



Universidad  
Católica  
de Cuenca

---

## JEFATURA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

Convocatoria: Fortalecimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

### Título del proyecto

El diseño arquitectónico desde una perspectiva medio ambiental\_parte II. La selección de materiales en las viviendas de Ecuador: región Costa y Oriente

**Carrera(s):** ARQUITECTURA, MAESTRÍA EN CONSTRUCCIONES MENCIÓN EN ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE,

### Director del Proyecto:

JEFFERSON TORRES-QUEZADA; 0704535087; ARQUITECTURA; UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN; MATRIZ

### Colaboradores del Proyecto

Jorge Toledo Toledo; 0301321857; Arquitectura; Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción; Matriz Cuenca

Código de Proyecto: PICODS21-35

Julio de 2022

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DATOS GENERALES DEL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
1. TÍTULO .....	3
2. CARRERAS INVOLUCRADAS – PROGRAMAS DE POSGRADOS .....	3
<b>INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
3. PERSONAL DEL PROYECTO – DIRECTOR DEL PROYECTO .....	3
4. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA .....	5
5. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES EXTERNOS.....	5
<b>ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO.....</b>	<b>7</b>
6. PERSONAL DEL PROYECTO – ESTUDIANTES .....	7
<b>CENTRO DE INVESTIGACIÓN INVOLUCRADOS Y BENEFICIARIOS.....</b>	<b>8</b>
7. LABORATORIO DEL CIITT(CENTRO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA) QUE SE ANCLA EL PROYECTO .....	8
8. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL .....	8
9. SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL .....	8
10. CAMPO, DISCIPLINA Y SUBDISCIPLINA UNESCO .....	8
11. PROGRAMA:.....	9
12. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) QUE IMPULSA EL PROYECTO.....	9
13. TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	9
FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO.....	9
16. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	9
<b>DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA .....</b>	<b>11</b>
17. RESUMEN DEL PROYECTO .....	11
18. PALARAS CLAVES .....	11
19. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN .....	11
20. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE .....	12
21. OBJETIVOS .....	13
22. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
23. MARCO METODOLÓGICO .....	13
<b>IMPACTO DEL PROYECTO .....</b>	<b>15</b>
24. RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO.....	15
25. TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS .....	16
26. REQUIERE ALGÚN AVAL ESPECIAL, PERMISO DEL COMITÉ DE BIOÉTICA O DEL MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA, DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE U OTRO. ....	17
27. CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA PROPUESTA.....	17
28. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	17
<b>FIRMA DE RESPONSABILIDAD.....</b>	<b>19</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>20</b>

## DATOS GENERALES DEL PROYECTO

<b>1. TÍTULO</b>
El diseño arquitectónico desde una perspectiva medio ambiental _parte II. La selección de materiales en las viviendas de Ecuador: región Costa y Oriente
<b>2. CARRERAS INVOLUCRADAS – PROGRAMAS DE POSGRADOS</b>
ARQUITECTURA, MAESTRÍA EN CONSTRUCCIONES MENCIÓN EN ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE,

## INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

<b>3. PERSONAL DEL PROYECTO – DIRECTOR DEL PROYECTO</b>	
Función en el proyecto	DIRECTOR DEL PROYECTO
Nombre, Cédula; Carrera; Unidad Académica; Sede o Extensión	
JEFFERSON TORRES-QUEZADA; 0704535087; ARQUITECTURA; UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN; MATRIZ	
<b>3.1. Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:</b>	
Título del artículo,; revista; ISSN; volumen; número; año; DOI; cuartil	
The evolution of embodied energy in Andean residential buildings. Methodology applied to Cuenca-Ecuador; Energy and Buildings; 0378-7788; 259; 111858; 2022; 10.1016/j.enbuild.2022.111858; Q1	
Monitoring and calculation study in Mediterranean residential spaces: thermal performance comparison for the winter season; Buildings; 2075-5309; 12; 325; 10.3390/buildings12030325; 2022; Q1	
Evaluación térmica y lumínica en prototipos de cubiertas ligeras, para clima cálido húmedo; Habitat Sustentable; 0719-0700; 11; 2; 2021; 10.22320/07190700.2021.11.02.05; 2021; Q4	
Data set of climatic factors measured in a low latitude region with warm and humid climate: solar radiation, cloud cover and sky temperature; Data in Brief; 2352-3409; 38; 107404; 10.1016/j.dib.2021.107404; 2021; Q4	
Assessment of the reflectivity and emissivity impact on light metal roofs thermal behaviour, in warm and humid climate; Energy and Buildings; 0378-7788; 188-189; 2019; 10.1016/j.enbuild.2019.02.022; 2019; Q1	
Análisis del impacto del factor u en el comportamiento térmico y energético en las residencias de Cuenca, Ecuador; Green World Journal; 2737-6109; 4; 1; 2021; 10.53313/gwj423; regional	

Impacto del covid-19 en diferentes modelos urbanos: ciudades compactas y dispersas; Green World Journal; 2737-6109; 4; 2; 2021; 10.53313/gwj43003; regional

### 3.2. Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.

Título del libro o capítulo de libro; editorial; ISBN; número; año; revisión de pares (SI-NO)

THE CONSTRUCTION EVOLUTION AND THEIR ENERGETIC IMPACT IN ANDEAN REGION BUILDINGS; IN PRESS; 0; 2022; SI

THE CONSTRUCTIVE EVOLUTION OF THE ENVELOPE. The impact on indoor thermal conditions in Andean regions ; IN PRESS; 0; 2022; SI

CONSTRUCTION DEVELOPMENT, ECONOMIC EVOLUTION, AND ENVIRONMENTAL IMPACT IN ECUADOR; IN PRESS; 0; 2022; SI

LA CUBIERTA Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA REGIÓN COSTA DEL ECUADOR; UTMACH; 978-9942-24-139-9; 0; 2020; SI

MORFOLOGÍA URBANA Y SOLEAMIENTO EN EL CENTRO HISTÓRICO DE CUENCA; EDUNICA; 978-9942-27-103-7; 0; 2020; SI

### 3.3. Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:

Nombre del proyecto; Institución; Monto financiado; fecha de inicio; fecha de culminación.

El diseño arquitectónico desde la perspectiva medio ambiental. La selección de materiales en Cuenca; Universidad Católica de Cuenca; 15370; marzo 2021; agosto 2022

El plan de ordenamiento urbano 2014 en la ciudad de cuenca: impacto en la morfología de las áreas periféricas de expansión urbana; Universidad Católica de Cuenca; 13.452,00; octubre 2021; abril 2023

Biodeterioro del Complejo Arqueológico Ingapirca: microbiología y liquenología de sustratos pétreos; Universidad Católica de Cuenca; 14050.00 USD; marzo 2021; agosto 2022

“Prefabricación de elementos de mampostería con fibra de Totorá”; Universidad Católica de Cuenca; 35.000 USD; mayo 2018; mayo 2020

“Caracterización de la morfología urbana Mediterránea, repercusión de las irregularidades y excepciones de la trama en la eficiencia energética de la arquitectura” (BIA2016-77675-R); Universidad Politécnica de Catalunya; 148.830 euros; 30 diciembre 2016; 30 diciembre 2021

“Fundamentos para la caracterización de la morfología urbana” (BIA2013-45597-R); Universidad Politécnica de Catalunya; 68.970,00 euros; 31 Enero 2013; 31 Marzo de 2017

#### 4. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

<b>Función en el proyecto</b>	COLABORADORES UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA (UCACUE)
-------------------------------	---

Nombre, Cédula; Carrera; Unidad Académica; Sede o Extensión

Jorge Toledo Toledo; 0301321857; Arquitectura; Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción; Matriz Cuenca

##### 4.1. Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:

Título del artículo,; revista; ISSN; volumen; número; año; DOI; cuartil

Jorge Toledo Toledo; Intelligent Multifunctional Solar Urban Furniture A multidisciplinary methodological vision of technology; 6th IEEE International Conference on Smart Grid, icSmartGrids; 2019; 10.1109/isgwcp.2018.8634474

Jorge Toledo Toledo; Modeling and Simulation of a hybrid system Solar panel and wind turbine in the locality of Molleturo in Ecuador; 2017; 10.1109/ICRERA.2017.8191134

##### 4.2. Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.

Título del libro o capítulo de libro; editorial; ISBN; número; año; revisión de pares (SI-NO)

Jorge Toledo Toledo; Qualitative architecture. A multidisciplinary approach to the provision of Social Housing. Case Study Cuenca - Ecuador; UJED; 978-3-030-01405-6; 2019; SI

##### 4.3. Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:

Nombre del proyecto; Institución; Monto financiado; fecha de inicio; fecha de culminación.

Jorge Toledo Toledo; El diseño arquitectónico desde la perspectiva medio ambiental. La selección de materiales en Cuenca-Ecuador; Universidad Católica de Cuenca; 15370.00 USD; febrero 2021; agosto 2022

#### 5. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES EXTERNOS

<b>Función en el proyecto</b>	COLABORADORES EXTERNOS
-------------------------------	------------------------

Nombre; Institución

Antonio Isalgué Buxeda; Universidad Politécnica de Catalunya

Anna Pagés Ramon; Universidad Politécnica de Catalunya

Tatiana Sánchez Quezada; Universidad Técnica de Machala

**5.1. Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:**

Título del artículo; revista; ISSN; volumen; número; año; DOI; cuartil

Antonio Isalgué Buxeda; The energy consumption of terraces in the Barcelona public space: heating the street; Sustainability; 2071-1050; 13; 2; 2021; 10.3390/su13020865; Q2

Antonio Isalgué Buxeda; Renewable land: planning the evolution of logistic areas; Architecture, city and environment; 1887-7052; 16; 47; 2021; 10.5821/ace.16.47.9042; Q2

Antonio Isalgué Buxeda; Exergetic model of a small-scale, biomass-based CCHP/HP system for historic building structures; Energy Conversion and Management: X; 2590-1745; 12; 100148; 2021; 10.1016/j.ecmx.2021.100148; Q1

Antonio Isalgué Buxeda; Assessment of the reflectivity and emissivity impact on light metal roofs thermal behaviour, in warm and humid climate; Energy and Buildings; 0378-7788; 188-189; 2019; 10.1016/j.enbuild.2019.02.022; Q1

Antonio Isalgué Buxeda; Biomass-fired combined heating, cooling, and power for small scale applications – A review; Renewable and Sustainable Energy Reviews; 1364-0321; 96; 2018; 10.1016/j.rser.2018.07.044; Q1

Antonio Isalgué Buxeda; Techno-economic optimization model for polygeneration hybrid energy storage systems using biogas and batteries; Energy; 0360-5442; 218; 119544; 2021; 10.1016/j.energy.2020.119544; Q1

Anna Pagés-Ramon; Hybrid approach to representative building archetypes development for urban models – A case study in Andorra; Building and environment; 0360-1323; 215; 10.1016/j.buildenv.2022.108958; Q1

Anna Pagés-Ramon; Buildingmass and energy demand in conventional housing typologies of the Mediterranean city. ; Sustainability; 2071-1050; Special Issue; 10.3390/su11133540; Q2

Anna Pagés-Ramon; Housing Energy Equivalence: A Graphical Approach; Renewable Energy and Environmental Sustainability; 2468-0257; 6; 36; 10.1051/rees/2021037

Tatiana Sánchez; Variables sociales, económicas y productivas como referente de posicionamiento nacional de la provincia de El Oro, Ecuador; Espacios; 0798 1015; 40; 37; 2019; Regional

Tatiana Sánchez; INSTRUMENTO PARA LA IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE LAS POTENCIALIDADES PRODUCTIVAS DE UN TERRITORIO CONSIDERANDO ELEMENTOS DEL RSE; Agroecosistemas| Revista para la transformación agraria sostenible; 2415-2862; 7; 2; Regional

Tatiana Sánchez; Evolución en las exportaciones de banano e impacto del desarrollo económico, provincia de El Oro 2011 - 2020, pre-pandemia, pandemia; aplicando series de tiempo; 2550 - 682X; 58; 6; 10.23857/pc.v6i8; Regional

## 5.2. Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.

Título del libro o capítulo de libro; editorial; ISBN; número; año; revisión de pares (SI-NO)

Antonio Isalgué Buxeda; Better than optimum: integrated: the integration of renewable energy in architecture as an optimization factor; Springer; 978-3-319-18215-5; 10.1007/978-3-319-18215-5; 2017; SI

Antonio Isalgué Buxeda; An Approach to Daylight Contrast Assessment in Mediterranean Urban Environments; Springer; 978-3-319-51441-3; 10.1007/978-3-319-51442-0; 2017; SI

Antonio Isalgué Buxeda; The role of vegetation in urban comfort: surface temperature assessment at street level; Springer; 978-981-15-8782-5; 10.1007/978-981-15-8783-2; 2020; SI

Tatiana Sánchez; La Política Económica en la Gestión Empresarial; UTMACH; 978-9942-24-089-7; 2018; SI

## 5.3. Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:

Nombre del proyecto; Institución; Monto financiado; fecha de inicio; fecha de culminación.

Antonio Isalgué Buxeda; Remansos urbanos en barrios vulnerables (VeUvE); Ministerio Educación España; 170731 Euros; septiembre 2021; agosto 2025.

Antonio Isalgué-Buxeda; DISSENY D'UN SISTEMA DE LAMEL·LES FILTRANTS I FOTOCATALÍTIQUES PEL SANEJAMENT DE L

## ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

### 6. PERSONAL DEL PROYECTO – ESTUDIANTES

Función en el proyecto

ESTUDIANTES COLABORADORES EN EL PROYECTO

Nombre; Cédula; Carrera; Unidad Académica; Sede o extensión; Práctica Pre profesional o Investigación Formativa.

Romel Morocho Paqui; 1950032340; Arquitectura; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca; Titulación

Erika Quizhpi Pizarro; 0106568207; Arquitectura; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca; Titulación

ALVAREZ CASTILLO MARIA LEONOR; 0107595589; Arquitectura; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca; Investigación Formativa

MUÑOZ AVILA ALISSON PAMELA; 0107618209; Arquitectura; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca; Investigación Formativa

MAESTRANTE 1; Maestría en Construcciones con mención en Construcción Sustentable; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca; Titulación

MAESTRANTE 2; Maestría en Construcciones con mención en Construcción Sustentable; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca; Titulación

## CENTRO DE INVESTIGACIÓN INVOLUCRADOS Y BENEFICIARIOS

### 7. LABORATORIO DEL CIITT(CENTRO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA) QUE SE ANCLA EL PROYECTO

LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES - CIITT,

### 8. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL

Para información sobre las líneas de investigación dirigirse al enlace [Líneas y Ámbitos de Investigación Institucionales](#),

Territorios, Naturalezas y Tecnología

### 9. SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL

Sustentabilidad y Territorio,

### 10. CAMPO, DISCIPLINA Y SUBDISCIPLINA UNESCO

Código del campo y de la disciplina según UNESCO en el enlace [SKOS](#)

<b>10.1.</b> Campo	33	<b>10.2.</b> Disciplina	5	<b>10.3.</b> Sub disciplina	1
--------------------	----	-------------------------	---	-----------------------------	---

<b>11. PROGRAMA:</b>	
(En caso de que el proyecto sea parte de un programa)	
<b>12. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) QUE IMPULSA EL PROYECTO</b>	
8. Trabajo decente y crecimiento económico, 11. Ciudades y comunidades sostenibles, 12. Producción y consumo responsable, 13. Acción por el clima,	
<b>13. TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO</b>	
Duración del proyecto en meses	12
<b>FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO</b>	
<b>14. Monto total del financiamiento UCACUE</b>	\$ 21.860,00
<b>15. Monto total del financiamiento EXTERNO</b>	

<b>16. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO</b>
<p>El presente proyecto es la continuación del estudio “El diseño arquitectónico desde una perspectiva medio ambiental- La selección de materiales en Cuenca-Ecuador” enfocado en la región Andina (ZT3), no obstante, se enfoca en dos de las otras regiones naturales del Ecuador, Costa y Amazonía. Este estudio se centra en definir criterios arquitectónicos: morfológicos y de materiales, a partir de una perspectiva sostenible, para proveer de fundamentos teóricos y técnicos en el diseño de edificaciones de uso residencial en la zona climática ZT1 del Ecuador. Aunque en el proyecto anterior se han definido criterios válidos, estos no podrían aplicarse en su totalidad a las otras regiones, dada las condiciones climáticas opuestas.</p> <p>Por tanto, esta investigación aborda el impacto ambiental de los materiales de los diferentes sistemas constructivos de ZT1, donde se considera como parámetro de análisis la Energía Incorporada(EI). Primero, se realiza una clasificación cronológica de los sistemas constructivos más utilizados en las 4 últimas décadas(1980-2020.) Luego, se analiza y determina los índices de EI de los sistemas constructivos de las diferentes décadas, para ser correlacionados con los parámetros de confort térmico interior de cada una de estas etapas.</p> <p>Los resultados esperados se centran en dar una visión sobre la energía incorporada y operativa que consumen las edificaciones en la región Costa y Amazonía. Finalmente, a partir de estos resultados se realizará un análisis comparativo del gasto energético de cada región del Ecuador, para así poder dar unos lineamientos generales para los profesionales de diseño y construcción a nivel nacional.</p>



## DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

---

### 17. RESUMEN DEL PROYECTO

El presente proyecto es la continuación del estudio “El diseño arquitectónico desde una perspectiva medio ambiental- La selección de materiales en Cuenca-Ecuador” enfocado en la región Andina (ZT3), no obstante, se enfoca en dos de las otras regiones naturales del Ecuador, Costa y Amazonía. Este estudio se centra en definir criterios arquitectónicos: morfológicos y de materiales, a partir de una perspectiva sostenible, para proveer de fundamentos teóricos y técnicos en el diseño de edificaciones de uso residencial en la zona climática ZT1 del Ecuador. Aunque en el proyecto anterior se han definido criterios válidos, estos no podrían aplicarse en su totalidad a las otras regiones, dada las condiciones climáticas opuestas.

Por tanto, esta investigación aborda el impacto ambiental de los materiales de los diferentes sistemas constructivos de ZT1, donde se considera como parámetro de análisis la Energía Incorporada(EI). Primero, se realiza una clasificación cronológica de los sistemas constructivos más utilizados en las 4 últimas décadas(1980-2020.) Luego, se analiza y determina los índices de EI de los sistemas constructivos de las diferentes décadas, para ser correlacionados con los parámetros de confort térmico interior de cada una de estas etapas.

Los resultados esperados se centran en dar una visión sobre la energía incorporada y operativa que consumen las edificaciones en la región Costa y Amazonía. Finalmente, a partir de estos resultados se realizará un análisis comparativo del gasto energético de cada región del Ecuador, para así poder dar unos lineamientos generales para los profesionales de diseño y construcción a nivel nacional.

### 18. PALARAS CLAVES

Energía Incorporada, Energía Operativa, Ciclo de vida, Confort térmico

### 19. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

En las últimas décadas el impacto del cambio climático ha aumentado considerablemente, lo que está relacionada directamente con el incremento del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), y este con la energía que se consume alrededor del mundo [1].

Aunque los principales responsables del incremento del CO<sub>2</sub> son la industria y transporte, el sector residencial también juega un papel fundamental [2], por lo que la arquitectura tiene una gran responsabilidad sobre esta problemática.

Ante esto, surge la arquitectura sostenible, proponiendo una “ecología arquitectónica” [3], la misma que suscita nuevas soluciones amigables con el medio ambiente. Esta arquitectura puede ser abordada desde el cuidado del agua, tratamiento de residuos, eficiencia energética y los materiales. Esta dos últimas serán el foco de esta investigación, y se tomará como zona de estudio la zona climática ZT1 del Ecuador, de manera específica la región Costa y Amazonía.

A nivel mundial, la inmersión de nuevas tecnologías y nuevos estilos arquitectónicos [4], han marcado el cambio de la construcción, con soluciones enfocadas sólo a lo estético y a mejorar los tiempos de construcción, lo que ha impactado en el incremento de la Energía Incorporada de los materiales [5]. Peor aún, en el Ecuador, la importación de sistemas constructivos que en teoría pretenden dar solución a problemáticas constructivas y térmicas, pero que no tienen ningún sustento teórico pueden dar como resultado un mayor impacto ambiental y un menor confort térmico de las viviendas. Esta hipótesis se pudo comprobar en el estudio de Torres et al. [6], aplicado en la región Andina, donde los sistemas constructivos efectivamente han sufrido un retroceso ambiental y térmico. Los resultados de ese estudio proponen lineamientos de materiales y además morfológicos de las tipologías constructivas, los cuales

pueden aplicarse para reducir el impacto ambiental de los diseños y construcciones actuales en un clima Andino, pero no pueden extrapolarse en su totalidad a otra región climática [7]. Por tanto, resulta esencial considerar dentro del diseño arquitectónico, el proceso de selección de materiales con baja energía incorporada, no solamente de una región con clima frío del Ecuador, sino también de la región climática opuesta.

Este proyecto busca ampliar la visión del impacto ambiental que ha tenido los cambios de materiales en la región Costa y Amazonía, para así cuantificar y valorar las decisiones arquitectónicas tomadas en las últimas décadas, desde un ámbito ambiental y térmico. Con esto se pretende generar una conciencia ambiental basada en realidades científicas.

## 20. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

Desde los inicios de la arquitectura, la envolvente y todos sus elementos han tenido como objetivo primordial la protección del usuario, en especial de las inclemencias climáticas de su entorno [8][9]. Con este propósito, la envolvente ha estado condicionada de manera primordial por el clima donde se emplaza. Este vínculo entre arquitectura y clima se hace evidente en las tipologías edilicias y urbanas vernáculas de cada región, las cuales responden a sus propias condicionantes climáticas [10][11][12]. No obstante, estudios muestran que sólo hasta final del siglo XIX las tipologías de los edificios han sido guiadas primordialmente por el clima local y la búsqueda de protección o confort del usuario [13]. De acuerdo con esto, el vínculo entre arquitectura y clima se ha roto, y ha dado como resultado una tendencia arquitectónica orientada solo al pilar estético. Mientras que, el confort del usuario, especialmente térmico, es solventado por sistemas activos de climatización.

Dentro de este fenómeno arquitectónico, se enmarca la arquitectura del Ecuador, y de cada una de sus regiones naturales. De acuerdo a las evidencias arquitectónicas actuales que se muestran en las ciudades de este país, el arte de proyectar ha olvidado a la arquitectura vernácula, a los aleros largos de la Costa, a los muros gruesos de la Sierra, y a los materiales naturales como la Guadúa y el barro.

Bajo este contexto, el objetivo general de esta investigación es determinar el impacto del cambio de decisiones arquitectónicas y constructivas de las últimas 4 décadas sobre el aspecto ambiental y térmico de las viviendas de la Costa y Amazonía ecuatoriana.

En el marco de una arquitectura bioclimática, además de la reducción del consumo de agua y los sistemas alternativos de generación de energía, el paradigma de la sostenibilidad del sector residencial se centra principalmente en la reducción de la energía del ciclo de vida (LCE) de toda la edificación. El LCE total del edificio tiene dos perspectivas, la energía consumida en la etapa de operación y la energía consumida en la etapa de construcción, conocidas como Energía Operacional (EO) y Energía Incorporada (EI) [7]

### ENERGÍA OPERATIVA

Esta energía se refiere específicamente a la energía consumida en la vivienda en su etapa de uso y mantenimiento. Los factores de consumo energético en esta etapa son la calefacción, la refrigeración, la iluminación y los electrodomésticos [14].

### ENERGÍA INCORPORADA

La energía incorporada o más conocida como Embodied Energy se refiere a la energía total gastada para producir un material, incluido el proceso de extracción, transporte, fabricación y otros servicios. Todos estos procesos consumen energía y emiten desechos al planeta, principalmente por la quema de fósiles, que son la principal causa del CO<sub>2</sub> generado [15]. En otras palabras se entiende como energía incorporada (EI), a toda la energía involucrada en el proceso de fabricación de cualquier material, desde su obtención hasta su traslado a la obra [1][16].

La mayoría de estudios y normativas se han centrado en la EO, principalmente en la reducción del consumo energético de los sistemas activos de climatización. Con este propósito, el uso de nuevos materiales se ha implementado y tomado gran protagonismo en la edificación, como el aislamiento, ventanas de doble acristalamiento, vidrios de baja emisividad, etc [17]. Sin embargo, la implementación de estas nuevas tecnologías repercute a menudo en el incremento de la EE [18] Incluso, de acuerdo a varios estudios, la EE puede ser tan representativa como la EO durante muchos años. Sin embargo, pocas estrategias o regulaciones abordan este tema [19].

La tendencia de los últimos años, en la mayoría de países, ha sido el cambio de sistemas constructivos vernaculares a nuevos tipos de construcción, como el acero o el hormigón, que aceleran el tiempo de ejecución [20]. Muchas

veces, el uso de nuevos sistemas constructivos está orientado a incrementar el aislamiento de las edificaciones para mejorar el confort del usuario [21], sin embargo, esto ha dado como resultado el incremento excesivo de la energía incorporada. El Ecuador, en las últimas décadas, también refleja un cambio en los materiales y sistemas constructivos utilizados.

En el estudio obtenido de Torres et al. [6] se comprueba que el cambio de sistemas constructivos en las últimas 4 décadas ha incrementado la EI de la vivienda en un 215%. Este estudio demuestra que aunque los procesos industriales han mejorado la forma en cómo construimos es mucho menos sostenible, e incluso más costosa. Además de ello, se ha podido comprobar que este cambio de sistemas constructivos ha repercutido en un espacio interior menos confortable, con una oscilación térmica mucho más marcada, lo que implica un sobrecalentamiento en el día y temperaturas bajas en la noche. Esto debido principalmente a la reducción del peso de la envolvente y al incremento de la relación ventana/pared [7]. Todos estos estudios han sido llevados a cabo dentro de la región Andina del Ecuador, de donde se han extraído varios lineamientos para la toma de decisiones arquitectónicas y de construcción. Dentro de ellos destaca que el principal componente de la construcción responsable del gasto energético es la Estructura, y que el cambio de madera a hormigón y en los últimos años a metal han sido uno de los mayores impactos energéticos de las últimas 4 décadas. Además, la componente de los Acabados toma mayor protagonismo en las viviendas actuales en comparación con las viviendas de hace 4 décadas. Finalmente, aunque la importancia de la envolvente se ha reducido aun implica un gran consumo de EI, y peor aún, este cambio ha significado que la EO se incremente debido a la reducción de peso que ha experimentado.

Aunque varias de estas estrategias podrían extrapolarse a otras ciudades de la región Andina no son aplicables a otra región con un clima opuesto como la Costa y Amazonía. Debido a estas características contrastantes, los materiales de construcción no son los mismos y los valores tanto absolutos como relativos entre décadas será totalmente diferentes. Aún más importante, el comportamiento térmico de las edificaciones con respecto a sus materiales tendrá una tendencia diferente a los vistos en la región Andina.

## 21. OBJETIVOS

Determinar lineamientos de diseño para las viviendas del Ecuador de la zona climática ZT1 (región Costa y Amazónica), en función del impacto de los materiales sobre el aspecto ambiental y térmico de las edificaciones.

## 22. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el cambio de los índices de Energía Incorporada de los sistemas constructivos tipo de las últimas cuatro décadas en la zona de estudio.
2. Determinar el cambio de los índices de Energía Operativa de las edificaciones tipo de las últimas cuatro décadas en la zona de estudio, y comparar con los valores de demanda de Energía Incorporada.
3. Comparar el impacto de los sistemas constructivos utilizados en la zona ZT1 (clima caluroso) con la zona ZT3 (clima Andino) en base a la Energía Incorporada y Energía Operativa consumida.

## 23. MARCO METODOLÓGICO

La problemática planteada en esta investigación se centra en dos variables la EI de las viviendas en su fase de construcción con una condición límite de la Cuna a la puerta, y la Energía operativa demandada en un periodo de tiempo de 50 años.

Por un lado, el análisis de la EI será abordada en 2 fases:

En la primera fase se realizará una recopilación bibliográfica y análisis de los sistemas constructivos desarrollados dentro de la zona de estudio, a lo largo del periodo comprendido entre 1980 hasta 2020. Este análisis se realizará a través de la obtención de datos estadísticos de fuentes locales y nacionales.

En la segunda fase, se realizará una investigación de campo para realizar un levantamiento de 10 viviendas pertenecientes a cada uno de los periodos de análisis: 1980-1990, 1990-2000, 2000-2010 y 2010-2020. A través de

esta recopilación de información se realizará un análisis y cuantificación de los volúmenes de obra de cada vivienda. Con estos valores y con los valores de energía incorporada de cada material obtenidos de Torres et al. [6] y otros de Macías et al.[22], se determinará el valor de energía incorporada total empleada en cada una de ellas. Esta fase se sustenta en la metodología planteada en el proyecto precedente al actual, ver Figura 1 de la ref [6]

Con los datos obtenidos de todas las viviendas, por una parte, se podrá definir un índice de energía incorporada por metro cuadrado (MJ/m<sup>2</sup>) de cada una de los sistemas constructivos de las diferentes épocas analizadas. A través de estos índices se determinará las tendencias de incremento o decremento de esta variable en los sistemas constructivos de la ciudad a lo largo del tiempo. Por otra parte, se realizará una categorización, en donde se determine los materiales con alta, media o baja energía incorporada utilizados en la ciudad de Cuenca. A través de esto, se puede definir los materiales que deberían o no usarse en la construcción, para aportar a la arquitectura sostenible en el área de estudio.

Por otro lado, el análisis de EO se realizará en base al levantamiento de información de las 40 viviendas analizadas en la etapa de EI. De esta etapa se analizará la EO para satisfacer las necesidades de confort térmico de estas 40 viviendas. Estos resultados se obtendrán a través de simulaciones con el uso del software Design Builder [23] y el motor de cálculo Energy Plus [24]. Los resultados simulados se plantean ser validados a través de mediciones in situ, de temperatura y humedad relativa, en las mismas viviendas utilizadas para la extracción de información. Estas variables medidas evidenciarán el grado de confort de los diferentes sistemas constructivos, pero además servirán como un parámetro comparativo entre los diferentes sistemas constructivos. Además, se realizarán mediciones puntuales y continuas de la temperatura radiante de la envolvente del edificio con el uso de cámara térmica y termómetro de superficie, respectivamente. Además de estos parámetros, se abordará dos variables más de medición, la transmitancia térmica de los muros exteriores (U) y el consumo energético de la vivienda y de los diferentes puntos de demanda, a través de un Uómetro y contadores de consumo de energía.

Finalmente, los resultados obtenidos de EO se contrapondrán con los resultados de la EI de las regiones analizadas en este proyecto, y además se realizará un análisis comparativo general entre los datos obtenidos en el proyecto precedente de la región Sierra. Con estos resultados, se podrá emitir criterios generales para la mayor parte del territorio ecuatoriano, los cuales pueden ser el inicio de normativas aplicadas al ámbito ambiental y térmico de las edificaciones en estas regiones.

A continuación se presenta una operacionalización de las variables analizadas con sus respectivos indicadores:

#### VARIABLE

Energía Incorporada

DEFINICIÓN CONCEPTUAL DIMENSIONES	INDICADORES	DEFINICIÓN	OPERACIONAL
La energía incorporada es la energía consumida Portante/Pórticos		Es la energía que define el impacto ambiental que puede generar una edificación en la etapa de su construcción.	Estructura
en procesos de extracción, procesamiento de Materiales artesanales/Industrializados/locales materia prima y fabricación [1]			Envolvente
Materiales artesanales/Industrializados/locales			Acabados

#### VARIABLE

Energía Operativa relacionada al Confort térmico

DEFINICIÓN CONCEPTUAL DIMENSIONES	INDICADORES	DEFINICIÓN	OPERACIONAL
EO se refiere específicamente a la energía Energética	Demanda por simulación	Define el consumo energético de una	Demanda
consumidad en la vivienda en su etapa de uso Medición de consumo		edificación relacionado con el confort	de climatización
y mantenimiento.		térmico del usuario	
Los factores de consumo energético en esta etapa son la calefacción, la refrigeración, la iluminación y los electrodomésticos [14]			
El confort térmico es una sensación neutra de interior	Temperatura del aire	Define la calidad de vida del	Confort
la persona respecto a un ambiente térmico Humedad		usuario enmarcado en la sensación	
determinado. Según la norma ISO 7730 el confort		térmica del mismo	
Temperatura radiante			
térmico “es una condición mental en la que se			
Transmitancia térmica			
expresa la satisfacción con el ambiente térmico”			
[8]			

## IMPACTO DEL PROYECTO

### 24. RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO

En primer lugar, de la investigación planteada se espera definir los diferentes índices de energía incorporada de los sistemas constructivos de las últimas décadas y su correlación con el comportamiento térmico interior de las edificaciones (temperatura del aire, humedad y temperatura radiante) en la zona de estudio. A través de estos resultados se puede definir si los cambios mostrados en las nuevas tecnologías han traído una mejora térmica-ambiental en las edificaciones actuales y si estos nuevos sistemas han repercutido de manera positiva o negativa en el impacto ambiental del sector residencial. Sumado a esto, se pretende visualizar de manera cuantitativa el impacto ambiental de los sistemas constructivos de todo el Ecuador. Tomando en cuenta los resultados de la parte I de este proyecto, se podrá contextualizar de manera numérica los materiales y sistemas constructivos con mayor impacto en el Ecuador.

En segundo lugar, los resultados obtenidos de este estudio se plantean a ser utilizados ya de una manera práctica y aplicable al contexto constructivo nacional. Para esto se plantea una clasificación en base a su energía incorporada a nivel Ecuador. Esta clasificación toma relevancia para los futuros y actuales arquitectos en el momento de diseñar tanto en un clima Andino o cálido. A través de ello se pretende mejorar la tendencia arquitectónica y constructiva que está tomando el país.

## 25. TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS

El enfoque propuesto en este estudio podrá ser abordado desde diferentes puntos de vista y orientarse a investigaciones a menor y mayor escala, las mismas que se enmarcarán en diferentes proyectos de investigación de grado o postgrado, o incluso futuros proyectos anexos de investigación.

Sobre los objetivos específicos planteados, se deriva que:

A partir de analizar y determinar los índices de Energía incorporada y Energía Operativa en la zona de estudio, será posible:

- Presentar los resultados obtenidos a la comunidad académica local a través de segmentos expositivos, redes sociales y charlas académicas.
- Incentivar proyectos de investigación Formativa enmarcados dentro de este proyecto.
- Difundir los resultados en asignaturas de grado correspondientes al tema (Proyectos, Construcciones, Instalaciones Complementarias) como fundamentos teóricos del sílabo.
- Difundir los resultados en postgrado, como fundamentos teóricos de las maestrías correspondientes al tema.
- Publicar resultados científicos. Este punto será abordado a detalle en líneas posteriores.

A través de Comparar el impacto de los sistemas constructivos usados en ZT1 y ZT3 en la EI y EO, será posible:

- Realizar una comparación analítica de los índices obtenidos de estas regiones, y contraponerlos con otras regiones a nivel latinoamericano y mundial.
- Realizar proyectos de vinculación, en el ámbito de diseño y construcción, que se fundamenten en los lineamientos expuestos, a nivel nacional.
- Exposición de resultados en formato físico.
- Organizar seminarios de trabajo, debate y difusión.
- Publicar resultados científicos.

Los verificables se plasmarán en 4 revistas indexadas y 1 regional:

1. En Revista de estudios energéticos. Q1. Energy and Buildings.
2. En Revista de estudios energéticos. Q1. Energy and Buildings.
3. En Revista de estudios energéticos. Q1. Buildings.
4. En Revista de estudios energéticos. Q4. Habitat Sustentable.
5. En Revista regional. Green World Journal

Además, se prevé su divulgación mediante la realización de seminarios de trabajo abiertos para la presentación de resultados y mostrar la evolución de los trabajos, para lo que se invitara a expertos en el tema.

**26. REQUIERE ALGÚN AVAL ESPECIAL, PERMISO DEL COMITÉ DE BIOÉTICA O DEL MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA, DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE U OTRO.**

NO

Justificación: La presente investigación no está dentro del campo de la salud, no existiendo experimentaciones con pacientes. Es una investigación puramente analítica y descriptiva de procesos y sistemas dentro de la arquitectura y la construcción.

**27. CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA PROPUESTA**

La propuesta planteada en el proyecto se enmarca en un análisis descriptivo y analítico de inmuebles, por lo que este campo no aplica.

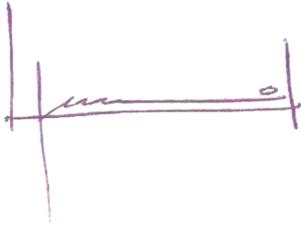
**28. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Dixit MK. Life cycle recurrent embodied energy calculation of buildings: A review. *J Clean Prod.* 2019;209:731–54. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.230>
2. Morini A, Ribeiro M, Hotza D. Early-stage materials selection based on embodied energy and carbon footprint. *Mater Des.* 2019;178:107861. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.107861>
3. Guerra M. Arquitectura Bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones. *Rev Semest Ing e innovación la Fac Ing Univ Don Bosco.* 2013;(5):123–33.
4. Rivas P. Confort Térmico En Viviendas Vernáculas, Técnica De Construcción De Bahareque En Azogues - Ecuador. University of Cuenca, Ecuador; 2017.
5. Kumar PP, Venkatraj V, Dixit MK. Evaluating the temporal representativeness of embodied energy data : A case study of higher education buildings. *Energy Build.* 2022;254:111596.
6. Torres-Quezada J, Torres Avilés A, Isalgue A, Pages-Ramon A. The evolution of embodied energy in andean residential buildings. Methodology applied to Cuenca-Ecuador. *Energy Build.* 2022;15;259:111858.
7. Torres J. Energetic Characterization of Building Evolution: A multi-perspective evaluation in the Andean region of Ecuador. SPRINGER: Switzerland; (in press).
8. Serra R, Coch H. Arquitectura y energía natural. Barcelona-España: Edicions UPC; 1995.
9. Coch H. Chapter 4—Bioclimatism in vernacular architecture. *Renew Sustain Energy Rev.* 1998;1;2(1–2):67–87.
10. Singh MK, Mahapatra S, Atreya SK. Bioclimatism and vernacular architecture of north-east India. *Build Environ.* 2009 May;44(5):878–88.
11. Beckers B. Solar Energy at Urban Scale. 1 ed. Hoboken-New Jersey: John Wiley & sons.; 2012.
12. Tong S, Li H, Zingre KT, Wan MP, Chang VWC, Wong SK, et al. Thermal performance of concrete-based roofs in tropical climate. *Energy Build.* 2014;1;76:392–401.
13. Dollfus J. Aspects de l'architecture populaire dans le monde. París: Editions Albert Morancé; 1954.
14. Dixit MK. Life cycle embodied energy analysis of residential buildings: A review of literature to investigate embodied energy parameters. *Renew Sustain Energy Rev.* 2017;79:390–413. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.051>
15. Karimpour M, Belusko M, Xing K, Bruno F. Minimising the life cycle energy of buildings: Review and analysis. *Build Environ.* 2014;73:106–14.
16. Vázquez M. Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales. *Tecnol y Construcción.* 2012;21(3).

17. Praseeda K, Reddy B, Venkatarama V, Mani M. Embodied and operational energy of urban residential buildings in India. *Energy Build.* 2016;110:211–9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.072>
18. Monteiro H, Fernández J, Freire F. Comparative life-cycle energy analysis of a new and an existing house: The significance of occupant’s habits, building systems and embodied energy. *Sustain Cities Soc.* 2016;26:507–18.
19. Pagès Ramon A. Caracterització del sector de l’edificació des del punt de vista de les emissions de gasos d’efecte hivernacle. Polytechnic University of Catalonia; 2012.
20. Diaz CA. Evaluación de las fuentes de emisión de CO2 y energía consumida por los procesos tecnológicos del sistema constructivo industrializado: paneles de fibrocemento. *Ciencia, Tecnol y Cult.* 2014;(11):30–8.
21. Santana B, Torres-Quezada J, Coch H, Isalgue A. Monitoring and Calculation Study in Mediterranean Residential Spaces: Thermal Performance Comparison for the Winter Season. *Buildings.* 2022;12:325. <https://doi.org/10.3390/buildings12030325>.
22. Macias, J., Iturburu, L., Rodriguez, C., Agdas, D., Boero, A., & Soriano, G. Embodied and operational energy assessment of different construction methods employed on social interest dwellings in Ecuador. *Energy and Buildings.* 2017; 151, 107–120. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.06.016>
23. DesignBuilder. DesignBuilder Software Ltd - Home. 2016. Available at: <https://www.designbuilder.co.uk/> (Accessed: 12 January 2016).
24. DOE. EnergyPlus Licensing | EnergyPlus. 2017. Available at: <https://energyplus.net/licensing>

## FIRMA DE RESPONSABILIDAD

---



---

**DIRECTOR DEL PROYECTO: PICODS21-35**  
**JEFFERSON TORRES-QUEZADA; 0704535087;**  
**ARQUITECTURA; UNIDAD ACADÉMICA DE**  
**INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN;**  
**MATRIZ**



---

Ing. Javier Cabrera Mejía, PhD.  
**JEFE DE INVESTIGACIÓN E**  
**INNOVACIÓN**

## ANEXOS

---

### **Planilla de anexos del Proyecto**

*[{ "title": "Anexos DAMA ii", "comment": "formato 2022", "size": "93.696", "name": "DAMA\_ii\_ANEXOS\_2022.xlsx", "filename": "fu\_x7gyek8v96pe6vc", "ext": ".xlsx" }]*  
*Número de Archivos: 1*

### **Documento de contraparte firmado (Solo en caso de financiamiento externo)**

*Número de archivos:*

### **Documentación adicional**

*Número de archivos: 0*