



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Maestría en Arquitectura Bioclimática, Confort y Eficiencia Energética

La cubierta como cerramiento para vivienda de interés social en clima de alta montaña

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Magíster en
Arquitectura Bioclimática: Confort y
Eficiencia Energética

Modalidad: Artículo académico

Autora:

Valeria Cristina Palomeque Hidalgo

CI: 0302222146

Director:

Arq. Juan Diego Godoy Chacha. Msc.

CI: 0301561577

Cuenca - Ecuador

23-septiembre-2019



Resumen:

El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) —organismo gubernamental— edifica viviendas en diversos sectores de Ecuador, incluso en sectores con climas adversos. Partiendo de esta premisa, en este trabajo se evaluaron los materiales de construcción con que el MIDUVI construye las cubiertas para las viviendas en el sector del Cajas en Cuenca, con el fin de determinar si únicamente con el cambio de cubierta se puede llegar a un confort térmico en las viviendas de interés social de la región mencionada. Esta reflexión hace referencia a que en el proceso de construcción de las casas de interés social, realizadas por el MIDUVI, este pudiera ser ejecutado con un sistema constructivo adecuado con materiales que trabajen de acuerdo a su localización, que garantice confort interior y que esté acorde a la altitud y clima. La metodología aplicada fue descriptiva y referencial; para la evaluación de sostenibilidad de los materiales con que se elaboran las cubiertas se utilizó el método de Luis de Garrido y se simuló un caso de estudio a través del software Ecotect. Una de las principales comprobaciones a las que se llegó a través de este estudio es que el MIDUVI, para la construcción de las cubiertas de viviendas en casas en alta montaña, no posee materiales adecuados que garanticen el confort térmico de sus habitantes y que las viviendas no están construidas de acuerdo a las necesidades reales existentes para climas de alta montaña o páramos. Después de este análisis, se puede concluir que solo con el cambio en la cubierta no se llega al confort térmico, es indispensable intervenir en todo el envoltente de la edificación, cambiar la estructura total: piso, paredes, ventanas y cubierta para poder llegar al confort en el piso climático de alta montaña.

Palabras claves: Sostenibilidad. Confort térmico. Materiales. Cubierta. Vivienda de interés social.

Abstract:

MIDUVI as a government agency that builds homes throughout the country, builds homes in adverse climatic sectors between, they have the region of the Cajas in Cuenca. The following work evaluated the construction materials with which MIDUVI builds the roofs for homes in the Cajas sector in Cuenca. The central objective of the project is the cover as enclosure for houses of social interest in high mountain climate in the sector of the Cajas. The problem of this work makes reference to that in the construction of the houses of social interest by MIDUVI when analyzing the site, this could be executed with a suitable constructive system with materials that work according to their location and mainly that their inner comfort and that is commensurate with the altitude and climate. The methodology applied was descriptive and referential, using the De Garrido method for the sustainability of the materials used to produce the covers and analyzing a case study through the Ecotect software. The conclusions were a level of sustainability for the three roofs studied fiber cement, tiles and polycarbonate with medium and high levels of sustainability. Accepting that the MIDUVI for the construction of housing roofs in high mountains, if they possess adequate materials that guarantee thermal comfort to its inhabitants and designing through Ecotect a suitable general comfort, if MIDUVI designed homes according to the real needs existing in the high mountains.

Keywords: Sustainability. Thermal comfort. Materials. Cover. Social interest housing.



Índice

Resumen	2
Abstract.....	2
Índice.....	3
Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional.....	4
Cláusula de Propiedad Intelectual.....	5
Capítulo I	
1. Introducción.....	7
1.1. Problema.....	7
1.2. Metodología.....	8
1.3. Estado del Arte.....	8
1.3.1. Características climáticas del Cajas, Cuenca.....	9
1.3.2. Vivienda diseñada por el MIDUVI y las características de sus cubiertas.....	10
1.3.3. Materiales de construcción.....	10
1.3.4. Principales cubiertas usadas para la construcción de viviendas.....	11
Capítulo II	
2.1. Características de los materiales usados para la construcción de viviendas según el criterio de sostenibilidad de Luis de Garrido.....	13
2.2. Vivienda diseñada por el MIDUVI y evaluación del comportamiento de su cubierta a través del software Ecotect.....	14
2.3. Simulaciones térmicas de las propuestas a través del software Ecotect y estrategias de diseño pasivo.....	17
2.3.1. Análisis de la simulación de la propuesta de cubierta con nuevos materiales y/o sistemas constructivos.....	17
2.3.2. Estrategias de diseño pasivo.....	18
2.4. Resultados de simulaciones térmicas de la vivienda del MIDUVI a través del software Ecotect.....	19
3. Conclusiones.....	23
4. Sugerencias.....	23
Bibliografía.....	23
Anexos.....	28



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Valeria Cristina Palomeque Hidalgo en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “La cubierta como cerramiento para vivienda de interés social en clima de alta montaña”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 23 de septiembre de 2019

Valeria Palomeque

Valeria Cristina Palomeque Hidalgo

C.I: 0302222146



Cláusula de Propiedad Intelectual

Valeria Cristina Palomeque Hidalgo, autora del trabajo de titulación “La cubierta como cerramiento para vivienda de interés social en clima de alta montaña”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 23 de septiembre de 2019

Valeria Palomeque

Valeria Cristina Palomeque Hidalgo

C.I: 0302222146



LA CUBIERTA COMO CERRAMIENTO PARA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN CLIMA DE ALTA MONTAÑA

Arq. Valeria Cristina Palomeque Hidalgo – valeph88@gmail.com

Maestría en Arquitectura Bioclimática. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Cuenca-Ecuador.

Arq. Msc. Juan Diego Godoy – arq.jdgodoy13@gmail.com

Directora de Tesis. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Cuenca-Ecuador. Dirección e-mail institucional.

RESUMEN

El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) —organismo gubernamental— edifica viviendas en diversos sectores de Ecuador, incluso en sectores con climas adversos. Partiendo de esta premisa, en este trabajo se evaluaron los materiales de construcción con que el MIDUVI construye las cubiertas para las viviendas en el sector del Cajas en Cuenca, con el fin de determinar si únicamente con el cambio de cubierta se puede llegar a un confort térmico en las viviendas de interés social de la región mencionada. Esta reflexión hace referencia a que en el proceso de construcción de las casas de interés social, realizadas por el MIDUVI, este pudiera ser ejecutado con un sistema constructivo adecuado con materiales que trabajen de acuerdo a su localización, que garantice confort interior y que esté acorde a la altitud y clima. La metodología aplicada fue descriptiva y referencial; para la evaluación de sostenibilidad de los materiales con que se elaboran las cubiertas se utilizó el método de Luis de Garrido y se simuló un caso de estudio a través del software Ecotect. Una de las principales comprobaciones a las que se llegó a través de este estudio es que el MIDUVI, para la construcción de las cubiertas de viviendas en casas en alta montaña, no posee materiales adecuados que garanticen el confort térmico de sus habitantes y que las viviendas no están construidas de acuerdo a las necesidades reales existentes para climas de alta montaña o páramos. Después de este análisis, se puede concluir que solo con el cambio en la cubierta no se llega al confort térmico, es indispensable intervenir en todo el envolvente de la edificación, cambiar la estructura total: piso, paredes, ventanas y cubierta para poder llegar al confort en el piso climático de alta montaña.

Palabras Claves: Sostenibilidad. Confort térmico. Materiales. Cubierta. Vivienda de interés social.

ABSTRACT

MIDUVI as a government agency that builds homes throughout the country, builds homes in adverse climatic sectors between, they have the region of the Cajas in Cuenca. The following work evaluated the construction materials with which MIDUVI builds the roofs for homes in the Cajas sector in Cuenca. The central objective of the project is the cover as enclosure for houses of social interest in high mountain climate in the sector of the Cajas. The problem of this work makes reference to that in the construction of the houses of social interest by MIDUVI when analyzing the site, this could be executed with a suitable constructive system with materials that work according to their location and mainly that their inner comfort and that is commensurate with the altitude and climate. The methodology applied was descriptive and referential, using the De Garrido method for the sustainability of the materials used to produce the covers and analyzing a case study through the Ecotect software. The conclusions were a level of sustainability for the three roofs studied fiber cement, tiles and polycarbonate with medium and high levels of sustainability. Accepting that the MIDUVI for the construction of housing roofs in high mountains, if they possess adequate materials that guarantee thermal comfort to its inhabitants and designing through Ecotect a suitable general comfort, if MIDUVI designed homes according to the real needs existing in the high mountains.

Keywords: Sustainability. Thermal comfort. Materials. Cover. Social interest housing.



CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En países en vías de desarrollo como el Ecuador, estas circunstancias se presentan como un reto; la vivienda no solo debe ser suficiente y diversa, sino también flexible y de calidad; articulada por una gestión integral ya que además configura en buena proporción a la urbe (Escallón, 2011).

El punto de partida de este artículo se origina principalmente en las condiciones de las viviendas en el sector del Cajas, cantón Cuenca. “En el centro y norte del país, los páramos generalmente se ubican encima de los 3.500 msnm, mientras que en las provincias del sur (Azuay, Loja) se encuentran páramos a los 3.000 msnm por las características más bajas de la cordillera de los Andes en esta zona” (Beltrán & Salgado, 2009).

En el cantón Cuenca, en las parroquias rurales de Sayausí, San Joaquín, Chaucha y Molleturo se encuentra el páramo más extenso, con una superficie de 28.800 ha aproximadamente; su altitud oscila entre 3.160 a 4.450 msnm. Tiene una temperatura promedio de 8° C y las precipitaciones fluctúan entre los 1.000 mm y 2.000 mm (Biodiversidad, 2000).

En nuestro país no se ha concretado ningún proyecto dirigido al mejoramiento de la vivienda como un proceso social, aún más los sectores de altas montañas comúnmente han sido concebidos como productos aislados; asimismo, los resultados de las políticas propuestas en favor de estas regiones son muy limitadas y descontextualizadas (Pinto & Ruiz, 2009).

Lograr el confort térmico en una vivienda con materiales ecológicos como la madera, ichu, lana de oveja, tierra, teja, entre otras, es viable. El diseño bioclimático es clave para que una vivienda se adapte a su entorno proporcionando comodidad a sus ocupantes y al mismo tiempo contribuyendo al ahorro y eficiencia energética (Montoya & Manzano, 2015).

La cubierta de una vivienda es parte de la piel envolvente de un edificio; esto significa proteger de la temperatura, aire y humedad exterior para mejorar la calidad de vida de sus ocupantes, por lo tanto, “Las cubiertas deben estar ejecutadas con materiales

correspondientes para la más adecuada evacuación de aguas sin que se produzca ninguna estanqueidad, ni obstrucción” (Avilés, 2012).

El gobierno ecuatoriano a través del MIDUVI ha implementado una serie de políticas enfocadas en impulsar el acceso universal a los servicios básicos con énfasis en grupos de atención prioritaria y acceso universal a la vivienda digna (MIDUVI, 2012). Para garantizar el bienestar de sus futuros habitantes, es necesario revisar el tipo de vivienda a construir, dependiendo de las condiciones climáticas a las cuales vayan a estar expuestas.

El propósito de este artículo es estudiar la cubierta de una vivienda, desde la tipología planteada por MIDUVI, como parte de su cerramiento, considerando que han sido emplazadas en climas de alta montaña como el de la zona del Cajas, Cuenca.

1.1. PROBLEMA

La vivienda de interés social (VIS) en Ecuador se estructura sin distinción de zonas climáticas, debido a que entidades como el MIDUVI tienen un modelo de casa tipo que se construye para cubrir las necesidades de déficit habitacional, realizadas sin adaptación al lugar o zona geográfica. Hay que tener en cuenta que cada sitio es diferente, por ello debería considerarse un estudio preliminar, analizar las preexistencias como punto de partida para la toma de decisiones; pensando en los atributos, las características de emplazamiento de la vivienda y así lograr definir la materialidad, altura, tipo de cubierta, tamaño de ventanas, entre otros factores que al tenerlos en cuenta ayudarían a la obtención de un mayor confort posible.

En este sentido, la ejecución de vivienda de interés social (VIS) en alta montaña debe adoptar un sistema constructivo adecuado, es decir con materiales pertinentes en cuanto a su localización geográfica y que sus espacios interiores se adecuen a la altitud y clima; estas condiciones deberían tomar al sol como referencia principal para la captación de calor. En este punto la cubierta juega un papel importante; ya que los materiales a utilizar deberían no ser nocivos para el medio ambiente, asimismo sería muy positivo encontrar una técnica constructiva que evite la pérdida de energía. Bajo estas premisas creemos que la vivienda en los páramos tendrían como resultado conseguir confort térmico satisfactorio e ideal para los usuarios.



1.2 METODOLOGÍA

El método está enfocado en un estudio de tipo referencial y descriptivo, estableciendo un sistema claro, pedagógico y adecuado para su aplicación. El modelo que se usó para detallar la sostenibilidad de los materiales para las cubiertas de las viviendas es el de Luis De Garrido.

Este sistema de evaluación utiliza indicadores cuantitativos y cualitativos, que a medida del criterio a evaluarse, se aplica el sistema de sostenibilidad, para dar un enfoque más global a la evaluación. Para diferenciar la exactitud de los resultados, se considera el valor de puntaje en relación a la naturaleza del criterio que se consideró durante el estudio.

Se elaboró una propuesta de evaluación de la vivienda del MIDUVI por medio de simulación térmica con ayuda del programa Ecotect y con un fichero climático en formato epw (Energy Plus Weather data).

El interés de este trabajo de investigación es poder contribuir al mejoramiento en la calidad de vida de las personas que habitan en el sector del Cajas.

“Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (Hernández Sampieri, 2014, p. 91).

Siguiendo la metodología de Hernández Sampieri, nos acercamos a la realidad de la construcción de viviendas en el Cajas, analizando el proceso tal como se da espontáneamente, sin buscar manipular o provocar conclusiones preconcebidas. Para ello, la observación investigativa y datos secundarios recopilados por otros autores son cruciales en este análisis.

“Así como los estudios exploratorios sirven fundamentalmente para descubrir y prefigurar, los estudios descriptivos son útiles para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación” (Sampieri, 2014, p. 92).

1.3 ESTADO DEL ARTE

En lo que a vivienda se refiere, de acuerdo a los datos obtenidos por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2011) en el último censo de Población y Vivienda en el 2010, “el déficit cuantitativo reportado es de 18,88 %, mientras que el déficit cualitativo de vivienda se sitúa en un 33,12%. Lo que significa que un total del 52% de la población tiene algún tipo de problema respecto del lugar en el que habita”. (Patricia & Beltrán, n.d.)

“El aumento acelerado del déficit de vivienda en los años 70, en sus escritos analiza el papel cumplido por el Estado en cuanto a políticas de vivienda; es así que de un Estado que actuaba como directo proveedor de viviendas en la década de los 80 se pasa a un Estado fundamentalmente planificador en la década de los 90. De acuerdo con las cifras manejadas por los organismos estatales desde el 98 hasta el 2011 se han entregado un total de 312.330 bonos, estos han variado el monto, desde 1800 dólares en 1998 hasta un valor de 5000 dólares en la actualidad”.(Patricia & Beltrán, n.d.)

Las viviendas construidas en el Ecuador, en este caso por el MIDUVI, tienen una misma tipología y materiales para todas sus regiones. Los materiales utilizados para mampostería es el bloque de hormigón y para cubierta planchas de fibrocemento.

La temperatura del clima en la región Sierra está vinculada estrechamente con la altura. Entre los 1.500 y 3.000 msnm los valores medios varían entre los 10 y 16° C. El Ecuador, tomando en consideración la presencia de la cordillera de los Andes, por la influencia del mar (ver tabla 1) y por la ubicación tropical, presenta variedad de climas y cambios geográficos en cortas distancias (MRECI, 2012).

Tabla 1
Clasificación de Montañas (PNUMA-WCMC), según variación local de altura, presión atmosférica, temperatura y densidad

Clase Montaña	Presión atmosférica kPa	Temp °C	Densidad del aire kg/m3	Rango (msnm)
1	95	> 24	1,1533	300 – 1000
2	84	17 – 24	1,0861	1000 – 1500
3	74	12 – 17	0,9595	1500 – 2500
4	65	6 – 12	0,9355	2500 – 3500
5	61	< 6	0,9082	>3500

Fuente: Diagnóstico nacional de montañas República del Ecuador



La búsqueda del confort térmico en las viviendas contribuye a fomentar el uso de tecnologías limpias, de la mano con las técnicas tradicionales, en el uso de materiales locales y fuentes potenciales de recursos energéticos naturales como el sol para, además, catalogar a la vivienda como sustentable. De esta manera se construye aprovechando los recursos naturales para minimizar el impacto ambiental de la construcción sobre el ambiente natural (Hurtado, 2011). Las viviendas deben estar adaptadas al clima y a la geografía, deben emplear en su construcción recursos renovables, de preferencia producidos en la región. Durante la vida de la edificación, se debe optimizar el uso de materiales, agua y energía. La selección de los materiales y el sistema constructivo deben responder a la identidad cultural de la región en la que se desarrolla la obra (MAVDT, 2013).

La sostenibilidad ambiental en la extracción y manufactura de materiales está relacionada con la adopción, en los procesos de producción, de los correctivos necesarios para mitigar el manejo del impacto sobre los recursos naturales renovables y no renovables (MAVDT, 2013).

El aumento de temperaturas interiores en la vivienda se puede lograr con una solución constructiva adecuada para una vivienda; es decir, conducir las desde sus condiciones naturales que resultan problemáticas (mínimos de 3 °C), hasta adecuarlas a un clima menos invasivo (mínimos de 11° C) (parámetros tomados del estándar ASHRAE-55 2010. ASHRAE como organización global. Diferencia de temperatura del aire vertical). Para ello existen soluciones de construcción y aprovechamiento del recurso solar como potencial energético de la zona y fuente principal de calentamiento (Espinoza y otros, 2009). “Existen estudios que concluyen que para un sistema de construcción tradicional pesado (con masa) el sistema, debe ser el 50% de la superficie del espacio a calefaccionar. Mientras que para una construcción liviana (tipo sándwich) el predimensionamiento de la cuarta parte de la superficie a calefaccionar es suficiente. El sistema consiste en un panel radiante utilizado para calefaccionar pasivamente locales sin ninguna fachada visible hacia el ecuador”. (Mercado, Esteves, & Filippín, 2007)

En la construcción de viviendas es necesario analizar el consumo de materiales y sus cantidades que van desde el 40% del consumo global de la piedra, grava o arena hasta el 25% de la madera virgen explotada en todo el mundo (USGBC, 2008).

“En climas fríos, la arquitectura solar pasiva se distingue por el desempeño de la piel del edificio que debe ser eficiente. El diseño solar pasivo debe ser bien concebido desde el punto de vista de la conservación de la energía, para lo cual deben intervenir varios parámetros:

- el nivel de aislamiento debe garantizarse en toda la piel del edificio evitando los puntos térmicos.

- La piel debe garantizar un hermetismo suficiente para impedir que entre aire y las infiltraciones inoportunas, cuando hace mucho frío o mucho viento.

- La orientación del edificio debe escogerse para maximizar la exposición al sol.

- La atención debe ponerse el ingreso del sol, el trabajo de niveles, patios internos, iluminación cenital, etc.

- Conviene la utilización de materiales pesados que almacenen el calor y atenúen las fluctuaciones de temperatura (inercia térmica). Estas masas de alta capacidad térmica, serán dispuestas de manera que reciban directamente los rayos solares.

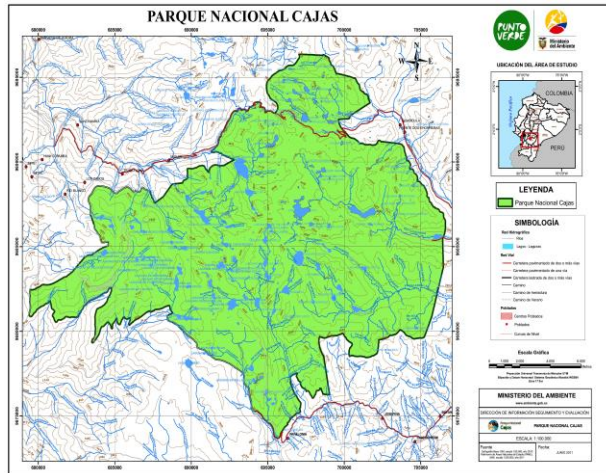
- En regla general, las casas solares pasivas, se distinguen por ganancias solares proporcionalmente más elevadas, lo que disminuye la necesidad de calentar”. (“CONSTRUIR CON EL CLIMA,” n.d.)

1.3.1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL CAJAS, CUENCA

Está ubicado en la parte centro sur del país, en la provincia de Azuay, cantón Cuenca. Coordenadas 2°50'00"S 79°10'00"O. Superficie 20.544 ha. Altitud desde 3.152 msnm a 4.445 msnm. La temperatura oscila entre los -2 a 18 °C. No existe una marcada regularidad en el clima y se dan frecuentes heladas, lloviznas (garúa), neblina y días de intenso sol (Ministerio del Ambiente, 2014).

El Fichero Climático del Cajas relaciona la temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, entre otras características, en tiempos puntuales según la variedad climática.

Imagen 1
El Cajas, Cuenca



Fuente: Ministerio del Ambiente

Tabla 2
Clima del Cajas, Cuenca

Datos Climáticos. El Cajas - Azuay	Agosto
Temperatura Máxima	12.3 °C
Temperatura Mínima	4.2 °C
Temperatura Promedio	7.3 °C
Humedad Relativa	93.50%
Velocidad del viento	3.0 m/s
Orientación del Viento	Sureste
Nubosidad (accuweather.com)	72%

Fuente: Fichero Climático del Cajas

Elaborado por el autor

Tabla 3
Confort térmico

Confort térmico adecuado en viviendas de altas montañas		
Nº	Descripción	Valor
1	Temperatura del aire ambiente	Entre 18-26 °C
2	Temperatura radiante media de superficies del local.	Entre 18-26 °C
3	Velocidad del aire	Entre 0.05-0.15 m/s
4	Humedad relativa	Entre 40-65%

Fuente: Fichero Climático del Cajas

Elaborado por el autor

1.3.2. VIVIENDAS DISEÑADAS POR EL MIDUVI Y LAS CARACTERÍSTICAS DE SUS CUBIERTAS

El diseño de las viviendas del MIDUVI —que se encuentran ubicadas en regiones geográficas altas— cumple con los requerimientos estipulados: poseer 36 m² de construcción, el costo alrededor de los USD 6.500, la vivienda no debe estar adosada en ninguno de sus cuatros lados y a su vez el ingreso debe ser directo al de la vía; respeta el cumplimiento de los espacios óptimos interiores como: sala, comedor, cocina, dormitorios y baño (MIDUVI, 2014).

El MIDUVI construyó unidades habitacionales en la provincia de Imbabura con las siguientes características: espaciosa, poseen 2 habitaciones, sala, comedor, cocina y un baño amplio. Su cubierta corresponde a los techos de fibrocemento, tal como se aprecia en la imagen número 2.

Imagen 2.
Vivienda realizada por el MIDUVI



Fuente: Somosdelmismobarro.com

Debido al costo con el que se realizan estas soluciones habitacionales, no se puede mejorar su envolvente térmica para garantizar un mayor confort dentro de la vivienda. Para ello es necesario que el Estado a través de MIDUVI exponga el costo real de estas construcciones para poder mejorar la calidad de sus materiales y que garanticen a sus ocupantes un adecuado clima interior para su quehacer diario y estabilidad en salud.

1.3.3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Se escogen los materiales que garanticen un debido aislamiento acústico y térmico en las viviendas de la

Sierra para que posean el confort térmico adecuado. Para ello estudiaremos algunos aspectos que se deben conocer en cuanto a estos materiales, entre otros, la clasificación de los materiales de construcción.

En un levantamiento fotográfico realizado en la zona de alta montaña Azuay-Ecuador, se puede observar los materiales utilizados en las cubiertas de esa zona. (Ver imagen 3)

Imagen 3.

Vivienda con cubierta de paja, vivienda con cubierta de teja natural y vivienda con cubierta de fibrocemento



Fuente: Evaluación térmica de cerramiento vertical para mejorar el confort de una vivienda de interés social en clima de alta montaña – caso de estudio Cajas.

Se hace necesario conocer las propiedades térmicas de los materiales utilizados en la construcción de viviendas, ya que constituyen un factor importantísimo para de antemano conocer su desempeño térmico mediante cálculos de transferencia de calor que ayudan

a gestionar mejor los flujos de calor y, posteriormente lograr temperaturas interiores confortables (Molina, 2017).

Se estima que el consumo de materiales por metro cuadrado construido en obras de viviendas colectivas es aproximadamente de 2,6 toneladas. De estos más de la mitad corresponden al consumo de áridos pétreos (59%), seguidos de cerámica (22%), cemento (7%) y mortero prefabricado (5%) (CIES, 2001).

1.3.4. PRINCIPALES CUBIERTAS USADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS

Cubiertas de fibrocemento

Este material es usado en gran medida en la Sierra. Entre las principales ventajas que ofrece podemos mencionar la incombustibilidad, reducción del ruido y disminución considerable del calor al interior de la vivienda. Además, las cubiertas de fibrocemento aportan a la seguridad de quien lo instala, porque no es conductor de electricidad como el zinc o metal, con esto se reduce la probabilidad de un accidente por descarga eléctrica o rayos (MIDUVI, 2012).

Tejas naturales y artificiales

Este es uno de los materiales para cubiertas más durables y requiere muy poco mantenimiento. Es el preferido para cubiertas en la región Sierra. Las tejas están hechas de arcilla natural y hormigón (MIDUVI, 2012). Estos dos materiales anteriormente descritos son los más usados en el Austro Ecuatoriano.

Cubiertas de paja

Este tipo de cubierta se basa en el uso de materiales renovables, locales, que requieren un mínimo o cero de energía externa para el proceso de producción. Con muchas ventajas a su favor tales como su excelente aislamiento térmico y acústico, bajo costo, muy buena estabilidad, herramientas sencillas de conseguir, muy buena resistencia sísmica, se puede tratar contra invasiones de insectos, si se utiliza el material adecuado se ajusta fenomenal a cualquier clima, y después de su vida útil se puede usar como abono o como combustible. Se puede usar casi cualquier material vegetal, desde corteza de árboles hasta juncos delgados, pero hierbas, cañas y palmeras son los materiales más comunes. “El empleo de cubiertas de paja minimiza los costes medioambientales y de consumo de energía



en su extracción, transporte y transformación del material, durante su uso y mantenimiento. La tecnología de manipulación y colocación de la paja las hace impermeables y transpirables, permitiendo mantener en su interior temperaturas medias anuales en torno a los 17°-18° C, con una oscilación total de 10°C (de los 10-12°C en invierno a los 20-22°C en verano); manteniendo en épocas de frío un fuego constantemente encendido, cumpliendo el humo, además, las funciones de impermeabilización y protección de parásitos. Asimismo, el abandono de plantaciones de centeno y la pérdida del oficio de “teitador” ha obligado a realizar reparaciones de las cubiertas colocando sobre la propia paja placas de fibrocemento o metálicas”.(Traditional, 2013)

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES USADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS SEGÚN EL CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD DE LUIS DE GARRIDO

Una vez descritos los diferentes tipos de cubiertas, conociendo sus características y observando las más utilizadas en el medio, específicamente en el sector del Cajas (Ver imagen 3), se analizará a profundidad las más comunes.

Los materiales para construir la cubierta en las viviendas de altas montañas poseen indicadores sostenibles diferentes entre sí, y al mismo tiempo, fáciles de identificar, ejecutar y de evaluar. Pueden utilizarse para calcular el grado de sostenibilidad de una determinada vivienda, y lo que es más importante y útil para proporcionar un conjunto de pautas a seguir para la consecución de una verdadera arquitectura sostenible. Varias acciones que sirven para incrementar el grado de sostenibilidad de la vivienda. Para esta evaluación tomamos los siguientes criterios de De Garrido enumerados en la tabla número 4 y descritos en el Anexo 2.

Tabla 4

Indicadores sostenibles según De Garrido

Indicadores Sostenibles de Luis de Garrido

1. Optimización de recursos. Naturales y artificiales

- 1.1. Nivel de utilización de recursos naturales
- 1.2. Nivel de utilización de materiales duraderos
- 1.3. Nivel de utilización de materiales recuperados
- 1.4. Nivel de utilización de materiales reutilizable
- 1.5. Capacidad de reutilización de los materiales utilizados

- 1.6. Capacidad de reparación de los materiales utilizados
- 1.7. Nivel de utilización de materiales reciclados
- 1.8. Capacidad de reciclaje de los materiales utilizados.
- 1.9. Nivel de aprovechamiento de los recursos utilizados

2. Disminución del consumo energético

- 2.1. Energía utilizada en la obtención de materiales
- 2.2. Energía consumida en el transporte de los materiales
- 2.3. Energía consumida en el transporte de la mano de obra
- 2.4. Energía utilizada en el proceso de construcción del edificio
- 2.5. Energía consumida por el edificio a lo largo de su vida útil
- 2.6. Nivel de adecuación tecnológica para la satisfacción de necesidades humanas
- 2.7. Eficacia energética del diseño arquitectónico bioclimático
- 2.8. Nivel de inercia térmica del edificio
- 2.9. Energía consumida en el proceso de derribo o desmontaje del edificio

3. Fomento de fuentes energéticas naturales

- 3.1. Nivel de utilización tecnológica a base de energía solar
- 3.2. Nivel de utilización tecnológica a base de energía geotérmica
- 3.3. Nivel de utilización tecnológica a base de energías renovables por el ecosistema natural

4. Disminución de residuos y emisiones

- 4.1. Nivel de emisiones y residuos generados en la obtención de materiales de construcción
- 4.2. Nivel de emisiones y residuos generados en el proceso de construcción
- 4.3. Nivel de emisiones y residuos generados en el mantenimiento de los edificios
- 4.4. Nivel de emisiones y residuos generados en el derribo de los edificios.

5. Aumento de la calidad de vida de los ocupantes de los edificios

- 5.1. Emisiones perjudiciales para el ecosistema natural
- 5.2. Emisiones perjudiciales para la salud humana
- 5.3. Numero de enfermedades de los ocupantes del edificio
- 5.4. Grado de satisfacción y bienestar de los ocupantes del edificio

6. Disminución del mantenimiento y coste de los edificios

- 6.1. Nivel de adecuación entre la durabilidad de los materiales y su ciclo de vida funcional
- 6.2. Adecuación funcional de los componentes
- 6.3. Recursos consumidos por el edificio en su actividad cotidiana
- 6.4. Energía consumida por el equipamiento tecnológico del edificio
- 6.5. Energía consumida en la accesibilidad al edificio
- 6.6. Energía residual consumida por el edificio cuando no está ocupado
- 6.7. Nivel de necesidad de mantenimiento en el edificio
- 6.8. Nivel de necesidad de tratamiento de emisiones y residuos generados por el edificio



6.9. Coste económico en la construcción del edificio

6.10. Entorno social y económico

Fuente: Indicadores sostenibles de Luis de Garrido

Elaboración propia

Se debe establecer un sistema sencillo de cuantificación general (ver tabla número 5), que sea válido para todos los indicadores para la evaluación numérica de cada indicador. Vale la pena mencionar que cada material es analizado de acuerdo a los criterios de sostenibilidad de De Garrido, así como también existen algunos criterios que no serán utilizados para el análisis, como por ejemplo el criterio “6.4. Energía consumida por el equipamiento tecnológico del edificio, Este indicador mide la cantidad de energía consumida por los artefactos incorporados en un edificio. Del mismo modo, proporciona criterios para disminuir al máximo su necesidad y su potencia. Dentro del grupo de artefactos debe incluirse los artefactos incorporados al edificio, y los artefactos derivados de la actividad que se desarrolla en su interior”, pues esto dependerá de la forma de vida de cada usuario en la vivienda. (De Garrido, 2009). (Ver Anexo 2)

Tabla 5

Niveles del sistema de sostenibilidad

Indicadores del método de De Garrido	
Número	Nivel
0	Nivel cero
1	Nivel muy bajo
2	Nivel bajo
3	Nivel medio
4	Nivel alto
5	Nivel muy alto

Fuente: Indicadores de sostenibilidad de De Garrido

Se desarrolla un nivel de sostenibilidad de un determinado material en la construcción de una vivienda y se obtiene una media aritmética ponderada en forma de un valor numérico. Este valor tendrá una escala de “0” a “5”, por lo que para obtener una escala decimal (de “0” a “10”) simplemente se debe multiplicar por dos el resultado obtenido.

Se toma el material de construcción de las cubiertas descritas anteriormente para la elaboración de los techos de las viviendas de MIDUVI.

Partiendo del modelo de De Garrido se realizaron tablas y gráficos de acuerdo al puntaje de cada material de construcción conforme a su sustentabilidad (ver anexo 1, sobre Tabla de Modelo de De Garrido TAZ-TFG-2015-2806).

Todas las tablas y gráficos resultantes de los indicadores sostenibles de De Garrido se detallan en el anexo 2, elaboradas según los indicadores que fueron resultando en los diferentes apartados de la sostenibilidad de estos materiales.

La tabla número 6 muestra los resultados de la calificación de cada material usado por MIDUVI para la construcción de viviendas del sector el Cajas en el cantón Cuenca, así como la calificación de otros materiales usados comúnmente en la construcción.

Tabla 6

Materiales según nota real de sostenibilidad

Material	Nota Real (/10)
Paja	6.80
Madera	7.28
Madera reciclada	7.84
Ladrillo	6.40
Bloque de pómez	6.64
Teja natural	6.72
Teja sintética PVC	6.32
Fibrocemento	6.16
Acero	7.36
Hormigón F'c=210 Kg/cm2	6.16
Vidrio	7.68
Policarbonato	6.48
Piedra pizarra	7.68
Corcho	7.36
Lana de vidrio	5.41
Lana mineral	5.38
Lana de roca	7.28
Poliestileno	4.72

Fuente: Resultados tabla 8

Elaboración propia



Tabla 7
Evaluación de materiales.

MATERIAL	INDICADORES ECOLÓGICOS																				NOTA REAL (/10)					
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.7	2.8	4.1	4.2	5.1	5.2	5.3	5.4		6.1	6.2	6.7	6.9	6.10
Paja	5	2	1	2	2	2	1	1	5	5	4	4	5	1	4	5	5	4	4	2	5	2	5	5	4	6.80
Madera	5	3	3	4	4	4	5	5	3	3	4	3	4	4	4	3	3	5	3	4	4	3	3	2	7.28	
Madera reciclada	5	4	2	5	4	4	1	3	3	5	4	3	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	3	2	3	7.84
Ladrillo	4	5	1	2	1	1	2	1	3	5	3	3	5	4	2	2	5	5	5	5	2	3	4	3	4	6.40
Bloque de pómez	3	5	1	1	1	1	2	1	4	5	2	3	5	3	4	4	5	5	5	3	4	4	5	4	3	6.64
Teja natural	4	5	1	4	1	1	2	2	4	5	3	3	5	4	2	2	5	5	5	4	2	5	4	3	3	6.72
Teja sintética PVC	2	4	2	2	3	3	3	3	3	2	4	3	4	2	2	4	5	5	5	2	4	1	4	5	2	6.32
Fibrocemento	2	4	1	4	5	4	2	1	4	2	3	3	3	5	3	5	5	5	5	5	5	4	4	3	2	6.16
Acero	2	3	3	5	5	4	5	5	5	2	3	3	4	2	2	4	5	5	5	4	4	5	3	2	2	7.36
Hormigón Fc=210 Kg/cm2	2	4	1	1	1	3	2	1	3	5	2	2	3	5	3	3	5	5	5	4	4	3	2	3	3	6.16
Vidrio	3	4	2	4	4	3	5	5	4	4	3	3	5	2	2	5	5	5	5	3	4	5	4	4	3	7.68
Polycarbonato	2	4	1	3	4	3	1	3	3	3	4	3	4	2	2	4	5	5	5	3	4	3	4	4	2	6.48
Piedra pizarra	5	5	1	4	4	3	1	1	5	5	3	3	4	5	4	5	5	5	5	4	3	5	2	4	4	7.68
Corcho	4	2	4	2	3	4	5	5	5	4	4	3	5	1	4	3	5	4	4	3	4	3	5	3	3	7.36
Lana de vidrio	4	3	4	2	3	4	5	5	5	3	4	3	5	1	2	3	5	4	5	2	4	4	5	3	3	5.41
Lana mineral	4	4	3	2	3	4	3	4	5	4	4	3	5	1	2	3	5	4	5	4	4	4	5	3	3	5.38
Lana de roca	4	3	4	2	3	4	5	5	5	3	4	3	5	1	2	3	5	4	5	2	4	4	5	3	3	7.28
Poliestileno	1	2	1	1	1	4	1	1	4	2	5	4	5	1	1	2	2	1	2	2	3	2	5	4	2	4.72

Elaboración propia

Fuente: Tabla de De Garrido TAZ-TFG-2015-2806

Al relacionar los resultados del indicador con el nivel de sostenibilidad, según De Garrido tendríamos:

Tabla 8
Validación cualitativa según indicador de sustentabilidad

Material	Nota Real (/10)	Validación Cualitativa
Paja	6.80	Nivel alto
Madera	7.28	Nivel alto
Madera reciclada	7.84	Nivel alto a muy alto
Ladrillo	6.40	Nivel alto
Bloque de pómez	6.64	Nivel alto
Teja natural	6.72	Nivel alto
Teja sintética PVC	6.32	Nivel alto
Fibrocemento	6.16	Nivel alto
Acero	7.36	Nivel alto
Hormigón Fc=210 Kg/cm2	6.16	Nivel alto
Vidrio	7.68	Nivel alto a muy alto
Polycarbonato	6.48	Nivel alto
Piedra pizarra	7.68	Nivel alto a muy alto
Corcho	7.36	Nivel alto
Lana de vidrio	5.41	Nivel medio
Lana mineral	5.38	Nivel medio
Lana de roca	7.28	Nivel alto
Polietileno	4.72	Nivel medio

Elaboración propia

Una vez obtenido los resultados de los materiales con mayor nivel ecológico según la metodología de Luis de Garrido, se realizaron pruebas tipo placa caliente (ISO 8302) en el “Laboratorio de Ensayos Térmicos en Materiales y Elementos de Construcción”. (Cohorte, Cesar, & Hidalgo, 2018). Anexo 3

Tabla 9
Características físicas y térmicas de los materiales analizados en el laboratorio LABET

MATERIAL	CONDICIONES DE LA MUESTRA					RESULTADOS		
	ESPESOR (mm)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	PESO (g)	DENSIDAD (kg/m3)	Conductividad térmica λ (W/mk)	Resistencia térmica R (m2K/W)	Trnsmitancia térmica U (l/R)
Madera reciclada	13	300	211	527.2	640.7	0.108	0.120	8.33
Fibrocemento	14.1	150	150	444.4	1400.8	0.221	0.064	15.63
Lana de roca	34.7	150	150	65.9	84.4	0.034	1.012	0.99

*Datos obtenidos del “Laboratorio de Ensayos Térmicos en Materiales y Elementos de Construcción” (LABET)

Elaboración propia

Fuente:(Cohorte et al., 2018)

Estos datos servirán para la modelación de la vivienda en Ecotect, pues uno de los casos de análisis está conformado por estos materiales.

2.2. VIVIENDA DISEÑADA POR EL MIDUVI Y EVALUCACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE SU CUBIERTA A TRAVÉS DEL SOFTWARE ECOTECT

La vivienda tanto rural como urbano-marginal debe tener condiciones de habitabilidad, es decir presentar funcionalidad, seguridad, privacidad, factibilidad de crecimiento de la vivienda, en un área no menor a 36 m²

(Imagen 5). Asimismo, deberán tener al menos dos dormitorios, área social, cocina y una unidad sanitaria (Imagen 6) que cuente con los servicios básicos de infraestructura o un medio de abastecimiento de agua y de evacuación de aguas servidas; hay que considerar además las instalaciones eléctricas necesarias.

Imagen 5. Vivienda rural tipo (MIDUVI)

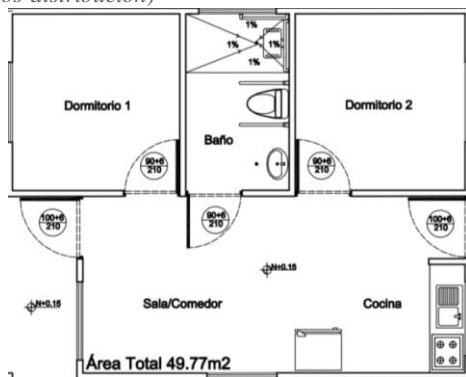


Fuente: MIDUVI

Análisis del Diseño arquitectónico modelo habitacional MIDUVI a través de Ecotect

El MIDUVI regula y norma el sector hábitat y vivienda en nuestro país, a través de la promoción de normativas legales, normas, políticas, planes, programas y proyectos de hábitat, vivienda y servicios básicos (agua potable y saneamiento). Este trabajo está priorizado como eje principal del sector en la implementación de mecanismos de regulación y control que permitan conformar un Sistema Nacional de Asentamientos Humanos y ciudades incluyentes, solidarias, participativas y competitivas.

Imagen 6. Vivienda rural tipo (Plano base con la clasificación de los espacios-distribución)

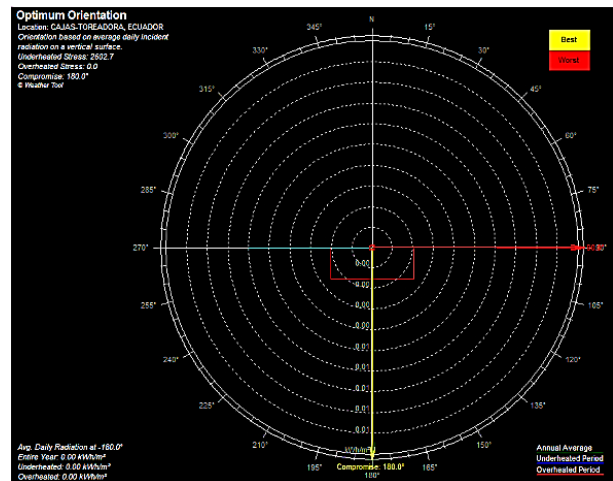


Fuente: MIDUVI

La vivienda analizada se encuentra conformada por dormitorios, sala, cocina-comedor y baño (Imagen 6); espacios que serán objeto de simulaciones para poder concluir cual es el material idóneo para lograr un confort térmico en el interior de la edificación. Este análisis está basado en simulaciones del estado actual de la vivienda y los cambios en el material para cubierta y/o sistema constructivo.

Con base en el análisis realizado del sector en estudio, al fichero climático y demás condicionantes, muestra cuál debe ser la orientación adecuada para la elaboración del proyecto considerando el ángulo de inclinación de 180° (Gráficos 1 y 2), con respecto al Norte para captar el calor en la mañana y en las tardes. Esto significa que la orientación de las ventanas es Este-Oeste, de acuerdo a la norma INEN 2 506:2009. La orientación se debe tener muy en cuenta para obtener los mejores beneficios tanto en ventilación, iluminación y para alcanzar zonas de confort dentro de la vivienda.

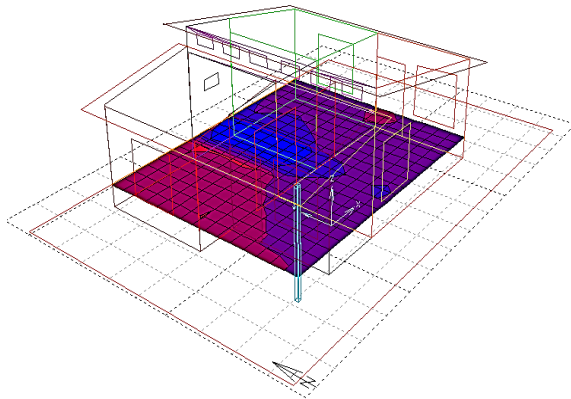
Gráfico 1. Análisis de orientación de la vivienda actual del sector en estudio



Fuente: Simulador Ecotect

Elaboración propia

Gráfico 2. Análisis de orientación de la vivienda actual del sector en estudio



Fuente: Simulador Ecotect
Elaboración propia

Análisis de iluminación natural de la vivienda actual.

En la vivienda, la variación de iluminación natural es notorio, en los dormitorios existe una iluminación de unos 0-340 luxes, mientras la norma ISO 8995 recomienda que debe ser 100 luxes. En la sala, según la norma debe tener 200 luxes mientras la vivienda tiene un rango de 0 – 440 luxes de iluminación; mientras en el área de baños la norma recomienda 200 luxes y se tiene como resultado una iluminación deficiente de 0-100 luxes. En resumen, la vivienda al ser ubicada en función a su orientación adecuada se logra estar dentro de los parámetros establecidos según la norma ISO 8995 en lo relacionado a iluminación natural (Tabla 10).

Tabla 10
Análisis de Iluminación de la vivienda actual

Ambiente	Iluminación Natural (ECOTECT) (lux)	Iluminación Norma ISO 8995 (lux)	Buena	Mala
Dormitorios	0 - 340	100	X	
Sala, cocina, comedor	0 - 440	200	X	
Baño	0 - 100	200		X

Fuente: Herramienta de simulación: Ecotect

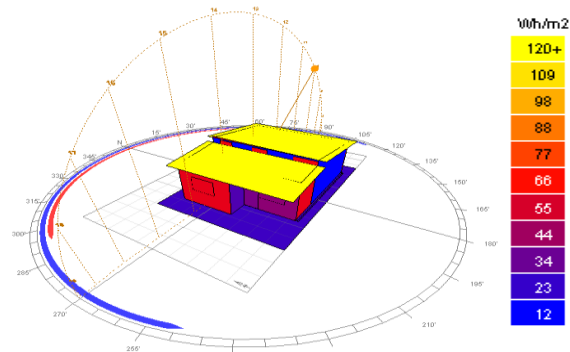
Análisis de radiación solar de la vivienda actual.

Radiación Solar: Se refiere al flujo de energía o potencia de la radiación solar que cae sobre la atmosfera de la tierra.

Este análisis referente a la radiación solar que recibe la vivienda, se puede notar que la parte más favorecida de radiación es la cubierta, con un resultado de 109 - 120 Wh/m², mientras sus fachadas laterales están en un rango de 23 - 44 Wh/m², y a lo referente a la fachada principal entre los 55 – 77 Wh/m² (Tabla 10).

Al ser la cubierta la parte de la vivienda que recibe la radiación perpendicularmente, es el elemento más importante en cuanto a radiación se refiere, por lo que hay que tomar consideraciones en el diseño de este elemento para aprovecharlo de la mejor manera y así lograr un confort aceptable de la vivienda.

Gráfico 3.
Análisis de Radiación solar de la vivienda actual del sector de estudio



Fuente: Simulador Ecotect

Tabla 11
Valoración de resultados de Radiación Solar de la vivienda analizada

Casa	Elemento	Cantidad de Radiación Solar (Wh/m ²)	Buena	Mala
Casa MIDUVI	Cubierta	109 - 120	X	
	Fachadas laterales	23 - 44		X
	Fachada Principal	55 - 77		X

Fuente: Herramienta de simulación: Ecotect

Análisis de la temperatura en cada uno de los ambientes de la vivienda actual (Caso 1).

Como resultado del análisis de confortabilidad térmica dentro de la vivienda, de acuerdo a la cubierta utilizada actualmente en las viviendas del MIDUVI (dura techo o zinc), en lo que se refiere a dormitorios, reflejan valores

de 8.41-9.41° C en el dormitorio 1, con relación al dormitorio 2 de 6.19-14.96° C puntos más altos de incidencia solar. En lo referente a los demás ambientes, tenemos como resultado en la sala, cocina y comedor unos valores de 9.36 - 10.67 - 16.14 - 13.54° C. Estos resultados significan que estas viviendas están bajo el nivel de confortabilidad para una persona; dicha escala debe estar entre los 18 a 26° C, según norma NEC-11 (Capítulo 13. Eficiencia energética en la construcción en Ecuador).

2.3. SIMULACIONES TÉRMICAS DE LAS PROPUESTAS A TRAVÉS DEL SOFTWARE ECOTECT Y ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO

El diseño de un prototipo se encamina en el análisis de varias estrategias que se deben considerar al momento de implementar un concepto que cumpla las características de confort térmico y habitabilidad. Una vez analizada la vivienda propuesta por el MIDUVI y estudiada con los diferentes materiales en cubierta, se concluye que con solo cambiar dicho material y sistema constructivo no existe una mejora significativa en el confort térmico al interior de la vivienda. Por esta razón se plantean nuevas estrategias, así como una nueva simulación a todo el envolvente y con esto poder demostrar que el cambio en el confort térmico se logra con la intervención a toda la vivienda, sus materiales y sistema constructivo.

2.3.1. ANÁLISIS DE LA SIMULACIÓN DE LA PROPUESTA DE CUBIERTA CON NUEVOS MATERIALES Y/O SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.

La selección de materiales para la simulación se lo realizó considerando los criterios de los indicadores ecológicos de Luis De Garrido. En la Tabla 7 se puede observar los materiales con mejor puntuación.

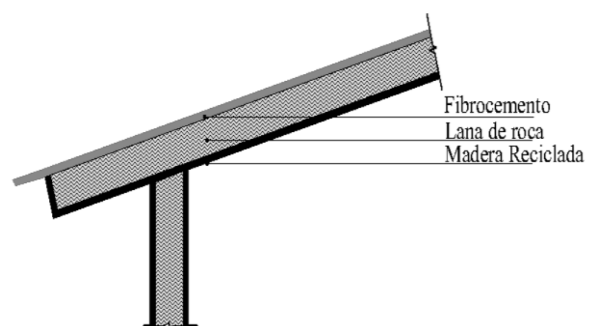
Se realizará la simulación de una cubierta con un sistema constructivo “tipo sánduche”, mismo que está conformado con materiales ecológicamente mejor puntuados. Se analizará también la “cubierta verde”, por sus múltiples ventajas como son: el control del agua y precipitaciones, reducción de la contaminación del agua lluvia, reconstitución del paisaje natural, conservación de la energía, entre otras. (Andr, n.d.)

Análisis de la cubierta de fibrocemento, lana de roca y madera reciclada (Caso 2).

Esta cubierta tipo sánduche está conformada por los materiales mejor puntuados del resultado de la evaluación de materiales según los indicadores ecológicos de Luis De Garrido. Los materiales son: El fibrocemento, por ser un material usado en el sector, por ser económicamente accesible y además fue analizado en Laboratorio de Ensayos Térmicos en Materiales y Elementos de Construcción. La lana de roca y la madera reciclada también fueron objeto de análisis del laboratorio. (Ver anexo 3) (Cohorte et al., 2018)

Como resultado del análisis de confortabilidad térmica dentro de la vivienda, con los materiales anteriormente mencionados (Ver gráfico 4). En lo que se refiere al dormitorio 1, presentan valores de 8.48-9.37° C y 11.06-14.98° C en el dormitorio 2, mismos que son los puntos con mayor incidencia solar. En los espacios de sala, cocina y comedor arrojó unos valores de 13.60-16.20° C. Esto significa que sí se ha producido un aumento pero mínimo en relación al actual techo propuesto por el MIDUVI, no obstante, los resultados siguen estando bajo el nivel de confortabilidad de una persona, pues este debe estar entre los 18 a 26° C, según norma NEC-11 (Capítulo 13. Eficiencia energética en la construcción en Ecuador).

Gráfico 4.
Cubierta fibrocemento, lana de roca y madera reciclada



Análisis de la cubierta verde (Caso 3).

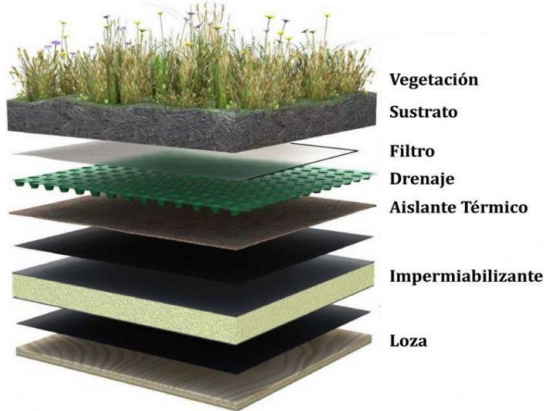
Como resultado del análisis de confortabilidad térmica, realizado dentro de la vivienda con cubierta verde (ver imagen 7), en lo que se refiere a dormitorios presenta unos valores: 9.37° C en el dormitorio 1 en relación al dormitorio 2 con 14.99° C en los puntos más altos de incidencia solar. En la sala, cocina y comedor refleja



valores de 13.60 y 10.73° C. Con estos resultados se concluye que está bajo el nivel de confortabilidad de una persona, pues la temperatura debe estar entre los 18 y 26° C, según norma NEC-11 (Capítulo 13. Eficiencia Energética en la Construcción, en Ecuador).

Imagen 7.

Cubierta verde (capa vegetal, capa sustrato orgánico, capa filtrante, capa drenante, capa impermeabilizante, soporte de hormigón)



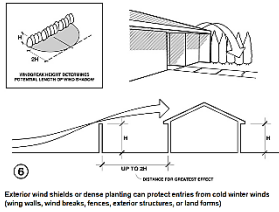
Fuente: Arquitectura y empresa
Elaboración propia

2.3.2 ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO

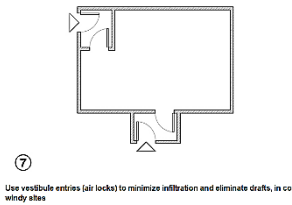
Las estrategias de diseño pasivo que se darán a conocer a continuación, deberían considerarse al momento del diseño de las viviendas de interés social o de cualquier tipo de vivienda, pues son un instrumento que ayudarán a conseguir el confort en el interior en las mismas (Ver tabla 12), pues nos hablan desde que materiales utilizar, hasta donde emplazar los árboles y que tipo de cortinas se deben usar según el clima.

Tabla 12
Estrategias de diseño pasivo

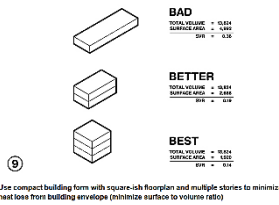
Gráfica	Criterio a utilizar	Gráfica	Criterio a utilizar
<p>①</p> <p>Tiles or slabs (even on wood floors) or a stone-faced fireplace provides enough surface mass to store winter daytime solar gain and summer nighttime 'coolth'.</p>	<p>Las baldosas o la pizarra (incluso en pisos de madera) o una chimenea con cara de piedra proporcionan suficiente masa de superficie para almacenar la ganancia solar durante el día de invierno y el "frío" de la noche de verano.</p>	<p>②</p> <p>If a basement is used it must be at least 18 inches below frost line and insulated on the exterior (foam) or on the interior (fiberglass in furred wall)</p>	<p>Si se usa un sótano, debe estar al menos 18 pulgadas por debajo de la línea de escarcha y aislado en el exterior (espuma) o en el interior (fibra de vidrio en la pared de pelo)</p>
<p>③</p> <p>Extra insulation (super insulation) might prove cost effective, and will increase occupant comfort by keeping indoor temperatures more uniform.</p>	<p>El aislamiento adicional (súper aislamiento) puede resultar rentable y aumentará la comodidad de los ocupantes al mantener las temperaturas interiores más uniformes</p>	<p>④</p> <p>Carefully seal building to minimize infiltration and eliminate drafts, especially in windy sites (house wrap, weather stripping, tight windows)</p>	<p>Selle cuidadosamente el edificio para minimizar la infiltración y eliminar las corrientes de aire, especialmente en lugares con mucho viento (envoltura de la casa, clima, ventanas cerradas)</p>



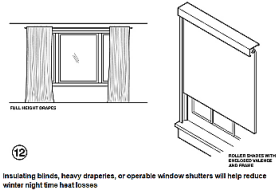
Los protectores contra el viento en el exterior o la plantación densa pueden proteger las entradas de los vientos fríos del invierno (paredes de ala, rompe vientos, cercas, estructuras exteriores o formas de tierra)



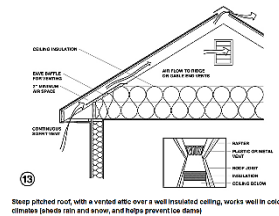
Use entradas de vestíbulos (bloques de aire) para minimizar la infiltración y eliminar corrientes de aire, en lugares con viento frío



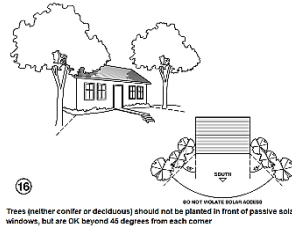
Use la forma compacta del edificio con un plano de planta cuadrado y varias historias para minimizar la pérdida de calor de la envolvente del edificio (minimizar la relación superficie a volumen)



Las persianas aislantes, las cortinas pesadas o las contraventanas operables ayudarán a reducir las pérdidas de calor durante la noche de invierno



El techo inclinado, con un ático ventilado sobre un techo bien aislado, funciona bien en climas fríos (arroja lluvia y nieve, y ayuda a prevenir las represas de hielo)



No se deben plantar árboles (ni coníferas ni caducifolios) frente a las ventanas solares pasivas, sino que están bien a más de 45 grados de cada esquina

Fuente: Climate consultant 6.0

2.4. RESULTADOS DE SIMULACIONES TÉRMICAS DE LA VIVIENDA DEL MIDUVI A TRAVÉS DEL SOFTWARE ECOTECT

Para el análisis en el software Ecotect se establecieron las diferentes capas que conforman cada elemento de la vivienda (cubierta, paredes, pisos, ventanas y puertas) tanto en su estado actual (Ver tabla 13), como con los nuevos materiales (Ver tabla 14). Posterior a ello se realizó una tabla comparativa de la vivienda actual (MIDUVI) – Propuesta Nueva (Ver tabla 15)



Tabla 13
 Características de los materiales utilizados en los diferentes elementos de la vivienda actual para el análisis del software Ecotect (2011)

Nombre de capa	Espesor (m)	Densidad (kg/m ³)	Sp. Calor (J/kg °K)	Conductividad térmica (W/m°K)	Tipo
Cubierta					
<i>Ethyl Vinyl Acetate</i>	0	1200	2301	0.075	95
<i>Tin</i> (Estaño)	0.002	7310	225.9	61.086	65
<i>Air Cap</i> (Cabezal de aire)	0.05	1.3	1004	5.56	0
<i>Gypsum.Mineral</i> (Yeso mineral)	0.012	2320	1088	1.297	115
Paredes					
<i>Cement.Fibreboard,Magnesium</i> (Medio de mampostería de ladrillo)	0.11	2000	836.8	0.711	25
<i>Air Gap</i> (Entrehierro)	0.075	1.3	1004	5.56	15
<i>Plaster Building (Molded Dry)</i> (yeso moldeado en seco)	0.01	1250	1088	0.431	85
Piso					
Soil (Avg. Props) (Capa de Suelo)	1.5	1300	1046	0.837	115
Concrete 1-4 Dry (Concreto 1-4 Seco)	0.1	2300	656.9	0.753	35
Carpet (Capa Recubrimiento)	0.015	240	732.2	0.055	79
Ventanas					
Glass Standard (Estándar de vidrio)	0.006	2300	836.8	1046	75
Air Gap (Entrehierro)	0.03	1.3	1004	5.56	5
Glass Standard (Estándar de vidrio)	0.006	2300	836.8	1046	75
Puertas					
Plywood (Madera contrachapada)	0.003	530	1400	0.14	85
Polystyrene Foam (High Density -s (Espuma De Poliestireno ,Alta Densidad)	0.034	46	1130	0.008	115
Plywood (Madera contrachapada)	0.003	530	1400	0.14	85

Elaboración propia



Tabla 14
Características de los nuevos materiales utilizados en los diferentes elementos de la vivienda para el análisis del software Ecotect (2011)

Nombre de capa	Espesor (m)	Densidad (kg/m ³)	Sp. Calor (J/kg °K)	Conductividad térmica (W/m°K)	Tipo
Cubierta (Propuesta)					
<i>Cement.Fibreboard,Magnesium</i> (Tablero de fibrocemento)	0.014	350	1300	0.221	35
(Lana de roca)	0.0347	84.4	1470	0.034	96
<i>Wood Fibres, Compressed</i> (Fibras de madera comprimida)	0.013	320	100	0.108	115
Paredes (Propuesta)					
<i>Cement.Fibreboard,Magnesium</i> (Tablero de fibrocemento)	0.014	350	1300	0.221	35
(Lana de roca)	0.0347	84.4	1470	0.034	96
<i>Wood Fibres, Compressed</i> (Fibras de madera comprimida)	0.024	550	2301	0.343	115
Piso (Propuesta)					
Soil (Avg. Props) (Capa de Suelo)	1.5	1300	1046	0.837	115
Concrete 1-4 Dry (Concreto 1-4 Seco)	0.1	2300	656.9	0.753	35
Polystyrene, Expanded (EPS) (Lana de roca)	0.075	23	1470	0.034	95
Wood Pine (With Grain) (Pino de madera (con grano)	0.02	550	2301	0.343	115
Ventanas (Propuesta)					
Glass Standard (Estándar de vidrio)	0.006	2300	836.8	1046	75
Air Gap (Entrehierro)	0.03	1.3	1004	5.56	5
Glass Standard (Estándar de vidrio)	0.006	2300	836.8	1046	75
Puertas (Propuesta)					
Plywood (Madera contrachapada)	0.003	530	1400	0.14	85
Polystyrene Foam (High Density -s (Espuma De Poliestireno ,Alta Densidad)	0.034	46	1130	0.008	115
Plywood (Madera contrachapada)	0.003	530	1400	0.14	85

Elaboración propia



Tabla 4 .

Resultados comparativos del análisis de la vivienda del MIDUVI en el software Ecotect (2011) vs Nueva propuesta

HORA	DORMITORIO 1		DORMITORIO 2		COCINA-COMEDOR		SALA	
	V. Actual	N. Propuesta	V. Actual	N. Propuesta	V. Actual	N. Propuesta	V. Actual	N. Propuesta
	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura
	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)
0	15.8	16.8	12.2	11.5	10.3	5.6	7.2	10.5
1	14.9	16.8	11.4	11.2	9.6	5.5	6.8	10.4
2	13.7	16.3	10.3	11.2	8.5	5.5	5.7	10.1
3	12.5	16.2	9.0	11.1	7.3	5.6	4.6	10.1
4	11.5	16.1	8.2	11.1	6.5	5.6	3.7	10.1
5	11.0	16.1	7.7	11.1	6.0	5.6	3.2	10.2
6	10.7	16.0	7.5	11.2	5.8	5.6	2.8	10.2
7	19.4	22.1	14.9	18.0	14.8	18.0	14.8	18.0
8	17.6	22.2	13.1	18.0	12.7	18.0	12.7	18.0
9	15.5	22.2	11.1	18.0	10.4	18.0	10.4	18.0
10	14.6	22.3	10.3	18.1	9.3	18.0	9.3	18.0
11	15.4	22.4	10.0	18.3	9.3	18.0	8.3	18.0
12	16.2	22.5	10.6	18.7	9.9	18.0	8.5	18.0
13	17.3	23.0	11.9	18.8	11.1	18.0	9.3	18.0
14	18.7	23.0	13.5	18.8	12.5	18.0	10.7	18.0
15	19.8	23.0	14.7	18.9	13.6	18.0	11.8	18.0
16	20.4	23.1	15.2	18.9	14.1	18.0	12.4	18.0
17	21.5	23.0	15.8	18.7	14.6	18.0	13.5	18.0
18	21.6	23.1	15.9	18.6	14.7	18.0	14.0	18.0
19	23.1	23.1	17.5	18.5	16.3	18.0	15.9	18.0
20	16.1	17.3	11.7	12.4	10.4	6.0	5.5	11.3
21	17.5	17.2	13.0	12.2	11.8	5.9	7.3	11.1
22	18.1	17.1	13.5	12.0	12.2	5.8	7.8	10.8
23	18.1	17.0	13.6	11.8	12.3	5.7	8.2	10.7

Elaborado por el autor

Como resultado del análisis realizado de confortabilidad térmica dentro de la vivienda y de acuerdo a los nuevos materiales que se utilizarán en las viviendas del MIDUVI —plancha de fibrocemento, lana de roca, madera reciclada— en gran mayoría de su envolvente, en lo que se refiere a dormitorios arrojaron valores que oscilan entre 16.1 - 23 ° C en el dormitorio 1 y 11.1-18.9° C en el dormitorio 2, que como se indicó anteriormente son los puntos con mayor incidencia solar, en lo referente a los demás ambientes, dio como

resultado en la sala y en cocina-comedor unos valores de 10-18 ° C.

Con esos resultados se observa que sí se ha producido un aumento en relación al análisis anterior con el uso de estos nuevos materiales en su envolvente de la vivienda propuesta por el MIDUVI, logrando entrar en la zona de confortabilidad de una persona que debe estar entre los 18 a 26 ° C, según norma NEC-11 (Capítulo 13. Eficiencia energética en la construcción en Ecuador) (Tabla 16).



La tabla 16 de comparación denota el aumento significativo de temperatura que existe en los diferentes ambientes de la vivienda, relacionados con la confortabilidad que presentan en función de los materiales utilizados en los dos casos de análisis, concluyendo que sí existe mejoras en lo relacionado a alcanzar la confortabilidad que una persona necesita dentro de un ambiente arquitectónico, en función al uso adecuado de los materiales y las estrategias de diseño, a sabiendas que este análisis se lo realizó en el mes más crítico del año, que de acuerdo a los datos ingresados en el fichero climático es el mes con el día más frío, con temperaturas bajo cero hasta 6° C.

3. CONCLUSIONES

A pesar de que se aprecia que el MIDUVI no realiza soluciones habitacionales tomando en consideración el clima al cual estarán expuestas estas obras, por lo menos en cuanto a cubierta se refiere los aportes que plantea este estudio son:

1.- En primera instancia, reconocer que el órgano de cogobierno MIDUVI usa para la construcción de sus viviendas en el sector del Cajas un solo tipo de cubierta que no reúne las características para alcanzar al confort térmico.

2.- El análisis de simulación térmica del proyecto de una vivienda modelo con el software Ecotect nos permitió, a través de la simulación, visualizar que no se logra un confort interior en una vivienda si tan solo se trabaja con nuevos materiales en una fracción de la envolvente, como por ejemplo la cubierta.

3.- Una vez concluido el modelado y análisis de los tres tipos de cubierta (Caso 1 – vivienda actual, caso 2 cubierta tipo sánduche y caso 3 cubierta verde) se concluyó que no hay un cambio significativo en la temperatura interior de los diferentes ambientes de la vivienda, a pesar de estar conformados con materiales ecológicamente calificados. De esta manera, para que haya un cambio concreto se debe intervenir en toda la envoltura y no solo en la cubierta.

4. SUGERENCIAS

1.- Se puede mejorar la calidad de las viviendas del MIDUVI en el sector del Cajas y en el Ecuador en general, en cuanto a confort térmico corresponde, para

ello se debe tener en cuenta el análisis de preexistencias como punto de partida.

2.- Es necesario que además de los materiales de construcción utilizados posean niveles aceptables de sostenibilidad y confort térmico se diseñe utilizando estrategias de diseño pasivo una vez analizadas las preexistencias.

3.- Se recomienda elaborar un proyecto de mejoras en las soluciones habitacionales del MIDUVI, para que a través de simulaciones como las que permite Ecotect, se logre mejorar el tipo de viviendas que están ofreciendo a los habitantes en cualquier tipo de clima y no solo en clima de alta montaña.

BIBLIOGRAFÍA

Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas. (2013). *Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos*. Chile.: Proyecto Innova Chile Código: 09CN14-5706.

Decreto Ejecutivo 451-A. (2007). *Tarifa de la Dignidad*. Quito.

ISO 6946. (2007). *Componentes y elementos para la edificación. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Método de Cálculo*. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NCh 853. (2007). *Acondicionamiento térmico - Envoltente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas*. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.

INEN 2506. (2009). *Eficiencia Energética en Edificaciones. Requisitos*. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

ISO 10456. (2014). *Materiales y Productos para la Edificación. Propiedades higrotérmicas. Valores tabulados de diseño y procedimientos para la determinación de los valores térmicos*



- declarados y de diseño. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- ISO 7730. (2014). *Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local*. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2017). Obtenido de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/tarifas-del-sector-electrico/>
- arquitecturaenacero.org. (2017). Obtenido de <http://www.arquitecturaenacero.org/sustentable/disenio-pasivo-envolvente-termica>
- Ministerio de Hidrocarburos. (2017). Obtenido de <http://www.hidrocarburos.gob.ec/subsidio-y-precio-de-gas-licuado-de-petroleo-se-mantienen/>
- Allouhi, A., El Fouih, Y., Kousksou, T., Jamil, A., Zeraoui, Y., & Mourad, Y. (2015.). "Energy consumption and efficiency in buildings: Current status and future trends" . *J. Clean. Prod*, 109, 1-13.
- Arquitectos G.D.E. (2012.). "Edificaciones sustentables diseño y construcción". 51-52.
- Avilés, P. (2012). *Proyecto básico de ejecución de vivienda unifamiliar* . Colombia.: Escuela de arquitectura universidad politécnica de Cartagena. .
- Azuay, G. P. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Azuay 2015-2030*. Obtenido de http://www.azuay.gob.ec/prv/wp-content/uploads/2017/07/2015.Plan_Desarrollo_Ordenamiento_Territorial_Azuay.pdf
- Baixas, J. (2012). Envoltentes: la piel de los edificios. (E. ARQ, Ed.) *Revista ARQ82*, 98-101.
- Baquero, M., & Quesada, F. (2016.). "Eficiencia energética en el sector residencial de la Ciudad de Cuenca , Ecuador". *Maskana*, 7(2), 147-165.
- Beltrán, D., Miño-Rodríguez, I., Lobato, A., Gallardo, A., & Carlos, N.-M. (2015). Thermal comfort performance within heritage buildings subject to a change of use. *Proceedings of the Mediterranean Green Building and Renewable Energy Forum*. Florence.
- Beltrán, K., & Salgado, S. (2009). *Distribución Espacial, Sistemas Ecológicos y Caracterización Florística de los Páramos en el Ecuador*. Quito: EcoCiencia, Proyecto Páramo Andino.
- Biodiversidad. (2000). *Aspectos sobre la biodiversidad de los páramos*. Ecuador. Ecuador.
- Bolea, J., & Manyes, A. (2013.). *La Envoltente para el Edificio, Estrategias para la optimización de ahorro energético en su rehabilitación*. Madrid.: Jornada de gestión energética municipal.
- Bustamante, W., & Rozas, Y. (2009). Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social. (MINVU, Ed.) *II Tecnología de la Construcción*.
- Cardona, J., & Franco, B. (2014). *Propiedades térmicas de los materiales. Propiedades térmicas de los materiales*. Obtenido de Slideserve.com: slideserve.com/fitzgerald-spears/propiedades-termicas-de-los-materiales
- Chandel, S., Sharma, A., & Marwaha, B. (2016.). "Review of energy efficiency initiatives and regulations for residential buildings in India" . *Renew. Sustain. Energy Rev*, 54, 1443-1458.
- CIES. (2001). Resumen del Libro Blanco de la Economía Social en Cataluña. Barcelona.



2001. *Centro de Investigación de Economía y Sociedad*. Barcelona.
- CONELEC. (2008). *Altas Solar del Ecuador*. Quito: Consejo Nacional de Electricidad.
- Construction21.org. (Julio de 2013). *Las energías renovables en edificación, ventajas y viabilidad en eólica, solar y biomasa*. Recuperado el 08 de 2017, de www.construction21.org.
- Cuitiño, Esteves, Maldonado, & Rotondaro. (2015). Análisis de la transmitancia térmica y resistencia al impacto de los muros de quincha. *Informes de la Construcción*, 67, 537-548.
- De Garrido, L. (2009). *Análisis de proyectos de Arquitectura Sostenible*. Madrid: Naturalezas artificiales 2001-2008.
- Diakaki, C., Grigoroudis, E., & Kolokotsa, D. (2008). Towards a multi-objective optimization approach for improving energy efficiency in buildings. *Energy and Buildings*, 40(9), 1747-1754.
- Eco-Logicos.es. (03 de 2012). *Eficiencia energética en edificios, casas, pisos o viviendas*. Recuperado el 08 de 2017
- Escallón, C. (2011). La vivienda de interés social en Colombia, principios y retos. *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes*, 35, 55-60.
- Espinoza, R., Saavedra, G., Huaylla, F., Gutarra, A., Molina, J., Barrionuevo, R., y otros. (2009). *Evaluación experimental de cambios constructivos para lograr confort térmico en una vivienda alto-andina. Confort Térmico Alto-andino*. Peru: Asades, vol 13.
- Establishment, B. (2016). "Código de Construcción Sustentable".
- Filippin, C., & Flores Larsen, S. (2009). "Analysis of energy consumption patterns in multi-family housing in a moderate cold climate". *Energy Policy*, 37(9), 3489-3501.
- Funaro, R. (2011). Un espacio para el desarrollo de los mercados de vivienda. *Ideas para el Desarrollo en las Américas (IDEA)*, 26.
- Gallardo, A., Palme, M., Beltrán, D., Lobato, A., & Villacreses, G. (2016). Analysis and Optimization of the Thermal Performance of Social Housing Construction Materials in Ecuador. *PLEA International Conference on Passive and Low Energy Architecture. Cities, Buildings, People: Towards Regenerative Environments*. Los Angeles.
- Gómez, G., Bojórquez, G., & Ruiz, R. (2007). El confort térmico: dos enfoques teóricos enfrentados. *Palapa Revista de Investigación Científica en Arquitectura*, II(I), 45-57.
- Guillen, V., Quesada, F., Orellana, D., & Serrano, A. (2014). "Eficiencia energética en edificaciones residenciales" N° 5, pp 63-73. Cuanca. Ecuador.
- Huang, L., Zhu, Y., Ouyang, Q., & Cao, B. (2010). Field survey of indoor thermal comfort in rural housing of northern China in heating season. *Journal of Southeast University*, 26(2), 169-172.
- Hurtado, G. (2011). *La Vivienda Sustentable en México (Metodología y Legislación)*. México: UNAM 8 -11.
- INEC. (2014). "Anuario de edificaciones - Permisos de Contrucción-".
- Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. (2014). "Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde".
- JLL España. (2016). 6 consejos para ahorrar energía en casa. España.
- Lopez, A. C., Oliveira Filho, D., Altoe, L., Carlo, J., & Lima, B. (2016). "Energy efficiency labeling program for buildings in Brazil



- compared to the United States' and Portugal's". *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 66, 207-219.
- MADUVI. (2014). *Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Norma Ecuatoriana de la Construcción.* . Ecuador.
- Maidment, C., Jones, C., Webb, T., Hathway, A., & Gilbertson, J. (2014). The impact of Household energy efficiency measures on health: A meta-analysis. *Energy Policy* 65, 583-893.
- Martínez, C. (2005). Comportamiento Termico-energético de la envolvente de vivienda en S. M. de Tucumán en relación a la adecuación climática. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 9.
- Martinez-Montejo, S., & Sheinbaum-Pardo, C. (2016). "The impact of energy efficiency standards on residential electricity consumption in Mexico". *Energy Sustain. Dev.*, 32, 50-61.
- MAVDT. (2013). *Vivienda de interés social materiales de construcción. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.* . Colombia: Serie Guías de Asistencia Técnica para Vivienda de Interés Social 2. .
- Mena Vásquez, P., & Hofstede, R. (2006). Los páramos ecuatorianos. En *Botánica Económica de los Andes Centrales* (págs. 91-109). La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.
- Mercado, M. V., Esteves, A., & Filippin, C. (2010). Comportamiento termico-energético de una vivienda social de la ciudad de Mendoza, Argentina. En *Ambiente Construido* (Vol. 10, págs. 87-100). Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.
- MIDUVI. (2011). Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11. *Capítulo 13. Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador.* Quito, Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- MIDUVI. (2012). *PROYECTO-PROGRAMA-NACIONAL-DE-VIVIENDA-SOCIAL-9NOV-1.* Ecuador.
- MIDUVI. (2013). *Noticias: MIDUVI invirtió cerca de 2'300.000 dólares en Pucará.* Obtenido de <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/miduvi-invirtio-cerca-de-2300-000-dolares-en-pucara/>
- MIDUVI. (2016). *Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.* Obtenido de <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/PROYECTO-PROGRAMA-NACIONAL-DE-VIVIENDA-SOCIAL-9nov-1.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Parque Nacional Cajas.* Cuenca.: Sistema Nacional de Información (SNI).
- Molina, J. (Septiembre de 2017). *Propiedades Termicas de los Materiales.* Obtenido de Alternativa Renovable.: alternativarenovable.blogspot.com/
- Montoya, G., & Manzano, F. (2015). Bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49, 736 - 755.
- MRECI. (2012). *Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones/PRO ECUADOR - Ministerio de Relaciones Exteriores Comercio e Integración, Diagnostico Nacional de Montañas República del Ecuador* <http://www.ecuadorenchina.org.ec/ecuador/perfil-del-ecuador/principales-> Ecuador.: Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones/PRO ECUADOR - Ministerio de Relaciones Exteriores Comercio e Integración.



- Nicol, J., & Humphreys, M. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*, 563-572.
- Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC-11. (2011.). *Capítulo 13. Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador*. Ecuador.
- Palme, M., Lobato, A., Gallardo, A., Beltrán, D., Castillo, J., Villacreses, G., y otros. (2016). *Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas*. Quito: Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables.
- Perez-Cotapos, P. (2009.). "SISTEMA DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS - INFORME FINAL IIT – Instituto de Investigaciones Tecnológicas y Asistencia Técnica . – Universidad de Concepción Fundación Chile". 1-43.
- Pinto, V., & Ruiz, S. (2009). *La vivienda rural en el Ecuador: desafíos para procesos sustentables e incluyentes*. . Quito.
- Pourrut, P. (1995). *Estudios de Geografía. El Agua en el Ecuador Clima, precipitaciones, escorrentía* (Vol. 7). Quito: Corporacion Editora Nacional.
- Quadratura Arquitectos.com. (08 de 2011). *Cómo iluminar nuestras viviendas, tipos de iluminación interior*. Recuperado el 08 de 2017, de <http://www.quadraturaarquitectos.com>
- Quesada Molina, F. (2014.). "Métodos de evaluación sostenible de la vivienda". *Rev. Habitat Sustentable*, 4(1), 56-67.
- Rodrigo, Sanabria, Marchamalo, & Umaña. (2012). Análisis del confort y el comportamiento higrotérmico de sistemas constructivos tradicionales y actuales en viviendas de Santa Ana-Ciudad Colón (Costa Rica). *Informes de la Construcción*, 64, 75-84.
- Roufechaei, K., Abu Bakar, A., & Tabassi, A. (2014.). "Energy-efficient design for sustainable housing development". *J. Clean. Prod.*, 65, 380-388.
- Serra, R. (2000). *Arquitectura y Climas*. Barcelona: Gustavo Gili, SA.
- Shaikh, P., Nor, N., Nallagownden, P., Elamvazuthi, I., & Ibrahim, T. (2014). "A review on optimized control systems for building energy and comfort management of smart sustainable buildings". *Renew. Sustain. Energy Rev*, 34, 409-429.
- Shamseldin, A. (2016.). "Unifying some variables' effects among different environmental assessment methods of buildings". *HBRC J*.
- SICES. (2017). *Sistema Integrado de Conocimiento y Estadística Social del Ecuador*. Obtenido de <http://www.conocimientosocial.gob.ec/pag-es/EstadisticaSocial/herramientas.jsf>
- Todd, J., Crawley, D., Geissler, S., & Lindsey, G. (2001.). "Comparative assessment of environmental performance tools and the role of the Green Building Challenge". *Build. Res. Inf*, 29(5), 324-335.
- USGBC. (2008). LEED for Homes Rating System.
- Velasco, L., Goyos, L., Delgado, R., & Freire, L. (2016). Instalación para medición de conductividad térmica en composites basados en residuos de biomasa. *Enfoque UTE*, Vol.7-No.2, 69-81.



Anexo 1: Tabla de modelo de Luis de Garrido taz-tfg-2015-2806

INDICADOR	Optimización de recursos. Naturales y artificiales									Disminución del consumo energético				Disminución de residuos y emisiones		Aumento de la calidad de vida de los ocupantes				Disminución del mantenimiento y coste de los edificios					NOTA	
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.7	2.8	4.1	4.2	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.7	6.9		6.10
Asiamentos																										
CAÑAMO - ROLLO	5	2	4	2	4	5	1	4	5	5	4	3	5	1	4	3	5	5	5	2	4	4	5	3	4	7,52
CELULOSA - GRANEL	3	2	1	1	3	5	5	4	5	4	5	4	5	1	4	4	5	5	5	2	4	3	5	4	3	7,36
ESPUMA - POLIURETANO	1	2	1	1	4	1	1	4	2	5	4	5	1	1	2	2	1	2	2	3	2	5	4	2	4,72	
FIBRA MADERA Prensada	4	2	4	2	3	4	5	5	5	4	4	3	5	1	4	3	5	4	4	3	4	3	5	3	3	7,36
FIBRAS TEXTILES	2	2	4	3	3	5	5	4	5	4	5	4	5	1	4	4	5	5	5	2	4	3	5	3	3	7,60
LANA DE OVEJA - ROLLO	5	2	2	3	4	5	1	1	5	5	4	3	5	1	4	3	5	5	5	2	4	5	5	3	4	7,28
LANA DE ROCA	4	3	4	2	3	4	5	5	5	3	4	3	5	1	2	3	5	4	5	2	4	4	5	3	3	7,28
PAJA	5	2	1	2	2	2	1	1	5	5	4	4	5	1	4	5	5	4	4	2	5	2	5	5	4	6,80
PANELES - XPS LIBRE DE CO2	1	3	4	1	4	4	1	1	4	2	5	3	4	1	2	3	5	5	5	2	2	4	5	3	3	6,16
Cerámicos																										
AZULEJO	3	5	1	3	2	1	2	1	3	3	3	3	3	3	1	2	5	5	5	4	1	2	4	2	1	5,44
BALDOSA HIDRAULICA	4	4	3	4	3	1	2	3	4	4	3	3	5	4	2	2	5	5	5	5	2	5	4	2	2	6,88
BLOQUES CERÁMICOS	4	5	2	2	2	1	2	1	3	5	2	3	4	4	1	3	5	5	5	3	1	5	3	4	2	6,24
LADRILLO CERÁMICO CÓCIDO BAJA Tª	4	5	1	2	1	1	2	1	3	5	3	3	5	4	2	2	5	5	5	2	3	3	4	3	4	6,40
LADRILLO CERÁMICO HUECO	4	5	1	2	1	1	2	1	3	5	2	3	4	3	1	2	5	5	5	3	1	3	5	4	3	5,92
LADRILLO CERÁMICO MACIZO	4	5	2	2	2	1	2	1	3	4	3	3	4	4	1	2	5	5	5	4	1	4	5	2	2	6,08
LADRILLO CERÁMICO PERFORADO	4	5	1	2	1	1	2	1	3	4	3	3	4	4	1	2	5	5	5	4	1	3	5	2	2	5,84
LADRILLO CERÁMICO VITRIFICADO	3	5	1	2	1	1	2	1	3	3	3	3	3	3	1	2	5	5	5	4	1	2	5	2	2	5,44
LOSETA CERÁMICA CON ANCLAJE	3	5	1	4	5	1	2	1	3	3	3	3	3	3	1	4	5	5	5	4	1	5	4	3	2	6,32
LOSETAS BARRO CÓCIDO BAJA Tª	4	5	1	4	1	1	2	2	4	5	3	3	5	4	2	2	5	5	5	4	2	5	4	3	3	6,72
LOSETAS CERÁMICAS (PORCELÁNICO)	3	5	1	2	1	1	2	1	2	4	3	3	3	3	1	2	5	5	5	5	1	3	4	2	1	5,44
LOSETAS CERÁMICAS DOBLE COCCIÓN	4	5	1	2	1	1	2	1	2	4	3	3	4	3	1	2	5	5	5	5	1	2	4	2	1	5,60
MOSAICO CERÁMICO	3	5	3	4	2	1	2	1	3	4	3	2	3	3	1	3	5	5	5	5	1	2	4	2	3	6,00
TRENCADIS	3	5	4	2	2	1	2	1	5	5	3	2	5	3	3	3	5	5	5	4	1	2	4	2	2	6,32
Hormigones																										
BLOQUE DE HORMIGÓN	3	5	1	1	1	1	2	1	4	5	2	3	5	3	4	4	5	5	5	3	4	4	5	4	3	6,64
HORMIGÓN ARMADO IN SITU	2	4	1	1	1	3	2	1	3	5	2	2	3	5	3	3	5	5	5	4	4	3	4	3	3	6,16
H.A. ALIGERADO (ARCILLA EXPANDIDA) IN SITU	2	4	1	1	1	3	2	1	3	5	2	2	3	4	3	3	5	5	5	4	4	2	4	3	2	5,92
H.A. ALIGERADO (AIRE) IN SITU	2	4	1	1	1	3	2	1	3	5	2	2	3	4	3	3	5	5	5	4	4	2	4	3	2	5,92
H.A. PREFABRICADO	2	4	1	4	5	4	2	1	4	4	3	3	4	5	3	5	5	5	5	5	5	5	4	3	2	7,44
H.A. PREFABRICADO ALIGERADO	2	4	1	4	4	4	2	1	4	4	3	3	4	4	3	5	5	5	5	5	5	3	4	3	2	7,12
H.A. PREFABRICADO ARCILLA EXPANDIDA	2	4	1	4	4	4	2	1	4	4	3	3	4	4	3	5	5	5	5	5	5	3	4	3	2	7,12
H.A. PREFABRICADO CON FIBRAS	2	4	1	5	5	4	2	1	4	4	3	3	4	5	3	5	5	4	4	5	5	3	4	2	2	7,28
HORMIGÓN EN MASA	3	5	1	1	1	3	3	1	4	5	2	2	5	5	4	4	5	5	5	4	4	2	5	3	3	6,80
Imperm.																										
BETÓN	3	3	1	1	1	4	1	1	4	4	3	3	4	1	3	3	2	3	4	2	3	2	2	5	4	5,36
LÁMINA ASFALTICA	3	3	1	1	2	4	1	1	4	2	3	3	4	1	3	3	4	4	4	2	3	4	3	4	3	5,60
LÁMINA DE CAUCHO NATURAL	5	4	1	1	3	3	4	4	4	3	3	3	5	1	4	3	5	5	5	3	4	5	3	3	3	6,96
Maderas																										
MADERA LIGERA	5	4	2	4	3	4	1	3	3	5	4	3	5	3	4	4	5	5	5	4	5	3	3	3	3	7,44
MADERA PESADA	5	4	2	5	4	4	1	3	3	5	4	3	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	3	2	3	7,84
MADERA TERMOTRATADA	5	5	2	4	4	3	1	3	3	4	4	3	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	2	2	7,68
Metales																										
ACERO	2	3	3	5	5	4	5	5	5	2	3	3	4	2	2	4	5	5	5	4	4	5	3	2	2	7,36
ACERO CORTEN	2	4	2	5	5	4	5	4	5	2	3	3	4	2	2	5	3	4	5	4	4	2	4	2	2	6,96
ACERO GALVANIZADO	2	3	2	2	3	3	5	3	5	2	3	3	4	2	1	5	5	5	5	3	3	4	4	3	2	6,56
ACERO INOXIDABLE A	2	5	2	5	5	4	5	5	5	1	3	3	3	2	1	5	5	5	5	5	3	4	5	1	1	7,20
ACERO INOXIDABLE B	2	5	2	5	5	4	5	5	5	1	3	3	3	2	1	5	5	5	5	5	3	4	5	1	1	7,20
ALUMINIO	2	2	2	2	2	2	3	5	1	4	3	3	1	1	4	5	4	5	4	3	1	3	3	2	5,52	
COBRE	3	3	3	3	3	3	5	5	5	3	4	3	4	2	2	3	3	4	4	3	3	1	3	1	3	6,32
ZINC	2	3	3	3	3	3	5	5	5	3	4	3	3	2	2	3	4	4	4	3	4	1	3	2	3	6,40
Panels madera																										
PANELES CEMENTO - MADERA	4	3	3	4	4	4	3	2	3	3	4	3	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	3	2	7,36
PANELES CONTRACHAPADO DE MADERA	3	3	2	3	4	4	2	3	3	4	4	3	4	3	4	3	3	3	5	3	4	3	3	3	3	6,56
PANELES FIBRA MADERA CON RESINAS	3	3	3	4	4	4	4	2	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	4	3	4	4	3	2	2	6,48
PANELES FIBRAS MADERA. ALTA DENSIDAD	5	3	3	4	4	4	5	3	3	4	3	4	4	4	4	3	3	3	5	3	4	4	3	3	2	7,28
PANELES FIBRAS MADERA. BAJA DENSIDAD	5	3	3	2	3	4	5	5	3	4	4	3	4	3	4	3	3	3	5	3	4	4	3	3	2	7,04
PANELES FIBRAS MADERA. MEDIA DENSIDAD	5	3	3	4	4	4	5	5	3	3	4	3	4	4	4	3	3	3	5	3	4	4	3	3	2	7,28
PANELES YESO - MADERA	4	3	2	2	4	3	2	3	4	4	4	3	4	3	4	3	4	4	5	4	4	3	3	3	2	6,56
Pétreos																										
ADOBE	5	2	2	1	1	2	5	2	4	5	4	2	4	4	5	5	5	5	5	1	1	2	2	5	3	6,56
GRAVA	5	5	1	3	4	1	1	1	4	4	3	3	4	3	4	5	5	5	5	4	3	2	5	4	4	7,04
PIEDRA NO LABORADA	5	5	1	4	4	3	1	1	5	5	3	3	4	5	4	5	5	5	5	5	4	3	5	2	4	7,68
YESO	4	3	1	1	1	5	1	1	4	3	3	3	4	1	3	4	4	5	5	4	3	4	4	4	3	6,24
Pinturas																										
PINTURA A LA CAL	4	3	1	1	1	4	1	1	4	4	3	4	4	1	3	3	5	5	5	4	2	5	3	2	3	6,08
PINTURA A LOS SILICATOS	4	3	1	1	1	1	1	1	4	3	3	4	4	1	3	3	5	5	5	4	2	5	3	2	3	5,76
PINTURA ORGÁNICA	3	2	1	1	1	1	1	1	4	3	3	4	4	1	2	2	5	3	5	4	1	4	1	3	3	5,04
PINTURA PLÁSTICA	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	3	4	4	1	1	1	3	1	4	4	1	1	1	5	2	4,00
PINTURA PLÁSTICA AL AGUA	2	1	1	1	1	1	1	1	4	2	3	4	4	1	1	1	4	2	5	4	1	2	1	5	2	4,40
Plásticos																										
MELAMINA	2	4	1	1	1	3	1	1	3	1	4	3	4	2	2	4	3	2</								



Anexo 2. Descripción de los Indicadores Sostenibles de Luis De Garrido

Indicadores Sostenibles

Los indicadores sostenibles pueden ser utilizados para evaluar el nivel de sostenibilidad de un determinado edificio, y además proporcionan información exhaustiva de las características que debe tener una verdadera arquitectura sostenible, por lo que se debe intentar cumplir con todos ellos, a menos que exista un impedimento social, tectónico o económico que no pueda resolverse. Por otro lado, todos estos indicadores no tienen el mismo valor relativo, por lo que hay que utilizar coeficientes correctores, con el fin de obtener su eficacia medioambiental comparativa. Del mismo modo, muchos indicadores están relacionados entre sí, por lo que hay que llegar a un compromiso, valorando más unos que otros, dependiendo del entorno social y económico concreto. Por último, hay que recordar que todos los indicadores no tienen el mismo coste económico asociado, por lo que hay que potenciar aquellos que estén asociados a acciones más económicas y eficaces, y dejar como complemento los que estén asociados a acciones más costosas e ineficaces. Con todo ello, a continuación se describen todos y cada uno de los indicadores expuestos en el capítulo anterior, y se realiza una valoración relativa de su coste y de su eficacia.

1.1. Nivel de utilización de recursos naturales

Este indicador mide la cantidad de recursos y materiales naturales que se hayan utilizado, o que se deban utilizar, en arquitectura. Del mismo modo, sugiere criterios de elección para utilizar los materiales naturales más adecuados en cada ocasión. Como se ha dicho, la primera acción que debe tomarse en arquitectura para causar el menor impacto posible a la Naturaleza, es utilizar materiales directamente extraídos de la misma, con la menor manipulación posible. Hay que recordar que cuanto menos se manipula un material, menos energía se consume, y menos residuos y emisiones se generan.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 8

1.2. Nivel de utilización de materiales duraderos

Este indicador mide la cantidad de materiales duraderos que se hayan utilizado, o que se deban utilizar, en arquitectura. Del mismo modo, sugiere criterios de elección para utilizar los sistemas constructivos y los materiales duraderos más adecuados en cada ocasión. Una vez que se ha decidido fabricar un determinado material, se debe asegurar que tenga el menor impacto medioambiental posible por unidad de tiempo. Es posible que la fabricación de materiales duraderos requiera una gran cantidad de energía inicial en su fabricación, y que genere cierta cantidad de residuos frente a otros materiales alternativos. Sin embargo, esto queda sobradamente compensado por su durabilidad.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 72

1.3. Nivel de utilización de materiales recuperados

Este indicador mide la cantidad de materiales recuperados que se hayan utilizado, o que se deban utilizar, en arquitectura. Debe entenderse como material recuperado aquel que ha sido previamente abandonado, y al cual se desea proporcionar una nueva utilidad. Del mismo modo, sugiere criterios de elección para utilizar los sistemas constructivos y los materiales recuperados más adecuados en cada ocasión.

Con el paso de tiempo y debido a su uso continuado, los materiales pueden perder algunas de sus propiedades (físicas, químicas, mecánicas, funcionales o visuales) por lo que pueden dejar de ser útiles para la función que tenían encomendada, y alguien puede decidir desecharlos, y convertirlos en residuos

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 24

1.4. Nivel de utilización de materiales reutilizables



Este indicador mide la cantidad de materiales reutilizables (o reutilizados) que se hayan utilizado, o que se deban utilizar, en arquitectura. Un material se puede reutilizar en el mismo lugar que antes ocupaba, o en cualquier otro. Por muy duradero que sea un material, tarde o temprano dejará de ser útil para una determinada función. Por ello, y llegados a este punto, el siguiente paso para disminuir el balance total del consumo energético, y reducir al máximo los posibles residuos, es volver a utilizarlo. Y para ello quizás sea necesario repararlo o manipularlo ligeramente. El material podría ser reutilizado en el mismo lugar en el que estaba, o en cualquier otro lugar, con la misma funcionalidad, o cualquier otra.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 56

1.5. Capacidad de reutilización de los materiales utilizados

Este indicador mide la cantidad de veces que un determinado material puede volver a utilizarse, ya sea con la misma funcionalidad y ubicación que tenía con anterioridad, o con cualquier otra. La reutilización de un material es una acción sumamente efectiva desde un punto de vista medioambiental, ya que apenas consume energía, ni genera residuos. Por ello, los materiales deben fabricarse y utilizarse de tal modo que puedan reutilizarse de nuevo. En este sentido, es deseable que un edificio disponga de la mayor cantidad posible de materiales que pueden reutilizarse una y otra vez. Por ejemplo, un falso techo de escayola no puede reutilizarse, en cambio, un falso techo de listones de madera sí.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 80

1.6. Capacidad de reparación de los materiales utilizados

Este indicador mide la cantidad de veces que un determinado material se puede reparar con el fin de volver a ser utilizado, ya sea con la misma funcionalidad y ubicación que tenía con anterioridad, o con cualquier otra. Una vez superada la vida útil de un componente, se podría volver a utilizar si pudiera ser reparado y sustituido con facilidad. Por ello hay que utilizar materiales de fácil mantenimiento y reparación, así como soluciones constructivas que permitan que todos los componentes de un edificio puedan ser fácilmente desmontados, reparados y sustituidos, con el menor consumo energético posible, y generando la menor cantidad posible de residuos.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 72

1.7. Nivel de utilización de materiales reciclados

Este indicador mide la cantidad de materiales reciclados (o reciclables) que se hayan utilizado, o que se deban utilizar, en arquitectura. Un material reciclado puede tener características similares a las que tenía con anterioridad, u otras completamente diferentes. Básicamente, reciclar un material consiste en obtener un nuevo material, alterando su estructura mecánica, física y/o química.

Hay que tener en cuenta que, aunque en menor medida que la obtención de un material a partir de materias primas de la Naturaleza, el proceso de reciclaje de un determinado material ya existente requiere bastante energía, materias primas, y también se generan residuos.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 20

1.8. Capacidad de reciclaje de los materiales utilizados

Este indicador mide la cantidad de veces que un determinado material se puede reciclar, sin que se deterioren sustancialmente sus características físicas, químicas o mecánicas. Un material puede ser reciclado y no reciclable (como es el caso del tablero aglomerado de partículas de madera), por lo que su utilización no tiene demasiado interés (por eso sorprende que al tablero aglomerado se le asocie con la arquitectura sostenible). También puede ser reciclable, pero no reciclado (como es el caso del polipropileno, polietileno,...), evidenciando el interés de los fabricantes en que una vez saturado el mercado, llegue un momento en el que este material a



no se fabrique, y simplemente se recicle en base de materiales ya existentes. Por último, un material puede ser reciclado y reciclable (como es el caso del vidrio reciclado, el acero reciclado, etc...), evidenciando un proceso de reciclaje maduro y ya consolidado. Como se ha dicho, un material se debe reciclar únicamente cuando no haya más remedio, y cuando ya no sea posible repararlo y volverlo a utilizar. Hay que volver a recordar que el proceso de reciclaje consume energía y recursos y genera residuos. Por tanto no es un proceso realmente efectivo, desde un punto de vista medioambiental.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 40

1.9. Nivel de aprovechamiento de los recursos utilizados

Este indicador mide el aprovechamiento que se realiza de los recursos ya disponibles. O lo que es lo mismo, el porcentaje de recursos que se utilizan en relación a los que se desperdician o los convierten en residuos, debido a la actividad humana.

En el ejercicio correcto de una verdadera arquitectura sostenible se deben aprovechar al máximo no sólo los recursos naturales, sino también los fabricados por el hombre. Los recursos naturales han sido rechazados de forma incremental, lo cual dice poco de la estructura social y económica adoptada, así como del sistema de valores que rige la conducta humana. Se ha despreciado la ayuda del sol, de la lluvia, del viento, de la brisa, del subsuelo, de los materiales naturales en general.... Por otro lado, y a pesar del esfuerzo, energía y recursos necesarios para fabricar materiales y componentes tecnológicos, resulta paradójico la facilidad con la que se desperdician, generando residuos de forma automática.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 36

2. Disminución del consumo energético

2.1. Energía utilizada en la obtención de materiales

Este indicador mide la cantidad de energía necesaria para obtener o fabricar un determinado material o componente. Del mismo modo, sugiere criterios de elección para utilizar los materiales más adecuados en cada ocasión. Es evidente que para disminuir el consumo energético en la construcción de un edificio hay que empezar por elegir materiales y componentes cuya obtención y fabricación haya requerido la menor cantidad posible de energía. Para los materiales simples puede resultar sencillo contabilizar su consumo energético, en cambio, hay que tener mucho cuidado al calcular el consumo energético asociado a un material compuesto, ya que se le deben asociar el consumo energético de todos los procesos que se han llevado a cabo en su obtención, incluido transporte de materiales, transporte de mano de obra, proceso de gestión de residuos, etc. Por tanto, hay que tener mucho cuidado con las cifras que suministran los fabricantes de determinados materiales, por lo que convendría hacer cálculos propios, y contrastar la información obtenida con estudios realizados por centros tecnológicos sin ningún tipo de ánimo de lucro, ni financiación empresarial.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 33

2.2 Energía consumida en el transporte de los materiales

Este indicador mide la cantidad de energía necesaria para transportar un determinado material o componente, hasta el lugar donde se va a utilizar. Del mismo modo, establece criterios de elección para utilizar los materiales más adecuados.

El transporte de los materiales es uno de los puntos menos comentados y estudiados a la hora de hablar del consumo energético de la construcción. Y hay dos grandes razones para ello. En primer lugar porque en realidad es muy difícil calcular con precisión el consumo energético real, ya que hay asociados varios capítulos indirectos.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 7



2.3 Energía consumida en el transporte de la mano de obra

Este indicador mide la cantidad de energía necesaria para transportar la mano de obra necesaria para realizar una determinada construcción. Este indicador es uno de los que más se suelen respetar de forma habitual, aunque existen algunas excepciones debidas a la premura de tiempo que puede existir en ciertas etapas del proceso construcción de muchos edificios, o al empleo de mano de obra muy especializada no disponible de forma local.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 7

2.7. Eficacia energética del diseño arquitectónico bioclimático

Este indicador mide la cantidad de calor y fresco que la propia vivienda puede generar, como consecuencia únicamente de su especial diseño bioclimático. Es decir, este indicador mide la reducción de consumo energético que se puede conseguir en base al cuidadoso diseño bioclimático del edificio. Del mismo modo, sugiere estrategias de diseño para lograrlo, sin sobrecoste alguno en el edificio.

Este indicador, sin duda, es el más importante de todos, por dos motivos fundamentales. Por un lado, el correcto diseño bioclimático de un edificio puede disminuir su consumo energético de forma considerable. En casos concretos, incluso se puede lograr un diseño tan especial que el edificio sea capaz de autorregularse térmicamente, sin consumo energético (y sin necesidad de artefactos). Por otro lado, el diseño bioclimático es la acción que mayor influencia tiene en el aspecto formal de un edificio. El diseño bioclimático acota enormemente el margen de libertad del arquitecto, y obliga a la adopción de una nueva sintaxis formal, y a una nueva estrategia compositiva.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 13

2.8 Nivel de inercia térmica del edificio

Este indicador mide la inercia térmica de un edificio. Una inercia térmica que, dicho sea de paso, es imprescindible para lograr un eficaz diseño bioclimático, utilizando los cambios térmicos circadianos, y disminuir al máximo el consumo energético. Del mismo modo, el indicador pretende fomentar edificios con la mayor inercia térmica posible.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 67

4. Disminución de residuos y emisiones

4.1. Nivel de emisiones y residuos generados en la obtención de materiales de construcción

Este indicador mide la cantidad de emisiones y residuos que se generan en la obtención de un determinado material o componente. Del mismo modo, sugiere criterios de elección para utilizar los más adecuados en cada momento. En el proceso de obtención de los diferentes materiales de construcción casi inevitablemente se generan residuos y emisiones al medio ambiente. Por este motivo, se debe fomentar el uso de materiales cuya obtención haya generado la menor cantidad posible de residuos y de emisiones. Por otro lado, también hay que prestar especial atención al carácter dañino de algunos de estos residuos y emisiones, ya que algunos son inertes, pero en cambio, otros pueden ser perjudiciales para la salud humana, o para el medioambiente.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 56

4.2. Nivel de emisiones y residuos generados en el proceso de construcción

Este indicador mide la cantidad de emisiones y de residuos que se generan durante el proceso de construcción de un determinado edificio. Del mismo modo, sugiere nuevos sistemas constructivos para evitarlos, o disminuirlos al máximo. Para disminuir la cantidad de emisiones que se generan en la construcción de un edificio hay que proponer nuevos sistemas de construcción que permitan un sencillo ensamblado y encaje de los diferentes elementos arquitectónicos que lo componen. Además, se debe diseñar utilizando el mejor encaje posible entre los



formatos de los materiales, y las dimensiones de los diferentes espacios arquitectónicos que se pretenden proyectar. Los diferentes materiales de construcción y los componentes de un edificio se dimensionan teniendo en cuenta varios factores: su disponibilidad, su abundancia, los medios de transporte, los diferentes medios tecnológicos disponibles, su precio y el deseo de los propietarios. Por ello habría que rediseñar todos estos procesos, con el fin de generar la menor cantidad posible de residuos y de emisiones

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 80

5. Aumento de la calidad de vida de los ocupantes de los edificios

5.1. Emisiones perjudiciales para el ecosistema natural

Este indicador mide el porcentaje de emisiones, como resultado de la actividad constructiva, que son perjudiciales para el ecosistema natural. Del mismo modo, proporciona criterios para adoptar sistemas productivos alternativos que disminuyan al máximo este tipo de emisiones. En el proceso de fabricación de los materiales, el proceso de construcción del edificio, durante el uso y mantenimiento del edificio, y sobre todo en su derribo final, se vierten un sinnúmero de sustancias nocivas para el medio ambiente. Estas sustancias deterioran el medio natural, y como consecuencia, las especies animales y vegetales, de las cuales depende la vida humana. El calentamiento global, la formación del agujero de ozono, la desertificación, la escasez de agua, la contaminación atmosférica, la contaminación de acuíferos son sólo algunos ejemplos. Como consecuencia de este deterioro ambiental, se pone en peligro el bienestar, la salud, incluso la existencia de la especie humana.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 75

5.2. Emisiones perjudiciales para la salud humana

Este indicador mide el porcentaje de emisiones, como resultado de la actividad constructiva, que son directamente perjudiciales para la salud humana. Del mismo modo, proporciona criterios para adoptar sistemas productivos alternativos que disminuyan al máximo este tipo de emisiones. Son muchos los productos utilizados en el sector de la construcción que son perjudiciales para la salud humana. El daño se puede producir de forma directa (debido a su manipulación y uso), o de forma indirecta (debido a las emisiones o desechos producidos al fabricar, usar, o eliminar un determinado material). Por ello, es importante establecer un listado exhaustivo de las diferentes patologías producidas por las emisiones de algunos materiales de construcción, así como las alternativas saludables a estos materiales. Todo ello con la finalidad de garantizar la salud y el bienestar humanos.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 93

5.3. Numero de enfermedades de los ocupantes del edificio

Este indicador mide la frecuencia de enfermedades que padecen los ocupantes de un determinado edificio. Estas enfermedades pueden estar producidas por un determinado material, un dispositivo tecnológico, un determinado ambiente arquitectónico, pero sobre todo por defectos y carencias en el diseño de un determinado edificio. Del mismo modo, el indicador proporciona indicaciones y alternativas con el fin de evitar dichas enfermedades.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 47

5.4. Grado de satisfacción y bienestar de los ocupantes del edificio

Este indicador mide el grado de satisfacción y de bienestar de los ocupantes de un determinado edificio. Este bienestar se debe a muchos factores, muchos de ellos psicológicos. Del mismo modo, este indicador sugiere alternativas de diseño, con el fin de lograr el máximo nivel de felicidad de los ocupantes de los edificios. Además de producir ciertas patologías, los edificios pueden disminuir la calidad de vida de sus ocupantes y su absentismo laboral. El grado de satisfacción y bienestar de los ocupantes de un edificio puede verse alterado no sólo por las causas mostradas en los apartados anteriores, sino también, por factores físicos, somáticos, psicológicos y



emocionales. Es decir, por causas relacionadas básicamente con el diseño formal, espacial y cromático de un edificio.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 9

6. Disminución del mantenimiento y coste de los edificios

6.1. Nivel de adecuación entre la durabilidad de los materiales y su ciclo de vida funcional

Este indicador mide el nivel de adecuación entre la durabilidad de un material, con la máxima durabilidad que le permita su ubicación y su funcionalidad en un determinado edificio. En arquitectura sostenible se deben utilizar materiales duraderos. Pero además, hay que asegurarse de que duren. El caso es que muchas veces la vida útil de un determinado material queda limitada enormemente como consecuencia del lugar en que se le ha colocado en un determinado edificio. En este sentido, si se coloca un material duradero, en un lugar en el que se sabe con certeza que se va a sustituir rápidamente, lo que se está haciendo es generar residuos muy duraderos (con el consiguiente despilfarro energético, tanto en la generación del material, como en la gestión de los residuos). Hubiera sido mucho más adecuado y eficaz colocar en dicho lugar un material poco duradero (y cuya obtención haya requerido menos energía y se haya generado menos residuos).

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 90

6.2. Adecuación funcional de los componentes

Este indicador mide el nivel de adecuación entre las características intrínsecas de un material, con su funcionalidad en un determinado edificio. Se suele presuponer que el arquitecto elige cada material de una forma optimizada y sensata, según el lugar y la función que vaya a tener en un determinado edificio. Sin embargo, la historia más reciente de la arquitectura demuestra que esto no siempre es así, ya que (por razones visuales, inerciales o pretenciosas) se colocan demasiados materiales en lugares que no les corresponden. Algunos ejemplos serían: la colocación de determinado tipo de plásticos en el exterior de los edificios, que se deterioran por la acción de la radiación ultravioleta; la utilización de mármoles blandos en solados con mucho tránsito; la habitual utilización de barnices para proteger la madera (uno de los errores más habituales).

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 90

6.7. Nivel de necesidad de mantenimiento en el edificio

Este indicador mide la necesidad de mantenimiento que tiene un determinado edificio. Del mismo modo proporciona criterios de diseño para que el edificio resultante tenga la menor cantidad posible de mantenimiento. Uno de los errores habituales de los arquitectos es que suelen olvidar que los edificios deben diseñarse para que necesiten la menor cantidad posible de mantenimiento. Sin duda, esto se debe a que a los arquitectos no se les exige ninguna responsabilidad al respecto, y porque ello puede poner en peligro el aspecto visual del edificio, muchas veces consecuencia de decisiones personales, caprichosas y completamente gratuitas.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 90

6.9. Coste económico en la construcción del edificio

Este indicador mide el dinero que se ha empleado en la construcción de un determinado edificio. Del mismo modo, propone estrategias para reducir el gasto necesario en la construcción de un verdadero edificio sostenible. A día de hoy, prácticamente toda la sociedad piensa que el establecimiento de una arquitectura supone un considerable coste económico. Y ello prueba el triunfo de la manipulación mediática sobre la razón. De forma generalizada una verdadera arquitectura sostenible no debería implicar un incremento sustancial en su coste económico. Una verdadera arquitectura sostenible debería optimizar los recursos naturales (sol, lluvia, viento, tierra...), y los artificiales, en el proceso de su construcción



En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 100

6.10. Entorno social y económico

Este indicador mide la adecuación a un determinado entorno social y económico, de una determinada solución arquitectónica. Del mismo modo, proporciona información sobre las características básicas y fundamentales que debe tener un edificio para un entorno social y económico concreto. Este último indicador es extremadamente importante, ya que puede cambiar el valor relativo del resto de indicadores, dependiendo de un determinado entorno particular. Ello se debe a que unas determinadas estrategias arquitectónicas pueden resultar muy eficaces en un determinado entorno, pero en cambio, podrían suponer un agravio medioambiental en otro entorno diferente.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 90

Anexo3: Reportes de ensayos térmicos de los materiales.

	LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA		LABET FT 08
	REPORTES DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA		
Edición: 1	Revisión: 2015/12/01	Aprobado: 2016/01/04	Página 1 de 3

Guayaquil, 22 de diciembre de 2016

Código de Solicitud S16-010

Atención: Arq. César Hidalgo
 Institución: Universidad de Cuenca
 Teléfonos: 593-99-951 8059
 Dirección: Cuenca, Av. 12 de Abril y Av. Loja
 e-mail: cesarh28@gmail.com

Requerimiento:

Ensayo para la determinación de conductividad térmica en 3 muestras. Los especímenes fueron dotados por el solicitante y consistieron de: una pieza de madera reciclada, una pieza de madera eucalipto, y una muestra de mortero a base de Cal.

Métodología:

El ensayo para la determinación de conductividad térmica es fundamentado en el estándar ISO 8302 por el método de placa caliente resguardada. El valor de la conductividad se obtiene en condición de estado estable, midiendo el espesor, el flujo de calor y las temperaturas superficiales fijas en ambas caras de la muestra. El procedimiento permite medir un rango de conductividades de 0.002 a 2.5 W / m-K. Las muestras deben ser de composición homogénea, de un tamaño mínimo de 150 x 150 mm² (área de medida de 150 x 150 mm²), con espesores desde 10 mm hasta 200 mm. Los ensayos se ejecutan a temperaturas medias desde -10°C hasta 50°C, con un diferencial de temperaturas entre placas de 15°C. El método muestra limitación en la aplicación sobre materiales heterogéneos o no isotrópicos. Las modificaciones al procedimiento estándar se listan en la hoja 2 del informe.

Declaración:

- * Los Resultados del presente informe son atribuibles únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s).
- * El Labet no realiza procedimientos de muestreo.
- * Este informe no debe ser reproducido parcialmente sin autorización manifiesta del LABET.

José Morales
 Analista Técnico

Guillermo Soriano
 Responsable Técnico

Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética
 km 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo, Edificio 33
 laboratorio.labet@iner.gob.ec
 593-42269703

22/12/2016

Equipamiento:

Equipo: Medidor de conductividad térmica de placa caliente, Lambda-Messtechnik
 Modelo: A-Meter EP500e, Version C.
 Accesorio: No se aplicó
 Muestra de Verificación: Etal210
 Verificación: 2015-09-25

Condiciones de la(s) Muestra(s):

Código	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Dens. kg/m ³	Otros (Color, composición)
1	150	150	21.41	872.05	1810.3	Bloque de mortero simple. Concreto, arena y agua.
	150	150	21.71	815.59	1669.7	Bloque de mortero mezclado con tetrapack en copas.
2	150	150	21.15	753.22	1582.8	Bloque de mortero mezclado con tetrapack confitado.

Acondicionamiento de la(s) Muestra(s):

24 horas a 23°C, humedad bajo 80%

Modificaciones al procedimiento o a las muestras:

1.- Se aplicó sensor de película en lado caliente, más almohadilla de compensación de 500 micras.
 2.- Configuración adaptada a materiales de construcción no aislantes

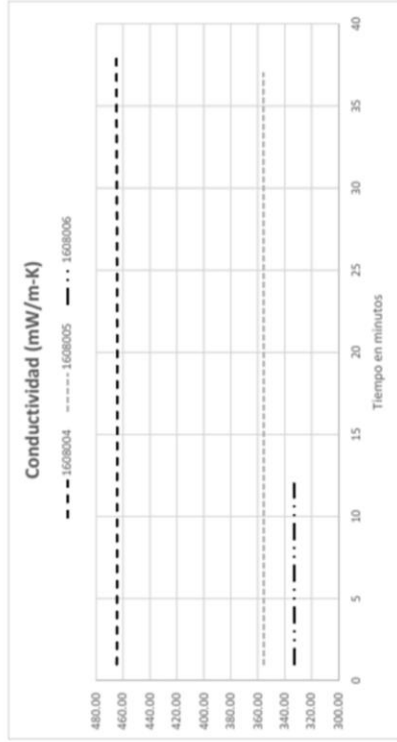
Condiciones ambientales de ensayo:

Temperatura Ambiente Promedio: 22.74 °C
 Humedad Relativa: 60.02 %

Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética
 km 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galdino, Edificio 33
 laboratorio.labet@iner.gub.ec
 993-42269703

24/08/2016

Resultados



Temperatura media de ensayo: 19.1 °C

Diferencia de Temperatura: 15 °C

Conductividad Térmica:

Id. Muestra	W/m-K
1608004	0.465 ±0.002
1608005	0.356 ±0.002
1608006	0.333 ±0.002

Resistencia Térmica:

Id. Muestra	m ² -K/W
1608004	0.046
1608005	0.061
1608006	0.064

Anexos:

- 1.- No aplica
- 2.- No aplica
- 3.- No aplica

.....
 Analista Técnico
 Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética
 km 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galdino, Edificio 33
 laboratorio.labet@iner.gub.ec
 993-42269703

24/08/2016

Equipamiento: S16-010

Equipo: Medidor de conductividad térmica de placa caliente, Lambda-Messstechnik
Modelo: A-Meter EP500e, Version C.
Accesorio: No se aplicó
Muestra de Verificación: Etal210
Verificación: 2015-09-25

Condiciones de la(s) Muestra(s):

Código	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Dens. kg/m ³	Otros (Color, composición)
1	300	211	13	527,2	640,7	Madera Reciclada
	150	150	22,6	445,2	875,5	Madera Escalipo
2	150	150	52,15	1688,7	1439,2	Mortero a base de Cal, 1 parte de cal, 2 de arena.

Acondicionamiento de la(s) Muestra(s):

24 horas a 23°C, humedad bajo 80%

Modificaciones al procedimiento o a las muestras:

- 1.- Por las irregularidades en las superficies de medición, fue requerido el uso de películas y soluciones, para mejorar el contacto superficial.
- 2.- Configuración adaptada a materiales de construcción no aislantes
- 3.-

Condiciones ambientales de ensayo:

Temperatura Ambiente Promedio: 22,74 °C
 Humedad Relativa: 64,02 %

Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética
 km 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo, Edificio 33
 laboratorio.labet@iner.gub.ec
 593-42269703

22/12/2016

Resultados

S16-010



Temperatura media de ensayo: 20 °C

Diferencia de Temperatura: 15 °C

Conductividad Térmica:	W/m-K	Id. Muestra
0,108	W/m-K	1612001
0,152	W/m-K	1612002
0,388	W/m-K	1612003
Resistencia Térmica:	m ² -K/W	
0,120	m ² -K/W	1612001
0,149	m ² -K/W	1612002
0,134	m ² -K/W	1612003

Anejos:

- 1.- No aplica
- 2.- No aplica
- 3.- No aplica

Analista Técnico

Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética
 km 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo, Edificio 33
 laboratorio.labet@iner.gub.ec
 593-42269703

22/12/2016

	LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA REPORTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	LABET FT 08
	Edición: 1 Revisión: 2015/12/01 Aprobado: 2016/01/04	Página 2 de 3

Equipamiento: S16-011

Equipo: Medidor de conductividad térmica de placa caliente, Lambda-Messtechnik
 Modelo: λ-Meter EP500e, Version C.
 Accesorio: No se aplicó
 Muestra de Verificación: Enal210
 Verificación: 2015-09-25

Condiciones de la(s) Muestra(s):

Código	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Dens. kg/m ³	Otros (Color, composición)
1	175	152	40	492,9	463,3	Madera Pino
2	151	147	102,3	4106,5	1808,4	Hormigón simple, 1,5 Cal. 3 Grava pequeña, 2 grava gruesa, 1 arena fina, 2 gruesa
3						

Acondicionamiento de la(s) Muestra(s):

24 horas a 23°C, humedad bajo 80%

Modificaciones al procedimiento o a las muestras:

1.- La muestra de pino estuvo conformada por dos piezas ensambladas previo ensayo, con la finalidad de cumplir con el área de medida requerida. Esta condición fue aceptada previamente por el solicitante.
 2.- Configuración adaptada a materiales de construcción no aislantes
 3.- Por las irregularidades en las superficies de medición, fue requerido el uso de películas y soluciones, para mejorar el contacto superficial

Condiciones ambientales de ensayo:

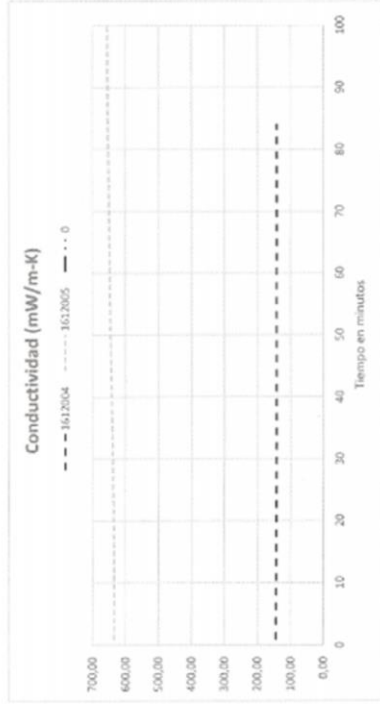
Temperatura Ambiente Promedio: 22,16 °C
 Humedad Relativa: 63,90 %

Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética
 km 30.5 Vía Perimetral, Campus Guatavo Gallardo, Edificio 33
 laboratorio@iner.gov.ec
 593-42269700

22/12/2016

	LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA REPORTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	LABET FT 08
	Edición: 1 Revisión: 2015/12/01 Aprobado: 2016/01/04	Página 3 de 3

Resultados S16-011



Temperatura media de ensayo: 20 °C

Diferencia de Temperatura: 15 °C

Conductividad Térmica:	Id. Muestra
0.142	1612004
0.656	1612005

Resistencia Térmica:	Id. Muestra
0.282	1612004
0.156	1612005

Anexos:

- 1.- No aplica
- 2.- No aplica
- 3.- No aplica

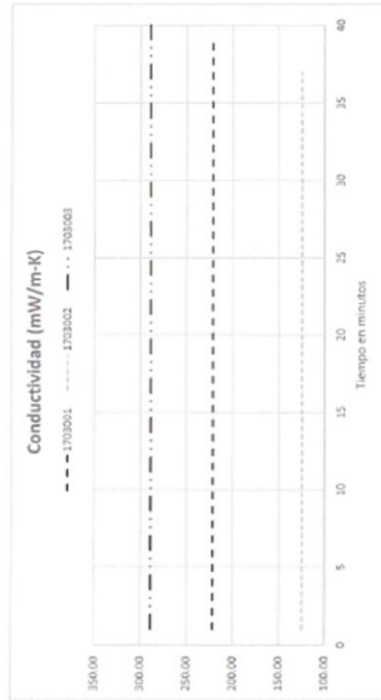
Auditor Técnico

Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética
 km 30.5 Vía Perimetral, Campus Guatavo Gallardo, Edificio 33
 laboratorio@iner.gov.ec
 593-42269700

22/12/2011

S17-001

Resultados



Temperatura media de ensayo: 20 °C

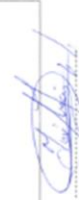
Diferencia de Temperatura: 15 °C

Id. Muestra	W/m-K
1703001	0.221
1703002	0.124
1703003	0.289

Resistencia Térmica:	m ² -K/W
	0.064
	0.081
	0.057

Anexos:

- 1.- No aplica
- 2.- No aplica
- 3.- No aplica



Analista Técnico

Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética
 km 20.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galdino - Lufisco 33
 laboratorio.labet@iner.gov.ec
 593-42269703

10/03/2017

S17-001

Equipamiento:

Equipo: Medidor de conductividad térmica de placa caliente, Lambda-Messtechnik
 Modelo: λ-Meter EPS006, Version C.
 Accesorio: No se aplicó
 Muestra de Verificación: Etal210
 Verificación: 2015-09-25

Condiciones de las Muestras:

Código	Large (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Dens. kg/m ³	Otros (Color, composición)
1	150	150	14,1	444,4	1400,8	Pieza de fibrocemento, color gris
2	150	150	10,1	140,3	617,4	Pieza de madera OSB
3	150	150	16,5	389,7	1049,7	Pieza de Tetrapack reciclado

Acondicionamiento de las Muestras:

24 horas a 23°C, humedad bajo 80%

Modificaciones al procedimiento o a las muestras:

- 1.- La muestra de pino estuvo conformada por dos piezas ensambladas previo ensayo, con la finalidad de cumplir con el área de medida requerida. Esta condición fue aceptada previamente por el solicitante.
- 2.- Configuración adaptada a materiales de construcción no aislantes
- 3.- Por las irregularidades en las superficies de medición, fue requerido el uso de películas y soluciones, para mejorar el contacto superficial

Condiciones ambientales de ensayo:

Temperatura Ambiente Promedio: 20.50 °C

Humedad Relativa: 66.70 %

Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética
 km 20.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galdino - Lufisco 33
 laboratorio.labet@iner.gov.ec
 593-42269703

10/03/2017

Equipamiento: S17-021

Medidor de conductividad térmica de placa caliente, Lambda-Messtechnik
 Modelo: λ -Meter EP500e, Version C.
 Accesorio: No se aplicó
 Muestra de Verificación: Etal210
 Verificación: 2015-09-25

Condiciones de la(s) Muestra(s):

Código	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Dens. kg/m ³	Otros (Color, composición)
1	150	150	100	890	395,6	Panel compuesto OSB + lana de roca + aire + fibrocemento
2	150	145	90	1727,7	882,6	Bloque de hormigón ligero hueco.
3	150	150	124	3474,3	1245,3	Muestra compuesta de moiero y bloque de hormigón ligero.

Acondicionamiento de la(s) Muestra(s):
 24 horas a 23°C, humedad bajo 80%

Modificaciones al procedimiento o a las muestras:
 1.- Configuración adaptada a materiales de construcción no aislantes
 2.- Por las irregularidades en las superficies de medición, fue requerido el uso de películas y soluciones, para mejorar el contacto superficial

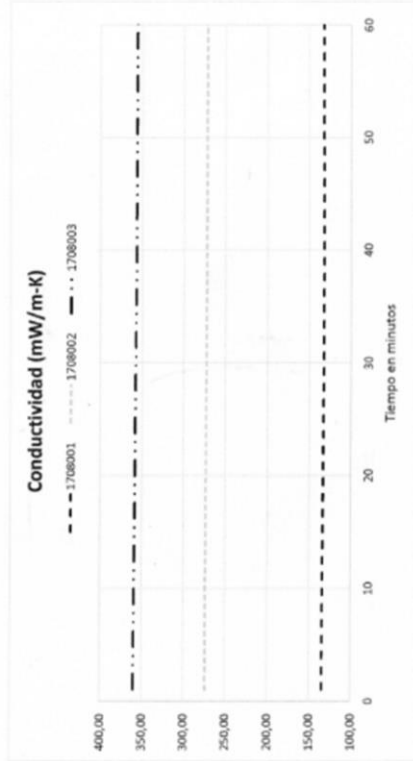
Condiciones ambientales de ensayo:

Temperatura Ambiente Promedio: 21,10 °C

Humedad Relativa: 70,50 %

Km 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo, Edificio 33
 laboratorio.laber@iner.gob.ec
 593-42269703

Resultados S17-021



Temperatura media de ensayo: 20 °C
 Diferencia de Temperatura: 15 °C

Id. Muestra	W/m-K	W/m-K	W/m-K	m ² -K/W	m ² -K/W	m ² -K/W
1708001	0,133	0,273	0,357	0,753	0,330	0,347
1708002						
1708003						

Anexos:

1.- No aplica
 2.- No aplica
 3.- No aplica

[Signature]
 Agustin P. Técnico

Km 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo, Edificio 33
 laboratorio.laber@iner.gob.ec
 593-42269703