar la eficiencia energética en la ABJ. Con base en las políticas públicas adecuadas, el cumplimiento del Acuerdo de París, y una planificación urbana sostenible, se disminuye el impacto ambiental, y se promueve un entorno urbano más habitable y resiliente.

La integración de estas tecnologías dentro de un modelo de economía verde resulta en un bienestar humano mejor y más equitativo, reduciendo de forma significativa las amenazas ambientales y la escasez ecológica (ONU, 2018). El desarrollo de construcciones sostenibles resulta esencial para fortalecer la resiliencia urbana y el desarrollo habitacional. En tal sentido, estas medidas ayudan a mitigar los desafíos del crecimiento urbano al disminuir el consumo de energía y las emisiones de GEI.

Por último, existen limitaciones relacionadas con el costo inicial de las tecnologías y el acceso a ellas, así como la necesidad de sensibilización y educación ciudadana para lograr su implementación efectiva. Sin embargo, la implementación de soluciones energéticas sostenibles es crucial para garantizar un futuro eficiente y ecológico que beneficie a las generaciones actuales y futuras.

Agradecimientos

El presente trabajo se realizó en el marco del programa de Doctorado en Ciencias de la Sustentabilidad de la Universidad Nacional Rosario Castellanos, con el propósito de obtener el grado correspondiente.

Referencias

- Alvarado Noriega, A. C. (2021). *La edificación vertical como solución a la vivienda en la Ciudad de Hermosillo, Sonora* [Tesis de maestría, Universidad de Sonora]. <https://maestria-dicym.unison.mx/wp-content/uploads/2021/12/V5.0-La-edificacion-vertical-como-solucion-a-la-vivienda-en-la-ciudad-de-Hermosillo-1.pdf>
- Añazco Serrano, K. (2024). *Passivhaus: La construcción del futuro* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica de Cataluña]. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/417628/Mem%20c3%b2ria_AnazcoKelvinRigoberto.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Balter, J. (2015). *Sustentabilidad de edificios en altura en ciudades-oasis. Características arquitectónicas y ambientales para el caso de la ciudad de Mendoza* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de La Plata]. <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/69597/Tesis.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cárdenas Reyes, S. A. (2014). *Evaluación del desempeño térmico de un techo verde y su efecto de aislamiento sobre la impermeabilización en cubiertas* [Tesis de licenciatura, Universidad de los Andes]. <https://hdl.handle.net/1992/16893>
- Carpio Guerrero, H. E., Vásquez Carrera, P. J. e Hidalgo Osorio, W. A. (2025). Impacto de la adopción de nuevas tecnologías en la eficiencia energética y la sostenibilidad en el sector residencial. *Revista Ingenio Global*, 4(1). <https://doi.org/10.62943/rig.v4n1.2025.159>
- Cerezo Lara, E. (2023). Estudio de viabilidad de una planta de suministro eléctrico con energía solar fotovoltaica para una zona de la Cañada Real en la Comunidad de Madrid [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/76309/1/TFG_EMILIO_CEREZO_LARA.pdf
- Chavarry Vallejos, C. M., Zavala Loría, J. del C. y Rojo Gutiérrez, M. A. (2023). Tecnologías de descarbonización para la reducción de emisiones de CO₂ en edificaciones multifamiliares. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 27(119), 52-62. <https://doi.org/10.47460/uct.v27i119.706>
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (2014). *Calentamiento solar de agua -En mi casa-*. Gobierno de México. <http://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/calentamiento-solar-de-agua-en-mi-casa?state=published>
- Confederación Suiza (2023). *Fortaleciendo capacidades para la eficiencia energética en edificios en América Latina (CEELA)*. <https://proyectoceela.com/>
- Contreras, M., Serrano Medrano, M. y Masera, O. (2022). *Patrones de consumo energético en el sector residencial de México: un análisis desde la perspectiva de usos finales*. Gobierno de México; Conacyt.
- Departamento de Medio Ambiente de CCOO-Aragón (2004). *Trabajo Sindical. Comisiones obreras de Aragón. Especial Cambio Climático: Ante el Cambio Climático, menos CO₂* [Archivo PDF]. https://www.saludlaboralymedioambiente.ccooaragon.com/documentacion/Cuadernillo_CO2-trabajo-sindical.pdf
- Global Covenant of Mayors for Climate & Energy (2016). *Delegación Benito Juárez*. Data Portal for Cities. <https://dataportalforcities.org/es/latinoamerica-el-caribe/mexico/ciudad-de-mexico/delegacion-benito-juarez>
- Gobierno de la Ciudad de México (2019). *Lanzamiento del reto de edificios eficientes* [Archivo PDF]. <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/LANZAMIENTO%20DEL%20RETO%20DE%20EDIFICIOS%20EFICIENTES.pdf>
- Gobierno de la Ciudad de México (2019). *Proyecto del Programa General de Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México* [Archivo PDF]. <https://ceavi.cdmx.gob.mx/storage/app/media/7.%20Proyecto%20Programa%20General%20de%20Ordenamiento%20Territorial%202020-2035.pdf>

- Gobierno de la Ciudad de México (2019). *Una Política Energética Sustentable para la Ciudad de México* [Archivo PDF]. <https://www.sedeco.cdmx.gob.mx/storage/app/media/uploaded-files/contenidoenergiaok.pdf>
- Gobierno de la Ciudad de México (2025). *Acerca de*. <https://www.seduvi.cdmx.gob.mx/secretaria/acerca-de>
- Gobierno de la Ciudad de México (2025). Alcaldía Benito Juárez. <https://alcaldiabenitojuarez.gob.mx/>
- Gobierno de México (2025). *Programas de Vivienda Sustentable*. Gobierno de México. <http://www.gob.mx/shf/acciones-y-programas/programa-ecocasa-shf>
- Guillén Mena, V., Quesada Molina, F., López Catalán, M., Orellana Valdés, D. y Serrano Tapia, A. (2015). Eficiencia energética en edificaciones residenciales. *Estoa. Journal of the Faculty of Architecture and Urbanism of the University of Cuenca*, 4(7), 63-72. <https://doi.org/10.18537/est.v004.n007.07>
- INFONAVIT (2024). *Hipoteca Verde*. INFONAVIT. <https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/portal/infonavit.web/proveedores-externos/para-tu-gestion/desarrolladores/hipoteca-verde>
- INFONAVIT (2024). *Información estratégica/Cifras básicas RUV*. Registro Único de Vivienda. <https://portal.ruv.org.mx/index.php/cifras-basicas-ruv/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2000). *XII Censo General de Población y Vivienda 2000*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2000/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Instituto Politécnico Nacional Secretaría de Extensión e Integración Social (s. f.). *Estrategia para el desarrollo económico sustentable del sector energético en la Ciudad de México* [Archivo PDF]. <https://fes.cdmx.gob.mx/storage/app/media/PlandeDesarrolloEnergeticoCDMX.pdf>
- Luiselli Fernández, C. (2019). Los desafíos del México urbano. *Economía UNAM*, 16(46), 183-195. <https://www.scielo.org.mx/pdf/eunam/v16n46/1665-952X-eunam-16-46-183.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas (2015). *Acuerdo de París* [Archivo PDF]. https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- Organización de las Naciones Unidas (2018). *Economía Verde*. ONU. Programa para el medio ambiente. <https://www.unep.org/es/regiones/america-latina-y-el-caribe/iniciativas-regionales/promoviendo-la-eficiencia-de-recursos-1>
- Organización de las Naciones Unidas (2023). *Building Materials and the Climate: Constructing a New Future*. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/43293>
- Romero Huerta, L., Tena Favela, J. D., Alcalá, J., Charre Ibarra, S. M., Gudiño Lau, J. y Durán Fonseca, M. A. (2024). Utilizando MATLAB® App Designer: una interfaz interactiva para analizar luminarias de bajo voltaje. *XIKUA Boletín Científico de la Escuela Superior de Tlahuailpan*, 12(23), 42-47. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/xikua/article/view/11836/10853>
- Schalock, R. L., Verdugo, M. Á., Lee, C. S., Lee, T., Van Loon, J., Swart, K. y Claes, C. (2015). *Manual de la Escala de Eficacia y Eficiencia Organizacional (OEEES). Un enfoque sistemático para mejorar los resultados organizacionales*. Publicaciones INICO. https://sid.usal.es/idocs/F8/FDO26899/Herramientas_9_2015.pdf
- Secretaría de Energía (2024). *Reporte de avance de energías limpias 2024* [Archivo PDF]. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/927403/RAEL.pdf>
- Tena Suck, A. y Rivas Torres, R. (1995). *Manual de investigación documental: Elaboración de tesinas*. Universidad Iberoamericana; Plaza y Valdés.
- Valderrama Morales, H. J. (2016). *Edificio mixto sustentable: Benito Juárez, Ciudad de México* [Tesis de licenciatura, UNAM]. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330TES01000746194/3/0746194.pdf>
- Velázquez Sánchez, Y. y Meléndez García, S. J. (2023). Metodología para la reconversión sustentable arquitectónica: Gentrificación en edificaciones existentes. *Topofilia*, XVI(26), 103-132. <https://topofilia.buap.mx/index.php/topofilia/article/download/460/312/968>
- World Resources Institute (2019). *Reto de Edificios Eficientes*. World Resources Institute. <https://es.wri.org/proyectos/reto-de-edificios-eficientes>



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE QUERÉTARO



SketchIN
Revista de Arquitectura y Diseño

¿Quieres publicar en esta revista?



Enviar artículo

Síguenos en nuestras redes:



¿Dudas o sugerencias? Escríbenos a:

sketchin@uaq.mx

REVISTA REGISTRADA EN:



VISITA NUESTRO

FISI
ON
PODCAST

Escucha de la voz de
los autores, entrevistas
y comentarios
relacionados a sus
artículos.

Disponible en:



MÁS REVISTAS UAQ EN:



revistas.uaq.mx



ingenieria.uaq.mx

Edición cuidada, diseñada
y maquetada por



**DESPACHO DE
PUBLICACIONES**

Visítanos y conoce
las publicaciones que la
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
QUERÉTARO**
tiene para ti:



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA