

Artículo de Investigación

Aprendizaje de los sistemas constructivos tradicionales en la carrera de arquitectura con la metodología STEM

Learning traditional construction systems in the architecture degree with the STEM methodology

Karina Monteros Cueva¹ : Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.

kmonteros@utpl.edu.ec

Katherine Haydeé Soto Toledo: Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.

khsotox@utpl.edu.ec

Franklin Guillermo Cuenca Soto: Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.

fgcuenca@utpl.edu.ec

Bryan Andrés Imaicela Toledo: Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.

baimaicela@utpl.edu.ec

Fecha de Recepción: 06/06/2024

Fecha de Aceptación: 21/08/2024

Fecha de Publicación: 16/09/2024

Cómo citar el artículo

Monteros Cueva, K., Soto Toledo, K. H., Cuenca Soto, F. G. y Imaicela Toledo, B. A. (2024). Aprendizaje de los sistemas constructivos tradicionales en la carrera de arquitectura con la metodología STEM [Learning traditional construction systems in the architecture degree with the STEM methodology]. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 01-18. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-697>

Resumen

Introducción: La aplicación de métodos de aprendizaje en las carreras de arquitectura, en el tema de los sistemas de construcción es variada; aunque los enfoques individuales han arrojado buenos resultados, es necesario que exista una mayor colaboración entre disciplinas para abordar los desafíos del diseño y la construcción de manera integrada. **Metodología:** La incorporación de principios STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) es una herramienta eficaz que permitió potenciar las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes. Esta comunicación muestra cómo se incorporó esta metodología en el currículum de los estudiantes de la carrera de arquitectura de la Universidad Técnica Particular de Loja-

¹ Autor Correspondiente: Karina Monteros Cueva. Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador).

Ecuador, en las asignaturas relacionadas con el aprendizaje de sistemas constructivos escogiendo a la Iglesia Catedral como caso de estudio por ser un bien patrimonial y presentar sistemas constructivos tradicionales. **Resultados:** Se obtuvo un catálogo constructivo con fichas sobre su historia, materiales, sistemas constructivos, patologías y adecuados procedimientos de intervención. **Discusión:** El trabajo colaborativo permitió abordar el sistema constructivo de manera integralmente, siendo esta práctica de inmersión parcial. **Conclusiones:** STEM resultó efectivo en la integración de varias asignaturas, pero no excluye el contacto físico que se debe tener con el objeto de estudio.

Palabras clave: aprendizaje colaborativo; sistemas constructivos; STEM; resolución de problemas; habilidades de pensamiento crítico; herramientas digitales; patrimonio religioso; análisis integral.

Abstract

Introduction: The application of learning methods in architecture majors, on the subject of building systems is varied; although individual approaches have yielded good results, there is a need for greater collaboration between disciplines to address design and construction challenges in an integrated manner. **Methodology:** Incorporating STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) principles is an effective tool that enhanced students' critical thinking skills. This communication shows how this methodology was incorporated in the curriculum of the students of the architecture course at the Universidad Técnica Particular de Loja- Ecuador, in the subjects related to the learning of construction systems, choosing the Cathedral Church as a case study because it is a patrimonial property and presents traditional construction systems. **Results:** A construction catalog was obtained with data sheets on its history, materials, construction systems, pathologies and appropriate intervention procedures. **Discussion:** The collaborative work allowed to approach the constructive system in an integral way, being this practice of partial immersion. **Conclusions:** STEM was effective in the integration of several subjects, but it does not exclude the physical contact that must be had with the object of study.

Keywords: collaborative learning; building systems; STEM; problem-solving; critical thinking skills; digital tools; religious heritage; holistic analysis

1. Introducción

El uso de métodos de aprendizaje es una práctica habitual, aplicada por cada profesor, pero pese a los buenos resultados obtenidos en las diferentes asignaturas, es urgente fortalecer la cooperación entre disciplinas, combinar metodologías y pasar de ser profesor trasmisor de conocimientos a generador de experiencias de aprendizaje. A lo largo del tiempo y con la inclusión de herramientas digitales la enseñanza de sistemas constructivos en las carreras de arquitectura, esta ha evolucionado pasando de maquetas físicas a digitales (López Mateu, 2016), de visitas in situ para obtener detalles minuciosos del sistema constructivo a BIM 360° Building Information Modeling (Sánchez *et al.*, 2020). Pero también la incorporación de metodologías como el aprendizaje basado en problemas/Proyectos ABP (Alexander y Medrano, 2015) (Ruiz Jaramillo *et al.*, 2016), *design thinking* (Robert *et al.*, 2023), aprendizaje colaborativo (Galiana Agulló *et al.*, 2022), diseño participativo (Soto *et al.*, 2024), metodologías activas como la gamificación (Batistello y Cybis, 2019), clase invertida o *flipp teaching* (Iborra y Gandía, 2021) son unos de los pocos ejemplos de metodologías que se han ido fortaleciendo la incorporación de herramientas digitales.

Dentro de este contexto y con el ánimo de cerrar la brecha y desconexión entre la teoría y la práctica, nace la metodología STEM, cuyo origen fue Estados Unidos en 1996 desarrollado por la Fundación Nacional de Ciencias (NSF). El propósito fue integrar todas estas disciplinas, priorizando la enseñanza de las ciencias para su aplicación en el mundo real, siendo la alfabetización científica el pilar principal, que obliga a los estudiantes a aplicar conocimientos y conceptos, para desarrollar habilidades, atributos y perspectivas en una cultura de investigación (Mesa *et al.*, 2023). Por tanto, se puede decir que la metodología surge como una estrategia para mejorar las habilidades críticas de los estudiantes que incluyen el análisis, resolución de problemas y toma de decisiones en diferentes campos de conocimiento, específicamente en las ingenierías. Para Santillán *et al.*, (2020) STEM se basa en el aprendizaje integrado dentro de un marco interdisciplinario unificado en la educación superior. Su incorporación a través del desarrollo de planes de estudio logra crear un espacio que promueve el aprendizaje significativo, integral y contextualizado de los estudiantes.

Para los autores Li *et al.* (2020) que han analizado múltiples experiencias de metodología STEM, sus resultados muestran el uso internacional creciente y la importancia de comprender las tendencias y el estado actual de la investigación en este campo, así como su desarrollo y apoyo adecuados. Así, existen experiencias enlazadas a objetivos y temas específicos, como dirigir el aprendizaje a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Del Cerro Velázquez y Lozano Rivas, 2018), combinando metodologías como BIM que permiten potenciar simulaciones enfocadas a sostenibilidad en los edificios, incluyendo la gestión y ciclo de vida de materiales (Fernández, 2022), por lo que la versatilidad de esta metodología es evidente.

El propósito de este artículo es mostrar cómo este enfoque metodológico puede incorporarse al plan de estudios de los estudiantes de arquitectura en la Universidad Técnica de Loja-Ecuador en las asignaturas relacionadas con la construcción. Su enseñanza presenta varios desafíos enfocados al aprendizaje de materiales y sistemas constructivos tradicionales que están asociados a edificaciones históricas e incluso a la ruralidad, pero sobre todo porque la teoría de estos sistemas constructivos puede ser abstracta y difícil de visualizar sin una aplicación práctica, lo que dificulta la comprensión de conceptos complejos. Complejidad que presentan diferentes proyectos de construcción que no solo requieren de la experiencia práctica y conocimiento del docente, sino que a la vez que puedan integrar varias disciplinas que puedan coadyuvar al análisis y comprensión de la obra.

Según este desafío, hay que integrar más experiencias prácticas en el currículo, pero también fortalecer la incorporación de diferentes metodologías como la STEM. Con habilidades blandas, metodologías activas, más un enfoque interdisciplinario, se pueden resolver problemas con el uso de tecnología para alcanzar competencias de cada asignatura debe adquirir con un trabajo colaborativo.

1.1. La catedral de Loja como objeto de estudio

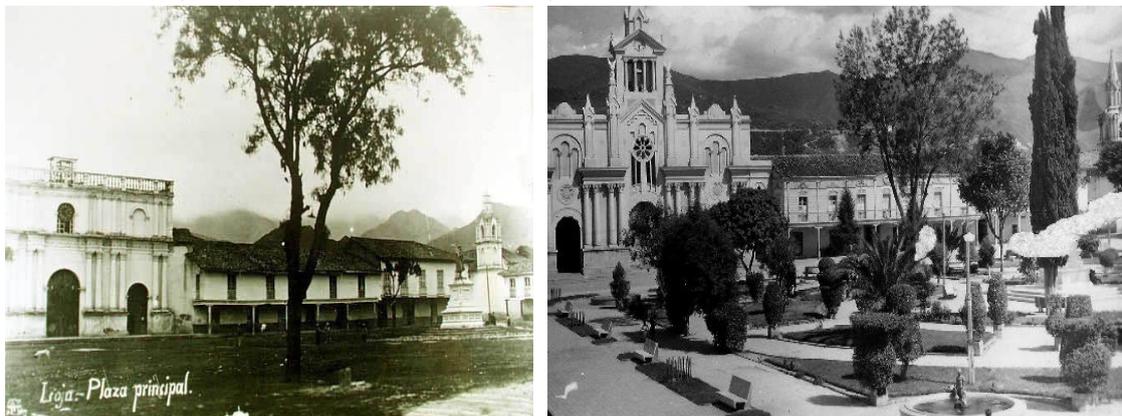
La catedral de Loja tuvo sus orígenes en la fundación de la ciudad en el año 1548. Su implantación corresponde al centro urbano, frente a la plaza central antes llamada Plaza Mayor o Plaza de Armas. Su construcción inicial fue provisional según relatos de Juan Salinas de Loyola construida con muros de adobe y cimentación de piedra (Jaramillo, 1982).

En 1749, el general Pedro Javier Valdivieso reconstruyó esta catedral tras el terremoto de ese año (Monteros, 2015). El edificio actual data de 1838 (Valarezo *et al.*, 2021), cuya construcción estuvo a cargo del reverendo Francisco Riofrío. La edificación tiene un sistema mixto de construcción, predominando el tapial y ladrillo en su sistema estructural. En el año 1983 el centro histórico de Loja fue declarado como Bien de Interés Nacional por parte del INPC

(Instituto Nacional de Patrimonio Cultural), siendo esta la oportunidad para delimitar la zona de primer orden de la ciudad, así como inventariar los inmuebles relevantes de la ciudad, siendo uno de ellos la catedral. La iglesia ha tenido algunas intervenciones, siendo la primera en el año 1944 cuando el arquitecto Italiano Hugo Faggioni incorpora molduras en la fachada con el ánimo de que las líneas arquitectónicas románicas sobresalgan (Figura 1).

Figura 1.

La Catedral, antes y después de la intervención de fachada



Fuente: Reinaldo Baca (1890, 1944).

Posteriormente, en el año 2004, se integró un suelo de mármol que reemplazó al original de madera y se construyó un nuevo retablo principal, que reemplazó al baldaquino original que fue colocado en una nave lateral. Finalmente, el actual proceso de restauración en cuatro etapas es el siguiente:

1. Cambio de cubierta (Figura 2).
2. Incorporación de velatorio y baterías sanitarias.
3. Consolidación de cielo raso metálico, el cual se encuentra en proceso de consolidación de cielo raso y pintura mural.
4. Consolidación y mantenimiento de fachada principal.

Figura 2.

Antes y después del cambio de cubierta



Fuente: La Catedral de Loja (2023)

Este inmueble ha sido escogido por su alto valor patrimonial, sus sistemas constructivos tradicionales acordes a la época y por ofrecer una magnífica oportunidad de integrar varias disciplinas del currículum de la carrera. Estos factores combinados hacen de la catedral de Loja un caso de estudio ideal para aplicar la metodología STEM y abordar los desafíos del diseño y la construcción de manera integrada y colaborativa.

1.1.1. STEM como estrategia articuladora del análisis de edificación

En el caso del estudio de la catedral de Loja, la aplicación de STEM en el análisis de sus sistemas constructivos tradicionales permite una articulación coherente entre las asignaturas de Historia, Fundamentos de Materiales y Fundamentos de Conservación, Restauración y Rehabilitación Arquitectónica, materias que corresponden a segundo y sexto ciclo de carrera. Al estudiar este monumento histórico, los estudiantes pueden explorar la historia y cultura que rodean la edificación, mientras aplican conocimientos técnicos y científicos para comprender los materiales y las técnicas de conservación.

Esta visión multidisciplinar apoyada en visitas in situ, así como la incorporación de herramientas digitales que puedan permitir asistencia remota y colaborativa, es clave para que puedan desarrollar, ejecutar, evaluar y sistematizar los resultados de manera colaborativa.

Esto potenciará habilidades de pensamiento crítico y promoverá una visión multidisciplinar del análisis arquitectónico de un edificio de características singulares, sobre todo porque sistemas constructivos como el tapial se está dejando de lado.

2. Metodología

Para la implementación de esta práctica, se ha desarrollado en las siguientes etapas:

La primera fase consistió en la revisión de información oficial a través de investigación documental que permitió planificar las actividades a desarrollar con los estudiantes. Se han considerado varias conexiones: competencias específicas y resultados de cada asignatura (Tabla 1), competencia de carrera, en la cual los estudiantes pueden aplicar sistemas constructivos apropiados e innovadores para la materialización de proyectos urbano-arquitectónicos y finalmente relación de valores institucionales de la universidad, que corresponden a:

- a) Fortalecer un espíritu de equipo.
- b) Potenciar la flexibilidad operativa que permita la adaptación a las circunstancias desde los principios (Consejo Superior de la Universidad Técnica de Loja, 2016).

Tabla 1.
Organización de actividades del proyecto

Asignatura	Actividades en el proyecto	Competencia de la asignatura	Resultados de aprendizaje esperados
Historia de la Arquitectura II	Identificación de elementos arquitectónicos	Reflexionar en torno a la historia de la arquitectura y el urbanismo	Comenta de forma analítica, teórica y conceptual una obra edilicia de los diferentes periodos estudiados en la asignatura
Fundamentos de materiales	Determinación de sistemas constructivos y detalles arquitectónicos	Capacidad para reconocer las principales características fisicoquímico-mecánicas de los materiales más utilizados en la construcción teniendo en cuenta sus implicaciones y técnicas arquitectónicas Actitud crítico-reflexiva sobre el uso de los materiales en la arquitectura	Conoce y entiende la importancia del estudio de los materiales y reflexiona sobre su proceso de fabricación, forjando un criterio que permita considerar estos aspectos en la selección de un material.
Fundamentos de conservación, R&R arquitectónica (ByD)	Identificación de patologías constructivas	Capacidad para intervenir una edificación con procesos patológicos, a partir de las características de los materiales y su puesta en obra, teniendo en cuenta sus implicaciones técnicas y desempeño ambiental dentro de su ciclo de vida	Identifica los sistemas y materiales que interactúan en una obra arquitectónica y que son factibles de ser afectados
Fundamentos de conservación, R & R arquitectónica (A y E)	Propuesta de procedimientos de restauración apropiados a las patologías encontradas	Capacidad para intervenir una edificación con procesos patológicos, a partir de las características de los materiales y su puesta en obra, teniendo en cuenta sus implicaciones técnicas y desempeño ambiental dentro de su ciclo de vida	Demuestra conocimiento para la identificación de causas comunes directas e indirectas de lesiones en un componente constructivo de estructura o cerramiento y su reparación

Fuente: Elaboración propia (2024).

La segunda etapa consistió en la socialización de un desarrollo de la práctica, determinando grupos de trabajo por elemento a analizar, el uso de fichaje para elaboración de un catálogo constructivo (Tabla 2), el uso de la plataforma MIRO para construir y sistematizar a información y el de la plataforma CANVA para comunicación interna en cada paralelo.

Tabla 2
Organización de actividades para catálogo por asignatura y elemento

Análisis	Asignatura	Ciclo	Estud.	Actividades para desarrollar ²							
Físico-Espacial	Historia y Teoría de la Arquitectura	II	20	a	b	c	d	e	f	g	h
				Componentes por analizar ³			1	2	3	4	5
Sistemas Constr.	Fundamentos de Materiales	II	20	Procesos constructivos y Detalles técnicos 1-8							
	Fundamentos conservación, restauración y rehabilitación	VI	30	Fichas Patologías 1-8							
	arquitectónica	VI	30	Procedimientos de intervención 1-8							

Fuente: Elaboración propia (2024).

La tercera etapa consistió en visitar el proyecto de restauración de la catedral. Los estudiantes levantaron información gráfica, detalles constructivos, diagnóstico de patologías y entrevistaron a los ejecutores del proyecto sobre procedimientos de restauración apropiados.

La cuarta etapa se relaciona con el desarrollo de cada ficha y el seguimiento por parte de cada profesor mediante la implementación de la investigación-acción. A través de jornadas en línea en las que los 100 participantes pudieron conocer el trabajo de todos los equipos de trabajo, se pudo añadir la plataforma de manera síncrona las fichas elaboradas para el catálogo. Con ello, se fomenta esta actividad no solo con el aprendizaje práctico sino también reflexivo sobre el método STEM en la enseñanza de la arquitectura.

Finalmente, se aplicó una rúbrica de evaluación que combinó métodos cuantitativos y cualitativos para medir las competencias adquiridas de carrera, metodología STEM y aspectos a mejorar.

3. Resultados

3.1 Resultados por asignatura y ámbito de análisis

La intervención de los estudiantes de Historia y Teoría de la Arquitectura II en esta práctica, fue realizada en 8 grupos según los componentes del análisis, desde una visión histórica y conceptual. Los resultados alcanzados fueron significativos. Los estudiantes emplearon un enfoque integral y multidisciplinario al abordar el estudio de inmueble desde el encargo realizado.

Mediante el análisis de diversos aspectos, como la historia del inmueble, el contexto urbano, la evolución y cambios significativos, la lectura formal de fachadas, el análisis iconográfico, el inventario formal interior (incluyendo esculturas, pinturas y retablos) y el análisis funcional, recopilados en una matriz colaborativa (Figura 3), los estudiantes pudieron comprender de

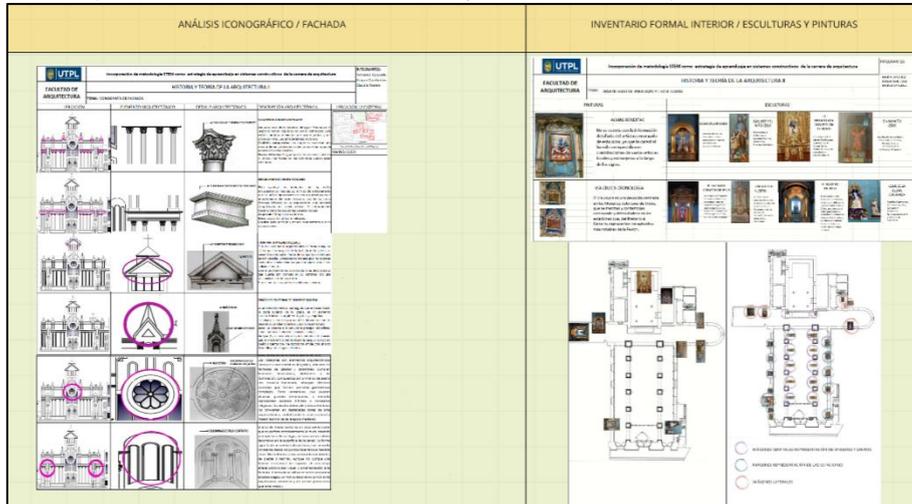
² a. Historia del Inmueble; b. Análisis del Contexto urbano; c. Evolución/cambios significativos; d. Lectura formal fachada; e. Análisis iconográfico / Fachada; f. Inventario formal interior / Esculturas/pinturas; g. Inventario formal interior / Retablos; h. Análisis funcional.

³ 1. Estructura; 2. Cubierta; 3. Escalera; 4. Fachada; 5. Espacios exteriores; 6. Espacios interiores; 7. Instalaciones eléctricas; 8. Instalaciones hidrosanitarias.

manera holística los fundamentos teóricos de esta construcción tradicional. Este enfoque metodológico permitió a los estudiantes desarrollar habilidades de pensamiento crítico, análisis visual, interpretación histórica, y, sobre todo, la experiencia del trabajo colaborativo.

Figura 3.

Ficha desarrollada por los estudiantes de Historia y Teoría de la Arquitectura II

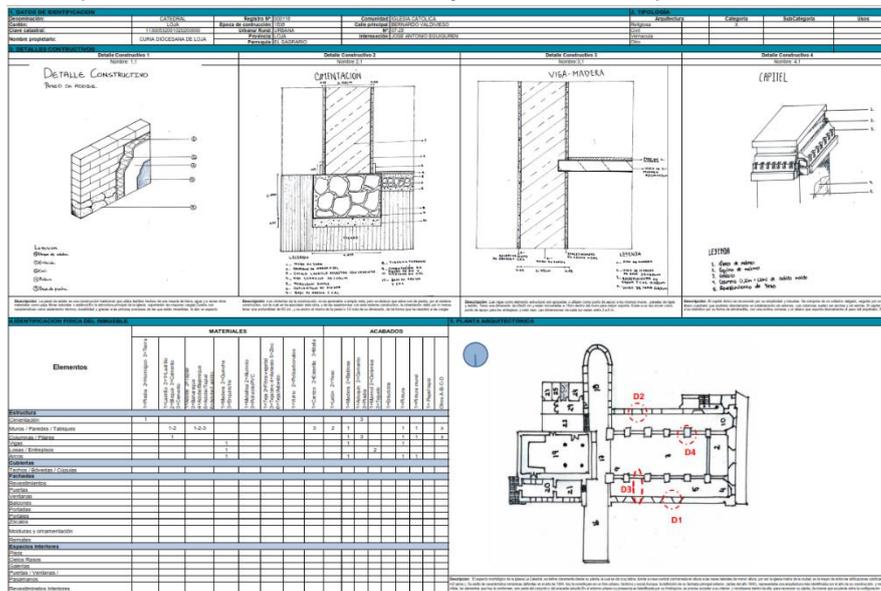


Fuente: Elaboración propia (2024).

Como resultado en la asignatura de Fundamentos de materiales, los estudiantes pudieron identificar correctamente los materiales con fichas informativas (Figura 4), donde se ilustraron elementos de la edificación, promoviendo la colaboración entre los estudiantes de cada grupo. El objetivo fue representar la materialidad encontrada a través de detalles constructivos, potenciando el reconocimiento y uso de los materiales, dando un resultado positivo al ejercicio planteado.

Figura 4.

Ficha desarrollada por los estudiantes de Historia y Teoría de la Arquitectura II



Fuente: Elaboración propia (2024).

El análisis del estado físico de la edificación se abordó desde la asignatura de Fundamentos de la Conservación, Restauración y Rehabilitación Arquitectónica. Se trabajó con grupos de cuatro estudiantes. El análisis se realizó en dos ámbitos. El primero, desde el inventario e identificación de materiales y el segundo, desde la identificación de patologías constructivas con la aplicación de fichas diseñadas para el efecto. El levantamiento de datos se realizó aplicando metodología de fichas cualitativas

Las ocho fichas levantadas revelan diferentes patologías según la materialidad y antigüedad de cada elemento (Tabla 3).

Tabla 3

Cuadro resumen de patologías relevantes del inmueble

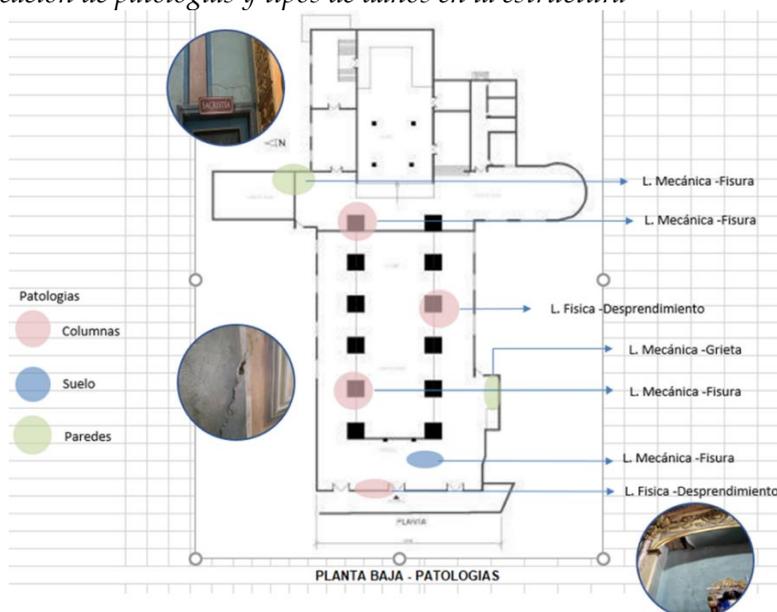
Elemento	Material	Patología más relevante	% afectación
Estructura (muro lateral)	Tapial	fisuras y grietas	19,65%
Cubierta	teja	rotura	10,00%
Fachada	Ladrillo	crecimiento biológico, manchas	4,00%
Espacios interiores	Plafón metálico	oxidación, rotura	30,00%
Espacios exteriores (muro exterior)	Tapial	desprendimiento	4,00%
Escalera	Madera	rotura en bordes	5,25%
Instalaciones eléctricas	canaletas PVC	cables mal ubicados	4,00%
Instalaciones hidrosanitarias	Tubería PVC	fuga en bajantes	4,00%

Fuente: Elaboración propia (2024).

Parte de la identificación de materiales y daños fue establecer la localización y origen del daño, así como las consecuencias que provocan en la edificación, para ello se utilizó una nomenclatura para cada daño, identificando en un plano según el elemento (Figura 5).

Figura 5.

Detalle de identificación de patologías y tipos de daños en la estructura



Fuente: Elaboración propia (2024).

Los alumnos asignados para documentar y proponer procedimientos de restauración pudieron plantear los pasos para conseguir una intervención adecuada. Partieron de la eliminación del origen del daño, para aplicar procedimientos de recuperación apropiados con materiales factibles de conseguir, seguido de que estos tengan compatibilidad con los materiales originales de la edificación (Figura 6). Se obtuvieron 8 fichas de procedimientos trabajadas por cuatro estudiantes para reparar las patologías. Así:

- a) Consolidación de fisuras en muro de tapial.
- a) Reparación de plafón metálico en cielo raso.
- b) Cambio de cubierta.
- c) Consolidación de muro de ladrillo.
- d) Reparación de escalera de madera.
- e) Reparación de bajantes de aguas lluvias contiguas a muro de tapial.
- f) Adecuación de cables de instalaciones eléctricas.
- g) Limpieza de fachada por crecimiento biológico.

Figura 6.

Proceso de identificación de acciones de restauración para consolidación de plafón metálico

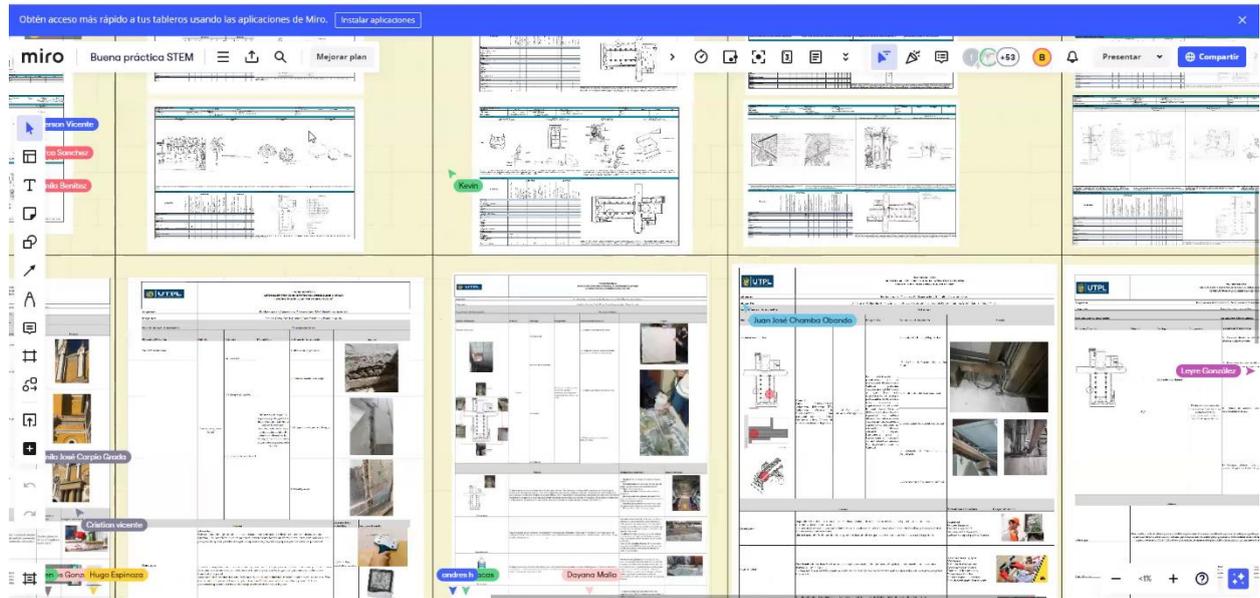
UTPL		"INCOERCIÓN DE METODOLOGÍA STEM COMO SISTEMA DE APRENDIZAJE EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN LA CARRERA DE ARQUITECTURA"			
Asignatura:		Fundamentos de Conservación, Restauración y Rehabilitación arquitectónica			
Integrantes:		Angelica Chamba, Pablo Poma, Byron Sacante, Juan Diego Arroyos			
Procedimiento de Intervención:		Espacios Interiores			
Elemento/Ubicación	Material	Patología	Diagnostico	Acciones de Intervención	Imagen
Plafones: Cielo raso  	Latón	A4: Suciedad B1: Fricción de Material C1: Fisura D1: Pandeo	Deteción de latón de color rojo por el tiempo transcurrido y suciedad acumulada por ellos de las velas	1- Limpieza superficial del latón 2- Limpieza y desoxidación mediante pasta con molinadora y desoxidante 3- Limpieza profunda con trazo y tac 4- Reforzamiento con mallas y fibra de vidrio	 

Fuente: Elaboración propia (2024).

Una vez revisadas las fichas por cada profesor, se procedió a su explicación en una sesión síncrona donde todos los alumnos participaron y compartieron en tiempo real las fichas que fueron recogidas en la plataforma MIRO (Figura 7).

Figura 7.

Captura de pantalla de interacción en plataforma MIRO



Fuente: Elaboración propia (2024).

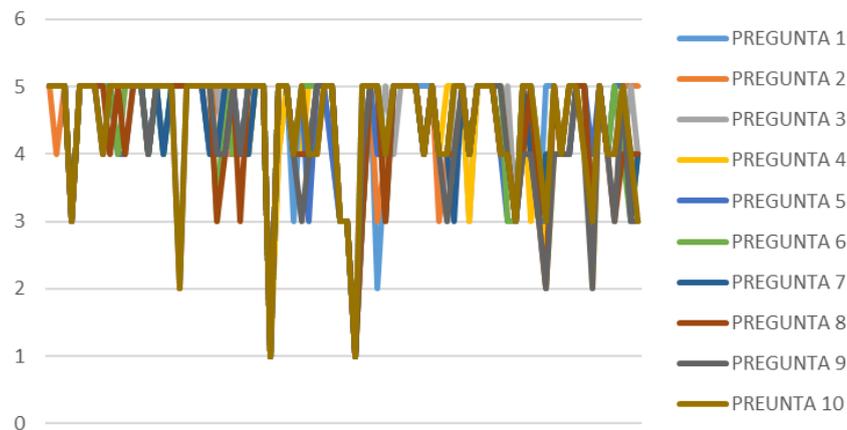
Finalmente, se aplicó una rúbrica de evaluación que permitió medir la experiencia de los estudiantes en esta práctica. Las preguntas fueron dirigidas a conocer la aportación de la metodología STEM en la comprensión de sistemas constructivos. La experiencia de la interdisciplinariedad tuvo un fuerte impacto al compartir su aporte con compañeros de otros cursos, sobre el trabajo colaborativo y su aporte a la obtención de habilidades blandas, el análisis de la construcción en función de un problema y finalmente el apoyo brindado por plataforma usada de manera síncrona en la construcción del catálogo.

La encuesta de satisfacción fue realizada a 78 estudiantes, utilizando la escala de valoración de Likert del 1 al 5, donde 5 representa la aceptación más alta. El análisis de las respuestas revela una tendencia claramente positiva en la realización de la presente investigación (Figura 8).

En promedio, el 68.5% de las respuestas se concentran en la opción 5 (la más alta), mientras que el 21.5% corresponden a la opción 4. Esto significa que aproximadamente el 90% de las respuestas indican un alto nivel de satisfacción. La opción 3, que podría interpretarse como una posición neutral, representa el 7.5% de las respuestas. Las opciones más bajas, 2 y 1, suman apenas el 2% de las respuestas (1% cada una).

Figura 8.

Resultados de aplicación de encuesta a estudiantes participantes



Fuente: Elaboración propia (2024).

La metodología STEM mejoró significativamente la comprensión de los sistemas constructivos, con un 76.3% de los estudiantes eligiendo la opción 5 para esta pregunta. La integración de materias y el fortalecimiento de la conexión entre teoría y práctica también fueron bien valorados, con un 70% y 73.8% de opción 5 respectivamente.

El trabajo colaborativo mostró un aumento notable, con un 67.5% de opción 5. El desarrollo de habilidades críticas y la ampliación de la perspectiva sobre arquitectura también recibieron evaluaciones muy positivas, con 63.8% y 67.5% de opción 5 respectivamente. La incorporación de la plataforma MIRO para el manejo de la información fue bien recibida, aunque con una distribución más variada: 53.8% opción 5, 28.8% opción 4 y 13.8% opción 3. En cuanto a las habilidades blandas, el 62.5% de los estudiantes eligieron la opción 5 para indicar una mayor capacidad de adaptación, mientras que el 58.8% seleccionó la opción 5 para la mejora en la gestión del tiempo y organización de tareas.

Para concluir, los porcentajes muestran una clara satisfacción con la implementación de la metodología STEM, con la gran mayoría de los estudiantes reportando mejoras significativas en su aprendizaje y desarrollo de habilidades. Sin embargo, también señalan la importancia de atender a la minoría que no ha experimentado los mismos beneficios, ya que un pequeño porcentaje de estudiantes, alrededor del 3.8%, elegían siempre las opciones más bajas en todas las categorías. Esto sugiere la necesidad de investigar más a fondo las razones de su insatisfacción para asegurar que la metodología sea efectiva para todos los estudiantes.

4. Discusión

Las metodologías de enseñanza implican que estas actividades se extiendan más allá del aula de clase, mucho más cuando se refiere al aprendizaje de sistemas constructivos (Becerra y Silva Quiroz, 2022). A través de la experiencia práctica, los estudiantes pueden aplicar conceptos abstractos a situaciones del mundo real, obteniendo así una comprensión más rica y matizada de los sistemas de construcción. La interacción de disciplinas fortalece el conocimiento técnico y promueve un enfoque más holístico y sostenible de los sistemas constructivos cuando su uso se dirige a edificaciones patrimoniales. No obstante, este proceso debe estar acompañado de una adecuada infraestructura física y tecnológica para garantizar mejores resultados. Incorporar la metodología STEM a la práctica de la enseñanza de la construcción revela la importancia de ir más allá de las limitaciones teóricas.

La visita a la catedral en fase de restauración fue clave para que los alumnos identificaran los elementos arquitectónicos, materiales constructivos, patologías y procedimientos de restauración ejecutados y otros en proceso de intervención. Por ello, este enfoque interdisciplinario que ofrece STEM permitió abordar su estudio de manera integral (Santillán, *et al.*, 2020), lo cual contribuyó a una comprensión más profunda de los sistemas constructivos como es el tapial y el ladrillo en muros, madera y teja en cubierta, plafón metálico en cielo raso, madera en puertas, ventanas y retablos, entre los más importantes. Estos conocimientos y habilidades son útiles para mostrar complicadas correlaciones entre diversos factores y componentes de sistemas a altos niveles de complejidad, relevantes para el patrimonio cultural y su conservación (Lobovikov-Katz, 2019).

La incorporación de metodologías como el aprendizaje colaborativo, metodologías activas, aprendizaje basado en proyectos, gamificación y clase invertida son las más utilizadas en la implementación STEM (Arteaga-Marín *et al.*, 2022). La combinación de una o varias de estas metodologías va a depender de las competencias que se quiere alcanzar en cada asignatura, por lo que estas van a continuar evolucionando, tanto en la combinación interdisciplinaria como en la herramientas y métodos a implementar (Li *et al.*, 2020). Los alumnos valoraron positivamente la interdisciplinariedad del trabajo colaborativo en los resultados obtenidos una vez acabada la práctica para conocer la edificación en todos sus aspectos, así que el aporte de herramientas digitales como MIRO y CANVA resultaron útiles para la actividad. López-Gamboa *et al.*, (2020) clasifican este tipo de práctica dentro de la metodología de inmersión parcial, ya que integra al plan de estudios temas y actividades STEM, que se desarrollan en función de un tema específico. En este caso fue el edificio de la catedral, ya que se pudo articular contenidos de cada asignatura a las competencias de la carrera para lograr integrar unidades de aprendizaje basadas en problemas y/o proyectos.

Escuchar de directamente la explicación de los profesionales a cargo de la obra y ver cómo se desarrollan estos procesos constructivos, ha fortalecido la incorporación de la metodología STEM. De esta forma esta actividad práctica y teórica-digital se alineó al objetivo inicial de la práctica.

5. Conclusiones

La práctica interdisciplinaria permitió que el análisis de un objeto patrimonial, como aprendizaje basado en proyectos sea analizado desde su origen como fundamento de la valoración de una obra de importancia para la sociedad. El aporte de los estudiantes de historia y teoría de la arquitectura fue significativo, así como la identificación de los sistemas constructivos tradicionales que en la actualidad no son empleados. Esto permitió conocer fortalezas y debilidades en cuanto a su ciclo de vida, afectado por patologías propias del paso del tiempo y de las intervenciones inadecuadas. Con esta base se han podido proponer prácticas de reparación apropiadas a la materialidad de cada elemento.

Al combinar aspectos históricos, urbanos, formales, iconográficos y funcionales en la investigación, los estudiantes pudieron establecer conexiones entre diferentes áreas del conocimiento arquitectónico. Esta metodología no solo enriqueció su entendimiento de la arquitectura patrimonial, sino que también fomentó habilidades analíticas y críticas esenciales para su formación profesional. La integración de elementos STEM en el estudio de la arquitectura tradicional demuestra la relevancia de un enfoque interdisciplinario en la educación arquitectónica contemporánea, donde los estudiantes desarrollan una comprensión integral de los sistemas constructivos tradicionales, poniendo en relevancia el trabajo colaborativo.

El trabajo colaborativo potencia en los estudiantes la relación de diversas disciplinas y metodologías aplicadas a problemas reales, facilitando el vínculo entre la 'academia' y la 'sociedad' de manera concreta. En el caso de la experiencia en la asignatura de Fundamentos de la Conservación, Rehabilitación y Restauración arquitectónica, los estudiantes debieron involucrarse en la observación técnica del edificio para extraer las principales patologías constructivas. Esto tuvo como resultado la determinación de daños, identificando causas y consecuencias que contrastan con las transformaciones históricas del edificio. Así, se fortalece la enseñanza en estudiantes para una observación técnica con criterio y poder aportar en intervenciones puntuales que permitan el desarrollo físico constructivo de bienes patrimoniales.

La enseñanza de sistemas constructivos a diferentes escalas y técnicas debe fortalecerse con la implementación de diferentes metodologías. Sin embargo, no se puede olvidar el contacto y experiencia física de los estudiantes con la obra constructiva a analizar. Así, la metodología STEM enriqueció el aprendizaje y fomentó la colaboración entre disciplinas, esencial para abordar los desafíos complejos del diseño y la construcción, demostrando el potencial para mejorar la formación integral de los estudiantes de arquitectura. Este tipo de experiencias de asociar varias asignaturas en un objeto común se puede implementar en el currículo de la carrera.

6. Referencias

- Alexander, H. y Medrano, P. (2015). The use of the Project-Based Method (PBM) in the Architecture Major. *Revista Universidad y Sociedad*, 7(3), 112-116. <http://rus.ucf.edu/cu/>
- Arteaga-Marín, M., Sánchez-Rodríguez, A., Olivares-Carrillo, P. y Maurandi-López, A. (2022). Revisión sistemática y propuesta para la implementación de metodologías activas en la educación STEM. *Educateconciencia*, 30(36), 35-76. <https://doi.org/10.58299/edu.v30i36.533>
- Batistello, P. y Cybis, A. (2019). El aprendizaje basado en competencias y metodologías activas: aplicando la gamificación. *Arquitectura y Urbanismo*, 15(2), 31-42. <https://rau.cujae.edu.cu/index.php/revistaau/article/view/536>
- Becerra, J. P. y Silva Quiroz, J. (2022). *Enseñanza Innovadora en la Educación Superior*. InnovaT.
- Consejo Superior de la Universidad Técnica de Loja (2016). *Estatutos Universidad Técnica Particular de Loja*. Universidad Técnica de Loja.
- Del Cerro Velázquez, F. y Lozano Rivas, F. L. (2018). Study of a case of teaching STEM subjects through ecourbanism supported by advanced design tools, in the 2030 horizon of sustainable development goals (SDGs). *RED: Revista de Educación a Distancia*, 58, 12. <http://dx.doi.org/10.6018/red/58/12>
- Fernández Rodríguez, J. F. (2022). Modelos virtuales para el diseño de proyectos de Ingeniería. El uso de metodología BIM como recurso de aprendizaje. En A. Martínez García, M. Souto Rico y R. Guede Cid (Coords.) *Nuevos enfoques en innovación educativa y transferencia de conocimiento. Aplicación en ingenierías y enseñanza STEM* (pp. 498-514). Dykinson.

- Galiana Agulló, M., Climent Mondéjar, M. J., Rosa Roca, N., González Ponce, E. y Carazo Díaz, C. (2022). Aprendizaje Basado en Problemas + Aprendizaje Colaborativo en la enseñanza de Arquitectura y Edificación. *Revista de Innovación y Buenas Prácticas Docentes*, 11(1), 108-127. <https://doi.org/10.21071/ripadoc.v11i1.14060>
- Iborra Lucas, M. y Gandía Romero, J. M. (2014). Metodologías para la enseñanza de la Construcción en Edificación. Flip Teaching. En F. Cos-Gayón López y J. M. Gandía Romero (Eds). *Edificate. I Congreso de Escuelas de Edificación y Arquitectura Técnica de España* (pp. 219-231). Editorial Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/EDIFICATE2021.2021.13600>
- Jaramillo, P. (1982). *Historia de Loja y su provincia*: Consejo Provincial de Loja.
- La Catedral de Loja. (2023). Cuarta Restauración Iglesia Catedral. *Parroquia Eclesiástica de El Sagrario*. <https://n9.cl/otl9p>
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y. y Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7, 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
- Lobovikov-Katz, A. (2019). Methodology for Spatial Visual Literacy (MSVL) in Heritage Education: Application to Teacher Training and Interdisciplinary Perspectives. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 22(1), 41-55. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.6018/reifop.22.1.358671>
- López Mateu, V. (2016). Maquetas y modelos virtuales en el análisis constructivo básico de los edificios. En V. Botti Navarro y M. Á. Fernández Prada (Eds.) *In-Red 2016. II Congreso nacional de innovación educativa y docencia en red* (pp. 881-895). Editorial Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/INRED2016.2016.4317>
- López-Gamboa, M., Córdoda, C. y Soto, J. (2020). Educación STEM/STEAM: Modelos de implementación, estrategias didácticas y ambientes de aprendizaje que potencian las habilidades para el siglo XXI. *Latin American Journal of Science Education*, 7, 1-16. http://www.lajse.org/may20/2020_12002.pdf
- Mesa, J. E. R., Perico, J. Y. M., Suan, B. G., Murillo, P. G., Ortega, J. A. F. y Torres, C. M. (2023). Progress of the linkage of the STEM and STEAM models in the Spanish, American and Colombian educational system. A systematic review of literature. *Revista Espanola de Educacion Comparada*, 42, 318-336. <https://doi.org/10.5944/reec.42.2023.31385>
- Monteros, K. (2015). Órdenes religiosas en la ciudad de Loja. In *Loja, Su Patrimonio Arquitectónico*, (pp. 59-85). Universidad Técnica Particular de Loja.
- Robert Aguirre-Villalobos, E. Guzmán, C. y González L. (2023). Metodología Design Thinking en la enseñanza universitaria para el desarrollo y logros de aprendizaje en arquitectura. *Revista de Ciencias Sociales (RCS)*, 29(2), 509-525. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8920567>

- Ruiz-Jaramillo, J., Alba-Dorado, M. I., Cimadomo, G., Jiménez-Morales, E. y Joyanes-Díaz, M. D. (2016). TIC+ABP: dos instrumentos para la innovación docente en Arquitectura. En D. García Escudero, B. Bardí Milà y D. Calabuig (Eds.). *IV Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura (JIDA'16), libro de actas* (pp. 387-396). Universitat Politècnica de València y Universitat Politècnica de Catalunya. <https://doi.org/10.5821/jida.2016.5126>
- Sánchez, L., Sánchez, M. del C., Gallejo, J. y Olivieri, F. (2020). Building 360°: un enfoque para la enseñanza de la construcción. En D. García Escudero y B. Bardí Milà (Eds.). *VIII Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura (JIDA'20), libro de actas* (pp. 162-174). UMA Editorial. <https://doi.org/10.5821/jida.2016.5126>
- Santillán, J., Jaramillo, E., Santos, R. y Cadena, V. (2020). STEAM como metodología activa de aprendizaje en la educación superior. *Polo de Conocimiento*, 5(8), 467-492. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i8.1599>
- Soto, K., Monteros, K. y Moncayo, A. (2024). Diseño participativo del hábitat en comunidades vulnerables, experiencias desde la academia. *Arquitectonics: Mind, Land & Society*, 35, 105-123. <http://hdl.handle.net/2117/407919>
- Valarezo García, R. (2021). *Loja de ayer (1950-2000): visión retrospectiva de su convivir y desarrollo*. Editorial Cosmos.

CONTRIBUCIONES DE AUTORES/AS, FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Contribuciones de los/as autores/as:

Conceptualización: Monteros Cueva, Karina. **Software:** Cuenca Soto, Franklin. **Análisis formal:** Soto Toledo, Katherine. **Curación de datos:** Soto Toledo, Katherine. **Redacción-Preparación del borrador original:** Monteros Cueva, Karina. **Redacción-Re-visión y Edición:** Soto Toledo, Katherine. **Visualización:** Imaicela Toledo, Bryan. **Supervisión:** Soto Toledo, Katherine. **Administración de proyectos:** Imaicela Toledo, Bryan. **Todos los/as autores/as han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito:** Monteros Cueva, Karina; Soto Toledo, Katherine; Cuenca Soto, Franklin e Imaicela Toledo, Bryan.

Financiación: Esta investigación recibió financiamiento de la Universidad Técnica Particular de Loja.

Agradecimientos: Este artículo es producto de un proyecto de buena práctica docente desarrollada en la Universidad Técnica Particular de Loja, así como de la certificación STEM que se ha cursado.

Conflicto de intereses: no existe.

AUTOR/ES:**Karina Monteros Cueva**

Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.

Arquitecta por la Universidad Técnica Particular de Loja, Maestra y Doctora en Arquitectura por la Universidad Nacional Autónoma de México. Docente titular agregada del Departamento de Arquitectura y Urbanismo de la UTPL. Dirige el grupo de investigación Heritage y Lanscape, es miembro fundador de DoCoMoMo Capítulo Ecuador. Sus intereses investigativos están en el patrimonio edificado urbano y rural, centros históricos, sistemas constructivos tradicionales.

kmonteros@utpl.edu.ec

Índice H: 2

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-1198-3682>

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56891372300>

Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?user=es&user=c_fnhWgAAAAJ

Katherine Haydeé Soto Toledo

Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.

Arquitecto por la Universidad Técnica Particular de Loja, 2005. Maestría en Arquitectura por la Universidad Nacional Autónoma de México, 2009. Docente Titular de la Universidad Técnica Particular de Loja. Adscrita al Grupo de investigación Conservación Sustentable del Patrimonio. Miembro fundador del grupo de investigación internacional Documentación y Conservación del Movimiento. Moderno - DoCoMoMo, capítulo Ecuador. Miembro de la Red Universitaria de Estudios Urbanos de Ecuador - CIVITIC. Actualmente es docente investigador del Departamento de Arquitectura y Urbanismo UTPL, su investigación se centra en la línea de TERRITORIO Y PATRIMONIO: análisis del patrimonio arquitectónico, urbano y paisajístico; análisis del territorio, identificando la transformación morfológica de las centros y sitios históricos; así como, las comunidades y pueblos que se conservan con alto valor patrimonial.

khsotox@utpl.edu.ec

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-0763-3065>

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57195337546>

Franklin Guillermo Cuenca Soto

Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.

Arquitecto por la Universidad Técnica Particular de Loja en el 2000. Magister en Proyectos Arquitectónicos por la Universidad Estatal de Cuenca en el 2020. En el ámbito público: director de Planificación en Gobierno Autónomo Municipal de Chinchipe, Técnico de Prospectiva y Proyectos en el Gobierno Autónomo Municipal de Loja, Administrador de Contratos en el Servicio de Contratación de Obras y Avaluator de bienes inmuebles en la Función Judicial de Loja. En el ámbito académico: docente de las cátedras de: Proyectos Arquitectónicos, Diseño Básico y Dibujo Arquitectónico en la Universidad Técnica Particular de Loja y docente de las cátedras de: Diseño Arquitectónico, Ciudad, Construcciones y Dibujo Arquitectónico en la Universidad Internacional del Ecuador.

fgcuenca@utpl.edu.ec

Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0003-8564-1762>

Google Scholar: <https://n9.cl/d1sg5>

Bryan Imaicela Toledo

Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.

Arquitecto por la Universidad Técnica Particular de Loja, Maestría en Construcción y Tecnología Arquitectónicas por la Universidad Politécnica de Madrid. En cuanto a lo académico: docente del Departamento de Arquitectura y Urbanismo de la UTPL en las cátedras de: Construcciones V, Fundamentos de Materiales, Expresión Gráfica I y II. En lo público: Técnico de proyectos en el GADPRCH. En el ámbito libre: Dirige el estudio de diseño y construcción ARQBI. Sus intereses investigativos están en los sistemas constructivos tradicionales y la experimentación con nuevos materiales.

baimaicela@utpl.edu.ec

Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0000-2561-1666>