

Análisis del ambiente interior de una vivienda contemporánea en el área rural de Cuenca

Analysis of indoor environment of a housing contemporary in the rural area of Cuenca

Resumen:

El presente documento pretende realizar el análisis y un cálculo técnico para verificar las condiciones de aislación térmica de una vivienda elegida al azar, ubicada en la parroquia rural de Sayausi, en el sector de Gallo Cantana, de la ciudad de Cuenca, en Ecuador, a 2800 msnm, y verificar el cumplimiento de la reglamentación térmica que establece la norma ecuatoriana de la construcción NEC-11 en función del clima y el microclima de la localidad.

Se realizará un análisis de la aislación térmica, protección solar, ventilación e iluminación natural, para luego verificar su cumplimiento normativo y proponer para cada instancia soluciones para mejorarlas.

Palabras clave: Vivienda, medio ambiente, rural, Cuenca, Ecuador.

Abstract:

This document seeks to make a technical calculation and analysis to verify the conditions of thermal insulation of a house chosen haphazardly, located in the rural parish of Sayausi, in the sector of Gallo Cantana, of the city of Cuenca in Ecuador, to 2800 m.a.s.l., and verify the compliance of the thermal regulation that sets Ecuadorian construction standard nec-11, according to the climate and microclimate of the town.

We will make an analysis of the thermal insulation, solar protection, ventilation and natural lighting, to subsequently verify its compliance and propose, for each instance, solutions to improve them.

Keywords: Housing, environment, rural, Cuenca, Ecuador.

Autor:

Arq. David Bustillos Yaguana
Arq. Daniel Idrovo Vintimilla

Facultad de Arquitectura
y Urbanismo.
Universidad de Cuenca
(Ecuador)

Recibido: 10 de Abril 2014
Aceptado: 20 de Mayo 2014

PARÁMETRO BIOCLIMÁTICO	Promedio Anual	Mínimos y Máximos.
Temperatura (°C) media	15,4	Minima: 9,6 / Maxima: 21.1
Heliofanía (h)	133,8 (h)	Minima: 69,8 / Máxima: 273,3
Radiación Solar Wh/m2/día	4350 Wh/m2/día	
Nubosidad (Octavos)	6,4 (Octavos)	Minima: 5,0 / Máxima: 8,0
Velocidad media viento (m/s)	Media: 3,3 m/s	Máxima: 8,2 m/s
Precipitación anual (mmcda)	827,3	Minima: 55,0 / Máxima: 84,0
Humedad relativa (%)	72,1	Minima: 55,0 / Máxima: 84,0

Imagen 1. Condiciones climáticas Cuenca.

Fuente: Bustillos D., Idrovo D

1. CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA

1.1. Bioclimática del clima y microclima de la localidad.

La ciudad de Cuenca está situada en la parte meridional de la Cordillera andina ecuatoriana, de clima templado con una temperatura anual promedio de 14,7°C y ubicada a una altura de 2500 m sobre el nivel del mar. Sus coordenadas globales son: Latitud 02°53'57" Sur, y Longitud: 78°59'12" Oeste. El solsticio de invierno se presenta hacia el 21 de diciembre mientras que el de verano se presenta hacia el 21 de junio. (Ver tabla 1)

1.2. Descripción del proyecto

La vivienda se encuentra situada en la parroquia rural de Sayausí, sector denominado "Gallo Cantana". Ubicada a 2805 msnm con una latitud de 2°51'50.5" y longitud de 79°2'42.88". Se desarrolla en una sola planta baja rectangular de 6.30m x 12.50m de lado con un área de 79 m2, y con portales frontal y posterior bajo cubierta de 25m2 cada uno. Posee dos dormitorios: uno principal con vestidor y baño privado, y otro dormitorio para hijo; un baño compartido, comedor, sala y cocina con área de servicio. (Ver Imagen 1 y 2).



Imagen 1. Evolución de la manzana

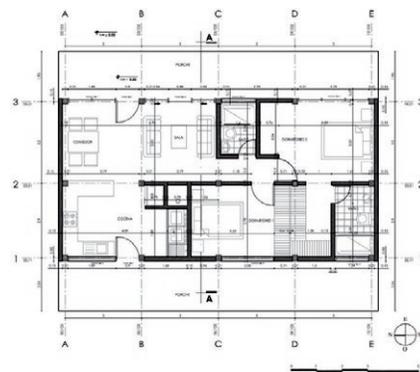


Imagen 2. Planta Arquitectónica.

Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

Los vanos para iluminación y ventilación se encuentran ubicados en orientación este – oeste y los muros ciegos están en dirección norte – sur. Las elevaciones este y oeste poseen ventanas o vanos "piso-techo" con listones de madera superiores e inferiores en las áreas sociales y dormitorios. En las áreas de baño y cocina se encuentran ventanas altas en un muro de mampostería de ladrillo artesanal. (Ver Imagen 3 y 4).

Las elevaciones: norte y sur están compuestas por muros ciegos elaborados con mampostería de ladrillo artesanal panelón visto. (Ver Imagen 5 y 6).

El sistema constructivo empleado es una estructura aporticada de vigas y columnas de madera de Yumbingue unidas a los cimientos de hormigón ciclópeo por medio de placas metálicas; la losa de piso es de hormigón armado de cemento. Los muros exteriores son mampostería de ladrillo macizo artesanal visto y enlucidos interiormente. (Ver tabla 2)

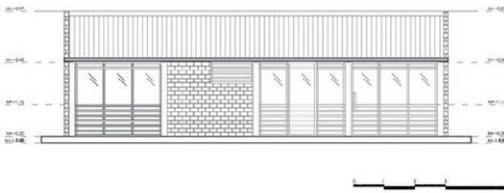


Imagen 3. Elevación Este.
Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

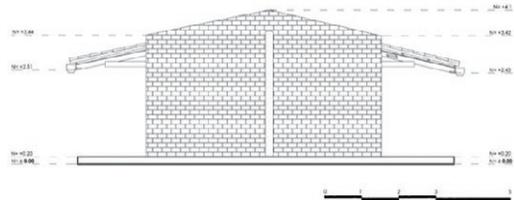


Imagen 5. Elevación Norte.
Fuente: Bustillos D., Idrovo D.



Imagen 4. Elevación Oeste.
Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

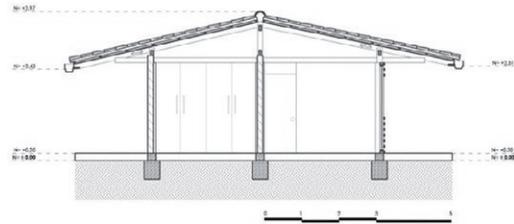


Imagen 6. Sección constructiva.
Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

2. CÁLCULO DE LA AISLACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE

Para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor "U", la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11 establece las siguientes resistencias asociadas a la convección al interior y al exterior del cerramiento: (Ver tabla 3)

2.1. Transmitancia térmica de Muro U (W/m2K).

(01) Mortero de cemento 1:3, (02) Ladrillo artesanal macizo 13x7x28cm, (03) Cerámica 40x40cm, (04) Mortero adhesivo para cerámica, (05) Losa de hormigón f'c=210 kg/cm2 e=7cm, (06) Malla electro soldada tipo R84, (07) Viga electro soldada Vc5, (08) Material de mejoramiento e=25cm. (Ver Imagen 7).

El procedimiento de cálculo se describe a continuación: (Ver Imagen 8).

2.2. Transmitancia térmica de Piso U (W/m2K).

(03) Cerámica 40x40cm, (04) Mortero adhesivo para cerámica, (05) Losa de hormigón f'c=210 kg/cm2 e=7cm, (06) Malla electrosoldada tipo R84,

	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS										
	PIEDRA CAMUFRADO	H-ARMADO	LADRILLO	CEMENTO AISLADO	MADERA	ALUMINIO	CONCRETO	TIPO EDEA	CERÁMICA	LATEX	CYPERUM
CIMENTOS.	X										
CADENAS.		X									
COLUMNAS.					X						
PISOS.				X					X		
PAREDES.			X							X	
PUERTAS.					X						
VENTANAS.					X						
CUBIERTA.							X				
ESTRU. CUBIERTA.				X							
REVESTIMIENTO BAÑO.								X			
SANITARIOS.								X			
PINTURA PAREDES.										X	
CIELO RASO											X

Tabla 2. Cuadro de especificaciones constructivas.
Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente	0,04	0,10
Cerramientos horizontales v flujo descendente	0,04	0,17

Tabla 3. Resistencias asociadas a la convección al interior y exterior del cerramiento
Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

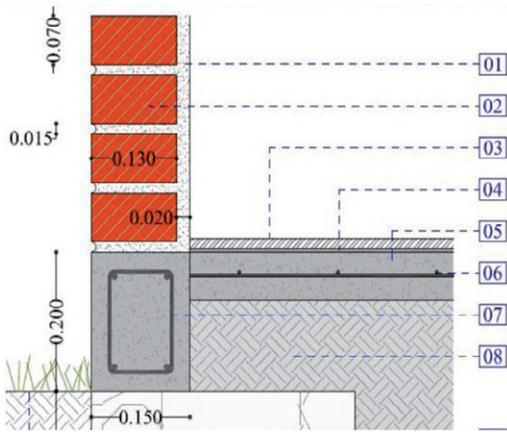


Imagen 7: Detalle constructivo de muro.

Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

PROCESO DE CÁLCULO	
RESISTENCIA TÉRMICA LADRILLO + MORTERO (Ra)	
$R_a = R_{si} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + R_{se}$	
$R_a = 0,46$	$m^2 \cdot K / W$
RESISTENCIA TÉRMICA MORTERO (Rb)	
$R_b = R_{si} + \frac{e_1}{\lambda_1} + R_{se}$	
$R_b = 0,28$	$m^2 \cdot K / W$
Área (a) = 0,78	% Porcentaje de área tributaria de ladrillo + mortero
Área (b) = 0,22	% Porcentaje de área tributaria de mortero
$RT = R_a A_a + R_b A_b$	
$RT (total) = 0,42$	$m^2 \cdot K / W$
$UT = 1 / RT$	
$U_T = 2,37$	$W / m^2 \cdot K$ Coeficiente sobrepasa el valor máximo permitido
$Q = U (T_i - T_e)$	
$Q = 15,67$	W / m^2 Valor de flujo térmico del muro
$A = 61,5$	m^2
$Q = U \cdot A \cdot (\Delta T)$	
$Q_T = 0,96$	kw Valor de potencia en total de área del muro

Imagen 8: Cálculo de valor de U y Q.

Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

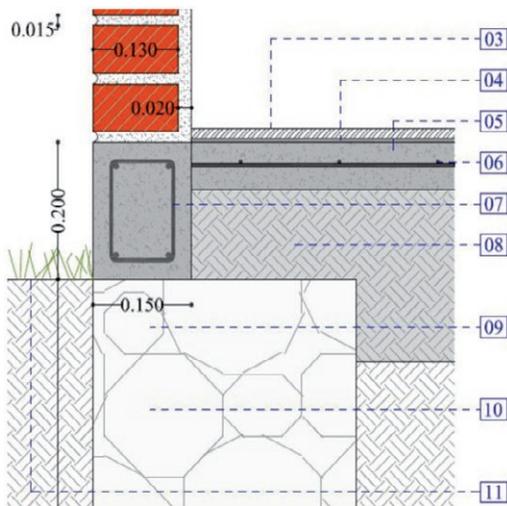


Imagen 9: Detalle constructivo de piso.

Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

PROCESO DE CÁLCULO	
RESISTENCIA TÉRMICA PISO (Ra)	
$R_a = R_{si} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + R_{se}$	
$R_a = 0,35$	$m^2 \cdot K / W$
LONGITUD CARACTERÍSTICA (B')	
$B' = A / (1/2P)$	
$B' = 4,20$	
$U_s = 1,15$	$W / m^2 \cdot K$ El coeficiente cumple el valor máximo permitido
$Q = U (T_i - T_e)$	
$Q = 7,59$	W / m^2 Valor de flujo térmico
$A = 61,25$	m^2
$Q = U \cdot A \cdot (\Delta T)$	
$Q_T = 0,62$	kw Valor de potencia en total de área de piso

Imagen 10: Cálculo de valor de U y Q.

Fuente: Bustillos D., Idrovo D. Método según Código Técnico de España CTE, HE1

(07) Viga electrosoldada Vc5, (08) Material de mejoramiento e=25cm, (09) Hormigón ciclópeo 60-40, (10) Suelo natural, (11) Césped. (Ver gráfico 9 y 10).

2.3. Transmitancia térmica de Cubierta U (W/m2K).

(01) Mortero de cemento 1:3, (02) Ladrillo macizo artesanal 13x7x28cm, (03) Plancha de cubierta tipo Onduline, (04) Tira de yumbingue 4x5cm, (05) Viga

de yumbingue 7x14cm. (Ver Imagen 11 y 12)

2.4. Transmitancia térmica Ventana U (W/m2K).

(01) Goterón de ladrillo, (02) Placa de cubierta ONDULINE, (03) Tira de yumbingue 4x5cm, (04) Viga de yumbingue 7x14cm, (05) Columna de madera yumbingue, (06) Losa de piso, (07) Marco de madera de seique 10x10cm, (08) Tirilla de seique 2x3cm, (09) Vidrio claro crudo 6mm. (Ver Imagen 13 y 14)

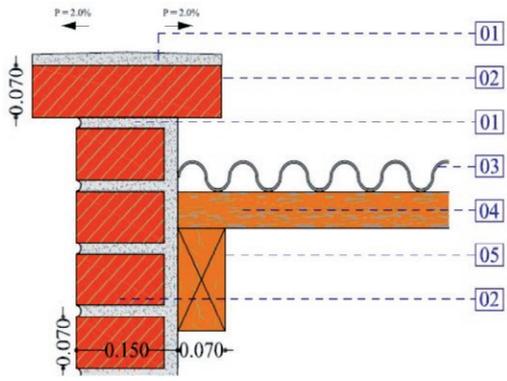


Imagen 11: Detalle de cubierta.
Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

PROCESO DE CÁLCULO	
RESISTENCIA TÉRMICA ONDULINE + TIRA + VIGA (Ra)	
$Ra = Rsi + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + Rse$	
$Ra = 1,36 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$	
RESISTENCIA TÉRMICA ONDULINE (Re)	
$Re = Rsi + \frac{e_1}{\lambda_1} + Rse$	
$Re = 0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$	
RESISTENCIA TÉRMICA ONDULINE + TIRA (Rb)	
$Rb = Rsi + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + Rse$	
$Rb = 0,46 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$	
Área (a) = 0,0058 %	Área tributaria de onduline + tira + viga
Área (b) = 0,0775 %	Área tributaria onduline + tira
Área (c) = 0,9167 %	Área tributaria de placa onduline
$RT = Ra \cdot A_a + Rb \cdot A_b + Rc \cdot A_c$	
$RT \text{ (total)} = 0,18 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$	
$UT = 1 / RT$	
$U_T = 5,62 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$	El coeficiente sobrepasa el valor máximo permitido
$Q = U (Ti - Te)$	
$Q = 37,09 \text{ W} / \text{m}^2$	Valor de flujo térmico
$A = 81,25 \text{ m}^2$	$Q = U \cdot A \cdot (\Delta T)$
$Q_T = 3,01 \text{ kw}$	Valor de potencia en total de área de cubierta

Imagen 12: Cálculo de valor de U y Q.
Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

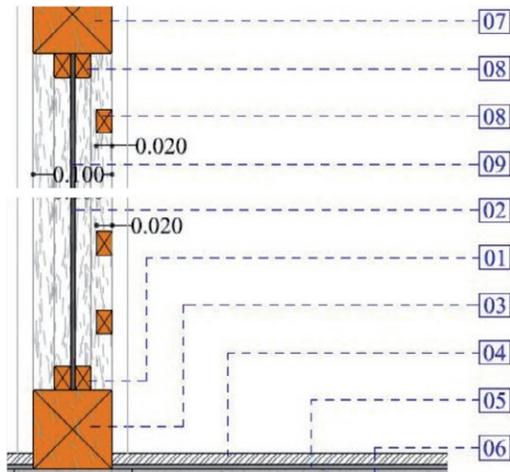


Imagen 13: Detalle constructivo ventana.
Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

PROCESO DE CÁLCULO	
RESISTENCIA TÉRMICA DE MARCO DE MADERA (Ra)	
$Ra = Rsi + \frac{e_1}{\lambda_1} + Rse$	
$Ra = 0,81 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$	
RESISTENCIA TÉRMICA DE VIDRIO (Rb)	
$Rb = Rsi + \frac{e_1}{\lambda_1} + Rse$	
$Rb = 0,18 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$	
Área (a) = 0,175 %	Porcentaje de área tributaria de marco de madera
Área (b) = 0,825 %	Porcentaje de área tributaria de vidrio
$RT = Ra \cdot A_a + Rb \cdot A_b$	
$RT \text{ (total)} = 0,29 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$	
$UT = 1 / RT$	
$U_T = 3,50 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$	El coeficiente cumple el valor máximo permitido
$Q = U (Ti - Te)$	
$Q = 23,11 \text{ W} / \text{m}^2$	Valor de flujo térmico
$A = 21,95 \text{ m}^2$	$Q = U \cdot A \cdot (\Delta T)$
$Q_T = 0,51 \text{ kw}$	Valor de potencia en total de área de ventanas

Imagen 14: Cálculo de valor de U y Q.
Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

3. ANÁLISIS DE LA AISLACIÓN TÉRMICA Y DE CUMPLIMIENTO DE LA REGLAMENTACIÓN TÉRMICA. PROPUESTAS DE MEJORAS Y SU FUNDAMENTO.

3.1. Verificación y análisis de cumplimiento de Normas

La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11 determina zonas climáticas según el rango de temperaturas, y que para la ciudad de Cuenca es la ZT3. En base a la zona climática y al tipo de

cerramiento se restringe el coeficiente global de Transmitancia Térmica "U", en donde se encuentra que para la vivienda en análisis: (Ver Tabla 4).

Las consecuencias de tener elementos con pobres características de aislación térmica son aún más evidentes al momento de comparar los valores de flujo térmico y la energía que pierde la vivienda. (Ver Tabla 5).

Elemento	U cálculo W/m2k	U norma W/m2k	Observaciones
Muro	2.37	1.80	No cumple
Piso	1.15	1.80	Sí Cumple
Cubierta	5.62	1.50	No cumple
Ventana	3.50	5.70	Sí Cumple

Tabla 4: Comparación valores de U.
Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

Elemento	Q valor flujo térmico W/m2	QT potencia según total de área
Muro	15.67	0.96
Piso	7.59	0.62
Cubierta	37.09	3.01
Ventana	23.11	0.51

Tabla 5: Valores de flujo térmico.
Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

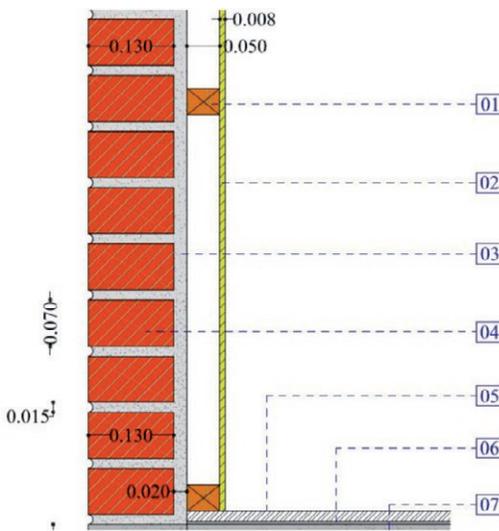


Imagen 15: Detalle constructivo de muro mejorado.
Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

PROCESO DE CÁLCULO

RESISTENCIA TÉRMICA ESTRUCTURA (Ra)

$$Ra = R_{si} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + R_{pared} + R_{se}$$

Ra = 0,94 m² · K / W

RESISTENCIA TÉRMICA ALMA (Rb)

$$Rb = R_{si} + \frac{e_1}{\lambda_1} + R_g + R_{pared} + R_{se}$$

Rb = 0,79 m² · K / W

Área (a) = 0,15 % Porcentaje de área tributaria de ladrillo + mortero
Área (b) = 0,85 % Porcentaje de área tributaria de mortero

$$RT = R_a A_a + R_b A_b$$

RT (total) = 0,81 m² · K / W

$$UT = 1 / RT$$

U_i = 1,24 W / m² · K El coeficiente cumple el valor máximo permitido

$$Q = U (T_i - T_e)$$

Q = 8,15 W / m² Valor de flujo térmico del muro

A = 61,5 m²

$$Q_T = U \cdot A \cdot (\Delta T)$$

Q_T = 0,50 kw Valor de potencia en total de área del muro

Imagen 16: Cálculo de valor de U y Q.
Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

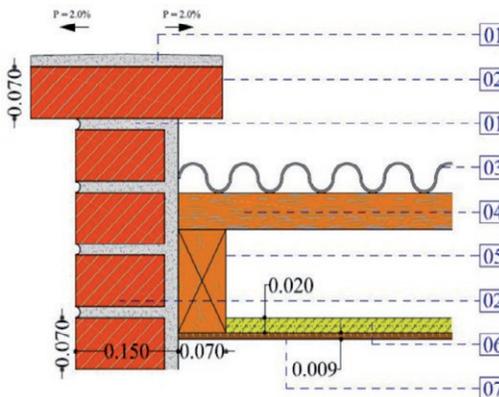


Imagen 17: Detalle constructivo de cubierta mejorada.
Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

PROCESO DE CÁLCULO

RESISTENCIA TÉRMICA ONDULINE + TIRA + VIGA + TABLERO (Ra)

$$Ra = R_{si} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{e_4}{\lambda_4} + R_{se}$$

Ra = 1,41 m² · K / W

RESISTENCIA TÉRMICA ONDULINE + TIRA + CÁMARA + LANA MINERAL + TABLERO (Rb)

$$Rb = R_{si} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + R_g + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{e_4}{\lambda_4} + R_{se}$$

Rb = 1,07 m² · K / W

RESISTENCIA TÉRMICA ONDULINE + CÁMARA + LANA MINERAL + TABLERO (Rc)

$$Ra = R_{si} + \frac{e_1}{\lambda_1} + R_g + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + R_{se}$$

Ra = 0,75 m² · K / W

Área (a) = 0,0058 % Porcentaje de área tributaria de onduline + tira + viga
Área (b) = 0,0775 % Porcentaje de área tributaria onduline + tira
Área (c) = 0,9167 % Porcentaje de área tributaria de placa onduline

$$RT = R_a A_a + R_b A_b + R_c A_c$$

RT (total) = 0,78 m² · K / W

$$UT = 1 / RT$$

U_i = 1,29 W / m² · K El coeficiente cumple el valor máximo permitido

$$Q = U (T_i - T_e)$$

Q = 8,49 W / m² Valor de flujo térmico de la cubierta

A = 81,25 m²

$$Q_T = U \cdot A \cdot (\Delta T)$$

Q_T = 0,69 kw Valor de potencia en total de área de cubierta

Imagen 18: Cálculo de valor de U y Q.
Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

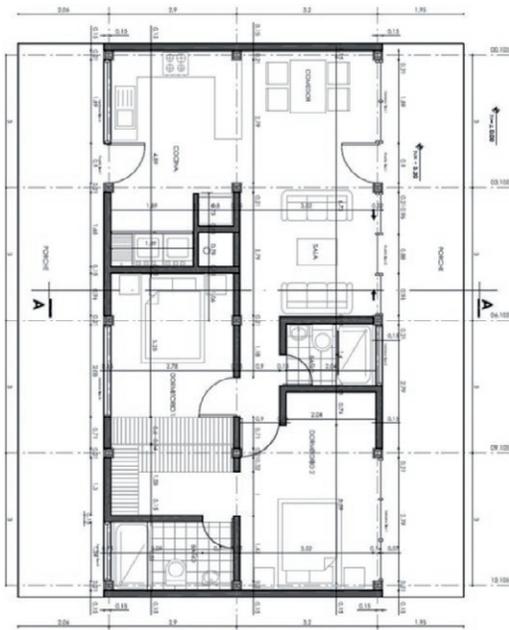


Imagen 19: Esquema de dirección de soleamiento.

Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

Elemento	U cálculo W/m ² k	U norma W/m ² k	Observaciones
Muro	1.24	1.80	Sí cumple
Cubierta	1.29	1.50	Sí cumple

Tabla 4: Comparación valores de U.

Fuente: Bustillos D., Idrovo D.



Imagen 20: Trayectoria solar.

Fuente: SunEarthTools.com.

La cubierta es el elemento por donde se pierde la mayor cantidad de energía y existe mayor flujo térmico. Las ventanas, a pesar de presentar valores altos de U y de flujo térmico, la energía que se pierde por medio de éstas es menos representativa una vez relacionado con su área de incidencia.

3.2. Propuesta de mejoramiento de aislación de Muro

(01) Placa de fibrocemento $e=8\text{mm}$, (02) Tira de roble $4\times 5\text{cm}$, (03) Mortero de cemento 1:3, (04) Ladrillo artesanal macizo $13\times 7\times 28\text{cm}$, (05) Cerámica $40\times 40\text{cm}$, (06) Mortero adhesivo para cerámica, (07) Losa de hormigón $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ $e=7\text{cm}$. (Ver Imagen 15 y 16).

3.3. Propuesta de mejoramiento de aislación de Cubierta

(01) Mortero de cemento 1:3, (02) Ladrillo macizo artesanal $13\times 7\times 28\text{cm}$, (03) Plancha de cubierta tipo Onduline, (04) Tira de yumbingue $4\times 5\text{cm}$, (05) Viga de yumbingue $7\times 14\text{cm}$, (06) Aislante de lana mineral $e=2\text{cm}$, (07) Tablero contrachapado $e=9\text{mm}$. (Ver Imagen 17 y 18).

Con los sistemas de mejoramiento empleados se obtuvieron los siguientes resultados: (Ver Tabla 6).

4. ANÁLISIS DE LA PROTECCIÓN SOLAR

Las estrategias de protección solar dependen de la orientación de las fachadas, que para el presente caso de estudio se encuentran todas en las caras este y oeste; los muros ciegos se encuentran en los lados norte y sur. (Ver Imagen 19).

La trayectoria solar para la ubicación de la vivienda se describe a continuación, en donde se puede observar la incidencia solar sobre las ventanas todos los días del año. (Ver Imagen 20).

Según la normativa NEC-11, en su artículo 13.4.2.2 sobre Ganancia y Protección solar se establece que "...la ganancia solar depende de la dirección de las superficies receptoras (muros y vanos de fachada en contacto con el aire y cubiertas y tragaluces en contacto con el aire) y el porcentaje entre las superficies opacas (paredes) y ventanas."

Además, establece que "...para efectos térmicos, en las zonas térmicas ZT1, ZT2 y ZT3 se recomienda que las fachadas principales tengan orientaciones Este y Oeste ya que maximizan la ganancia solar directa en la mañana o en la tarde" (NEC-11, 2011).

Se determinan los porcentajes de relación de superficie de ventanas y superficie total según

Zona Climática	Orientación		
	N-S	NO-SO-NE-SE	E-O
ZT1	20	35	50
ZT2	30	35	50
ZT3	40	35	30
ZT4	40	35	25
ZT5	40	30	20
ZT6	40	30	20

Zona Climática	Orientación		
	N-S	NO-SO-NE-SE	E-O
ZT1	40	55	70
ZT2	50	55	50
ZT3	60	50	40

Tabla 6: Relación máxima de superficie de Fuente: SunEarthTools.com.

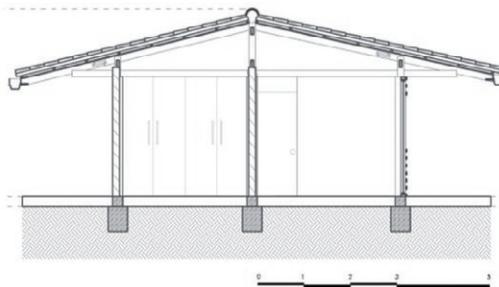


Imagen 21: Esquema de protección solar. Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

la zona climática, y que para el caso en estudio es ZT3, con porcentajes máximos de 30 a 40% cuando se usa vidrio monolítico (SGCH<0.85; U<5.4) ó (SGCH<0.85; U<3.8), respectivamente. (Ver tabla 6).

El cálculo de porcentaje de ventanas de la vivienda se resume en los siguientes cuadros:

FACHADA ESTE			
Descripción	Largo (m)	Alto (m)	Área (m2)
VP - 1	2.80	2.40	6.72
V - 2	1.37	0.80	1.01
VP - 3	2.80	2.40	6.72
VP - 4	2.80	2.40	6.72
Área total acristalada			21.17
Área de la fachada			35.00
Porcentaje ventana / fachada			60.49%

FACHADA OESTE			
Descripción	Largo (m)	Alto (m)	Área (m2)
V - 1	1.90	1.20	2.28
P - 2	0.90	2.40	2.16
VP - 3	2.08	2.40	4.99
V - 4	1.34	0.80	1.07
Área total acristalada			10.50
Área de la fachada			35.00
Porcentaje ventana / fachada			30.00%

Según los datos se observa que el porcentaje de relación de ventanas en el fachada Oeste cumple con el máximo permitido en la norma; no así en la fachada Este, donde el valor sobrepasa el índice permitido y por lo cual se hace necesario realizar una propuesta de mejoramiento.

Para la optimización de radiación solar en zonas frías se requiere (NEC-11, 2011):

- Almacenar la radiación solar en elementos macizos de materiales como hormigón, piedra o arcilla cuya inercia permita la acumulación de calor en la fachada o muros interiores. Este calor se restituye paulatinamente por convección y radiación en las horas nocturnas.

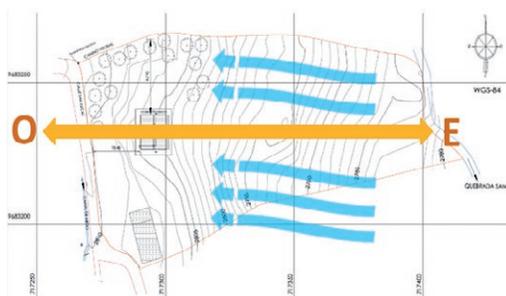


Imagen 22: Esquema de dirección del viento. Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

- Limitar los intercambios de temperatura con el exterior reduciendo la superficie en la envolvente, reforzando el aislamiento térmico y disminuyendo el movimiento del aire.

Si bien es cierto que la fachada Este excede la relación de superficie de ventanas sugerida en la norma, existen elementos que se incluyen en la vivienda y que permiten mejorar la protección solar: cuenta con aleros de 2.4m de longitud aproximadamente y corta soles fijos en la parte inferior y superior de puertas y ventanas que ayudan a filtrar los rayos solares. (Ver Imagen 21).

5. CÁLCULO DE NECESIDADES DE VENTILACIÓN

La orientación de la vivienda permite aprovechar la dirección de corriente de aire existente en el lugar ya que las ventanas se encuentran en las elevaciones Este y Oeste. La dirección predominante del viento es en dirección este – oeste. (Ver Imagen 22).

5.1. Determinación de caudales de ventilación.

Se consideran las siguientes determinantes para el cálculo:



Imagen 23

Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

Área	Índice	Caudal mín. (l/s)	Caudal Ad. (l/s)	Caudal Ad. Cor. (l/s)	Caudal Ext. (l/s)
Dormitorio 1	2 per.	5	10	20.00	
Dormitorio 2	1 per.	5	5	10.00	
Sala	3 per.	3	9	17.79	
Comedor	3 per.	3	9	17.79	
Cocina	9.50m ²	2/m ²			19
Lavandería	-	15 l/s			15
Baño 1	-	15 l/s			15
Baño 2	-	15 l/s			15
Vestidor		2.25m ²	0.7		15
Sum.caudales			33		65.58
Eq. caudales				65.58	65.58

Cuadro 7: Cálculo de caudales.

Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

Recintos secos (impulsión): dormitorio principal doble (2 personas), dormitorio hijo (1 persona), sala y comedor (3 usuarios para cada uno).

Recintos húmedos (expulsión): dos baños, cocina de 9.50m² (por las actuales condiciones de cambio energético existentes en el país se considera la utilización de sistema de cocción por inducción), lavandería, vestidor de 2.25 m² de área útil. (Ver Imagen 23 y Tabla 7).

5.2. Diseño de aberturas.

Los valores mínimos del área total de las aberturas de ventilación están definidos por la siguiente tabla: (Ver Tabla 8).

Los cálculos del área mínima de ventanas para la vivienda en estudio son: Ver tabla 9).

6. ANÁLISIS DE LA VENTILACIÓN,

propuestas de mejoras y su fundamento

6.1. Verificación del cumplimiento de ventilación y calidad de aire según norma nec-11

Aberturas de ventilación	Aberturas de admisión	14*qv ó 4*qva
	Aberturas de extracción	4*qv ó 4*qve
	Abertura de paso	70cm ² ó 8*qvp
	Aberturas mixtas 2	8*qv

Tabla 8: Área efectiva de las aberturas de ventilación.

Fuente: SunEarthTools.com.

Área	N° de ocupantes o superficie	Abertura de Ad. 4qva (cm ²)	Abertura de Ex. 4qve (cm ²)
Dormitorio 1	2 per.	80.00	
Dormitorio 2	1 per.	40.00	
Sala	71.16		
Comedor	3 per.	71.16	
Cocina	9.50m ²		76.00
Lavandería	-		60.00
Baño 1-		60.00	
Baño 2-		60.00	
Vestidor	2.25m ²		6.32

Tabla 9: Cálculo de área de aberturas.

Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

Necesidad de aire	lit/s por persona	ppm (partes por millón en volumen)
Muy buena calidad	20	350
Calidad media	10	650
Baja calidad	5	1200

Imagen 24: Caudales mínimos de aire por persona y concentración máxima permisible de acuerdo a calidad de aire necesaria.

Fuente: NEC-11.

La NEC-11 establece que se debe considerar un sistema de ventilación de acuerdo al número de personas previstas y a la concentración de CO₂, privilegiando el uso de ventilación natural. Los límites mínimos de aire por persona y máximo de concentración de CO₂ se determinan en la siguiente tabla: (Ver Imagen 24).

Las viviendas se encuentran dentro de la Clase B, que requiere una calidad media de aire, es decir, de mínimo 10lit/s por persona; lo cual se cumple en la edificación en estudio según los valores del caudal de admisión corregido de la tabla (Tabla 13).

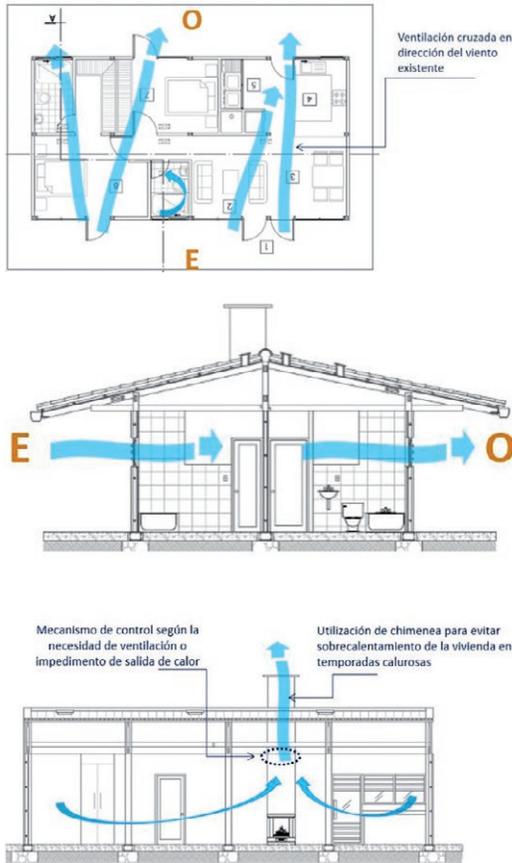


Imagen 25: Esquemas de ventilación.

Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

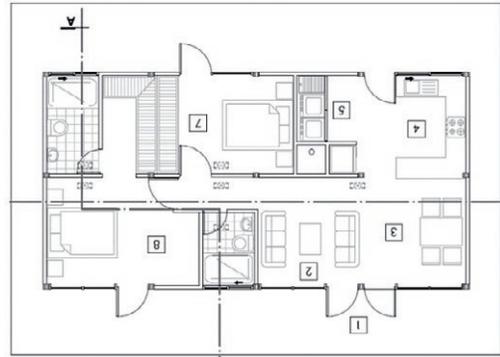


Imagen 26: Ubicación de ventanas para iluminación natural.

Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

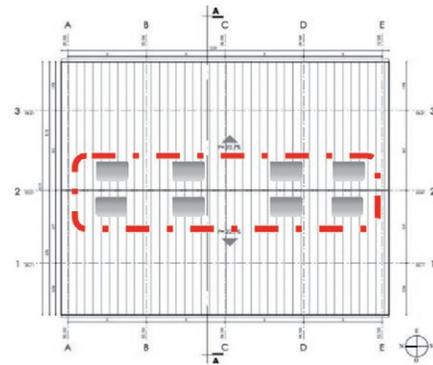


Imagen 27: Ubicación de claraboyas de iluminación.

Fuente: Bustillos D., Idrovo D.

6.2. Propuestas para mejorar la ventilación y su fundamento

Con la finalidad de provocar una ventilación cruzada se deberán disponer de aberturas de admisión (ventoleras inferiores) en la elevación este de la vivienda, donde se ubican las áreas sociales y dormitorio; y aberturas de extracción (ventoleras superiores) en la elevación oeste, donde se encuentran las zonas de cocina, lavandería y uno de los baños. Hay que garantizar que las juntas de las puertas interiores permitan el paso del caudal de aire.

Para mejorar la circulación de aire se pueden colocar aberturas adicionales tipo "chimenea" y utilizar la existente con mecanismos que permitan controlar la abertura de las mismas, ya que la ventilación disminuye la sensación de calor debido a su efecto evaporativo sobre la piel, permitiendo regular la temperatura en el interior de la vivienda en días

calurosos. En temporadas frías se debe procurar, en cambio, que no haya pérdida de calor por efecto de infiltraciones y circulación excesiva de aire. (Ver Imagen25).

7. ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN NATURAL Y PROPUESTAS DE MEJORA Y SU FUNDAMENTO.

El sistema de iluminación planteado cumple con lo establecido para alcanzar un ambiente visual aceptable. La iluminación de la casa se ha realizado de modo que satisfaga las exigencias mínimas tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Confort visual, que permita mantener un nivel de bienestar sin que se afecte el rendimiento ni la salud de los ocupantes de la edificación.
- Prestación visual, mediante el cual los ocupantes sean capaces de realizar sus tareas visuales, incluso

en circunstancias difíciles y durante periodos largos de tiempo.

- Seguridad, a través de la utilización de equipos normalizados y eficientes. (Ver Imagen 26).

7.1. Verificación del cumplimiento de iluminación natural la nec-11

La normativa existente considera que el factor de luz natural no debe caer por debajo del 3% en el plano de trabajo a 3m desde la ventana y a 1m desde las paredes laterales.

La vivienda en estudio cuenta con ventanas tipo piso – techo, por lo cual aprovecha de sobremanera la iluminación natural; además, cuenta con aleros de 2.4m de largo que constituyen una pantalla que evita el deslumbramiento, así como listones fijos horizontales en las ventanas que filtran los rayos de luz solar.

7.2. Propuestas para mejorar la iluminación natural y su fundamento.

La iluminación cenital en el Ecuador es particularmente eficiente y es la que proporciona mayor claridad con gran uniformidad proporcionando gran confort visual al interior. (Ver Imagen 27).

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Según el análisis de los diferentes parámetros realizados en la vivienda se hace evidente la insuficiencia en ciertos aspectos y el cumplimiento de otros, por lo que es necesario que se tomen en cuenta todos los requerimientos durante el proceso de diseño y planeamiento con la finalidad de que se cumplan con todos los índices dispuestos en la normativa nacional, así como en normas internacionales.
- Uno de los mayores problemas en cuanto a la falta del empleo de técnicas eficientes energéticamente en las viviendas es que no existe conciencia ambiental en la sociedad en general y por ende no se valora todavía el empleo de materiales de bajo impacto ambiental, de sistemas que contribuyan a la eficiencia energética, etc; y se evalúa solamente según el costo monetario a corto plazo y mas no por los beneficios ambientales e inclusive económicos a largo plazo.
- Es necesario que se realice la verificación y comprobación de las normativas existentes en el país referentes a eficiencia energética, ya que al encontrarse en un nivel de aplicación muy prematuro existe la posibilidad de que estos

requerimientos no se encuentren adaptados a los requerimientos y condiciones climáticas, económicas y sociales locales.

- Es indispensable la elaboración y aplicación de un marco normativo y de control exhaustivo por parte de las autoridades y entidades relacionadas con la finalidad de convertir a los parámetros de eficiencia energética y confort en un común denominador de todas las nuevas edificaciones.

9. REFERENCIAS

- CEDEX. (2009). Documento Básico HE. Ahorro de energía. Madrid.
- Cooperación de desarrollo tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción. (Septiembre de 2008). Manual técnico Aislación Térmica Exterior. Santiago de Chile, Chile: I.S.B.N: 978-956-7911-10-3.
- Insituto de la Construcción. (Mayo de 2012). Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos. Santiago de Chile, Chile: Sociedad Impresora R&R Ltda.
- Instituto Nacional de Normalización. (25 de Enero de 2008). NCh853. Norma Chilena Oficial. Acondicionamiento térmico - Envoltente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas. Santiago de Chile, Chile.
- Molina Castro, E. X. (2013). Estudio de consultoría sobre las afectaciones por tráfico motorizado pesado en la calle Juan Jaramillo de la Ciudad de Cuenca. Cuenca.
- NEC-11. (2011). Capítulo 13 Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador. En C. E. Construcción, Norma Ecuatorina de la Construcción. Quito, Ecuador. Recuperado el 17 de 12 de 2014
- NEC-11. (06 de Abril de 2011). Capítulo 16: Norma Hidrosanitaria NHE AGUA. Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11. Quito, Pichincha, Ecuador: Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- Onduline. (2014). Onduline. Recuperado el 26 de noviembre de 2014, de www.onduline.ec
- Sunearthtools. SunEarthTools.com. Obtenido de http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es#txtEarth_4