

COMPARACIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS APLICADOS EN LAS VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL (VIS) DE 36M² DE CONSTRUCCIÓN PROMOVIDAS POR EL MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA (MIDUVI), EN LA ZONA DE PLANIFICACIÓN 6 – AUSTRO - ECUADOR, ENTRE LAS TIPOLOGÍAS DEL AÑO 2018 Y 2022

COMPARISON OF CONSTRUCTION SYSTEMS APPLIED IN SOCIAL HOUSING (VIS) OF 36M² OF CONSTRUCTION PROMOTED BY THE MINISTRY OF URBAN DEVELOPMENT AND HOUSING (MIDUVI) IN PLANNING ZONE 6 – AUSTRO - ECUADOR, BETWEEN THE TYPOLOGIES OF THE YEAR 2018 AND 2022



Carlos Esteban Contreras Lojano
Universidad del Azuay
Ecuador

arqcarloscontreras@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6029-2533>

Andrés Rolando Quizhpi Piedra
Investigador independiente
Ecuador

andresquizpi@es.uazuay.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-1412-6176>

María Paz Galarza Farfán
Investigadora independiente
Ecuador

pazgalarza@es.uazuay.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0006-2311-1581>

Fecha de recepción: 04 de septiembre de 2023. Aceptación: 02 de noviembre de 2023.

Resumen

Las viviendas de interés social propuestas por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) tienen el objetivo de mejorar la calidad de vida de las familias. Para aportar al mejoramiento, la investigación se basa en comparar los sistemas constructivos utilizados en estas viviendas, en la Zona de Planificación 6 - Austro - Ecuador, entre 2018 y 2022. El análisis se enfocó en el uso de materiales y la detección de posibles problemas; se consideró la adaptabilidad al clima local. Se evaluó la relación entre paredes y cubiertas, así como la disponibilidad, características físicas y adaptabilidad de los materiales utilizados. La verificación de los sistemas constructivos se llevó a cabo mediante la construcción de secciones a escala 1:1; se analizó el comportamiento de los materiales en relación con temperatura, humedad e incidencia solar. Los resultados obtenidos ofrecieron información valiosa sobre el rendimiento y la idoneidad de los sistemas constructivos propuestos por MIDUVI. Esto podrá contribuir a garantizar una vivienda digna y a mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Palabras clave

Adaptabilidad, materiales, sistemas constructivos, vivienda de interés social.

Abstract

The social housing proposed by MIDUVI aims to improve the quality of life of families. To contribute to the improvement, the research is based on comparing the construction systems used in these houses in Planning Zone 6 - Austro between 2018 and 2022. The analysis focused on using materials and detecting potential problems; adaptability to the local climate was considered. The relationship between walls and roofs was evaluated, as well as the availability, physical characteristics, and adaptability of the materials used. The construction systems were verified by building sections on a scale of 1:1, the behavior of the materials, such as temperature, humidity, and solar incidence, was analyzed. The results provided valuable information on the performance and suitability of the construction systems proposed by MIDUVI. This may contribute to guaranteeing decent housing and improving the inhabitants' quality of life.

Keywords

Adaptability, materials, construction systems, social housing.

Introducción

La investigación se originó por la necesidad de entender y analizar por qué las casas que desarrolla el MIDUVI utilizan los mismos materiales a pesar de que existen diferentes condiciones climáticas en donde se emplazan. El clima juega un papel esencial en la elección de materiales para la construcción. Al seleccionar materiales, se deben tener en cuenta factores como la resistencia a la humedad, la resistencia térmica, la capacidad de resistir el viento, y otras condiciones climáticas extremas.

Uno de los mayores desafíos que se enfrenta en el Ecuador es el déficit habitacional o de vivienda. Esto afecta, principalmente, a las zonas rurales y a la población de bajos ingresos económicos. Esto, sumado a la escasez de suelo y la precariedad de algunas viviendas, ha generado problemas de salud, habitabilidad y exclusión social (Vinces *et al.*, 2022). Por esta razón, el estado, a través de diferentes campañas realizadas por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), ha tratado de mitigar la falta de acceso a una vivienda para los sectores poblacionales más vulnerables. De la misma manera, la puesta en marcha de la construcción de las viviendas ha traído diversos inconvenientes por factores como un nulo control de calidad de parte de un profesional, la falta de diseño de las viviendas tipo y la poca adaptación a las diferentes zonas climáticas (Ortega & Bravo, 2016).

Un diseño inteligente y sensible, que respete las condiciones climáticas propias de su geografía, maximiza el confort térmico y minimiza el uso de sistemas artificiales. Esto reduce gastos energéticos y ayuda en los aspectos económicos y sociales de las familias (Iza & Suasnavas, 2021).

El objeto de esta investigación está enfocado en analizar el uso de los materiales utilizados en las viviendas tipo del MIDUVI del año 2018 y analizar los materiales que se piensan utilizar en los prototipos del año 2022. Esto se hará con la construcción de maquetas escalas 1:1, que serán implantadas en Azuay, Cañar y Morona Santiago, para medir el comportamiento y la durabilidad de los diferentes materiales que se usan comúnmente en la construcción de las viviendas por parte del ministerio o de contratistas. Por lo tanto, las maquetas serán monitoreadas para constatar la bioclimática interna y el confort térmico.

Proceso investigativo

La vivienda social en el Ecuador

La vivienda social en el Ecuador es un tema que todo gobierno quiere solucionar. Se entiende por vivienda a un recinto de alojamiento estructuralmente separado e independiente, construido, edificado, transformado o dispuesto para ser habitado por personas. La vivienda es un espacio que cumple una doble función: por un lado, satisface las necesidades humanas básicas de refugio y seguridad, por otro, desempeña un papel clave en la estructura económica al actuar como una inversión financiera y una forma de capital (González, 2020).

Pérez (2016) expone que la vivienda social debería centrarse en las necesidades específicas de diferentes grupos, en lugar de tratar de proporcionar una talla única para todos. Muestra que el diseño de la vivienda debería ser influenciado por factores sociales y culturales, así como por factores económicos.

El gobierno nacional, a través del Ministerio del (MIDUVI), desarrolla proyectos habitacionales y ofrece incentivos económicos para financiar la adquisición de viviendas que formen parte de un proyecto inmobiliario en beneficio de la sociedad. Entre ellos, se encuentran los bonos inmobiliarios, bonos de vivienda nueva en suelo propio, bonos de mejoramiento de vivienda, bonos de título, bonos de emergencia y bonos Manuela Espejo para personas con discapacidad.

La mayoría de los proyectos de vivienda desarrollados por MIDUVI se basan en dos tipos de diseños arquitectónicos que se replican tanto en zonas rurales como en zonas urbanas limítrofes en diferentes partes del país. La distribución espacial interior y las características formales y estructurales de estas casas han dado, como resultado, unas condiciones térmicas interiores insuficientes. Con la introducción del concepto de “buen vivir” en el marco legal ecuatoriano, se intentó reemplazar este modelo por uno que mejore la imagen y calidad de vida en el hogar. Sin embargo, las decisiones de renovar estas casas aún no abordan los problemas ambientales anteriores. Hasta 2019, este modelo de casa fue el más construido por MIDUVI (González & Véliz, 2019).

Después del terremoto de abril de 2016, se observó una gran diferencia en el cumplimiento de las normas de construcción ecuatorianas y las normas municipales locales para vivienda social. Esto no afecta directamente al diseño arquitectónico, pero tiene implicaciones positivas para la seguridad y durabilidad del edificio.

Por otro lado, el desarrollo activo y personalizado de Viviendas de Interés Social (VIS) en el país se debe al aporte de los ocupantes. El paulatino avance de estas casas está directamente relacionado con el aumento del poder adquisitivo de las familias que las habitan. Sin embargo, las clases socioeconómicas más bajas continuaron moviéndose hacia áreas periurbanas informales. Las transformaciones que realizan los residentes en sus viviendas están impulsadas por la personalización y la búsqueda de una mejor adaptación climática (González & Véliz, 2019).

En resumen, los proyectos de Vivienda de Interés Social (VIS) son implementados a nivel nacional por la agencia gubernamental respectiva, con base en modelos comunes. Esto hace que el diseño arquitectónico de estas casas sea insuficiente para minimizar los impactos negativos sobre el medio ambiente en las diferentes ciudades donde se ubican.

El clima en relación de la vivienda

La presencia del clima en las edificaciones juega un papel importante en términos de diseño, construcción, comodidad, eficiencia y durabilidad.

Diseño y construcción:

El clima de la zona incide directamente en el diseño arquitectónico de la casa. En climas cálidos y húmedos, las casas pueden construirse con materiales que mejoran la ventilación, la sombra y el aislamiento térmico, para mantener fresco el interior. En climas fríos, las casas suelen estar reforzadas para retener el calor; esto se puede conseguir con materiales adecuados que cumplan estas funciones.

Confort:

El aislamiento térmico es una parte importante de la vivienda. La gente necesita una sensación térmica cálida en invierno y una sensación de frescura en verano. Debido a esto, la casa debe proyectarse con la consideración del clima en donde se emplazará, para garantizar un confort térmico durante todo el año.

Eficiencia energética:

El comportamiento del clima afecta la eficiencia térmica de la vivienda. En zonas con temperaturas no confortables, ya sea mucho calor o mucho frío, se puede necesitar mucha energía para confrontar estas temperaturas. En consecuencia, si la casa se diseñó con la idea clara del clima en donde está siendo emplazada, puede utilizar el clima exterior (como la luz del sol para calentar o el aire para enfriar) y reducir la contaminación asociada y la electricidad o el combustible.

Sostenibilidad:

Las casas que suelen ser más sostenibles se diseñan y construyen para el clima de la zona

donde se suele vivir durante mucho tiempo. Pueden reducir el uso de recursos naturales como el agua y la energía y producir menos carbono. Los casos prácticos utilizados son, por ejemplo, en áreas soleadas. Las casas pueden tener paneles solares para generar electricidad; por otra parte, en áreas de mucha lluvia, el agua se puede recolectar y almacenar para su uso posterior.

Durabilidad:

En una vivienda, lo que puede afectar su durabilidad es el clima. Un caso muy visible es cuando un sector es propenso a tifones o terremotos. En este caso, las casas deben diseñarse y construirse para resistir estos acontecimientos. En espacios con mucha humedad, los materiales de construcción no deben enmohecerse ni pudrirse.

Comportamiento de los materiales en relación al clima

Los materiales tienen un comportamiento importante en relación al medio ambiente en donde se desenvuelven y de esto depende una correcta selección para la construcción. El clima puede afectar a diferentes materiales, dependiendo de su forma, estructura y propiedades. A continuación, con base en lo revisado en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y las normas de la ASTM (*American Society for Testing and Materials*), se describen algunos ejemplos comunes del comportamiento de varios factores relacionados con el clima:

Material metálico:

- **Corrosión:** La exposición del metal al aire húmedo puede causar oxidación y corrosión.
- **Expansión y Contracción:** Los metales se expanden cuando se calientan y se contraen cuando se enfrían. Esto puede ser un problema en los edificios de acero, si no se toman precauciones contra la expansión y la compresión.

Polímeros y plásticos:

- **Degradación ultravioleta:** La exposición prolongada al sol puede hacer que muchos plásticos se degraden debido a los rayos ultravioleta.
- **Expansión y Contracción:** Al igual que el metal, los plásticos también pueden expandirse y contraerse con los cambios de temperatura, aunque a menudo sucede de manera contraria a como ocurre en los metales.
- **Fragilización:** Las bajas temperaturas pueden hacer que algunos plásticos se vuelvan quebradizos.

Materiales Generales de Construcción:

- **Madera:** La madera puede hincharse cuando se expone a la humedad y encogerse cuando se seca. También puede verse afectada por la pudrición, por hongos, y la infestación de insectos en áreas húmedas. Esto se debe a que es un material que tiene propiedades biológicas.
- **Hormigón:** Puede agrietarse con los cambios bruscos de temperatura, así como con la congelación y descongelación frecuentes. Esto afectaría contundentemente a la resistencia.
- **Ladrillos y Piedras:** Aunque duran mucho tiempo, pueden dañarse por la erosión del viento y el agua.
- **Vidrio:** El vidrio puede estar sujeto a un aumento del calor y al agrietamiento, aunque en menor medida que muchos otros materiales. El doble vidrio en las ventanas es aprovechado para actuar como aislante térmico y acústico, además de minimizar el riesgo de rotura por aumento de volumen.

Fibras y Tramas:

- **Blanqueamiento:** Permanecer al sol durante mucho tiempo puede perder resistencia.
- **Descomponer:** Algunas telas, especial-

mente las naturales, pueden rasgarse o deteriorarse en condiciones de humedad.

Los materiales deben ser adecuados al medio en donde se desenvuelven. De esta manera, tendremos un buen comportamiento en su funcionamiento y procuraremos garantizar su durabilidad. El sol, el viento, la humedad y la temperatura afectan considerablemente el desempeño de los materiales en el transcurso del tiempo. Por tal motivo es muy importante elegirlos correctamente.

Metodología

La vivienda social que se ha venido construyendo en el Ecuador hasta el diseño arquitectónico del año 2021 no ha sufrido contundentes cambios por muchos años. Los cambios que han existido se refieren a los acabados; pero la parte funcional y el uso de materiales se han mantenido por mucho tiempo.

Después de la pandemia mundial, se ha optado por proponer cambios en su distribución funcional, pero se siguen utilizando los mismos materiales del año 2021. Se tiene que considerar que, por temas de recesión económica que ha sufrido el país, no ha habido construcciones en los años 2019 y principios del año 2020. Desde que empezó la pandemia, de igual manera, no han existido construcciones. Es por esa razón que esta investigación se centra en los proyectos del año 2018 y 2022.

Esta investigación realizó tres análisis, de los cuales dos son ensayos de las propuestas realizadas por el MIDUVI en los años 2018 y 2022 en las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago. El tercero es un análisis de transmitancia térmica de los envolventes de la edificación. Estos análisis se refieren a lo siguiente:

1. Ensayo de laboratorio de los materiales con los que se han venido construyendo las viviendas. Este ensayo sirve para poder conocer el comportamiento de los materiales con el medio ambiente, saber su durabilidad y problemas que pudieran tener en su vida útil.

2. Análisis de transmitancia térmica de los envolventes de las diferentes viviendas emplazadas en las tres provincias del país.

3. Toma de datos con equipo (Higrómetro) que midió la temperatura y humedad de las viviendas construidas a escala 1:1 en las tres provincias estudiadas de las viviendas del 2018 y 2022.

Estos análisis ayudarán a determinar cómo es el desempeño de las viviendas que ha propuesto el MIDUVI durante muchos años, hasta el 2018, y entender cómo será el desempeño de las propuestas de vivienda del año 2022. Estas últimas tuvieron unos cambios de distribución con relación a las anteriores.

Para la toma de datos con el equipo (Higrómetro) se realizó la construcción de seis secciones constructivas a escala 1:1 de una dimensión de 1,20x1,20m y de una altura de 2,70m. Se utilizaron los materiales determinados por el MIDUVI y se construyeron dos secciones constructivas (2018 y 2022) para Azuay, Cañar y Morona Santiago. Esto ayudará a tener datos reales del comportamiento de los materiales en relación a la temperatura y humedad.

Normativas que regulan el deterioro de los materiales expuestos al medio ambiente

Las normativas ayudan a determinar cómo se exponen las muestras a la luz solar, la humedad y la temperatura. Además, permiten evaluar su capacidad para mantener sus propiedades.

La validación de los ensayos del comportamiento de los materiales en relación al clima es crucial por diversas razones:

Uniformidad y Reproducibilidad:

El uso de normativas garantiza que se siguen procedimientos estándar, lo que a su vez asegura que los ensayos sean reproducibles y comparables, independientemente de dónde se realicen. Esta estandarización es fundamental para la industria y la academia.

ASTM (*American Society for Testing and Materials*) y la ISO (Organización Internacional de Normalización) son ejemplos de organismos que publican tales normativas. Sus estándares son citados ampliamente en literatura técnica y patentes.

Calidad y Fiabilidad:

La validación, a través de normativas reconocidas, aporta confianza en la calidad y fiabilidad de los resultados. Esto es importante para los profesionales a la hora de elegir materiales para aplicaciones específicas.

Seguridad:

Al saber cómo funcionan las cosas en el entorno, se pueden anticipar y evitar fallas catastróficas. Esto es especialmente relevante en sectores críticos como la aeronáutica, la construcción o la industria automotriz.

El colapso del puente de Tacoma Narrows, en 1940, es un ejemplo clásico de las consecuencias de no considerar adecuadamente las condiciones ambientales al diseñar estructuras.

El comportamiento de los materiales a la intemperie es fundamental para asegurar su solidez, resistencia y estabilidad en condiciones climáticas específicas. Hay muchas pruebas de laboratorio realizadas para evaluar estas propiedades.

Prueba de envejecimiento acelerado

Las cámaras de envejecimiento que emiten luz ultravioleta (UV) cambian la humedad y la temperatura. Se utilizan para simular años de exposición a la intemperie durante un corto periodo de tiempo.

Las pruebas de envejecimiento acelerado se utilizan en muchas industrias, como la del plástico, construcción, la farmacéutica, la automotriz, entre otras, para predecir la vida útil y la estabilidad del producto. Depende de la industria y la región, pero existen diferentes normas y estándares que regulan estas pruebas.

ASTM D4587: Práctica estándar para la exposición fluorescente UV de pinturas y recubrimientos. Por tanto, este método permite estudiar la influencia de la humedad, la temperatura y la luz solar sobre las propiedades físicas del material.

El número mínimo de muestras requeridas es tres. Las condiciones de prueba estándar se enumeran a continuación:

Tabla 1.

Parámetros y especificaciones de las pruebas estándar para el envejecimiento acelerado.

Parámetros	Especificaciones
Condiciones de acondecimiento	23 ± 2 °C 50% ± 5% de humedad relativa
Período de acondecimiento	24h (Recubrimientos cocidos y curados por radiación)
Tiempo de exposición	168h (7 días)
Ciclos de prueba	Ciclo 2 (Pinturas) Ciclo 3 (Chapas de madera exterior) Ciclo 4 (Recubrimientos en general)

Fuente: ASTM D4587 (2019).

El tiempo de exposición de 168h en la cámara de envejecimiento UV equivale a 2.5 años de exposición al aire libre, en una región en donde los índices de rayos UV están entre 0 a 2.

Los materiales que se ensayaron de las viviendas del MIDUVI de Azuay, Cañar y Morona Santiago del año 2018, de acuerdo a esta norma, fueron:

1. Pintura con resinas acrílicas estirenadas para cubierta.
2. Planchas onduladas de fibrocement
3. Planchas metálicas de acero revestidas con Galvalume (aluminio y Zinc).
4. Pintura acrílica diluida al agua que contiene resinas plásticas para paredes.

Los resultados fueron los siguientes:

1.- Pintura con resinas acrílicas estirenadas para cubierta.

- Cambio de color y brillo, pérdida de pigmentación y presencia de pequeñas microfisuras.

2.- Planchas onduladas de fibrocemento.

- Decoloración, agrietamiento y descamación de las capas superficiales.
- Además de la decoloración, la superficie se volvió más áspera.
- Se reduce la adherencia de las pinturas.

3.- Planchas metálicas de acero revestidas con Galvalume (aluminio y Zinc).

- Presencia de corrosión en las microfisuras que se presentaron en el recubrimiento del galvalume.

4.- Pintura acrílica diluida al agua que contiene resinas plásticas para paredes.

- Pérdida de pigmento y presencia de microfisuras.

Prueba de ciclado térmico

Este ensayo expone el material a diferentes niveles de humedad y temperatura para evaluar su comportamiento.

ASTM D6944: Esta norma analiza la resistencia al ciclo térmico de los recubrimientos. Ayuda a determinar cómo responden estos recubrimientos a los cambios cíclicos de temperatura, lo que puede proporcionar información sobre su durabilidad y resistencia al tiempo en condiciones del mundo real.

La esencia del proceso es exponer las muestras de recubrimiento a una serie de ciclos de alta y baja temperatura y luego evaluar cualquier cambio o deterioro en las propiedades del recubrimiento.

Los procedimientos de ciclo térmico pueden variar, pero generalmente la muestra se calienta a una temperatura específica durante un período de tiempo específico y luego se enfría a otra temperatura durante un período de tiempo específico. Este ciclo se repite varias veces y después de completar el número especificado de ciclos, la muestra se evalúa para detectar cualquier variación en su apariencia física.

Los pasos que se realizaron fueron los siguientes:

1. Preparación de muestras:

Se prepararon, para el análisis, dos conjuntos idénticos de muestras de prueba de dimensiones de 7.5 x 15cm.

2. Embalaje:

Las muestras se colocaron en un ambiente controlado durante un período de tiempo para alcanzar la temperatura y humedad ambiente. Esto aseguró que las muestras tengan las mismas condiciones iniciales antes de ser sometidas al ciclo térmico.

3. Ciclo de calor:

Las muestras se sometieron a un ciclo térmico que implica un cambio de temperatura. Este ciclo estuvo sometido a temperaturas de 65°C, seguido de exposición a bajas temperaturas de -18°C y viceversa. Se utilizaron diez ciclos, de acuerdo a la norma.

4. Evaluación visual:

Una vez completado el ciclo térmico, se realizó una inspección visual de las muestras para detectar cualquier cambio o daño en el recubrimiento.

5. Clasificación del adhesivo:

En esta etapa, se utilizó cinta adhesiva para realizar la prueba de adhesión. La cinta se aplicó al revestimiento y se retiró rápidamente en un ángulo de 90 grados.

6. Analizar y registrar resultados:

Los resultados de la evaluación visual y adhesiva se comparan antes y después del ciclo térmico para determinar la resistencia del recubrimiento al estrés térmico.

Los materiales que se ensayaron, de acuerdo a esta norma, fueron:

1. Pintura con resinas acrílicas estirenadas para cubierta.

2. Pintura acrílica diluida al agua que contiene resinas plásticas para paredes.

Los materiales que se ensayaron de las viviendas del MIDUVI de Azuay, Cañar y Morona Santiago del año 2018 tuvieron los siguientes resultados:

1.- Pintura con resinas acrílicas estirenadas para cubierta.

- Decoloración: La pintura perdió color y cambió de tono debido a la exposición repetida a variaciones de temperatura.
- Desprendimiento o Descamación: La pintura, debido a los cambios de temperatura, se expande y contrae. Por ello, comenzó a desprenderse o descamarse de la superficie.
- Agrietamiento: Se formaron pequeñas grietas en la superficie del recubrimiento debido al estrés repetido del ciclado térmico.
- Reducción de la adherencia: No existió pérdida de adherencia de la pintura.

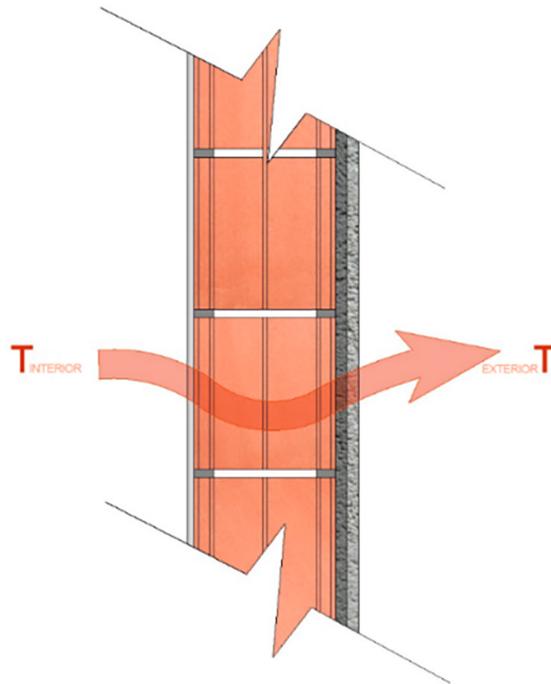
2.- Pintura acrílica diluida al agua que contiene resinas plásticas para paredes.

- Decoloración: En la pintura no se puede evidenciar la pérdida o no de color, debido a que el color es blanco. Sin embargo, existe una tonalidad un poco beige que puede deberse a un cambio de tono. Esto se generó por la exposición repetida a variaciones de temperatura.
- Desprendimiento o Descamación: La pintura, debido a los cambios de temperatura, se expande y contrae. Por ello, comenzó a desprenderse o descamarse de la superficie.
- Agrietamiento: Se formaron pequeñas grietas en la superficie del recubrimiento debido al estrés repetido del ciclado térmico.
- Reducción de la adherencia: No existió pérdida de adherencia de la pintura.

Transmitancia térmica de los materiales

De acuerdo a lo que manifiestan Moran et al. (2019), la transmitancia térmica, comúnmente referida como el valor U , se define como la cantidad de calor que pasa a través de una unidad de área de un material (o conjunto de materiales, como una pared compuesta) por unidad de tiempo y por grado de diferencia de temperatura entre los dos lados del material. Se mide, típicamente, en $W/(m^2 \cdot K)$.

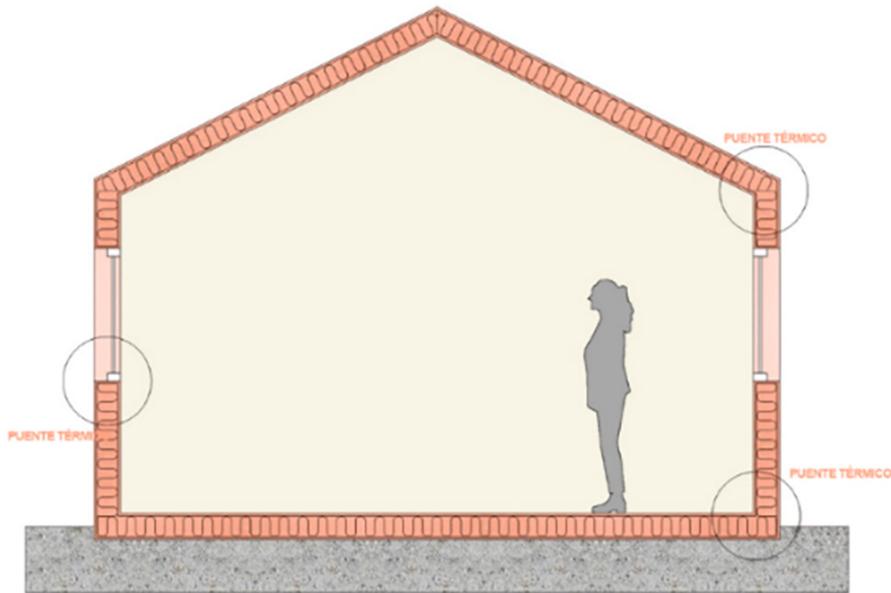
Figura 1.
Transmitancia térmica.



Nota. La imagen muestra una sección detalle de un envoltorio y de la transmitancia térmica, realizada por José Tomás Franco. Fuente: Archdaily (2018).

Envoltorio térmica.- La envoltorio térmica, según lo que manifiestan Moran et al. (2019) es la "piel" del edificio, que permite resguardar el confort térmico y acústico de sus interiores. Esta se compone por sus cerramientos opacos (muros, suelos, techos), sus elementos operables (puertas y ventanas) y por sus puentes térmicos, que son todos aquellos puntos que permiten más fácilmente el paso del calor (puntos con variaciones geométricas o cambios de materiales).

Figura 2.
Envoltentes de una edificación.



Nota. La imagen muestra una sección transversal de una vivienda que resalta diferentes zonas donde la transmitancia térmica trabaja de diferentes formas y altera el valor U. Realizada por José Tomás Franco. Fuente: archdaily (2018).

Las viviendas del MIDUVI de las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago del año 2018 y 2022 tienen características de materialidad en su envoltente muy similares. En ellas, las paredes están compuestas por un bloque de hormigón de 15cm de espesor, enlucidas con mortero de cemento arena 1-3 y de un espesor de 1.5cm. Estas paredes enlucidas son revestidas con pintura acrílica diluida al agua que contiene resinas plásticas.

Las puertas de acceso son de madera Fernán Sánchez, con tinte para resaltar las vetas de la madera con protección de laca a base de nitrocelulosa. Las ventanas son resueltas con perfiles L de acero A36 de dimensiones 1/2x1/2" y vidrio flotado de 4mm de espesor.

En las cubiertas de las viviendas del MIDUVI del año 2018, los componentes matéricos son diferentes en las provincias de Azuay y Cañar, en relación a la provincia de Morona Santiago. Se tiene que puntualizar que la cubierta de esta vivienda del año 2022 es muy diferente a la del año 2018. En las dos primeras provincias, tienen estructura de perfilería de acero A36, en donde se colocan planchas onduladas de fibrocemento. Las mismas tienen un recubrimiento de pintura con resinas acrílicas estirenadas; en cambio, la cubierta de la casa de la provincia de Morona Santiago tiene como estructura perfilería de acero A36 recubierta con planchas metálicas galvanizadas.

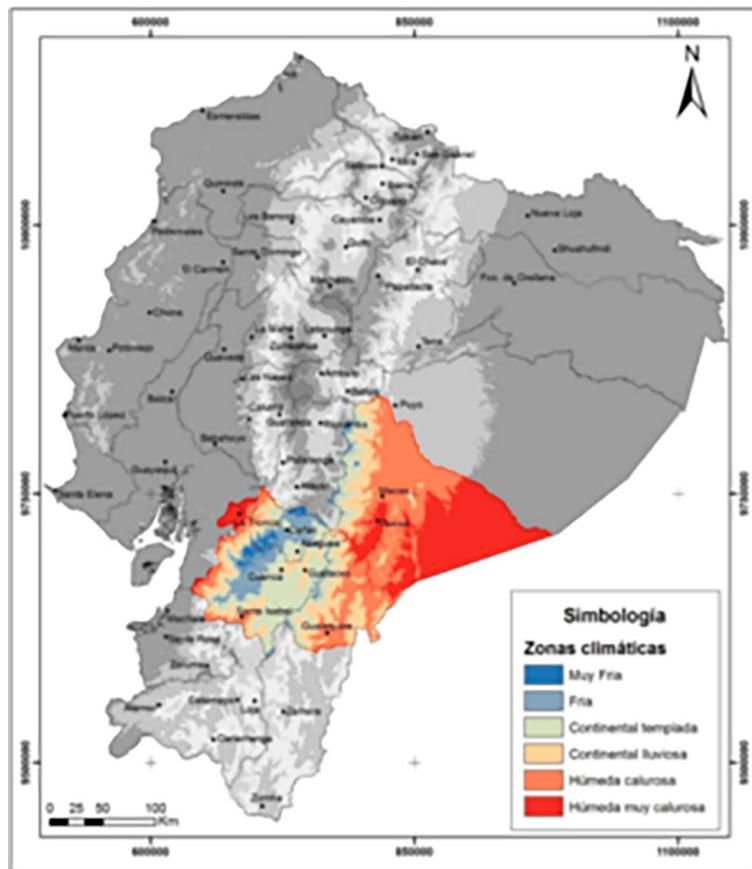
La planta arquitectónica de la vivienda emplazada en las tres provincias del año 2018 tiene disposiciones muy similares.

Para la evaluación de los envolventes de las viviendas del MIDUVI de los años 2018 y 2022, se consideró la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, en su capítulo referente a eficiencia energética en edificaciones residenciales.

Las zonas climáticas que se establecen para las provincias son:

- Azuay / Continental Templada.
- Cañar / Fría.
- Morona Santiago / Húmeda Calurosa.

Figura 3.
Zonas climáticas.



Nota. En la imagen se señala, en las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago, las diferentes zonas climáticas. Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2018).

Tabla 2.

Requisitos de envolvente para la zona climática continental fría.

Elementos opacos	Habitable				No habitable	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento		
Techos	U-0.273	R-3.5	U-2.9	R-0.89	U-4.7	R-0.21
Paredes, sobre nivel del terreno	U-0.592	R-1.7	U-2.35	R-0.36	U-5.46	NA
Paredes, bajo nivel de terreno	C-6.473	NA	C-6.473	NA	C-6.473	NA
Pisos	U-0.496	R-1.5	U-3.2	R-0.31	U-3.4	NA
Puertas opacas	U-2.839	NA	U-2.6			
Ventanas	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>
Área translúcida vertical $\geq 45^\circ$	U-3.69	SHGC-0.25	U-5.78	SHGC-0.82	U-6.81	NA
Área translúcida horizontal $< 45^\circ$	U-6.64	SHGC-0.36	U-6.64	SHGC-0.36	U-11.24	NA

Nota. La tabla ha sido tomada de la NEC-HS-EE y muestra los valores del coeficiente global de transferencia de calor en los distintos envolvente y, así mismo, los valores mínimos de transmitancia térmica. Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda NEC-HS-EE (2018).

Tabla 3.

Requisitos de envolvente para la zona climática continental templada.

Elementos opacos	Habitable				No habitable	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento		
Techos	U-0.273	R-3.5	U-2.9	R-0.89	U-4.7	R-0.21
Paredes, sobre nivel del terreno	U-0.592	R-1.7	U-2.35	R-0.36	U-5.46	NA
Paredes, bajo nivel de terreno	C-6.473	NA	C-6.473	NA	C-6.473	NA
Pisos	U-0.496	R-1.5	U-3.2	R-0.31	U-3.4	NA
Puertas opacas	U-2.839	NA	U-2.6			
Ventanas	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>
Área translúcida vertical $\geq 45^\circ$	U-3.69	SHGC-0.25	U-5.78	SHGC-0.82	U-6.81	NA
Área translúcida horizontal $< 45^\circ$	U-6.64	SHGC-0.36	U-6.64	SHGC-0.36	U-11.24	NA

Nota. La tabla ha sido tomada de la NEC-HS-EE y muestra los valores del coeficiente global de transferencia de calor en los distintos envolvente y, así mismo, los valores mínimos de transmitancia térmica. Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda NEC-HS-EE (2018).

Tabla 4.

Requisitos de envoltente para la zona climática húmeda calurosa.

Elementos opacos	Habitabile				No habitabile	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento		
Techos	U-0.273	R-3.5	U-2.9	R-0.89	U-4.7	R-0.21
Paredes, sobre nivel del terreno	U-0.592	R-1.7	U-2.35	R-0.36	U-5.46	NA
Paredes, bajo nivel de terreno	C-6.473	NA	C-6.473	NA	C-6.473	NA
Pisos	U-0.496	R-1.5	U-3.2	R-0.31	U-3.4	NA
Puertas opacas	U-2.839	NA	U-2.6			
Ventanas	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>
Área translúcida vertical ≥45°	U-3.69	SHGC-0.25	U-5.78	SHGC-0.82	U-6.81	NA
Área translúcida horizontal <45°	U-6.64	SHGC-0.36	U-6.64	SHGC-0.36	U-11.24	NA

Nota. La tabla ha sido tomada de la NEC-HS-EE y muestra los valores del coeficiente global de transferencia de calor en los distintos envoltente y, así mismo, los valores mínimos de transmitancia térmica. Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda NEC-HS-EE (2018).

Zona climática fría.- Los climas fríos, en términos de diseño y construcción de edificios, se refieren a regiones donde las temperaturas tienden a ser bajas durante la mayor parte del año y donde la demanda de energía se centra, principalmente, en la calefacción. Estas áreas pueden plantear desafíos

especiales, incluidas la necesidad de aislamiento, resistencia a las heladas y las técnicas de construcción adecuadas para soportar el peso de la nieve.

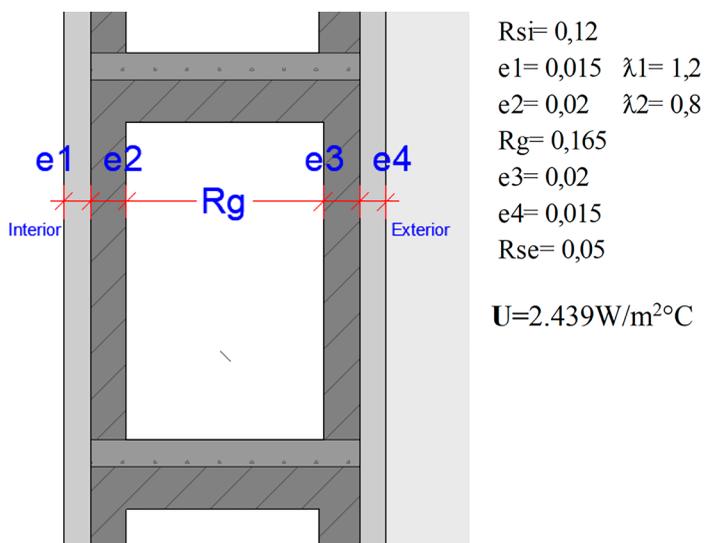
La Fórmula para la transmitancia térmica es la siguiente:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + R_g + \frac{e_3}{\lambda_2} + \frac{e_4}{\lambda_1} + R_{se}}$$

Nota. La imagen muestra la fórmula base de la transmitancia térmica. Fuente: Contreras (2023).

Figura 4.

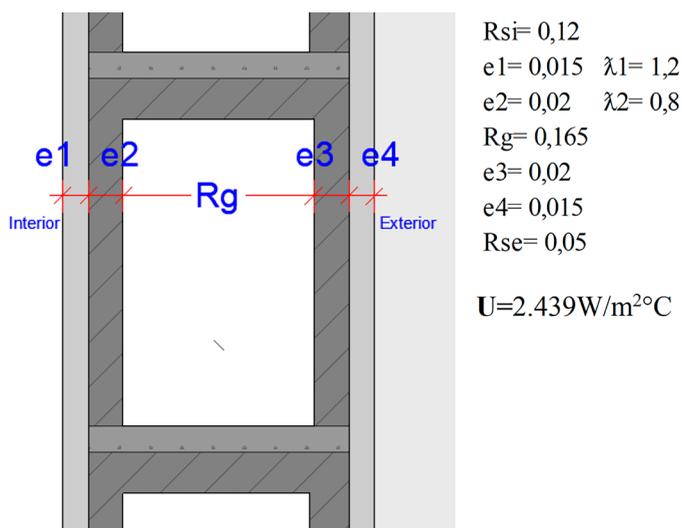
Cañar- Vivienda del año 2018 y 2022 (pared).



Nota. La imagen muestra la sección a nivel de detalle, en este caso, de la vivienda de Cañar. Se especifican espesores e indica el valor U. Fuente: Contreras (2023).

Figura 5.

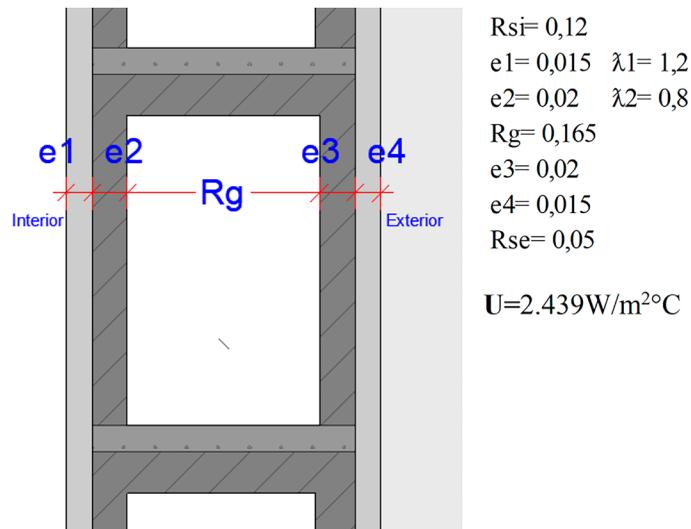
Azuay- Vivienda del año 2018 y 2022 (pared).



Nota. La imagen muestra la sección a nivel de detalle, en este caso, de la vivienda del Azuay. Se especifican espesores e indica el valor U. Fuente: Contreras (2023).

Figura 6.

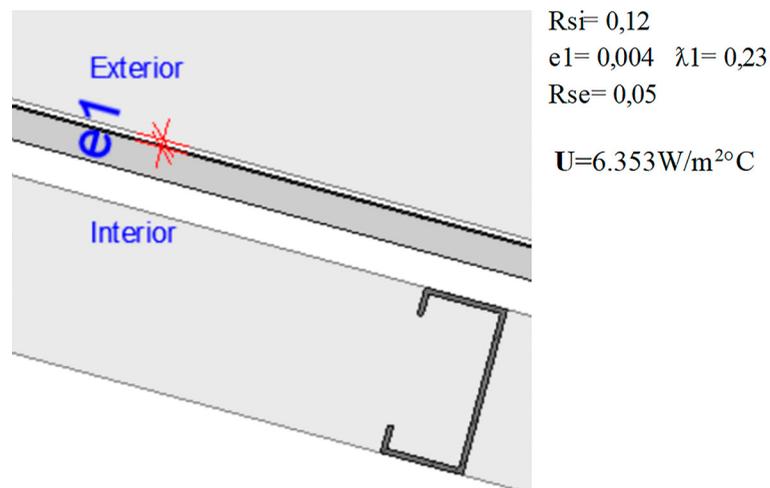
Morona Santiago- Vivienda del año 2018 y 2022 (pared).



Nota. La imagen muestra la sección a nivel de detalle, en este caso, de la vivienda de Morona Santiago. Se especifican espesores e indica el valor U. Fuente: Contreras (2023).

Figura 7.

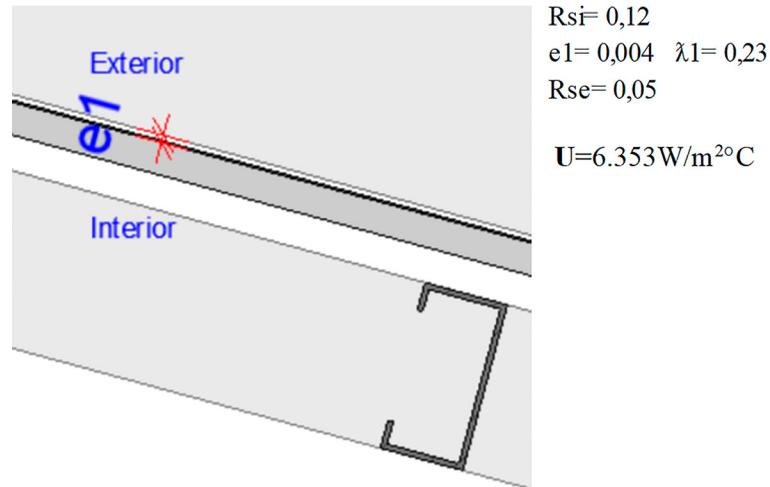
Cañar- Vivienda del año 2018 y 2022 (cubierta).



Nota. La imagen muestra la sección en cubierta, de la vivienda de Cañar. Se indican el valor U. Fuente: Contreras (2023).

Figura 8.

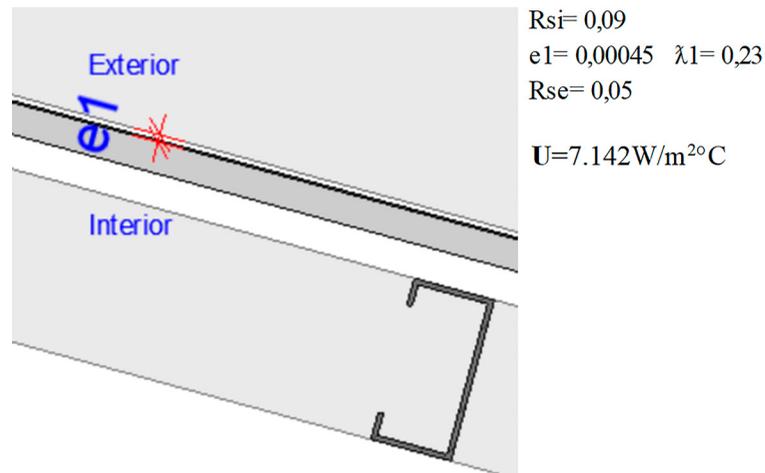
Azuay- Vivienda del año 2018 y 2022 (cubierta).



Nota. La imagen muestra la sección en cubierta, de la vivienda de Azuay. Se indica el valor U. Fuente: Contreras (2023).

Figura 9.

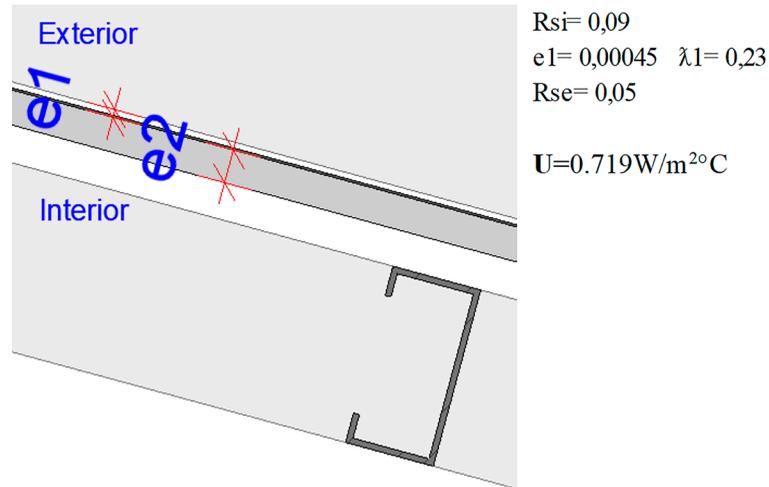
Morona Santiago- Vivienda del año 2018 (cubierta).



Nota. La imagen muestra la sección en cubierta, de la vivienda de Morona Santiago. Se indica el valor U. Fuente: Contreras (2023).

Figura 10.

Morona Santiago- Vivienda del año 2022 (cubierta).



Nota. La imagen muestra la sección en cubierta, de la vivienda de Morona Santiago. Se indica el valor U
 Fuente: Contreras (2023).

Construcción de secciones constructivas de 1,20 x 1,20 metros a escala 1:1

Se realizó la construcción de secciones de 1.20 x 1.20 metros de piso a techo, específicamente de una esquina de la vivienda.

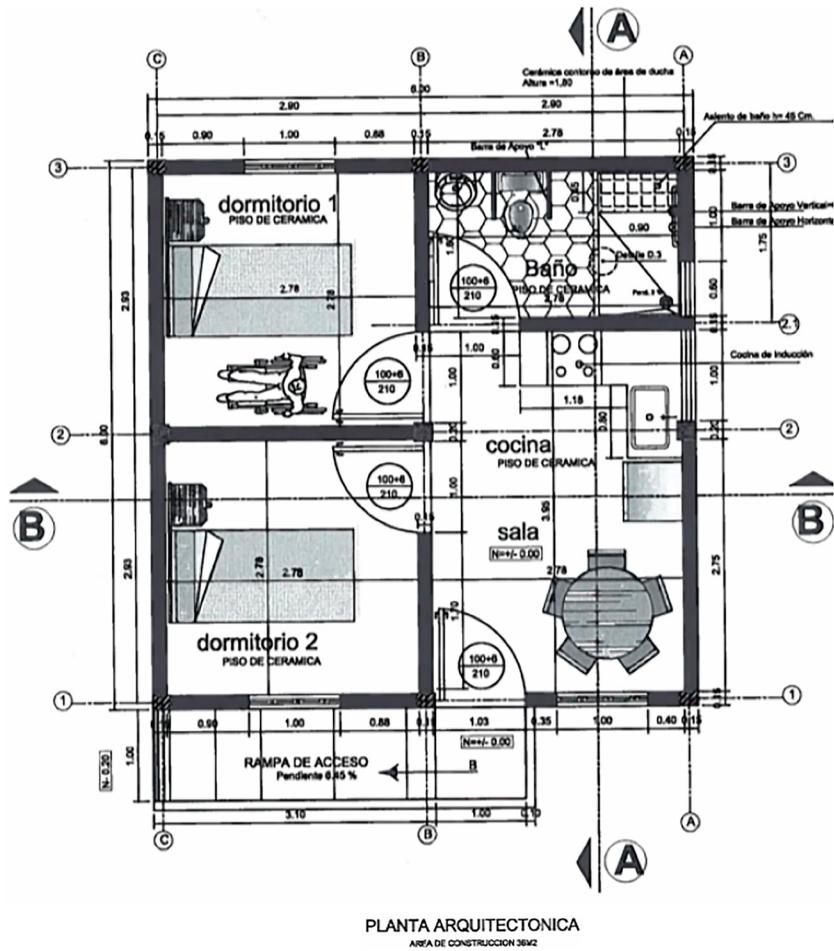
Esta construcción se realizó con los materiales especificados en los planos arquitectónicos proporcionados por el MIDUVI. Estos planos tienen la misma disposición espacial para Azuay, Cañar y Morona Santiago, tanto para el año 2018 como para el 2022. La diferencia que realmente existe está en la configuración de la cubierta de la vivienda de la provincia de Morona Santiago del año 2022.

Con la construcción de estas secciones, se midió y se comparó la temperatura interior de la vivienda en relación a la temperatura exterior. De igual manera, se midió y se comparó la humedad interior de la vivienda en relación a la humedad exterior.

La construcción de las seis secciones, dos de cada provincia y del 2018 y 2022, se realizó en la ciudad de Cuenca. Se involucraron los estudiantes de tercer año de la carrera de Arquitectura de la Universidad del Azuay. Luego, estas secciones fueron transportadas a cada provincia, para poder monitorear las temperaturas y humedades por un tiempo de seis meses.

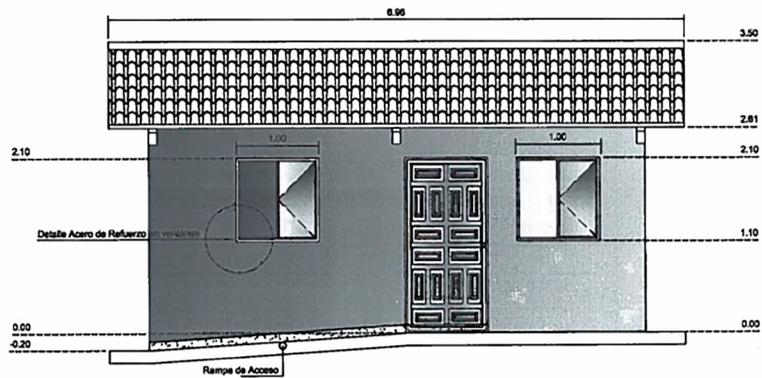
Planos arquitectónicos proporcionados por el MIDUVI, de la provincia del Azuay 2018:

Figura 11.
Planta arquitectónica Azuay 2018.



Nota. La imagen muestra la planta arquitectónica realizada por el MIDUVI para la provincia del Azuay.
Fuente: MIDUVI (2017).

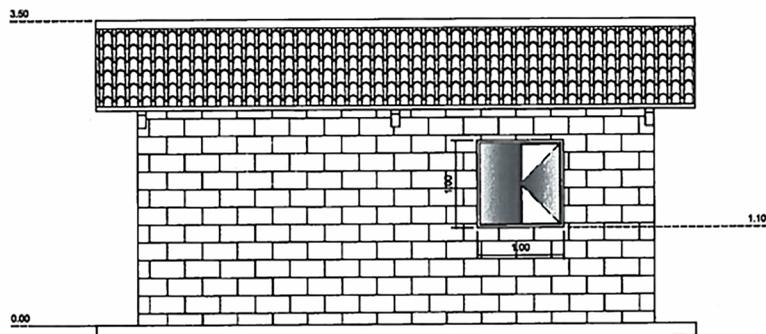
Figura 12.
Elevación frontal Azuay 2018.



ELEVACIÓN FRONTAL

Nota. La imagen muestra la elevación posterior realizada por el MIDUVI para la provincia del Azuay.
Fuente: MIDUVI (2017).

Figura 13.
Elevación posterior Azuay 2018.

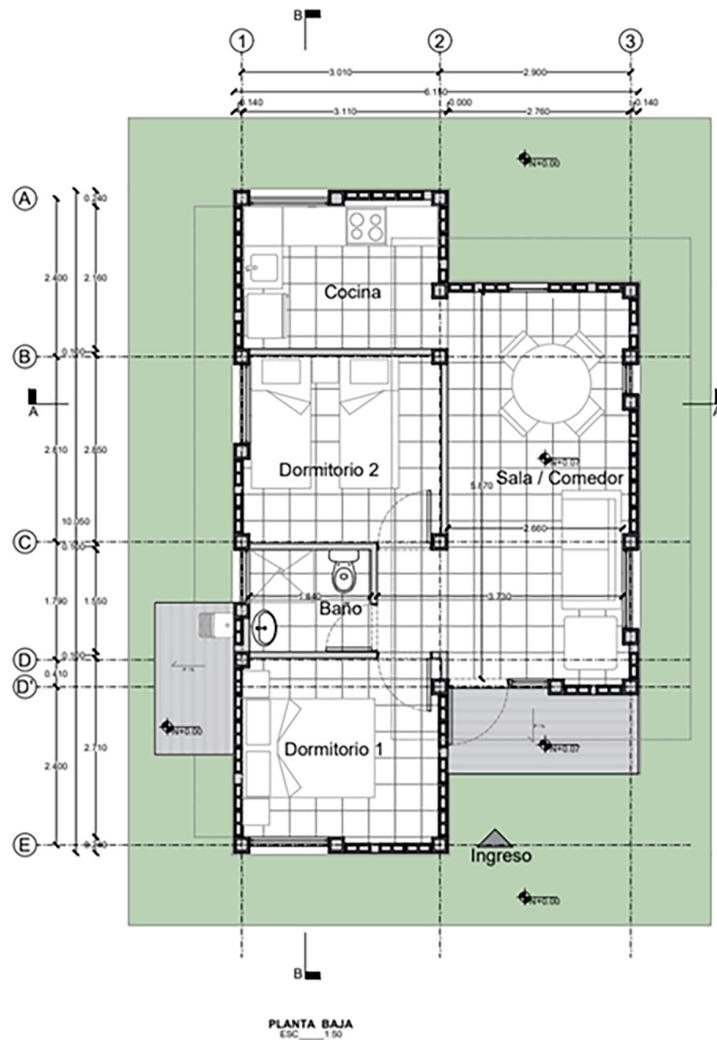


ELEVACIÓN POSTERIOR

Nota. La imagen muestra la elevación posterior realizada por el MIDUVI para la provincia del Azuay.
Fuente: MIDUVI (2017).

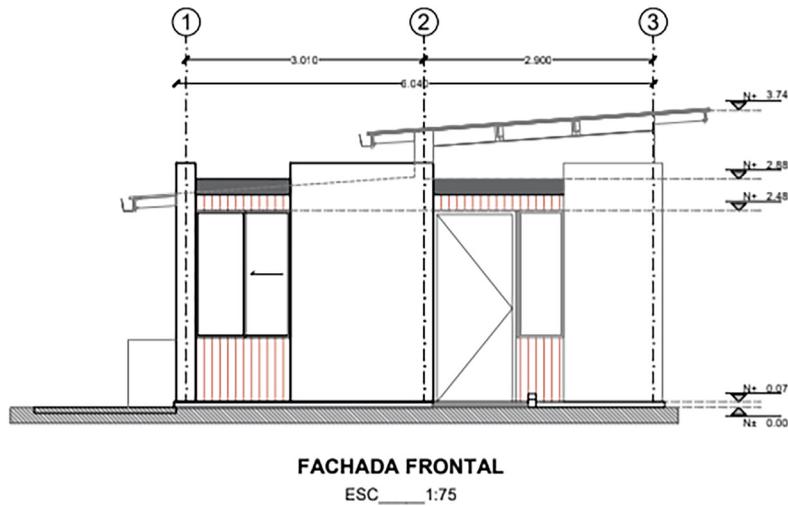
Planos arquitectónicos proporcionados por el MIDUVI, de la provincia del Azuay 2022:

Figura 14.
Planta arquitectónica Azuav 2022.



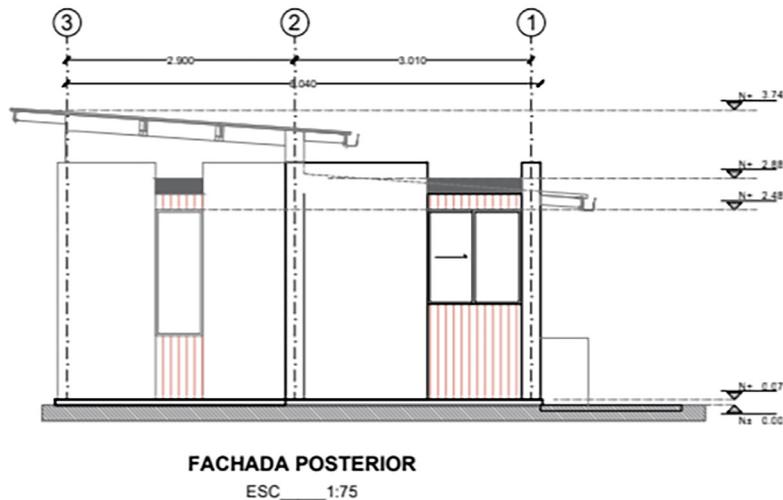
Nota. La imagen muestra la planta arquitectónica realizada por el MIDUVI para la provincia del Azuay. Fuente: MIDUVI (2022).

Figura 15.
Elevación frontal Azuay 2022.



Nota. La imagen muestra la elevación frontal realizada por el MIDUVI para la provincia del Azuay.
Fuente: MIDUVI (2022).

Figura 16.
Elevación frontal Azuay 2022.

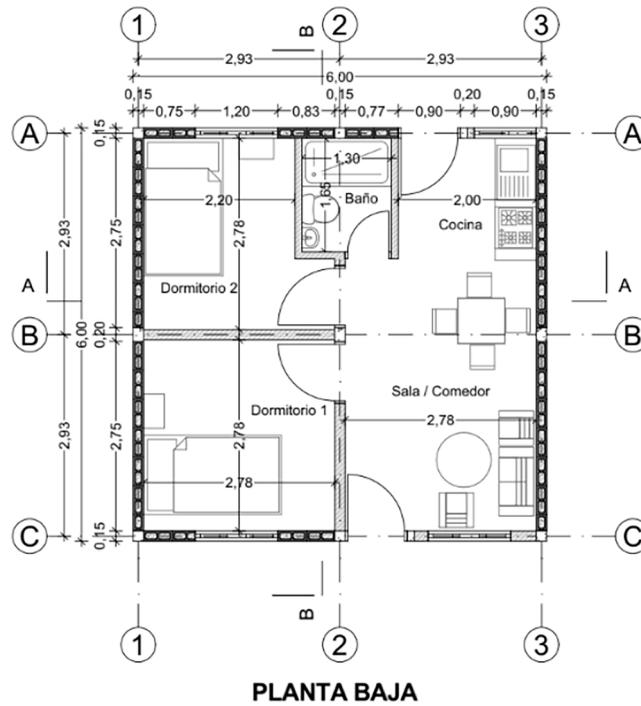


Nota. La imagen muestra la elevación posterior realizada por el MIDUVI para la provincia del Azuay.
Fuente: MIDUVI (2022)

Planos arquitectónicos proporcionados
por el MIDUVI, de la provincia del Cañar 2018:

Figura 17.

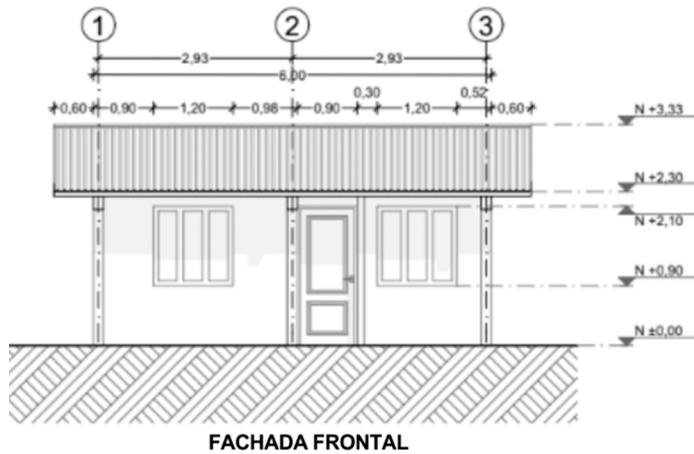
Planta arquitectónica Cañar 2018.



Nota. La imagen muestra la planta arquitectónica realizada por el MIDUVI para la provincia de Cañar.
Fuente: MIDUVI (2017).

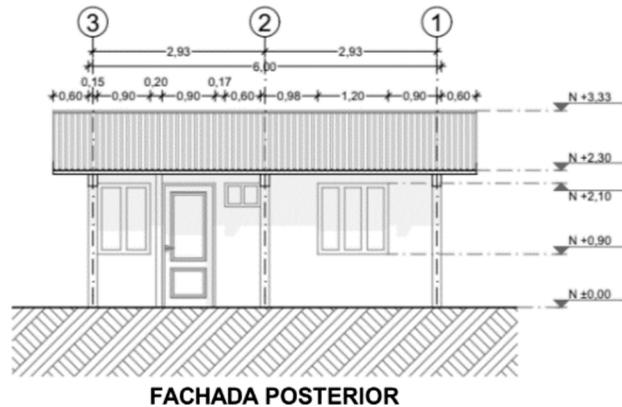
Figura 18.

Elevación frontal Cañar 2018.



Nota. La imagen muestra la elevación frontal realizada por el MIDUVI para la provincia del Cañar.
Fuente: MIDUVI (2017).

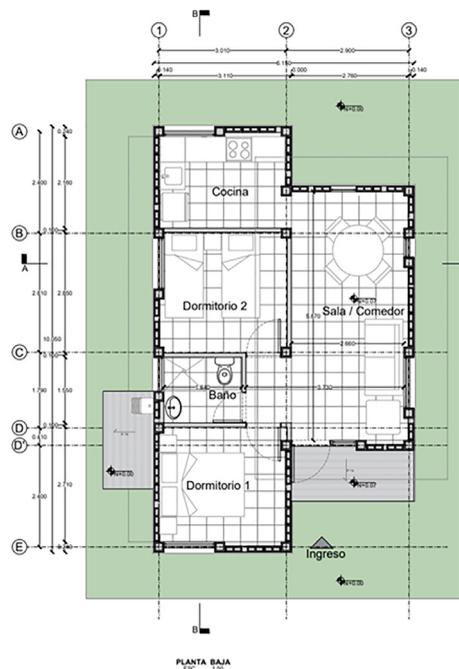
Figura 19.
Elevación posterior Cañar 2018.



Nota. La imagen muestra la elevación posterior realizada por el MIDUVI para la provincia del Cañar.
Fuente: MIDUVI (2017).

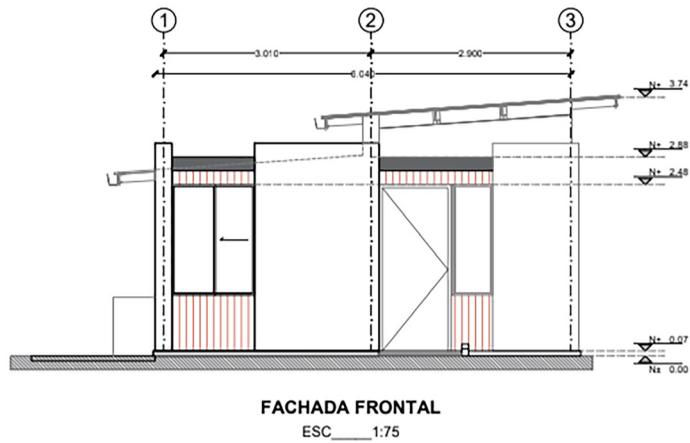
Planos arquitectónicos proporcionados por el MIDUVI, de la provincia del Cañar 2022:

Figura 20.
Planta arquitectónica Cañar 2022.



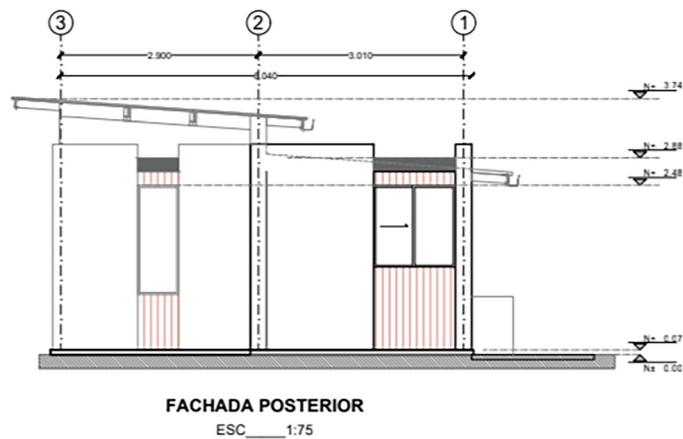
Nota. La imagen muestra la planta arquitectónica realizada por el MIDUVI para la provincia de Cañar.
Fuente: MIDUVI (2022).

Figura 21.
Elevación frontal Cañar 2022.



Nota. La imagen muestra la elevación frontal realizada por el MIDUVI para la provincia del Cañar.
Fuente: MIDUVI (2022).

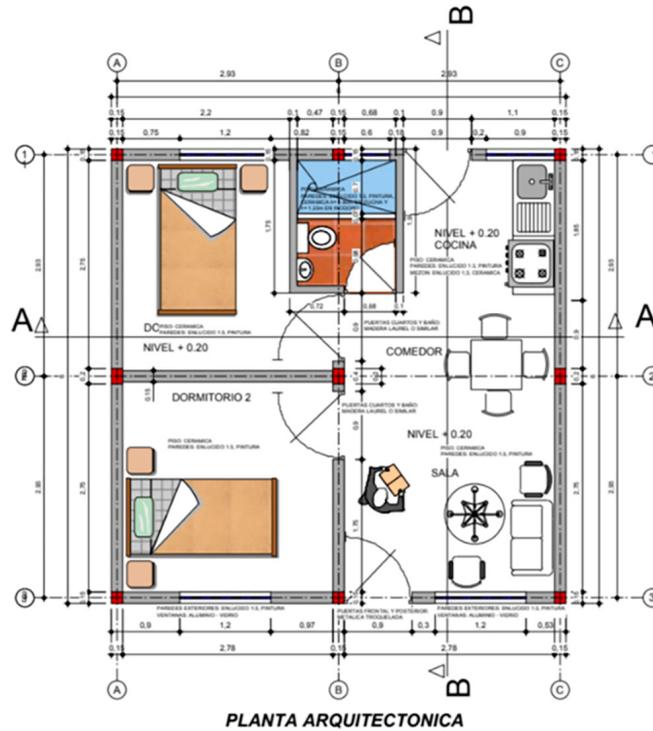
Figura 22.
Elevación posterior Cañar 2022.



Nota. La imagen muestra la elevación posterior realizada por el MIDUVI para la provincia del Cañar.
Fuente: MIDUVI (2022).

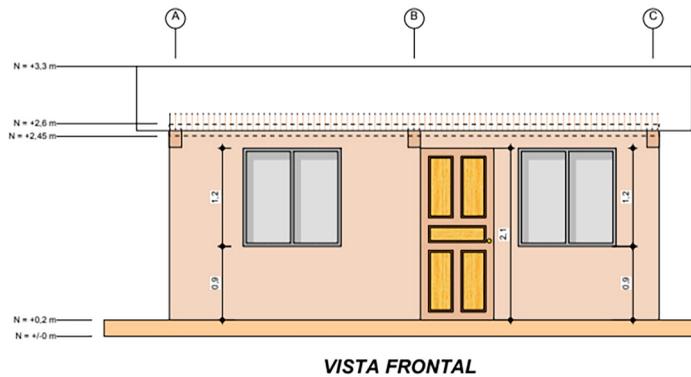
Planos arquitectónicos proporcionados
por el MIDUVI, de la provincia de Morona Santiago
2018:

Figura 23.
Planta arquitectónica Morona S. 2018.



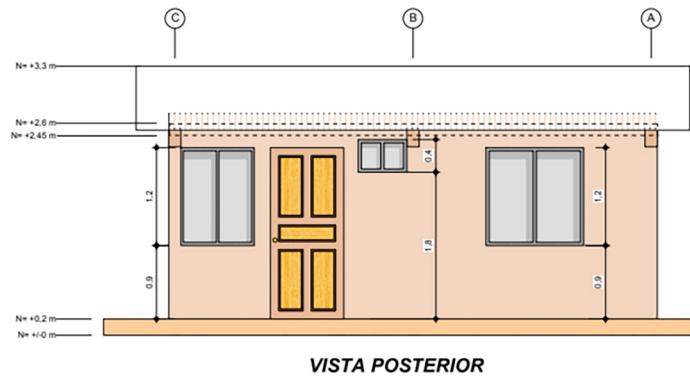
Nota. La imagen muestra la planta arquitectónica realizada por el MIDUVI para la provincia de Morona Santiago.
Fuente: MIDUVI (2017).

Figura 24.
Elevación frontal Morona S. 2018.



Nota. La imagen muestra la elevación frontal realizada por el MIDUVI para la provincia de Morona Santiago.
Fuente: MIDUVI (2017).

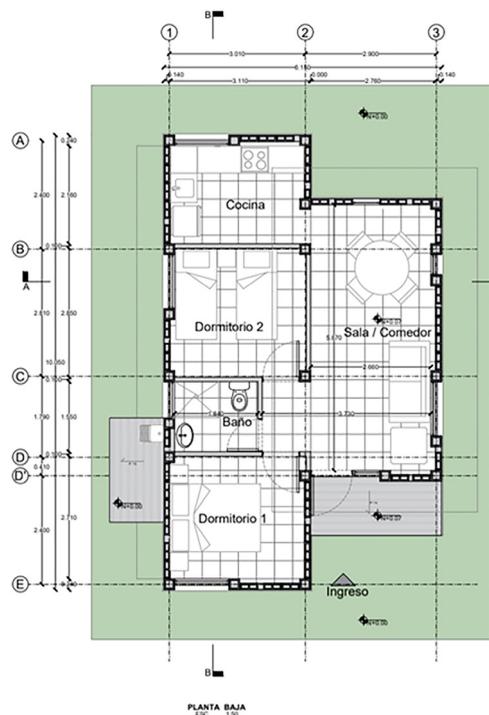
Figura 25.
Elevación posterior Morona S. 2018.



Nota. La imagen muestra la elevación posterior realizada por el MIDUVI para la provincia de Morona Santiago.
Fuente: MIDUVI (2017).

Planos arquitectónicos proporcionados por el MIDUVI de la provincia de Morona Santiago 2022:

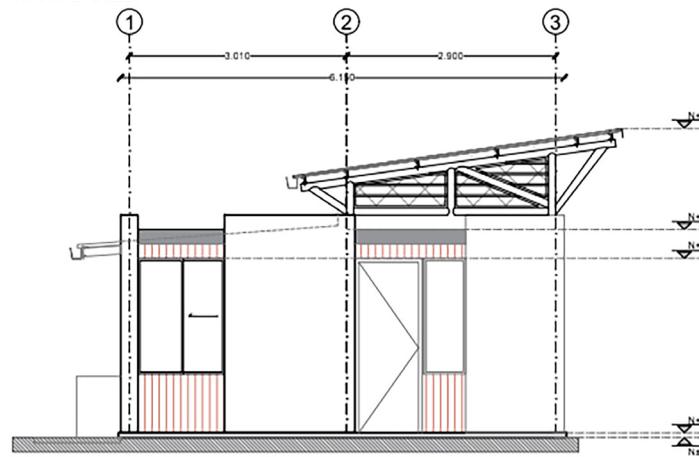
Figura 26.
Planta arquitectónica Morona S. 2022.



Nota. La imagen muestra la planta arquitectónica realizada por el MIDUVI para la provincia de Morona Santiago.
Fuente: MIDUVI (2022).

Figura 27.

Elevación frontal Morona S. 2022.

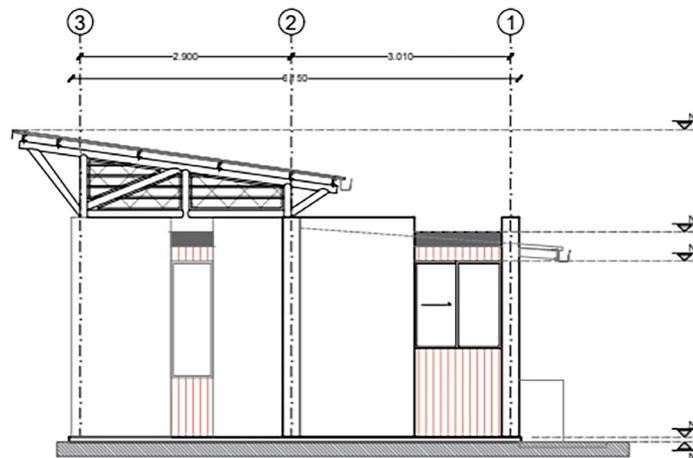


FACHADA FRONTAL

Nota. La imagen muestra la elevación frontal realizada por el MIDUVI para la provincia de Morona Santiago.
Fuente: MIDUVI (2022).

Figura 28.

Elevación posterior Morona S. 2018.

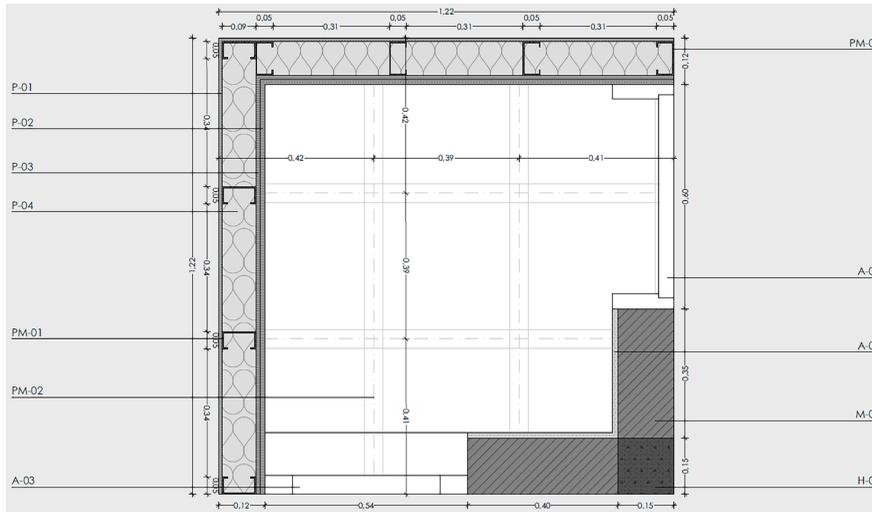


FACHADA POSTERIOR

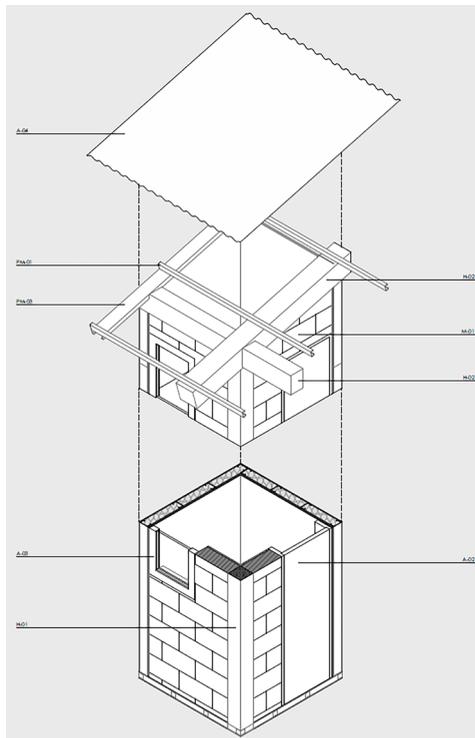
Nota. La imagen muestra la elevación posterior realizada por el MIDUVI para la provincia de Morona Santiago.
Fuente: MIDUVI (2022).

Figura 29.

Planos de construcción de vivienda para la provincia del Azuay, año 2018 y 2022.



Nota. La imagen muestra la planta en detalle de la vivienda de la provincia del Azuay. Planta Fuente: Contreras.



LISTADO DE MATERIALES

ACABADOS

- A-01 ENLUCIDO INTERIOR**
MATERIAL: Mortero de cemento 1/3
DIMENSIONES: Espesor 1,5cm
ACABADO: Pintura de latex
FIJACIÓN: -
- A-02 Puerta tamborada**
MATERIAL: MDF
DIMENSIONES: 60x217 cm
ACABADO: Tirfundado y lacado
FIJACIÓN: Tirfundado y fisco fisher
- A-03 Ventana**
MATERIAL: Tubo 1x2" + Perfil L + Vidrio flotado de 4mm
DIMENSIONES: 109x54 cm
ACABADO: -
FIJACIÓN: Tornillos auto perforantes y macilla automotriz
- A-04 Cubierta**
MATERIAL: Plancha de fibrocemento ondulado
DIMENSIONES: 1090x440 mm
ACABADO: -
FIJACIÓN: Tirfundado para techo

PANELES

- P-01 FIBROCEMENTO**
MATERIAL: Fibrocemento
DIMENSIONES: 244x122x0,1 cm
ACABADO: -
FIJACIÓN: Tornillo auto perforante
- P-02 YESO CARTÓN**
MATERIAL: Yeso Cartón
DIMENSIONES: 244x122x0,15 cm
ACABADO: -
FIJACIÓN: Tornillo auto perforante
- P-03 PLANCHA OSB**
MATERIAL: Plancha OSB
DIMENSIONES: 244x122x0,15 cm
ACABADO: -
FIJACIÓN: Tornillo auto perforante
- P-04 AISLANTE ACÚSTICO**
MATERIAL: Lana de vidrio
DIMENSIONES: Rollo
ACABADO: -
FIJACIÓN: Cinta doble faz

MAMPOSTERÍAS

- M-01 PAREDES EXTERNAS**
MATERIAL: Bloque de Hormigón
DIMENSIONES: 40x20x15 cm
ACABADO: -
FIJACIÓN: Mortero de cemento 1/3

PERFILES METÁLICOS

- PM-01 CORREAS G**
MATERIAL: Acero
DIMENSIONES: 80x40x15x2 mm
ACABADO: Pintura anticorrosiva
FIJACIÓN: Soldado
- PM-02 TUBO CUADRADO**
MATERIAL: Acero
DIMENSIONES: 50x50x1,5 mm
ACABADO: Pintura anticorrosiva
FIJACIÓN: Soldado
- PM-03 PERFIL U**
MATERIAL: Acero
DIMENSIONES: 80x40x2 mm
ACABADO: Pintura anticorrosiva
FIJACIÓN: Soldado

HORMIGÓN

- H-01 COLUMNA HORMIGÓN ARMADO**
MATERIAL: Hormigón f c=230 kgf/cm
Viga prefabricada V1
DIMENSIONES: 15x15 cm
ACABADO: -
FIJACIÓN: -
- H-02 VIGA V1 HORMIGÓN ARMADO**
MATERIAL: Hormigón f c=230 kgf/cm²
Viga prefabricada V1
DIMENSIONES: 15x20 cm
ACABADO: -
FIJACIÓN: -
- H-03 MORTERO DE CEMENTO**
MATERIAL: Mortero de cemento 1/3²
DIMENSIONES: -
ACABADO: -
FIJACIÓN: -

Nota. La imagen muestra el explotado de la sección de la vivienda del Azuay. Modelo 3D Fuente: Contreras (2023).

Proceso de construcción

El proceso de construcción se realizó en un predio de propiedad privada. Duró aproximadamente dos semanas y media. Se realizaron reuniones cuatro veces por semana. Se verificó el correcto

uso de los materiales y la aplicación de los procesos constructivos. Una vez que se terminó de construir, se procedió a transportar las construcciones a la Universidad del Azuay. Se utilizaron grúas y camiones plataforma.

Figura 30.

Sección constructiva Azuay-Construcción.



Nota. La imagen muestra parte del proceso de construcción de las secciones llevado a cabo por estudiantes de la Universidad del Azuay. Fuente: Contreras (2023).

Figura 31.
Sección constructiva Azuay- Terminada.



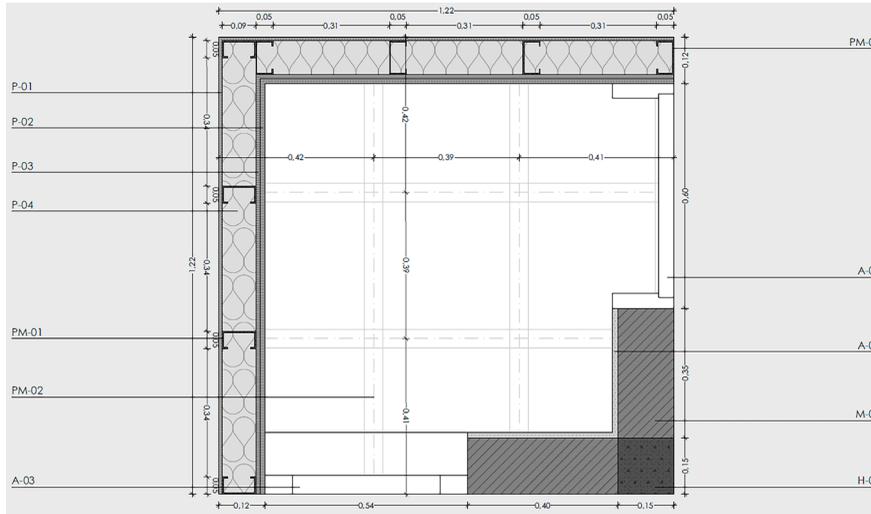
Nota. La imagen muestra la sección montada en la Universidad del Azuay. Fuente: Contreras (2023).

Figura 32.
Sección constructiva Azuay- Transporte.

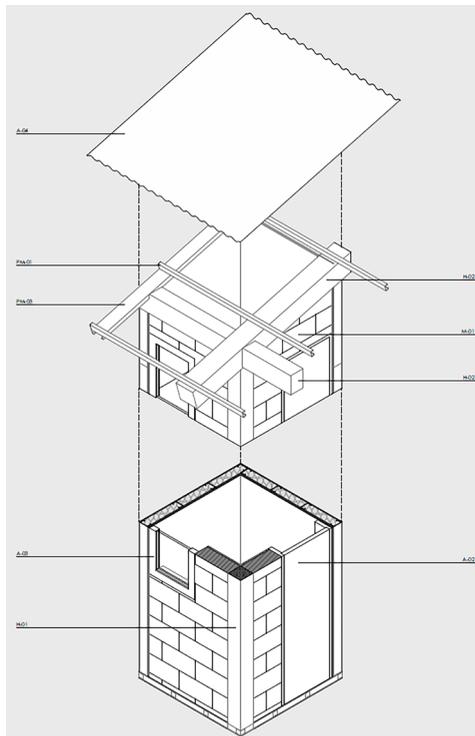


Nota. La imagen muestra el transporte de la sección. Fuente: Contreras (2023).

Figura 33.
Planos de construcción de vivienda para la provincia del Cañar, año 2018 y 2022.



Nota. La imagen muestra la planta en detalle de la vivienda de la provincia de Cañar.
Fuente: Contreras (2023).



LISTADO DE MATERIALES

ACABADOS

- A-01 ENLUCIDO INTERIOR**
MATERIAL: Mortero de cemento 1/3
DIMENSIONES: Espesor 1,5cm
ACABADO: Pintura de latex
FIJACIÓN: -
- A-02 Puerta tamborada**
MATERIAL: MDF
DIMENSIONES: 60x217 cm
ACABADO: Tinturado y lacado
FIJACIÓN: Tirafondo y tacho fisher
- A-03 Ventana**
MATERIAL: Tubo 1x2" + Perfil L + Vidrio flotado de 4mm
DIMENSIONES: 109x54 cm
ACABADO: -
FIJACIÓN: Tornillos auto perforantes y macilla automotiz
- A-04 Cubierta**
MATERIAL: Plancha de fibrocemento ondulado
DIMENSIONES: 1000x440 mm
ACABADO: -
FIJACIÓN: Tirafondo para techo

PANELES

- P-01 FIBROCEMENTO**
MATERIAL: Fibrocemento
DIMENSIONES: 24x122x0,1 cm
ACABADO: -
FIJACIÓN: Tornillo auto perforante
- P-02 YESO CARTÓN**
MATERIAL: Yeso Cartón
DIMENSIONES: 24x122x0,15 cm
ACABADO: -
FIJACIÓN: Tornillo auto perforante
- P-03 PLANCHA OSB**
MATERIAL: Plancha OSB
DIMENSIONES: 24x122x0,15 cm
ACABADO: -
FIJACIÓN: Tornillo auto perforante
- P-04 AISLANTE ACÚSTICO**
MATERIAL: Lana de vidrio
DIMENSIONES: Rollo
ACABADO: -
FIJACIÓN: Cinta doble faz

MAMPOSTERÍAS

- M-01 PAREDES EXTERNAS**
MATERIAL: Bloque de Hormigón
DIMENSIONES: 40x20x15 cm
ACABADO: -
FIJACIÓN: Mortero de cemento 1/3

PERFILES METÁLICOS

- PM-01 CORREAS G**
MATERIAL: Acero
DIMENSIONES: 80x40x15x2 mm
ACABADO: Pintura anticorrosiva
FIJACIÓN: Soldado
- PM-02 TUBO CUADRADO**
MATERIAL: Acero
DIMENSIONES: 40x40x1,5 mm
ACABADO: Pintura anticorrosiva
FIJACIÓN: Soldado
- PM-03 PERFIL U**
MATERIAL: Acero
DIMENSIONES: 80x40x2 mm
ACABADO: Pintura anticorrosiva
FIJACIÓN: Soldado

HORMIGÓN

- H-01 COLUMNA HORMIGÓN ARMADO**
MATERIAL: Hormigón f'c=230 kgf/cm²
Viga prefabricada V1
DIMENSIONES: 15x15 cm
ACABADO: -
FIJACIÓN: -
- H-02 VIGA V1 HORMIGÓN ARMADO**
MATERIAL: Hormigón f'c=230 kgf/cm²
Viga prefabricada V1
DIMENSIONES: 15x20 cm
ACABADO: -
FIJACIÓN: -
- H-03 MORTERO DE CEMENTO**
MATERIAL: Mortero de cemento 1/3²
DIMENSIONES: -
ACABADO: -
FIJACIÓN: -

Nota. La imagen muestra el explotado de la sección de la vivienda de Cañar. Modelo 3D.
Fuente: Contreras (2023).

Proceso de construcción

El proceso de construcción duró aproximadamente tres semanas, con reuniones tres veces por semana. Se revisaban los avances y se comprobaba la correcta utilización de los materiales. Una vez que se terminó de construir, se procedió a transportarlo a la provincia del Cañar. Se utilizaron grúas y camiones plataformas.

Figura 34.

Sección constructiva Cañar- Construcción.



Nota. La imagen muestra parte del proceso de construcción de las secciones llevado a cabo por estudiantes de la Universidad del Azuay. Fuente: Contreras (2023).

Figura 35.
Sección constructiva Cañar- Terminada.



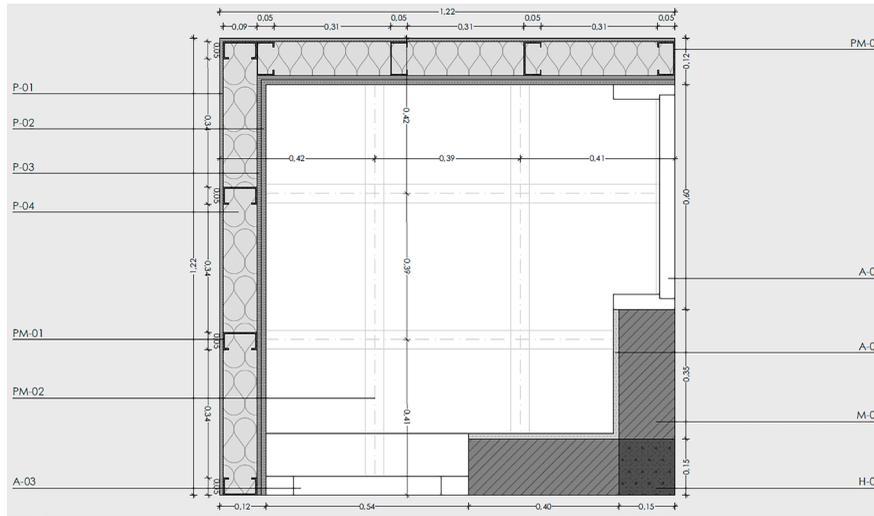
Nota. La imagen muestra la sección montada en la Universidad del Azuay. Fuente: Contreras (2023).

Figura 36.
Sección constructiva Cañar- Transporte.

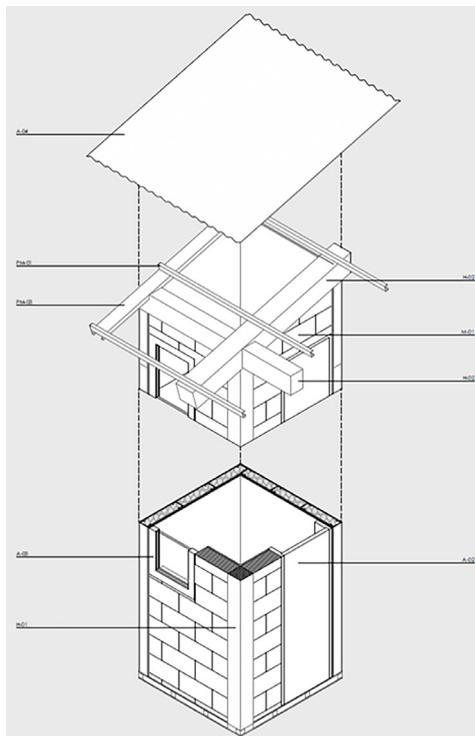


Nota. La imagen muestra el transporte de la sección. Fuente: Contreras (2023).

Figura 37.
Planos de construcción de vivienda para la provincia de Morona Santiago, año 2018.



Nota. La imagen muestra la planta en detalle de la vivienda de la provincia de Morona Santiago.
Fuente: Contreras (2023).



LISTADO DE MATERIALES

ACABADOS

A-01 ENLUCIDO INTERIOR
MATERIAL: Mortero de cemento 1/3
DIMENSIONES: Espesor 1,5cm
ACABADO: Pintura de latex
FIJACIÓN: --

A-02 Puerta tamborada

MATERIAL: MDF
DIMENSIONES: 60x217 cm
ACABADO: Tinturado y lacado
FIJACIÓN: Tirafondo y taco fisher

A-03 Ventana

MATERIAL: Tubo 1x2" + Perfil L + Vidrio flotado de 4mm
DIMENSIONES: 109x54 cm
ACABADO: --
FIJACIÓN: Tornillos autopercutorantes y macilla automotriz

A-04 Cubierta

MATERIAL: Plancha de Duratecho clásico
DIMENSIONES: 890x2440 mm
ACABADO: --
FIJACIÓN: Tirafondo para techo

PANELES

P-01 FIBROCEMENTO

MATERIAL: Fibrocemento
DIMENSIONES: 244x122x0,1 cm
ACABADO: --
FIJACIÓN: Tornillo autopercutorante

P-02 YESO CARTÓN

MATERIAL: Yeso Cartón
DIMENSIONES: 244x122x0,15 cm
ACABADO: --
FIJACIÓN: Tornillo autopercutorante

P-03 PLANCHA OSB

MATERIAL: Plancha OSB
DIMENSIONES: 244x122x0,15 cm
ACABADO: --
FIJACIÓN: Tornillo autopercutorante

P-04 AISLANTE ACÚSTICO

MATERIAL: Lana de vidrio
DIMENSIONES: Rollo
ACABADO: --
FIJACIÓN: Cinta doble faz

MAMPOSTERÍAS

M-01 PAREDES EXTERNAS

MATERIAL: Bloque de Hormigón
DIMENSIONES: 40x20x15 cm
ACABADO: --
FIJACIÓN: Mortero de cemento 1/3

PERFILES METÁLICOS

PM-01 CORREAS G

MATERIAL: Acero
DIMENSIONES: 80x40x1,5x2 mm
ACABADO: Pintura anticorrosiva
FIJACIÓN: Soldado

PM-02 TUBO CUADRADO

MATERIAL: Acero
DIMENSIONES: 50x50x1,5 mm
ACABADO: Pintura anticorrosiva
FIJACIÓN: Soldado

PM-03 PERFIL U

MATERIAL: Acero
DIMENSIONES: 80x40x2 mm
ACABADO: Pintura anticorrosiva
FIJACIÓN: Soldado

HORMIGÓN

H-01 COLUMNA HORMIGÓN ARMADO

MATERIAL: Hormigón f_c=230 kgf/cm²
Viga prefabricada V1
DIMENSIONES: 15x15 cm
ACABADO: --
FIJACIÓN: --

H-02 VIGA V1 HORMIGÓN ARMADO

MATERIAL: Hormigón f_c=230 kgf/cm²
Viga prefabricada V1
DIMENSIONES: 15x20 cm
ACABADO: --
FIJACIÓN: --

H-03 MORTERO DE CEMENTO

MATERIAL: Mortero de cemento 1/3
DIMENSIONES: --
ACABADO: --
FIJACIÓN: --

Nota. La imagen muestra el explotado de la sección de la vivienda de Morona Santiago.
Fuente: Contreras (2023).

Proceso de construcción

El proceso de construcción duró aproximadamente cuatro semanas, con reuniones de dos a tres veces por semana. Se fue revisando que los procesos de construcción estén bien elaborados y, además, se comprobó la correcta utilización de los materiales. Una vez que se terminó de construir, se procedió a transportarlo a la provincia de Morona Santiago. Se utilizaron grúas y camiones plataformas.

Figura 38.

Sección constructiva Morona S.- Construcción.



Nota. La imagen muestra parte del proceso de construcción de las secciones llevado a cabo por estudiantes de la Universidad del Azuay. Fuente: Contreras (2023).

Figura 39.

Sección constructiva Cañar- Terminada.



Nota. La imagen muestra la sección montada en la Universidad del Azuay.

Fuente: Contreras (2023).

Figura 40.

Sección constructiva Cañar- Transporte.

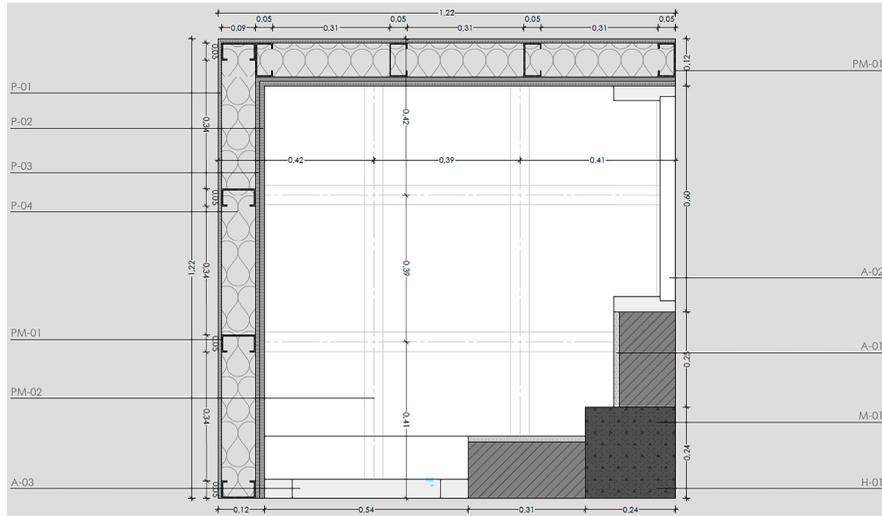


Nota. La imagen muestra el transporte de la sección previo al montaje final en Morona Santiago.

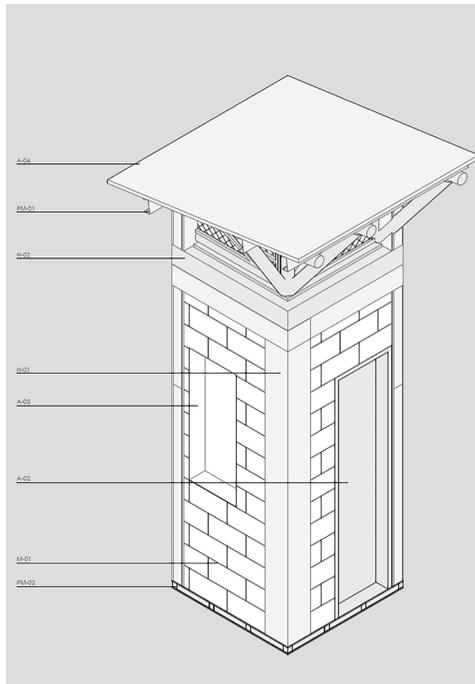
Fuente: Contreras (2023).

Figura 41.

Planos de construcción de vivienda para la provincia de Morona Santiago, año 2022.



Nota. La imagen muestra la planta en detalle de la vivienda de la provincia de Morona Santiago.
Fuente: Contreras (2023).



LISTADO DE MATERIALES

ACABADOS

A-01 ENLUCIDO INTERIOR
MATERIAL: Mortero de cemento 1/3
DIMENSIONES: Espesor 1,5cm
ACABADO: Pintura de latex
FIJACIÓN: --

A-02 Puerta tamborada
MATERIAL: MDF
DIMENSIONES: 60x217 cm
ACABADO: Tinturado y lacado
FIJACIÓN: Tirafondo y taco fisher

A-03 Ventana
MATERIAL: Tubo 1x2" + Perfil L + Vidrio flotado de 4mm
DIMENSIONES: 109x54 cm
ACABADO: --
FIJACIÓN: Tornillos autopercutorantes y macilla automatiz

A-04 Cubierta
MATERIAL: Plancha de Duratecho clásico
DIMENSIONES: 890x2440 mm
ACABADO: --
FIJACIÓN: Tirafondo para techo

PANELES

P-01 FIBROCEMENTO
MATERIAL: Fibrocemento
DIMENSIONES: 244x122x0,1 cm
ACABADO: --
FIJACIÓN: Tornillo autopercutorante

P-02 YESO CARTÓN
MATERIAL: Yeso Cartón
DIMENSIONES: 244x122x0,15 cm
ACABADO: --
FIJACIÓN: Tornillo autopercutorante

P-03 PLANCHA OSB
MATERIAL: Plancha OSB
DIMENSIONES: 244x122x0,15 cm
ACABADO: --
FIJACIÓN: Tornillo autopercutorante

P-04 AISLANTE ACÚSTICO
MATERIAL: Lana de vidrio
DIMENSIONES: Rollo
ACABADO: --
FIJACIÓN: Cinta doble faz

MAMPOSTERÍAS

M-01 PAREDES EXTERNAS
MATERIAL: Bloque de Hormigón
DIMENSIONES: 40x20x15 cm
ACABADO: --
FIJACIÓN: Mortero de cemento 1/3

PERFILES METÁLICOS

PM-01 CORREAS G
MATERIAL: Acero
DIMENSIONES: 80x40x15x2 mm
ACABADO: Pintura anticorrosiva
FIJACIÓN: Soldado

PM-02 TUBO CUADRADO
MATERIAL: Acero
DIMENSIONES: 50x50x1,5 mm
ACABADO: Pintura anticorrosiva
FIJACIÓN: Soldado

PM-03 PERFIL U
MATERIAL: Acero
DIMENSIONES: 80x40x2 mm
ACABADO: Pintura anticorrosiva
FIJACIÓN: Soldado

HORMIGÓN

H-01 COLUMNA HORMIGÓN ARMADO
MATERIAL: Hormigón Fc=230 kgf/cm²
Viga prefabricada V1
DIMENSIONES: 15x15 cm
ACABADO: --
FIJACIÓN: --

H-02 VIGA V1 HORMIGÓN ARMADO
MATERIAL: Hormigón Fc=230 kgf/cm²
Viga prefabricada V1
DIMENSIONES: 15x20 cm
ACABADO: --
FIJACIÓN: --

H-03 MORTERO DE CEMENTO
MATERIAL: Mortero de cemento 1/3
DIMENSIONES: --
ACABADO: --
FIJACIÓN: --

Nota. La imagen muestra, en perspectiva, la sección de la vivienda de Morona Santiago. Modelo 3D.
Fuente: Contreras (2023).

Proceso de construcción

El proceso de construcción duró aproximadamente cuatro semanas y media, con reuniones dos veces por semana. Se revisó que los procesos constructivos estén elaborados de acuerdo a las especificaciones técnicas proporcionados por el MIDUVI y, además, se comprobó la correcta utilización de los materiales. Una vez que se terminó de construir, se procedió a transportarlo a la provincia de Morona Santiago. Se utilizaron grúas y camiones plataforma.

Figura 42.

Sección constructiva Morona S- Construcción.



Nota. La imagen muestra parte del proceso de construcción de las secciones llevado a cabo por estudiantes de la Universidad del Azuay. Fuente: Contreras (2023).

Figura 43.

Sección constructiva Morona S- Terminado.



Nota. La imagen muestra el proceso de montaje de la cubierta de la sección de Morona Santiago.
Fuente: Contreras (2023).

Figura 44.

Sección constructiva Morona S- Transporte.



Nota. La imagen muestra la sección montada en el MIDUVI de Macas (Morona Santiago).
Fuente: Contreras (2023).

Mediciones cuantitativas

Para las mediciones que se realizaron a las seis secciones constructivas en Azuay, Cañar y Morona Santiago, se utilizó un equipo denominado termohigrómetro y barómetro digital.

Figura 45.

Equipos utilizados para las mediciones.



Nota. La imagen muestra el equipo de medición (termohigrómetro) que ayudó a recopilar datos de temperatura y humedad relativa de las secciones. Fuente: Contreras (2023).

Tabla 5.

Característica del equipo.

INSTRUMENTO	CARACTERÍSTICAS	DATOS
Termómetro y Barómetro Digital	Marca: ThermoPro Modelo: TP55	°C, %

Nota. Características del termohigrómetro y barómetro digital utilizados para tomar los datos en el presente estudio. Fuente: Contreras (2023).

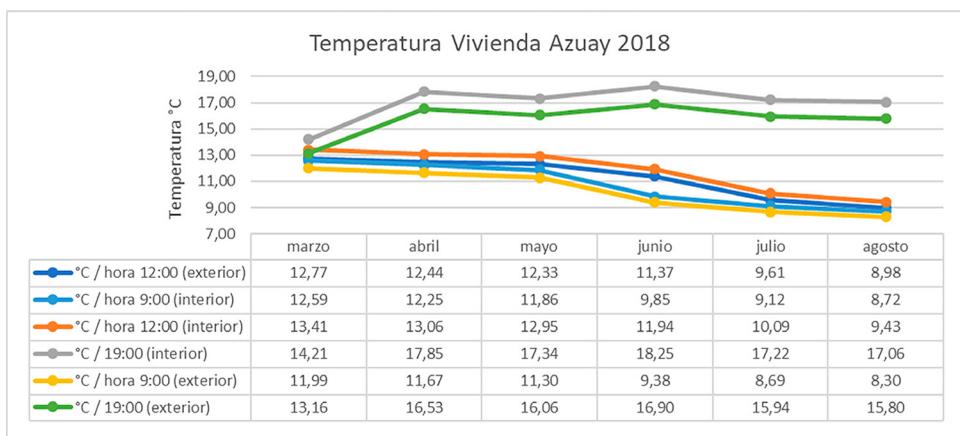
Los levantamientos de temperatura y porcentajes de humedad se realizaron tres veces al día, de lunes a viernes. La primera toma de dato empezó a las 9:00; la segunda, a las 13h00; y la última, a las 19h00. Todo este proceso comenzó el 10 de marzo de 2023 y terminó el 18 de agosto de 2023.

Previo a las mediciones, se verificó que el espacio y ambiente sean los idóneos para poder colocar los equipos en las tres provincias. A continuación, se verificarán los resultados de cada provincia:

Azuay

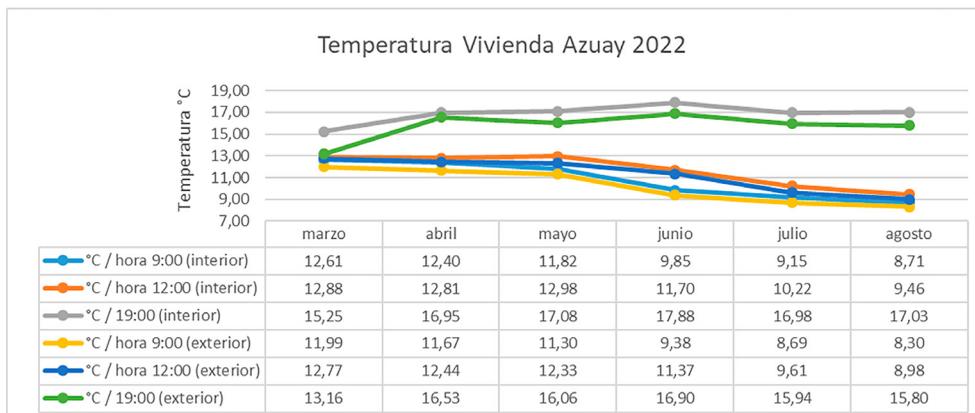
a. Temperatura: La temperatura en Azuay tiene una variación entre 9°C y 19°C grados en promedio al año. Tiene cierto cambio en algunos momentos del año, cuando desciende a los 7°C o sube a los 23°C.

Tabla 6.
Comportamiento de la temperatura en la sección constructiva de Azuay 2018.



Nota. La tabla muestra el comportamiento de la temperatura en diferentes horas del día en la sección constructiva de Azuay 2018. Fuente: Contreras (2023).

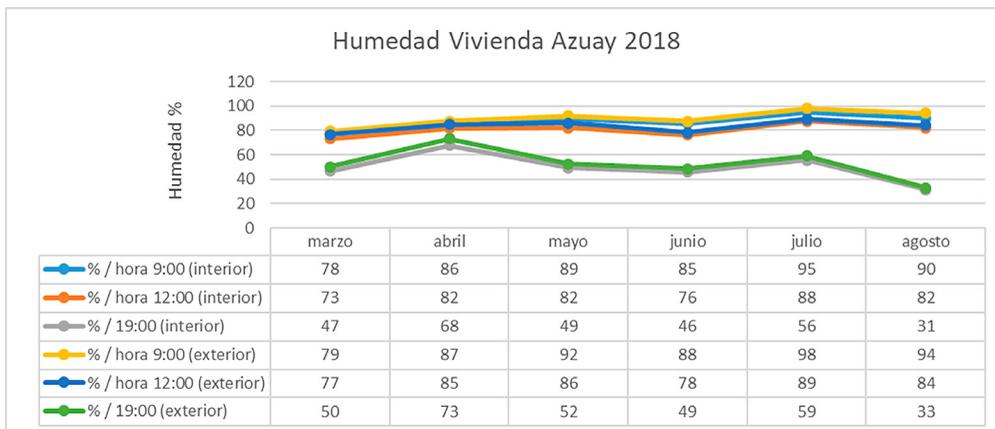
Tabla 7.
Comportamiento de la temperatura en la sección constructiva de Azuay 2022.



Nota. La tabla muestra el comportamiento de la temperatura en diferentes horas del día en la sección constructiva de Azuay 2022. Fuente: Contreras (2023).

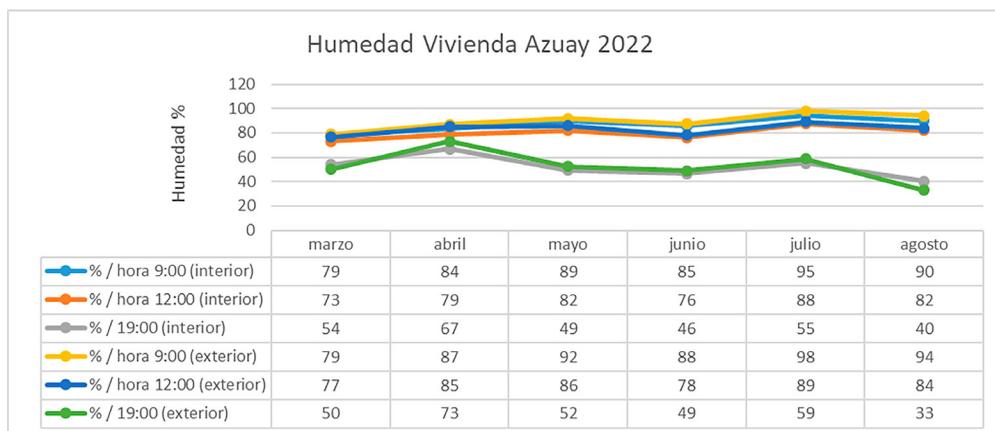
b. Humedad: La humedad relativa en Azuay tiene una variación entre 76% y 46% por ciento, en promedio, al año. Tiene cierto cambio en algunos momentos del año, que desciende hasta los 43% o sube a 88%.

Tabla 8.
Comportamiento de la humedad en la sección constructiva de Azuay 2018.



Nota. La tabla muestra el comportamiento de la humedad en diferentes horas del día en la sección constructiva de Azuay 2018.
Fuente: Contreras (2023).

Tabla 9.
Comportamiento de la humedad en la sección constructiva de Azuay 2022.

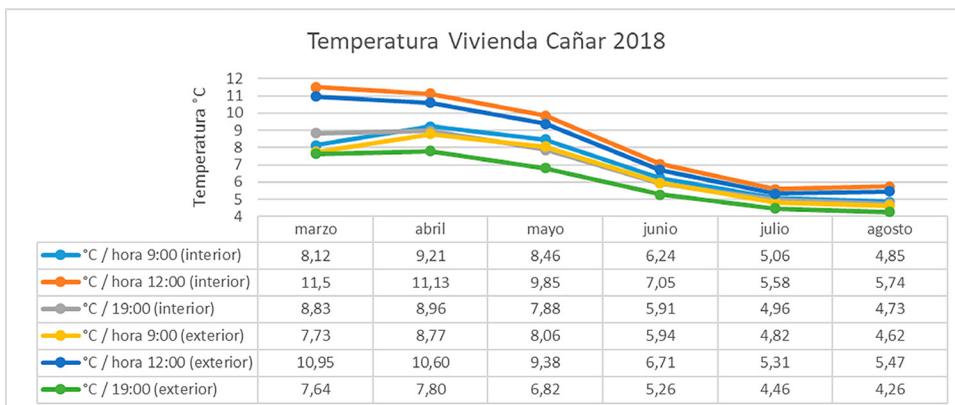


Nota. La tabla muestra el comportamiento de la humedad en diferentes horas del día en la sección constructiva de Azuay 2022.
Fuente: Contreras (2023).

Cañar

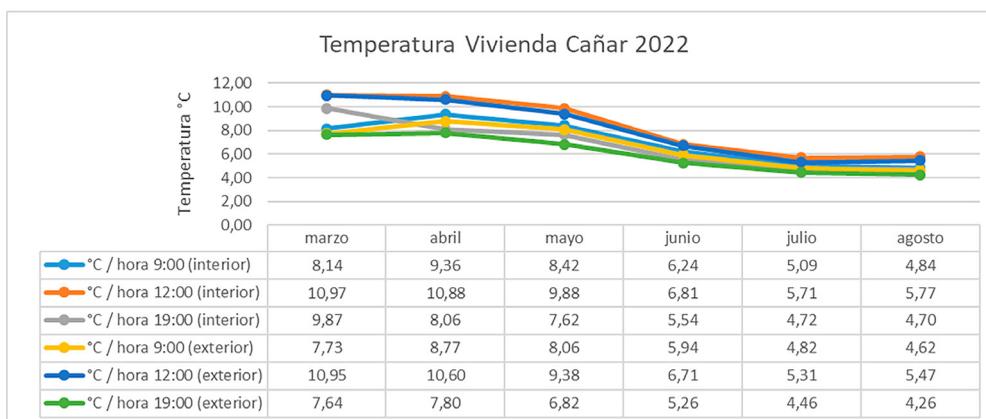
a. Temperatura: La temperatura en Cañar tiene una variación entre 2°C y 12°C grados, en promedio, al año. Tiene cierto cambio en algunos momentos del año, cuando desciende a los 0°C o sube a 15°C.

Tabla 10.
Comportamiento de la temperatura en la sección constructiva de Cañar 2018.



Nota. La tabla muestra el comportamiento de la temperatura en diferentes horas del día en la sección constructiva de Cañar 2018. Fuente: Contreras (2023).

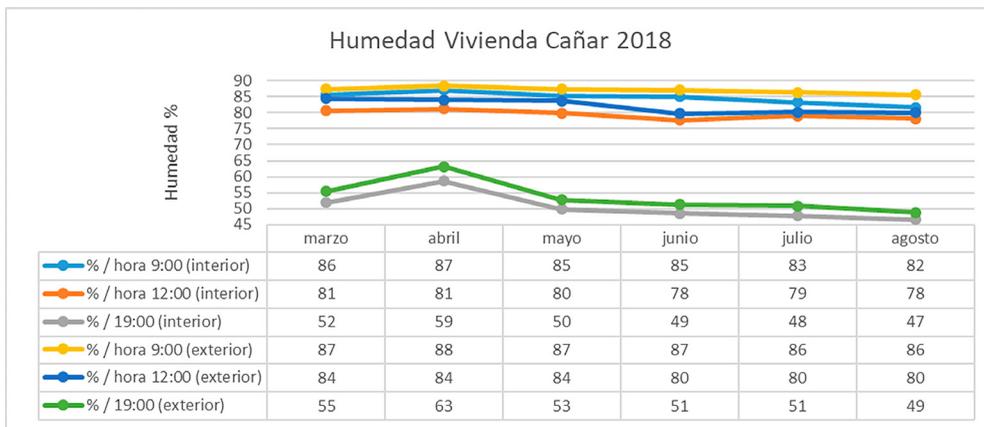
Tabla 11.
Comportamiento de la temperatura en la sección constructiva de Cañar 2022.



Nota. La tabla muestra el comportamiento de la temperatura en diferentes horas del día en la sección constructiva de Cañar 2022. Fuente: Contreras (2023).

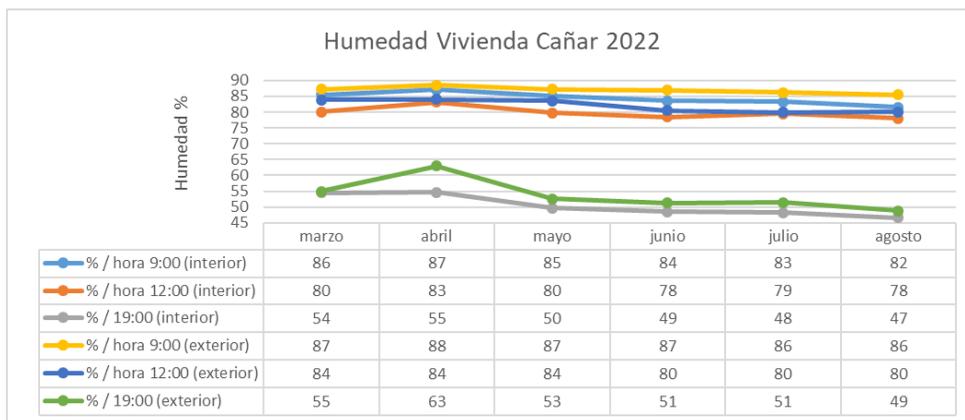
b. Humedad: La humedad relativa en Cañar tiene una variación entre 85% y 76% por ciento en promedio al año. Tiene cierto cambio en algunos momentos del año, cuando desciende a los 88% o sube a 74%.

Tabla 12.
Comportamiento de la humedad en la sección constructiva de Cañar 2018.



Nota. La tabla muestra el comportamiento de la humedad en diferentes horas del día en la sección constructiva de Cañar 2018.
Fuente: Contreras (2023).

Tabla 13.
Comportamiento de la humedad en la sección constructiva de Azuay 2022.



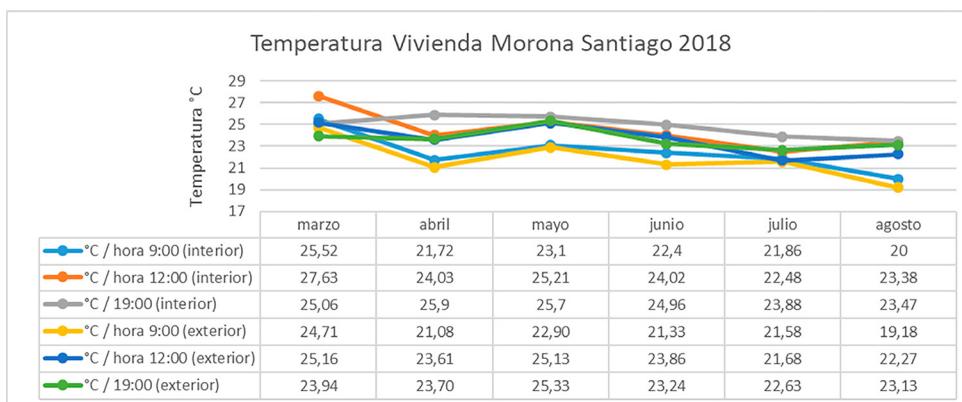
Nota. La tabla muestra el comportamiento de la humedad en diferentes horas del día en la sección constructiva de Cañar 2022.
Fuente: Contreras (2023).

Morona Santiago

a. Temperatura: La temperatura en Morona Santiago tiene una variación entre 14°C y 27°C grados en promedio al año. Tiene cierto cambio en algunos momentos del año, cuando desciende a los 13°C o sube a 29°C.

Tabla 14.

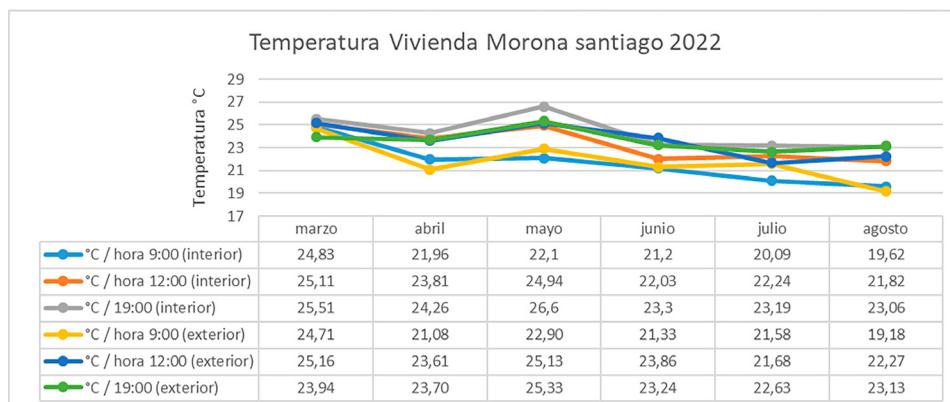
Comportamiento de la temperatura en la sección constructiva de Morona Santiago 2018.



Nota. La tabla muestra el comportamiento de la temperatura en diferentes horas del día en la sección constructiva de Morona Santiago 2018. Fuente: Contreras (2023).

Tabla 15.

Comportamiento de la temperatura en la sección constructiva de Morona Santiago 2022.

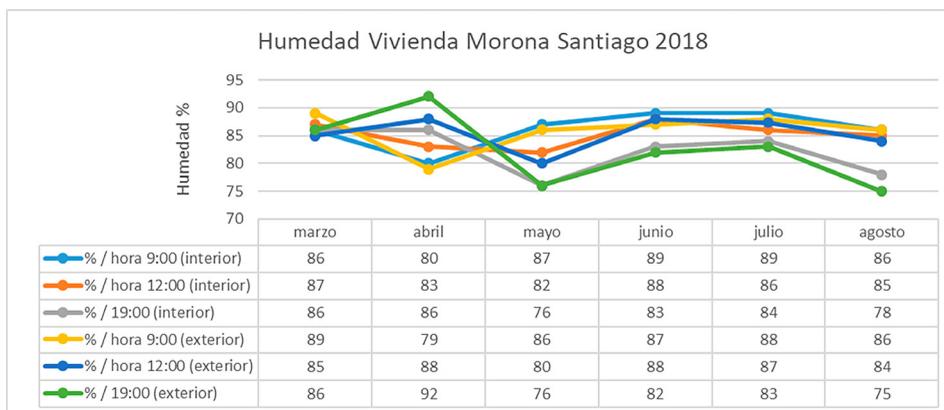


Nota. La tabla muestra el comportamiento de la temperatura en diferentes horas del día en la sección constructiva de Morona Santiago 2022. Fuente: Contreras (2023).

b. Humedad: La humedad relativa en Morona Santiago tiene una variación entre 85% y 76% por ciento en promedio al año. Tiene cierto cambio en algunos momentos del año, cuando desciende a los 88% o sube a 74%.

Tabla 16.

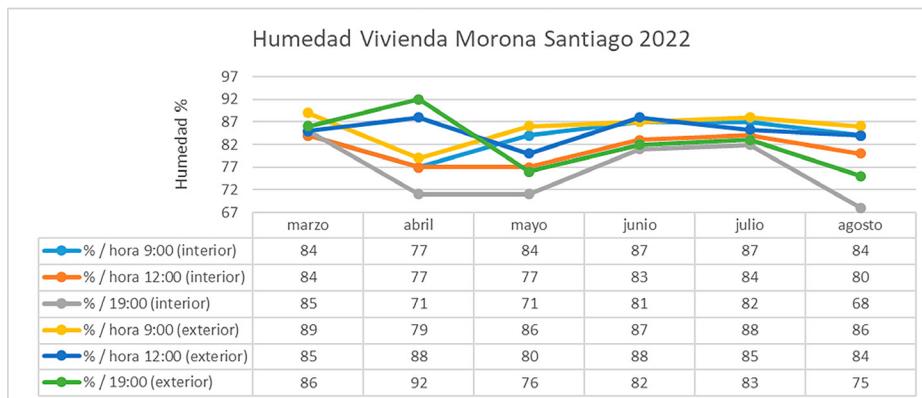
Comportamiento de la humedad en la sección constructiva de Morona Santiago 2018.



Nota. La tabla muestra el comportamiento de la humedad en diferentes horas del día en la sección constructiva de Morona Santiago 2018. Fuente: Contreras (2023).

Tabla 17.

Comportamiento de la humedad en la sección constructiva de Morona Santiago 2022.



Nota. La tabla muestra el comportamiento de la humedad en diferentes horas del día en la sección constructiva de Morona Santiago 2022. Fuente: Contreras (2023).

Conclusiones

Los resultados de esta investigación están divididos por el comportamiento de los materiales en el medio en donde se desenvuelven. Además, muestran cómo actúan los materiales en la envolvente de las edificaciones y, por último, se tiene resultados de cómo se comportan los materiales para el paso de la temperatura y la humedad. A continuación, se detallan estos resultados:

Comportamiento de los materiales.- El comportamiento de los materiales de construcción con el medio ambiente es una cuestión clave en términos de construcción sostenible y gestión ambiental. De acuerdo a los resultados de los materiales de construcción utilizados en las viviendas del MIDUVI de los años 2018 y 2022 en las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago, se puede determinar que los materiales se comportan de buena manera con relación al clima. Existen recubrimientos de pintura en cubiertas y paredes que podrían mejorar su calidad para tener mejores resultados de vida útil. La pintura con resinas acrílicas estirenadas para cubierta presentó problemas leves al ciclado térmico y envejecimiento acelerado. Se puede recomendar que se utilice pinturas con base elastómero; es una excelente opción para techos exteriores, ya que es impermeable y puede sellar pequeñas grietas, así como es extremadamente duradera y resistente a las condiciones climáticas.

La pintura acrílica diluida al agua que contiene resinas plásticas para paredes presentó problemas leves al ciclado térmico y envejecimiento acelerado. Se puede recomendar que se utilice pinturas con base de elastómero especialmente formulada para exteriores, ya que proporciona una capa impermeable. Tiene una excelente adherencia y es muy duradera.

Las planchas metálicas de acero revestidas con Galvalume (aluminio y Zinc) presentaron problemas leves al ciclado térmico y envejecimiento acelerado. Se puede recomendar que se utilice pintura de recubrimiento con base elastomérica, para mejorar su durabilidad, ya que presentó pequeñas grietas que influyeron mínimamente en la corrosión de pequeños lugares.

Las planchas onduladas de fibrocemento no presentaron problemas al ciclado térmico y envejecimiento acelerado. Sin embargo, se recomienda siempre revestirlos de pintura a base de elastómero.

Transmitancia Térmica.- El análisis de la transmitancia térmica que se realizó a los elementos compuestos de la envolvente de las edificaciones, en lo que respecta a las paredes, está cumpliendo lo que se determina en las tablas 1, 2 y 3 en las zonas climáticas de Azuay, Cañar y Morona Santiago. Se podría mejorar el aislamiento en las paredes si, al mismo bloque de hormigón en el espacio interior, se le rellenara de perlas de poliestireno. Esto ayudaría a mantener el calor o impedir que ingrese el calor excesivo.

En la cubierta no están cumpliendo lo que se determina en las tablas 1, 2 y 3 en las zonas climáticas de Azuay, Cañar y Morona Santiago. El valor U es demasiado alto, por lo que se recomienda utilizar recubrimiento de cielo raso acompañado de fibra mineral; esto sería exclusivo para las provincias de Azuay y Cañar. En la provincia de Morona Santiago, en la vivienda del año 2022, se contempla usar la cubierta metálica con recubrimiento de aislante térmico (poliestireno), lo que entrega un resultado que cumple con lo que determina la tabla 3. Esto mismo se debería usar en la vivienda de Morona Santiago del año 2018.

Comportamiento de las secciones constructivas a la temperatura y humedad.- Las secciones constructivas que fueron monitoreadas en el Azuay, tanto en la temperatura como en la humedad, se comportaron de buena manera. En el control de temperatura, tuvieron cambios de 1,08°C entre el interior, que está más elevado con respecto al exterior. La humedad tuvo una variación de 3% entre la humedad interior más baja que la humedad exterior.

Las secciones constructivas que fueron monitoreadas en el Cañar, tanto en la temperatura como en la humedad, se comportaron de buena manera. En el control de temperatura, tuvieron cambios de 0,84°C entre el interior, que está más elevado, con respecto al exterior, sobre todo en los datos registrados en la noche (19h00). La humedad tuvo una variación de 2,38% entre la humedad exterior, que es más baja que la humedad interior.

La sección constructiva de 2018 que se monitoreó en Morona Santiago, tanto en la temperatura como en la humedad, no se comportó de buena manera. En el control de temperatura, tuvieron cambios de 1,17°C entre en interior que llegó a tener 27,63°C, que está más elevado con respecto al exterior, sobre todo en los datos registrados al medio día (12h00). La humedad tuvo una variación de 0.33% entre la humedad interior, que es más baja que la humedad exterior.

La sección constructiva de 2022 que se monitoreo en Morona Santiago, tanto en la temperatura como en la humedad, se comportó de buena manera. En el control de temperatura, tuvieron cambios de 0,29°C entre el exterior, que llegó a tener 25,16°C, que está más elevado con respecto al interior, sobre todo en los datos registrados al medio día (12h00). La humedad tuvo variación de 6% entre el exterior, que llegó a tener 75% y que está más elevado con respecto al interior, sobre todo en los datos registrados en la noche (19h00).

Referencias

- González, D., y Véliz, J. F. (2019). Evolución de la vivienda de interés social en Portoviejo. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 12(23), 71-91. 10.11144/Javeriana.cvu12-23.evis
- González, R. (2020, Diciembre 22). La casa como espacio productivo. *Arquine*. <https://arquine.com/la-casa-como-espacio-productivo/>
- Iza, R. P., y Suasnavas, M. E. (2021). *Conjunto de viviendas sostenibles mediante una arquitectura bioclimática en Conocoto*. [Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Arquitecto. Carrera de Arquitectura]. UCE <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/272551ac-15aa-4bd3-bf27-2b7cf8e3e072>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2018). *NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-HS-EE-Final.pdf>
- Moran, E. G., Pazmiño, C. C., Macías, K. J., y Chara, P. N. (2019). Estudio del efecto de la envolvente fachadas Curtain Wall de los edificios judiciales Guayaquil Norte. *RECIAMUC*, 2(2), 2-11. <https://doi.org/10.26820/reciamuc/2.1.2018.2-11>
- Ortega, E. G., y Bravo, P. (2016). *Las necesidades educativas especiales no asociadas a una discapacidad y el rendimiento académico en las asignaturas técnicas de los estudiantes del tercer año de mecanizado y construcciones metálicas de la Unidad Educativa Carlos Cisneros*. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Chimborazo <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/1944>
- Pérez, A. L. (2016). El diseño de la vivienda de interés social, La satisfacción de las necesidades y expectativas del usuario. *Revista de Arquitectura*, 18(1), 67-75. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/e696f556-22c5-4ac4-a59b-664970e58a03>
- Vinces, M. J., Rey, C. F., Vinuesa, G. F., y Peñafiel, A. J. (2022). Derecho al bienestar: política pública ecuatoriana relativo a la vivienda. *Universidad y Sociedad*, 14(S4), 513-521. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/3162>