



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v9i1>

Ciencias Sociales y Políticas

Artículo de Investigación

La madera procedente de Manabí como material alternativo para la construcción de vivienda social en Chone

Wood from Manabi as an alternative material for the construction of social housing in Chone

Madeira de Manabí como material alternativo para a construção de habitação social em Chone

Mara Shakira Alcívar-Meza ^I

malcivar8497@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-1360-9272>

Jefferson Eloy Torres-Quezada ^{II}

jefferson.torres@upc.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1832-1369>

Ramona Albertina Panchana-Cedeño ^{III}

ramona.panchana@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-0763-5426>

Correspondencia: malcivar8497@utm.edu.ec

***Recibido:** 29 de febrero de 2023 ***Aceptado:** 29 de marzo de 2023 * **Publicado:** 01 de abril de 2023

- I. Estudiante de Maestría en Ingeniería Civil, Mención Construcción de Vivienda Social, Instituto de Posgrado de la Universidad Técnica de Manabí. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- II. Docente Universidad Católica de Cuenca, Azuay, Ecuador.
- III. Docente Instituto de Posgrado de la Universidad Técnica de Manabí. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

Resumen

El crecimiento poblacional acelerado junto con la necesidad de obtener un lugar para vivir, aportan al evidente deterioro ambiental y a las graves consecuencias generadas para todos los tipos de vida. Una de las soluciones para reducir el impacto ambiental es determinar la huella de carbono que generan los tipos de construcción, con la finalidad de escoger la metodología más amigable con el ambiente. El objetivo de la presente investigación fue analizar la madera procedente de Manabí (material del medio) como elemento alternativo para la construcción de viviendas de interés social en la ciudad de Chone, desde un enfoque de huella de carbono frente a la construcción tradicional. La metodología se basó en comparar el proceso constructivo tradicional mediante un análisis de cantidades obtenido del programa Casa para Todos del Gobierno del Ecuador frente a un modelo alternativo propuesto que utiliza la madera proveniente de Manabí como elemento estructural para posteriormente aplicar valores cuantificables de huella de carbono a cada uno de los materiales empleados y estimar este indicador ambiental para cada metodología constructiva. Los resultados principales indicaron que la construcción con madera generó una huella de carbono de 2901.94 kg CO₂ eq /kg frente a los 4014.53 kg CO₂ eq /kg generados por la construcción tradicional, demostrando que el proceso alternativo de viviendas propuesto en la presente investigación es amigable con el ambiente para su construcción en la ciudad de Chone.

Palabras Claves: Vivienda social; Madera; Manabí; Materiales alternativos; Huella de carbono.

Abstract

The accelerated population growth together with the need to obtain a place to live, contribute to the evident environmental deterioration and the serious consequences generated for all types of life. One of the solutions to reduce the environmental impact is to determine the carbon footprint generated by the types of construction, in order to choose the most environmentally friendly methodology. The objective of this research was to analyze the wood from Manabí (media material) as an alternative element for the construction of social housing in the city of Chone, from a carbon footprint approach compared to traditional construction. The methodology was based on comparing the traditional construction process through an analysis of quantities obtained from the House for All program of the Government of Ecuador against a proposed alternative model that uses wood from Manabí as a structural element to subsequently apply quantifiable carbon footprint values. to each of the materials

used and estimate this environmental indicator for each construction methodology. The main results indicated that the construction with wood generated a carbon footprint of 2901.94 kg CO₂ eq /kg compared to the 4014.53 kg CO₂ eq /kg generated by traditional construction, demonstrating that the alternative housing process proposed in the present investigation is friendly. with the environment for its construction in the city of Chone.

Keywords: Social housing; Wood; Manabi; Alternative materials; Carbon footprint.

Resumo

O acelerado crescimento populacional aliado à necessidade de se obter um local para morar, contribuem para a evidente deterioração ambiental e as graves consequências geradas para todos os tipos de vida. Uma das soluções para reduzir o impacto ambiental é determinar a pegada de carbono gerada pelos tipos de construção, de forma a escolher a metodologia mais amiga do ambiente. O objetivo desta pesquisa foi analisar a madeira de Manabí (material de mídia) como elemento alternativo para a construção de habitação social na cidade de Chone, a partir de uma abordagem de pegada de carbono em comparação com a construção tradicional. A metodologia baseou-se na comparação do processo construtivo tradicional por meio de uma análise das quantidades obtidas do programa Casa para Todos do Governo do Equador com um modelo alternativo proposto que usa madeira de Manabí como elemento estrutural para posteriormente aplicar valores quantificáveis de pegada de carbono. cada um dos materiais utilizados e estimar este indicador ambiental para cada metodologia construtiva. Os principais resultados indicaram que a construção com madeira gerou uma pegada de carbono de 2.901,94 kg CO₂ eq /kg em comparação com os 4.014,53 kg CO₂ eq /kg gerados pela construção tradicional, demonstrando que o processo habitacional alternativo proposto na presente investigação é amigável. ambiente para sua construção na cidade de Chone.

Palavras-chave: Habitação social; Madeira; Manabi; Materiais alternativos; Pegada de carbono.

Introducción

Junto con la preocupante problemática del crecimiento poblacional acelerado, el incremento en la necesidad de obtención de viviendas y el deterioro del medio ambiente, surge la necesidad de implementar medidas drásticas para la preservación del entorno, el ahorro energético y el uso de materiales que contribuyan al desarrollo local (Vanga et al., 2021). Es conocido que los países latinoamericanos tienen una serie de problemas de carácter social, entre los que destaca la posición

económica que incide en la calidad de vida de las familias (Delgado-Gutiérrez et al., 2020). De la mano con el desempleo, el reducido acceso a la vivienda afecta a un gran número de personas en América Latina, generando, como consecuencia, programas gubernamentales que tienen como objetivo otorgar viviendas para reducir esta brecha habitacional (Delgado et al., 2022a). Las soluciones por identificar deben tener como objetivo mejorar la calidad de vida de los habitantes. Sin embargo, los programas de vivienda social se han implementado de manera general, sin considerar su posterior conservación (Dunowicz & Hasse, 2005).

Se denominan viviendas de interés social aquellas que cumplen con condiciones de habitabilidad establecidas, que contengan al menos una unidad sanitaria, servicios básicos de infraestructura o un medio portátil de abastecimiento de agua y evacuación de desechos, destacando el bajo costo de su construcción (Delgado et al., 2020). Muchas de estas viviendas se conciben para solucionar el problema inmediato de numerosas familias sin considerar las condiciones climáticas en las que se implantan (Delgado-Gutiérrez et al., 2022a). En Ecuador el problema es el mismo; los desarrollos de vivienda social suelen tener un diseño típico que se reproduce en todo el país, sin considerar las variables climáticas que existen en el territorio nacional (Delgado-Gutiérrez et al., 2022b) y la disponibilidad de materiales locales. Por su ubicación geográfica, Ecuador debería poseer un clima cálido en general, pero existen factores que lo afectan, entre los que destacan la presencia de la Cordillera de Los Andes, la separación del territorio continental en dos hemisferios, la presencia de la franja intertropical, entre otros (Delgado et al., 2022).

Según la proyección del programa Casa para Todos (MIDUVI, 2018) a cargo del Gobierno Nacional en Ecuador, se planteó construir 2018 casas de interés social (idénticas) en el país entre el 2018 y 2020. Según el informe de rendición de cuentas de la Empresa Pública Casa para Todos del 2020 (Casa para Todos EP, 2021), se indicó que se construyeron 1510 viviendas y que tienen previsto construir 508 viviendas más en 2021, así como agregar 102 viviendas a la meta inicial.

No obstante, el campo de la construcción genera un grave impacto ambiental producto del consumo de gran cantidad de recursos y la inevitable contaminación del entorno (Islas, 2020). Existe un desequilibrio en el modus vivendi de lo humano y lo natural, generando una incompatibilidad entre el ser humano, el hábitat y la naturaleza (Vanga et al., 2021).

A partir de esto, se han generado propuestas de viviendas bioclimáticas que incorporan elementos del medio ambiente, aprovechando al máximo los recursos naturales (vegetación, sol, vientos, precipitaciones), reduciendo en gran parte el porcentaje del impacto ambiental dejado por las

construcciones y disminuyendo la huella de carbono (Vanga et al., 2021). En Piura-Perú, se emplearon materiales eficientes para módulos de viviendas sostenibles, considerando el aprovechamiento de materiales de la zona, ventilación e iluminación natural, ventilación cruzada, entre otros, priorizando la reducción de la huella de carbono (Herrera & Oyola, 2020). En Medellín-Colombia, se han construido viviendas de interés social con madera y caña guadúa, que, a más de representar una baja huella de carbono, tuvieron comportamientos muy favorables frente a eventos sísmicos (Trujillo et al., 2020).

La huella de carbono (HC) consiste en determinar las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por un determinado proceso constructivo (Bare et al., 2000). El indicador HC mide la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) causadas directa o indirectamente por un individuo o proceso constructivo y se expresa en unidades de masa de CO₂ equivalente (Weidema et al., 2008). En Chile, Muñoz et al. (2012) realizaron un estudio de HC en un proyecto de viviendas de interés social centrándose en el análisis del ciclo de vida de los materiales de construcción. Los resultados mostraban que la energía de la puesta en obra resulta despreciable, mientras que el 35% corresponde a la extracción y fabricación de materiales, y el 65% al uso y mantenimiento de la vivienda. Además de las expuestas, existe una gran cantidad de revisiones bibliográficas relacionadas con el empleo del indicador HC en la construcción (Geng et al. 2017), sin embargo, los resultados no son siempre comparables, debido a la ausencia de una metodología que siga los estándares internacionales (Dossche, et al., 2017). Pese a la evidente importancia de conocer las estimaciones de huellas de carbono generadas en los procesos constructivos, en Ecuador estos análisis se centran en parámetros energéticos (Ortiz et al., 2021; Santana et al., 2022; Torres-Quezada et al., 2022), en la evolución de la envolvente (Delgado-Gutiérrez et al., 2021; Torres-Quezada & Torres-Avíles., 2023), factores económicos (Torres-Quezada et al., 2023), entre otros, sin considerar este relevante indicador ambiental.

Los valores de HC varían según el material de construcción empleado. Valores más altos representan un daño mayor al ambiente (Dossche, et al., 2017). Sin embargo, existen materiales que representan valores negativos de HC que demuestran una buena relación ambiental, como es el caso de la madera (Muñoz et al., 2012). La madera es un elemento constructivo que tiene propiedades estructurales que la hacen resistente, flexible y con gran capacidad de absorción de energía y CO₂, siendo por tanto muy amigable con el ambiente. Este material posee fibras naturales resistentes que la hacen digna de competir con elementos estructurales naturales como la caña guadúa y son útiles para la construcción

de losetas, aglomerados, laminados, pisos, paredes, módulos, entre otros (Islas, 2020). Desde un enfoque estructural, la resistencia a la compresión de la madera oscila entre 16 y 23 N/mm², mientras que la del hormigón armado se registra entre 20 y 30 N/mm² (Guerrero & Pino, 2019). En cuanto a la flexión, la madera fluctúa entre 14 y 30 N/mm² mientras que el hormigón registra entre 1.5 y 5 N/mm² (Guerrero & Pino, 2019). Estas características la convierten en una excelente alternativa para la construcción de vigas o columnas estructurales, destacando además la alta capacidad de disipación de energía sísmica (Collar et al., 2009). Además de estos beneficios, las construcciones con madera son parte de la identidad de la vivienda tradicional y ancestral de la provincia, considerando también la gran disponibilidad de esta materia prima, especialmente en tipos de madera estructural como guayacán, laurel y caoba (Viteri et al., 2021).

Muchas limitantes han imposibilitado la expansión de la construcción con madera como material alternativo en las viviendas de interés social (costos elevados, mantenimiento constante, Vanga et al., 2021), sin considerar las bondades que este tipo constructivo aporta al ambiente.

Es por ello por lo que surge la necesidad de realizar esta investigación, cuyo objetivo principal es analizar la madera procedente de Manabí como material alternativo a ser incluido en la construcción de viviendas de interés social en la ciudad de Chone, desde un enfoque de HC frente a la construcción tradicional. El presente trabajo puede ser considerado por ingenieros civiles, arquitectos y técnicos de la construcción como una recomendación sustentable y amigable con el ambiente, no pretendiendo sustituir las construcciones tradicionales, pero si enfatizar en un mejor uso de los elementos del entorno.

Metodología

Generalmente, las mediciones de HC se realizan durante todas las etapas de la vivienda, considerando aspectos desde antes de la construcción hasta su demolición. Para la presente investigación se considerarán únicamente los materiales empleados en la fase constructiva, debido a las limitaciones de casos de estudio disponibles en la zona analizada. La construcción es por excelencia la etapa más importante dentro del ciclo de vida de la edificación, debido a que aquí se producen la mayoría de los impactos ambientales que serán cuantificados mediante la huella de carbono (hasta el 65% de la huella de carbono según Rivero-Camacho et al., 2018). Por este motivo, se analizará una vivienda unifamiliar tipo construida mediante el programa Casa para Todos en Ecuador (considerando que los modelos son similares en cualquier lugar del país), analizando a detalle las cantidades de la obra

La madera procedente de Manabí como material alternativo para la construcción de vivienda social en Chone

(disponibles en Tabla 1), siendo éste el documento principal para la toma de datos de la evaluación ambiental. Las ponderaciones de HC para considerar en la etapa de construcción de la edificación han sido recopiladas de distintos proyectos de edificaciones para obtener datos de la superficie construida y otra información relevante generando que los valores puedan ser aplicados en cualquier tipo de construcción (Solís et al., 2013; Solís et al., 2014; González-Vallejo et al., 2014; González-Vallejo et al., 2015).

El presupuesto de la Vivienda 2-002 2D accesibilidad universal se detalla a continuación:

Tabla 1. Presupuesto de Vivienda unifamiliar tipo 2-002 2D accesibilidad universal (Casa para Todos, 2021)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
1	TRABAJOS PRELIMINARES		
1.1	Replanteo y nivelación de edificación	m2	60,48
1.2	Excavación Manual	m3	25,35
1.3	Compactación con vibro apisonador sobre material del sitio	m2	19,46
1.4	Relleno compactado manual con material de mejoramiento	m3	19,55
1.5	Desalojo de material de excavación	m3	18,00
2	ESTRUCTURA		
2.1	Hormigón simple $f'c= 210$ kg/cm2 (vigas de cimentación y contrapiso) incluye encofrado lateral	m3	8,27
2.2	Hormigón simple $f'c= 210$ kg/cm2 (columnas y vigas dintel)	m3	1,96
2.3	Hormigón simple $f'c= 210$ kg/cm2 (vigas de entrepiso y vigas cubierta) incluye encofrado	m3	2,28
2.4	Suministro e instalación de plástico polietileno negro	m2	103,77
2.5	Malla electrosoldada ϕ 5mm @15cm	m2	41,21
2.6	Acero de refuerzo $f_y = 4200$ kg/cm2	Kg	1.024,70
2.7	Acero estructural ASTM A36 con alta protección anticorrosiva (provisión, fabricación y montaje)	kg	158,76
2.8	Vigas V5 10X15 f'y 5000 kg/cm2 (L 4 FI 9 MM / T FI 5.5 MM @15) Inc. encofrado	m	35,45
2.9	Riostras $f'c=180$ kg/cm2 10X10cm (incluye armado, encofrado y fundido)	m	13,35
2.10	Bloque dintel 39x19x14cm 13.8Mpa (NTE-INEN 3066) H=1.00m Costa (incluye Acero de refuerzo, hormigón $f'c$ 210 kg/cm2 Y mortero industrial NTE-INEN 2518)	m	5,84

La madera procedente de Manabí como material alternativo para la construcción de vivienda social en Chone

2.11	Columna bloque estructural E=24 x 24 cm 13.8Mpa (NTE-INEN 3066), incluye mortero industrial (NTE-INEN 2518)	m	61,81
2.12	Bordillo de H. S. 180 kg/cm ² H=10 A=10 incluye encofrado para lavandería	m	5,60
3	ALBAÑILERÍA		
3.1	Mampostería estructural de Bloque dintel para antepecho 39x19x14cm 13.8 Mpa (NTE-INEN 3066), incluye mortero industrial (NTE-INEN 2518)	m ²	2,22
3.2	Mampostería de bloque (39x19x14cm 4Mpa) NTE-INEN 3066	m ²	55,95
3.3	Mampostería de bloque (39x19x9cm 4Mpa) NTE-INEN 3066	m ²	28,61
3.4	Mesón de hormigón armado A=60 cm H=10 cm (cocina)	m	3,17
3.5	Enlucido de filos y fajas ancho<=0.20 m.mortero 1:4 E=1.5 cm	m	44,11
3.6	Bordillo de H. S. 180 kg/cm ² H=10 A=10 incluye encofrado para rampa	m	1,50
4	RECUBRIMIENTO DE PAREDES		
4.1	Cerámica nacional pared, incluye instalación y emporado	m ²	9,59
4.2	Cerámica en mesones y salpicadero incluye instalación y emporado	m ²	4,40
4.3	Suministro e instalación de placa de recubrimiento para paredes tipo tablilla de madera	m ²	8,94
4.4	Placa de cerámica en vivienda	u	1,00
4.5	Flashing prepintado para remates con desarrollo variable (e=0.40 mm)	m	16,39
4.6	Sellado y Pintura elastomérica plastificada para exteriores	m ²	81,07
4.7	Pintura de alta resistencia interiores	m ²	137,92
5	RECUBRIMIENTO DE PISOS		
5.1	Cerámica nacional piso, incluye instalación y emporado	m ²	44,40
6	CUBIERTA		
6.1	Cubierta metálica con aislamiento térmico tipo sánduche e=15mm incluye (galvalume prepintado con espuma PIR y accesorios de fijación)	m ²	70,59
7	CUBIERTA DE BAMBÚ		

La madera procedente de Manabí como material alternativo para la construcción de vivienda social en Chone

7.1	Anclaje de varillas roscadas de 3/8" en muros mampostería estructural	u	30,00
7.2	Provisión y limpieza de guaduas inmunizadas	u	14,59
7.3	Instalación de estructura de guadua (incl. inst. anclajes galvan.)	m2	35,00
7.4	Provisión herrajes (varillas roscadas, tuercas, anillos)	m2	35,00
7.5	Provisión e instalación de marcos de madera semidura, cepillados, e inmunizados sec. 4x3cm. incluye listón sección 1,5x1,5cm.	m	50,33
7.6	Provisión e instalación de malla mosquitero	m2	5,63
7.7	Provisión e instalación de latilla de bambú d=3cm (inmunizados y flameados)	m	44,41
7.8	Provisión e instalación de faldón galvanizado pintado (flashing) e=0,40	m	16,81
7.9	Protector uv para guaduas y phyllostachys aurea	m2	8,76
8	ALUMINIO Y VIDRIO		
8.1	Ventana corrediza de aluminio perfil estándar incluye seguro (Con malla mosquitera)	m2	7,97
8.2	Ventana fija de aluminio perfil estándar	m2	2,64
9	CARPINTERÍA METÁLICA		
9.1	Tendedero ropa exterior L = 2.5 m 4 líneas	u	1,00
9.2	Alfajía metálica para ventanas	m	7,73
9.3	Canal de aguas lluvias tol galvanizado 15x15x15 de 1/32"	m	9,77
10	PUERTAS		
10.1	Suministro e instalación de puerta de tol 0.90mm (1.05m x 2.40m) incluye cerradura de caja-manija, marco y pintura	u	1,00
10.2	Suministro e instalación de puerta madera tamborada(0.95mx2.00m) incluye marcos, tapamarcos y cerradura de palanca.	u	2,00
10.3	Suministro e instalación de puerta madera tamborada(1.05mx2.00m) incluye marcos, tapamarcos y cerradura de palanca.	u	1,00
11	INSTALACIONES ELÉCTRICAS		
11.1	Punto de iluminación simple 120 V (manguera 1/2") Incluye foco	pto	7,00

La madera procedente de Manabí como material alternativo para la construcción de vivienda social en Chone

11.2	Punto de iluminación simple 120 V para exteriores (manguera 1/2") incluye foco	pto	2,00
11.3	Punto de tomacorriente 120V (manguera negra 1/2")	pto	12,00
11.4	Punto de ducha eléctrica 220V, 2x10 +1x12 THHN (manguera negra 3/4")	pto	1,00
11.5	Punto de tomacorriente 220V - cocina, (manguera negra 3/4")	pto	1,00
11.6	Suministro e instalación de centro de carga 4hilos 12 servicios	u	1,00
11.7	Suministro e instalación de breaker enchufable 15-20A de 1 polo	u	4,00
11.8	Suministro e instalación breaker enchufable 40A de 2 polos	u	1,00
11.9	Suministro e instalación de breaker enchufable 50A de 2 polos	u	1,00
11.10	Acometida medidor-TD alimentador TTU 2x#6+1x#6+1x#8 (manguera negra 1 1/4")	m	18,00
11.11	Puesta a tierra para TD	pto.	1,00
11.12	Punto telefónico incluye accesorios	pto	1,00
11.13	Suministro e Inst. de tablero telefónico	u	1,00
11.14	Suministro e instalación de breaker riel DIN 63 a 70A de 2 polos	u	1,00
12	INSTALACIONES AGUA POTABLE		
12.1	Punto de agua fría PVC roscable 1/2" incluido accesorios	pto	6,00
12.2	Suministro e instalación de Tubería PVC roscable 1/2" incluye accesorios	m	12,60
13	INSTALACIONES SANITARIAS		
13.1	Excavación manual de zanja, de 60 cm	m3	1,68
13.2	Desalojo de material de excavación	m3	1,03
13.3	Cama de arena (manual)	m3	0,19
13.4	Relleno compactado con material del sitio	m3	0,95
13.5	Punto de desagüe PVC 110mm tipo B, incluye accesorios	pto	1,00
13.6	Punto de desagües PVC 50 mm tipo B, incluye accesorios	pto	4,00
13.7	Sumidero de piso de 2" incluye rejilla	u	3,00
13.8	Canalización tubería PVC 110 mm, tipo B desagüe	m	16,53
13.9	Canalización tubería PVC 50mm, tipo B desagüe	m	3,62
13.10	Bajantes de agua lluvia PVC tipo B de 75 mm	m	6,40
13.11	Caja domiciliaria plástica incluye (accesorios, base de hormigón f'c = 210kg/cm2, tapa de H.A y cerco angular)	u	2,00
14	APARATOS SANITARIOS		
14.1	Lavamanos sin pedestal (37.7x46.2x20cm) Inc. grifería	u	1,00
14.2	Inodoro blanco	u	1,00
14.3	Lavaplatos 1 pozo (incluye grifería con pico aireador y válvula de corte)	u	1,00

La madera procedente de Manabí como material alternativo para la construcción de vivienda social en Chone

14.4	Ducha eléctrica (incluye llave de ducha cromada)	u	1,00
14.5	Piedra de lavar prefabricada (incluye llave de manguera)	u	1,00
14.6	Barra de apoyo recta horizontal, acero inoxidable (medidas 8.4 x 7.5 x 83.2 cm; Ø3.18cm x 0.12cm)	u	1,00

La implantación de la vivienda puede observarse en la Fig. 1.

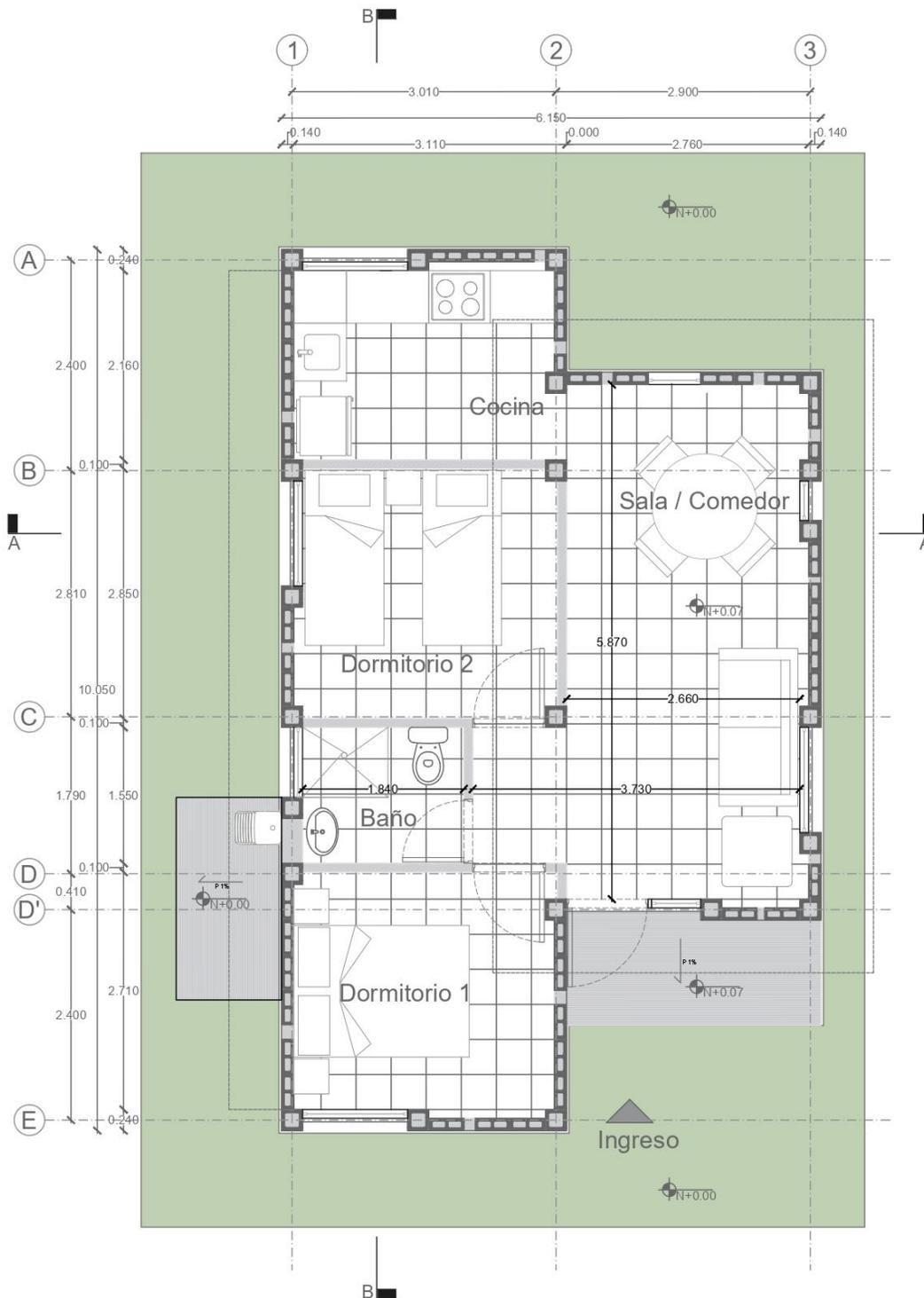


Fig. 1. Implantación de vivienda unifamiliar tipo 2-002 2D accesibilidad universal (Casa para Todos, 2021)

Los detalles constructivos se pueden apreciar en la Fig. 2.

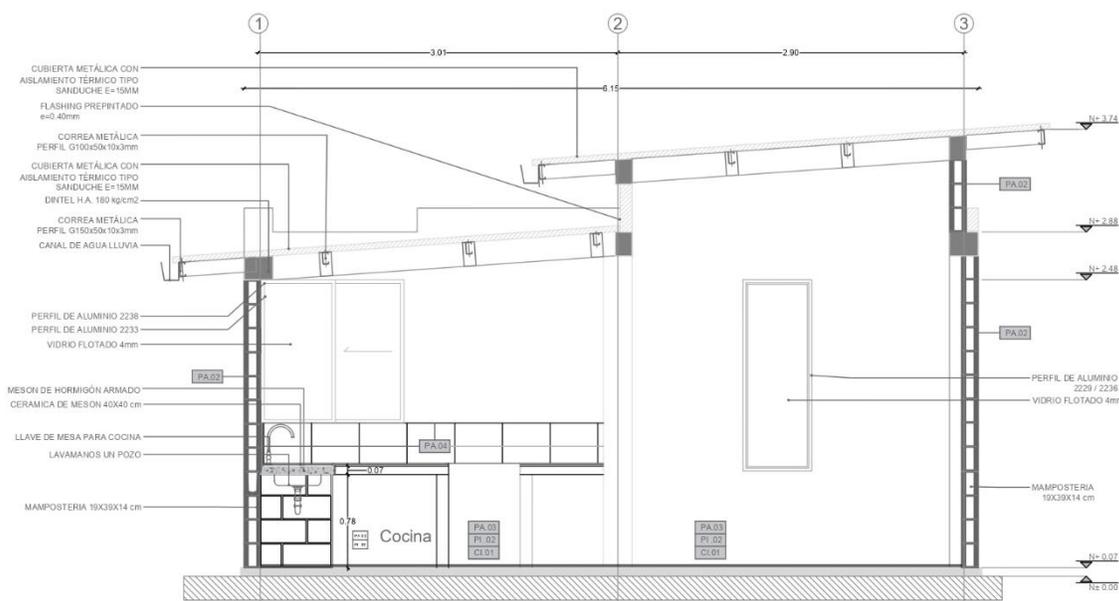


Fig. 2. Detalles constructivos de vivienda unifamiliar tipo 2-002 2D accesibilidad universal (Casa para Todos, 2021)

Posterior a conocer los valores y el modelo de la vivienda tipo considerada en la presente investigación, se realizó una modificación de las características actuales con la finalidad de que la vivienda incluya a la madera procedente del medio (guayacán, caoba o laurel, que puede ser obtenidas de cualquier aserradero de la ciudad, acortando además las distancias de movilización), en los rubros que son los más perjudiciales para el ambiente considerando la generación de HC. Estas modificaciones pueden observarse en la Tabla 3 y en los detalles constructivos (Figura 3). Una vez calculadas las nuevas cantidades junto con los nuevos rubros (cuando se aplique), se procedió a considerar los índices de HC en kg CO₂ eq /kg obtenidos de manera general de la investigación española de Marreno et al. (2020) y detallados de Rivero-Camacho (2020) (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de HC para rubros propuestos (Marreno et al., 2020; Rivero-Camacho., 2020)

Descripción	Unidad	Emisión de HC (kg CO ₂ eq./kg)
TRABAJOS PRELIMINARES		
Replanteo y nivelación de edificación	m ²	0
Excavación Manual	m ³	0
Compactación con vibroapisonador sobre material del sitio	m ²	0,67

La madera procedente de Manabí como material alternativo para la construcción de vivienda social en Chone

Relleno compactado manual con material de mejoramiento	m3	0,002
Desalojo de material de excavación	m3	0,56
ESTRUCTURA		
Hormigón simple $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ (vigas de cimentación y contrapiso) incluye encofrado lateral	m3	0,136
Horcones de madera para columnas y vigas dintel	m	-0,99
Hormigón simple $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ (vigas de entrepiso y vigas cubierta) incluye encofrado	m3	0,136
Suministro e instalación de plástico polietileno negro	m2	4,2
Malla electrosoldada $\phi 5\text{mm} @ 15\text{cm}$	m2	1,76
Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	Kg	1,47
Acero estructural ASTM A36 con alta protección anticorrosiva (provisión, fabricación y montaje)	kg	1,81
Vigas estructurales de horcones de madera	m	-0,99
Riostras $f'c=180\text{kg/cm}^2$ 10X10cm (incluye armado, encofrado y fundido)	m	1,582
Bordillo de H. S. 180 kg/cm^2 H=10 A=10 incluye encofrado para lavandería	m	1,47
Hormigón simple $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ (columnas y vigas dintel)	m	0,231
Vigas V5 10X15 $f'y$ 5000 kg/cm^2 (L 4 FI 9 MM / T FI 5.5 MM @ 15) Inc. encofrado	m	2,026
Columna bloque estructural E=24 x 24 cm 13.8Mpa (NTE-INEN 3066), incluye mortero industrial (NTE-INEN 2518)	m	1,19
Bordillo de H. S. 180 kg/cm^2 H=10 A=10 incluye encofrado para lavandería	m	1,64
ALBAÑILERÍA		
Mampostería estructural de Bloque dintel para antepecho 39x19x14cm 13.8 Mpa (NTE-INEN 3066), incluye mortero industrial (NTE-INEN 2518)	m2	0,852
Mampostería de bloque (39x19x14cm 4Mpa) NTE-INEN 3066	m2	0,22
Mampostería de bloque (39x19x9cm 4Mpa) NTE-INEN 3066	m2	0,22
Mesón de hormigón armado A=60 cm H=10 cm (cocina)	m	1,662
Enlucido de fillos y fajas ancho $\leq 0.20 \text{ m}$. mortero 1:4 E=1.5 cm	m	0,716
Bordillo de H. S. 180 kg/cm^2 H=10 A=10 incluye encofrado para rampa	m	1,19
RECUBRIMIENTO DE PAREDES		
Cerámica nacional pared, incluye instalación y emporado	m2	0,818
Cerámica en mesones y salpicadero incluye instalación y emporado	m2	0,818
Suministro e instalación de placa de recubrimiento para paredes tipo tablilla de madera	m2	-0,772
Placa de cerámica en vivienda	u	0,818
Flashing prepintado para remates con desarrollo variable (e=0.40 mm)	m	5,23
Sellado y Pintura elastomérica plastificada para exteriores	m2	2,68

La madera procedente de Manabí como material alternativo para la construcción de vivienda social en Chone

Pintura de alta resistencia interiores	m2	2,68
RECUBRIMIENTO DE PISOS		
Cerámica nacional piso, incluye instalación y emporado	m2	0,818
CUBIERTA		
Cubierta metálica con aislamiento térmico tipo sánduche e=15mm incluye (galvalume prepintado con espuma PIR y accesorios de fijación)	m2	2,762
CUBIERTA DE BAMBÚ		
Anclaje de varillas roscadas de 3/8" en muros mampostería estructural	u	1,76
provisión y limpieza de guaduas inmunizadas	u	0,001
instalación de estructura de guadua (incl. inst. anclajes galvan)	m2	-0,651
Provisión herrajes (varillas roscadas, tuercas, anillos)	m2	1,76
Provisión e instalación de marcos de madera semidura, cepillados, e inmunizados sec. 4x3cm. incluye listón sección 1,5x1,5cm.	m	-0,772
Provisión e instalación de malla mosquitero	m2	1,46
Provisión e instalación de latilla de bambú d=3cm (inmunizados y flameados)	m	-0,651
Provisión e instalación de faldón galvanizado pintado (flashing) e=0,40	m	5,23
Protector uv para guaduas y phyllostachys aurea	m2	10,1
ALUMINIO Y VIDRIO		
Ventana corrediza de aluminio perfil estándar incluye seguro (Con malla mosquitera)	m2	2,015
Ventana fija de aluminio perfil estándar	m2	1,789
CARPINTERÍA METÁLICA		
Tendedero ropa exterior L = 2.5 m 4 líneas	u	8,55
Alfajía metálica para ventanas	m	1,45
Canal de aguas lluvias tol galvanizado 15x15x15 de 1/32"	m	12,2
PUERTAS		
Suministro e instalación de puerta de tol 0.90mm (1.05m x 2.40m) incluye cerradura de caja-manija, marco y pintura	u	1,47
Suministro e instalación de puerta madera tamborada (0.95mx2.00m) incluye marcos, tapamarcos y cerradura de palanca.	u	-0,99

La madera procedente de Manabí como material alternativo para la construcción de vivienda social en Chone

Suministro e instalación de puerta madera tamborada (1.05mx2.00m) incluye marcos, tapamarcos y cerradura de palanca.	u	-0,99
INSTALACIONES ELÉCTRICAS		
Punto de iluminación simple 120 V (manguera 1/2") Incluye foco	pto	2,37
Punto de iluminación simple 120 V para exteriores (manguera 1/2") incluye foco	pto	2,37
Punto de tomacorriente 120V (manguera negra 1/2")	pto	1,76
Punto de ducha eléctrica 220V, 2x10 +1x12 THHN (manguera negra 3/4")	pto	1,45
Punto de tomacorriente 220V - cocina, (manguera negra 3/4")	pto	1,51
Suministro e instalación de centro de carga 4hilos 12 servicios	u	1,61
Suministro e instalación de breaker enchufable 15-20A de 1 polo	u	2,05
Suministro e instalación breaker enchufable 40A de 2 polos	u	2,05
Suministro e instalación de breaker enchufable 50A de 2 polos	u	2,05
Acometida medidor-TD alimentador TTU 2x#6+1x#6+1x#8 (manguera negra 1 1/4")	m	0,89
Puesta a tierra para TD	pto.	1,27
Punto telefónico incluye accesorios	pto	2,07
Suministro e Inst. de tablero telefónico	u	1,89
Suministro e instalación de breaker riel DIN 63 a 70A de 2 polos	u	1,47
INSTALACIONES AGUA POTABLE		
Punto de agua fría PVC roscable 1/2" incluido accesorios	pto	2,37
Suministro e instalación de Tubería PVC roscable 1/2" incluye accesorios	m	2,43
INSTALACIONES SANITARIAS		
Excavación manual de zanja, de 60 cm	m3	0
Desalojo de material de excavación	m3	0,56
Cama de arena (manual)	m3	0,002
Relleno compactado con material del sitio	m3	0,002
Punto de desagüe PVC 110mm tipo B, incluye accesorios	pto	1,37
Punto de desagües PVC 50 mm tipo B, incluye accesorios	pto	1,22
Sumidero de piso de 2" incluye rejilla	u	1,51
Canalización tubería PVC 110 mm, tipo B desagüe	m	1,37
Canalización tubería PVC 50mm, tipo B desagüe	m	1,22
Bajantes de agua lluvia PVC tipo B de 75 mm	m	1,53
Caja domiciliaria plástica incluye (accesorios, base de hormigón f'c = 210kg/cm ² , tapa de H.A y cerco angular)	u	8,09
APARATOS SANITARIOS		
Lavamanos sin pedestal (37.7x46.2x20cm) Inc. grifería	u	2,4
Inodoro blanco	u	2,4
Lavaplatos 1 pozo (incluye grifería con pico aireador y válvula de corte)	u	3,87
Ducha eléctrica (incluye llave de ducha cromada)	u	1,45
Piedra de lavar prefabricada (incluye llave de manguera)	u	0,89
Barra de apoyo recta horizontal, acero inoxidable (medidas 8.4 x 7.5 x 83.2 cm; Ø3.18cm x 0.12cm)	u	2,09

Resultados

Modelo de Vivienda unifamiliar tipo 2-002 2D con construcción de madera

Para el presente apartado se consideró la inclusión de la madera como elemento constructivo. Cabe recalcar que el modelo actual (Fig. 2) ya utiliza elementos naturales en su cubierta (bambú), por lo que resulta importante mejorar los elementos constructivos con la finalidad de que se adapten mejor al medio de Chone. La Fig.3 muestra las modificaciones realizadas (implementación de correas, vigas y columnas de madera en reemplazo de elementos de hormigón y acero).

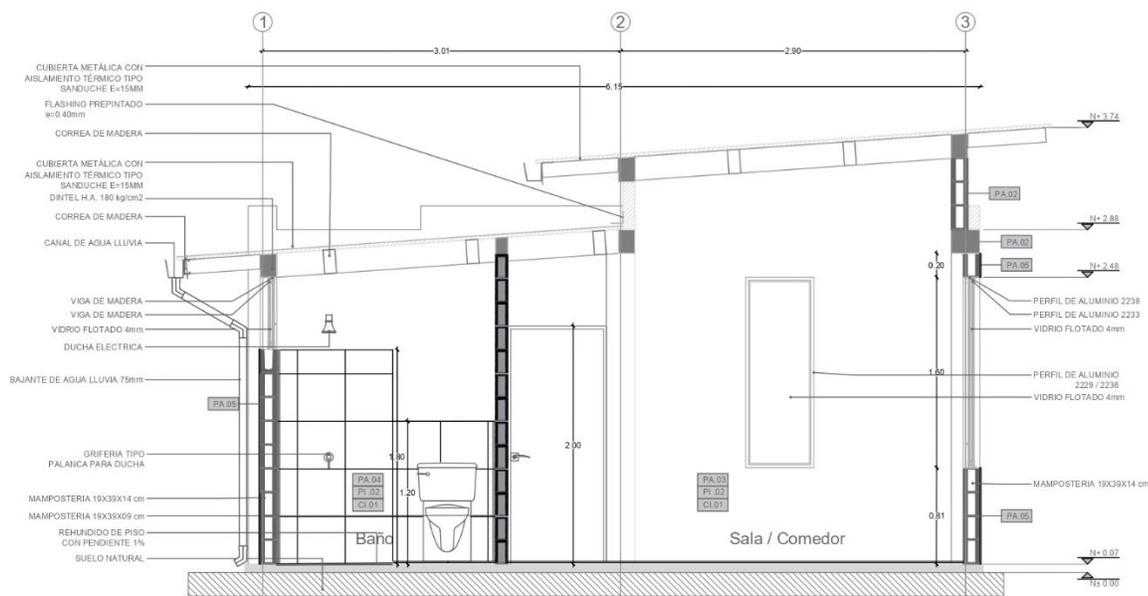


Fig. 3. Detalles constructivos de vivienda unifamiliar tipo 2-002 2D accesibilidad universal con modificaciones propuestas (inclusión de madera en elementos constructivos)

Los cambios se realizaron únicamente en la sección “Estructura”, incluyendo a la madera como material estructural (2 rubros) y disminuyendo cantidades de acero y hormigón que no se emplearán en el modelo propuesto (3 rubros, solo cantidades). La tabla de cantidades correspondiente a la sección modificada puede observarse a continuación (Tabla 3):

Tabla 3. Tabla de cantidades de Vivienda unifamiliar tipo 2-002 2D accesibilidad universal con modificaciones propuestas (inclusión de madera en elementos constructivos)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
2	ESTRUCTURA		
2.1	Hormigón simple $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ (vigas de cimentación y contrapiso) incluye encofrado lateral	m ³	8,27
2.2	<u>Horcones de madera para columnas y vigas dintel</u>	m	69,80

La madera procedente de Manabí como material alternativo para la construcción de vivienda social en Chone

2.3	Hormigón simple $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ (vigas de entepiso y vigas cubierta) incluye encofrado	m3	2,28
2.4	Suministro e instalación de plástico polietileno negro	m2	103,77
2.5	Malla electrosoldada $\phi 5\text{mm} @15\text{cm}$	m2	41,21
2.6	Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	Kg	1.024,70
2.7	Acero estructural ASTM A36 con alta protección anticorrosiva (provisión, fabricación y montaje)	kg	73,85
2.8	<u>Vigas estructurales de horcones de madera</u>	m	35,45
2.9	Riostras $f'c=180\text{kg/cm}^2$ 10X10cm (incluye armado, encofrado y fundido)	m	13,35
2.10	Bordillo de H. S. 180 kg/cm^2 H=10 A=10 incluye encofrado para lavandería	m	5,60

En la Tabla 2 se identifican 2 nuevos rubros que reemplazan a elementos convencionales de hormigón y acero.

Evaluación de HC entre modelo convencional y con construcción de madera

La inclusión de la madera en el diseño actual generó excelentes resultados en la propuesta elaborada. De los 14 grupos de rubros, únicamente se consideró modificar la sección “Estructura” para que las modificaciones a realizar no generen “alteraciones de fondo” al diseño vigente y que su aplicación resulte más sencilla. En este apartado (estructura) se reestructuraron completamente 2 rubros y se modificaron las cantidades de 3 rubros buscando una mayor coherencia desde el punto de vista arquitectónico y estructural.

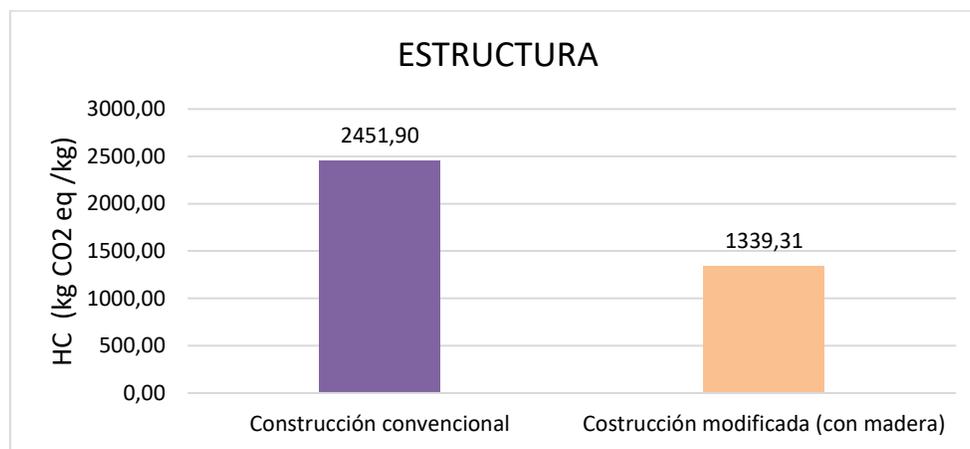


Fig. 3. Comparación de HC entre construcción convencional y construcción con madera (sección estructura)

En la Figura 3 se pueden observar los valores de HC para cada tipología de construcción. La sección “estructura” pasó de registrar una HC de 2451.90 kg CO₂ eq /kg mediante la construcción tradicional a 1339.31 kg CO₂ eq /kg mediante la construcción propuesta. En general, la construcción tradicional

La madera procedente de Manabí como material alternativo para la construcción de vivienda social en Chone

(considerando todos los rubros de la vivienda) generó una HC de 4014.53 kg CO₂ eq /kg frente a los 2901.94 kg CO₂ eq /kg de la construcción propuesta.

Mediante este análisis se puede identificar que el solo hecho de modificar pequeñas cantidades de materiales (en la sección estructural) puede generar una disminución del 27.71% de HC.

Estos resultados se deben a que la madera es un elemento natural que, antes de su procesamiento (aun cuando son árboles), absorben una gran cantidad de CO₂ en el ambiente (generando valores de HC negativos), por lo que, incluso posterior a su procesamiento, la madera sigue siendo provechosa para la preservación del medio (Marreno et al., 2020). Adicionalmente, la utilización de madera supondrá un mejor acoplamiento con la cubierta de bambú, para aprovechar satisfactoriamente las bondades que también presenta este material para con el ambiente.

Es importante mencionar que los 2 rubros modificados con respecto a la versión original de la construcción de una vivienda de interés social, se realizó buscando alteraciones básicas que no representen cambios relevantes en la tipología de la vivienda tipo y que permitan un mejor acoplamiento a la vivienda vernácula ícono de la provincia. Es posible emplear la madera como material para la elaboración de paredes, siendo necesario incluir otros análisis de sus características (físicas, eléctricas, acústicas, térmicas, mecánicas, resistencia al fuego, entre otras), considerándose un importante complemento para investigaciones futuras.

Conclusiones

Los bajos ingresos económicos de un gran porcentaje de habitantes del país generan el surgimiento de nuevas alternativas de construcciones más económicas. Sin embargo, el aumento de nuevas edificaciones supondrá también un grave incremento del impacto ambiental. La construcción de viviendas con materiales bioclimáticos o amigables con el ambiente, aparecen como una excelente alternativa de mitigación que aprovecha al máximo los recursos naturales del medio, como es el caso de la madera proveniente de la provincia de Manabí.

La inclusión de rubros compuestos de madera como material estructural en el diseño propuesto, generó como resultado una disminución del 27.71% frente al diseño tradicional. Es decir, la construcción de la vivienda propuesta generará una huella de carbono de 2901.94 kg CO₂ eq /kg mientras que la construcción de la vivienda tradicional generará una huella de carbono de 4014.53 kg

CO₂ eq /kg. Esto demuestra que, mediante una pequeña modificación, se obtendrán excelentes resultados que aportarán satisfactoriamente al cuidado y protección del ambiente.

La alternativa constructiva planteada guarda los principios de la bioconstrucción, promoviendo además el rescate de la arquitectura vernácula que es uno de puntos más destacados de la identidad provincial y permite reducir considerablemente la huella de carbono generada por las construcciones. Se recomienda a las entidades competentes, analizar la propuesta realizada en la presente investigación, para que los presupuestos y diseños originales sean readaptados a un nuevo mecanismo constructivo que supondrá mejoras considerables en el manejo y control ambiental.

Referencias

1. Bare J., Hofstetter P., Pennington D.W., Udo de Haes H.A., 2000. Life cycle impact assessment workshop summary. Midpoints versus endpoints: the sacrifices and benefits. *Int J Life Cycl Assessment* 5, 319-326.
2. BREEAM ES, 2017. BREEAM ES website Disponible en línea: <http://www.breeam.es/> (accedido en marzo 2023).
3. Collar, J. C., Prieto, E. H., & Barra, M. R. D. (2009). Ensayos no destructivos sobre madera estructural. Una revisión de 30 años en España. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 6(17), 26-41.
4. Delgado. E, Cedeño. M, Ortiz. E, Delgado. D. (2020). Optimización energética de un bloque de viviendas de interés social en Ecuador, Editorial Grupo Compás, Guayaquil Ecuador, 145 pag.
5. Delgado-Gutierrez, E., Canivell, J., Bienvenido-Huertas, D., & Rubio-Bellido, C. (2022). Improvement Options of a Social Housing Prototype in Different Climate Zones in Ecuador. *Buildings*, 12(7), 989.
6. Delgado-Gutierrez, E., Canivell, J., Bienvenido-Huertas, D., Rubio-Bellido, C., & Delgado-Gutierrez, D. (2022). Ecuadorian Social Housing: Energetic Analysis Based on Thermal Comfort to Reduce Energy Poverty. In *Energy Poverty Alleviation: New Approaches and Contexts* (pp. 209-224). Cham: Springer International Publishing.
7. Delgado, D., Sadaoui, M., Pacheco, H., Méndez, W., & Ludwig, W. (2021, May). Interrelations Between Soil Erosion Conditioning Factors in Basins of Ecuador: Contributions to the Spatial Model Construction. In *Proceedings of the 1st International Conference on*

- Water Energy Food and Sustainability (ICoWEFS 2021) (pp. 892-903). Cham: Springer International Publishing.
8. Delgado, D., Sadaoui, M., Ludwig, W., & Méndez, W. (2022). Spatio-temporal assessment of rainfall erosivity in Ecuador based on RUSLE using satellite-based high frequency GPM-IMERG precipitation data. *Catena*, 219, 106597.
 9. Dossche, C., Boel, V., De Corte, W., (2017). Use of life cycle assessments in the construction sector: critical review. *Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Materials, SCESCM 2016. Procedia Engineering* 171 (2017), 302-311, doi:10.1016/j.proeng.2017.01.338
 10. Dunowicz, R., & Hasse, R. (2005). Diseño y gestión de la vivienda social. *Revista Invi*, 20(54), 85-103.
 11. Geng, Ruoqi y Mansouri, Afshin y Aktas, Emel. (2017). The relationship between green supply chain management and performance: A meta-analysis of empirical evidences in Asian emerging economies. *International Journal of Production Economics*. 183. 245–258. 10.1016/j.ijpe.2016.10.008.
 12. Giuseppina Vanga, M., Briones, O., Zevallos, I., & Delgado, D. (2021). Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña *Guadua angustifolia* Kunth. *Revista Digital Novasinerzia*, 4(1), 53-73.
 13. González-Vallejo P., Marrero M., Solís-Guzmán J., 2014. Evaluation of the Ecological Footprint of residential buildings in terms of its construction typology. *World Sustainable Building Conference 2014, Barcelona, España*.
 14. González-Vallejo P., Marrero M., Solís-Guzmán J., 2015a. The ecological footprint of the dwelling construction in Spain. *Ecological Indicators*. 2014. Núm. 52 Pag. 75-84.
 15. Guerrero, P. F., & Pinos, J. S. (2019). Revisión Teórica de Características Físicas y de la Huella de Carbono de la Madera en Aplicaciones Estructurales. *ÑAWPAY Revista Técnica Tecnológica*, 1(2), 8-8.
 16. Herrera, M. B., & Oyola, C. A. (2020). Propuesta de diseño general e implementación del uso de materiales eficientes en la construcción de un módulo de vivienda sostenible en Sondorillo - Huancabamba - Piura. *Revista de Ciencias Aplicadas*, Lima, Perú.
 17. Islas, P. A. S. (2020). Bioconstrucción a detalle: una experiencia compartida. *Revista Gremium*, 7(14), 185-188.

18. Marrero, M., Rivero-Camacho, C., & Alba-Rodríguez, M. D. (2020). What are we discarding during the life cycle of a building? Case studies of social housing in Andalusia, Spain. *Waste Management*, 102, 391-403.
19. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2018) Proyecto de Vivienda Casa Para Todos-CPT. 102. <https://doi.org/10.2307/j.ctv893j19.14>
20. Muñoz C., Zaror C., Saelzer G., Cuchí A., 2012. Estudio del flujo energético en el ciclo de vida de una vivienda y su implicancia en las emisiones de gases de efecto invernadero, durante la fase de construcción. Caso de estudio: vivienda tipología social. Región del Biobio, Chile. *Revista de la Construcción* 11(3):125-145.
21. Empresa Pública Casa Para Todos (2021). Informe de rendición de cuentas 2020 1:1-50.
22. Ortiz Zambrano, E. B., Torres Quezada, J., & Véliz Párraga, J. F. (2021). Evaluación térmica y lumínica en prototipos de cubiertas ligeras, para clima cálido húmedo. *Revista hábitat sustentable*, 11(2), 60-71.
23. Rivero Camacho, C. (2020). Estudio de huellas en el ciclo de vida del edificio residencial.
24. Rivero Camacho, C., Pereira, J., Gomes, M. G., & Marrero, M. (2018). Huella de carbono como instrumento de decisión en la rehabilitación energética. Películas de control solar frente a la sustitución de ventanas. *Revista hábitat sustentable*, 8(2), 20-31.
25. Santana, B. O., Torres-Quezada, J., Coch, H., & Isalgue, A. (2022). Monitoring and Calculation Study in Mediterranean Residential Spaces: Thermal Performance Comparison for the Winter Season. *Buildings*, 12(3), 325.
26. Solís J., Marrero M., Ramírez-de-Arellano A., 2013. Methodology for determining the ecological footprint of the construction of residential buildings in Andalusia (Spain). *Ecological Indicators* 25:239-249.
27. Solís J., Martínez Rocamora, A., Marrero, M. (2014) Methodology for determining the carbon footprint of the construction of residential buildings. Vol. 1. 49-83. *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*. Springer. ISBN 978-981-4560-41-2
28. Torres-Quezada, J., Avilés, A. T., Isalgue, A., & Pages-Ramon, A. (2022). The evolution of embodied energy in andean residential buildings. Methodology applied to Cuenca-Ecuador. *Energy and Buildings*, 259, 111858.
29. Torres-Quezada, J. E., & Torres-Avilés, A. (2023). The Constructive Evolution of the Envelope. The Impact on Indoor Thermal Conditions in Andean Regions. In *Energetic*

- Characterization of Building Evolution: A Multi-perspective Evaluation in the Andean Region of Ecuador (pp. 49-77). Cham: Springer International Publishing.
30. Torres-Quezada, J. E., Sánchez-Quezada, T., & Vélez-Romero, G. (2023). Construction Development, Economic Evolution, and Environmental Impact in Ecuador. In Energetic Characterization of Building Evolution: A Multi-perspective Evaluation in the Andean Region of Ecuador (pp. 79-100). Cham: Springer International Publishing.
31. Trujillo, A., Nieto, N., Vanegas, O., & Díaz, F. (2020). Utilización de la Guadua angustifolia Kunth en el diseño arquitectónico y estructural de una vivienda de interés social rural. En E. Serna (Ed). Investigación formativa en Ingeniería, (4a. ed.), (pp. 97-108). Medellín, Colombia: Instituto Antioqueño de Investigación.
32. Viteri, C. V., Bravo, Y. M., Gutiérrez, D. D., & Moreira, S. A. (2021). A Look at the Traditional Construction During the Earthquake of 7.8 Mw of Pedernales 2016 (Ecuador): The Case of Portoviejo City. In Sustainability and Automation in Smart Constructions: Proceedings of the International Conference on Automation Innovation in Construction (CIAC-2019), Leiria, Portugal (pp. 363-375). Springer International Publishing.
33. Weidema B.P., Thrane M., Christensen P., Schmidt J., Løkke S. (2008), Carbon footprint. J Ind Ecol 12, 3-6.

©2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons

Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).|