DOI: <https://doi.org/10.23857/fipcaec.v8i3>

## Estudio de un núcleo básico utilizando estrategias de arquitectura bioclimática en Cuenca – Ecuador

*Study of a basic core using bioclimatic architecture strategies in Cuenca – Ecuador*

*Estudo de um núcleo básico utilizando estratégias de arquitetura bioclimática em Cuenca – Equador*

Karina Alexandra Chérrez-Rodas <sup>I</sup>  
[karina.cherrez@ikiam.edu.ec](mailto:karina.cherrez@ikiam.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-6330-3955>

Myrian Alexandra Larco-Benítez <sup>III</sup>  
[myrian.larco@ikiam.edu.ec](mailto:myrian.larco@ikiam.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-1846-8440>

María Elizabeth Maldonado-Marchán <sup>II</sup>  
[maria.maldonado@ikiam.edu.ec](mailto:maria.maldonado@ikiam.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-2308-908X>

Ángel Chicaiza-Ortiz <sup>IV</sup>  
[angel.chicaiza@ikiam.edu.ec](mailto:angel.chicaiza@ikiam.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-2405-2783>

**Correspondencia:** [karina.cherrez@ikiam.edu.ec](mailto:karina.cherrez@ikiam.edu.ec)

\* **Recepción:** 25/08/2023 \* **Aceptación:** 20/09/2023 \* **Publicación:** 03/10/2023

1. Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena, Napo 150102, Ecuador.
2. Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena, Napo 150102, Ecuador.
3. Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena, Napo 150102, Ecuador.
4. Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena, Napo 150102, Ecuador.



## Resumen

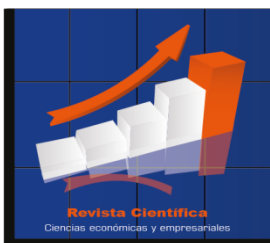
En este artículo se estudia un núcleo básico para ser utilizado como una vivienda en Cuenca, Ecuador; considerando factores como la ubicación geográfica, altitud, condiciones climáticas y diseño constructivo. El estudio se enfoca en las condiciones climáticas de la ciudad de Cuenca, las normas de confort según la Norma Ecuatoriana de la Construcción, el patrón de comportamiento térmico, el modelo de estudio de la vivienda, los materiales y sistema constructivo utilizados, la zonificación térmica mediante el uso del programa SIMEDIF, simulaciones de comportamiento térmico, análisis desde la perspectiva de ECOTECT, asoleamiento del edificio, análisis térmicos iniciales y propuestas de mejoras constructivas y de diseño. En conclusión, el artículo destaca que el diseño constructivo propuesto permite mantener condiciones de confort sin necesidad de sistemas auxiliares de calefacción o refrigeración, resaltando la importancia de utilizar los principios de la Arquitectura bioclimática para lograr construcciones más sostenibles.

**Palabras Claves:** Arquitectura bioclimática; Diseño sostenible; Condiciones climáticas; Cuenca; Ecuador.

## Abstract

This article studies a basic nucleus to be used as a home in Cuenca, Ecuador; considering factors such as geographical location, altitude, climatic conditions and construction design. The study focuses on the climatic conditions of the city of Cuenca, the comfort standards according to the Ecuadorian Construction Standard, the thermal behavior pattern, the housing study model, the materials and construction system used, the thermal zoning through the use of the SIMEDIF program, simulations of thermal behavior, analysis from the perspective of ECOTECT, sunlight of the building, initial thermal analyzes and proposals for construction and design improvements. In conclusion, the article highlights that the proposed construction design allows maintaining comfort conditions without the need for auxiliary heating or cooling systems, highlighting the importance of using the principles of Bioclimatic Architecture to achieve more sustainable constructions..

**Key Words:** Bioclimatic architecture; Sustainable design; Weather conditions; Basin; Ecuador.



## Resumo

Este artigo estuda um núcleo básico para servir de moradia em Cuenca, Equador; considerando fatores como localização geográfica, altitude, condições climáticas e projeto de construção. O estudo centra-se nas condições climáticas da cidade de Cuenca, nos padrões de conforto segundo a Norma de Construção Equatoriana, no padrão de comportamento térmico, no modelo de estudo habitacional, nos materiais e sistema construtivo utilizados, no zoneamento térmico através da utilização do programa SIMEDIF, simulações de comportamento térmico, análises na perspectiva do ECOTECT, insolação do edifício, análises térmicas iniciais e propostas de melhorias construtivas e de projeto. Concluindo, o artigo destaca que o projeto de construção proposto permite manter as condições de conforto sem a necessidade de sistemas auxiliares de aquecimento ou refrigeração, destacando a importância da utilização dos princípios da Arquitetura Bioclimática para alcançar construções mais sustentáveis..

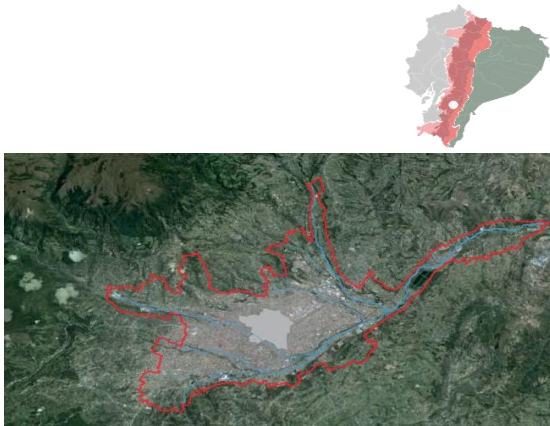
**Palavras-chave:** Arquitetura bioclimática; Design sustentável; Condições climáticas; Bacia; Equador.

## Introducción

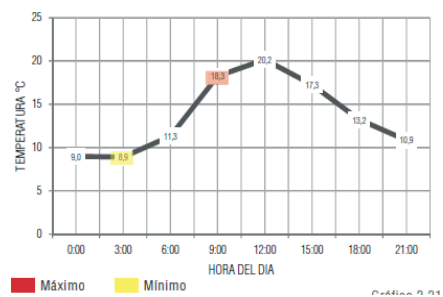
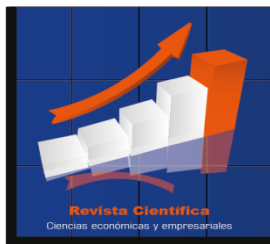
En la actualidad la humanidad enfrenta una serie de desafíos en lo relacionado al alto consumo de recursos y energía [1] principalmente ligados al sector de la construcción [2,3] y crecimiento de las ciudades, donde Cuenca no es una excepción [4,5]. En la búsqueda de soluciones arquitectónicas que sean sostenibles, eficientes [6] y respetuosas con el entorno, la Arquitectura Bioclimática se ha convertido en un enfoque fundamental [7–9]. Este artículo se adentra en un análisis detallado de un núcleo básico de vivienda diseñado para la ciudad de Cuenca, Ecuador [10]. Examina de cerca la interacción entre la ubicación geográfica, la altitud, las condiciones climáticas específicas y el diseño constructivo, todo ello con el objetivo de crear un espacio habitable que se adapte de manera natural a su entorno. Desde el estudio del clima local hasta las simulaciones de comportamiento térmico y propuestas de mejora, este artículo ilustra cómo la Arquitectura Bioclimática puede ser una herramienta eficaz para lograr construcciones sostenibles [11] y confortables [12,13] en armonía con la naturaleza [14].

## El lugar

El modelo estudiado se encuentra en la ciudad de Cuenca, ubicada en la provincia del Azuay, en la región de la sierra sur de Ecuador. Esta ciudad se sitúa a una altitud de 2530 metros sobre el nivel del mar y se localiza geográficamente en un valle interandino. Cuenca se encuentra en una zona donde la Cordillera de los Andes forma dos cadenas montañosas paralelas conocidas como la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental, que se extienden en dirección noreste a suroeste. Entre estas cadenas montañosas se forman las hoyas, dando lugar a los valles interandinos donde se encuentran diversos centros poblados, incluyendo Sigsig, Gualaceo, Paute, Yunguilla, Girón y, por supuesto, Cuenca [15]. El relieve de esta región juega un papel crucial en la determinación de los diferentes climas que experimenta debido a las variaciones de altitud [16].



Respecto al clima de la ciudad de Cuenca es Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo [17] se ha determinado que la temperatura promedio máxima  $22,3^{\circ}\text{C}$ , la temperatura promedio mínima es  $8,9^{\circ}\text{C}$  y la temperatura promedio es  $15,6^{\circ}\text{C}$ . A pesar de que la ciudad no presenta estaciones marcadas como en otras regiones del mundo, durante el año se pueden identificar en meses fríos (julio-septiembre) y cálidos (octubre-enero), sin embargo, entre estos períodos la variación de temperatura no es mayor a  $4^{\circ}\text{C}$  [10].



**Patrón de comportamiento térmico, Día frío**

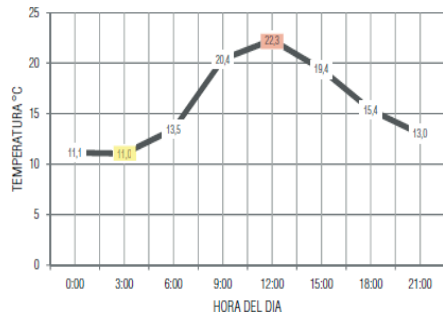
Por otra parte, en el caso de Cuenca un factor importante es la variación térmica diaria, que se presenta tanto en los días cálidos como fríos, el cambio diario de temperatura promedio es de 11,2°C.

La humedad máxima promedio es de 87,4% la mínima promedio es 31.8% y la humedad promedio es 55,6%

El promedio de precipitaciones máximas es 157,7mm/m<sup>2</sup> y de mínimas es 14,8 mm/m<sup>2</sup>.

La velocidad media del viento es 9,6km/h.

Para realizar el análisis de confort en la propuesta planteada se tomarán como referencia de valores los establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11 (capítulo 13 - Eficiencia energética en la construcción en Ecuador) [18].



**Patrón de comportamiento térmico, Día cálido**

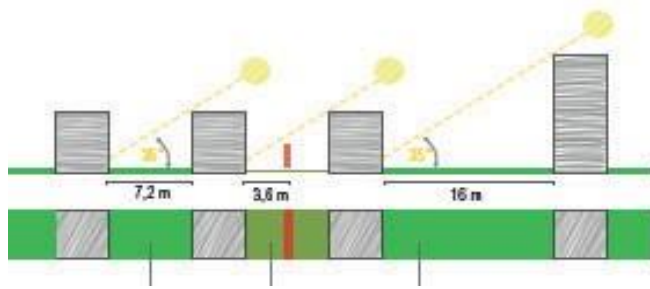
**Rangos admisibles:**

La temperatura del ambiente debe estar en el rango 18-26°C general o específico (entre 14-22°C en la noche y entre 22-26°C para el día) [18].

La humedad relativa debe oscilar entre 40-65%, Cuenca se encuentra dentro de este rango [18].

La temperatura radiante media de las superficies de la vivienda debe estar entre 18-26°C [18].

La velocidad del aire en el interior debe encontrarse dentro del rango de 0.05-0.15m/s [18].



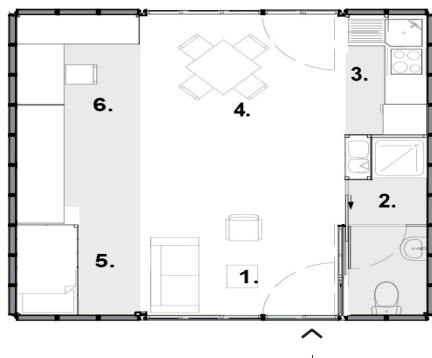
Como criterio general también el emplazamiento en el lote debe dejar al menos 3.6m de distancia por piso entre viviendas hacia las fachadas con ventanas, para asegurar el asoleamiento correcto.

### Modelo de estudio

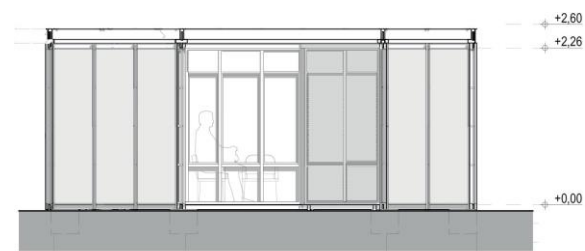
El modelo a analizar es un núcleo básico de vivienda planteado como un espacio unitario, está compuesto lateralmente por paneles de quincha o bahareque semindustrializado realizado con materiales propios de la zona, los vanos tanto en la parte posterior y anterior del núcleo son de carpintería de madera y vidrio simple [10]. El piso es de losa de hormigón y para la cubierta se propone una losa compuesta recubierta de teja. La orientación de la vivienda es NE.



### Planta



### Elevaciones





F



### Materiales y sistema constructivo

El sistema constructivo de la vivienda emplea muros portantes de paneles semitecnificados de bahareque, la cubierta emplea módulos de madera con vanos para la aislación térmica recubierto de teja local. Con la finalidad avanzar en el camino hacia las construcciones más sostenibles se utilizan los materiales locales [19] con técnicas constructivas tradicionales, sin embargo, la

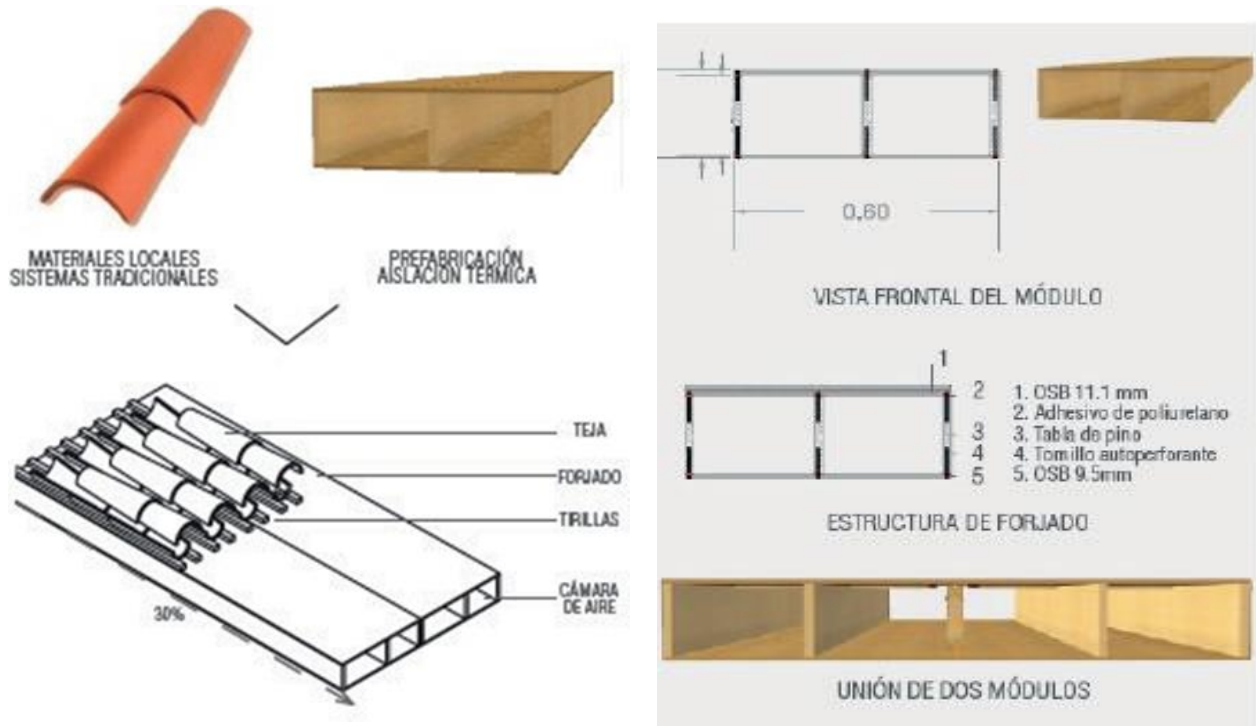


propuesta busca mejorar aspectos constructivos en la cubierta y muros para mejorar el comportamiento térmico interior de la edificación.

**MUROS**



**CUBIERTA**



Informe SIMEDIF

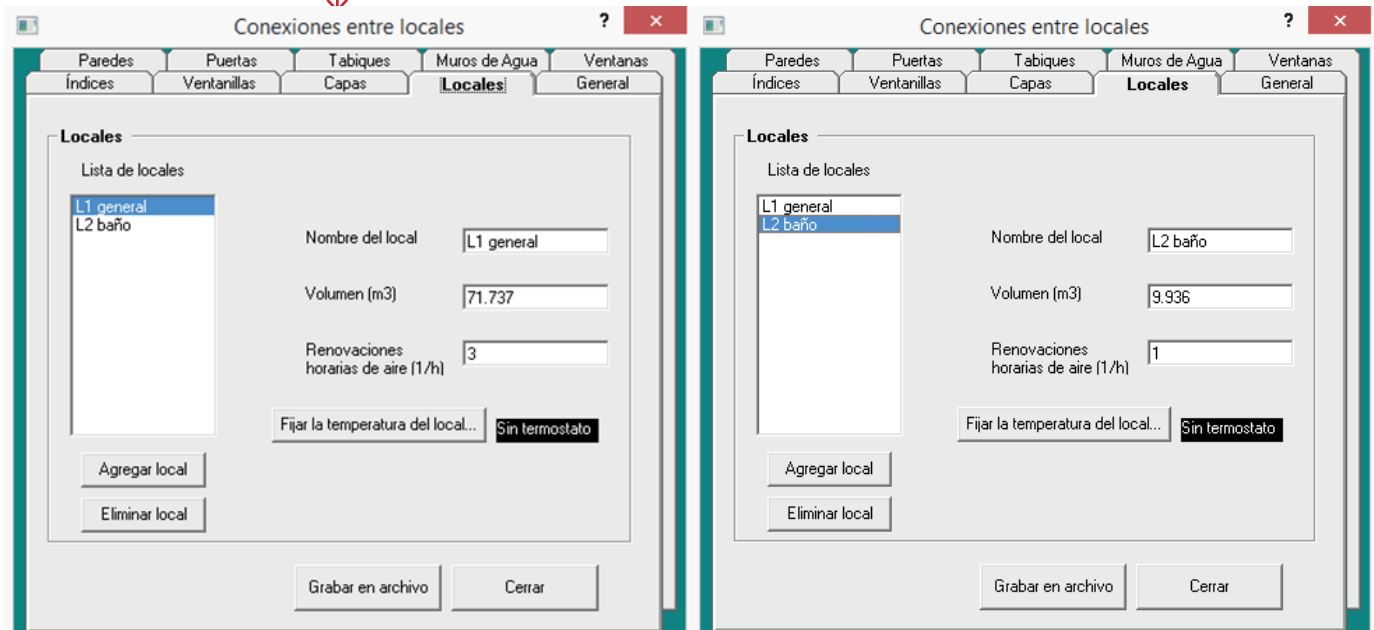
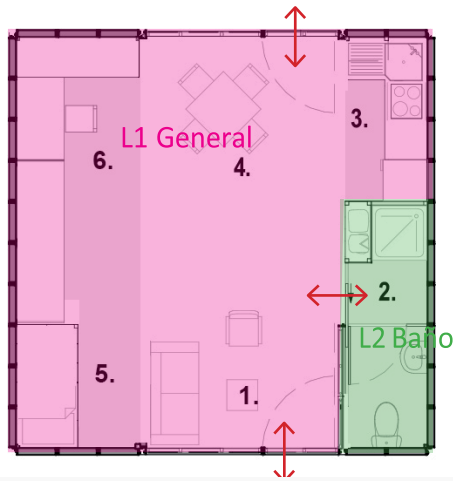
1. Zonificación térmica de la vivienda y conexiones entre los locales

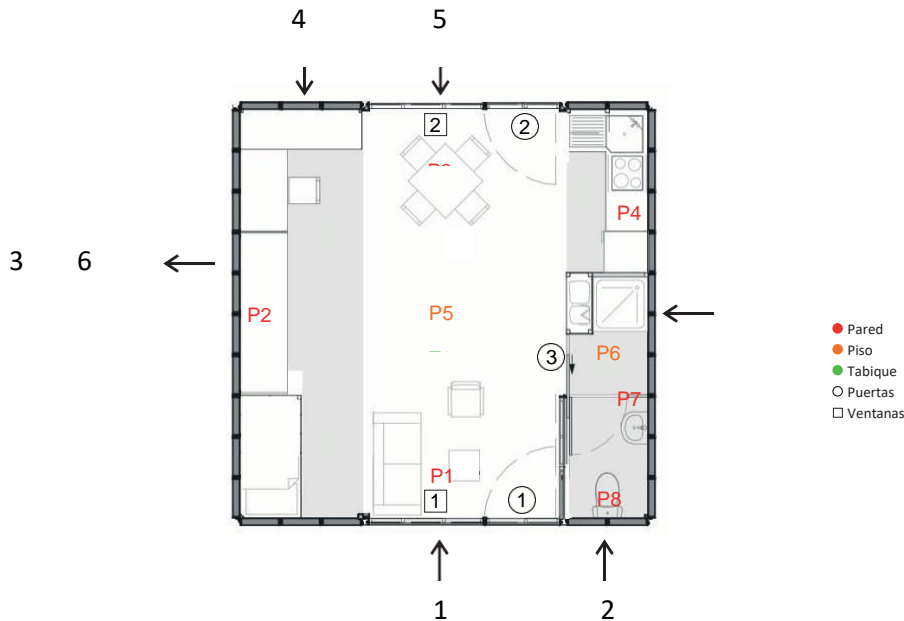
Se realiza la zonificación térmica de la vivienda, determinando dos zonas [10]:

(i) Zona General: Estar-comedor-kitchenette-dormitorio

(ii) Zona Baño: Ambos locales se encuentran conectados mediante un tabique divisorio liviano.

Se agrega un print de pantalla de los datos cargados en el programa Simedif.





Tablas de datos ingresados al programa

LOCAL	Ancho	Profundidad	Alto	Volumen		Renovaciones
L1 General	4.8	6	2.3	66.24	71.737	3
	1.2	2.4	2.3	6.624		
L2 Baño	1.2	3.6	2.3	9.936	9.936	1

Índice	Pendiente	Azimut	Albedo	# transparencias
1	90	135	0.26	1
2	90	135	0.26	0
3	90	45	0.26	0
4	90	45	0.26	0
5	90	45	0.26	1
6	90	225	0.26	0
7	0	0	0.26	0

## Estudio de un núcleo básico utilizando estrategias de arquitectura bioclimática en Cuenca – Ecuador

PAREDES	Lado 1	Lado2	Ancho	Alto	Area	Coef. Absorción	Coef. Convección	Ind. Radiación	Area de Radiación
1	L1 General	Ex	2.4	2.3	5.52	0.98	6	1	0
						0.98	16	1	4.6
2	L1 General	Ex	6	2.3	13.8	0.98	6	1	3.22
						0.98	16	3	0
3	L1 General	Ex	2.4	2.3	5.52	0.98	6	4	0
						0.98	16	4	4.6
4	L1 General	Ex	2.4	2.3	5.52	0.98	6	6	0
						0.98	16	6	5.52
5	L1 General	Ex	4.8	2.4	28.8	0.98	6	1	3.22
			1.2		2.88	0.98	16	5	0
6	L2 Baño	Ex	1.2	3.6	4.32	0.98	6	1	0
						0.98	16	1	0
7	L2 Baño	Ex	3.6	2.3	8.28	0.98	6	6	0
						0.98	16	6	0
8	L2 Baño	Ex	1.2	2.3	2.76	0.98	6	2	0
						0.98	16	2	0

LADO 1

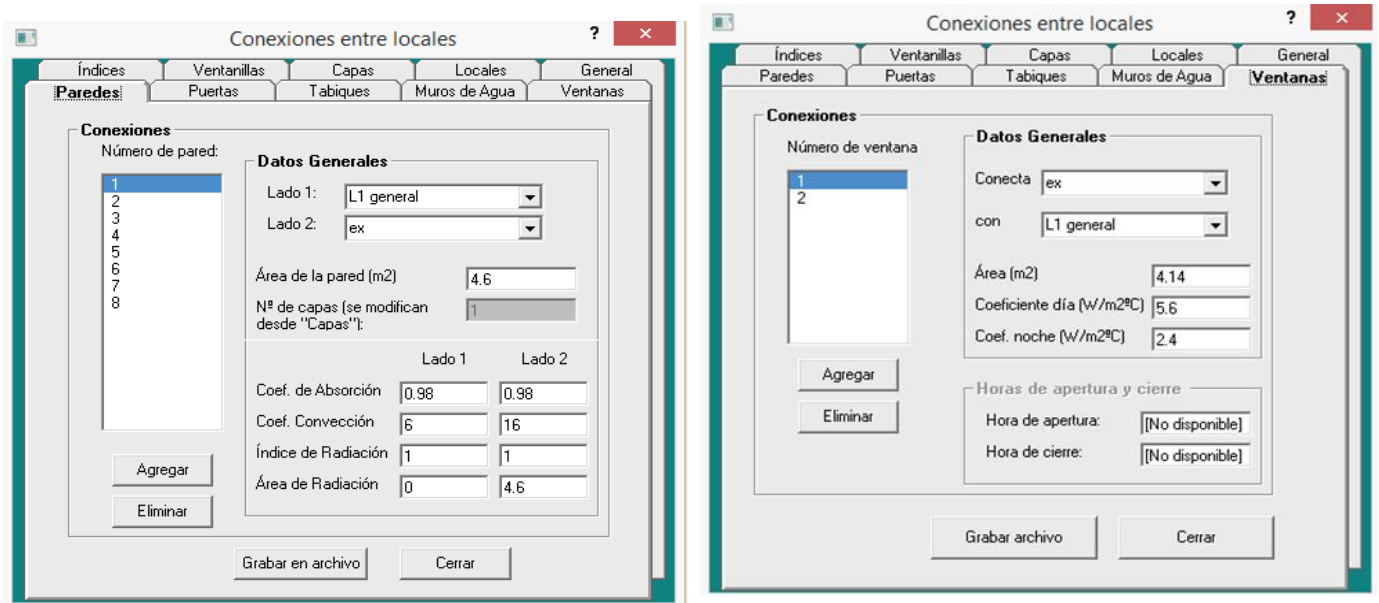
LADO 2

PUERTAS	Conecta	Alto	Ancho	Coef. Descarga	Horas de apertura
1	Ex L1 Gen.	2.3	1.2	0.6	12:00-15:00
2	Ex L1 Gen.	2.3	1.2	0.6	12:00-15:00
3	L1 Gen. L2Baño	2.1	0.9	0.6	12:00-15:00

TABQUES	Lado 1	Lado 2	Area	Coef. Conducción	Coef. Absorción	Coef. Convección	Índice de radiación	Área de radiación
1	L1 General	L2 Baño	2.76	0.15	0.55	6	1	0
					0.55	6	1	0
2	L1 General	L2 Baño	8.28	0.15	0.55	6	1	0.8
					0.55	6	1	0
3	L1 General	Ex	31.19	0.126	0.55	6	1	0
					0.7	16	7	31.19
4	L2 Baño	Ex	4.32	0.126	0.55	6	1	0
					0.7	16	7	4.32

VENTANAS	Conecta	Area	Coef. Día	Coef. Noche
1	Ex L1 Gen.	4.14	5.6	2.4
2	Ex L1 Gen.	4.14	5.6	2.4

CAPAS	Conductividad (W/m °C)	Densidad kg/m3	Cp (J/kg °C)	Espesor de Capa	Puntos	
1	Panel	90	850	0.2	4	
2	Piso	0.87	2000	840	1	10
		1.73	2246	794	0.1	5

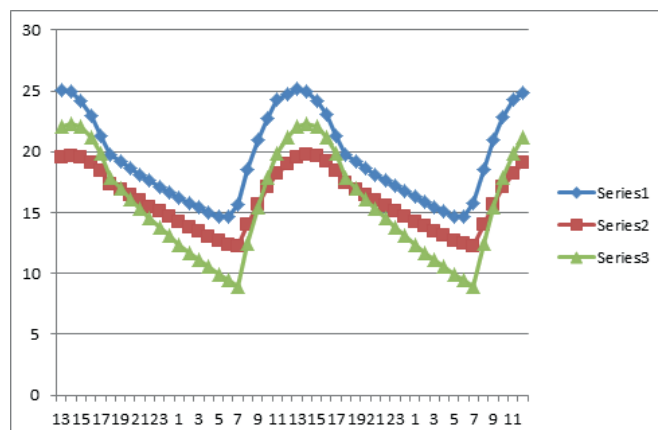
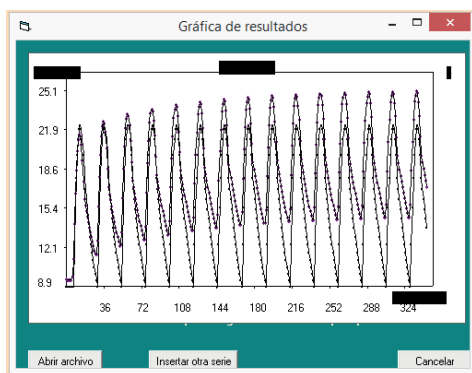


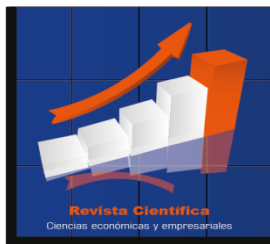
## 2. Simulación de la vivienda en verano e invierno

Luego de la carga de datos en el programa Simedif referida a: Envolventes (paredes, piso y techo), puertas y ventanas, locales, capas de muros, y datos climáticos de la región, se procede a la simulación del comportamiento térmico de la construcción respecto a los datos cargados en el programa.

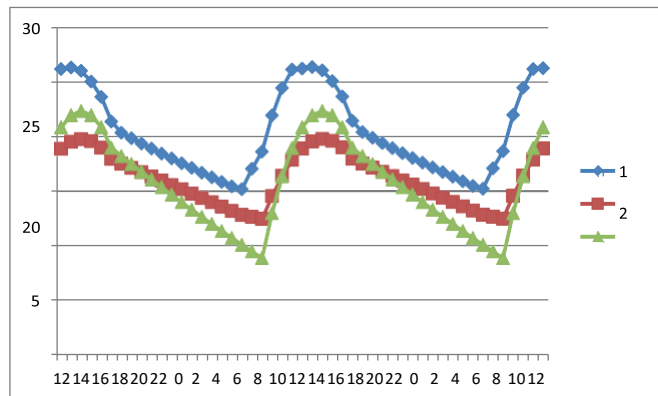
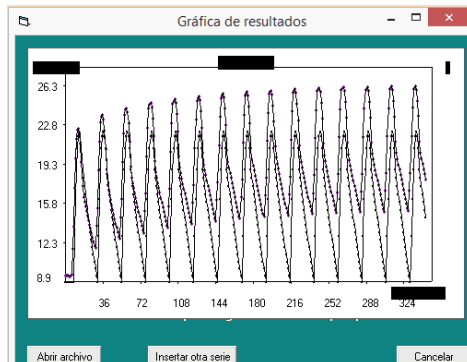
Se aclara que el clima en Cuenca no presenta grandes variaciones de temperatura entre verano e invierno (4°C), si se observa una oscilación térmica diaria de 11°C.

### Simulación en verano





### Simulación en invierno



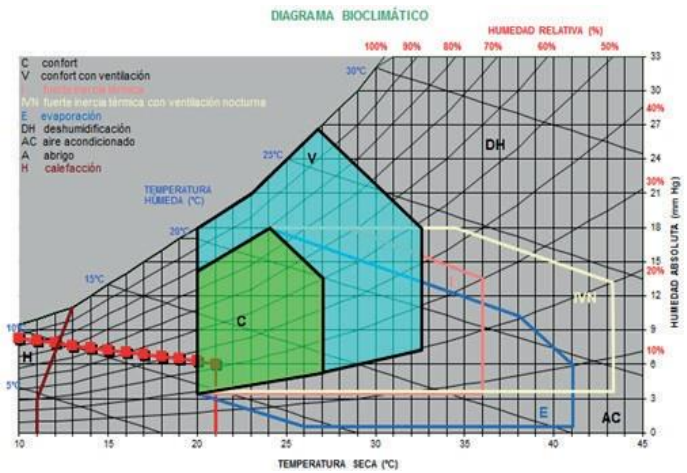
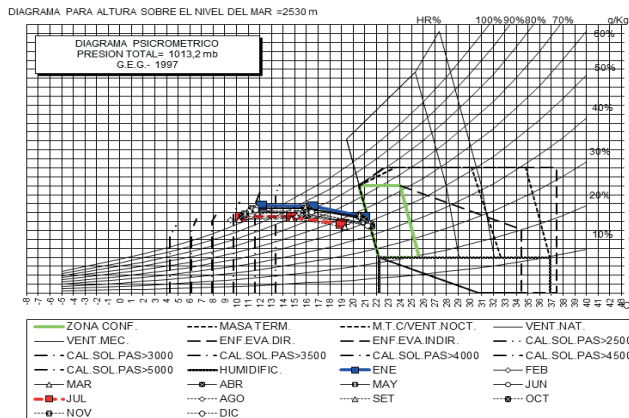
Los gráficos anteriores nos permiten concluir en que dado el rango en el que se encuentra la zona de confort según la norma NEC (Entre 14°C y 22°C en la noche y entre 22°C y 26°C para el día), cuya diferencia no es más de 4°C, el local 1 está dentro de la zona de confort tanto en la noche como en el día, pero el local 2 entre las 5 y 7 am, se encuentra un grado por debajo de la temperatura de confort, sin embargo el uso de este local durante este horario se considera poco probable, y en el caso ocasional en que pudiera darse su uso, el mismo es por periodos muy cortos de tiempo, por lo que no se considera necesario realizar una corrección en el diseño, que pudiera resultar en un mayor costo de construcción o de consumo de energía en caso de que se decidiera utilizar un medio auxiliar de calefacción.

1. Consumo de energía termostatazando el local

Según la conclusión extraída en el punto anterior no se considera oportuno el empleo de termostato debido a que en general el sistema constructivo planteado permite que ambos locales se encuentren dentro de la zona de confort.

2. Diagrama de confort

Se muestra a continuación el diagrama de confort realizado, según las condiciones climáticas de la zona analizada.



El diagrama de confort muestra que la zona analizada se encuentra casi por completo fuera de la zona de confort, requiriendo calefacción adicional. Sin embargo la gran variación térmica diaria, es decir la presencia de gran radiación solar durante las horas del día, y el sistema constructivo utilizado, que ofrece masa de acumulación de calor, permite que se pueda conservar esta energía en las envolventes para que sea aprovechada en el interior durante las horas frías, y ofrece aislación térmica durante el día, que en conjunto con un sistema de aleros horizontales empleados en las superficies vidriadas, permiten que el interior de la construcción se encuentre durante todo el día dentro de los parámetros de confort sin emplear medios auxiliares de calefacción ni acondicionamiento del aire. Esto demuestra que el sistema constructivo empleado resulta la mejor estrategia para el caso de estudio.

## Metodología

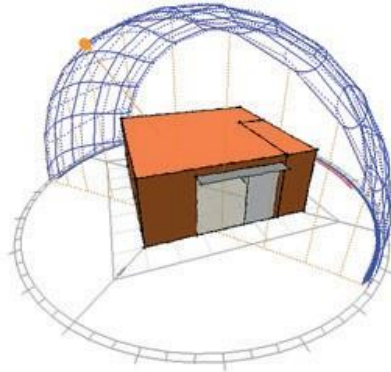
### Informe ECOTECH

#### 1. Modelo del edificio

Se orienta al NE el acceso principal, se modelan dos zonas térmicas, se las denomina general y baño, las ventanas anterior y posterior tienen las mismas condiciones y dimensiones, y la carpintería es de madera.

Se han ingresado dos tipos de muros los de bahareque y un tabique de madera; también una losa de piso de hormigón y un material para la cubierta.





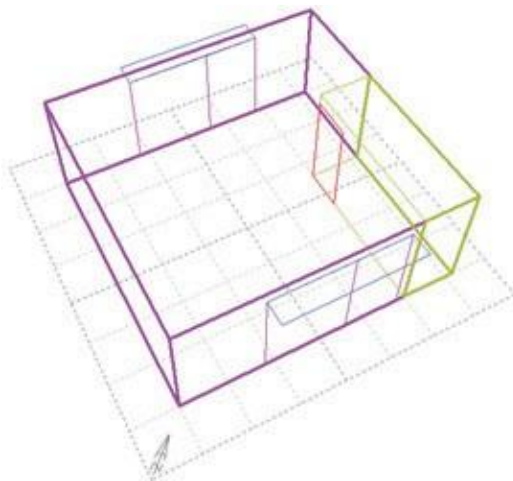
## 2. Características constructivas de envolventes

Para cada una de las diferentes envolventes se presentan los datos obtenidos en el programa CEEMA2KMP y los datos correspondientes cargados en ECOTECT.

### a. Envoltente exterior vertical

La envolvente es de un panel mejorado bahareque modular, en la parte central, la estructura es de madera rellena con paja, ésta, a modo de aislante térmico; en la parte interior y exterior, como recubrimiento una capa de revoque de tierra compacta de 1cm de espesor. La paja se sustenta en tirillas de madera colocadas cada 5cm horizontalmente a lo largo de la estructura de madera principal.

Se agregan un print de pantalla de los datos cargados y obtenidos en los programas.



**CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT**

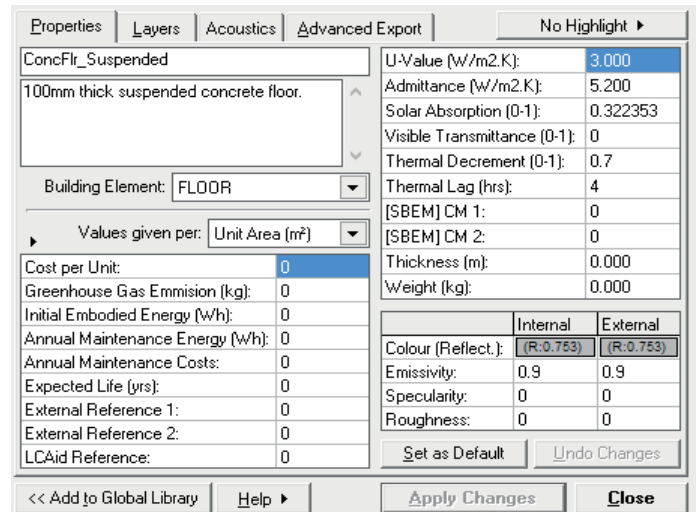
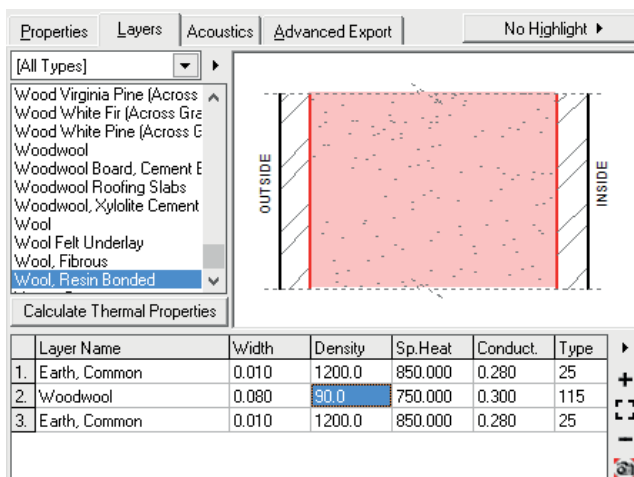
DESCRIPCIÓN PARAMENTO	PARED DOBLE CON COLUMNAS Y VIGAS DE ENCADENADO, VENTANAS Y PUERTA									
DENOMINACIÓN	PARED DOSTE DOBLE DE LADRILLOS COMUNES Y HUECOS REVOCADOS, CON POLIESTIRENO EXPANDIDO									
COEF.ABS.COLOR SUP.EXT.	0.3 VER PLANILLA COLOR <i>Introducir valores solamente en celdas resaltadas</i>									

Resistencia térmica:	m <sup>2</sup> C/v	Verano	Invierno	<b>VERIFICA K (C/COLOR)</b>				C.T.T. EPPE Retardo Amortig.					
Transmisión térmica K:	W/m <sup>2</sup> C	0.51	0.51	K máx.c/color SIND				Ext. a Int.: 150 0.060 0.56 0.75					
		1.97	1.97	Verano Invierno Verano Invierno				Int. a Ext.: 150 0.060 0.56 0.75					
<b>K MAX. NORMAS</b>		Mínimo	1.80	1.85	Mínimo	2.16	1.85	SI	NO	Peso total (Kg/m <sup>2</sup> ): 312			
		Recom.	1.10	1.00	Recom.	1.32	1.00	NO	NO	Peso unitario (Kg/m <sup>3</sup> ): 312.0			
		Ecológ.	0.45	0.38	Ecológ.	0.54	0.38	NO	NO				

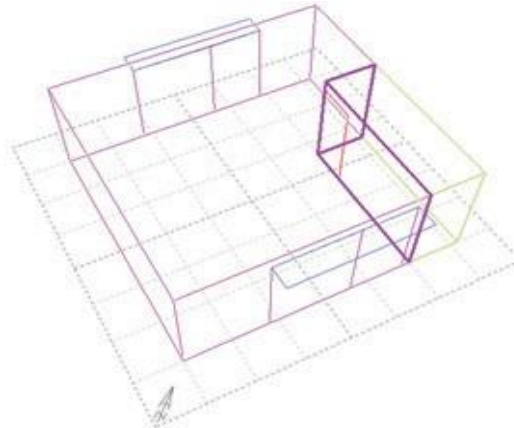
  

<i>Ver CONDUCC</i>											C.T.T. ext. a int. C.T.T. int. a ext.					
Capa	Especificación	Espes. (m)	Coefdec. W/m <sup>2</sup> C	R.Ca.int. m <sup>2</sup> C/v	R.Ca.ext. m <sup>2</sup> C/v	Peso Es. (Kg/m <sup>3</sup> )	Cap.Tér. J/Kg°C	R.T.ver m <sup>2</sup> C/v	R.T.inver m <sup>2</sup> C/v	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )	R.ver/2 m <sup>2</sup> C/v	R.cto.ext m <sup>2</sup> C/v	Co.Ter. t	R.cto.int m <sup>2</sup> C/v	Co.Ter. t	
1	Rze							0.040	0.040			0.040				
2	Tierra	0.0900	0.28			1200	850	0.036	0.036	12.0	0.018	0.058	0.164	0.360	1.021	
3	Paja	0.0800	0.3			50	750	0.267	0.267	7.2	0.133	0.209	0.314	0.209	0.314	
4	Tierra	0.0900	0.28			1200	850	0.036	0.036	12.0	0.018	0.360	1.021	0.058	0.164	
5								0.000	0.000	0.0	0.000	0.360	0.000	0.040	0.000	
6								0.000	0.000	0.0	0.000	0.360	0.000	0.040	0.000	
7								0.000	0.000	0.0	0.000	0.360	0.000	0.040	0.000	
8								0.000	0.000	0.0	0.000	0.360	0.000	0.040	0.000	
9								0.000	0.000	0.0	0.000	0.360	0.000	0.040	0.000	
10								0.000	0.000	0.0	0.000	0.378	0.000	0.040	0.000	
11	Rai							0.130	0.130						0.040	
<b>ESPEJOR TOTAL</b>		<b>0.100</b>						<b>0.508</b>	<b>0.508</b>	<b>31.2</b>						



b. Tabique interior vertical

El tabique está compuesto por plywood sustentado en estructura de madera de un espesor total de 5cm.



Properties | Layers | Acoustics | Advanced Export | No Highlight

[All Types]

- Wood Virginia Pine (Across
- Wood White Fir (Across Gra
- Wood White Pine (Across G
- Woodwool
- Woodwool Board, Cement E
- Woodwool Roofing Slabs
- Woodwool, XyloLite Cement
- Wool
- Wool Felt Underlay
- Wool, Fibrous
- Wool, Resin Bonded

Calculate Thermal Properties

Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1. Plywood	0.005	530.0	1400.000	0.140	85
2. Air Gap	0.040	1.3	1004.000	5.560	15
3. Plywood	0.005	530.0	1400.000	0.140	85

<< Add to Global Library | Help | Apply Changes | Close

Properties | Layers | Acoustics | Advanced Export | No Highlight

Framed Plywood Partition

80mm framed wall as air gap, with 5mm plywood either side.

Building Element: PARTITION

Values given per: Unit Area (m<sup>2</sup>)

Cost per Unit:	0
Greenhouse Gas Emission (kg):	0
Initial Embodied Energy (Wh):	0
Annual Maintenance Energy (Wh):	0
Annual Maintenance Costs:	0
Expected Life (yrs):	0
External Reference 1:	0
External Reference 2:	0
LCAid Reference:	0

U-Value (W/m <sup>2</sup> K):	3.100
Admittance (W/m <sup>2</sup> K):	3.000
Solar Absorption (0-1):	0.312406
Visible Transmittance (0-1):	0
Thermal Decrement (0-1):	0.4
Thermal Lag (hrs):	1
[SBEM] CM 1:	0
[SBEM] CM 2:	0
Thickness (m):	0.000
Weight (kg):	0.000

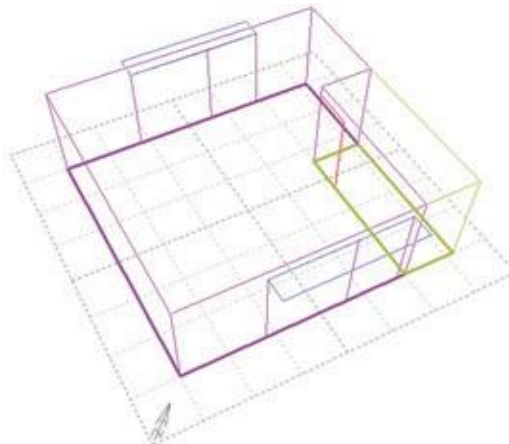
	Internal	External
Colour (Reflect.):	(R:0.755)	(R:0.755)
Emissivity:	0.9	0.9
Specularity:	0	0
Roughness:	0	0

Set as Default | Undo Changes

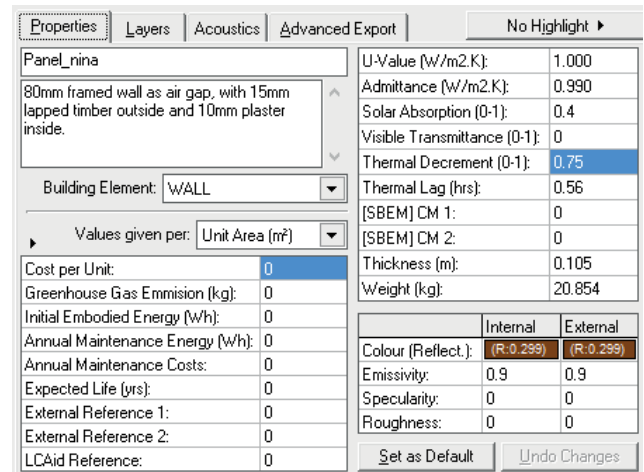
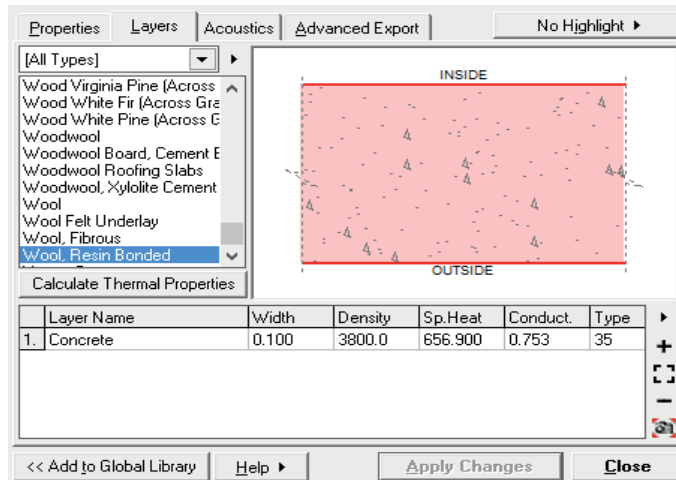
<< Add to Global Library | Help | Apply Changes | Close

c. Envoltante horizontal inferior

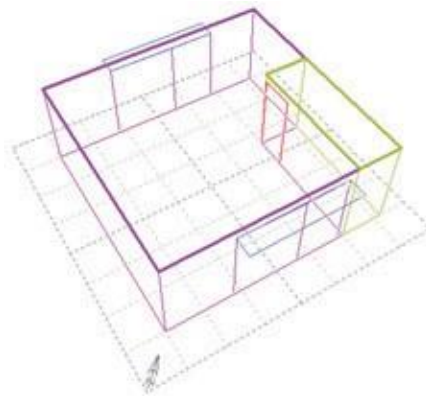
La losa de piso está compuesta por una chapa de hormigón armado de 10cm.



d.



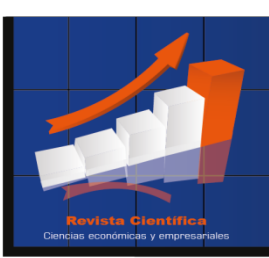
e. Envoltente horizontal superior



La envoltente superior es un panel compuesto y modular, cada módulo funciona estructuralmente independiente consta de dos tableros horizontales de madera estructural con una separación de 5cm lograda por tabiques de madera colocados verticalmente que funcionan como vigas.

La chapa de madera horizontal es de 1,5cm de espesor; en la parte central, cámara de aire de 5 cm y en la parte exterior, se coloca un recubrimiento de teja de arcilla cocida sustentada sobre una estructura auxiliar de madera.





# Estudio de un núcleo básico utilizando estrategias de arquitectura bioclimática en Cuenca – Ecuador

## CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT

DESCRIPCION PARAMENTO	PARED DOBLE CON COLUMNAS Y VIGAS DE ENCADENADO, VENTANAS Y PUERTA.															
DENOMINACION	PARED DOSTE DOBLE DE LADRILLOS COMUNES Y HUECOS REVOCADOS, CON POLIESTIRENO EXPANDIDO															
COEF.ABS.COLOR SUP.EXT.	0.3 VER PLANELA COLOR <i>Introducir valores solamente en celdas resaltadas</i>															
Resistencia térmica:	Verano	Invierno	VERIFICA K (C/COLOR)				C.T.T.				EP.PE.	Retardo	Amortig.			
	m <sup>2</sup> C/v	0.69	0.63	K máx.c/color		SI/NO		Ext. a int.		50.78	0.373	0.78	0.34			
Transmitancia térmica K:	Verano	Invierno	K máx.c/color		SI/NO		Int. a Ext.		87.58	0.544	3.53	0.30				
	Minimo	1.80	1.85	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Peso total (Kg/m <sup>2</sup> ):		47.2						
K MAX. NORMAS	Recom.	1.10	1.00	Recom.	1.32	1.00	SI	SI	Peso unitario (Kg/m <sup>3</sup> ):		136.3					
	Ecolog.	0.45	0.38	Ecolog.	0.54	0.38	SI	SI								
No CONDUC																
Capa	Especificación	Espes.	Co. abs.	R. Ca. ve	R. Ca. is	Peso Es.	Cap. Tér.	R.T. ver	R.T. inv	Peso	R. ver/2	R. cto. ext	Co. Ter.	R. cto. ext	Co. Ter.	
		(m)	W/m <sup>2</sup> C	m <sup>2</sup> C/v	m <sup>2</sup> C/v	(Kg/m <sup>3</sup> )	J/Kg°C	m <sup>2</sup> C/v	m <sup>2</sup> C/v	(Kg/m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup> C/v	m <sup>2</sup> C/v	h	m <sup>2</sup> C/v	h	
1	Rosa							0.040	0.040			0.040				
2	teja	0.0100	0.7			1700	320	0.014	0.014	17.0	0.007	0.047	0.205	0.557	37.175	
3	masura	0.0150	0.17			1000	1400	0.088	0.088	15.0	0.044	0.038	0.574	0.506	43.617	
4	aire	0.2000	0.024			1.24	1012	8.333	8.333	0.2	4.167	4.303	0.300	4.295	0.239	
5	masura	0.0150	0.17			1000	1400	0.088	0.088	15.0	0.044	0.520	0.094	0.094	0.491	
6								0.000	0.000	0.0	0.000	0.520	0.000	0.040	0.000	
7								0.000	0.000	0.0	0.000	0.520	0.000	0.040	0.000	
8								0.000	0.000	0.0	0.000	0.520	0.000	0.040	0.000	
9								0.000	0.000	0.0	0.000	0.520	0.000	0.040	0.000	
10								0.000	0.000	0.0	0.000	0.564	0.000	0.040	0.000	
11	Rol							0.130	0.130						0.040	
ESPOSOR TOTAL		0.240														
RES.TERM.TOT.		0.634		0.634		47.2										

The screenshot shows a software interface with a 'Properties' tab and 'Advanced Export' options. A list of materials is visible on the left, including 'Wood Virginia Pine', 'Wood White Fir', 'Woodwool', 'Woodwool Board, Cement E', 'Woodwool Roofing Slabs', 'Woodwool, Xyloite Cement', 'Wool', 'Wool Felt Underlay', 'Wool, Fibrous', and 'Wool, Resin Bonded'. A central diagram shows a cross-section of a wall assembly with 'OUTSIDE' and 'INSIDE' labels. Below the diagram is a table of material properties:

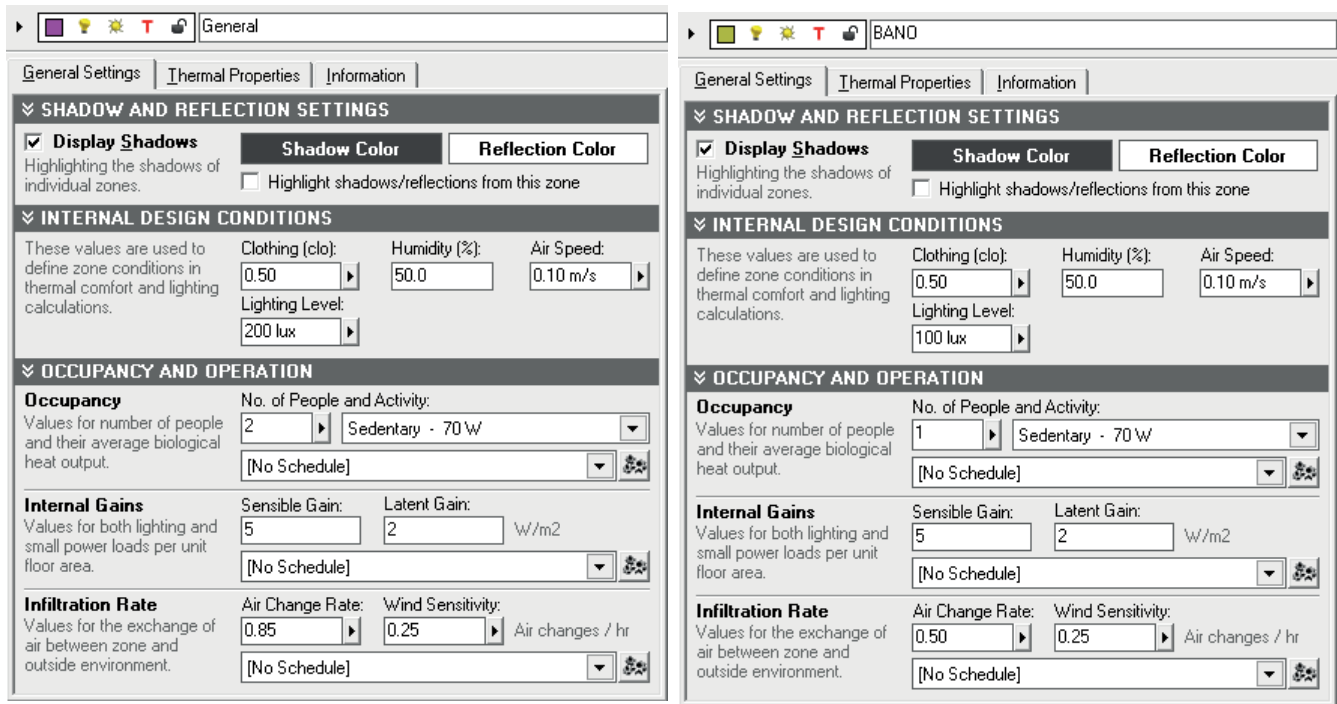
Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1. Tiling Brick	0.010	1890.0	880.000	0.800	25
2. Wood Fibres, Compressed	0.015	320.0	100.000	0.055	115
3. Air Gap	0.050	1.3	1004.000	5.560	0
4. Wood Fibres, Compressed	0.015	320.0	100.000	0.055	115

The screenshot shows a software interface with a 'Properties' tab and 'Advanced Export' options. The selected element is 'CUBIERTA\_TESIS' (Roof). The properties are as follows:

U-Value (W/m <sup>2</sup> K):	0.500
Admittance (W/m <sup>2</sup> K):	7.940
Solar Absorption (0-1):	0.65
Visible Transmittance (0-1):	0
Thermal Decrement (0-1):	0.14
Thermal Lag (hrs):	0.70
[SBEM] CM 1:	0
[SBEM] CM 2:	0
Thickness (m):	0.230
Weight (kg):	0.000
Internal Colour (Reflect.):	(R: 0.651)
External Colour (Reflect.):	(R: 0.624)
Emissivity:	0.84
Specularity:	0
Roughness:	0

### 3. Condiciones de ocupación

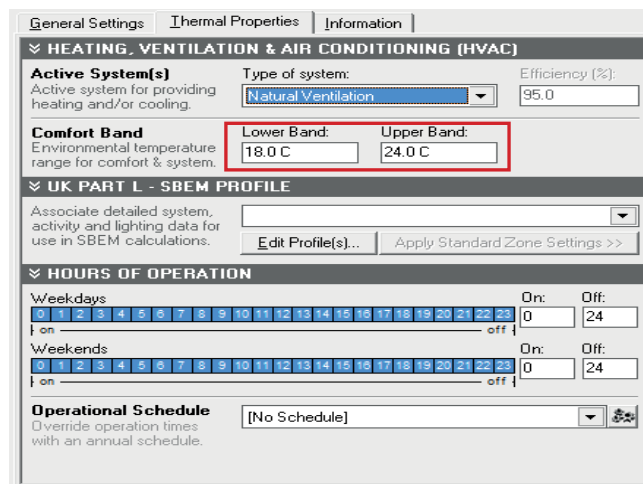
Se ingresan los datos correspondientes a las dos zonas térmicas, respecto a las condiciones internas, ocupación y renovación de aire por hora, según la NEC.



#### 4. Banda de confort

Se establece la banda de confort térmico según la NEC: mínima 18°C máxima 24°C.

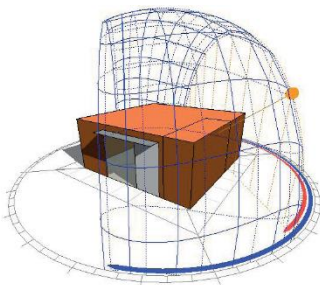
Debido a que consideramos como prioritario que la construcción propuesta sea sustentable, no se considera la climatización mediante sistema mixto para mantener el confort interior.



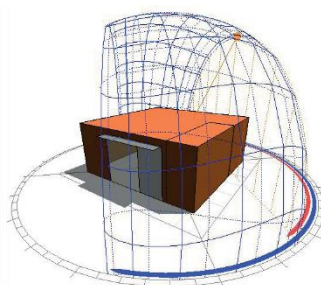
## 5. Asoleamiento del edificio

21 de junio

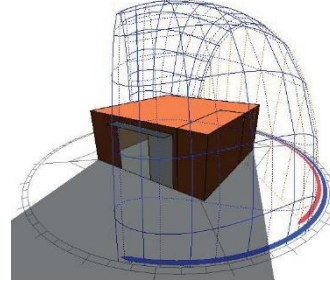
Fachada frontal



9am

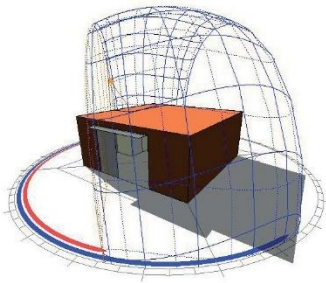


12pm

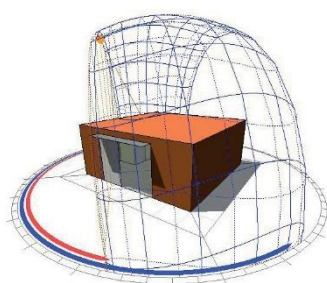


17pm

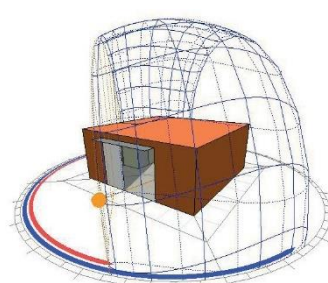
Fachada posterior



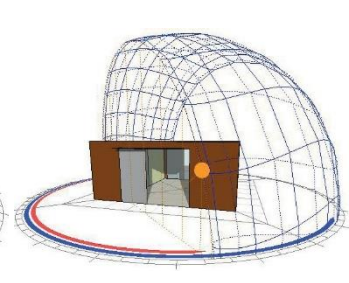
9am



12pm



17pm



17pm

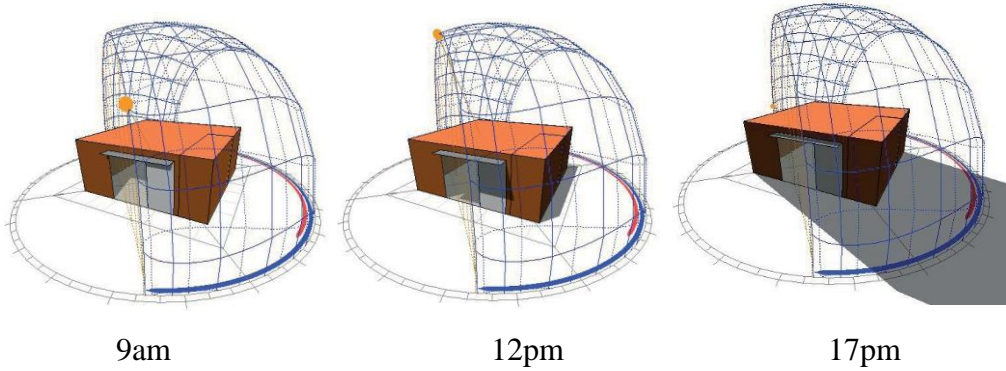
Para el 21 de junio (mes más frío) se observa que el sol calienta a las 9am a la fachada lateral derecha, al medio día la incidencia solar que es la más fuerte la recibe la cubierta, y a las 17pm la fachada posterior recibe incidencia solar directa.

La orientación NE, nos permite que la vivienda funcione correctamente frente al comportamiento solar, a las primeras horas de la mañana las paredes exteriores captaran calor y transmitiran al interior, al medio día que la temperatura diaria alcanza su máximo la cubierta actúa como protección, y en la tarde cuando desciende la temperatura el sol ingresa por la ventana calentando el interior directamente y además los muros posteriores captan este calor que lo emitirán al interior en horas de la noche.

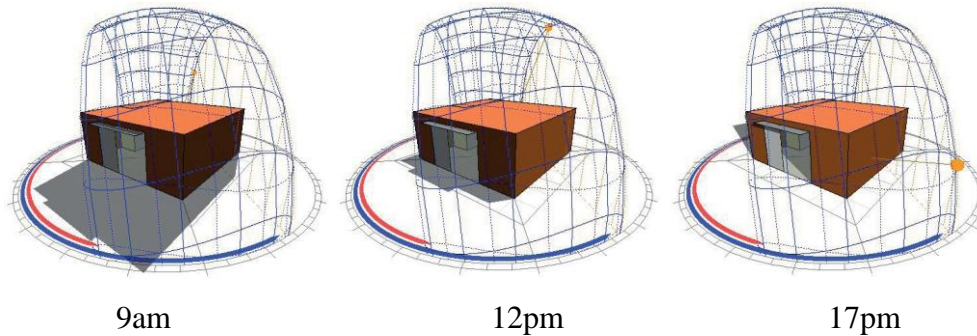


21 de diciembre

Fachada frontal



Fachada posterior



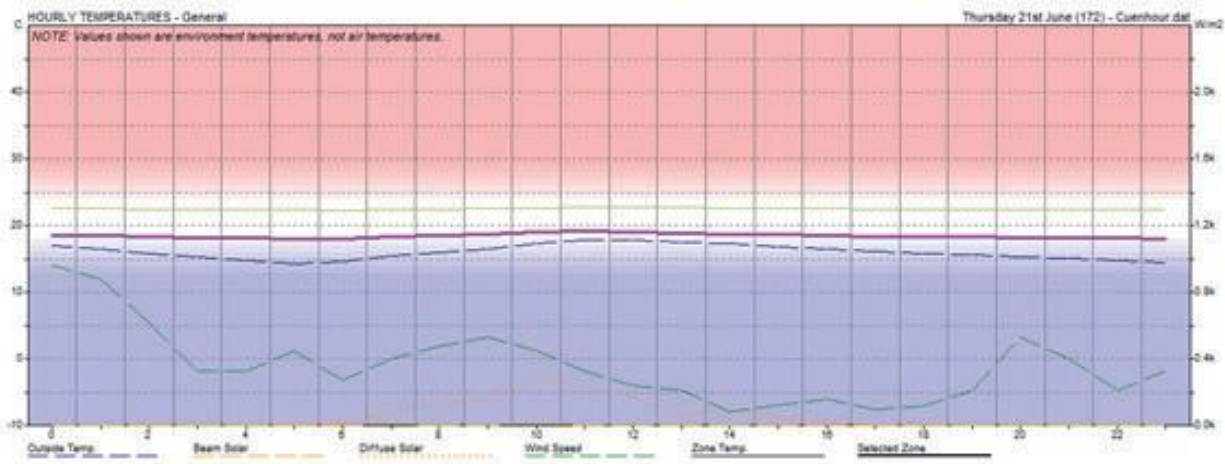
Para el 21 de diciembre (mes más cálido) se observa que el sol calienta a las 9am a la fachada frontal, al medio día la incidencia solar que es la más fuerte y casi perpendicular la recibe la cubierta, y a las 17pm la fachada lateral izquierda recibe incidencia solar directa.

La orientación NE, nos permite que la vivienda funcione correctamente frente al comportamiento solar, a las primeras horas de la mañana con la menor temperatura el sol ingresa por la ventana, al medio día la cubierta y aleros protegen de la incidencia solar directa al interior de la vivienda para no tener ganancias directas de calor, y a la tarde el sol incide en la pared lateral donde los muros captarán el calor para emitirlo a la madrugada donde se presentan las menores temperaturas.

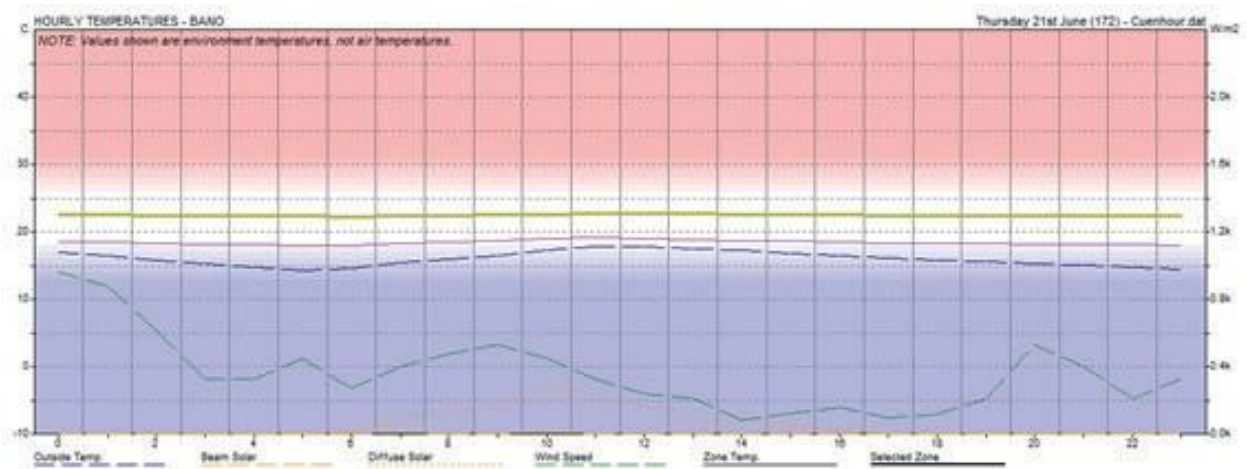
## 6. Análisis térmico inicial

### a- 21 de julio

### Zona térmica General



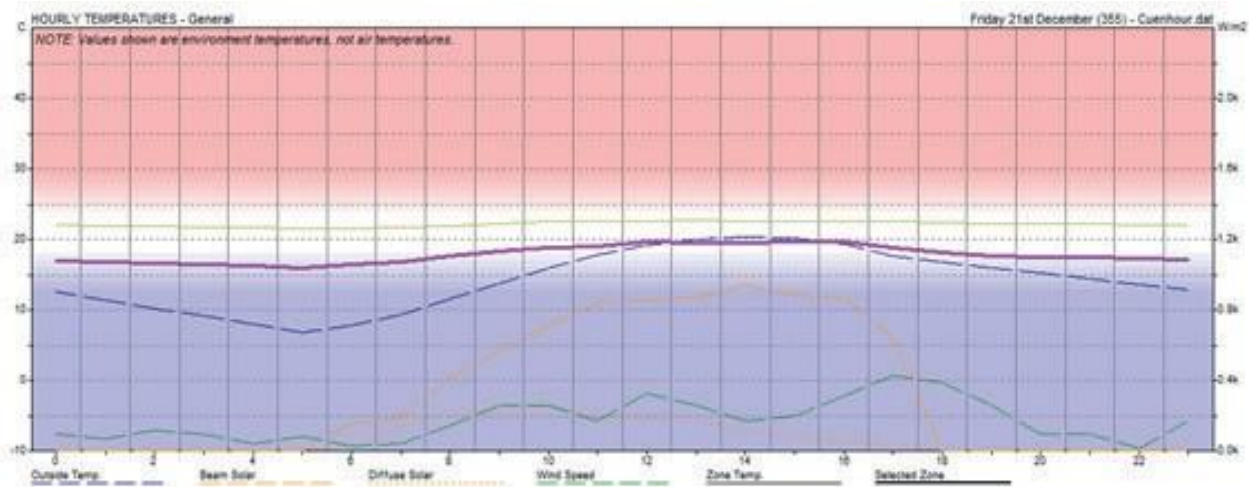
### Zona térmica Baño



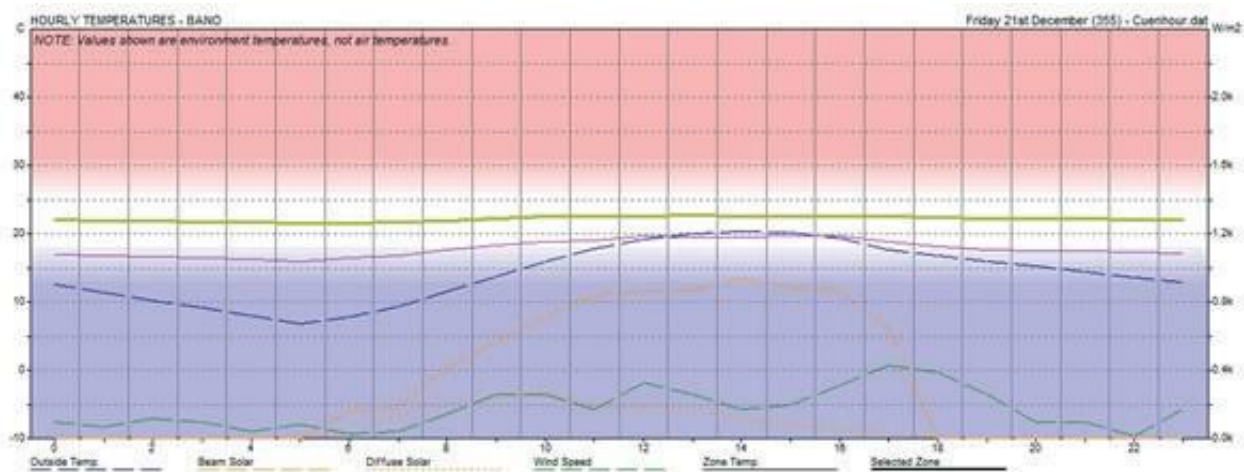
Según los gráficos obtenidos para el 21 de junio, considerando el día más frío, ambas zonas térmicas se encuentran dentro de la zona de confort y se mantienen en una temperatura estable a lo largo del día, por lo que se confirma que no es necesario incorporar calefacción o refrigeración auxiliares.

b. 21 de diciembre

Zona térmica General



### Zona térmica Baño

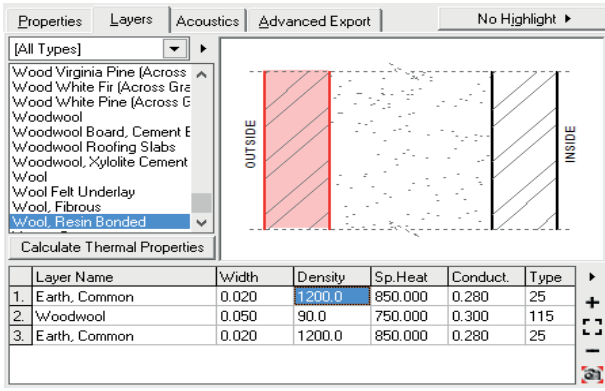


Realizando el mismo análisis para el 21 de diciembre, se observa que, en la zona térmica General, durante las primeras horas del día, la temperatura se encuentra levemente por debajo de la zona de confort, debido a la amplitud Térmica de la zona climática analizada (Cuenca, min. 17 C max. 22 C). Para mejorar esta condición no se utilizaran sistemas auxiliares de calefacción sino que se realizaran mediante la optimización de la envolvente.

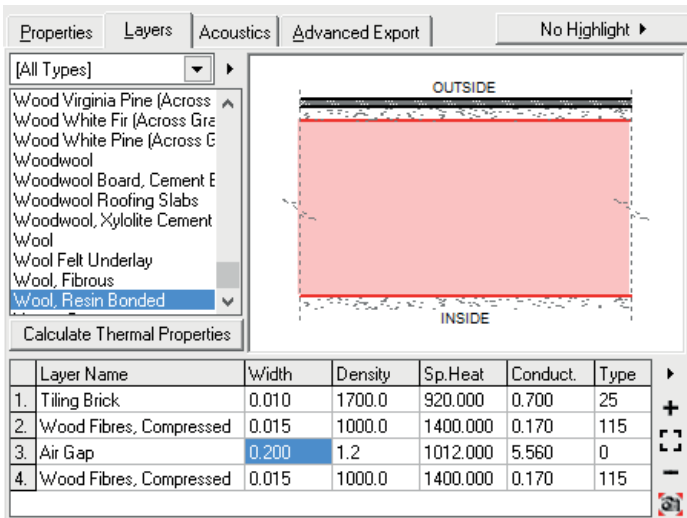
7. Mejoras constructivas o de diseño.
  - a. Envolvente exterior vertical.



En el análisis térmico se evidencia un pequeño rango de tiempo en la madrugada donde la zona térmica general se encuentra al borde del límite del confort, para mejorar esta condición aumentamos a 2cm el espesor del revoque de tierra, tanto en la cara interna como externa, con lo que se pretende aumentar la masa térmica y emitir el calor acumulado al interior durante las horas frías más críticas.



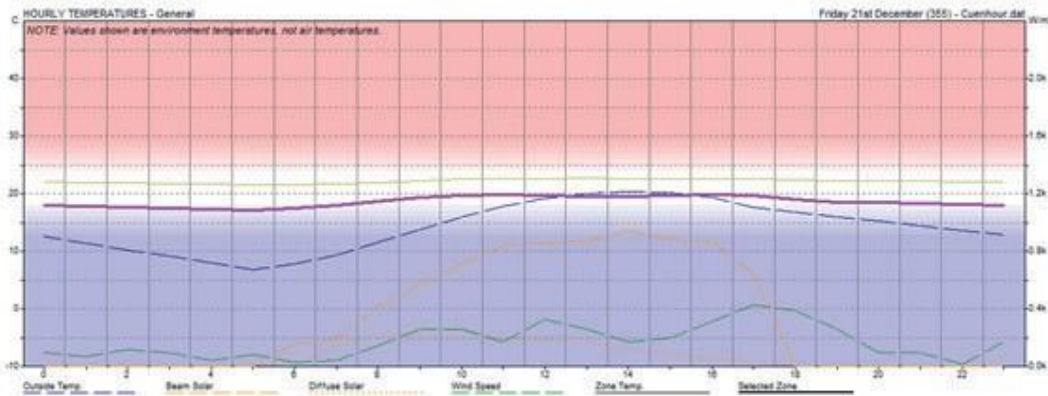
b. Envoltente horizontal superior. Aumentamos a 20cm la cámara de aire, esta decisión se justifica puesto que queremos evitar que se pierda el calor acumulado en el interior durante la noche.



c. Análisis térmico.

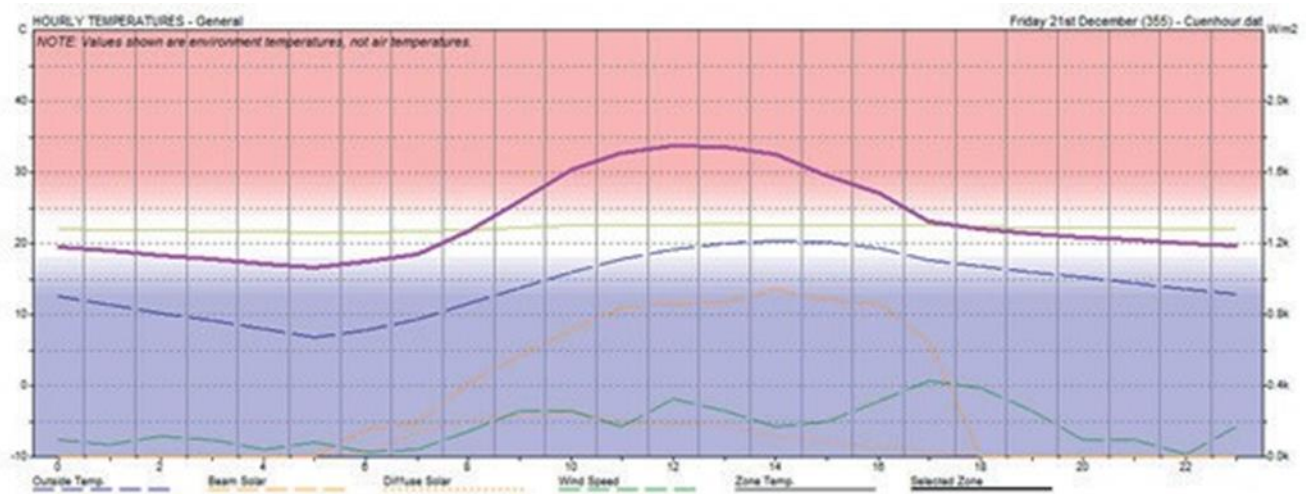


### Zona térmica General



Según el gráfico obtenido para el 21 de diciembre, se observa que luego de los cambios efectuados en las envolventes, aumenta la temperatura interior en las horas de críticas (entre las 3 y 5 a.m.), mejorando el nivel de confort interior

Mediante el siguiente gráfico se comprueba la efectividad del sistema constructivo planteado para la cubierta, ya que se realiza la prueba de cambiar el mismo por un sistema menos costoso (techo de chapa) obteniendo el resultado que se observa en el grafico siguiente, en donde se evidencia un aumento considerable de la temperatura interior en las horas más cálidas quedando así fuera de la zona de confort.

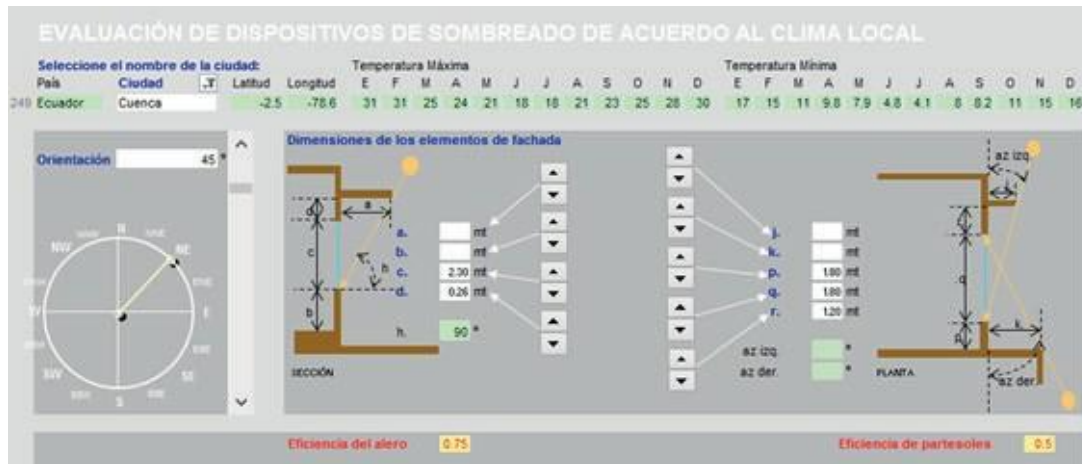


Esto confirma nuestra idea inicial de que se pueda lograr una mejora en las condiciones de temperatura interior utilizando un sistema constructivo sostenible sin emplear medios auxiliares de refrigeración y calefacción.

Cálculo de sombras

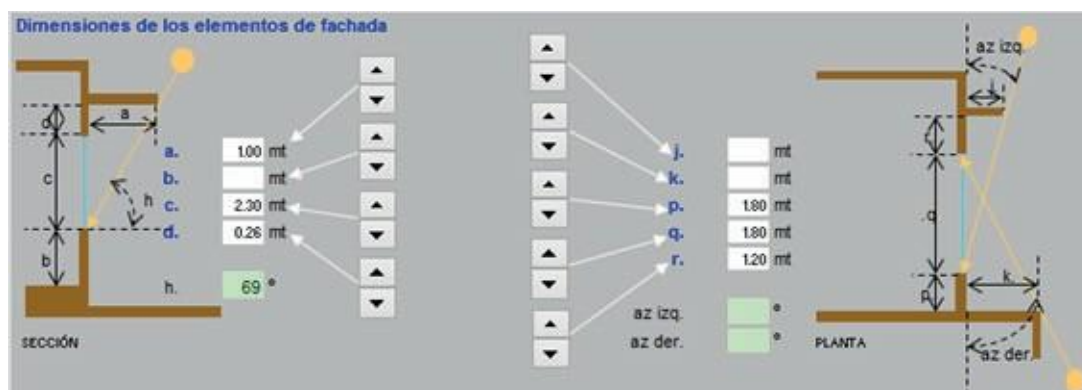
1. Carta solar estereográfica, datos morfológicos de la carpintería.

La carpintería es de madera y vidrio simple, el área de la ventana cumple con la norma NEC, 30% del área de la fachada. Está orientada noreste V1 y al suroeste V2, de las mismas dimensiones.



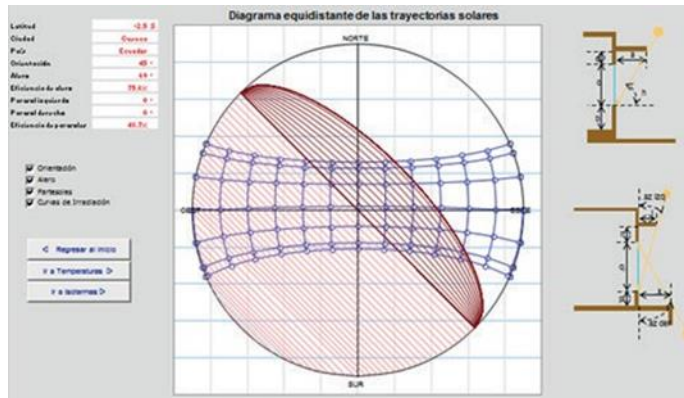
2. Determinar las horas deseadas de penetración solar por carpintería

Las horas deseadas de penetración solar son por la mañana temprano por ser las mínimas temperaturas, y por la tarde para captar la mayor cantidad de calor en el interior de la vivienda. Por otra parte, el alero debe impedir el ingreso directo de radiación al medio día, para esto se propone un alero horizontal de un metro de ancho debido a la orientación de la abertura la radiación tiene casi 90° en las horas más cálidas.



3. Manchas de sombra V1

Como se observa en el gráfico el alero propuesto permite el ingreso de sol hasta las 9am en el mes más frío, sin embargo, se puede aprovechar más horas de radiación directa hasta antes del mediodía.

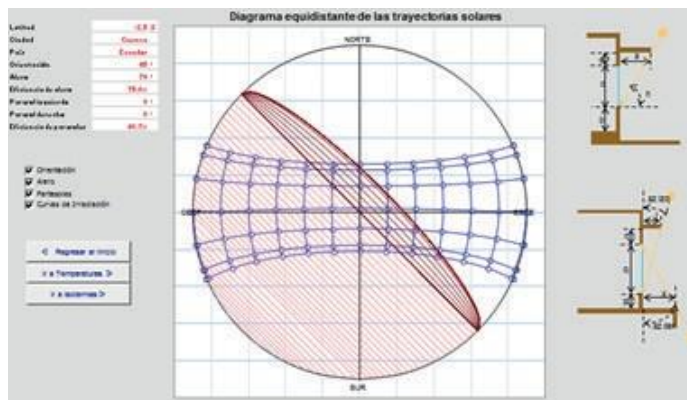


#### 4. Mejoras en aleros horizontales



La mejora propuesta consiste en achicar el alero a 0.50m para permitir mayor cantidad de horas de ingreso solar y asegurar la protección a partir del mediodía.





### Conclusiones

Las conclusiones extraídas de este estudio enfocado en una vivienda en Cuenca, Ecuador, resaltan la importancia de considerar la orientación en el diseño arquitectónico en un clima como el de Cuenca. La correcta orientación permite aprovechar la entrada de sol en las primeras y últimas horas del día, lo que es esencial para mantener el confort térmico, especialmente durante las horas más frías. Además, la cubierta desempeña un papel fundamental al proteger la vivienda de la radiación solar directa, evitando aumentos bruscos de temperatura en su interior.

Los resultados de este estudio indican que no se requieren correcciones en la vivienda analizada, ya que las condiciones climáticas interiores se mantienen dentro de la zona de confort a lo largo del día y en diferentes estaciones. Solo se observan condiciones ligeramente desfavorables durante un breve período de dos horas (5-7 am) en la zona del baño. Dado que este espacio se utiliza de manera esporádica y durante un corto período, y considerando que estas condiciones desfavorables ocurren en momentos poco probables de uso, no se considera necesario implementar sistemas adicionales de calefacción ni realizar modificaciones en el sistema constructivo que puedan aumentar los costos de construcción o el consumo de energía.

El estudio confirma la hipótesis de que el sistema constructivo empleado permite mantener condiciones climáticas interiores dentro de la zona de confort. Las mejoras aplicadas en la envolvente exterior, como el aumento del espesor de las capas internas y externas, así como el incremento del espesor de la cámara de aire en la cubierta, han demostrado ser efectivas. Estas mejoras han generado una temperatura interior más favorable, especialmente en las primeras horas del día y en días críticos como el 21 de diciembre, cuando se experimenta una mayor amplitud

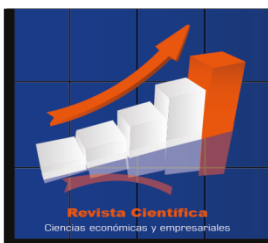
térmica. Como resultado, la vivienda logra mantenerse en la zona de confort sin necesidad de sistemas de calefacción auxiliares.

Es relevante destacar que el sistema constructivo empleado ha demostrado su capacidad para mantener una temperatura interior estable a lo largo del día, independientemente de las variaciones en las condiciones climáticas exteriores.

El análisis comparativo de diferentes tamaños de aleros ha proporcionado conclusiones significativas. Se ha determinado que un alero de 0.5 metros es suficiente para maximizar la ganancia solar en las horas matutinas y, al mismo tiempo, prevenir la radiación solar directa al mediodía, cuando las temperaturas exteriores alcanzan su punto máximo. Esta medida ha contribuido significativamente a mejorar las condiciones de confort en el interior de la vivienda.

## Referencias

- Baquero, M. Diseño Bioclimático de Viviendas Multifamiliares En La Ciudad de Cuenca. Cuenca, Ecuador Tesis Grado, Fac. Archit. y Urban. Univ. Cuenca 2013.
- Liang, X.; Lin, S.; Bi, X.; Lu, E.; Li, Z. Chinese Construction Industry Energy Efficiency Analysis with Undesirable Carbon Emissions and Construction Waste Outputs. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2021, 28, 15838–15852.
- Chicaiza, C.; Bouzerma, M.; Diéguez-Santana, K.; Chicaiza, Á.; Navarrete, V.; Romero, J. Carbon Storage Technologies Applied to Rethinking Building Construction and Carbon Emissions. In *Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*; 2021; Vol. 784, p. 12021.
- Hermida, M.; Hermida, C.; Cabrera, N.; Calle, C. La Densidad Urbana Como Variable de Análisis de La Ciudad: El Caso de Cuenca, Ecuador. *Eure* 2015, 41, 25–44.
- Vintimilla, J.C. Las Etapas de Crecimiento de La Ciudad de Cuenca, Ecuador. *Rev. Geográfica* 1976, 77–101.
- Baquero, M.T.; Quesada, F. Eficiencia Energética En El Sector Residencial de La Ciudad de Cuenca, Ecuador. *Maskana* 2016, 7, 147–165.
- Almusaed, A. *Biophilic and Bioclimatic Architecture: Analytical Therapy for the next Generation of Passive Sustainable Architecture*; Springer Science & Business Media, 2010; ISBN 184996534X.



- Ugarte, J. Guía de Arquitectura Bioclimática. San José Costa Rica 1999.
- Manzano-Agugliaro, F.; Montoya, F.G.; Sabio-Ortega, A.; García-Cruz, A. Review of Bioclimatic Architecture Strategies for Achieving Thermal Comfort. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2015, 49, 736–755, doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.095>.
- Chérrez Rodas, K.A.; Maldonado Marchán, M.E.; Pozo Palacios, M.G. Diseño de Núcleo Básico Con El Presupuesto Adquirido Por El Bono de La Vivienda y Su Posterior Crecimiento" Formas de Habitar, Criterios Bioclimáticos y Sistema Constructivo Sostenible". Tesis de Pregrado, Universidad de Cuenca, 2015.
- Widera, B. Comparative Analysis of User Comfort and Thermal Performance of Six Types of Vernacular Dwellings as the First Step towards Climate Resilient, Sustainable and Bioclimatic Architecture in Western Sub-Saharan Africa. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2021, 140, 110736, doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110736>.
- Castellanos-Ramos, M. Arquitectura Bioclimática. Metodología de Diseño. *Re. Rev. Edif.* 1997, 26, 41–46.
- Brophy, V.; Lewis, J.O. *A Green Vitruvius: Principles and Practice of Sustainable Architectural Design*; Routledge, 2011; ISBN 1849713111.
- Widera, B. Architecture as Hybrid of Technology and Nature. In *Proceedings of the 3rd International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM 2016*; 2016; pp. 81–88.
- Narváez, J.P.; Quezada, K.C.; Villavicencio, R.P. *Criterios Bioclimáticos Aplicados a Los Cerramientos Verticales y Horizontales Para La Vivienda En Cuenca*, Universidad de Cuenca, 2015.
- Ignacio, Z.L.; Emilia, C.D.E.L.A. *Meteorología y Climatología*; Editorial UNED, 2021; ISBN 8436277325.
- Dirección de planificación de la Alcaldía de Cuenca. **PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN CUENCA – ACTUALIZACIÓN 2022 2022**, Alcaldía de Cuenca.

MIDUVI Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda NEC Norma Ecuatoriana de La  
Construcción. Capítulo 13 Eficiencia Energética En La Construcción En Ecuador.; Quito,  
Ecuador, 2011;

Torres Paucar, M.; Jaramillo Benavides, A. Transición a La Sostenibilidad de La Arquitectura  
Ecuatoriana Contemporánea a Través Del Uso de Materiales Naturales. Eidos 2019, 45–53,  
doi:10.29019/eidos.v14i1.606.

©2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative  
Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)  
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).