



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

Trabajo de grado previo a la obtención de título de arquitecto



**AUTORES:**

Pedro Antonio Avila Astudillo  
0104729157

Milton Fernando Avila Gárate  
0302795885

**DIRECTORA DE TESIS:**

Arq. Vanessa Guillén Mena  
0104436357

**ESTRATEGIAS PARA EL CUMPLIMIENTO DE INDICADORES DE  
DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN  
LA CIUDAD DE CUENCA**





---

ESTRATEGIAS PARA EL  
CUMPLIMIENTO DE INDICADORES  
DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN  
VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA  
CIUDAD DE CUENCA

---





# resumen

Como es de conocimiento global, la teoría de la sostenibilidad toma cada vez mayor importancia en el ámbito de la arquitectura, debido a que la falta de optimización de recursos es un problema mundial que se debe afrontar a toda escala posible. La construcción sustentable es un tema amplio, multidimensional e interdisciplinario, en el cual muchos factores colaboran o perjudican a la misma; uno de estos factores es el ahorro energético de las viviendas, que resulta imprescindible para alcanzar el objetivo de conservación de recursos, y por ende reducción de contaminación ambiental.

A pesar de existir una normativa ecuatoriana de la construcción, vigente, con capítulos enfatizados en eficiencia energética, se puede evidenciar que los estándares manejados por la misma, son mínimos e insuficientes para la realidad actual; si a esto se suma la falta de control y regulación al momento de la ejecución de las obras en el país, se puede evidenciar que el resultado son viviendas o edificaciones que generalmente responden más a intereses económicos, que al correcto cumplimiento de esta normativa para que las edificaciones cumplan con una buena eficiencia energética.

Ante el problema anteriormente mencionado es pertinente que sea la academia la que, de los primeros pasos para alcanzar estándares de eficiencia energética, adecuados para nuestra realidad, es así que el proyecto de investigación de la Universidad de Cuenca 'Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas' ha desarrollado indicadores energéticos para evaluar viviendas en la ciudad.

El presente trabajo busca desarrollar estrategias de eficiencia energética para el diseño de viviendas unifamiliares en la ciudad de Cuenca tomando como base los criterios de evaluación definidos en el proyecto de investigación mencionado. Uno de los indicadores que permitirá cuantificar la reducción de la demanda energética de las viviendas es el promedio de consumo de energía de la ciudad. El funcionamiento de las estrategias planteadas será corroborado mediante simulaciones virtuales aplicadas en un caso de estudio.

**Palabras Clave:** sustentabilidad, eficiencia energética, estrategias, vivienda unifamiliar, sector residencial, Cuenca.



# a b s t r a c t

As it is of global knowledge, the theory of sustainability is becoming increasingly important in the field of architecture, due to the lack of optimization of resources that is a global problem that must be faced at any scale possible. Sustainable construction is a broad, multidimensional and interdisciplinary topic, in which many factors can contribute or impair it, one of these factors is the energy saving of housing, which is essential to achieve the objective of conservation of resources, thereby reducing environmental pollution.

Despite the existence of an Ecuadorian regulation of the construction, in force, with chapters emphasized in energy efficiency, it can be shown that the standards managed by it, are minimal and insufficient for the current reality; If we add to this the lack of control and regulation at the time of the execution of the works in the country, we can show that the result are housing or buildings that generally respond more to economic interests, than to the correct fulfillment of this regulation

so that the buildings comply with a good energy efficiency.

Faced with the problem mentioned above, it is pertinent that it is the academy that, of the first steps to achieve energy efficiency standards, suitable for our reality, is so the research project of the University of Cuenca "Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas" has developed energy indicators to evaluate housing in the city.

This work seeks to develop energy efficiency strategies for the design of single-family homes in the city of Cuenca based on the evaluation criteria defined in the research project mentioned. One of the indicators that will allow to quantify the reduction of the energy demand of housing is based on the average energy consumption of the city. The operation of the proposed strategies will be corroborated by virtual simulations applied in a case study.

**Key Words:** sustainability, energy efficiency, strategies, single-detached dwelling, residential sector, Cuenca.



# índice

Introducción	27
Objetivos	29
Metodología	31

## CAPÍTULO 1

### ESTADO DE ARTE

1.1 Conceptos básicos	37
1.2 Antecedentes históricos	38
1.3 Estrategias de ahorro energético en el mundo	39
1.4 Estrategias de ahorro energético en Latinoamérica	41
1.5 Estrategias de ahorro energético en Ecuador	51
1.6 Análisis de la normativa y documentos técnicos nacionales respecto a eficiencia energética	55
1.7 Demandas y consumos energéticos en la ciudad de Cuenca	61

## CAPÍTULO 2

### DESARROLLO DE ESTRATEGIAS PARA UN MEJOR DESEMPEÑO ENERGÉTICO

2.1 Estudio de indicadores energéticos del “Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas”	70
2.2 Clima en la ciudad de Cuenca	76
2.3 Envolvente térmica	78
2.4 Iluminación	85
2.5 Electrodomésticos	98
2.6 Energía renovable	102
2.7 Agua caliente sanitaria	104
2.8 Espacios de secado	108



# í n d i c e

## CAPÍTULO 3

### EVALUACIÓN A CASO DE ESTUDIO

3.1 Estudio arquitectónico caso estudio	118
3.2 Análisis energético actual en caso estudio	123
3.3 Calificación del estado actual caso estudio con base en el "Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas"	149

## CAPÍTULO 4

### APLICACIÓN Y VALIDACIÓN DE ESTRATEGIAS

4.1 Aplicación y simulación de estrategias en caso estudio	160
4.2 Validación de resultados	193
4.3 Discusión y comparación de resultados	199

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones y recomendaciones	213
5.2 Anexos	214



## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Pedro Antonio Avila Astudillo en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “ESTRATEGIAS PARA EL CUMPLIMIENTO DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA”, 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, Diciembre 2017



Pedro Antonio Avila Astudillo

C.I.: 0104729157



## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Milton Fernando Avila Gárate en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “ESTRATEGIAS PARA EL CUMPLIMIENTO DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA”, 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, Diciembre 2017



Milton Fernando Avila Gárate

C.I.: 0302795885





## Cláusula de Propiedad Intelectual

Pedro Antonio Avila Astudillo, autor/a del trabajo de titulación "ESTRATEGIAS PARA EL CUMPLIMIENTO DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, Diciembre 2017

Pedro Antonio Avila Astudillo

C.I: 0104729157





## Cláusula de Propiedad Intelectual

Milton Fernando Avila Gárate, autor/a del trabajo de titulación "ESTRATEGIAS PARA EL CUMPLIMIENTO DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, Diciembre 2017

Milton Fernando Avila Gárate

C.I: 0302795885



# d e d i c a t o r i a

A Dios que me ha dado la fortaleza para continuar y poder llegar a este momento.

A mi abuelo Manuel (+) por haber sido un pilar fundamental en mi vida, siempre haberme brindado amor y apoyado en todo momento.

A mi familia, Edgar, Lina, Edgar, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias.

A Roxana por ser una persona incondicional en mi vida, mi mayor inspiración y por siempre con su amor buscar en mi crear una mejor persona cada día.



# d e d i c a t o r i a

A Dios por darme las fuerzas para continuar cada día.

A mi familia, especialmente a mis padres Milton y Graciela, ya que gracias a su guía, apoyo y cariño he alcanzado esta importante meta en mi vida.

A Lorena por ser mi mayor motivación para seguir adelante a pesar de las dificultades.



# agradecimientos

Nuestro agradecimiento a los docentes de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca por transmitirnos sus enseñanzas y conocimientos durante todos estos años y de manera especial a nuestra directora de tesis Arq. Vanessa Guillén, ya que gracias a su guía la realización y culminación de la presente ha sido posible.



# introducción

Alrededor del mundo entero han surgido diversas iniciativas en la búsqueda de reducir el impacto ambiental en el planeta, dentro de la arquitectura. Según el World GBC 2008, el sector de la construcción, a nivel mundial, es aquel que más potencial tiene para reducir los impactos negativos al medio ambiente, ya que con pequeños cambios, que no incurren en grandes costos de producción, sería suficiente para reducir en promedio un 30% el consumo de energía, 35% las emisiones de carbono (CO<sub>2</sub>), hasta un 50% el consumo de agua y además generar ahorros del 50% al 90% en el costo de la disposición de desechos sólidos; de acuerdo con lo anterior, las edificaciones se convierten hoy en día en uno de los principales responsables del cambio climático mundial.

Las investigaciones extranjeras de los países desarrollados han logrado aportar conocimiento, a través de estrategias y métodos de importante aceptación y reconocimiento mundial, los mismos que plantean diferentes categorías de evaluación relacionadas con los aspectos urbanos, energéticos, materiales, accesibilidad, entre otros.

Quesada (2014) refiere que el estudio de cada categoría de un método de evaluación debe ir de acuerdo a las prioridades locales, evidenciándose que la categoría de energía en general, es la que presenta mayor puntuación en diferentes métodos de evaluación aplicados en países desarrollados, debido a que sus preocupaciones son respecto a la reducción del impacto ambiental y al mantenimiento de los estándares de calidad de vida.

Se produce una brecha entre los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo, según Guillén V., Quesada, F., López, M., Orellana, M., Serrano, A., (2014), los métodos aplicados en estos últimos se centran más en temas económicos y sociales.

Debido a esta diferencia entre los métodos de certificación internacionales y las realidades de diferentes países en vías de desarrollo, surge el proyecto "Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas", ganador del XIII Concurso Universitario de Proyectos de Investigación convocado por la Universidad de Cuenca. Este proyecto tomó como referencia inicial métodos internacionales existentes, la normativa nacional y agregó aspectos de relevancia para el medio local, llegando así a 9 categorías de evaluación: urbano, agua, energía, materiales, ambiente interior, accesibilidad, seguridad estructural, gestión de mantenimiento y economía.

El aporte que la presente tesis realiza a este método está orientado a la categoría energía, teniendo en cuenta que el proyecto determinó que el promedio de consumo energético de las viviendas en Cuenca es de 201.4kWh/mes, sin embargo, se ha identificado que el consumo se puede reducir en un 46% (Baquero, M., 2016).

Por tanto, el objetivo del presente estudio es brindar las estrategias de diseño adecuadas en cada uno de los criterios de la categoría energía para que las nuevas edificaciones a construirse en la ciudad logren obtener un valor de consumo energético igual o menor al indicado.



# objetivos

## objetivo general

Establecer estrategias de diseño para el cumplimiento de indicadores energéticos establecidos en el proyecto “Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas”.

## objetivos específicos

1. Identificar la problemática energética en el sector residencial de Cuenca y revisar la categoría Energía del Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas.
2. Proponer estrategias pertinentes para el cumplimiento de indicadores energéticos de las viviendas unifamiliares en la ciudad de Cuenca.
3. Aplicación y validación de las estrategias desarrolladas en un caso de estudio





# metodología

Con la finalidad de abarcar de la manera más apropiada la presente tesis, para así cumplir con los objetivos de la misma, la metodología bajo la que se desarrolla se estructura en 5 partes, siendo estas desde la inicial hasta la final respectivamente: estado del arte, desarrollo de estrategias, análisis de caso de estudio, aplicación de estrategias y validación de resultados.





# glosario de términos y siglas

**ONU** Organización de las Naciones Unidas

**OLADE** Organización Latinoamericana de Energía

**BREEAM** Building Research Establishment Environmental Assessment Method

**LEED** Leadership in Energy & Environmental Design

**LED** Light-Emitting Diode

**PROCAE** Programa de Calidad de Artefactos Energéticos

**IRAM** Instituto Argentino de Normalización

**PDE** Plan Decenal de Expansión Energética

**PNEF** Plan Nacional de Eficiencia Energética

**PBE** Programa nacional para etiquetado de edificios

**ANEEL** Agencia Nacional de Energía Eléctrica

**EGIS** Entidades de Gestión Inmobiliaria Social

**PSAT** Prestadores de Servicios de Asistencia Técnica

**IFC** Corporación Financiera Internacional

**INEN** Instituto Ecuatoriano de Normalización

**NEC** Norma Ecuatoriana de la Construcción

**INER** Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables

**SST** Sistemas Solares Térmicos

**SFV** Sistemas Fotovoltaicos

**INEC** Instituto Nacional de Estadística y Censos

**GLP** Gas Licuado de Petróleo

**ET** Envolvente Térmica

**IN** Iluminación Natural

**IA** Iluminación Artificial

**ELEC** Electrodomésticos

**ES** Espacios de Secado

**ER** Energía Renovable

**ACS** Agua Caliente Sanitaria

**RE** Rendimiento Energético

**ASHRAE** American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

**TL** Trasmisión Luminosa

**FS** Factor Solar

**IRC** Índice de Reproducción Cromática

**IDEA** Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía



---

# CAPÍTULO 1

## ESTADO DE ARTE

---



**capítulo 1** | estado de arte**1.1 conceptos básicos****Desarrollo Sustentable**

Según Sandó (2011), el término sustentabilidad empieza a manejarse cuando organizaciones internacionales, como la ONU, realizan diferentes conferencias a nivel mundial, con el objetivo de alcanzar el bienestar para la población. Gracias a estas conferencias se ha "identificado la necesidad de reordenar y repensar el consumo de energía en el mundo, para reducir así las emisiones de gases al ambiente" (Sosa y Siem, 2004 citado en Sandó, 2011, p. 32).

La definición formulada por la Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo explica que "el desarrollo debe satisfacer las necesidades de la actualidad, de tal manera que no se llegue a comprometer la capacidad futura, para que posteriores generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades" (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente, 1987).

**Arquitectura Sustentable**

La Arquitectura Sustentable es aquella que satisface las necesidades de sus ocupantes, en cualquier momento y lugar, sin por ello poner en peligro el bienestar y el desarrollo de las generaciones futuras.

Por lo tanto, la arquitectura sustentable implica un compromiso honesto con el desarrollo humano y la estabilidad social, utilizando estrategias arquitectónicas con el fin de optimizar los recursos y materiales; disminuir al máximo el consumo energético, promover la energía renovable; reducir los residuos y las emisiones; disminuir al máximo el mantenimiento, mejorando la funcionalidad y el precio de los edificios; y mejorar la calidad de la vida de sus ocupantes (Garrido, 2010).

**Eficiencia Energética.**

La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), define a la eficiencia energética como un conjunto de acciones que permiten emplear la energía de manera óptima, incrementando la competitividad de las empresas, mejorando la calidad de vida, reduciendo costos y al mismo tiempo, limitando la producción de gases de efecto invernadero.

## capítulo 1 | estado de arte

### 1.2 antecedentes históricos

En los años 70 inició la búsqueda del uso racional de recursos y eficiencia energética, los países desarrollados sintieron la necesidad de cambiar su dependencia petrolera debido a factores que producían constante incertidumbre, como el precio y cantidad. Europa y Japón dieron los primeros pasos en la búsqueda de nuevas fuentes energéticas y uso eficiente de la energía. El sector industrial fue prioridad, aunque la normativa también se enfocó en el sector residencial, sin limitarse a una mejor eficiencia de los equipos, sino también a la edificación misma, controlando desde el proceso de construcción, materiales y el uso de los espacios. Estas iniciativas en búsqueda de eficiencia energética se han intensificado, desde que se han producido alertas relativas al cambio climático, con graves consecuencias para la humanidad (Guzmán, 2009).

Un lento proceso de toma de conciencia a nivel mundial, resultó en firmas de tratados y una serie de protocolos para la preservación del medio ambiente. El protocolo de Kyoto es uno de los más reconocidos a nivel mundial, establecido en 1997, entró en vigor en el año 2005. En este tratado los países industrializados se comprometieron a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero hasta el año 2012 en un 5%, respecto a los niveles de 1990, sin embargo, no se ha tenido el éxito esperado (Guillén, Quesada, López, Orellana, Serrano, 2014, p.65).

Guzmán (2009) refiere que en la época actual debido al agotamiento a mediano plazo de los recursos naturales y a la crisis inmobiliaria se mantiene el interés por el tema, evidenciándose con la aparición de una serie de normas y reglamentos en numerosos países, muchas veces impulsados por la promoción y el financiamiento de organismos internacionales.

El sector de la construcción, consume alrededor del 40% de la energía primaria y es responsable del 40% de emisiones de CO<sub>2</sub>. Durante los últimos 35 años, el sector residencial ha consumido alrededor del 25% de la energía como promedio mundial. Buscando combatir esta situación, iniciativas tales como: "Green House", "Zero Energy House", "Low Energy House" en 1980 y "Passive House" en 1990 tuvieron gran notoriedad contrarrestando los problemas de la crisis energética. Sin embargo, es en el Reino Unido, en el año de 1990, donde surge el primer método de evaluación de desempeño de edificios, bajo el nombre de Breeam; operado por Building Research Establishment, fue un gran paso en la búsqueda de una forma más eficiente para la construcción (Guillén, et al., 2014), refieren que sirvió de ejemplo para que países como Canadá, Nueva Zelanda, Noruega, Singapur, Hong Kong, Estados Unidos; desarrollaran esquemas similares.

**capítulo 1** | estado de arte

### 1.3 estrategias de ahorro energético en el mundo



FIG 01

La búsqueda del ahorro energético en el campo de la construcción, resultó finalmente en una serie de normativas o reglamentaciones a cumplir en diferentes países, unas más estrictas que otras, sin embargo, también se han desarrollado guías o estándares que por su amplia efectividad han logrado traspasar fronteras, obteniendo gran notoriedad a nivel global. Tal es el caso del estándar de rendimiento energético conocido como *Passive House*, cuya metodología se ha aplicado en diferentes partes del mundo, alcanzando una cifra cercana a 40000 edificaciones alrededor de todo el mundo (International Passive House Association, 2017).

Adicionalmente al desarrollo de estándares, también han surgido los métodos de certificación, iniciativas que tienen como finalidad principal medir el nivel de sostenibilidad de la edificación en diferentes categorías, entre ellas la energía, para posteriormente calificar al inmueble con niveles aceptables o altos de sostenibilidad.

Por alto prestigio con que algunos métodos cuentan en muchos países, especialmente en aquellos desarrollados, se puede distinguir que cada día existen más edificaciones que buscan certificarse con los niveles más altos en estos métodos, incentivando al sector constructivo a ser más responsable y plantear soluciones de sostenibilidad en sus obras considerando el ahorro energético.

## capítulo 1 | estado de arte

Entre los métodos de mayor expansión y prestigio está BREEAM y LEED, por lo cual a continuación se analizará casos de viviendas que cuentan con una alta calificación en dichos métodos.

### Villa Moraira

Esta vivienda unifamiliar se encuentra en la localidad de Teulada en Alicante (España), su construcción inició en el año 2014, cuenta con una puntuación del 74.27% equivalente a excelente, según el método de certificación BREEAM, la segunda mejor calificación contemplada por el mismo. Dentro de las estrategias más destacadas para reducir los consumos energéticos se encuentran:

- Utilización de un sistema de ventilación mecánica con recuperación de calor.
- Recuperar el calor del agua gris para calentar el agua caliente sanitaria.
- Medidas de eficiencia energética para el diseño de iluminación interna y externa, como la instalación de lámparas LED controladas por un sistema domótico y utilización de electrodomésticos eficientes.
- Utilización de paneles de fibra de madera certificados para aislamiento acústico y térmico.

El método BREEAM asegura que la vivienda logra una reducción de la demanda de energía en un 84% y un 72% para enfriamiento. (BREEAM, 2017).

### Casa Kantor

Ubicada en New Canaan, Connecticut (USA), con un tamaño de 464 m<sup>2</sup>, cuenta con la calificación platinum, la más alta según el método de certificación LEED, se la considera autosustentable, en donde se utilizó las siguientes estrategias:

- Aislamiento térmico con espuma de aerosol para reducir la pérdida de calor en paredes y techumbre. También utilización de ventanas de triple acristalamiento que cumplen los estándares Energy Star.
- Calefacción de pisos por sistema de suelo radiante y calentamiento pasivo de losas por correcta orientación con respecto al sol.
- Energía solar térmica para calentar un tanque de almacenamiento de agua de 1000 galones, el cual, al funcionar como una batería enorme, calienta a su vez: los pisos radiantes, dos manipuladores de aire, un segundo tanque de almacenamiento más pequeño para agua caliente sanitaria y la piscina.
- La utilización de biomasa para tener una primera fuente de calor de respaldo y una segunda fuente de calor de respaldo a base de propano de condensación de lata eficiencia en caso de que los paneles solares y la biomasa no sea suficiente.
- Aire acondicionado de alta eficiencia que utiliza el mismo sistema de distribución de conductos de aire que se utiliza para calentar la casa.
- Iluminación eficiente en toda la casa ya sea LED o CFL y utilización de electrodomésticos clasificados en la categoría Energy Star.
- Energía solar fotovoltaica de 10.8kw (BPC Green Builders, 2017).

**capítulo 1** | estado de arte

## 1.4 estrategias de ahorro energético en Latinoamérica



La preocupación por una correcta eficiencia energética en el sector residencial ha tenido un gran crecimiento en los últimos años y gracias a la globalización se ha podido expandir por la mayoría de los países del mundo, por lo que, es muy importante hacer hincapié en estrategias de eficiencia energética que se han desarrollado en Latinoamérica, esto ayuda a evidenciar los procesos y resultados que se están dando en países cercanos a la realidad Ecuatoriana.

Como expresan Carpio y Coviello (2013), algunos países latinoamericanos han tenido un exponencial crecimiento en el tema referente a eficiencia energética, creando normativas y estrategias que han expuesto muy buenos resultados, así como también, existen otros países que no han obtenido los resultados esperados.

De igual manera los autores expresan que entre los países latinoamericanos con mayores avances en temas de eficiencia energética y normativa enfocada al sector residencial y construcciones, se encuentra Argentina, Brasil, Chile y Colombia, de los cuales vale la pena rescatar muchas acciones que han realizado.

FIG 02

## capítulo 1 | estado de arte



Argentina.

En el caso de Argentina, se puede hablar de estrategias a nivel de país, para poder incentivar y mejorar la eficiencia energética en el sector residencial, éstas se ven impulsadas por la implementación de normas, las que son desarrolladas por ministerios o secretarías encargadas, como es el ejemplo de la Secretaría de Energía, actor principal en el área energética.

Existe también el PRONUREE (Programa Nacional de Uso Racional y Eficiencia Energética), que se aprobó en Diciembre del 2007. En

FIG 03

referencia a este programa, Carpio y Coviello (2013), en su libro cuentan que tiene como principal objetivo el declarar de interés y prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía, de forma que se pueda establecer a la eficiencia energética como una actividad de carácter permanente a mediano y largo plazo, convirtiéndose así en un componente imprescindible de la política energética y la preservación del medio ambiente. Se incluyó también la implementación de lámparas de bajo consumo en el sector residencial.

Otra actividad importante desarrollada por la Secretaría de Energía es el Programa de Calidad de Artefactos Energéticos (PROCAE), cuyo objetivo principal es reducir el consumo general de energía eléctrica mediante la utilización de artefactos eléctricos más eficientes, por medio de un sistema de etiquetado de eficiencia energética. El ente encargado de preparar normas para este sistema de etiquetado es IRAM (Instituto Argentino de Normalización).

Como se puede observar en lo mencionado anteriormente, en lo que respecta al contexto institucional y administrativo del gobierno argentino, se han tomado una serie de medidas, que sirven como punto de partida para investigaciones y planteamiento de estrategias dentro del país.



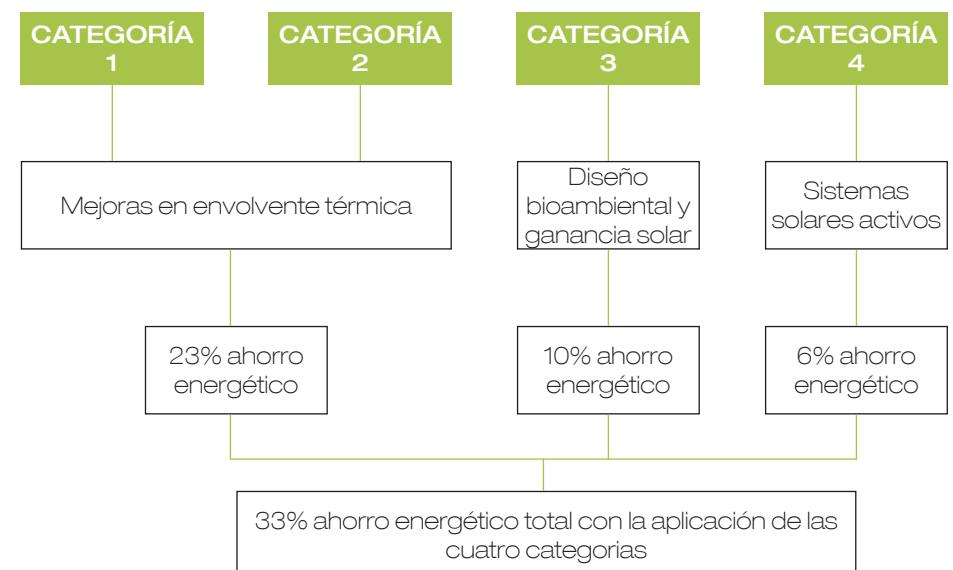
## capítulo 1 | estado de arte

De esta manera se constata que, en una de sus investigaciones llevadas a cabo, plantean analizar el desarrollo de medidas para reducir la demanda de energía de una vivienda social convencional en 8 regiones ambientales. De manera que, para poder hacer un correcto planteamiento de estrategias, uno de los proyectos de investigación obtuvo los niveles de consumo de las viviendas del país, en donde el sistema de gas centralizado representa el 70% del consumo total de una vivienda (ver tabla 01), (Shiller y Martin, 2014):

CONSUMO DE VIVIENDAS		
Gas de redes	Fuentes Combustibles	Energía Eléctrica
70%	6%	24%
Calefacción, agua caliente y cocción		Iluminación, artefactos y electrodomésticos

T01: CONSUMOS VIVIENDAS

Posterior al análisis y obtención de estadísticas de consumos en el sector residencial, presentan las estrategias en cuatro categorías, en donde se identifica que, aplicando mejoras a la envolvente térmica, procurando las ganancias solares e incluyendo sistemas solares activos, se puede reducir hasta un 33% de consumo energético total (ver tabla 02).



T02: CATEGORIAS ESTRATEGIAS

## capítulo 1 | estado de arte



Brasil

Según Carpio y Covello (2013) el país cuenta con programas de eficiencia energética como “PROCEL Edifica”, encargado de promover el confort ambiental en edificios nuevos y existentes. Debido a que el consumo de electricidad en el sector residencial es alrededor del 45%, para contrarrestar este consumo, el programa fue el principal actor en el desarrollo de criterios para etiquetado de edificios con características nacionales, cuyo objetivo es mejorar los niveles de sostenibilidad.

El programa nacional para etiquetado de edificios, conocido como

FIG 04

PBE, cumple con las normas del Ministerio de Minas y Energía, el Plan Nacional de Energía 2030, el Plan Decenal de Expansión Energética 2006-2017 (PDE), y también con el Plan Nacional de Eficiencia Energética (PNEF), así como también con una serie de características siendo estas las siguientes (ver tabla 03):

CARACTERÍSTICAS PBE		
CRITERIOS	PBE	MÉTODOS
RTQ-C (2009)		Norma técnica de nivel de calidad de EE para edificios
RTQ-C (2010)		Norma técnica de nivel de calidad de EE para edificios
		Reglamento de evaluación de la conformidad

T03:CARACTERISTICAS PBE

Otro accionar del PBE es reducir el consumo de electricidad y costos del país, brindando a los usuarios información sobre el consumo energético de equipos y productos, los requisitos obligatorios sobre el rendimiento de los productos están basados en los niveles mínimos de eficiencia energética del Comité de Indicadores y Niveles de Eficiencia Energética.



## capítulo 1 | estado de arte

El país también posee una herramienta de simulación, desarrollada por PROCEL Edifica, este software llamado Thermoenergetic\_Domus Procel Edifica, es un programa que se encuentra adaptado para las regulaciones del PBE, puede realizar análisis y métodos de simulación, con la emisión de un sello virtual, sin valor jurídico. Para que la etiqueta sea válida debe ser emitida por un Organismo Internacional de Acreditación (OIA), (Carpio, Claudio y Coviello, Manlio, 2013).

Como afirman Carpio y Coviello, otra línea de acción por parte del gobierno brasileño se ha producido mediante la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL), donde, desde el 2008 al 2012, se han podido registrar 926 proyectos de eficiencia energética presentados por empresas de distribución eléctrica, que han representado un ahorro energético de 2,5 millones MWh/año.

Los autores concluyen que Brasil ha llevado a cabo varios programas de eficiencia energética, donde se estima que con la aplicación de los mismos se llegue a reducir el consumo energético del 30% en edificaciones existentes y hasta del 50% en edificaciones nuevas.



Chile

El sector residencial representa el 23% del consumo total de energía en el país; por lo tanto, si se llega a producir una reducción significativa en la demanda energética en el sector mencionado, tendría un importante impacto para el país (Celis, García, Trebilcock, Escorcia, Bruscato y Diaz, 2012).

Como una de las respuestas al consumo producido por el sector residencial, se han desarrollado una serie de estrategias y normativas de eficiencia energética, uno de los ejemplos más importantes es una "Guía de Diseño para la Eficiencia Energética

## capítulo 1 | estado de arte

en la Vivienda Social”, donde uno de los principales objetivos es elevar los estándares de construcción de las viviendas sociales, de forma que el elemento energético deje de ser un lujo, convirtiéndose en otro elemento de calidad exigible.

Este manual lo desarrollaron con la intención de que sirva de apoyo técnico a las Entidades de Gestión Inmobiliaria Social (EGIS), y a los Prestadores de Servicios de Asistencia Técnica (PSAT), encargados de la elaboración de los proyectos habitacionales, en asesoría a las familias más vulnerables. La aplicación de las recomendaciones incluidas en esta guía, permitirá generar soluciones arquitectónicas y constructivas con mejores condiciones de habitabilidad, menores consumos de energía e impacto al medioambiente, lo que da como resultado menores costos de mantención de la vivienda (Bustamante, Waldo, 2009).

El gobierno chileno cuenta también con una serie de programas que buscan impulsar la eficiencia energética, para que sean accesibles a todos los usuarios, siendo éstos los siguientes (ver tabla 04):

PROGRAMAS	CARACTERÍSTICAS
En-lighten	Hogares chilenos cuenten con iluminación eficiente
Vive con Buena Energía	Entrega 10.000 subsidios para el reacondicionamiento térmicos de viviendas sociales
Iluminate con Buena Energía	Entregaron más de 2.800.000 de lámparas eficientes en hogares vulnerables

T04:PROGRAMAS EFICIENCIA ENERGÉTICA

Las normativas, estrategias y guías de eficiencia energética dentro de Chile han sido mejoradas de manera continua, debido a los desastres naturales (terremotos), que han ocurrido en el país, los chilenos en muchas ocasiones se han visto obligados a reconstruir ciudades enteras.

Con este antecedente, Celis, et al. (2012), expresan que el desarrollo en la zona centro-sur de Chile, que ha podido cubrir con las demandas habitacionales, con viviendas de tipologías y sistemas constructivos similares principalmente, luego del terremoto del año 2010 en donde se tuvo que reconstruir esta zona que fue la afectada, han podido aplicar la normativa técnica, logrando una mejora considerable en beneficios térmicos de las edificaciones, lo que ha resultado en una mayor reducción de la demanda energética.



## capítulo 1 | estado de arte

Se puede evidenciar también que la normativa chilena ha sufrido cambios a lo largo de los años, siendo parte de un proceso evolutivo, para garantizar un diseño integrado donde exista eficiencia energética con un adecuado confort (ver tabla 05).

NORMA	CARACTERÍSTICAS
Norma térmica incluida en la OGUC (2000)	Se aplicaba exclusivamente al complejo de techumbre de las viviendas
Norma térmica incluida en la OGUC (2007)	Se incluyeron limitaciones a la transmitancia térmica de muros, pisos y vanos vidriados (artículo 4.1.10 de la OGUC). Se dividió el país en 7 zonas térmicas
Normativa Chilena (2015)	Cambios en base al tipo de parque inmobiliario residencial, predominancia de vivienda unifamiliar aislada, mayor atención en la envolvente de suelos y techos. Propone también mejoras para la época de invierno, busca aumentar el aislamiento térmico y reducir el consumo de calefacción.

T05 NORMATIVA

Chile se puede tomar como un ejemplo a seguir en lo que concierne a normativas y desarrollo de manuales de EE, ya que han demostrado tener grandes avances con muy buenos resultados.



FIG 06

Colombia

En el año 2011, la construcción y las edificaciones en Colombia, tuvieron un muy importante giro, debido a que se firmó un convenio entre el gobierno y la Corporación Financiera Internacional (IFC), buscando reducir las emisiones de carbono y disminuir el impacto del cambio climático, siendo prioridad el sector residencial. Colombia fue seleccionada como país piloto, donde se buscó implementar la promoción de la construcción sostenible.

“La elección de Colombia como piloto para este proyecto, se basó en los resultados de un estudio inicial elaborado por consultores de

## capítulo 1 | estado de arte

la IFC, según los cuales, en el país están dadas las condiciones para implementar “códigos” de construcción sostenible, reducir significativamente las emisiones de carbono, promover el uso eficiente de agua y aportar a la mitigación del impacto del cambio climático” (Peraza, José y Gutiérrez, Juliet, 2014, p.19).

Lamentablemente este tratado no tuvo la trascendencia que se esperó, ya que en el año 2014 el país experimentó su mayor crecimiento de demanda energética con 63,571 GWh. Este aumento se dio principalmente en el sector residencial, motivo por el cual el gobierno tomó acciones para mejorar sus regulaciones de eficiencia energética.

Las regulaciones o programas por parte del gobierno colombiano buscan promover la construcción sostenible, mejoramiento de la eficiencia energética, desarrollo de estrategias para el diseño y construcción de edificaciones de la siguiente manera (ver tabla 06):

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible	Constructora, creando un entorno responsable con el ambiente y el bienestar de los ciudadanos, los principales ejes de trabajo son; educación, política pública, gestión técnica, comunicaciones y mercadeo
Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes no convencionales.	Crear un enfoque de estrategias que estén orientadas hacia la disminución de la intensidad energética y al mejoramiento de la eficiencia energética de los sectores de consumo
Sello Ambiental Colombiano para Edificaciones Sostenibles (SAC-ES)	Enfoque en establecer las estrategias para el diseño y construcción de edificaciones, la siguiente fase de este sello será la operación normalizada para el cumplimiento de estas estrategias
Sistema de Información de Eficiencia Energética y Energías Alternativas	Poner a disposición de las personas en general información actualizada y estudios llevados a cabo por la Unidad de Planificación de Micro Energía en el tema de uso racional y eficiente de energía, así como también en fuentes de energía no convencionales para que puedan ser usadas para la preparación de la política energética.
Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)	Estudia y adopta normas basándose en estándares internacionales, difunde estas normas; posee una importante limitación ya que no existe obligatoriedad en la aplicación de estas normas, por último otorga certificaciones, pero no reglamenta sobre temas de calidad y eficiencia.

T06:REGULACIONES Y PROGRAMAS

**capítulo 1** | estado de arte

En la tabla 07, se puede ver que, en los países estudiados de América Latina, las proyecciones para el año 2025, indican una reducción de su consumo energético entre un 20% y 30% aplicando programas de eficiencia energética, normativas o

regulaciones y hasta en algunos casos manuales de construcción sustentable. Sin embargo, para que ello sea posible, es necesario que se cuente con actores claves como instituciones estatales.

NORMA	ARGENTINA	BRASIL	CHILE	COLOMBIA
Reducción consumo energético proyección año 2025	30%	25%	20%	30%
Programas eficiencia energética	Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía, Programa de Calidad de Artefactos Energéticos	Programa de Eficiencia Energética, Plan Nacional de Energía 2030, Plan Decenal de Expansión Energética 2007-2016, Plan Nacional de Eficiencia Energética.	Programa País Eficiencia Energética, En-lighten, Vive con Buena Energía, Ilumíname con Buena Energía	"Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes no convencionales, Sello Ambiental Colombiano para Edificaciones Sostenibles (SAC-ES)"
Normativa o regulaciones	Instituto Argentino de Normalización	Norma técnica de nivel de calidad de EE para edificios residenciales RTQ-R (2010), Reglamento de evaluación de la conformidad.	Ley Ministerio de Energía, N° 20.402	Ley 697
Manuales de eficiencia energética	Manual práctico del aislamiento térmico para una construcción sustentable		Guía de diseño para la Eficiencia Energética de la Vivienda Social	
Actores clave eficiencia energética	Instituto Argentino de Normalización, Instituto Nacional de tecnología Industrial, Fundación Vida Silvestre	Ministerio de Minas y Energía, PROCEL Edifica, Sello CONPET, Programa Brasileño de etiquetado	Ministerio de Energía división Eficiencia Energética, Agencia Chilena de Eficiencia Energética, Superintendencia de Electricidad y Combustibles	Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, Sistema de Información de Eficiencia Energética y Energías Alternativas, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación

T07: RESUMEN PLANES, PROGRAMAS

## capítulo 1 | estado de arte

Posterior al estudio de los cuatro países de América Latina, se puede identificar los principales problemas que se presentan en la vivienda, en donde se constata

que los electrodomésticos, espacios de secado, energía renovable y demanda energética son conflictos comunes (ver tabla 08).

PROBLEMAS	ARGENTINA	BRASIL	CHILE	COLOMBIA
ENVOLVENTE TÉRMICA ORIENTACIÓN	✓	✗	✓	✓
ENVOLVENTE TÉRMICA GANANCIAS SOLARES	✓	✗	✓	✓
AISLANTE TÉRMICA CUBIERTA	✓	✗	✓	✗
AISLANTE TÉRMICA PAREDES	✓	✗	✓	✗
AISLANTE TÉRMICA VANOS	✓	✗	✓	✗
ILUMINACIÓN NATURAL	✓	✓	✓	✓
ILUMINACIÓN ARTIFICIAL	✓	✓	✓	✓
ELECTRODOMÉSTICOS	✗	✗	✗	✗
ESPACIOS DE SECADO	✗	✗	✗	✗
ENERGÍA RENOVABLE	✗	✗	✗	✗
AGUA CALIENTE SANITARIA	✓	✗	✓	✓
DEMANDA ENERGÉTICA	✗	✗	✗	✗

T08: PROBLEMAS VIVIENDAS

**capítulo 1** | estado de arte

## 1.5 estrategias de ahorro energético en Ecuador



### Ecuador

En el año 2009 se produjo uno de los primeros pasos importantes en el país buscando un acercamiento a la eficiencia energética, por medio de la publicación de un Registro Oficial del Ecuador; el Decreto N° 1681, el mismo que indica:

“Que, el artículo 413 de la Constitución de la República establece que el Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.”

Paralelamente a este decreto, en el mismo año, se desarrolló la Norma NTE INEN 2506 “Eficiencia Energética en Edificaciones” que impulsó una serie de normativas relacionadas al consumo energético en el sector residencial, buscando mejorar la EE en el país, las mismas se detallan en el siguiente cuadro (ver tabla 09):

FIG 07

## capítulo 1 | estado de arte

NORMAS	TÍTULO	AÑO
RTE INEN 035	Eficiencia energética en artefactos de refrigeración de uso doméstico. Reporte de consumo de energía, métodos de prueba y etiquetado	2009
RTE INEN 035	Eficiencia energética. Lámparas fluorescentes compactas. Rangos de desempeño energético y etiquetado	2013
RTE INEN 072	Eficiencia energética de acondicionadores de aire sin ductos, requisitos	2013
RTE INEN 077	Eficiencia energética de lavadoras electrodomésticas de ropa. Límites, métodos de prueba y etiquetado	2013
NTE INEN-ISO 13790	Eficiencia energética de los edificios. Cálculo del consumo de energía para calefacción y refrigeración de espacios (ISO 13790:2008 IDT)	2014
RTE INEN 111	Eficiencia energética. Máquinas secadoras de ropa. Etiquetado	2015
RTE INEN 117	Eficiencia energética en televisiones. Reporte de consumo de energía, método de ensayo y etiquetado	2015
RTE INEN 122	Eficiencia energética para hornos eléctricos. Reporte de consumo de energía, método de ensayo y etiquetado	2015
RTE INEN 123	Eficiencia energética para hornos microondas	2015
RTE INEN 124	Eficiencia energética y etiquetado de máquinas lavadora-secadora de ropa	2015
NTE INEN-ISO 16346	Desempeño energético de edificaciones - evaluación del desempeño energético general (ISO 16346:2013 IDT)	2016

De las normas mencionadas anteriormente, que sirven como pauta para esta investigación, las de mayor relevancia son las: Normas "NTE INEN-ISO 13790 Eficiencia energética de los edificios, Cálculo del consumo de energía para calefacción y refrigeración de espacios (ISO 13790:2008 IDT)" y la "NTE INEN-ISO 16346 Desempeño energético de edificaciones - evaluación del desempeño energético general (ISO 16346:2013 IDT)".

Las mismas que fueron adoptadas por el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), de las Normas Internacionales ISO; "Energy Performance of Buildings. Calculation of Energy Use for Space Heating and Cooling (ISO 13790:2008)" y "Energy Performance of Buildings – Evaluation of Overall Energy Performance (ISO 16346:2013)" respectivamente.

La norma NTE INEN-ISO 13790 presenta una serie de métodos de cálculo con diferentes niveles de detalle, para el aprovechamiento energético de recintos calefactados y refrigerados de un edificio, y la influencia de las pérdidas térmicas recuperables de los sistemas técnicos de los edificios, como sistemas de calefacción y refrigeración (Ecuador, Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2014, NTE INEN-ISO13790).

## capítulo 1 | estado de arte

De igual manera, la norma NTE INEN – ISO 16346 define los procedimientos generales para evaluar el rendimiento energético de los edificios, incluidos los sistemas técnicos de construcción, define los diferentes tipos de clasificación y los límites del edificio (ISO, 2013).

Por otra parte, el Balance Energético Nacional del año 2016 asegura que, el sector residencial es el tercer mayor consumidor energético con el 12.8% del consumo total de energía. Entonces para poder disminuir este porcentaje es necesario cambiar las formas de construcción en el país, con el objetivo de reducir el consumo energético durante la operación de la edificación.

Las principales causas de que el sector residencial sea el tercer mayor consumidor de energía, según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011), son:

- Subsidios electricidad y al GLP, constructores economizan en la inversión inicial de las viviendas, no resuelven problemas de confort.
- Desconocimiento académico en conceptos de bioclimatismo y uso pasivo de la energía solar, eólica, geotérmica, etc.
- Déficit de vivienda sumado a los niveles de pobreza, muchas edificaciones construidas economizan en materiales, por lo que no alcanzan los niveles de confort adecuados.

- Falta de un marco legal que regule la eficiencia de las edificaciones durante su vida útil.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC11), surge como una respuesta a estas deficiencias, con el objetivo de fomentar el diseño y construcción de edificaciones bajo los parámetros de eficiencia, sostenibilidad y buen manejo de recursos; estableciendo especificaciones y características técnicas mínimas que deberán ser tomadas en cuenta al momento del diseño, construcción, mantenimiento y uso de las edificaciones en el país.

Los capítulos 13 y 14 de la NEC11 han proporcionado un desarrollo significativo en indicadores para la construcción en el sector residencial, lo que reducirá el consumo de energía y de recursos; también dará paso al establecimiento de mecanismos de control adecuados, así como la verificación del cumplimiento de las mismas.

Esta serie de reglamentos y normativas han servido de impulso para que se desarrollen un gran número de investigaciones, enfocadas principalmente en planteamientos de estrategias de eficiencia energética, buscando una mayor sostenibilidad de las construcciones, así como también el mejoramiento de las construcciones existentes.

## capítulo 1 | estado de arte

Existen investigaciones relacionadas con EE que se han llevado a cabo en los últimos años, brindando un aporte importante para el país, donde se puede citar el estudio “Evaluating Thermal Comfort in a Naturally Conditioned Office in a Temperate Climate Zone” cuyo objetivo fue determinar un enfoque óptimo para evaluar el confort térmico en una oficina ubicada en Quito, que utiliza ventilación natural como principal estrategia de acondicionamiento físico.

Por otra parte, cabe resaltar también, un proyecto que se ha llevado a cabo por parte del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), donde plantean estrategias para optimizar el uso de energía, así como también, buscan mejorar las condiciones ambientales al interior de las viviendas.

Existe otra investigación: “Urban weather data and building models for the inclusion of the urban heat island effect in building performance simulation”, donde se presentan archivos que sirven de apoyo para calcular la isla de calor urbano en la simulación para el rendimiento de edificios, en la ciudad de Guayaquil.

Paralelamente se han realizado estudios enfocados en temas relacionados a eficiencia energética, arquitectura sustentable, estrategias bioclimáticas, entre otros (ver tabla 10):

AUTOR	AÑO		CIUDAD
Lobato A.	2011	Manual de estrategias bioclimáticas para Cuenca de los Andes	Zaragoza
Evans J., Schiller S	2013	Promoción de Eficiencia Energética y Uso de Energía Solar en Vivienda del Ecuador	Quito
Miño I., Lobato A., Labus J.	2013	Simulaciones energéticas como herramienta para evaluación térmica de las viviendas sociales del Ecuador: Caso Yachay	Quito
Barragán Ochoa P. A.,	2014	Estudio de caso: Diseño de viviendas ambientales de bajo costo, Cuenca (Ecuador)	Cuenca
Yépez A.	2015	Prototipos de vivienda social sostenible en Ecuador que cumplen con las certificación verde en España (GBCe)	España
Ulloa E.	2015	Eficiencia del consumo eléctrico en el sector residencial urbano de Cuenca.	Cuenca
INER	2015	Congreso-Internacional-I-D-i-en-sostenibilidad-energética	Quito
Alvear A., Sánchez H., Tapia E., Ordoñez G.	2016	Declaraciones consensuadas del Seminario-Taller: “Arquitectura Sostenible” Un enfoque sobre estrategias de diseño bioclimático: Caso Ecuador	Cuenca
Baquero M., Quesada F.	2016	Eficiencia energética en el sector residencial de la Ciudad de Cuenca, Ecuador	Cuenca
Gallardo A., Palme M., Lobato A., Beltrán R. & Gaona G.	2016	Evaluating Thermal Comfort in a Naturally Conditioned Office in a Temperate Climate Zone	Quito
INER	2016	Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas	Quito
Palme M., Inostroza L., Villacreses G., Lobato A., Carrasco C.	2017	Urban weather data and building models for the inclusion of the urban heat island effect in building performance simulation	Guayaquil

T10: PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



## capítulo 1 | estado de arte

### 1.6 análisis de la normativa y documentos técnicos nacionales respecto a Eficiencia Energética

Teniendo en cuenta que para cualquier planteamiento de estrategias que modifiquen el diseño de una edificación, resulta de vital importancia que estas se acoplen y se sustenten en la normativa y documentos técnicos nacionales actuales.

Se ha realizado un análisis de la normativa relacionada con el tema de eficiencia energética, con la finalidad de conocer el estado actual y exigencias.

Las normativas consideradas fueron: NEC 11- capítulo 13, NEC 11- capítulo 14, NTE INEN-ISO 13790 y NTE INEN-ISO 16346. Los siguientes cuadros presentan un resumen de dicho análisis (ver tablas 11-14):

NEC - CAPÍTULO 13 - EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN EN ECUADOR			
CONSIDERACIONES GENERALES	TEMAS	COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
	Zonas climáticas	Ubicación de la edificación	Se enumera las diferentes condicionantes que se deberían tomar en cuenta al momento de proyectar una nueva edificación, para que la misma logre ser más eficiente tanto en su construcción así como durante su utilización.
	Disponibilidad de los recursos	Servicios básicos	
	Criterios arquitectónicos preliminares	Confort	
		Consideraciones constructivas de Diseño	
		Elementos arquitectónicos	
		Generación de Energía través de fuentes renovables	
LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA	Exigencias de diseño	Orientación de la edificación	Se expone los parámetros generales para lograr reducir el consumo de energía, entre los cuales se incluye la correcta orientación con el fin de aprovechar al máximo la radiación solar y la iluminación natural, así como la correcta selección de materiales de acuerdo a las zonas climáticas, en función de la transmitancia térmica de los mismos.
		Ganancia y protección solar	
		Ventilación y calidad de aire	
		Iluminación	
	Exigencias arquitectónicas	Agrupación de espacios	
		Transmitancia y aislamiento térmico	
		Materiales de construcción	

T11: NEC 11 - CAPITULO 13\_1RA PARTE

## capítulo 1 | estado de arte

NEC - CAPÍTULO 13 - EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN EN ECUADOR			
RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES ACTIVAS	Generalidades	Instalaciones activas	Se recomienda buenas prácticas de construcción para las instalaciones propias de una edificación tales como agua caliente sanitaria, ventilación calefacción, según sea el caso. Destaca la recomendación de contribución mínima anual de energía renovable.
		Contribución mínima anual de energía renovable	
		Sistemas centralizados de agua caliente	
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN	Exigencias técnicas de las instalaciones	Equipos de consumo	Se indica cómo aprovechar la iluminación natural en los vanos exteriores e interiores. En lo referente a iluminación artificial se sugiere alcanzar el rendimiento adecuado de la luminarias en función del flujo de salida y flujo útil de estas. Finalmente se recomienda la verificación de un entorno luminoso adecuado considerando los siguientes parámetros: distribución de la luminancia, la iluminancia, el deslumbramiento, la direccionalidad de la luz, el aspecto del color de la luz, la luz natural y el mantenimiento.
		Aislamiento en ductos	
		Perdidas por fricción en sistemas hidráulicos	
	Caracterización y cuantificación de las exigencias	Valor de eficiencia energética de la instalación	Se indica cómo aprovechar la iluminación natural en los vanos exteriores e interiores. En lo referente a iluminación artificial se sugiere alcanzar el rendimiento adecuado de la luminarias en función del flujo de salida y flujo útil de estas. Finalmente se recomienda la verificación de un entorno luminoso adecuado considerando los siguientes parámetros: distribución de la luminancia, la iluminancia, el deslumbramiento, la direccionalidad de la luz, el aspecto del color de la luz, la luz natural y el mantenimiento.
		Sistemas de control y regulación	
	Cálculo	Fachadas con acristalamiento al exterior	Se indica cómo aprovechar la iluminación natural en los vanos exteriores e interiores. En lo referente a iluminación artificial se sugiere alcanzar el rendimiento adecuado de la luminarias en función del flujo de salida y flujo útil de estas. Finalmente se recomienda la verificación de un entorno luminoso adecuado considerando los siguientes parámetros: distribución de la luminancia, la iluminancia, el deslumbramiento, la direccionalidad de la luz, el aspecto del color de la luz, la luz natural y el mantenimiento.
		Cerramientos acristalados hacia patios o atrios	
	Criterios de diseño de la iluminación	Datos previos	Se indica cómo aprovechar la iluminación natural en los vanos exteriores e interiores. En lo referente a iluminación artificial se sugiere alcanzar el rendimiento adecuado de la luminarias en función del flujo de salida y flujo útil de estas. Finalmente se recomienda la verificación de un entorno luminoso adecuado considerando los siguientes parámetros: distribución de la luminancia, la iluminancia, el deslumbramiento, la direccionalidad de la luz, el aspecto del color de la luz, la luz natural y el mantenimiento.
		Método de cálculo	
		Entorno luminoso	

T11: NEC 11 - CAPITULO 13\_2DA PARTE

**capítulo 1** | estado de arte

NEC - CAPÍTULO 14 - ENERGÍAS RENOVABLES			
SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS	TEMAS	COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
	Clasificación de sistemas solares térmicos y descripción de componentes	Criterios de clasificación	Se indica los tipos de SST existentes, sus características más generales de funcionamiento. Se habla de manera específica de los colectores solares térmicos y de los tanques termosolares, así como de sus respectivos sistemas de regulación y control
		Principios de funcionamiento	
		Descripción general de componentes	
		Colector solar térmico	
		Tanque termosolar	
	Dimensionamiento de un sistema solar térmico para agua caliente sanitaria	Recurso solar en el Ecuador	Se especifica la mejor orientación e inclinación de los SST en el Ecuador., con el objetivo de captar la mayor energía solar durante el año y se recomienda dimensionar correctamente el SSt de acuerdo al requerimiento de energía térmica.
		Dimensionado de los colectores	
		Dimensionado del termotanque	
		Dimensionamiento de sistemas de apoyo	
	Requisitos de materiales y fabricación	Materiales de construcción colectores solares planos	Se especifica las posibilidades de materiales que se pueden utilizar en los diferentes componentes de colectores solares térmicos y tanques termosolares.
		Tanque de almacenamiento	
		Accesorios	
		Elementos de seguridad	
		Elementos de mantenimiento	
	Ensayos de homologación y etiquetado	Ensayos de homologación	Indica que todo STT deberá ser homologado por una entidad acreditada para ello por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE), para lo cual se especifica la normativa que se deberá cumplir. También se describe toda la información que deberá mostrar la calcomanía de etiquetado en los STT de acuerdo a la norma para su comercialización en Ecuador.
		Eficiencia del colector	
		Etiquetado colector solar	
		Etiquetado colector solar	

T12: NEC 11 - CAPITULO 14\_1RA PARTE

## capítulo 1 | estado de arte

NEC - CAPÍTULO 14 - ENERGÍAS RENOVABLES			
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS (SFV)	TEMAS	COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
	Clasificación de SFV	Aislados	Se especifica las características de SFV, según sean aislados, conectados a la red o híbridos.
		Conectados a la red	
		Híbridos	
	Componentes SFV	Panel fotovoltaico	Se describe detalladamente cada uno de los componentes de un SFV.
		Inversor	
		Inversor de conexión a red	
		Estructuras de soporte del SFV	
		Dimensionado del termotanque	
		Elementos de protección y seccionamiento	
		Tableros eléctricos	
		Cables	
		Instalaciones eléctricas interiores	
		Equipamiento (cargas eléctricas)	
	Diseño de SFV	Criterios	Recalca todas las consideraciones a tomar en cuenta al diseñar un SFV, para que su posterior funcionamiento sea el adecuado.
		Consideraciones técnicas	
	Dimensionamiento	SFVA aislados	Se indica las consideraciones para dimensionar un SFV, tales como la demanda energética requerida y la capacidad de recolección de energía según las horas de captación.
	Homologación	Entidad a cargo	Indica que todo SFV deberá ser homologado por una entidad acreditada para ello por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE).
		Disposición transitoria	
	Etiquetado	Módulos fotovoltaicos	Se describe toda la información que el fabricante deberá mostrar en la calcomanía de etiquetado en los SFV de acuerdo a la norma para su comercialización.
		Batería	

T12: NEC 11 - CAPITULO 14\_2DA PARTE

**capítulo 1** | estado de arte

NTE INEN-ISO 13790 - EFICIENCIA ENERGETICA DE LOS EDIFICIOS. CALCULO DEL CONSUMO DE ENERGIA PARA CALEFACCION Y REFRIGERACION DE ESPACIOS		
	TEMAS	DESCRIPCIÓN
DEFINICIÓN DE LOS LÍMITES Y LAS ZONAS	Generalidades	
	Límite del edificio para el cálculo	Indica como determinar los límites del edificio para el posterior cálculo de necesidad de energía para calefacción y refrigeración del mismo. Se indica que incluso el mismo edificio se puede dividir en distintas zonas para dicho cálculo.
	Zonas Térmicas	
	Determinación de la superficie acondicionada en planta	
NECESIDADES ENERGÉTICAS PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN DEL EDIFICIO	Procedimiento de cálculo	
	Necesidades energéticas para calefacción y refrigeración	Enseña el procedimiento de cálculo a realizarse para definir las necesidades energéticas para calefacción y refrigeración del edificio.
	Pasos múltiples para integrar o aislar interacciones	
	Límite del edificio para el cálculo	
TRANSFERENCIA DE CALOR POR TRANSMISIÓN	Procedimiento de cálculo	
	Límite del edificio para el cálculo	Enseña el procedimiento de cálculo para diferentes métodos de cálculo de la transferencia de calor por transmisión térmica del edificio.
GANANCIAS INTERNAS DE CALOR	Procedimiento de cálculo	
	Ganancias globales internas de calor	Enseña el procedimiento de cálculo para determinar las ganancias internas de calor de un edificio, considerando: el calor metabólico de sus ocupantes, el calor disipado de los equipos de iluminación, el calor disipado o absorbido de los sistemas de agua caliente, calefacción, refrigeración y ventilación.
	Elementos de ganancia de calor interna	
	Datos de entrada y condiciones límite	
GANANCIAS DE CALOR SOLAR	Procedimiento de cálculo	
	Ganancias globales de calor solar	Enseña el procedimiento de cálculo para determinar las ganancias energéticas del edificio por radiación solar.
	Elementos con ganancias solares	
	Datos de entrada y condiciones de entorno	
CONDICIONES INTERIORES	Modos diferentes	
	Procedimiento de cálculo	Señala que existe diferentes métodos de cálculo para las condiciones interiores del edificio, lo cual varía según las necesidades de los ocupantes.
	Procedimiento de cálculo	
USO DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y VENTILACIÓN DE ESPACIOS	Necesidades anuales de energía para calefacción y refrigeración, por zona del edificio	
	Necesidades anuales de energía para calefacción y refrigeración, por combinación de sistemas	Indica como calcular el gasto energético requerido en calefacción o ventilación para el correcto acondicionamiento interior del edificio.
	Sistema total de uso de energía para sistemas de calefacción y refrigeración y ventilación de espacios	

T13: NTE INEN-ISO 13790 - EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS. CÁLCULO DEL CONSUMO DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN DE ESPACIOS

## capítulo 1 | estado de arte

NTE INEN-ISO 16346 - DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN EDIFICACIONES. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO GENERAL		
	TEMAS	DESCRIPCIÓN
EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN EDIFICACIONES	Usos de la energía	Indica las que servicios se debe considerar para el cálculo de desempeño energético de la edificación y ofrece dos opciones dos opciones para la clasificación de la energía: clasificación de energía calculada y clasificación de energía medida.
	Límite de evaluación	
	Tipos y usos de clasificaciones	
CLASIFICACIÓN DE ENERGÍA PONDERADA	Tipos de clasificaciones e indicadores usados	Se presenta una lista de indicadores para diferentes aspectos de la eficiencia energética de la edificación, y enseña como determinar el indicador de uso de energía de la misma.
	Tipos de factores o coeficientes	
	Indicador de uso de energía	
	Clasificación de energía primaria	
	Clasificación de dióxido de carbono	
	Clasificación de política energética	
CLASIFICACIÓN DE ENERGÍA CALCULADA	Procedimiento de cálculo	Enseña el procedimiento de cálculo para distintos tipos de energía de la vivienda, desde los servicios eléctricos hasta el cálculo de la energía primaria.
	Conjunto de fórmulas	
	Necesidades térmicas de la edificación	
	Sistemas técnicos de construcción	
CLASIFICACIÓN DE ENERGÍA MEDIDA	Requisitos generales	Calcula la cantidad de energía gastada por diferentes portadores de energía durante un tiempo determinado. La cantidad de todos los portadores de energía deberá calcularse.
	Período de evaluación	
	Evaluación de las cantidades usadas de todos los portadores de energía	
	Corrección por el clima	
MODELO VALIDADO DE CÁLCULO DE LA EDIFICACIÓN	Introducción	Se presenta el procedimiento de un método de cálculo que presenta un mayor nivel de confianza que el modelo actual utilizado para el cálculo de energía.
	Procedimiento	
	Datos climáticos	
	Datos de ocupación	
	Clasificaciones basadas en el modelo de cálculo validado	

T14: NTE INEN-ISO 16346 - DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN EDIFICACIONES. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO GENERAL



## capítulo 1 | estado de arte

### 1.7 demandas y consumos en la ciudad de Cuenca

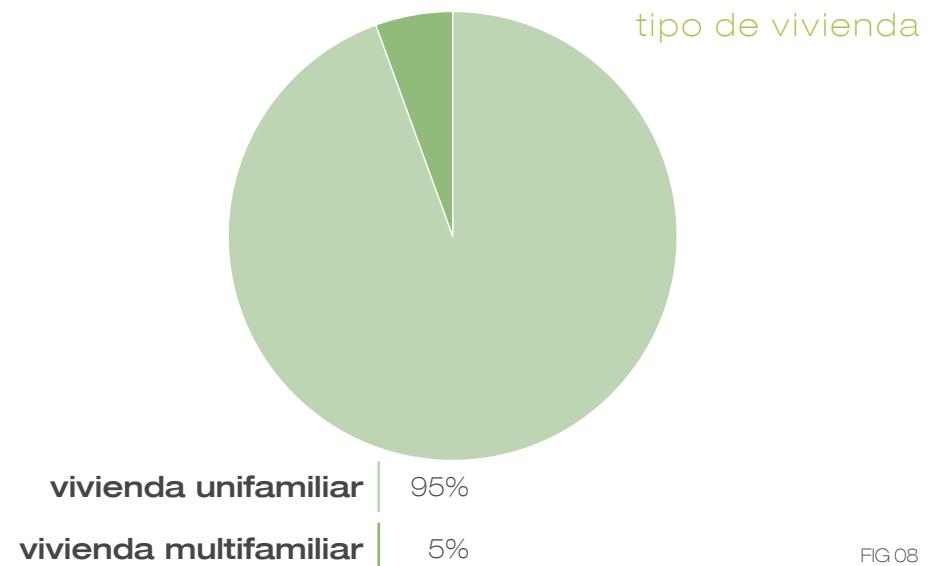
Es primordial determinar los niveles de consumo y demanda de energía que se producen en el sector residencial de la ciudad de Cuenca, estos están ligados proporcionalmente al número de habitantes de la ciudad, el mismo que, según las proyecciones poblacionales proporcionadas por la INEC, en el año 2017 contará con 603,269 habitantes. Sabiendo que en la actualidad según el BID (2014), el 99.6% de la población urbana posee acceso a fuentes de energía eléctrica en sus viviendas. Lo que significara un aumento en el consumo energético de la ciudad.

Baquero y Quesada (2016), informan que el consumo energético promedio por vivienda en la ciudad es de 243.7kWh, lo que da como resultado, que el sector residencial es el principal consumidor de energía eléctrica en la ciudad, según la Centrosur (2016), con el 40.04% de energía.

En lo referente a emisiones de gases de efecto invernadero, es de 2.42 toneladas anuales de CO<sub>2</sub> per cápita, lo que según la metodología del Índice de Ciudades Emergentes y Sostenibles (BID, 2014), ubica a la ciudad en un nivel verde.

Por medio de la investigación realizada por el proyecto 'Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas' se

obtuvieron datos sobre el consumo energético de la vivienda. Para ello se aplicaron encuestas con preguntas cerradas en el sector urbano residencial de la ciudad de Cuenca, Ecuador. En la figura 08 se muestran algunos de los resultados obtenidos, como por ejemplo: se determina que el porcentaje de viviendas unifamiliares en la ciudad es predominante con el 95%, mientras que las viviendas multifamiliares apenas representan el 5%.



## capítulo 1 | estado de arte

En cuanto a los electrodomésticos se identifica que funcionan a base de Gas Licuado de Petróleo (GLP), principalmente la cocina (59%), y el calefón (36%). Gran parte del porcentaje utilizado en el calefón es para el calentamiento de agua sanitaria, pues más de

electrodomésticos usan tanque de gas

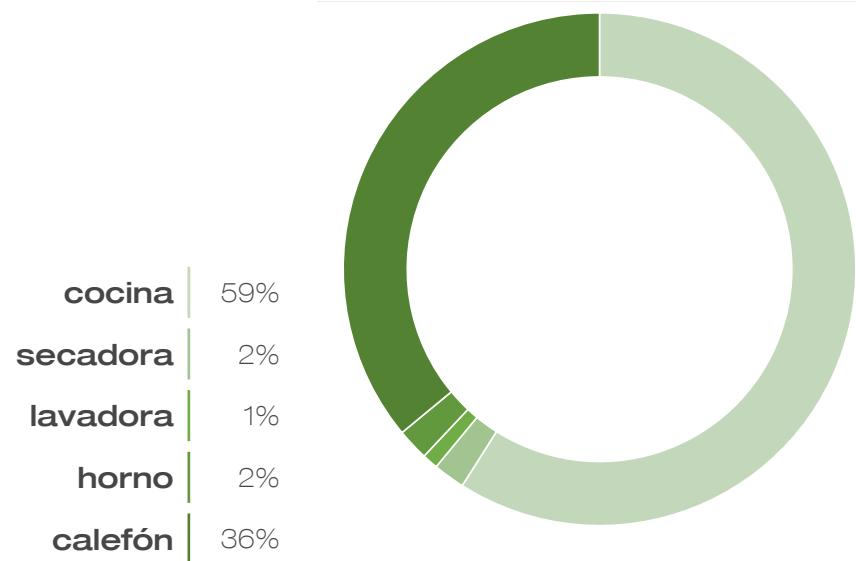


FIG 09

la mitad utilizan GLP (59%), el 34% usa ducha eléctrica y el 7% restante calienta el agua de otra forma. En el caso de la secadora de ropa su bajo porcentaje se debe a que el 96% de la población seca la ropa al aire libre (ver figuras 09-10-11)

sistema calentamiento duchas

calefón gas	59%
calefón eléctrico	1%
ducha eléctrica	34%
cocina	5%
ninguna/agua fría	1%

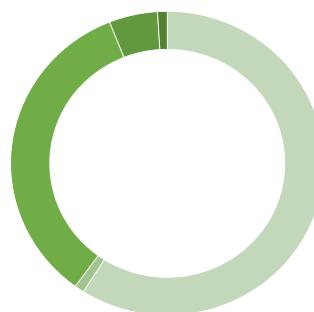


FIG 10

secado de ropa al aire libre

si	95%
no	5%

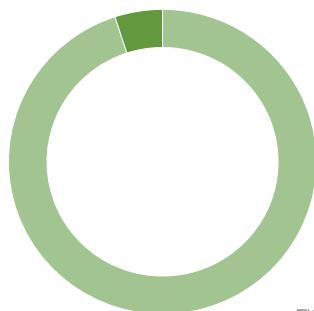


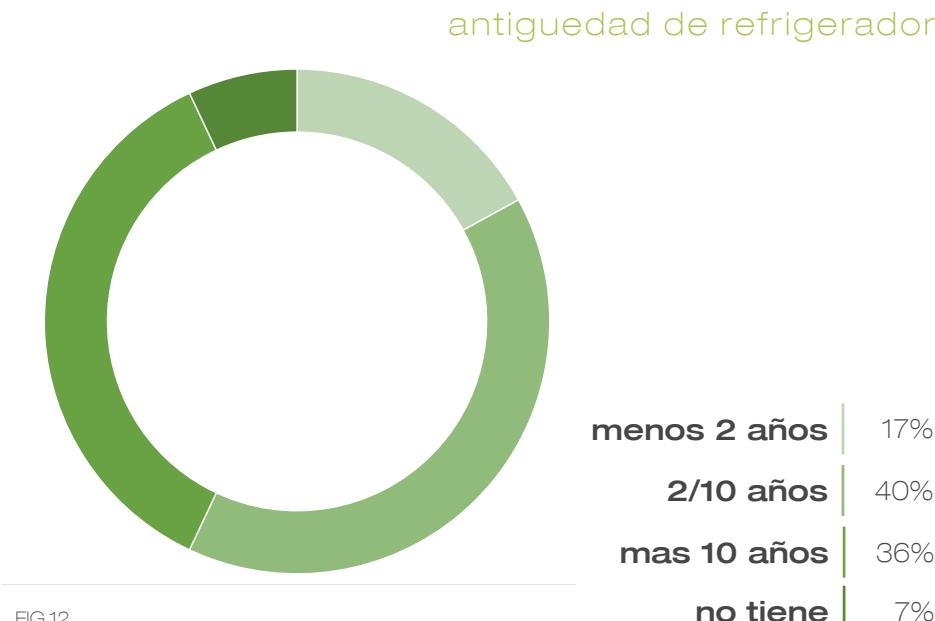
FIG 11



## capítulo 1 | estado de arte

Por otra parte, se evidenció que el 36% de las refrigeradoras poseen una antigüedad mayor a 10 años y que el 87% de los encuestados, considera importante que los electrodomésticos tengan etiqueta de eficiencia energética, pero solamente el 41% posee un refrigerador con etiqueta de EE. En el caso de la percepción térmica de las personas, el 65% considera que su vivienda es confortable, sin

embargo, existe un 2 % que ha empezado a utilizar sistemas de calefacción, predominantemente calefactores eléctricos portátiles. Finalmente, el 93% de las viviendas tienen un aprovechamiento de luz natural en las habitaciones, el 7% restante, se ve obligado a utilizar iluminación artificial en horas de la mañana y la tarde (8am-10am, 4pm-6pm), (ver figuras 12-13-14).



## capítulo 1 | estado de arte

### crédito imágenes y tablas

#### Imágenes

FIG 01. Recuperado de [http://www.latipnet-usa.org/wpcontent/uploads/2015/03/logo\\_mundo.png](http://www.latipnet-usa.org/wpcontent/uploads/2015/03/logo_mundo.png) (17/03/2017).

FIG 02. FIG 03. FIG 04. FIG 05. FIG 06. FIG 07. Recuperado de [http://www.latipnet-usa.org/wpcontent/uploads/2015/03/logo\\_mundo.png](http://www.latipnet-usa.org/wpcontent/uploads/2015/03/logo_mundo.png) (17/03/2017) Editado por los autores.

FIG 08. FIG 09. FIG 10. FIG 11. FIG 12. FIG 13. FIG 14. Elaborado por los autores (25/03/2017).

#### Tablas

T01. Consumos viviendas. T02. Categorías estrategias. Fuente: Schiller, S. & Martin, J. (2014) "Diseño Bioclimático, Eficiencia Energética y Energía solar". (21/02/2017) Elaborado por los autores.

T03. Características PBE. T04. Programas eficiencia energética. Fuente: Carpio, C. & Covielo, M. (2013) "Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: avances y desafíos del último quinquenio" (23/02/2017) Elaborado por los autores.

T05. Normativa. Fuente: Celis, F., García, R., Trebilcock, M., Escorcia, O., Bruscato, U. & Diaz, M., (2012) "Análisis energético de las viviendas del centro-sur de Chile" (23/02/2017) Elaborado por los autores.

T06. Regulaciones y programas. Fuente: Peraza, J. & Gutiérrez, J., (2014) "Estudio de los sistemas sostenibles implementados en la construcción de vivienda unifamiliar en la ciudad de Bogotá" (01/03/2017)

T07. Resumen planes, programas. T08. Problemas viviendas. Elaborado por los autores. (03/03/2017)

T09. Normativa Ecuatoriana. Fuente: Servicio Ecuatoriano de Normalización (2014) "Estado de Situación de los Proyectos de Reglamentos Técnicos Ecuatorianos - PRTE INEN y de los Reglamentos Técnicos Ecuatorianos - RTE INEN" (30/05/2017) Elaborado por los autores.

T10. Proyectos de investigación. Elaborado por los autores (30/05/2017)

T11. NEC 11 - Capítulo 13. T12. NEC 11 - Capítulo 14 Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 (09/12/2017) Elaborado por los autores.

T13: NTE INEN-ISO 13790 - Eficiencia Energética de los edificios. Cálculo del consumo de energía para calefacción y refrigeración Fuente: Servicio Ecuatoriano de Normalización (09/12/2017) Elaborado por los autores.

T14: NTE INEN-ISO 16346 - Desempeño energético en edificaciones. Evaluación del desempeño energético general Fuente: Servicio Ecuatoriano de Normalización (09/12/2017) Elaborado por los autores.

**capítulo 1** | estado de arte

## referencias bibliográficas

- Baquero, T. Quesada, F. (2016). Eficiencia energética en el sector residencial de la Ciudad de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 7, 147-165.
- BID, 2014. Cuenca ciudad sustentable: Plan de acción. Banco Interamericano de Desarrollo & Municipalidad de Cuenca. Disponible en <http://www.iadb.org/es/temas/ciudades-emergentes-y-sostenibles/alcalde-marcelo-cabrera-presenta-plan-de-accion-de-cuenca,18592.html>.
- BPC Green Builders. (2017). Obtenido de <http://www.bpcgreenbuilders.com/portfolioitems/> 482/
- BREEAM. (2017). Villa Moraira. Obtenido de <http://www.breeam.com/index.jsp?id=1268>
- Bustamante, W. (2009). Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social. Universidad Católica de Chile. Santiago.
- Carpio, C. & Coviello, M. (2013). Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: avances y desafíos del último quinquenio. Santiago de Chile. Naciones Unidas.
- Celis, F., García, R., Trebilcock, M., Escorcia, O., Bruscato, U. & Diaz, M. (2012). Análisis energético de las viviendas del centro-sur de Chile. *Arquitecturarevista*, 8 (1), 62-75.
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente (1987) Nuestro futuro común. Obtenido de <http://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtm>
- Garrido, L. (2010). Definición de arquitectura sostenible. Recuperado el 28 de septiembre de 2017 de <http://www.masterarquitectura.info/descargas/02.pdf>
- Gobierno del Ecuador, (2009) Registro Oficial del Ecuador; el Decreto N° 1681. Recuperado de [https://www\\_registrooficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/buscador.html](https://www_registrooficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/buscador.html)
- Guillén, V. Quesada, F. López, M. & Serrano, A. (2014). Eficiencia energética en edificaciones residenciales. *Estoa*, 5, 63-73.
- Guzmán, O. (2009). Eficiencia energética. Un panorama regional. Buenos Aires, Argentina: Nueva Sociedad.
- International Passive House Association. (2017). The Passive House – Sustainable, affordable, comfortable, versatile. Obtenido de [https://www.passivehouse-international.org/index.php?page\\_id=79](https://www.passivehouse-international.org/index.php?page_id=79).
- Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas. (2017). Universidad de Cuenca. Cuenca.

## capítulo 1 | estado de arte

Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2016) Balance Energético Nacional del año. Recuperado de <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/>

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2016). Centrosur. Recuperado de <http://www.centrosur.gob.ec/?q=energia-consumida>.

NTE INEN 2506. (2009). Eficiencia energética en edificaciones. Ecuador

NTE INEN ISO 13790. (2014). Eficiencia energética de los edificios. Cálculo del consumo de energía para calefacción y refrigeración de espacios (ISO 13790:2008 IDT). Ecuador

NTEINENISO16346. (2013). Desempeño energético de edificaciones - evaluación del desempeño energético general (ISO 16346:2013 IDT). Recuperado de <https://www.iso.org/standard/56226.html>.

Olade. (2017). Eficiencia energética. Obtenido de <http://www.olade.org/sectores/eficiencia-energetica/>

Peraza, J. & Gutiérrez, J. (2014). Estudio de los sistemas sostenibles implementados en la construcción de vivienda unifamiliar en la ciudad de Bogotá. Universidad Católica de Colombia. Bogotá.

Sandó, Y. (2011). Hacia la construcción de una arquitectura sostenible en Venezuela. (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona.

Shiller, S. & Martin, J. (2014). Diseño bioclimático, eficiencia energética y energía solar en proyectos de vivienda social de Argentina. Revista electrónica Científica Perspectiva, Año 3 N°5, 42-59.

XM. (2007-2017). Colombia. Recuperado de <http://www.xm.com.co/Pages/DemandaEnergia-2014.aspx>

---

# CAPÍTULO 2

DESARROLLO DE ESTRATEGIAS PARA UN MEJOR  
DESEMPEÑO ENERGÉTICO

---



## capítulo 2 | desarrollo estrategias

### introducción

A continuación, se presenta una serie de estrategias o recomendaciones de tipo general a tener en cuenta al momento de diseñar una vivienda para la ciudad de Cuenca; de manera que ésta logre obtener las mejores condiciones ambientales y confort interior, utilizando recursos renovables y recursos que provee el clima de la ciudad. Esta serie de recomendaciones se realiza con la intención de que la vivienda cumpla con todas sus funciones haciendo uso de la menor cantidad de energía posible, sin disminuir la calidad de los servicios, es decir que al aplicar las estrategias se logre conseguir una eficiencia energética en la vivienda.

Las estrategias se han generado con base en los 6 requerimientos de la ciudad de Cuenca: confort térmico, iluminación artificial, electrodomésticos, espacios de secado, energía renovable, agua caliente sanitaria y rendimiento energético.

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

### 2.1 estudio de indicadores de eficiencia energética del “método de certificación de la construcción sustentable de viviendas”

El proyecto de investigación analizó y observó una serie de desempeños específicos tanto de las viviendas como de sus partes, lo que permitió desarrollar un sistema de calificación de la calidad de los proyectos, para certificar su futuro desempeño con base en los indicadores de sustentabilidad apropiados para la ciudad de Cuenca.

La metodología de la investigación estuvo conformada por tres etapas, siendo en la segunda donde se desarrollaron y definieron los criterios y los indicadores, a partir del estudio del parque de viviendas de la ciudad.

Uno de los antecedentes más importantes para el proyecto, es el artículo científico “Método de evaluación sostenible de la vivienda: Análisis comparativo de cinco métodos internacionales” (Quesada, 2014), donde, luego de caracterizar y comparar los 5 métodos de evaluación residencial más influyentes a nivel mundial, refiere que los métodos brindan mayor redundancia a la dimensión ambiental, existiendo temáticas comunes como son: sitio, energía y ambiente, materiales y recursos, agua y ambiente interior.

Debido a que el proyecto limita su aplicación a edificaciones residenciales en la ciudad de Cuenca, las condiciones físicas y

económicas propias del lugar, modificaron las temáticas comunes iniciales, llegando así a establecer 9 categorías de evaluación: urbano, agua, energía, materiales, ambiente interior, accesibilidad, seguridad estructural, gestión de mantenimiento y economía.

Cada una de estas categorías ha sido analizada con el fin de encontrar los requerimientos necesarios de las mismas.

En el caso de la energía, primero se evaluó las estrategias, normativas y métodos internacionales, obteniendo como resultado una serie de requerimientos para la evaluación energética de espacios residenciales a nivel mundial, resultados mostrados en la publicación “Eficiencia energética en edificaciones residenciales” (Guillen, et al., 2014), posteriormente la investigación se centró en la zona de estudio, es decir, en la ciudad de Cuenca y por medio del artículo “Eficiencia energética en el sector residencial de la Ciudad de Cuenca” (Baquero, M., 2016), se determinó el consumo energético de las viviendas y en cuanto se puede mejorar la eficiencia energética con la aplicación de estrategias.

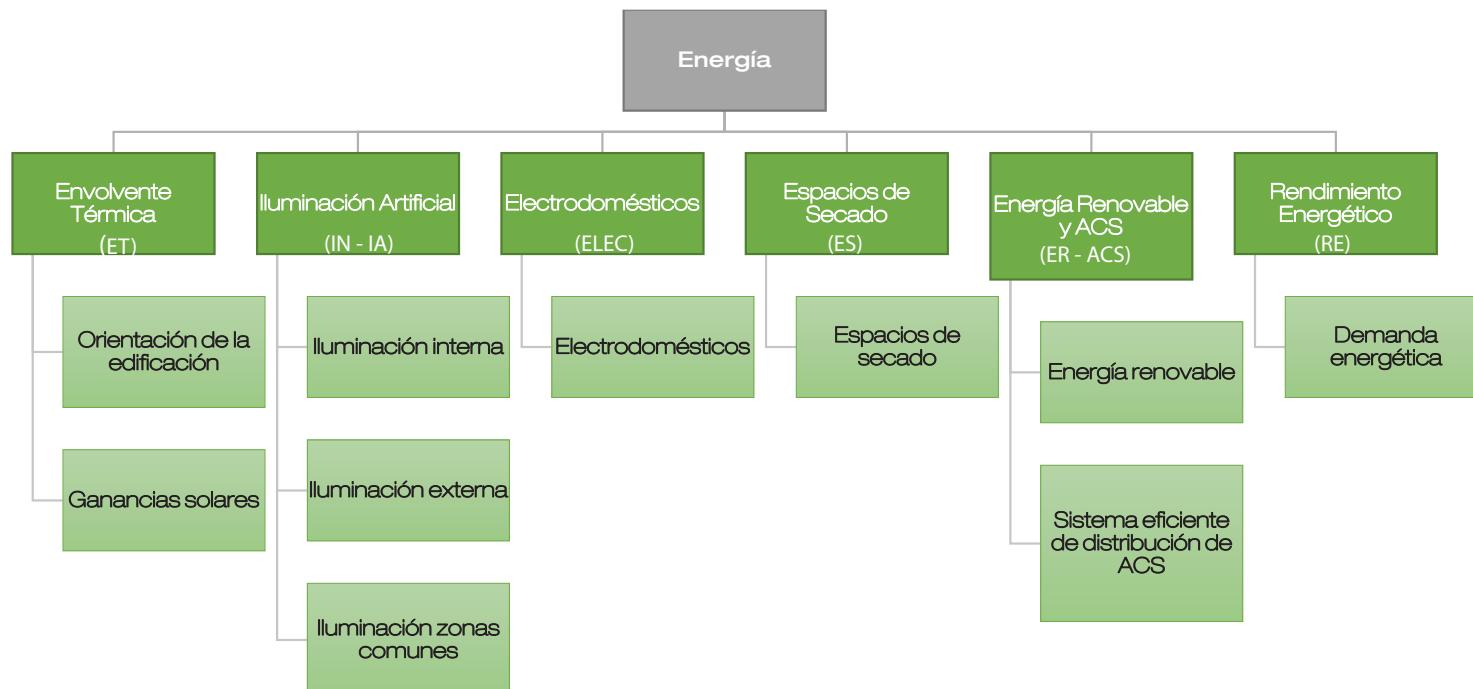
Como resultado total de la investigación se determinó un cuadro de requerimientos, donde cada uno de ellos afecta directamente al consumo específico de la ciudad de Cuenca, por lo que se muestran



## capítulo 2 | desarrollo estrategias

también los criterios a considerar dentro de cada uno de los requerimientos establecidos. En la tabla 11 se muestra que, para la ciudad de Cuenca, en la categoría energía, las viviendas unifamiliares

deben ser evaluadas mediante la aplicación de 6 requerimientos y 10 criterios de evaluación. Cada criterio cuenta con su propio indicador y será el que permita definir el nivel de desempeño de la vivienda:



T01: CRITERIOS DE EVALUACIÓN CATEGORÍA ENERGÍA

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

En la tabla 02 se evidencia que el principal objetivo del indicador: orientación de la edificación, que pertenece al requerimiento envolvente térmica, está centrado en reducir las demandas de calefacción de la vivienda, luego se explica el método de evaluación

y finalmente se coloca las estrategias que servirán para cumplir con este indicador. De igual manera sucede con la tabla 03 donde se explica lo referente al requerimiento de iluminación.

ENVOLVENTE TÉRMICA			
CRITERIOS DEL REQUERIMIENTO	OBJETIVO	METODO DE EVALUACIÓN	ESTRATEGIAS
ORIENTACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	Reducir las demandas de calefacción de la vivienda con base en el aprovechamiento de la energía solar.	Práctica Estándar; presentar estrategia pasiva de captación solar si no se posee buena orientación, cumplimiento de los porcentajes de superficies acristaladas de cada fachada según orientación y características del vidrio y aprovisionamiento de protecciones solares en las habitaciones principales. Práctica Superior; verificar el ángulo de orientación respecto al eje Este – Oeste, más lo mencionado anteriormente.	ET01. ET06.
GANANCIAS SOLARES	Valorar la captación solar con base en las características de la edificación y las condiciones ambientales.	Práctica Estándar, Mejor, Superior; realizar simulaciones energéticas en toda la vivienda para determinar las ganancias solares directas en kW.h/m <sup>2</sup> año. Reducir la demanda por calefacción y refrigeración mediante simulaciones en kW.h/m <sup>2</sup> año.	ET02. ET03. ET04. ET05. ET06.

T02: REQUERIMIENTO ENVOLVENTE TÉRMICA

ILUMINACIÓN			
CRITERIOS DEL REQUERIMIENTO	OBJETIVO	METODO DE EVALUACIÓN	ESTRATEGIAS
ILUMINACIÓN INTERNA	Incentivar el uso de sistemas de luminarias eficientes para reducir el consumo energético relacionado con la iluminación en espacios interiores.	Práctica Estándar, Mejor; cuantificar el porcentaje de luminarias de bajo consumo energético (lm/W), determinar mediante fórmulas, el nivel de iluminación artificial (lux) en las habitaciones principales a la altura del plano de trabajo. Práctica Superior, adicional a lo enunciado anteriormente, comprobar que el baño principal cuente con iluminación natural.	IN01. IN02. IN03. IN04. IN05. IN06. IN07. IN08. IN09. IN10. IN11. IN12. IA01. IA02. IA03.
ILUMINACIÓN EXTERNA	Incentivar el uso de sistemas de luminarias eficientes para reducir el consumo energético relacionado con la iluminación en espacios exteriores.	Práctica Estándar, Mejor y Superior; se basa en el cumplimiento de algunas características de las luminarias como: sensores de movimiento, dispositivos de apagado automático, tiempos de retardo de las luminarias y eficacia lumínosa.	IA01. IA02. IA04.

T03: REQUERIMIENTO ILUMINACIÓN



## capítulo 2 | desarrollo estrategias

Las tablas 04 y 05 tratan sobre electrodomésticos y energía renovable, funcionan de la misma manera que las anteriores, mostrando sus objetivos principales que siempre están enfocados hacia la eficiencia energética. Posteriormente se explica los métodos

de evaluación y finalmente se presenta la codificación de las estrategias a desarrollarse que servirán para cumplir con las necesidades de estos indicadores:

ELECTRODOMÉSTICOS			
CRITERIOS DEL REQUERIMIENTO	OBJETIVO	METODO DE EVALUACIÓN	ESTRATEGIAS
ELECTRODOMÉSTICOS	Impulsar el uso de electrodomésticos eficientemente energéticos de manera que se asegure un buen rendimiento y un ahorro energético.	Prácticas Estándar, los refrigeradores y congeladores deben contar con calificación energética A. Práctica Mejor, además de lo anterior las cocinas y calentadores de agua deben contar con calificación energética A. Práctica Superior, tener también una calificación energética A en lavadoras, secadoras, lavadora - secadora y lavavajillas.	ELEC01. ELEC02. ELEC03. ELEC04. ELEC05. ELEC06. ELEC 07. ELEC08. ELEC09.

T04: REQUERIMIENTO ELECTRODOMÉSTICOS

ENERGÍA RENOVABLE			
CRITERIOS DEL REQUERIMIENTO	OBJETIVO	METODO DE EVALUACIÓN	ESTRATEGIAS
ENERGÍA RENOVABLE	Con base en el aprovechamiento de fuentes de energía renovable, reducir el consumo energético para el calentamiento de agua y satisfacer una parte de la demanda eléctrica	Práctica Estándar; contar con estudios de factibilidad de aprovechamiento de energía solar para el calentamiento de agua y prever un espacio para ello en los planos. Práctica Mejor, se verifica que se cuente con los colectores solares tomando en cuenta la NEC-11, capítulo 14, apartado 14.1.10.	ER01. ER02. ER03. ER04. ACS 01.

T05: REQUERIMIENTO ENERGÍA RENOVABLE

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

Se puede evidenciar que el indicador agua caliente sanitaria busca crear un sistema eficiente de distribución de agua caliente para la vivienda, evitando así las pérdidas de energía (ver tabla 06). Para el indicador de espacios de secado, en el método de evaluación se

brinda una serie de pautas que sirven para que este espacio cumpla con las condiciones óptimas para el secado de la ropa de forma natural o con un bajo consumo energético (ver tabla 07):

AGUA CALIENTE SANITARIA			
CRITERIOS DEL REQUERIMIENTO	OBJETIVO	MÉTODO DE EVALUACIÓN	ESTRATEGIAS
ACS	Aumentar eficiencia en distribución de agua caliente sanitaria.	Práctica Estándar, Mejor; debe tener un límite de metraje respecto a la tubería más desfavorable de ACS al calentador de agua y se verifica también que cumpla con la norma INEN 2 124:98 respecto a los sitios permitidos para la instalación de un calentador.	ACS01, ACS02, ACS03, ACS04.

T06: REQUERIMIENTO AGUA CALIENTE SANITARIA

ESPACIOS DE SECADO			
CRITERIOS DEL REQUERIMIENTO	OBJETIVO	MÉTODO DE EVALUACIÓN	ESTRATEGIAS
ESPACIOS DE SECADO	Proporcionar un espacio que cuente con condiciones adecuadas para secar la ropa de manera natural y con un bajo consumo energético.	Práctica Estándar; contar con un espacio habilitado para secar la ropa de manera natural, el tendal no tendrá tramos inferiores a 1m y la altura de este será de 1.5m mínimo respecto al suelo. Práctica Mejor; metraje del tendal será de 4m o más para 1-2 dormitorios, 6m o más para 3 dormitorios en adelante, si el espacio no es habitable debe poseer ventilación natural constante, si es habitable interno deberá contar con ventilación mecánica, también necesitará estar protegido de vistas del exterior, no debe interponerse en la ventilación de otros espacios y si es externo deberá estar protegido de las inclemencias del tiempo.	ES01, ES02, ES03, ES04.

T07: REQUERIMIENTO ESPACIOS DE SECADO

**capítulo 2** | desarrollo estrategias

Para el indicador demanda energética, el objetivo es evaluar la eficiencia energética de la vivienda para poder cuantificar la reducción de la misma, este indicador es la suma de los valores

de consumos de indicadores anteriores, su método de evaluación es muy concreto, como se puede evidenciar en la tabla 08:

DESEMPEÑO ENERGÉTICO			
CRITERIOS DEL REQUERIMIENTO	OBJETIVO	MÉTODO DE EVALUACIÓN	ESTRATEGIAS
DESEMPEÑO ENERGÉTICO	Evaluar la eficiencia energética en relación a reducción de la demanda de energía de las viviendas, por la aplicación de diseño pasivo y el uso de equipos de bajo consumo.	Está basado en el cumplimiento de desempeños para poder garantizar que la demanda energética por climatización; el consumo de luminarias, electrodomésticos, equipos y consumo de GLP para cocina y agua caliente sanitaria no supere el promedio local. Práctica Estándar; tiene en consideración los valores alcanzados en ganancias solares y que el consumo energético no supere el promedio local. Práctica Mejor; se busca que el consumo energético no supere el promedio de América Latina (10%). Práctica Superior, pretende reducir en un 46% del promedio local mediante aplicación de estrategias en cuanto a luminarias, aprovechamiento de luz natural y electrodomésticos, para el consumo de GLP se intenta que no supere el valor promedio nacional.	RESULTADO DE LA APLICACIÓN DE TODAS LAS ESTRATEGIAS

T08: REQUERIMIENTO DEMANDA ENERGÉTICA

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

### 2.2 clima en la ciudad de Cuenca

La ciudad de Cuenca está ubicada a una altitud de 2530 msnm y presenta una latitud de 2°53.12 Sur y una longitud de 79°09, W. En el tema de la continentalidad cabe destacar que Cuenca se encuentra alejada del mar y a pesar de carecer de masas de agua a gran escala presentan 4 ríos, mismos que no tienen gran influencia en el clima general de Cuenca, pero que si afectan sus microclimas aledaños (Baquero, 2013).

La ciudad se encuentra en el Callejón Interandino, debido a esto su clima se encuentra influenciado por masas de aire húmedo proveniente de la cuenca amazónica, así como también, por las características orográficas del lugar, las mismas que destacan por la conformación de tres terrazas, siendo estas la loma de Culca, el centro de la ciudad y la zona baja donde se conforman los ríos de la ciudad (Baquero, 2013).

#### Temperatura y humedad en la ciudad de Cuenca

Analizando las tablas 09 y 10, se puede concluir que durante el periodo 2006-2015, en el año 2008 se registró la menor temperatura marcando 15.24 grados; mientras que en 2013 se evidenció la mayor temperatura, llegando hasta los 16.08 grados centígrados, además se puede notar que, desde junio hasta septiembre, se observan las temperaturas más bajas del año (Avila, 2017).

AÑOS	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Temp. Prom.	15.85	15.5	15.24	15.88	15.78	15.42	15.9	16.08	16.04	15.57

T09: TEMPERATURA AMBIENTAL DE CUENCA POR AÑOS PERIODO 2006-2015

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temp. Prom.	16.58	16.24	16.12	16.07	15.78	14.81	14.69	14.33	14.71	16.02	15.88	16.42

T10: TEMPERATURA AMBIENTAL DE CUENCA POR MESES PERIODO 2006-2015

En cuanto a la humedad relativa durante los años 2006 y 2015, el menor porcentaje se lo encuentra en el año 2012, con un valor igual a 59.24%, mientras que el mayor porcentaje consta en el año 2008 con un 64.77%. En el mes de octubre se registró la menor humedad promedio por meses con un porcentaje de 59.30%, por el contrario, el mes de mayo registró una mayor humedad con 64.40%. (Avila, 2017), (Ver tabla 11 y 12).

**capítulo 2** | desarrollo estrategias

AÑOS	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Promedio	62.47	15.563	64.77	63.58	63.12	62.91	59.24	60.03	61.27	62.41

T11: HUMEDAD RELATIVA EN % DE CUENCA POR AÑOS PERÍODO 2006-2015

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Promedio	62.47	63	63.5	63.6	64.4	64.3	62.5	61.3	60.02	59.3	60	62.2

T12: HUMEDAD RELATIVA EN % DE CUENCA POR MESES PERÍODO 2006-2015

De acuerdo a la clasificación climática de Koppen, Cuenca tiene un clima entre Mesotérmico húmedo (Cf), y Templado periódicamente seco, con temperaturas que varían 10.1 y 21.6 grados centígrados.

El valor promedio de la humedad relativa varía entre 40% y 85%, el porcentaje de horas de sol se halla desde el 33% hasta el 45% y la nubosidad presenta valores de 6 y 7 octavas (Baquero, 2013).

Debido a que la clasificación de Koppen resulta no ser la más adecuada para el desarrollo de estrategias arquitectónicas, la ASHRAE ha desarrollado una clasificación que podría definirse como climático-habitacional, ya que utiliza los conceptos de confort térmico. Esta clasificación considera tres parámetros fundamentales: precipitación media diaria mensual, grados día de calefacción y grados día de refrigeración.

Basados en la clasificación de la ASHRAE, el Instituto Nacional de Energías Renovables (INER), mediante su publicación "Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas" (Palme, 2016), sitúa a Cuenca en la zona climática continental lluviosa, cuyo criterio térmico es  $CDD\ 10^{\circ}\text{C} \leq 2500$  Y  $HDD\ 18^{\circ}\text{C} \leq 2000$ .

Con el antecedente del clima de la ciudad de Cuenca se procede al planteamiento de estrategias para el ahorro energético para viviendas unifamiliares de la ciudad.

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

### 2.3 envolvente térmica (ET)

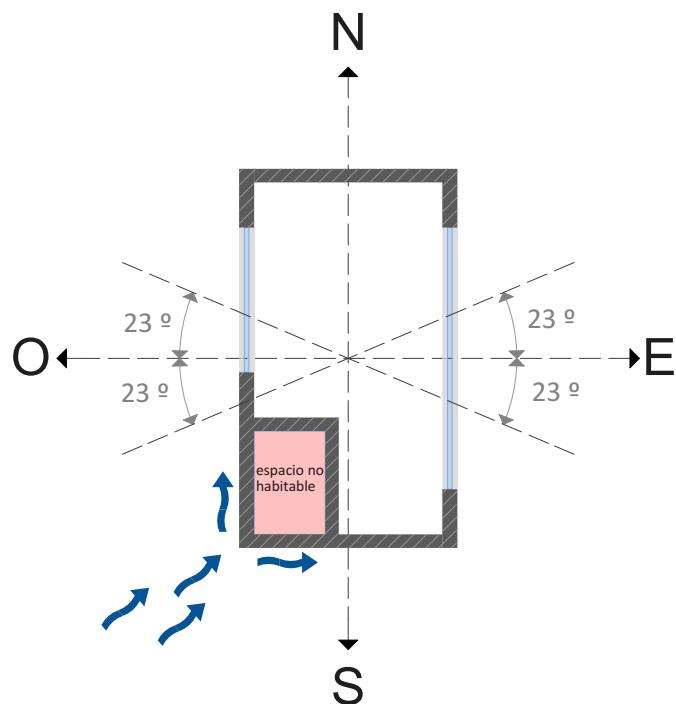


FIG 01

La envolvente térmica es el mecanismo de un edificio para asegurar la habitabilidad y confort en su interior, mientras más efectiva resulte de manera pasiva, menor será el gasto energético extra a realizarse utilizando ya sea calefactores o aire acondicionado dependiendo de cada caso específico. Debido a esto se ha propuesto las siguientes estrategias que buscan maximizar el aporte pasivo de la envolvente térmica para las condiciones de la ciudad de Cuenca.

Las estrategias que se plantean a continuación son para el cumplimiento del requerimiento envolvente térmica, que se especifica en la tabla 02.

#### ET 01

De acuerdo a la NEC (2011), para la zona climática de Cuenca (ZT3), se recomienda que las fachadas principales tengan orientación Este-Oeste, con el de objetivo maximizar la ganancia solar en horas de la mañana y la tarde. Esta orientación posee un rango de tolerancia de  $\pm 23^\circ$ , de excederse este rango, ya no se podrá considerar que la edificación posee una correcta orientación y el aprovechamiento de la radiación no será el más adecuado (ver figura 01).

Además, con el objetivo de evitar pérdidas de calor por causa del viento, se recomienda sean las zonas no habitables, como estacionamientos, bodegas o baños, las que estén expuestas a los vientos predominantes (Palme, 2016), (ver figura 01).



## capítulo 2 | desarrollo estrategias

### ET 02

Utilizar materiales de alta inercia térmica en muros, teniendo en cuenta que la misma consiste en la capacidad propia de los materiales de construcción para almacenar calor dentro de su estructura y su capacidad de ir liberándola progresivamente (Palme, et al. 2016). Dichas características pueden ser utilizadas en climas fríos como en la ciudad de Cuenca, acumulando el calor dentro de los muros mediante radiación solar directa durante el día, para posteriormente liberarlo durante las noches, calentando así, el espacio interior adyacente (ver figura 02).

La capacidad de almacenar energía es proporcional a la masa (densidad\*volumen) y al calor específico del material, mientras que la velocidad con la que se transfiere la energía de un lado a otro dependerá del coeficiente de conductividad del mismo (Turégano, Hernández, García, 2003), por lo tanto los materiales como el hormigón, el adobe, el ladrillo resultan

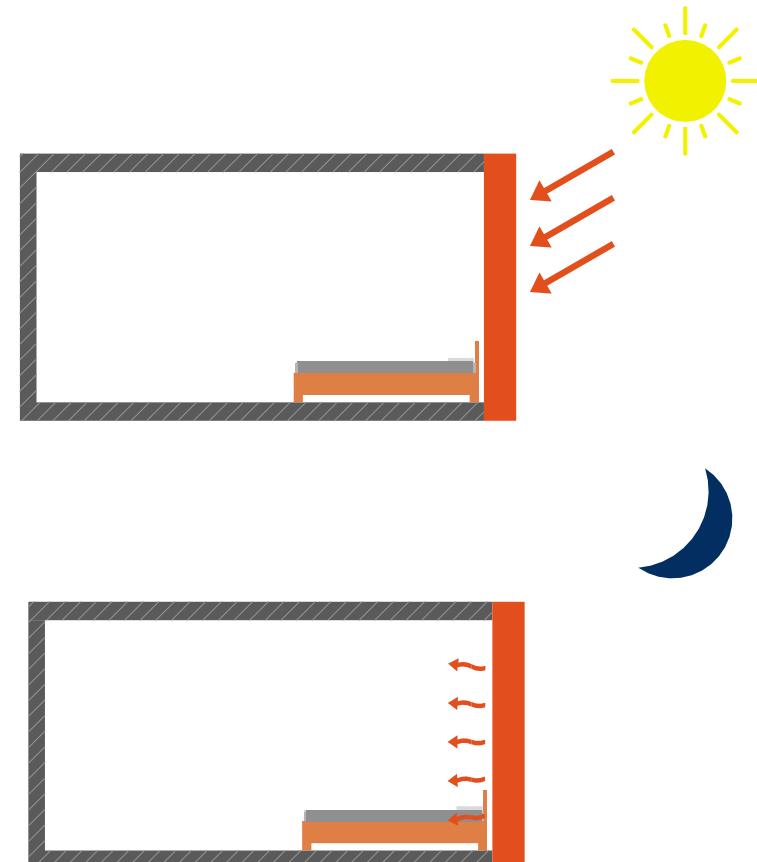


FIG 02

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

MATERIAL	CALOR ESPECIFICO Kcal/kg °C	DENSIDAD Kg/m3	CAPACIDAD CALORÍFICA Kcal/m3 °C	CONDUCTIVIDAD Kcal/h.m. °C
Agua	1	1000	1000	convección
Madera Roble	0.57	750	430	0.18
Poliuretano	0.38	24	9	0.02
Tejido de lana	0.32	111	35	0.04
Aire	0.24	1.2	0.29	convección
Ladrillo macizo	0.20	2000	400	0.75
Piedra		2200		2
Hormigón	0.156	2300	350	1.4
Acero	0.12	7850	950	50

T13: PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MATERIAL	ESPESOR (cm)	RETARDO (horas)
Hormigón	10	2.5
	20	5
	40	10
Ladrillo	10	2.3
	20	5.5
	30	8.5
Madera	1	10 min
	2.5	27 min
	5	1.3 min

T14: RETARDO TÉRMICO DE MATERIALES CONSTRUCTIVOS RESPECTO A SU ESPESOR

ser los más adecuados, ya que poseen altos valores de calor específico, densidad y volumen; así como también, un coeficiente de conductividad adecuado que permite transmitir la energía logrando el retraso entre el día y la noche (ver tabla 13), a este fenómeno se le conoce como tiempo de retardo.

Por lo tanto, al utilizar como base este concepto, en muros, se puede deducir que la masa del mismo dependerá del espesor, convirtiendo este último en un factor muy importante para la inercia del muro, ya que afectará tanto a su capacidad de almacenamiento de energía, como al tiempo de retardo (ver tabla 14).



## capítulo 2 | desarrollo estrategias

### ET 03

Utilizar cubiertas con materiales de alta inercia con sistemas móviles de protección, que se abre durante el día para permitir que el sol caliente un elemento de alta inercia térmica, siendo el agua el material más efectivo para este fin, debido a su gran capacidad calorífica y baja conductividad (ver tabla 05), materiales pétreos también pueden funcionar. Luego al anochecer el sistema se cierra, manteniendo así una gran masa térmica que separa el interior del exterior y evita pérdidas de calor dentro de la vivienda (Palme, et al. 2016), (ver figura 03).

### ET 04

Utilizar la inercia del terreno con construcciones semienterradas o adosadas a las pendientes del terreno, debido a la gran estabilidad térmica del suelo, este no pierde o gana calor tan rápido como lo hace el exterior, de modo que permitirá mantener una temperatura más estable en el interior (Palme, et al. 2016). Según (Neila, 2004, citado en Castro, 2014), con un enterramiento aproximado de 50cm, ya se puede tener una temperatura interior igual a la temperatura media diaria (ver figura 04).

Con el objetivo de demostrar los beneficios de estas construcciones, Bernardos, Athanasiadis, Katsoulakos, (2014), realizan una investigación en la que comparan una vivienda semienterrada (earth sheltered building), con una tradicional, donde concluyen que la vivienda construida sobre el suelo tiene un aumento del 42% de demanda energética total. Para el correcto funcionamiento de este tipo de viviendas, especialmente en lugares de alta pluviosidad, se requiere sistemas eficientes de drenaje e impermeabilización (García, 2004).

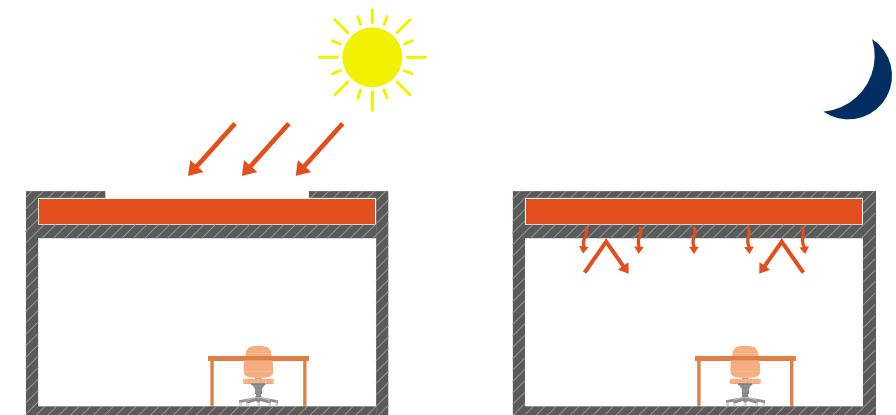


FIG 03

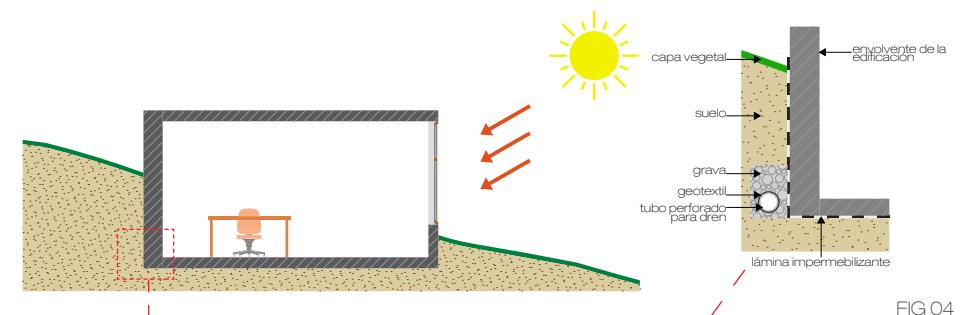
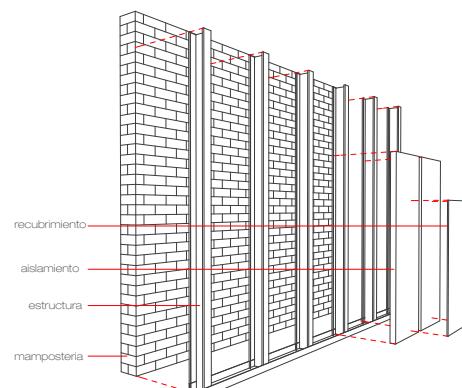


FIG 04

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

ZONA CLIMÁTICA	TM (°C)	FACHADAS EN CONTACTO CON EL AIRE	CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO	CUBIERTAS EN CONTACTO CON EL AIRE	CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITADOS NO VENTILADOS Y MEDIANERAS	CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITADOS VENTILADOS	VENTANAS Y LUCERNARIOS
ZT1	6-10	1.00	1.00	0.75	1.40	1.15	5.70
ZT2	10-14	1.25	1.25	1.00	1.80	1.50	5.70
ZT3	14-18	1.80	1.80	1.50	2.50	2.50	5.70

T15: COEFICIENTE GLOBAL U EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CERRAMIENTO Y LA ZONA CLIMÁTICA W/m<sup>2</sup>k



MATERIALES	COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD
Lana mineral	0.05 - 0.03
Poliestireno	0.039 - 0.029
Poliestireno extruido	0.039 - 0.033
Espuma de poliuretano	0.042 - 0.0359

T16: COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD DE MATERIALES

### ET 05

Aislamiento de muros y cubierta de la vivienda, para evitar las pérdidas de calor, se puede aislar el espacio interior por medio de la envolvente. La condicionante más importante para lograr un aislamiento efectivo es la incorporación de materiales de baja conductividad térmica (U), en el sistema constructivo utilizado. Al respecto la NEC (2011), ha desarrollado un cuadro en el que se especifica los valores máximos para el valor U, según la zona térmica (ZT3 para Cuenca) y del tipo de cerramiento (ver tabla 15).

Entre los materiales que mejor funcionan como aislantes térmicos se encuentran: poliuretano expandido, poliestireno expandido y lana de vidrio (ver tabla 16).

Cabe destacar que la aislación debe estar correctamente instalada, evitando puntos o zonas sin protección, caso contrario se tendrá infiltraciones de aire no deseadas (puentes térmicos), para esto se recomienda darle continuidad al material aislante, especialmente en los encuentros entre muros-piso y muros-cubierta, ya que suelen ser las zonas más vulnerables a infiltraciones (Bustamante, 2009), (ver figura 05).



## capítulo 2 | desarrollo estrategias

### ET 06

Aislamiento en puertas y ventanas, conociendo que los vanos de la vivienda son los encargados de brindar ventilación, es importante que esta sea controlada, lo que significa sellar correctamente los marcos de puertas y ventanas para evitar infiltraciones de aire no deseadas (Bustamante, et al. 2009), (ver figura 06).

Los sellos climáticos incluyen las juntas de expansión, las de tope, las de estanquidad y las de reparación; cuyas recomendaciones para una adecuada instalación se encuentran especificados en la NEC – HS – VIDRIO (2014), (anexo 01).

Se recomienda utilizar el máximo de hojas fijas en ventanas, por ejemplo, en ventanas de dos hojas, una de ellas puede mantenerse fija, la ventilación del recinto puede lograrse con la apertura de una de ellas.

Para reducir la transmitancia térmica promedio día-noche en climas templados, basta con la utilización de cortinas gruesas o persianas interiores (Bustamante, et al., 2009).

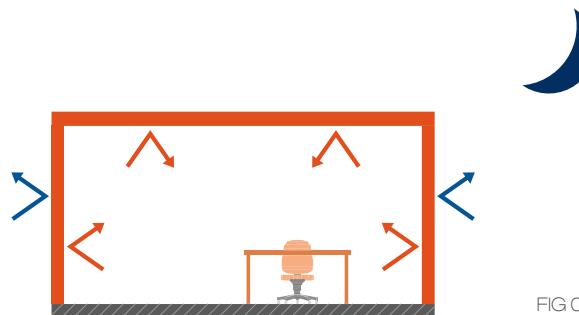
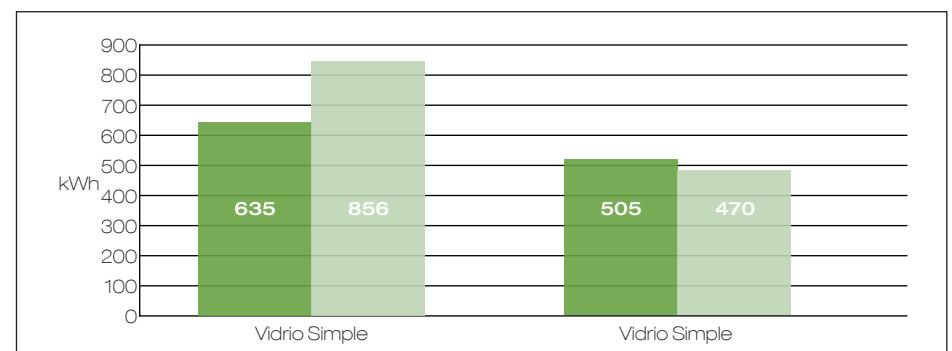


FIG 06



FIG 07



T17: DESEMPEÑO TERMICO DE LA VENTANA DE VIDRIO SIMPLE Y DOBLE VIDRIO

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

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

T18: RELACIÓN DE SUPERFICIE DE VENTANA Y SUPERFICIE TOTAL DE FACHADA CON VIDRIO MONOLÍTICO

ZONA CLIMÁTICA	ORIENTACIÓN		
	N - S	NO - SO NE - SE	E - O
ZT1	40	55	70
ZT2	50	55	50
ZT3	60	50	40

T19 : RELACIÓN DE SUPERFICIE DE VENTANA Y SUPERFICIE TOTAL DE FACHADA CON DOBLE VIDRIO

Los sistemas de doble acristalamiento es otra opción para reducir la transmitancia térmica (ver figura 07), a pesar de que disminuye también la ganancia interior de calor por radiación solar, esta disminución es poco significativa en comparación al gran aporte que puede lograr en el aislamiento de la misma (Vera, Ordenes, 2002), (ver tabla 17).

Según la NEC – HS – VIDRIO (2014), el coeficiente U promedio de un vidrio simple con un espesor entre 4 y 10 mm es de 5.6 W/m<sup>2</sup>K, mientras que el coeficiente U del doble acristalamiento con cámara de aire y con un espesor entre 6 y 12 mm es aproximadamente de 2.9 W/m<sup>2</sup>K.

Finalmente, es prudente señalar que la NEC (2011) indica que los porcentajes máximos de ventanas respecto al total de la fachada de acuerdo a la orientación, cuando se utiliza vidrio monolítico (ver tabla 18); sin embargo, también distingue los valores máximos hasta los que se puede ampliar el porcentaje, siempre y cuando el vidrio posea un coeficiente de transferencia (U), menor a 3.8 W/m<sup>2</sup>k (ver tabla 19).



## capítulo 2 | desarrollo estrategias

### 2.4 iluminación (IN-IA)

Con respecto al requerimiento de iluminación, el principal objetivo es identificar estrategias que permitan reducir el consumo de energía eléctrica. Este comprenderá materia de iluminación natural e iluminación artificial, con una correcta integración, de manera que se pueda obtener un proyecto con buenas condiciones de confort visual para los ocupantes de las viviendas unifamiliares.

Las estrategias que se plantean a continuación son para el cumplimiento del requerimiento iluminación, que se especifica en la tabla 03.

#### Iluminación Natural (IN)

En el ámbito de la arquitectura la iluminación natural se considera como un elemento muy importante al momento del diseño, ya que ayudará a la creación de entornos humanos más sostenibles, además de que se crean ambientes agradables. El aprovechamiento de la luz natural permitirá reducir de manera considerable el consumo de energía eléctrica.

A lo mencionado anteriormente se suman las ventajas que tiene la iluminación natural con respecto a la artificial, según Pattini (2012), son las siguientes (ver tabla 20).

	ILUMINACIÓN NATURAL	ILUMINACIÓN ARTIFICIAL
Proporcionada por fuente energía renovable	X	
Implica ahorro de energía	X	
Niveles más elevados de iluminancia, horas del día	X	
Cantidad de calor por lumen	Menor	Mayor
Incrementa valor comercial	X	X

T20: CARACTERISTICAS ILUMINACIÓN NATURAL - ILUMINACION ARTIFICIAL

Se debe tener en cuenta que existe una serie de factores que cumplen un rol fundamental para el aprovechamiento de la luz natural, como la geografía y el clima, los mismos que en la ciudad no poseen un alto grado de variación, además de factores que dependen del diseño arquitectónico, como por ejemplo la geometría, la forma del edificio, dimensión de los vanos, profundidad de las habitaciones, así como también, va a importar que exista o no la presencia de alguna obstrucción externa, todos estos factores van a contribuir a la variación de iluminación natural en los espacios interiores.

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

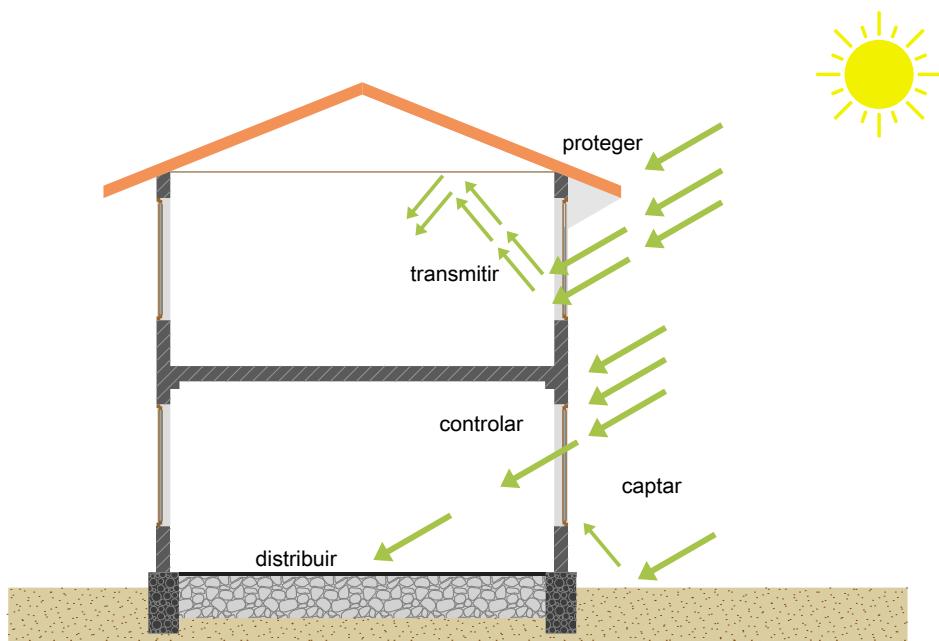


FIG 08

Se entiende que la luz natural no solamente ilumina un espacio interior, brinda también una conexión con el exterior por medio de sus vistas y al mismo tiempo permite una ventilación pasiva, por lo tanto, hay que manejarla de una manera adecuada para otorgar un confort a los ocupantes de las viviendas.

Para generar una buena iluminación natural hay que tener claro 5 operaciones básicas que se deben llevar a cabo para poder tener un desempeño adecuado de iluminación natural. (Las mismas se explican en la figura 08).

Captar - Transmitir - Distribuir - Proteger - Controlar

Para poder potencializar la utilización de elementos de captación de la luz natural como son las ventanas, se debe conocer cuáles serán los factores que influyen, así como también, el comportamiento de estos factores sobre los elementos de captación, para poder obtener los mejores efectos positivos en términos de iluminación.

Las dificultades de diseño, en lo que respecta a las ventanas, están asociadas a conseguir una adecuada distribución de la iluminación captada, de manera que las siguientes estrategias serán una guía para el correcto funcionamiento de las ventanas.

**capítulo 2 | desarrollo estrategias****IN 01**

Basados en los valores de componentes de cielo especificados en INEN 1152 (1984), la cantidad de luxes requeridos de iluminación natural para los diferentes espacios de la vivienda son: 25 luxes para dormitorios y circulaciones, 50 luxes en la sala, 152 luxes para el estudio y 200 luxes para la cocina.

Para poder facilitar el cumplimiento de estos requerimientos lumínicos, según Bustamante (2009), se debe mantener una constante limpieza de las ventanas existentes, ya que el efecto de la suciedad puede reducir en un 10% la transmisividad (ver figura 09).

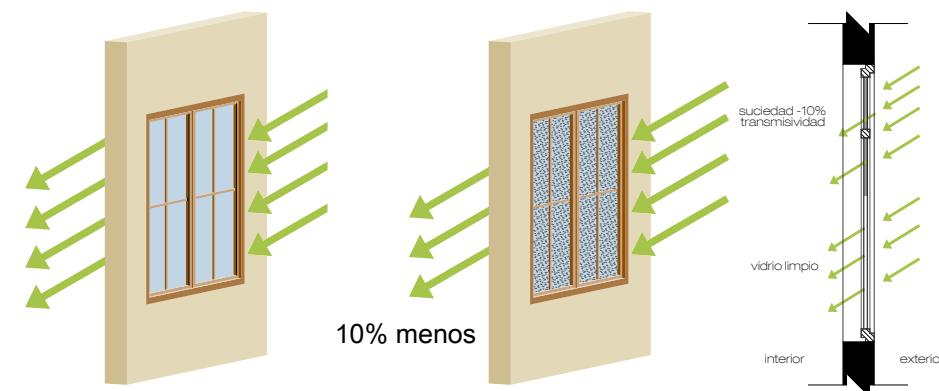


FIG 09

**IN 02**

La ubicación de las ventanas se deberá contemplar con base en un estudio de implantación de la vivienda y un estudio de proyecciones de sombras, considerando la carta solar del lugar.

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011), las mejores ubicaciones para los elementos de captación solar son las siguientes: este (captación sol mañana), oeste (captación sol tarde), para maximizar la ganancia solar directa (ver figura 10).

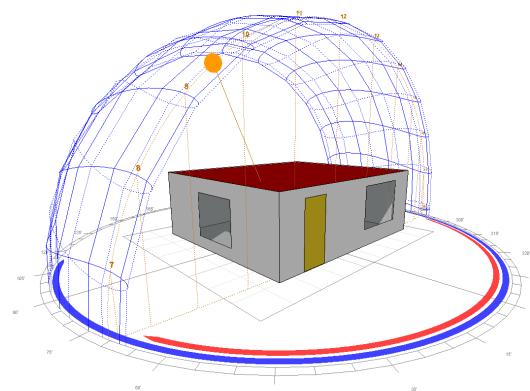


FIG 10

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

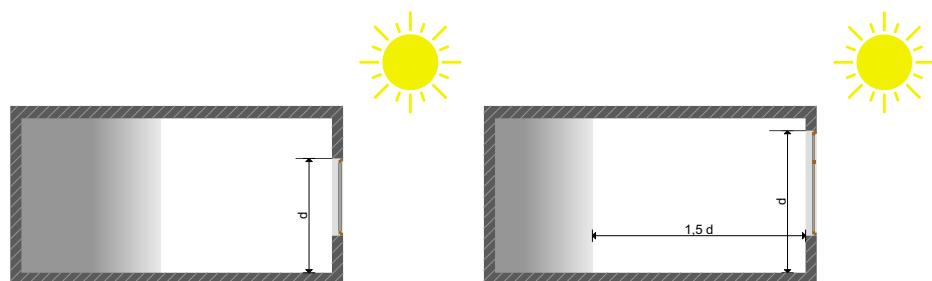


FIG 11

### IN 03

La forma y el tamaño de las ventanas, son elementos esenciales para la penetración de luz en la vivienda, ya que un espacio se iluminará efectivamente por una profundidad de 1.5 a máximo 2 veces la altura de la ventana, medida desde el piso (Bustamante, 2009). Si la profundidad del espacio es mayor a 2 veces, la iluminación en general será insuficiente (Norma INEN 1152, 1984). De manera que, se recomienda aumentar la altura de la ventana de acuerdo a la profundidad del espacio, para que éste tenga una correcta iluminación (ve figura 11).

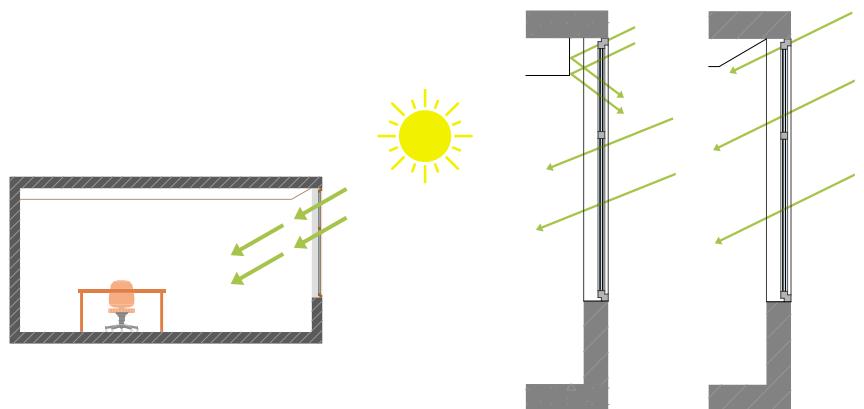


FIG 12

### IN 04

Con respecto a la iluminación lateral, Besser et al. (2012), afirma que se puede aumentar este aporte elevando el cielo raso en el perímetro de las ventanas o inclinado el cielo hacia la pared interior, de manera que la luz obtenga reflexiones adicionales, mientras más elevada esté la ventana, mejor penetración de iluminación natural existirá, logrando una distribución más uniforme, también se evitará el deslumbramiento por tener la fuente de luz por encima de la línea de visión (ver figura 12).

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

### IN 05

Bustamante (2009), afirma que la iluminación cenital (claraboyas, lucernarios, cúpulas), al ser una abertura horizontal alta, cubrirá gran porción de cielo, permitiendo aprovechar el ángulo de mayor luminancia del mismo, lo que se resume en una mejor captación de luz difusa en el espacio; logrando captar tres veces más luz por unidad de superficie. Considerando la latitud de Cuenca, el sol posee una inclinación hacia el norte, de manera que, si se busca captar luz difusa la iluminación cenital deberá estar orientada hacia el sur (ver figura 13).

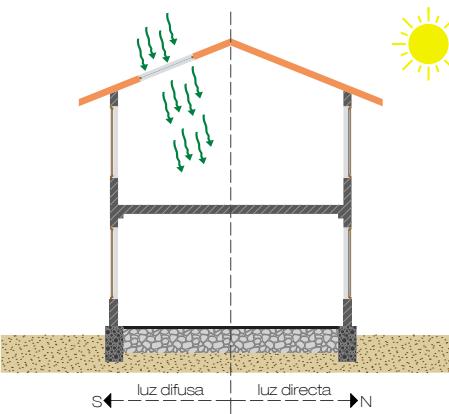


FIG 13

### IN 06

La repartición de la iluminación hacia el interior de un espacio está influenciada de manera directa por la forma de las ventanas. Según De los Reyes (2016), si es que existe una ventana grande, o varias pequeñas que tengan el área total equivalente, la cantidad de luz que ingrese al espacio será la misma, pero la distribución de la luz se encontrara afectada, es decir, una ventana continua proporcionara una distribución de iluminación de manera más homogénea, mientras que con varias ventanas pequeñas, la repartición de iluminación será de manera menos uniforme y se crearán zonas de contraste entre ellas (ver figura 14).

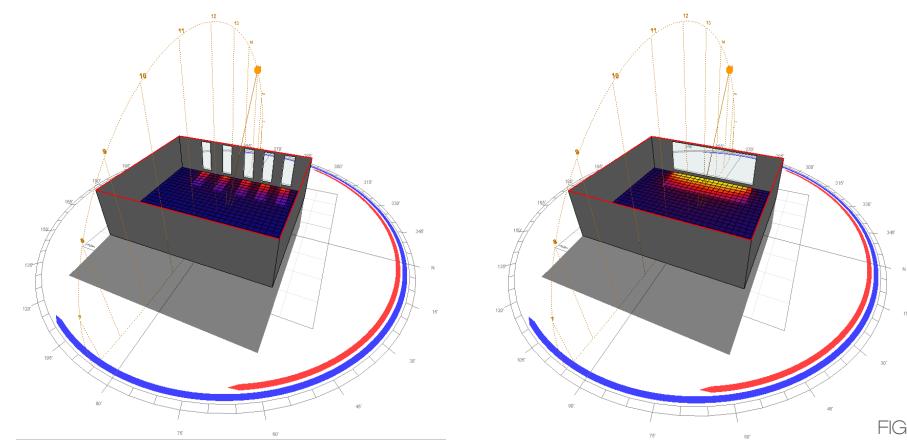
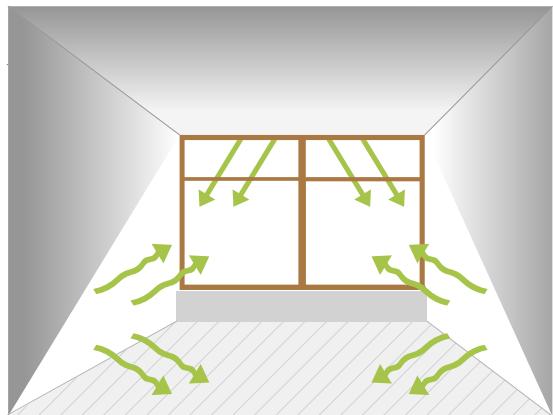


FIG 14

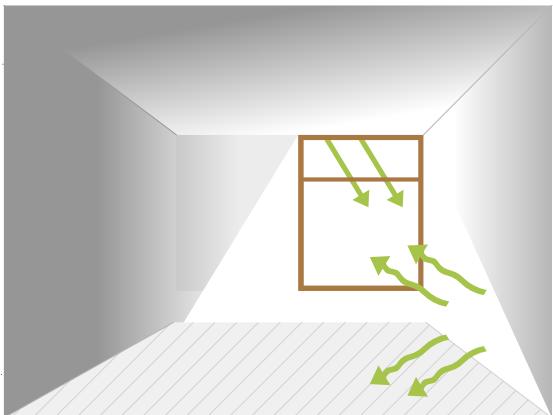
## capítulo 2 | desarrollo estrategias



### IN 07

Según Besser et al. (2012), al ampliar el ancho de la ventana de pared a pared, los muros laterales continuos recibirán mayor cantidad de luz y al mismo tiempo reflejarán la misma, convirtiéndose en una fuente de luz indirecta, esto ayudará a la penetración de luz natural en los espacios (ver figura 15).

FIG 15



### IN 08

Alinear las ventanas con cualquier muro interno divisorio, ayudará a maximizar la luz, ya que refleja la luz al interior (Besser et al., 2012), (ver figura 16).

FIG 16

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

## IN 09

El diseño de los marcos de una ventana cumple un rol importante, ya que aparte de estructurar a la misma, pueden reducir el área de superficie vidriada, alterar la visión al exterior y como consecuencia pueden reducir la cantidad de luz recibida hacia el interior del espacio (Monroy, 2006), (ver figura 17).

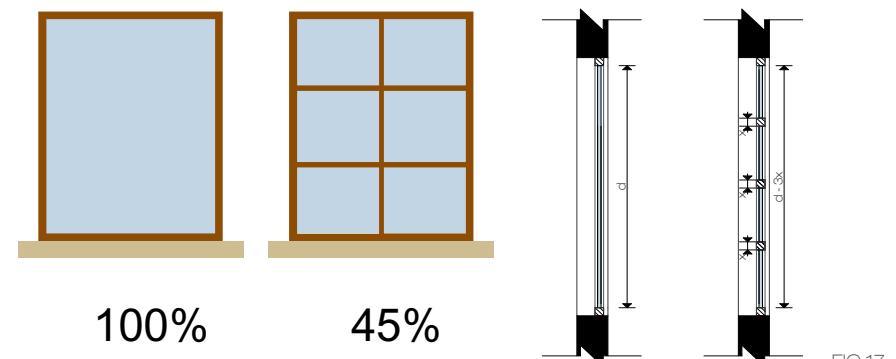


FIG 17

## IN 10

Los cristales tienen dos características importantes que se deben tomar en cuenta, TL (trasmisión luminosa) coeficiente que muestra el porcentaje de luz que deja pasar el cristal, mayor coeficiente mayor ingreso de luz. FS (factor solar), radiación solar o energía térmica que pasa a través del cristal, menor valor menores ganancias solares.

Se recomienda determinar cuáles son los valores TL – FS que satisfagan las premisas del proyecto, de manera que la relación de estos coeficientes debe tener un sentido que aporte a la EE de la edificación (NEC-HS-Vidrio, 2014), (ver tabla 21).

GRUPO	TIPO	VIDRIO (mm)	CAMARA AIRE (mm)	COEFICIENTE TRANSMISIÓN LUMINOSA	FACTOR SOLAR
Simple	Claro	3		0.90	0.89
		4		0.89	0.85
Doble	Claro - Claro	4	6	0.79	0.77
		4	12	0.79	0.77
		4	18	0.79	0.77
		6	6	0.88	0.72
		6	12	0.55	0.3
Doble reflectante	Claro	6	12	0.3	0.32
	Verde	6	12	0.23	0.21
	Plata	6	12	0.14	0.21

T21: CARACTERISTICAS DE LOS CRISTALES

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

MATERIALES	REFLECTANCIA	COLORES	REFLECTANCIA
Pintura blanca nueva	0.65 - 0.75	Blanco	0.70 - 0.85
Hormigón	0.25 - 0.50	Amarillo	0.50 - 0.75
Ladrillo claro	0.45 - 0.50	Azul	0.40 - 0.55
Ladrillo oscuro	0.30 - 0.40	Verde	0.45 - 0.65
Cuarzo blanco	0.60 - 0.70	Rojo	0.30 - 0.50
Madera	0.25 - 0.50	Café	0.30 - 0.40
Espejos	0.80 - 0.90	Gris	0.10 - 0.20
Acero pulido	0.50 - 0.65	Negro	0.03 - 0.07
Vidrio transparente	0.07 - 0.08		
Vidrio reflectante	0.20 - 0.30		

T22: REFLECTANCIAS DE COLORES Y MATERIALES

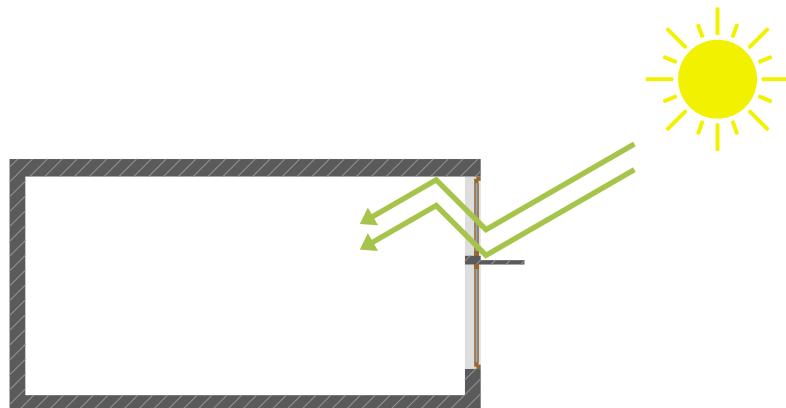


FIG 18

### IN 11

Las características de las superficies interiores como su material, color y textura influyen de manera directa en la reflexión y distribución de luz. El coeficiente de reflexión mide la capacidad de reflejar la luz, en una escala de 0 – 100, donde 100 es cuando la luz es reflejada totalmente (color blanco), y 0 cuando la luz es absorbida (color negro).

Para asegurar un mejor nivel de iluminación difusa al interior de un espacio, se deberá utilizar colores claros en las superficies de los elementos, así se tendrá un buen índice de reflexión (Norma INEN 1152, 1984), (ver figura 22).

### IN 12

Para espacios de la vivienda en donde se encuentran obstáculos visuales (edificios, espacios estrechos), la solución más viable es la aplicación de dispositivos que brinden protección solar y que al mismo tiempo reflejen la luz natural hacia el fondo de los espacios o el techo de los mismos. A estas protecciones solares, se las pueden combinar con bandejas reflectoras intermedias o inferiores, de esta manera se puede garantizar un elevado índice de reflexión y se evita deslumbramiento al no ser directamente visibles (ver figura 18).



## capítulo 2 | desarrollo estrategias

Según Monroy (2006), esta estrategia combinada de protección solar y reflexión luminosa posee tres fundamentos principales:

Limita la entrada de luz en las áreas próximas a las ventanas para evitar las grandes diferencias de iluminación, con la intención de que las áreas del fondo del espacio parezcan relativamente más iluminadas.

Proyecta la luz obturada hacia el fondo del espacio para la iluminación de techos y áreas de trabajo.

Se debe diseñar las superficies del techo para que no limiten la entrada de luz y mejoren su reflexión en las áreas profundas (ver figura 19).

Es por este motivo que, una de las mejores soluciones es la colocación de repisas de luz o parosoles horizontales, que deberán ser colocados a media altura de la ventana o por encima de la línea de visión de los ocupantes y estar emplazados tanto en el interior y exterior del espacio. Esto permite que la luz captada por la ventana sea reflejada al fondo del espacio, lo que aumenta la uniformidad de la luz, reduce el contraste y permite ampliar la profundidad de iluminación hasta 2 veces la altura de la ventana (ver figura 20).

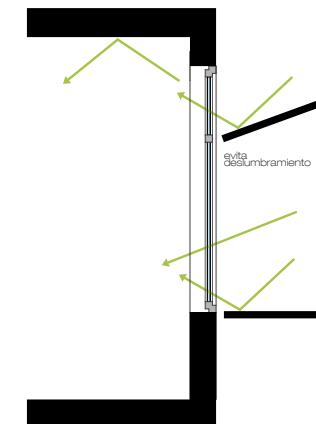


FIG 19

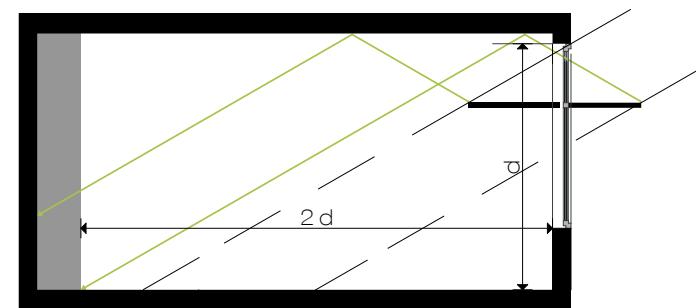
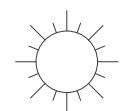


FIG 20

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

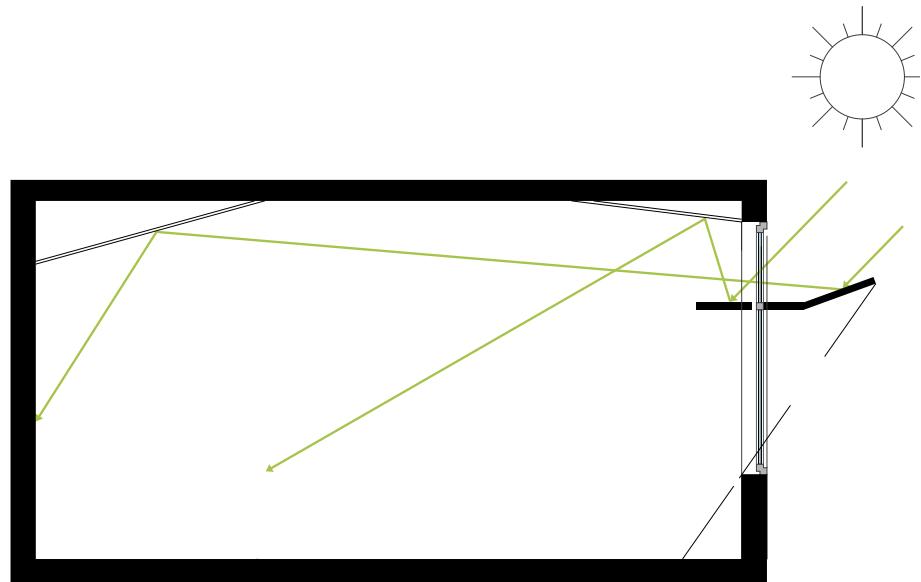


FIG 21

Cuando existe exceso de luminosidad en la parte baja de la ventana y deslumbramiento, esto se puede controlar utilizando vidrio gris o absorbente en la parte inferior de la ventana, pero se debe conservar vidrios claros en la parte superior para garantizar una iluminación profunda.

La iluminación del fondo del local se puede potenciar prolongando e inclinando la parte exterior del parasol, para tener una mejor captación y aprovechar el máximo de luz exterior, también se debe utilizar una superficie reflectante en la parte superior del parasol y de fácil limpieza.

Finalmente se puede mejorar la reflexión interna del espacio con la geometría del techo, con planos inclinados y reflectantes (ver figura 21).



## capítulo 2 | desarrollo estrategias

### Iluminación artificial (IA)

Las viviendas con una buena iluminación natural, deberán complementarla con un sistema eficiente de iluminación artificial (IA), que deberá ser capaz de satisfacer las necesidades de iluminación durante las horas nocturnas; Bustamante (2009), afirma que, al evaluar los costos de operación de los sistemas de IA en su vida útil, son más elevados que los costos de la instalación inicial, por eso es fundamental que en el momento del diseño, se piense en sistemas eficientes.

#### IA 01

La elección de las lámparas para los sistemas de IA está en función de las unidades de lumen que emiten y la potencia eléctrica en Watts (W), además, es necesario conocer sus principales características. El IRC (Índice de Reproducción Cromática), es la capacidad de una luminaria para reproducir fielmente los colores, según Álvarez (2013), en sistemas tradicionales este valor se encuentra entre 20 y 50, mientras la tecnología LED supera valores de 80.

La temperatura de color correlacionada se mide en grados Kelvin (K), si sus valores están entre 2700K Y 3500K se denomina cálida, de 3500K y 5000K neutra y superiores a 5000K fría, Cordero (2015), expresa que las luminarias frías se asocian con actividad, mientras que las cálidas con períodos de descanso.

La vida útil en los sistemas tradicionales generalmente es de 10000 a 18000 h y las LED alcanzan las 50000 h. Finalmente la depreciación del flujo luminoso en las LED alcanza un 70% a las 50000 h, mientras que en las tradicionales alcanza la misma cifra a las 5000 h (Álvarez, 2013), (ver tabla 23).



FIG 22

TIPO DE LÁMPARA	POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (lm)	EFICIENCIA LUMINOSA (lm/W)	RENDIMIENTO DE COLOR (0-100)	TEMPERATURA DE COLOR (K)	VIDA UTIL (h)
Incandescente	25 - 500	220 - 8200	9 - 16	100	2700	1000
Halógena	40 - 2000	500 - 50000	12.5 - 25	100	3000	2000
Tubo fluorescente	15 - 48	1150 - 5200	64 - 104	60 - 90	27000 - 65000	14000 - 18000
Fluorescente compacta	5 - 50	200 - 4800	39 - 87	80	2700 - 4000	8000 - 13000
LED	1.3 - 30	50 - 2800	64 - 100	75 - 92	2600 - 6000	50000

T23: CARACTERISTICAS LÁMPARAS

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

	LÁMPARAS LED	LÁMPARAS FLOURESCENTES COMPACTAS
Pérdidas de energía por emisiones de calor	0.1 Vatio/hora 3.4 btu's/hora	8.82 Vatio/hora 30 btu's/hora
Uso de gases peligrosos	No contiene	5 miligramos mercurio, cadmio y plomo
Horas de vida	50000	5000
Rendimiento 8 horas diarias	17 años + 45 días	1 año + 260 días

T24: LÁMPARAS LED VS LÁMPARAS FLOURESCENTES COMPACTAS

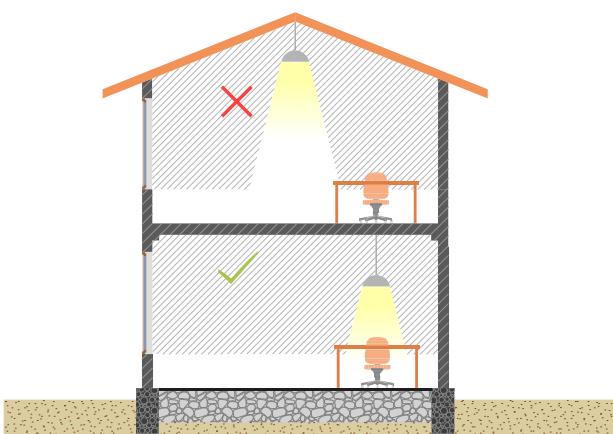


FIG 23

### IA 02

Se recomienda la utilización de sistemas de iluminación LED, ya que para su funcionamiento se requiere menos cantidad de energía que los otros sistemas, presenta 10 veces más horas de vida, no contiene gases peligrosos y tendrá un consumo inferior, si se lo compara con lámparas fluorescentes compactas (lámparas ahorradoras), aproximadamente en un 50% y un 85% con lámparas tradicionales (Sabogal, 2015), (ver tabla 24).

### IA 03

En espacios de trabajo se recomienda la utilización de iluminación directa para obtener los niveles óptimos de iluminación (ver figura 23).



## capítulo 2 | desarrollo estrategias

## IA 04

La domótica consiste en el desarrollo de sistemas de control electrónico, que tiene como uno de sus objetivos eliminar el desperdicio o mal uso de la energía en espacios habitables (ver figura 24).

Entre los instrumentos más conocidos para estos fines están:

- Sensores de movimiento: permiten diferenciar si un espacio se encuentra habitado o no y según esto activar o desactivar elementos electrónicos y lumínicos según su programación.
- Variadores de frecuencia: se encargan de regular la cantidad de energía utilizada para la activación de artefactos electrónicos, evitando de esta manera desperdicios.

De acuerdo a Chica (2009), la correcta utilización de la domótica puede llevar a ahorros del 20% en costos de energía.

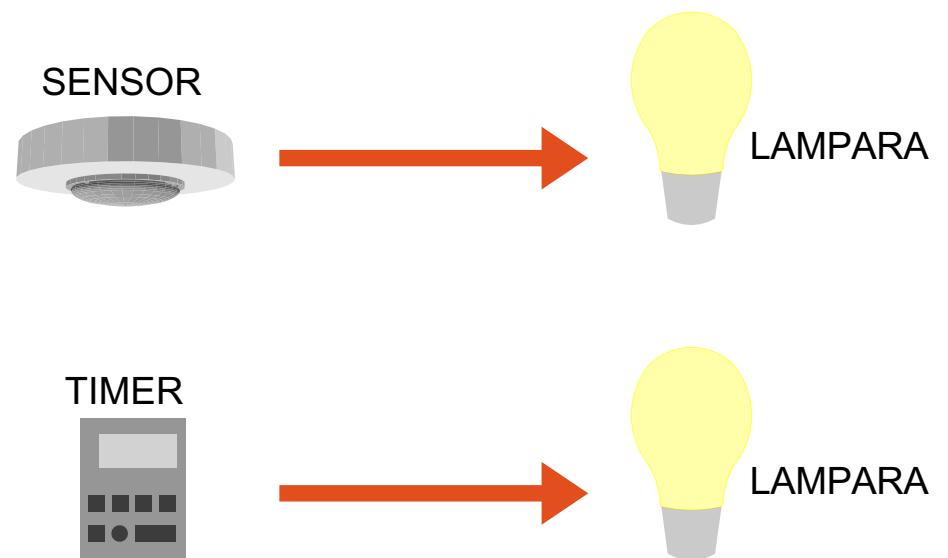


FIG 24

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

### 2.5 electrodomésticos (ELEC)

En las dos últimas décadas, los fabricantes de distintos electrodomésticos, han mostrado grandes avances de eficiencia energética en sus productos, representando ahorro económico para los hogares que los utilizan, además en varios países se han desarrollado programas de “etiquetado de eficiencia energética” que ayudan a los consumidores a diferenciar aquellos productos que mantienen altos estándares de eficiencia energética.

Una estrategia para lograr ahorro energético en electrodomésticos es intentar adquirir aquellos que presenten mejor etiqueta de eficiencia energética.

“Una de las estrategias básicas es la sustitución de electrodomésticos convencionales por aquellos de menor consumo, o que posean etiqueta de eficiencia energética (adhesivo que incluye información sobre el consumo energético del electrodoméstico mostrando una escala, las clases van de la A a la G, siendo A la más eficiente y G la menos eficiente). Es muy importante saber que el consumo de energía de un aparato determinado, para prestaciones similares, puede llegar a ser casi tres veces mayor en los electrodomésticos de la clase G que en los de clase A, y más en clases superiores.” (IDAE, 2011 citado Baquero, 2016, p.157).

Como estrategias complementarias de ahorro energético en electrodomésticos es relevante mencionar aquellos hábitos de uso que disminuyen el consumo producido para cada caso.

Se plantea el desarrollo de las siguientes estrategias para cumplir con los indicadores del requerimiento electrodomésticos, que se especifica en la tabla 04.

#### ELEC 01

Evitar mantener abierta la puerta de la refrigeradora por un tiempo muy prolongado, por cada minuto que la puerta permanece abierta se desperdicia 0.0063 kWh en compensar el frío perdido.

Mantener el refrigerador en un lugar fresco, alejado de equipos que produzcan calor, la parte posterior deberá estar a 10 cm de la pared para que exista buena circulación de aire.

Eliminar frecuentemente la acumulación de escarcha, ya que la misma produce una resistencia térmica que dificulta el proceso de refrigeración.

**capítulo 2** | desarrollo estrategias

Verificar que las puertas cierren herméticamente, una manera de comprobar esto es cerrando la puerta con una hoja de papel en el medio, al retirar el papel si este presenta dificultad para salir el sello está bien, pero si sale con facilidad entonces el sello hermético no sirve.

Cubrir los líquidos que se encuentran en contacto directo con el ambiente interior de la refrigeradora, caso contrario debido a la humedad que estos liberan, el compresor trabajara más, lo cual aumentara el consumo eléctrico.

Limpiar las cañerías, el polvo acumulado actúa como aislante dificultando la refrigeración, el compresor deberá funcionar más tiempo para llegar a la temperatura programada y evitar el ingreso de alimentos calientes al refrigerador, ya que los mismos aumentarían la carga térmica al interior.

Finalmente, la refrigeradora para dos personas requiere un tamaño o una capacidad aproximada de 280 litros y a partir de esa medida se debe calcular 30 litros por persona extra (Peña, Trujillo, 2014).

**ELEC 02**

Desconectar el equipo de sonido del interruptor, ya que al hacerlo se evita el consumo de stand by que según es de 0.003 kW y regular los niveles de volumen del equipo de sonido, puesto que esto reducirá el consumo del mismo, afirman que al reducir cinco niveles de volumen auditivo se reduce el consumo en 0.003 kW (Peña, Trujillo, 2014).

**ELEC 03**

Apagar el televisor, desconectándolo del interruptor evitara el consumo stand by, que es 0.004 kW en una hora. Compartir con el resto de la familia al utilizarlo, con ello el consumo eléctrico equivalente por persona se reduce y regular el contraste y el brillo, del 100% al 50% se reduce el consumo en 0.022kWh (Peña, Trujillo, 2014).

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

### ELEC 04

Según Peña y Trujillo (2010), se debe usar la lavadora a su capacidad máxima, ya que el consumo eléctrico es de 0.199 kWh y a media carga es 0.195 kWh, por ciclo completo de lavado, también regular nivel de agua, tiempo de lavado, centrifugado, enjuagado dependiendo de la cantidad de ropa que se va a lavar y finalmente limpiar con regularidad los filtros.

### ELEC 05

Mantener en buen estado las aspas (afiladas y libre de fisuras), y limpios los componentes de la licuadora; ya que los residuos pueden afectar el rendimiento de la misma, evitar triturar frutas enteras o alimentos secos, elevar la carga al motor y aumenta el consumo eléctrico, además esto puede fisurar las cuchillas provocando daños al artefacto (Peña, Trujillo, 2014).

### ELEC 06

Cerrar el grifo mientras se enjabona, afeita o se lava los dientes, con ello se ahorra un porcentaje tanto de agua como de energía eléctrica en duchas eléctricas. Tomar duchas rápidas (Peña, Trujillo, 2014).

### ELEC 07

Aprovechar la capacidad del microondas, con el mismo consumo eléctrico se puede procesar varios alimentos, regular el tiempo de uso en función del tipo de alimentos a procesar, no se necesita el mismo tiempo para preparar diferentes alimentos, al reducir el tiempo se reduce el consumo eléctrico y mantener el microondas libre de residuos eléctrico (Peña, Trujillo, 2014).

**capítulo 2** | desarrollo estrategias**ELEC 08**

Planchar durante el día, ya que en la noche se requiere de un foco adicional. Evitar planchar ropa húmeda, ya que la misma eleva la carga térmica de la plancha, por lo que el consumo energético aumenta y regular el termostato de la plancha según el tipo de tela, ya que, si se duplica la temperatura de la misma, el consumo aumenta en 0.007 kWh (Peña, Trujillo, 2014).

**ELEC 09**

Reemplazar la cocina que tradicional que utiliza GLP, por una cocina de inducción resulta ser una estrategia de importancia para el ahorro energético, ya que según Serrano & Rojas (2013), las cocinas de inducción tienen una eficiencia de 80.6% mientras que las cocinas de GLP alcanzan apenas el 51.26%.

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

### 2.6 energía renovable (ER)

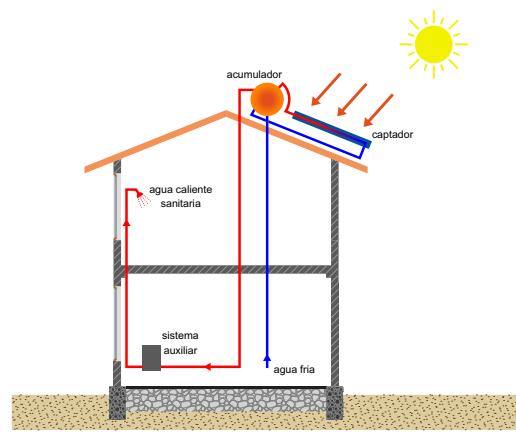


FIG 25

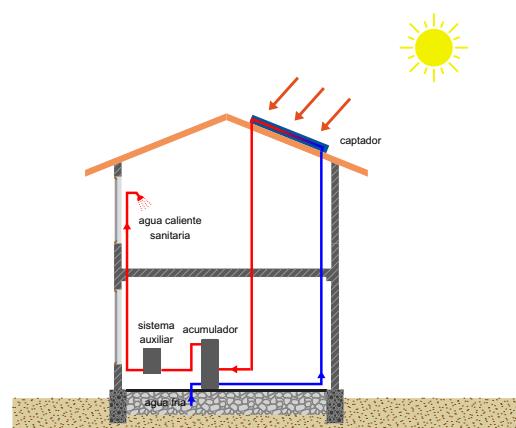


FIG 26

En los últimos años se ha optimizado diferentes sistemas que generan energía utilizando recursos renovables (sol, viento, biomasa), reduciendo la dependencia del uso de recursos no renovables. De acuerdo a las condiciones ambientales y a la tecnología que se dispone en el medio, se plantean las siguientes estrategias, para cumplir con el requerimiento energía renovable y agua caliente sanitaria, como se muestra en la tabla 05.

#### ER 01

Colector solar térmico con sistema pasivo o natural, en este sistema la circulación del líquido caloportador se realiza de forma natural mediante el método de termosifón, en el cual el líquido del circuito se desplaza producto de las variaciones de densidad provocadas por las diferencias de temperatura que se generan en él, ello obliga a que el estanque acumulador se ubique sobre el colector (Bustamante, 2009), (ver figura 25).

#### ER 02

Colector solar térmico con sistema activo o forzado, para su funcionamiento, se requiere de una bomba para generar el desplazamiento del líquido caloportador, gracias a esto el estanque acumulador puede ubicarse a nivel de piso (Bustamante, 2009), (ver figura 26).

Existen dos tipos de colectores que se pueden acoplar a los sistemas mencionados (ER 01, ER 02), los de placas planas y los de tubos al vacío, los segundos con mayor eficiencia y costo. Con el objetivo de que estos cumplan con una captación solar eficiente, la NEC (2011), afirma que para Ecuador el ángulo de inclinación deberá encontrarse entre los 5° y 15°, mientras que la orientación más adecuada es hacia la línea equinoccial.

**capítulo 2 | desarrollo estrategias****ER 03**

Sistemas de energía fotovoltaica sin integración arquitectónica, éste utiliza los espacios libres tras concluida la edificación, su fácil instalación y disposición en el mercado de paneles adecuados para este sistema, según Sánchez (2009), lo convierten en el más común. No posee estudio de diseño de integración, se utilizan los espacios disponibles en cubierta, se puede colocar una estructura encima de esta, pudiendo ser plana o inclinada, con los paneles sobre la misma. Para una captación solar eficiente en la NEC (2011), se recomienda que el ángulo de los paneles con respecto de la horizontal se halle entre los 5 y 15 grados (ver figura 27).

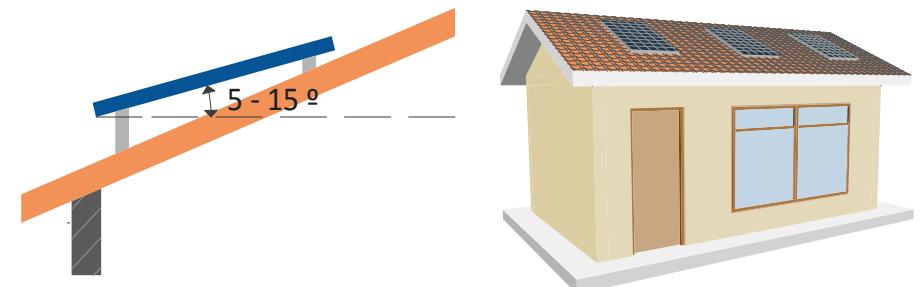


FIG 27

**ER 04**

Sistemas de energía fotovoltaica con integración arquitectónica, según Sánchez (2009), consiste en reemplazar materiales convencionales, por elementos con características fotovoltaicas, para este sistema el diseño arquitectónico juega un papel de gran importancia. En nuestro país aún no existe una amplia gama de materiales fotovoltaicos, por lo que las opciones de integración se ven limitadas, sin embargo, con paneles que se dispone en nuestro mercado (silicio monocristalino y policristalino), se puede constatar que en otros países si se ha logrado generar una integración arquitectónica ya sea en cubiertas o en fachadas (ver figura 28).



FIG 28

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

### 2.7 agua caliente sanitaria (ACS)

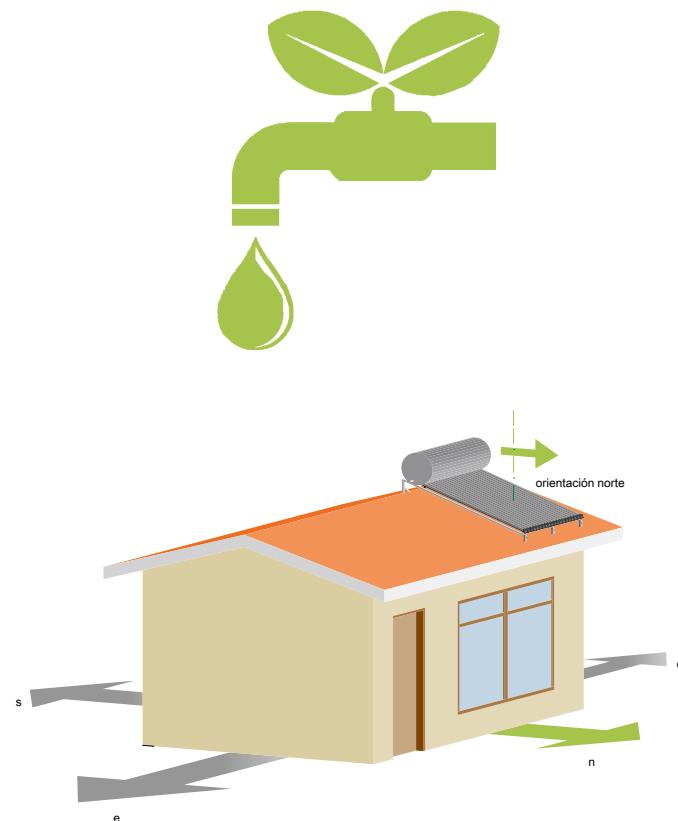


FIG 29

En el sector residencial, el uso de energía para la producción ACS representa un porcentaje importante en el consumo total de energía, la necesidad de ACS de uso doméstico en nuestra ciudad es muy importante por sus bajas temperaturas.

Para poder cumplir con esta necesidad la mayoría de las viviendas en la ciudad poseen sistemas eléctricos o a base de Gas Licuado de Petróleo (GLP), los cuales para producir de energía emiten dióxido de carbono contaminando el medio ambiente. Para poder disminuir esto se plantean las siguientes estrategias, las mismas que cumplen con las exigencias de los indicadores del requerimiento energía renovable y agua caliente sanitaria, como se muestra en la tabla 06.

#### ACS 01

En Cuenca, al poseer un recurso solar alto, se recomienda la instalación de sistemas de calentamiento de agua con energía solar, se puede utilizar colectores solares de tubos al vacío, que funcionan bajo el efecto de termosifón.

Para poder aprovechar la mayor radiación posible se deberá seguir las siguientes recomendaciones:

La orientación óptima es hacia el norte (línea equinoccial), para poder aprovechar al máximo la radiación solar (ver figura 30).

FIG 30



## capítulo 2 | desarrollo estrategias

La inclinación, según la NEC (2011), deberá encontrarse entre 5° a 15°; sin embargo, Calle, Fajardo y Sánchez (2010), aseguran que para una mejor captación, la inclinación ideal es igual a la latitud del lugar, (Cuenca 2° 53' 57"), pero para el correcto funcionamiento del efecto termosifón la inclinación deberá ser de 20° respecto a la horizontal (tomando el valor de 17,5° como referencia en función del efecto termosifón), (ver figura 31).

La colocación y la integración del colector con la vivienda deberá tratar de combinar los factores anteriores en la etapa de diseño, de manera que se pueda evitar la incidencia de sombras sobre el colector, ya que podrían disminuir el rendimiento energético del mismo (ver figura 32).

El espacio destinado para la colocación del colector solar en la vivienda deberá contar con el respectivo refuerzo estructural para soportar la carga que este representara.

Finalmente el colector debe tener la capacidad de abastecer todas las demandas de ACS de la vivienda.

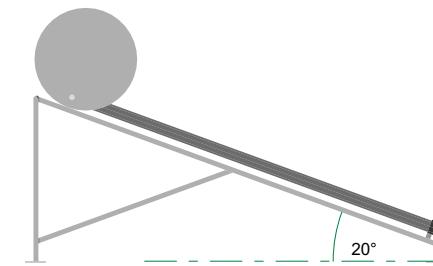


FIG 31

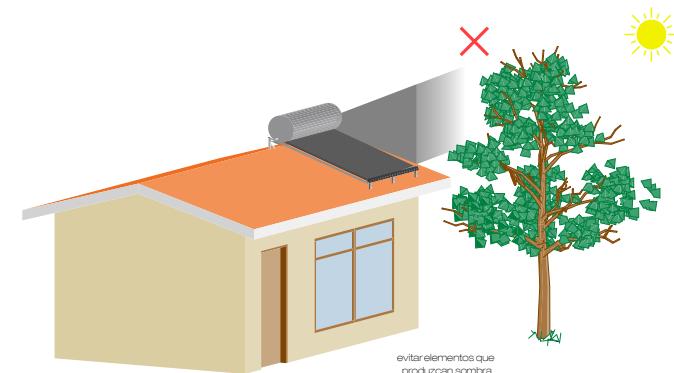


FIG 32

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

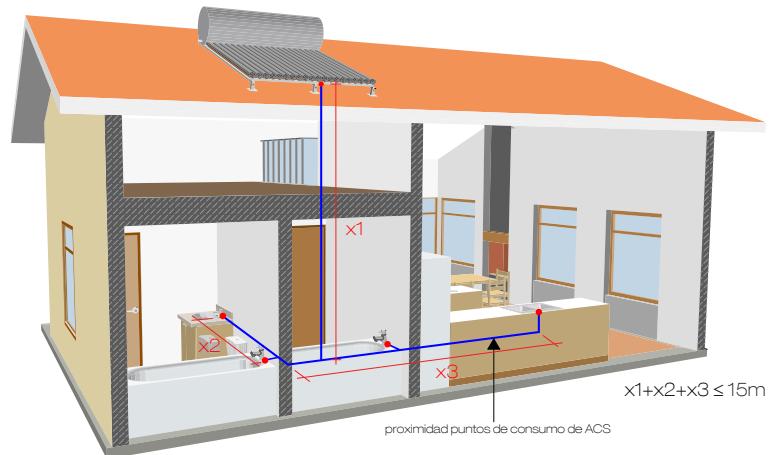


FIG 33

### ACS 02

Al momento del diseño de la vivienda, se debe procurar que los puntos de consumo de ACS (cocina, baños), deben encontrarse lo más cerca posible de los sistemas de acumulación y de captación ( $\leq 15m$ ), de manera que las pérdidas de calor por el transporte del fluido a través de las tuberías sean mínimas (ver figura 33).

Se debe proporcionar también, un sistema de recirculación de agua caliente, que consiste en una red de tuberías donde el agua regresa desde los puntos más alejados, hasta el acumulador, manteniendo un nivel adecuado de temperatura para toda la red. La implementación de este, ayuda a tener una mejor repartición en todos los puntos de ACS de la vivienda, produciendo un ahorro energético (Taipe, 2015).

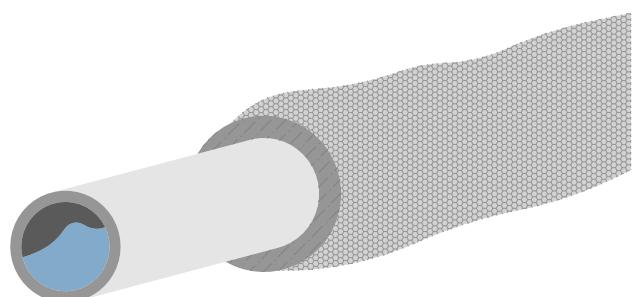


FIG 34

### ACS 03

Se recomienda aislar térmicamente a las tuberías de ACS para minimizar las pérdidas de calor del fluido al ser transportado (ver figura 34).



## capítulo 2 | desarrollo estrategias

### ACS 04

El lugar adecuado para instalar un calentador de agua que usa GLP, será con base en su clasificación, según la NTE INEN 2 124:98 (1998), existen 3 tipos: tipo 1 (seguridad termocupla), tipo 2 (control electrónico), y tipo 3 (acumulativo con piloto), (ver figura 35).

Para los tipos 2 y 3 se permite la instalación en exteriores como en interiores, siempre que se respete la normativa, mientras que para el tipo 1 la instalación será únicamente en exteriores.

Requerimientos para instalación en lugares exteriores: procurar que el espacio designado esté protegido contra la lluvia, el viento y demás riesgos climáticos, para esto, se puede usar compartimentos en los mismos, que serán de mampostería u otro material incombustible. La distancia mínima entre el calentador y las paredes del compartimiento deberá ser de 50mm, en caso de existir puertas se deberá respetar esta distancia.

Requerimientos para instalación en lugares interiores: el volumen mínimo del espacio interior deberá ser de 8m<sup>3</sup>. El borde superior de la rejilla para evacuación de aire deberá ubicarse a 100mm bajo el cielo raso. El borde inferior de la rejilla de admisión de aire se ubicará a 100mm del piso.

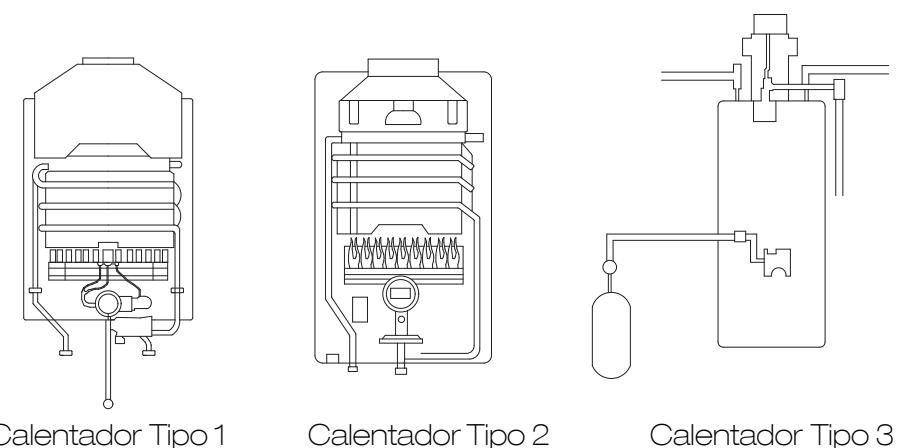


FIG 35

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

### 2.8 espacios de secado (ES)

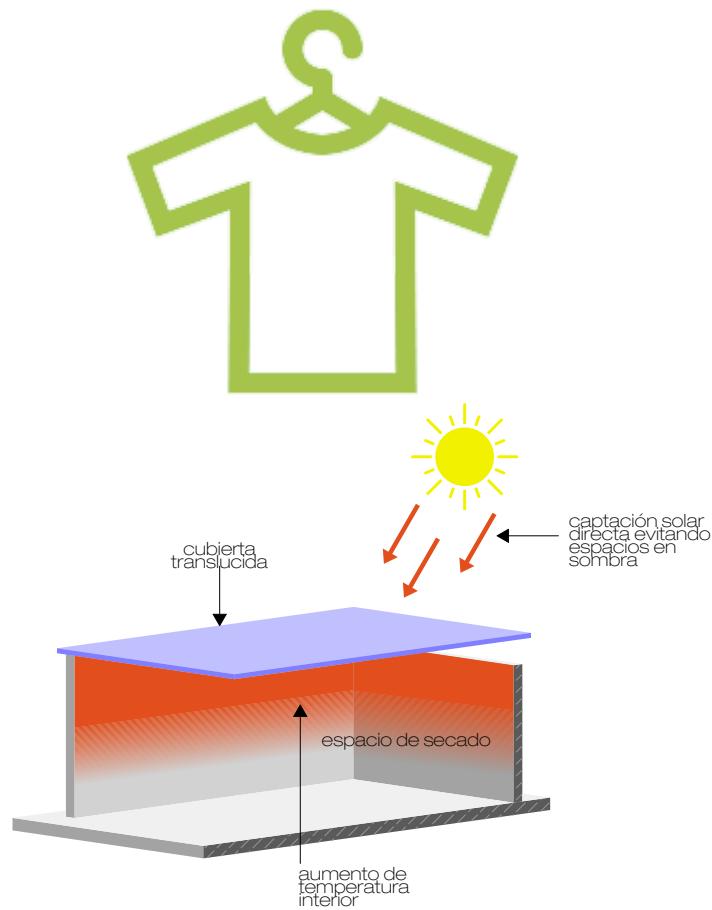


FIG 36

Los espacios de secado deberán ser diseñados para que, con la aplicación de estrategias, estos permitan secar la ropa de manera satisfactoria y se evite el uso de las secadoras eléctricas o a base de GLP.

Las estrategias que se plantean a continuación son para el cumplimiento de los indicadores del requerimiento espacios de secado, que se especifica en la tabla 07.

#### ES 01

Al poseer un alto recurso solar durante la mayor parte del año en la ciudad se recomienda que los espacios de secado de ropa, se emplacen en lugares donde tengan incidencia solar directa, al mismo tiempo se recomienda que estos espacios estén cubiertos por superficies acristaladas, ya que ayudarán a aumentar la temperatura facilitando el secado de ropa y evitará que se moje en época de lluvia (ver figura 37).

FIG 37

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

### ES 02

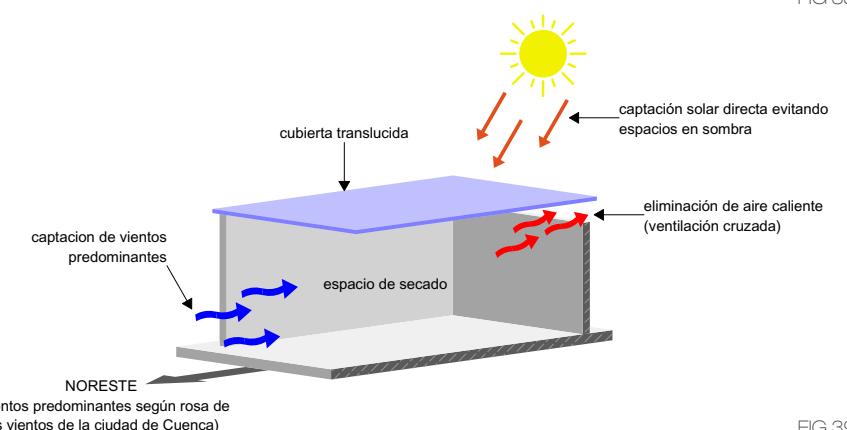
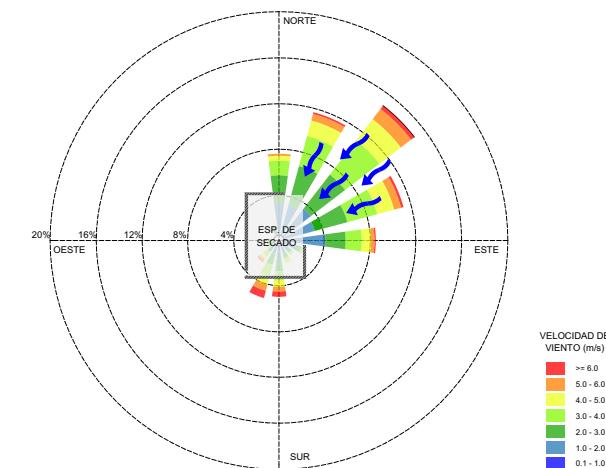
Diseñar de manera que en los espacios de secado exista la presencia de vientos predominantes, para crear un efecto de túnel de viento, factor que ayudará al secado de ropa (ver figura 35).

Para poder orientar dichos espacios, se debe utilizar la información recolectada por la rosa de los vientos, obteniendo la dirección, velocidad y frecuencia de los mismos. En el caso de Cuenca, según Jerves, Armijos (2016), se puede diferenciar que los vientos predominantes están orientados al noreste, con un vector resultante de 36 con una frecuencia cercana al 15% de horas anuales, y con velocidades que oscilan desde 1m/s hasta valores mayores de 6 m/s, sin embargo las más comunes oscilan entre 2m/s hasta 5m/s (Jerves, Armijos, 2016) (ver figura 38).

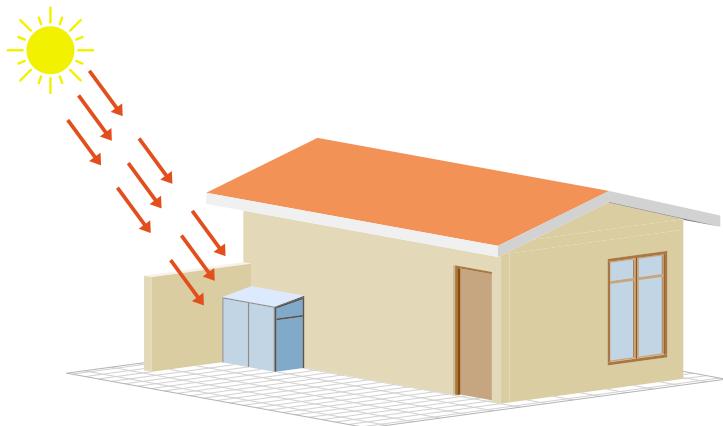
### ES 03

Si combinan las estrategias mencionadas anteriormente, mejorarán los factores de secado, ya que, con la incidencia del sol, más una elevada temperatura y la influencia del viento los tiempos de secado serán menores (ver figura 39).

Al momento de dimensionar el espacio de secado, según el "Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas" (2016), se debe tener en cuenta que el tramo mínimo del tendal no podrá ser inferior a 1m y tener una altura menor a 1.5m respecto al suelo; por otro lado, si es un espacio habitable interno, deberá contar con ventilación mecánica, de otra manera, con ventilación natural.



## capítulo 2 | desarrollo estrategias



ES 04

FIG 40

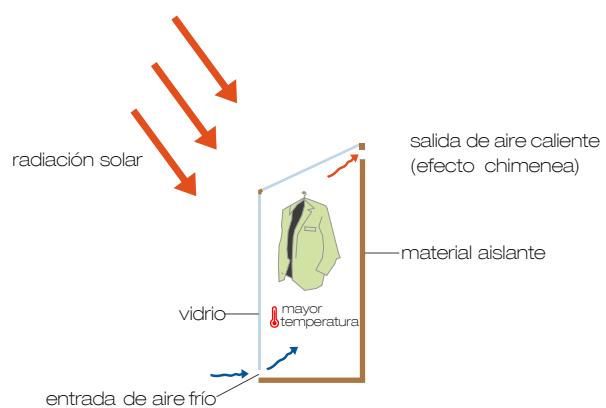


FIG 41

Cuando no se dispone del suficiente espacio, se recomienda la utilización de una secadora solar, ya que toma los rayos del sol para transformarlos en calor (ver figura 40).

La forma de la secadora solar y los materiales dejan pasar la radiación, aumentan la temperatura interior y evitan que el aire caliente se escape. Al calentar aire, que está a la temperatura del ambiente y con un cierto porcentaje de humedad, aumenta su capacidad de absorber vapor de agua , para eliminar la humedad es necesario que el aire que pasa por la ropa se encuentre en constante movimiento y renovación, esta ventilación se logra de manera natural gracias el efecto chimenea (Almada M., Caceres M., Machain-Singer M. y Pulfer J., 2005), (ver figura 41).

**capítulo 2** | desarrollo estrategias**créditos imágenes y tablas****Imágenes**

FIG 01. FIG 2. FIG 03. FIG 04. FIG 05. FIG 06. FIG 07. Elaborado por los autores (31/05/2017).

FIG 08. Fuente: Carpio, C. & Covielo, M. (2013) "Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: avances y desafíos del último quinquenio" (02/05/2017) Editado por los autores.

FIG 09. FIG 10. FIG 11. FIG 12. FIG 13. FIG 14. FIG 15. FIG 16. FIG 17. FIG 18. FIG 19. FIG 20. FIG 21. Elaborado por los autores (31/05/2017).

FIG 22. Recuperado de <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/LOGO%20OFICIAL%20FINAL%20SERVICIO%20TRANSPARENTE.png> (02/05/2017) Editado por los autores.

FIG 23. FIG 24. FIG 25. FIG 26. FIG 27. Elaborado por los autores (05/06/2017).

FIG 28. Recuperado de <https://www.veoverde.com/2011/07/friburgo-la-capital-ecologica-de-alemania/> y de <http://luoka.eu/casa-de-la-juventud-de-san-sebastian/> (03/10/2017) Editado por los autores.

FIG 29. Recuperado de <https://previews.123rf.com/images/artqu/artqu1212/artqu121200635/17637779-icono-verde-salvar-el-medio-ambiente-y-el-concepto-de-agua-Foto-de-archivo.jpg> (05/06/2017) Editado por los autores.

FIG 30. FIG 31. FIG 32. FIG 33. FIG 34. FIG 35. Elaborado por los autores (05/06/2017).

FIG 36. Recuperado de [http://fornitorihogar.com/img/rodsson/sec3\\_img3.png](http://fornitorihogar.com/img/rodsson/sec3_img3.png) (05/06/2017) Editado por los autores.

FIG 37. FIG 38. FIG 39. FIG 40. FIG 41. Elaborado por los autores (05/06/2017).

**Tablas**

T01. Criterios de evaluación categoría energía T02. Requerimiento envolvente térmica T03. Requerimiento iluminación T04. Requerimiento electrodomésticos T05. Requerimiento energía renovable T06. Requerimiento agua caliente sanitaria T07. Requerimiento espacios de secado T08. Requerimiento desempeño energético Fuente: Guillen, V., Quesada, F., López, M., Orellana M. & Serrano, A., (2014) "Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas" (06/03/2017) Editado por los autores.

T09. Temperatura ambiental de Cuenca por años periodo 2006-2015. T10. Temperatura ambiental de Cuenca por meses periodo 2006-2015. T11. Humedad relativa en % de Cuenca por años periodo 2006-2015. T12. Humedad relativa en % de Cuenca por meses periodo 2006-2015 Fuente: Avila, B. (2017). "Mejoramiento de envolventes para la eficiencia energética y confort de viviendas en la ciudad de Cuenca" (07/09/2017). Elaborado por los autores.

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

T13. Propiedades térmicas de los materiales de construcción Fuente: <http://slideplayer.es/slide/126652/1/images/18/T%C3%89RMICA+Material+Calor+espec%C3%ADfico+Kcal/+Kg.+%C2%BAC+Densidad+Kg/+m3.jpg>. (20/09/2017). Elaborado por los autores.

T14. Retardo térmico de materiales constructivo respecto a su espesor. Fuente: Rodríguez, G. (1972). Revista del IDEM "El clima chileno y su relación con la construcción habitacional". (20/09/2017). Elaborado por los autores.

T15. Coeficiente global del tipo de cerramiento y la zona climática. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 capítulo 13. (20/09/2017). Elaborado por los autores.

T16. Coeficiente de conductividad de materiales. Fuente: Buri, A. (2015). "Análisis, desarrollo y evaluación de aislantes térmicos fabricando bloques de adobe con paja". Elaborado por los autores.

T17. Desempeño térmico de la ventana de vidrio simple y doble vidrio. Fuente: Vera, S & Ordenes, M. (2002). "Evaluación del desempeño energi-térmico de una vivienda social en Chile utilizando un programa de simulación energética en edificios". Elaborado por los autores.

T18. Relación de superficie de ventana y superficie total de fachada con vidrio monolítico. Fuente: NEC 2011 capítulo 13. (20/09/2017). Elaborado por los autores.

T19. Relación de superficie de ventana y superficie total de fachada con doble vidrio. Fuente: NEC 2011 capítulo 13. (20/09/2017). Elaborado por los autores.

T20. Características iluminación natural – iluminación artificial Fuente: Pattini A. (2012) Luz natural e iluminación de interiores (30/03/2017). Elaborado por los autores.

T21. Características de los cristales. T22. Reflectancias de colores y materiales. Fuente: Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción - CITEC de la Universidad del Bío Bío. (2012) Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos (30/03/2017). Elaborado por los autores.

T23. Características lámparas Fuente: Bustamante W. (2009) Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social. (30/03/2017)

T24. Lámparas led vs lámparas fluorescentes compactas. Elaborado por los autores (30/03/2017).

**capítulo 2** | desarrollo estrategias

## referencias bibliográficas

Almada, M., Caceres, M., Machain-Singer, M., & Pulfer, J., (2005) Guía de uso de secaderos solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes. Fundación Celestina Pérez de Almada. Paraguay.

Álvarez, J. (2013). Iluminación led en edificios inteligentes. En S. Junestrand (Director), I Congreso Edificios Inteligentes. Madrid, España.

Avila, B. (2017). Mejoramiento de envolventes para la eficiencia energética y confort de viviendas en la ciudad de Cuenca. (Tesis). Universidad de Cuenca. Cuenca.

Baquero, M. (2013). Diseño bioclimático de viviendas multifamiliares en la ciudad de Cuenca. (Tesis). Universidad de Cuenca. Cuenca.

Baquero, T. Quesada, F. (2016). Eficiencia energética en el sector residencial de la Ciudad de Cuenca, Ecuador. Maskana, 7, 147-165.

Besser, D., Bobadilla, A., Díaz, M., Figueroa, R., Guzmán, F., Muñoz, C.,...Trebilcock, M. (2012) Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos. Innova Chile. Chile

Bustamante, W. (2009). Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social. Universidad Católica de Chile. Santiago.

Calle, J., Fajardo, J., & Sánchez, L. (2010) Agua caliente sanitaria de uso doméstico con Energía Solar, una alternativa para la ciudad de Cuenca. Ingenius, 4, 57-64.

Castro, L. (2014). Influencias culturales de la vivienda social periférica (VPS) en área metropolitana de monterrey (AMM): Arquitectura semienterrada como alternativa sostenible. (Tesis). Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey

Chica, J. (2009). Perspectiva del uso de un sistema de control encaminado al uso racional y eficiente de energía en hogares y empresas. Recuperado de fuente académica Dialnet.

Cordero, E. (2015). Estudio de indicadores de calidad de fuentes luminosas y su correlación con la discriminación y la apariencia del color con fuentes convencionales y fuentes led. (Tesis doctoral). Universidad de Extremadura.

De los Reyes, M. (2016). La iluminación natural difusa en el interior de los espacios arquitectónicos. (Tesis Maestría). Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Tecamachalco, México

INEN 1152. (1984). Iluminación natural de edificios requisitos. Ecuador.

Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas. (2017). Universidad de Cuenca. Cuenca.

## capítulo 2 | desarrollo estrategias

MIDUVI & CAMICON. (2014). NEC – HS - VIDRIO. Ecuador.

MIDUVI & CCQ. (2011). NEC-11. Capítulo 13. Ecuador.

MIDUVI & CCQ. (2011). NEC-11. Capítulo 14. Ecuador.

Monroy, M. (2006). Manual de Iluminación. Las Palmas de Gran Canaria: Manuales de diseño ICARO de Calidad Ambiental en la Edificación,

NTE INEN 2 124:98. (1998). Uso e instalación de calentadores de agua a gas de paso continuo y acumulativo. Primera edición. Quito – Ecuador.

Palme, M. Lobato, A. Gallardo, A. Beltrán, R. Villacreses, G. Almaguer, M. (2016). Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas. Obtenido de [http://iner.ec/plataforma/Guia%20EEE\\_baja.pdf](http://iner.ec/plataforma/Guia%20EEE_baja.pdf)

Pattini, A. (2012). Luz natural e iluminación de interiores. Recuperado de <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap11.pdf>

Peña, J. Trujillo, A. (2014). Monitorización, análisis y difusión del consumo energético eléctrico de modelo de vivienda del sector residencial de la ciudad de Riobamba. (Tesis). Universidad Superior Politécnica De Chimborazo. Riobamba.

Sabogal, M. (2015) Análisis de costo / Beneficio en la implementación de sistemas de iluminación LED en la construcción de vivienda multifamiliar de estrato 4 en la ciudad de Bogotá. Universidad Militar Nueva Granada. Colombia.

Taipe, W. (2015). Automatización del sistema de recirculación de agua caliente utilizando hardware libre en el hospital IESS Latacunga. (Tesis). Universidad Técnica de Ambato. Ambato

Turégano, J.A. Hernández, M.A. García, F. (Grupo Energía y Edificación) (2003). La inercia térmica de los edificios y su incidencia en las condiciones de confort como refuerzo de los aportes solares de carácter pasivo. Conarquitectura. (8), 65-80.

Vera, S. Ordenes, M. (2002). Evaluación del desempeño energético termico de una vivienda social en chile, utilizando un programa de simulación energética en edificios. Ingeniería de Construcción, 17, 133-142.

---

# CAPÍTULO 3

## EVALUACIÓN A CASO DE ESTUDIO

---



## capítulo 3 | evaluación caso estudio

### introducción

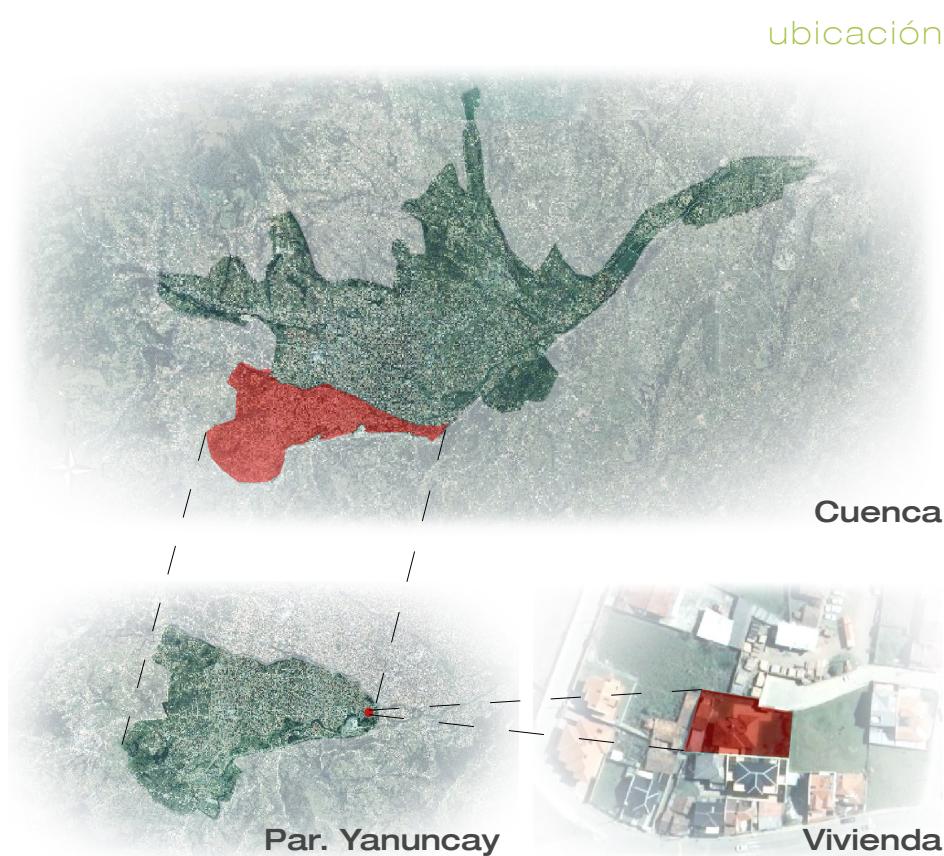
En la búsqueda de la arquitectura sustentable, se debe facilitar el acceso a viviendas dignas con mejores estándares de consumo energético, por medio de la aplicación de las estrategias se pretende cumplir con estos estándares.

Se analizará una vivienda caso de estudio, que será evaluada en el estado actual, iniciando con un análisis de su ubicación, emplazamiento, planos arquitectónicos y demás características; para posteriormente, mediante el programa Ecotect, aplicar simulaciones del comportamiento energético de la vivienda.

Finalmente, mediante el proyecto de investigación 'Método de certificación para la construcción sustentable de viviendas', se identificará cuáles son los criterios que presentan mayores falencias para lograr un mejor comportamiento energético del caso de estudio.

## capítulo 3 | evaluación caso estudio

### 3.1 estudio arquitectónico vivienda



#### Descripción del caso estudio.

La vivienda se encuentra emplazada en un terreno de 674.71m<sup>2</sup>, adosada, por un lado, posee 245.21m<sup>2</sup> de construcción distribuido en dos plantas, la estructura es de hormigón armado, con paredes de ladrillo visto con recubrimiento interior, la cubierta posee estructura metálica y recubrimiento de tejas.

Información adicional de la vivienda como dirección, emplazamiento, código predial, forma de la vivienda, el número de habitantes, se muestra en la tabla 01.

DIRECCIÓN	Calle de retorno y Diego Velázquez (COD. Predial 904057061000)	Nº DE HABITACIONES	4 Dormitorios
EMPLAZAMIENTO	Adosada de 1 lado	Nº DE BAÑOS COMPLETOS	3
ORIENTACIÓN	Norte - Sur	Nº DE MEDIOS BAÑOS	1
FORMA VIVIENDA	Cuadrada	BUHARDILLA	No
NÚMERO DE PISOS	2	EDAD VIVIENDA	>10 años
BLOQUES CONSTITUYEN LA VIVIENDA	1	Nº HABITANTES	5 (4 adultos - 1 niño)

T01: INFORMACION GENERAL



## capítulo 3 | evaluación caso estudio

En los siguientes los planos se muestra la situación de la vivienda caso de estudio dentro del predio, así como las inclinaciones de las cubiertas, los accesos a la misma y su orientación (ver figura 01).

En las figuras 02-03 se puede observar la forma y la distribución espacial que tiene en planta baja como en planta alta, al igual que la posición de los vanos de ventanas, puertas y las conexiones entre los espacios.



FIG 01

### emplazamiento



**capítulo 3 | evaluación caso estudio**

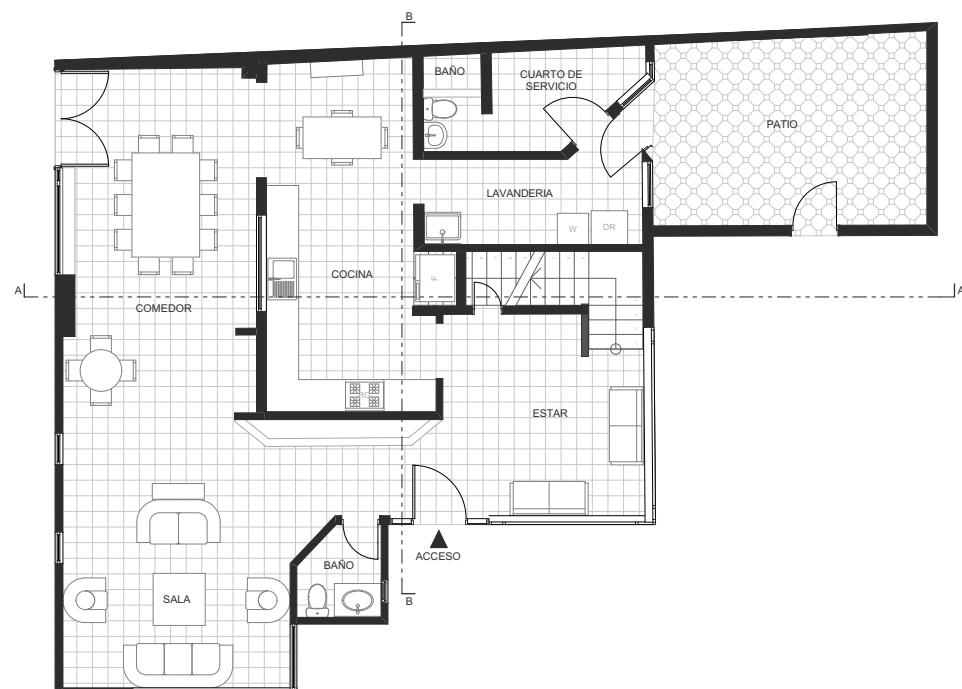


FIG 02

planta baja



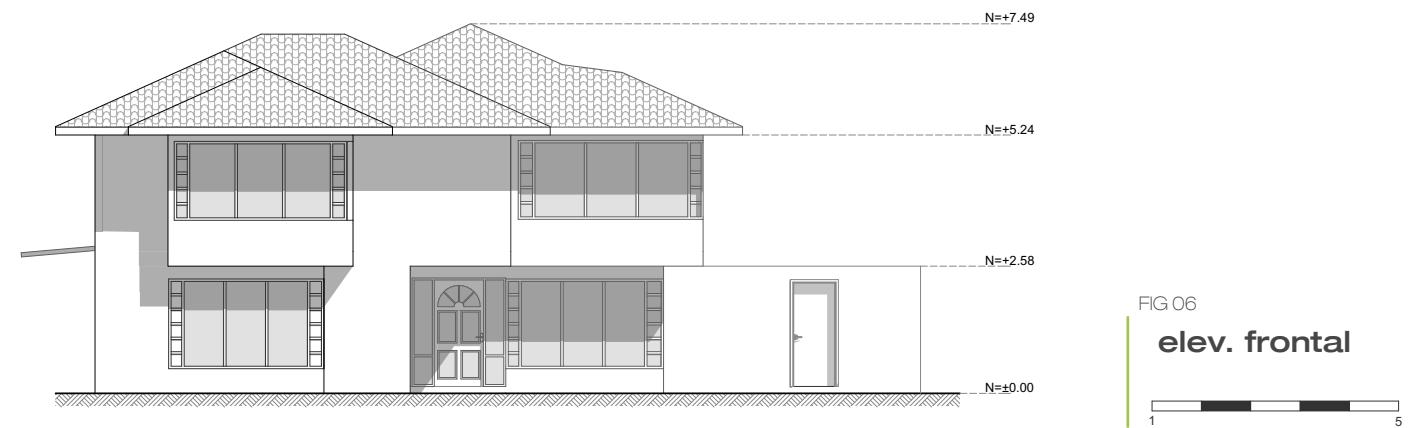
FIG 03

planta alta





## capítulo 3 | evaluación caso estudio



**capítulo 3 | evaluación caso estudio**

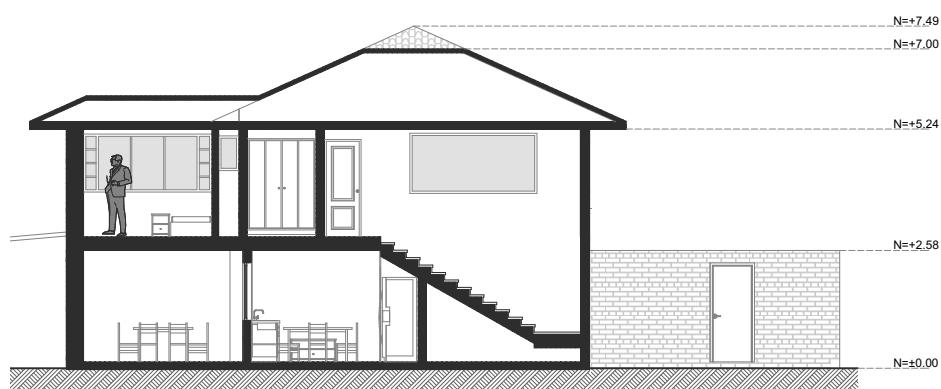


FIG 07



FIG 08

**CORTE A**



**CORTE B**





## capítulo 3 | evaluación caso estudio

### 3.2 análisis energético actual caso estudio

#### Envolvente Térmica\_estructura

En los siguientes gráficos se obtiene la información requerida para la evaluación de la vivienda en su estado actual, con base en los indicadores del Método de Certificación para Cuenca y por requerimiento.

En las figuras 09-10 se presenta características de la vivienda con respecto a la envolvente térmica y reflectancias de las superficies internas.

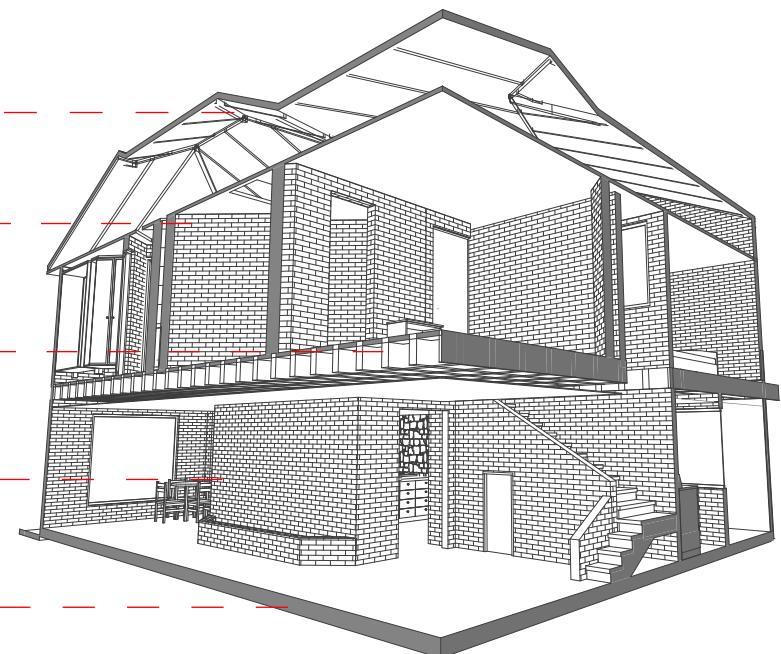
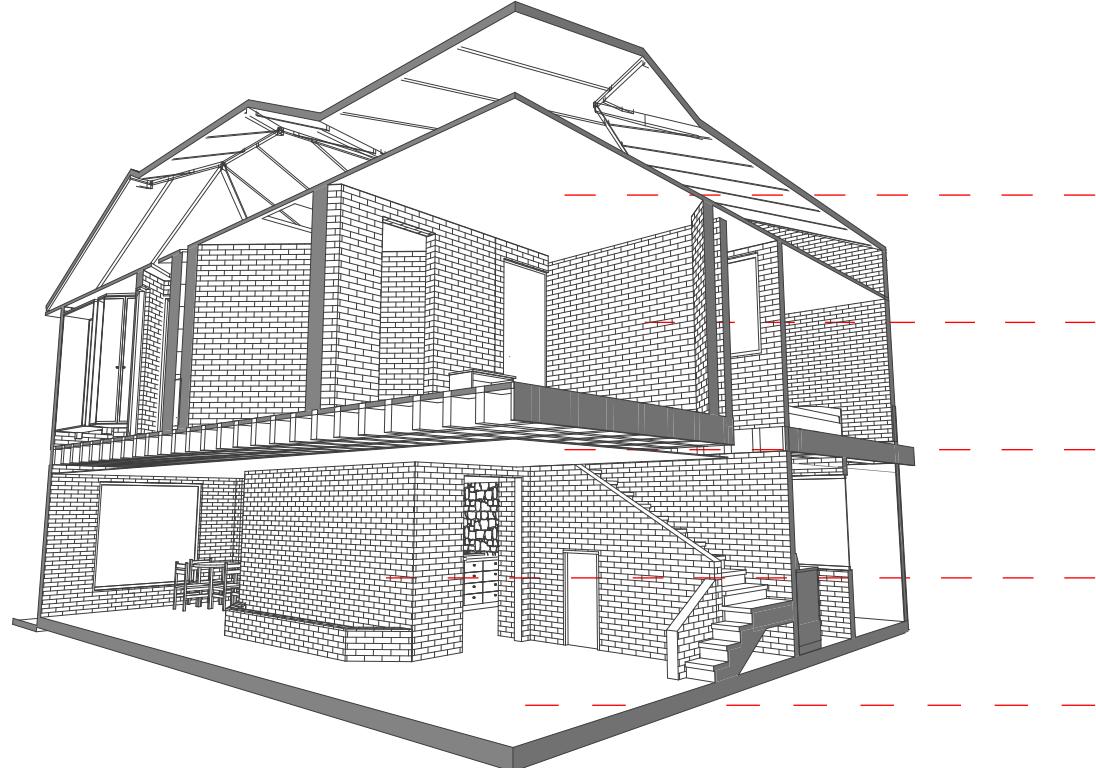


FIG 09

capítulo 3 | evaluación caso estudio



Envolvente Térmica\_colores-reflectancia

<b>cielo raso</b>	blanco cal	80%
<b>paredes</b>	abano - naranja	25-30%
<b>cielo raso</b>	blanco cal	80%
<b>paredes</b>	abano - naranja	25-30%
<b>piso</b>	naranja - café oscuro	30%

FIG 10



## capítulo 3 | evaluación caso estudio

### Envolvente Térmica

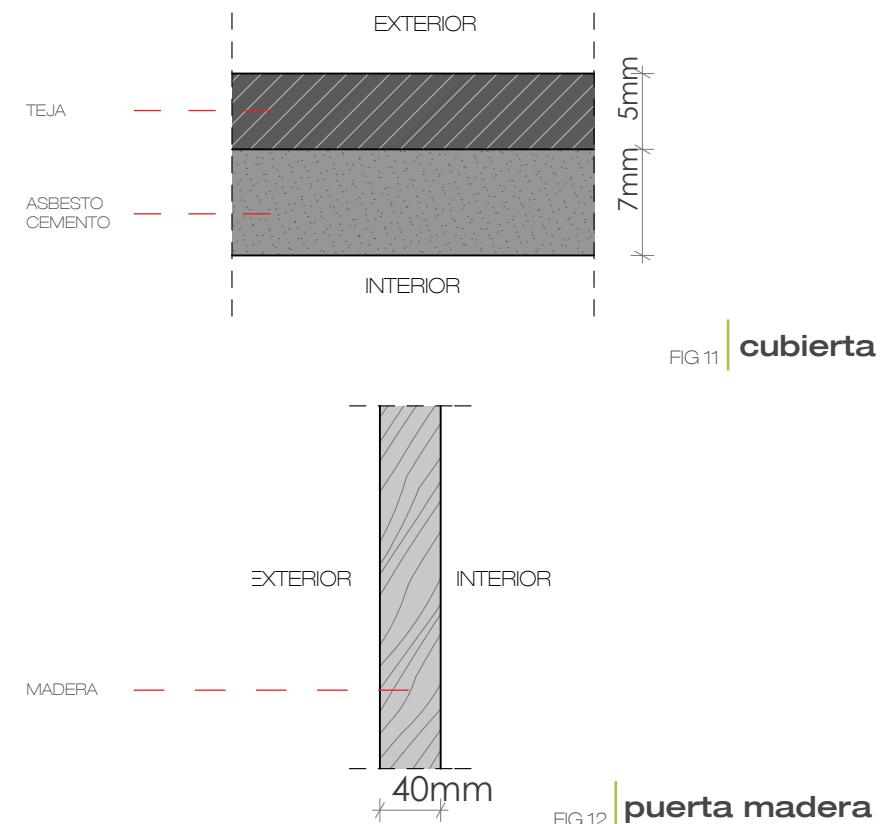
En las figuras 11-16 se puede identificar los materiales que componen los elementos de la envolvente térmica actual de la vivienda caso de estudio, las características de estos materiales están especificadas en las tablas 2-7 respectivamente.

CUBIERTA					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	Teja	5	2760	836.8	18.828
2	Asbesto cemento	7	1750	840	1.20
VALOR U		5.4			

T02: VALOR U CUBIERTA

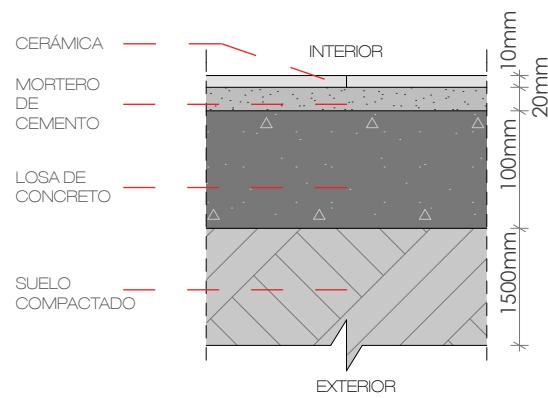
PUERTAS DE MADERA					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	Madera	40	550	2301	0.343
VALOR U		3.39			

T03: VALOR U PUERTAS DE MADERA

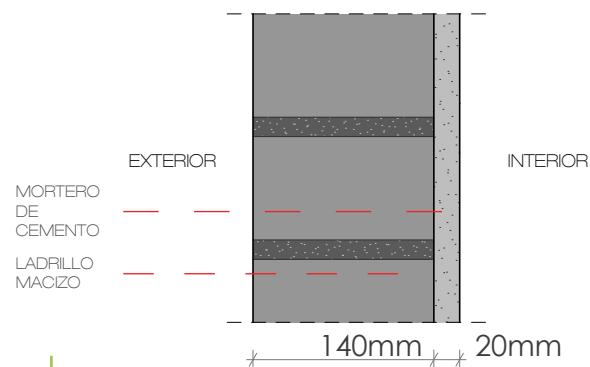


## capítulo 3 | evaluación caso estudio

piso | FIG 13



paredes | FIG 14



### Envolvente Térmica

PILOS					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m³)	CALOR ESPECÍFICO (/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	Suelo	1500	1300	1046	0.837
2	Losa de concreto	100	3800	656.9	0.753
3	Mortero de concreto	20	2000	656.9	0.753
4	Cerámica	10	1900	656.9	0.309
VALOR U		0.46			

T04: VALOR U PISO

PAREDES					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m³)	CALOR ESPECÍFICO (/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	Mampostería de ladrillo	140	2000	836.8	0.711
2	Mortero de cemento	20	950	656.9	0.209
VALOR U		2.12			

T05: VALOR U PAREDES



## capítulo 3 | evaluación caso estudio

### Envolvente Térmica

VENTANAS					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	Vidrio	3	2300	836.8	1.046
FACTOR SOLAR		0.94			
VALOR U		5.5			

T06: VALOR U Y FACTOR SOLAR VENTANAS

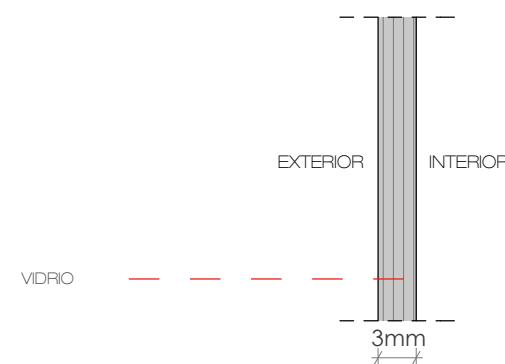


FIG 15 | ventana

PUERTAS DE VIDRIO					
CAPA N°	MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kgK)	CONDUCTIVIDAD (λ)
1	Vidrio	4	2300	836.8	1.046
VALOR U		5.5			

T07: VALOR U PUERTAS DE VIDRIO

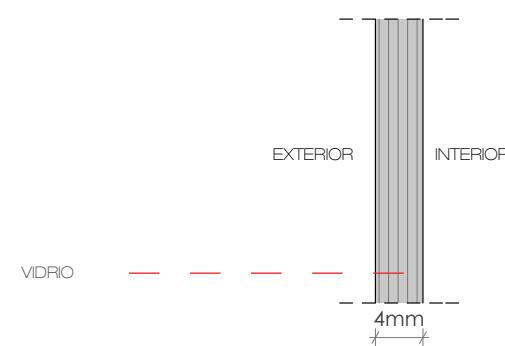


FIG 16 | puerta vidrio

## capítulo 3 | evaluación caso estudio

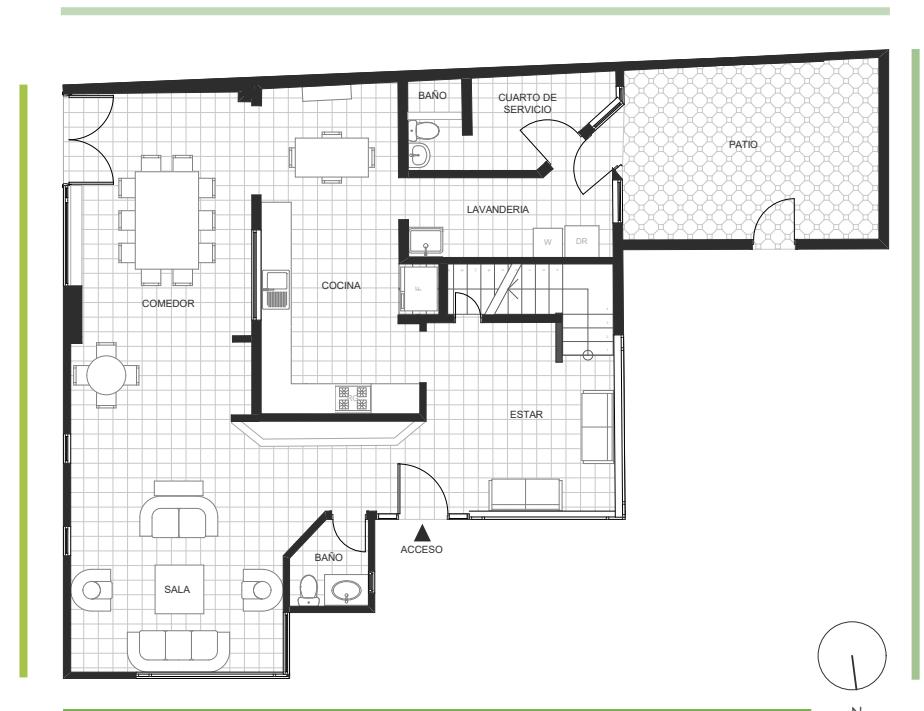


FIG 17

### Envolvente Térmica\_aislamiento paredes

En la figura 17 se identifica los valores de transmitancia térmica de la envolvente de la vivienda. Todas las fachadas presentan una transmitancia térmica de 2.12W/m<sup>2</sup>K en sus paredes.

valor U 2.12 | sur

valor U 2.12 | este

valor U 2.12 | oeste

valor U 2.12 | norte



## capítulo 3 | evaluación caso estudio

### Envolvente Térmica\_ganancia solar

En la figura 18 se muestra los porcentajes de superficie acristalada por fachada y orientación, identificándose que la fachada norte presenta el mayor valor.

**sur** | 44% superficie acristalada

**este** | 21% superficie acristalada

**oeste** | 36% superficie acristalada

**norte** | 44% superficie acristalada

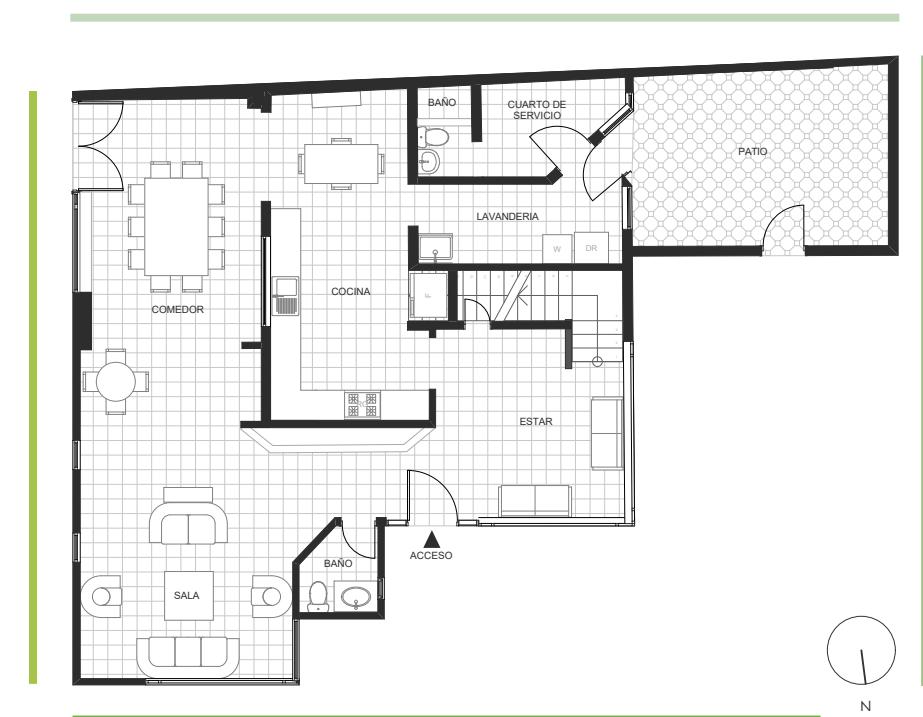


FIG 18

## capítulo 3 | evaluación caso estudio

### Illuminación Natural

Al realizar el análisis de la vivienda por medio de simulaciones en el programa Ecotect, en fechas específicas como la de los solsticios y equinoccios; se evidencia que existe un contraste en la iluminación, lo que la INEN 1150 (1984), define como una diferencia parcial de luminancias que pueden ser

contempladas paralela o inmediatamente; es decir, no existe una distribución homogénea de iluminación natural, en las figuras 19-22 se evidencia que la luminancia en ciertos espacios es de 6631.23 luxes y pocos metros después es de 1940.65 luxes.

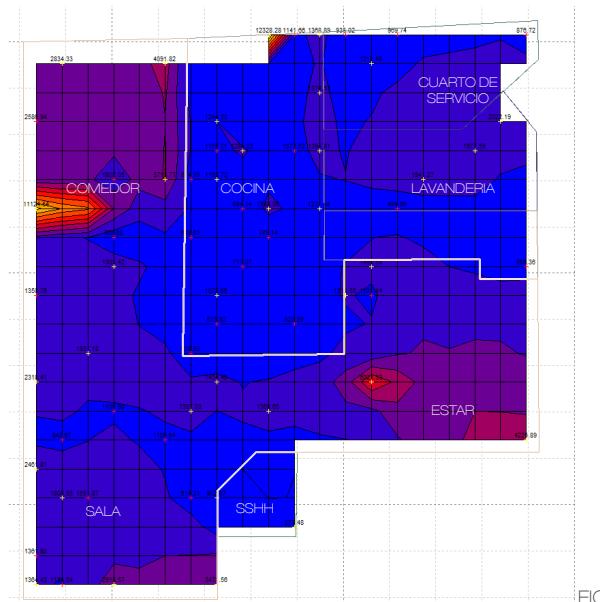


FIG 19

planta baja | 21 marzo\_equinoccio

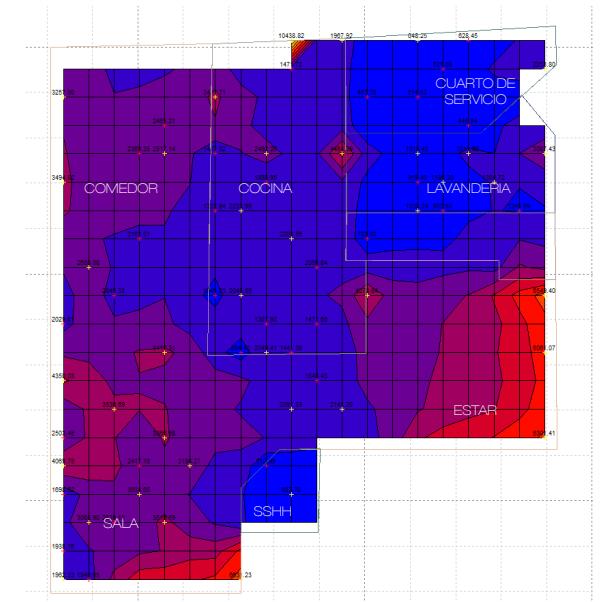


FIG 20

planta baja | 21 junio\_solsticio



## capítulo 3 | evaluación caso estudio

### Iluminación Natural

La vivienda en el estado actual cuenta con elementos de protección solar para regular los niveles de luminancia y evitar el deslumbramiento.

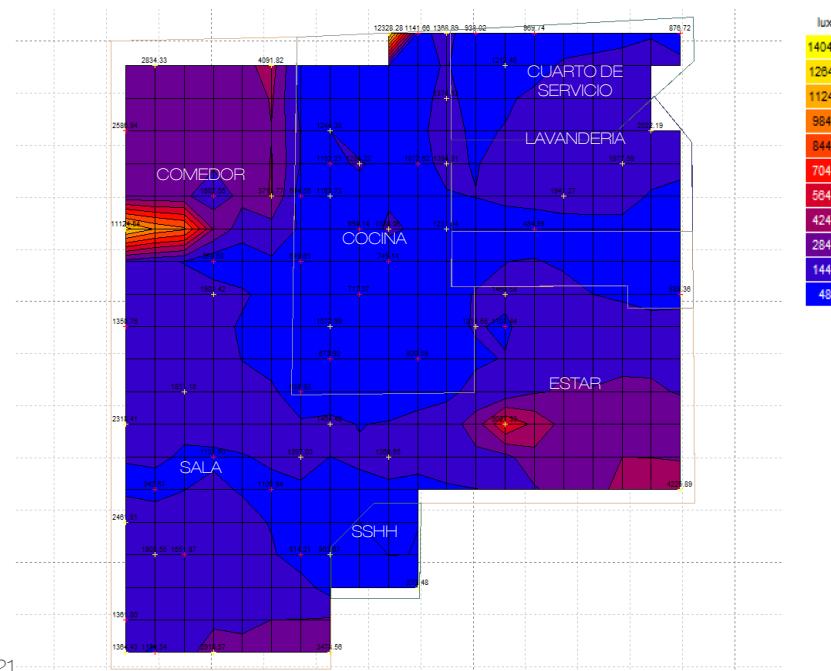


FIG 21

planta baja | 21 septiembre\_equinoccio

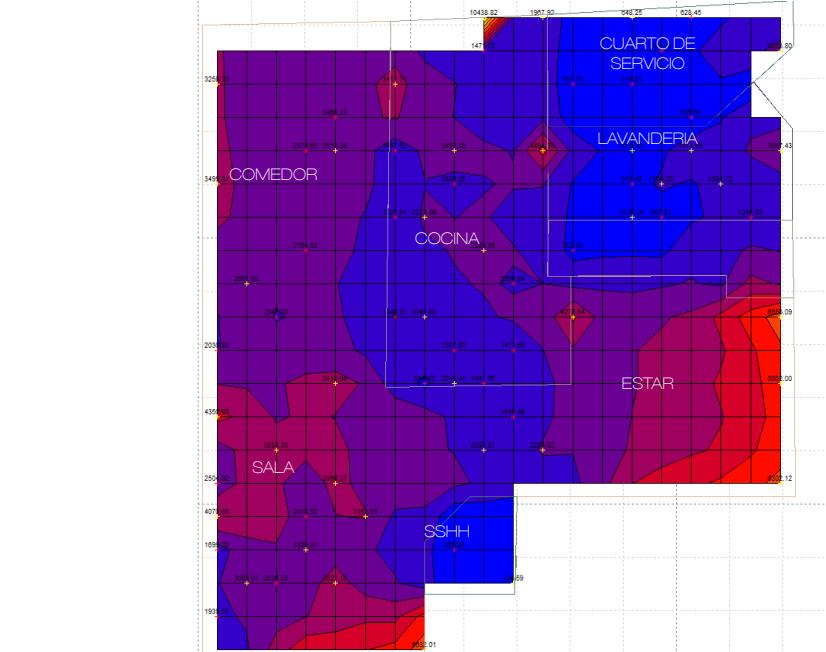


FIG 22

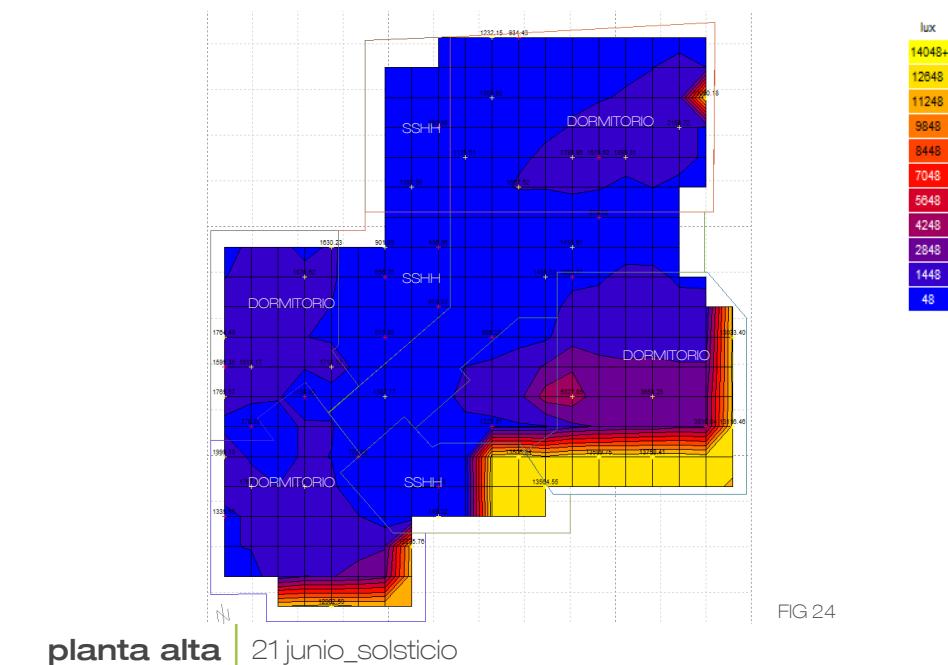
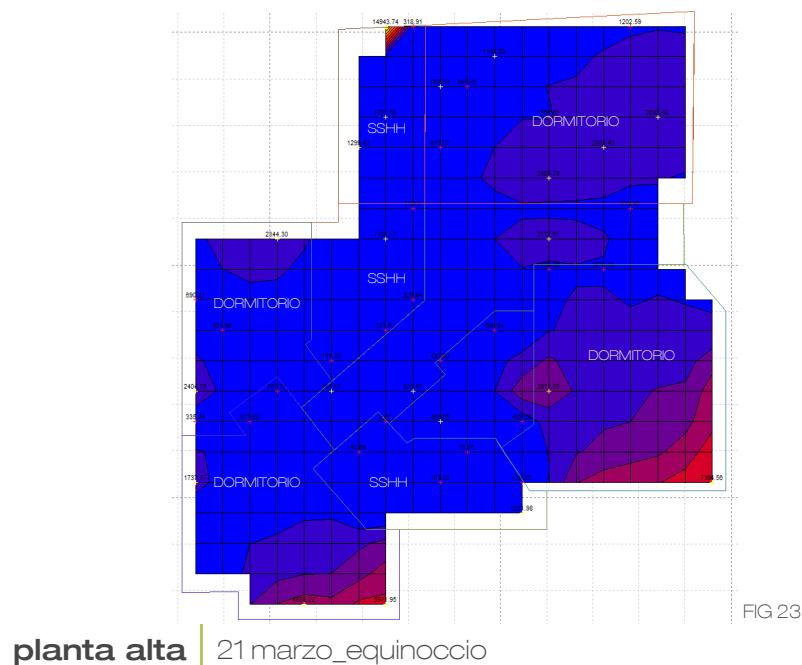
planta baja | 21 diciembre\_solsticio

## capítulo 3 | evaluación caso estudio

### Iluminación Natural

Este contraste en la iluminación se repite en planta alta de la vivienda, con mayor notoriedad, ya que en los dormitorios especialmente, existen zonas que tienen una luminancia

de 13564.65 luxes y pocos metros hacia el interior en el mismo espacio la iluminancia es de 3658.258 luxes (ver figuras 23-26).



**capítulo 3** | evaluación caso estudio

## Illuminación Natural

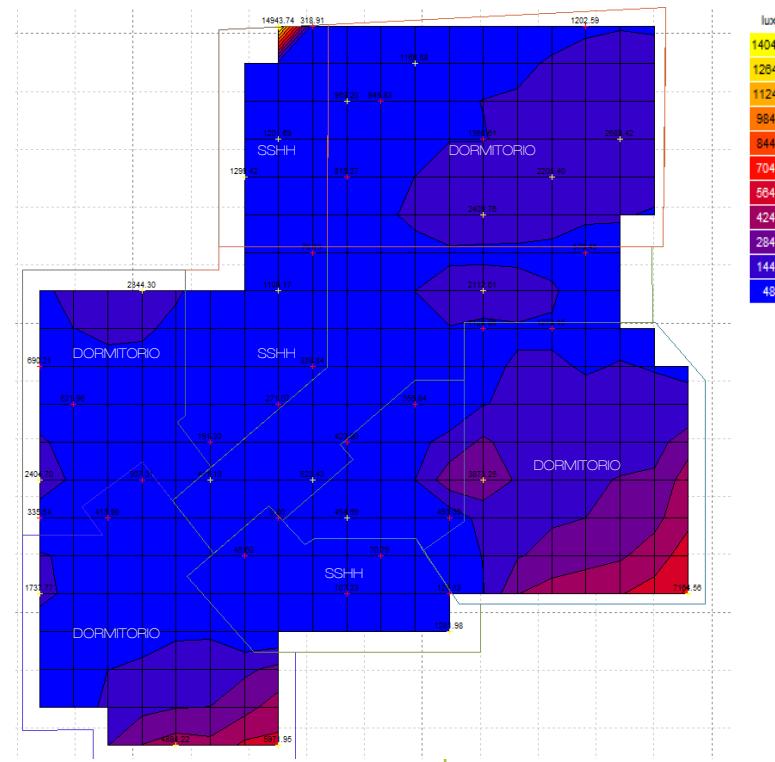


FIG 25

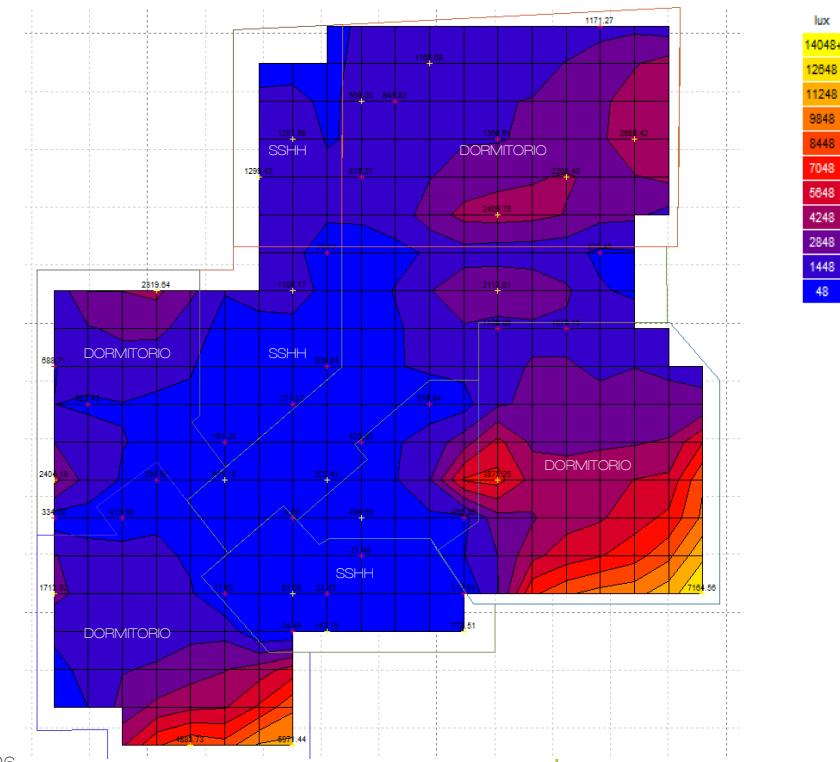
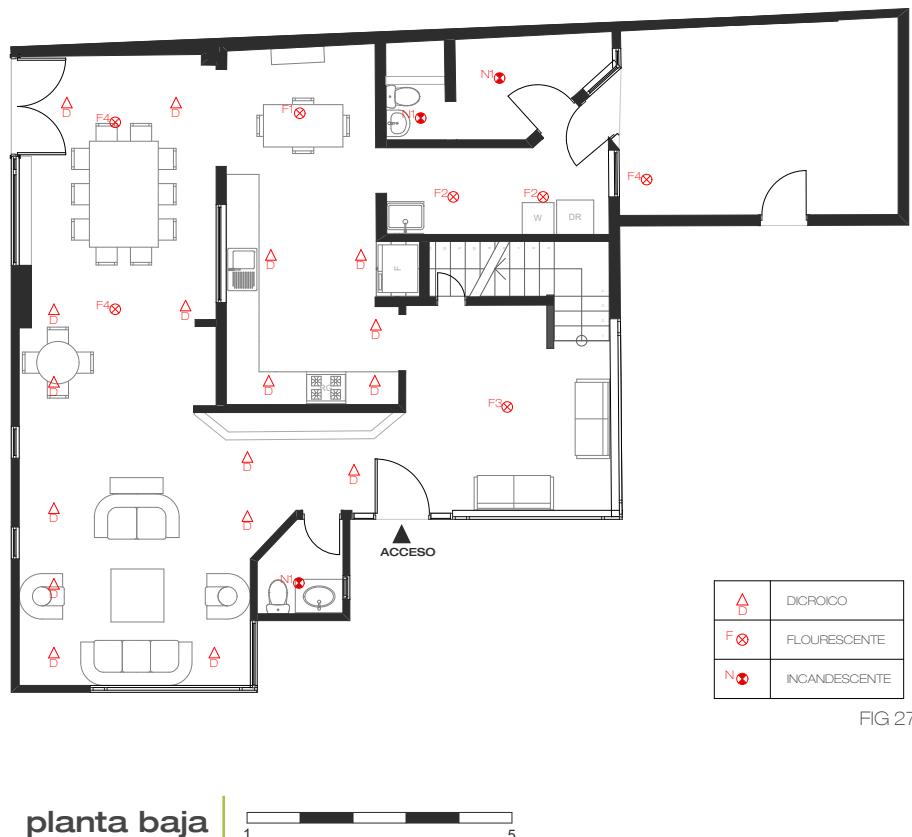


FIG 26

## capítulo 3 | evaluación caso estudio



### Iluminación Artificial\_interior

Se presentan las características de la iluminación artificial en la vivienda, en términos de índice de reproducción cromática (irc), eficiencia de las luminarias (efic), flujo luminoso (lm), temperatura de color (tem), potencia y número de lámparas en total. En las figuras 27 y 28 se muestra la codificación con respecto al tipo de luminarias utilizadas en cada espacio.

#	Ind. Repro. Crom.	Eficiencia	Flujo Luminoso	Temperatura de Color	Pot.	Item
29	irc 100	efic. 19	lm 950	temp. 300	50w	<b>D</b>
4	irc 80	efic. 52	lm 780	temp. 6400k	15w	<b>F1</b>
7	irc 78	efic. 55	lm 1101	temp. 6500k	20w	<b>F2</b>
1	irc 80	efic. 57	lm 630	temp. 2700k	11w	<b>F3</b>
3	irc 80	efic. 55	lm 825	temp. 2700k	15w	<b>F4</b>
4	irc 26	efic. 26	lm 1560	temp. 2700	60w	<b>N1</b>

## capítulo 3 | evaluación caso estudio

**Iluminación Artificial\_interior**

Como resultado se puede indicar que los espacios habitables cuentan con 23.26% de luminarias con una eficiencia luminosa mayor a 55 lm/W, mientras que las zonas comunes no superan el 14.28 %. Si se analiza una eficiencia luminosa mayor o igual a 86 lm/W ninguno de los espacios cuantificaría (ver anexo 02).

**luminarias espacios habitables** | eficiencia luminosa  $\geq 55\text{lm}/\text{W}$   
24.44%

**luminarias espacios comunes** | eficiencia luminosa  $\geq 55\text{lm}/\text{W} \leq 86\text{lm}/\text{W}$   
8.88%

**luminarias espacios comunes** | eficiencia luminosa  $\geq 86\text{lm}/\text{W}$   
0%

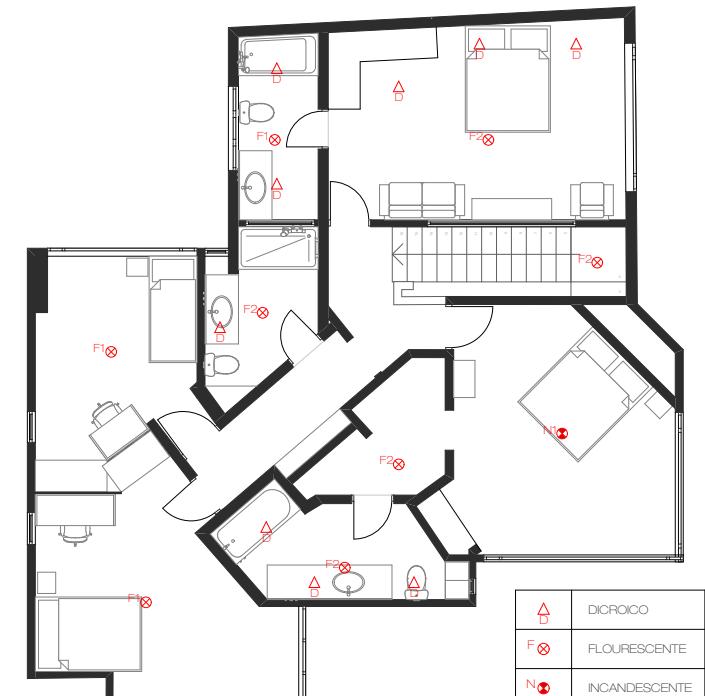


FIG 28

**planta alta** | 1 5

## capítulo 3 | evaluación caso estudio

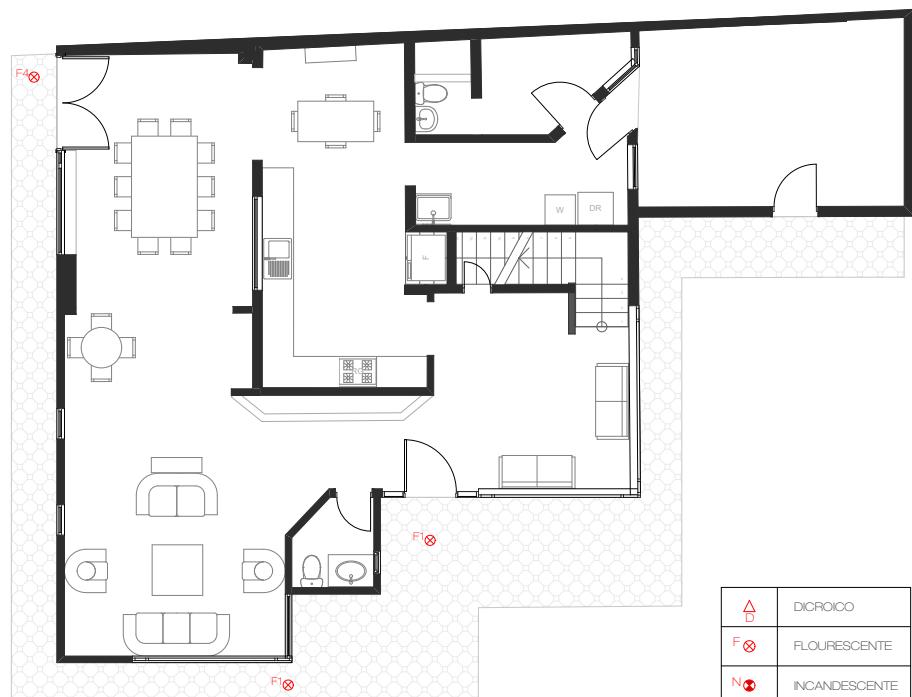


FIG 29

planta baja



### Iluminación Artificial\_exterior

Se presenta las características de la iluminación artificial en la vivienda, para los espacios exteriores, en términos de índice de reproducción cromática (irc), eficiencia de las luminarias (efic), flujo luminoso (lm), temperatura de color (tem), y potencia. En las figuras 29 y 30 se identifica el tipo de luminarias utilizadas en cada espacio.

#	Ind. Repro. Crom.	Eficiencia	Flujo Luminoso	Temperatura de Color	Pot.	Item
5	irc 80	efic. 52	lm 780	temp. 6400k	15w	<b>F1</b>
1	irc 80	efic. 25	lm 825	temp. 6500k	32w	<b>F4</b>



## capítulo 3 | evaluación caso estudio

### Iluminación Artificial\_exterior

Con base en las características de las luminarias en los exteriores se identifica que el 83.33% de las luminarias cuentan con una eficacia luminosa de 50 lm/W y un índice de reproducción cromática mayor a 60 (ver anexo 02).

**luminarias espacios exterior** | eficiencia luminosa 50lm/W - IRC  $\geq$  60  
83.33%

**luminarias espacios exterior** | eficiencia luminosa 60lm/W - IRC  $\leq$  60  
0%

**iluminación exterior cuenta** | sensores, temporizadores, etc.  
no



**planta alta** | 1 5

## capítulo 3 | evaluación caso estudio



### Electrodomésticos

En relación a los electrodomésticos y equipos, como refrigeradora, microondas, licuadora, cocina, entre otros; ninguno de ellos cuenta con etiquetas de eficiencia energética.





## capítulo 3 | evaluación caso estudio

### Energía renovable

La evaluación también se generó entorno a la utilización de sistemas de energía renovable, pero esta vivienda no cuenta con ello (ver figura 31).



FIG 31

## capítulo 3 | evaluación caso estudio

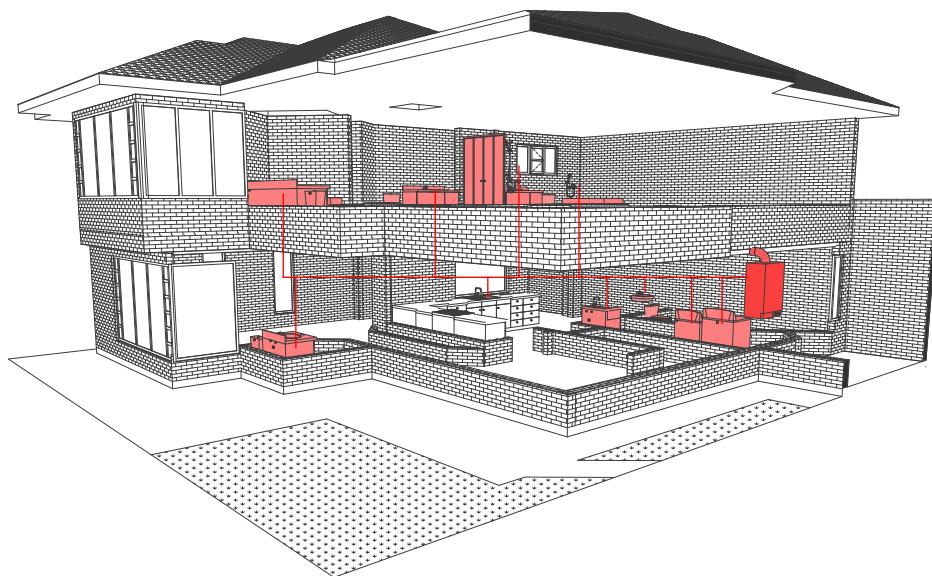


FIG 32

### Agua Caliente Sanitaria

La evaluación sobre ACS analiza algunos aspectos relacionados con el metraje de tubería (ver figura 32), características de los espacios destinados al calefón.

volumen máximo agua caliente  
28 litros

**calentador de agua**

temperatura calentamiento agua  
60 °C

**calentador de agua**

metros de tubería  
55.48

**tubería agua caliente**



## capítulo 3 | evaluación caso estudio

### Espacios de Secado

Se evalúa las características de los espacios de secado en función de la ubicación del mismo respecto a la vivienda, si se encuentra protegido de vistas del exterior, que tipo de ventilación posee, si es que existe interferencia en la iluminación directa de las piezas a secar (ver figura 33). En el caso de estudio se puede identificar lo siguiente:

<b>espacio de secado</b>	si
<b>área espacio secado</b>	7.95 m <sup>2</sup>
<b>altura tendal</b>	1.80 m
<b>ubicación del espacio</b>	interior
<b>tipo de espacio</b>	no habitable
<b>tipo de ventilación</b>	natural
<b>protegido a vistas de exterior</b>	si
<b>interfiere en iluminación directa de piezas</b>	si
<b>interfiere en ventilación directa de piezas</b>	no

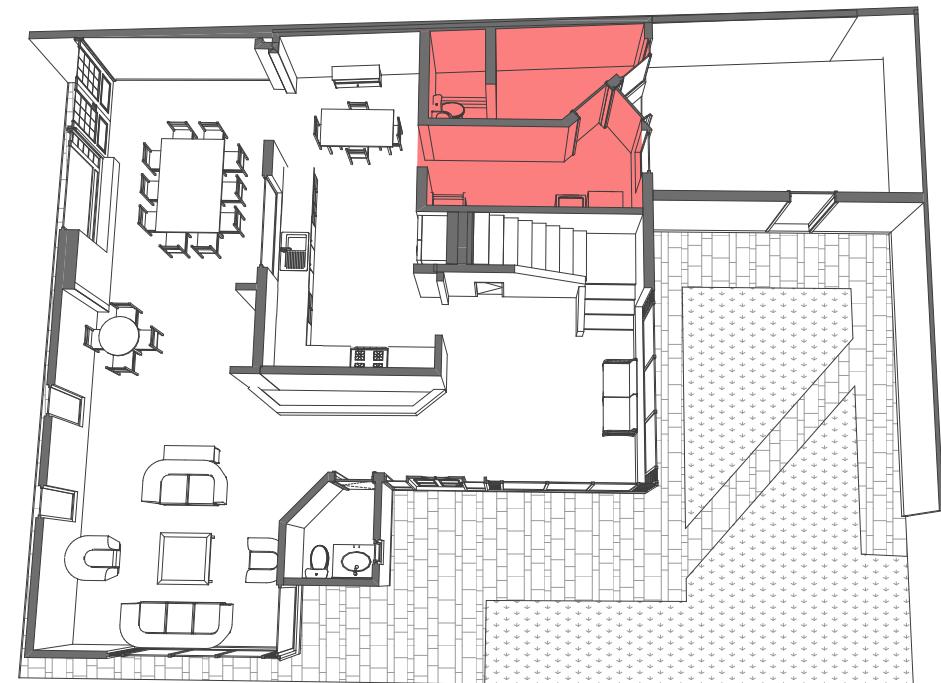


FIG 33

## capítulo 3 | evaluación caso estudio

### Rendimiento Energético\_comportamiento térmico

Según la NEC (2011), para que exista confort térmico dentro de una vivienda se requiere una temperatura ambiente de mínimo 18° y máximo 26° C. En las figuras 34-37, resultados de las simulaciones de solsticios y equinoccios mediante el programa Ecotect, se

21 MARZO	
ESPACIO	TEMP. PROMEDIO
Bodega-Baño	17.09
Sala-Comedor-Recibidor	17.21
Baño social	16.85
Cocina-Desayunador	18.12
Lavandería	17.10
Gradas	16.78
Dormitorio hijo	16.42
Baño dormitorio hijo	16.32
Dormitorio 2	16.58
Dormitorio 3	16.35
Baño compartido	16.20
Dormitorio padres	16.48
Vestidor padres	16.18
Baño padres	16.30
Pasillo planta alta	16.20

T08: TEMPERATURA PROMEDIO ESPACIOS 21 MARZO

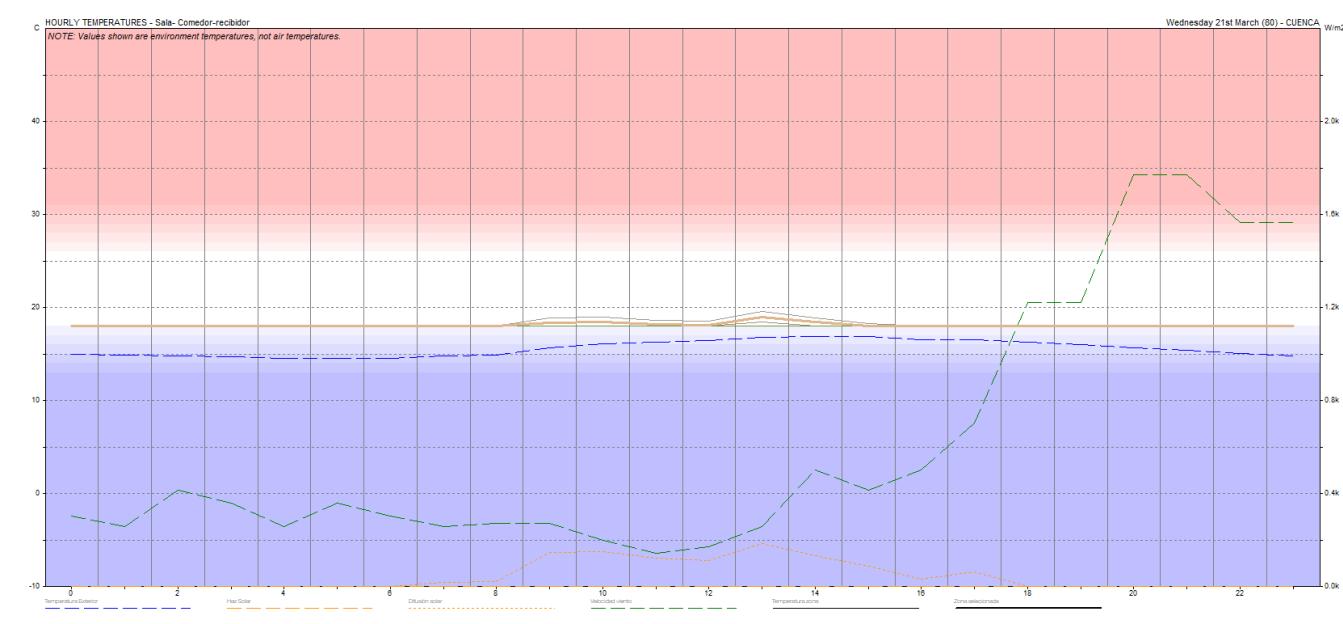
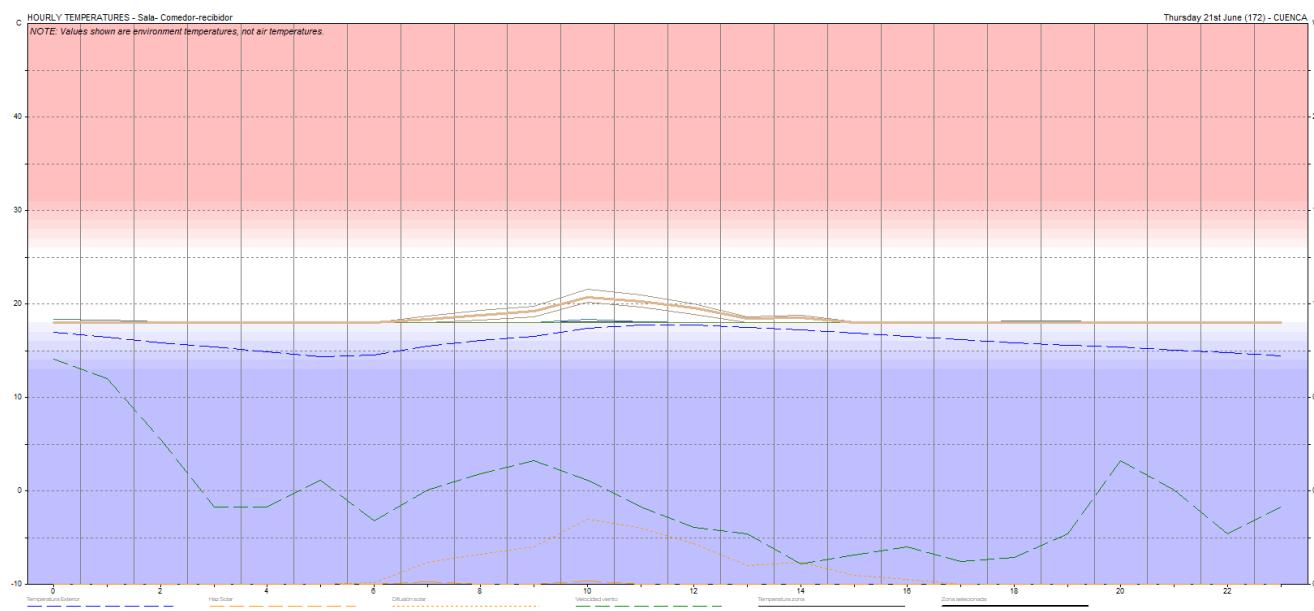


FIG 34

evidencia el comportamiento térmico de la mayoría de los espacios de la vivienda caso de estudio. En las tablas 8-11 se observa las temperaturas promedio de los espacios para dichas fechas.



## capítulo 3 | evaluación caso estudio



21 JUNIO	
ESPAZO	TEMP. PROMEDIO
Bodega-Baño	17.59
Sala-Comedor-Recibidor	17.71
Baño social	17.35
Cocina-Desayunador	18.62
Lavandería	17.60
Gradas	17.28
Dormitorio hijo	16.92
Baño dormitorio hijo	16.82
Dormitorio 2	17.08
Dormitorio 3	16.85
Baño compartido	16.70
Dormitorio padres	16.98
Vestidor padres	16.68
Baño padres	16.80
Pasillo planta alta	16.70

T09: TEMPERATURA PROMEDIO ESPACIOS 21 JUNIO

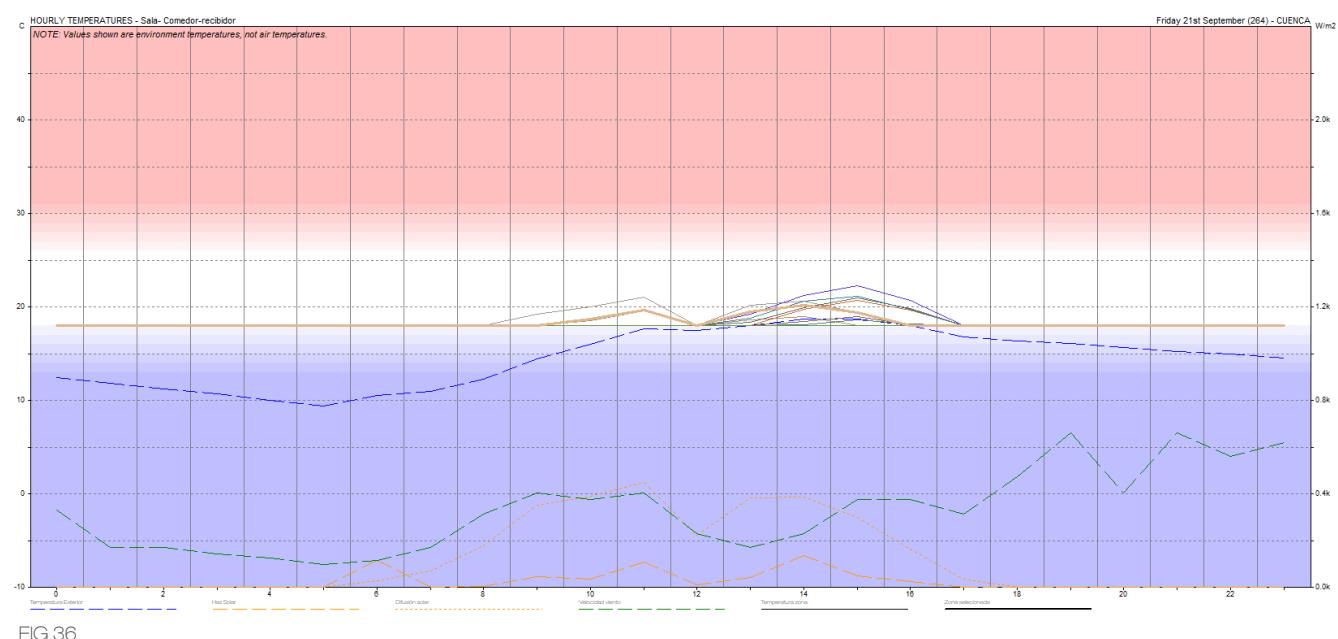
## capítulo 3 | evaluación caso estudio

Se puede observar que la mayoría de los espacio de la vivienda caso de estudio no se encuentran dentro de este rango de confort o bordean el límite inferior de éste, existiendo zonas en las que la

temperatura desciende hasta aproximadamente los 15° C, especialmente en las últimas horas del día y al amanecer.

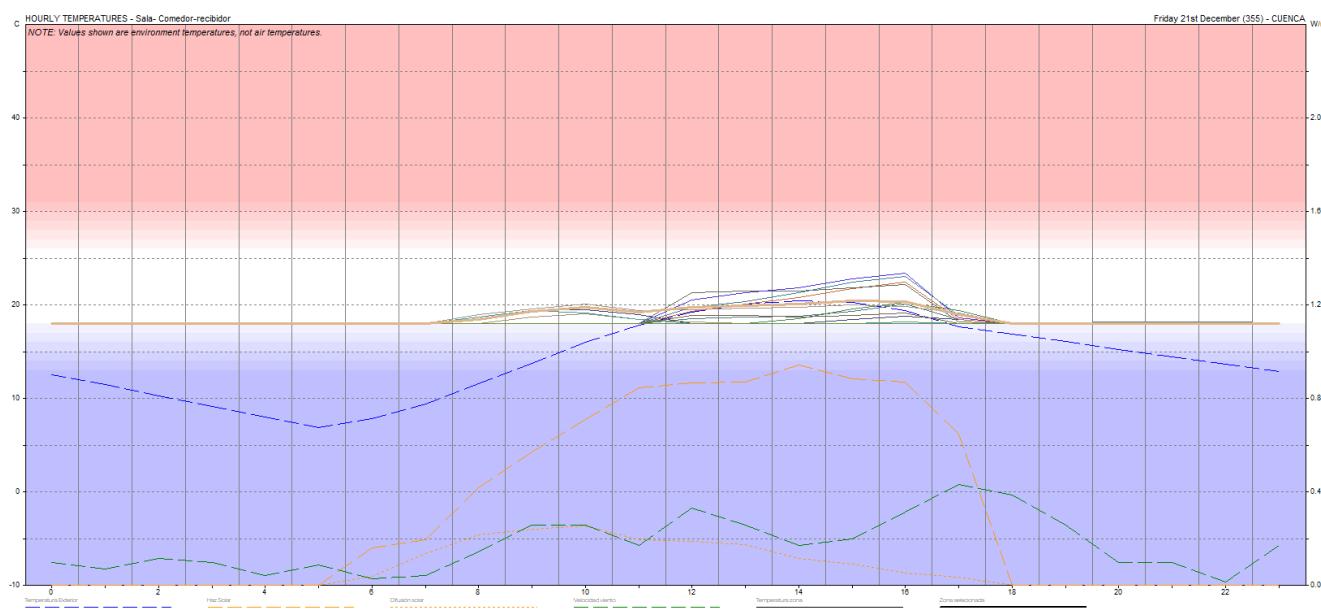
21 SEPTIEMBRE	
ESPACIO	TEMP. PROMEDIO
Bodega-Baño	16.85
Sala-Comedor-Recibidor	17.02
Baño social	16.60
Cocina-Desayunador	17.65
Lavandería	18.10
Gradas	16.60
Dormitorio hijo	16.35
Baño dormitorio hijo	16.20
Dormitorio 2	16.52
Dormitorio 3	16.30
Baño compartido	16.06
Dormitorio padres	16.38
Vestidor padres	16.16
Baño padres	16.30
Pasillo planta alta	16.21

T10: TEMPERATURA PROMEDIO ESPACIOS 21 SEPTIEMBRE





## capítulo 3 | evaluación caso estudio



21 SEPTIEMBRE	
ESPACIO	TEMP. PROMEDIO
Bodega-Baño	16.35
Sala-Comedor-Recibidor	16.52
Baño social	16.10
Cocina-Desayunador	17.15
Lavandería	17.60
Gradas	16.10
Dormitorio hijo	15.85
Baño dormitorio hijo	15.70
Dormitorio 2	16.02
Dormitorio 3	15.80
Baño compartido	15.56
Dormitorio padres	15.88
Vestidor padres	15.66
Baño padres	15.80
Pasillo planta alta	15.71

T11: TEMPERATURA PROMEDIO ESPACIOS 21 DICIEMBRE

## capítulo 3 | evaluación caso estudio

### Rendimiento Energético\_demanda energética calefacción

Se ha generado una evaluación para determinar la demanda energética por calefacción y refrigeración de la vivienda por el periodo de un año (ver figura 38), donde se evidencia que la vivienda del caso de estudio carece totalmente de la necesidad de refrigeración, por el contrario, existe un requerimiento de calefacción, teniendo sus valores más altos durante los meses de julio y agosto, espacialmente en los espacios de sala, comedor, recibidor y dormitorios.

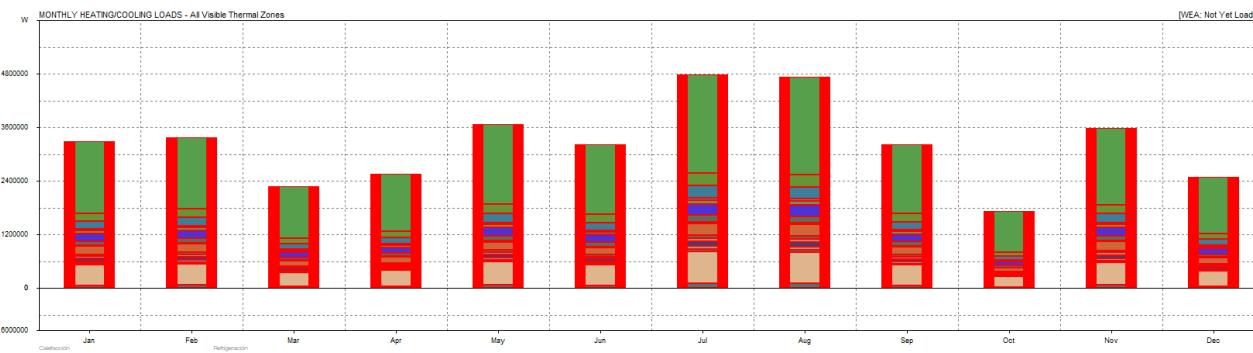


FIG 38

En la tabla 12 se identifica los requerimientos de calefacción mensuales y se cuantifica que la demanda anual es de 169.45 kWh/m<sup>2</sup> año.

CUADRO DE RESULTADOS			
MES	CALEFACCIÓN (Wh)	REFRIGERACIÓN (Wh)	TOTAL (Wh)
Enero	3291662	0	3291662
Febrero	3382454	0	3382454
Marzo	2287418	0	2287418
Abril	2560913	0	2560913
Mayo	3670508	0	3670508
Junio	3219178	0	3219178
Julio	4790658	0	4790658
Agosto	4739563	0	4739563
Septiembre	3217425	0	3217425
Octubre	1739007	0	1739007
Noviembre	3585805	0	3585805
Diciembre	2488760	0	2488760
TOTAL	38973351	0	38973351
ÁREA PLANTA m <sup>2</sup>		245,21	
CALEFACCIÓN POR m <sup>2</sup>		38973351	
REFRIGERACIÓN POR m <sup>2</sup>		0	
TOTAL Kwh/m <sup>2</sup> año		169,45	

T12: DEMANDA ENERGETICA ANUAL POR MESES Y TOTAL



## capítulo 3 | evaluación caso estudio

### Rendimiento Energético\_consumo eléctrico y GLP

En la vivienda del caso de estudio, la mayor cantidad de consumo eléctrico a lo largo de todo el año, se da en el uso de electrodomésticos y equipos, pues las mediciones realizadas a los circuitos de toma corrientes e iluminación se muestra que existe mayor consumo en la primera opción con un total de 3091.20 kWh al año; mientras que la iluminación consume 916.15 kWh al año (ver figura 39). El consumo total de energía eléctrica por unidad de medida es de 16.34 kWh/m<sup>2</sup> año (ver anexo 03).

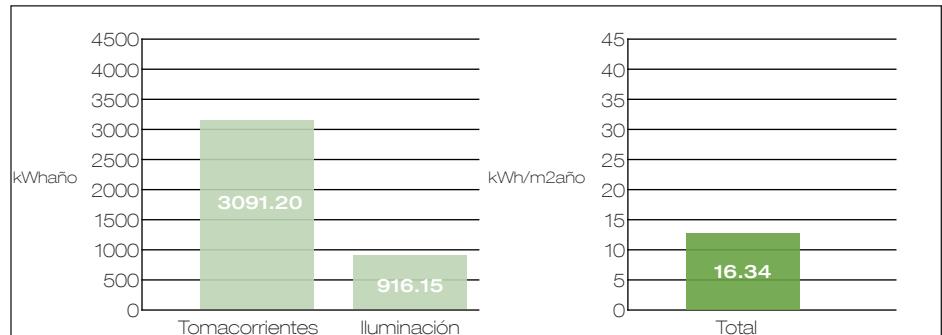


FIG 39

En el consumo referente a GLP que se usa en la cocina y calentamiento de agua, se cuantificó que es de 92.72 kg al mes (3.4 cilindros de GLP), por lo tanto, significa que al año se consume 1112.52 kg (40.8 cilindros de GLP), lo que es equivalente a 15575.28 kWh, ya que 1kg de GLP es igual a 14kWh (ver figura 40) (ver anexo 04).

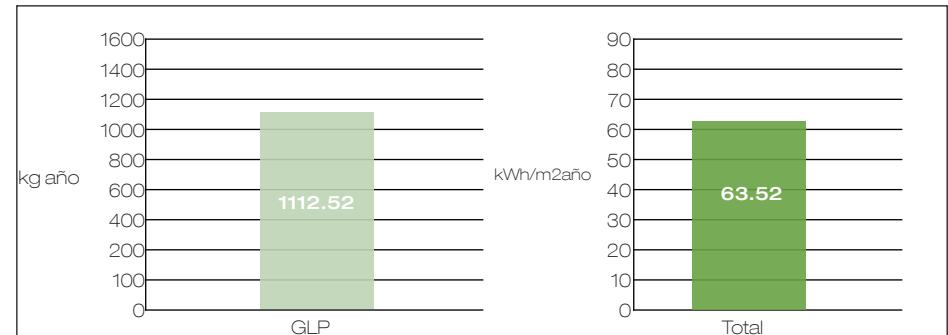


FIG 40

## capítulo 3 | evaluación caso estudio

### Rendimiento Energético\_demanda energética total

En la figura 41 se puede verificar que la demanda energética de la vivienda de caso estudio es elevada, a causa de la gran cantidad de energía que se necesitaría para calentar la vivienda,

seguida por el consumo de GLP y finalmente por energía eléctrica. El total de energía demandada es de 249.31 kWh/m<sup>2</sup> año.

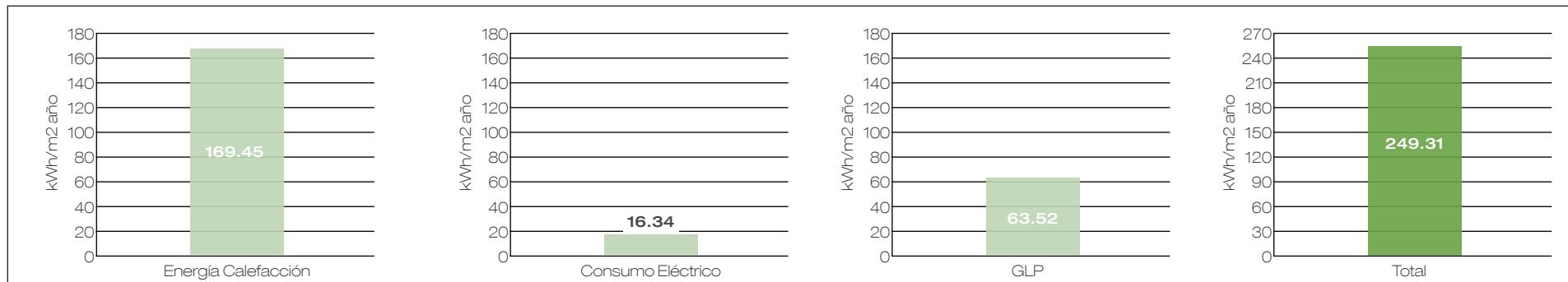


FIG 41

**capítulo 3 | evaluación caso estudio**

### 3.3 calificación del estado actual caso estudio con base en el “método de certificación de la construcción sustentable de viviendas”

Luego del análisis arquitectónico y energético de la vivienda, donde se cuantificó los valores de demanda y consumo energético actual, se procederá a realizar una calificación de la misma, con base en los criterios establecidos por el “Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas”, en cada categoría en lo que respecta a energía. Se podrá evidenciar si la vivienda en la actualidad posee algún grado de eficiencia energética. El método categoriza los grados de sustentabilidad de la siguiente manera:

**Insostenible**, desempeño de la vivienda no cumple con ningún requerimiento, no posee ningún grado de eficiencia energética.

**Práctica Estándar**, desempeño energético de la vivienda cumple con requerimientos mínimos y el marco normativo nacional, de manera que posee un grado mínimo de eficiencia energética.

**Práctica Mejor**, desempeño energético de la vivienda supera los requerimientos mínimos y la normativa nacional, presenta mejor grado de eficiencia energética.

**Práctica Superior**, desempeño energético de la vivienda es superior con relación a las prácticas comunes, puede ser alcanzado por tecnologías y prácticas existentes, mejor grado de eficiencia energética que los anteriores.

## capítulo 3 | evaluación caso estudio

A continuación, se presenta los resultados de la calificación energética de la vivienda aplicando el método de certificación para Cuenca. En los criterios de evaluación del requerimiento de envolvente térmica no cumple con los indicadores mínimos necesarios para cumplir con el estándar, ubicándolo en unas

insustentables (ver tabla 13). Con respecto al requerimiento de iluminación se puede observar en la tabla 14 que no cumple tampoco con los indicadores mínimos necesarios, por lo que se ubica en práctica insostenible.

ENVOLVENTE TÉRMICA						
ORIENTACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	ORIENTACIÓN VIVIENDA DE ACUERDO A ZT3	SUPERFICIE ACRISTALADA RESPECTO A FACHADA EN CADA ORIENTACIÓN	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SOLAR	ESTRATEGIA SOLAR PASIVA EN CASA DE MALA ORIENTACIÓN	NIVEL DE REFERENCIA	
	(X) no cumple	(X) no cumple	(✓) si cumple	(X) no cumple	INSUSTENTABLE	
GANANCIAS SOLARES			DEMANDA POR CALEFACCIÓN O REFRIGERACIÓN			NIVEL DE REFERENCIA
(✓) 6.04 kWh/m <sup>2</sup> año dentro de requerimiento mínimo		(X)	169.45 kWh/m <sup>2</sup> año		INSUSTENTABLE	

T13: CRITERIOS EVALUACIÓN PARA ENVOLVENTE TERMICA

ILUMINACIÓN						
ILUMINACIÓN INTERNA	PORCENTAJE LUMINARIAS BAJO CONSUMO ENERGÉTICO (eficiencia lumínosa >55lm/W)			BAÑO PRINCIPAL CON VIDRIO ILUMINACIÓN DIRECTA	NIVEL DE REFERENCIA	
	(X) 37.54 % Luminarias de bajo consumo energético		(✓) si cumple	INSUSTENTABLE		
ILUMINACIÓN EXTERNA	PORCENTAJE LUMINARIAS BAJO CONSUMO ENERGÉTICO (eficiencia lumínosa >60lm/W)	LUMINARIAS CONTROLADAS POR DISPOSITIVO DE APAGADO AUTOMÁTICO	LUMINARIAS CON RETARDO DE 2 -3 MINUTOS	NIVEL DE REFERENCIA		
	(X) 33.33 % Luminarias de bajo consumo energético	(X) no cumple	(X) no cumple	INSUSTENTABLE		

T14: CRITERIOS EVALUACIÓN PARA ILUMINACIÓN



## capítulo 3 | evaluación caso estudio

En los criterios de evaluación correspondientes a electrodomésticos, energía renovable y agua caliente sanitaria se puede evidenciar que no cumplen con los indicadores mínimos,

por lo que se encuentran en práctica insustentable (ver tabla 15-17).

ELECTRODOMÉSTICOS					
ELECTRODOMÉSTICOS	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA A EN REFRIGERADORES, CONGELADORES		CALIFICACIÓN ENERGÉTICA A EN COCINAS, CALENTADORES DE AGUA		NIVEL DE REFERENCIA
	(X)	no cumple, refrigerador sin etiqueta	(X)	no cumple, cocina y calentador de agua sin etiqueta	(X) no cumple, no poseen etiqueta INSUSTENTABLE

T15: CRITERIOS EVALUACIÓN PARA ELECTRODOMÉSTICOS

ENERGÍAS RENOVABLES					
ENERGÍAS RENOVABLES	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE USO DE ENERGÍA SOLAR PARACALENTAMIENTO DE AGUA		COLECTORES SOLARES TÉRMICOS		NIVEL DE REFERENCIA
	(X)	no cumple, no posee estudio	(X)	no cumple	INSUSTENTABLE

T16: CRITERIOS EVALUACIÓN PARA ENERGÍA RENOVABLE

AGUA CALIENTE SANITARIA					
ACS	METRAJE TUBERIA ACS DESDE CALENTADOR A PUNTO MÁS DESFAVORABLE		CALENTADOR DE AGUA UBICADO EN ESPACIOS PERMITIDOS SEGÚN NORMA INEN 2 124:98		NIVEL DE REFERENCIA
	(X)	no cumple, punto más desfavorable a 55.48m	(X)	no cumple	INSUSTENTABLE

T17: CRITERIOS EVALUACIÓN PARA ACS

## capítulo 3 | evaluación caso estudio

En la tabla 18 se presenta los resultados de los criterios de evaluación correspondientes a espacios de secado, con una calificación de práctica estándar, ya que cumple con algunos requerimientos mínimos y no se está secando la ropa de manera mecánica.

ESPACIOS DE SECADO								
ESPACIOS DE SECADO	ESPACIO HABILITADO PARA SECAR ROPA MANERA NATURAL		TENDAL EN TRAMOS NO INFERIOR A 1M		ALTURA TENDAL MINIMO 1.5M DESDE EL SUELO		NIVEL DE REFERENCIA PRÁCTICA ESTÁNDAR	
		si cumple		5.26 m de tendal , si cumple		1.8m de altura, si cumple		
	NO INTERFERIR EN VENTILACIÓN OTROS ESPACIOS		METRAJE NECESARIO EN BASE A NUMERO DE DORMITORIOS		ESPACIO EXTERIOR CUBIERTO			
		si cumple		15.44m,si cumple	no aplica			

T18: CRITERIOS EVALUACIÓN PARA ESPACIOS DE SECADO

DESEMPEÑO ENERGÉTICO							
DESEMPEÑO ENERGETICO	CONSUMO ENERGÉTICO 127-177 kWh/m2/año		CONSUMO ENERGÉTICO 70-126 kWh/m2/año		CONSUMO ENERGÉTICO ≤ 69 kWh/m2/año		NIVEL DE REFERENCIA INSUSTENTABLE
		249.31 kWh/m2/año, no cumple		249.31 kWh/m2/año, no cumple		249.31 kWh/m2/año, no cumple	

T19: CRITERIOS EVALUACIÓN PARA DESEMPEÑO ENERGÉTICO

**capítulo 3 | evaluación caso estudio****Resultado Energía****Resultado Vivienda**

Los resultados finales muestran que dentro de la categoría energía, únicamente espacios de secado, es la única categoría que cumple con algunos requerimientos de los indicadores de evaluación, lo que coloca a la vivienda en la categoría de prácticas insustentables.



**Calificación de la Vivienda:  
Prácticas  
INSUSTENTABLES**

La Certificación de su proyecto tiene el respaldo de las siguientes entidades:



### Cuadro de Resultados de Calificación

En la figura 42 se observa que la vivienda se encuentra dentro de los parámetros más bajos de prácticas insustentables, ya que presenta altos consumos energéticos, debido a que no posee estrategias de eficiencia energética.

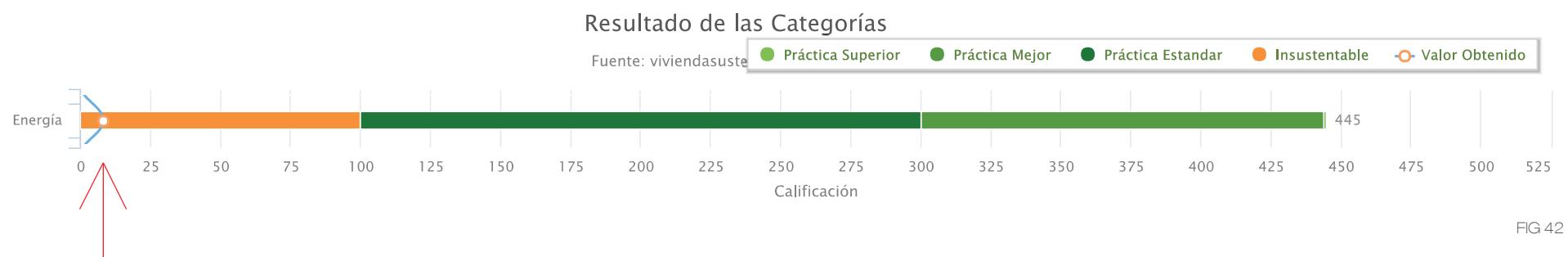


FIG 42

## capítulo 3 | evaluación caso estudio

### créditos imágenes y tablas

#### Imágenes

FIG 01. FIG 02. FIG 03. FIG 04. FIG 05. FIG 06. FIG 07. FIG 08. Elaborado por los autores (19/06/2017).

FIG 09. FIG 10. FIG 11. FIG 12. FIG 13. FIG 14. FIG 15. FIG 16. FIG 17. FIG 18. Elaborado por los autores (26/09/2017).

FIG 19. FIG 20. FIG 21. FIG 22. FIG 23. FIG 24. FIG 25. FIG 26. Fuente: Ecotect (18/10/2017) Elaborado por los autores.

FIG 27. FIG 28. FIG 29. FIG 30. FIG 31. FIG 32. FIG 33. Elaborado por los autores (22/06/2017).

FIG 34. FIG 35. FIG 36. FIG 37. FIG 38. Fuente: Ecotect (04/10/2017) Elaborado por los autores.

FIG 39. FIG 40. FIG 41. Elaborado por los autores (20/10/2017).

FIG 42. Recuperado de <http://viviendasustentablecuenca.com/certificador/principal/lista-proyectos/tab-page?registro=71#box> (20/10/2017) Editado por los autores.

#### Tablas

T01. Información General. Elaborado por los autores (29/09/2017).

T02. Valor U cubierta. T03. Valor U puertas de madera. T04. Valor U piso. T05. Valor U paredes. T06. Valor U y factor solar ventanas. T07. Valor U puertas de vidrio. Fuente: "Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas". (28/06/2017). Elaborado por los autores.

T08. Temperatura promedio espacios 21 de Marzo. T09. Temperatura promedio espacios 21 de Junio. T10. Temperatura promedio espacios 21 de Septiembre. T11. Temperatura promedio espacios 21 de Diciembre. T12. Demanda energética anual por meses y total. Fuente: Ecotec. (04/10/2017). Elaborado por los autores.

T13. Criterios evaluación para envolvente térmica. T14. Criterios evaluación para iluminación. T15. Criterios evaluación para electrodomésticos. T16. Criterios evaluación para energía renovable. T17. Criterios evaluación para ACS. T18. Criterios evaluación para espacios de secado. T19. Criterios evaluación para desempeño energético. Fuente: "Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas". (18/06/2017). Elaborado por los autores.

**capítulo 3 | evaluación caso estudio**

**referencias bibliográficas**

MIDUVI & CCQ. (2011). NEC-11. Ecuador.

INEN 1150. (1984). Iluminación natural de edificios. Definiciones.  
Ecuador

---

# CAPÍTULO 4

## APLICACIÓN Y VALIDACIÓN DE ESTRATEGIAS

---



## introducción

La finalidad de este capítulo es demostrar la validez de las estrategias desarrolladas para cada uno de los criterios establecidos por el 'Método de certificación para la construcción sustentable de viviendas'.

Después de identificar los criterios que presentan mayor grado de falencia, se procederá a escoger y aplicar las estrategias más adecuadas, de manera que se pueda lograr una mejora importante respecto al rendimiento energético general de la vivienda caso estudio. Una vez aplicadas dichas estrategias, se realizará nuevas simulaciones mediante el programa Ecotect, para comprobar el correcto funcionamiento de estas y cuantificar los cambios que se van a producir.

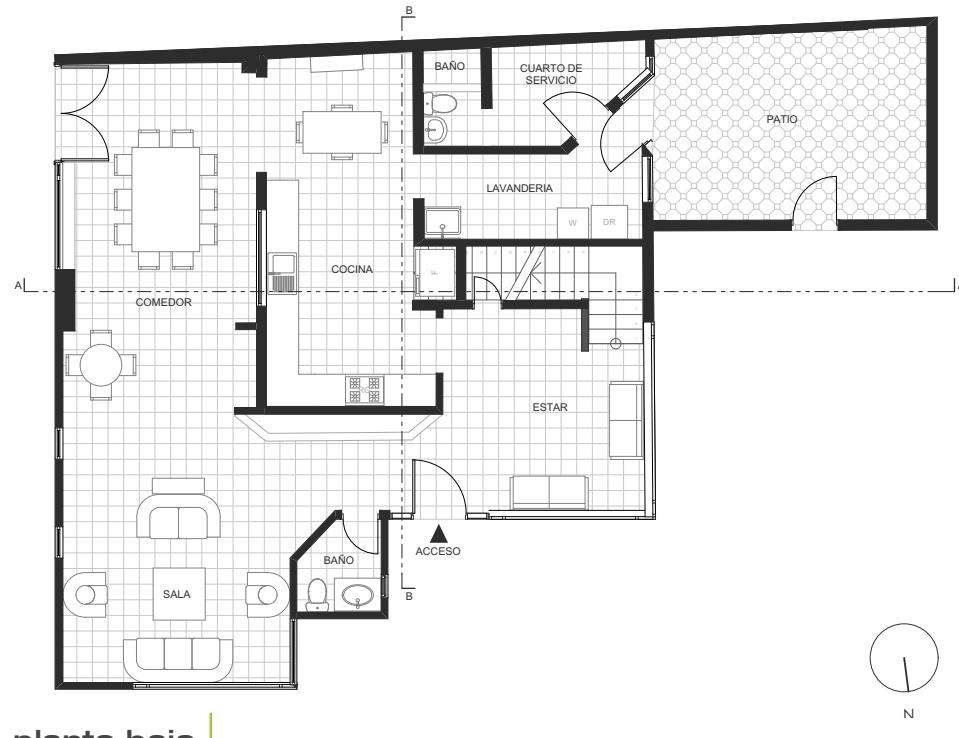
Finalmente, se procederá a recalificar la vivienda con base en los criterios establecidos por el método ya mencionado, así, se podrá comprobar si las falencias encontradas anteriormente, fueron corregidas, como de igual manera si se fortalecieron otros criterios, lo que implicaría una mejora de la eficiencia energética de la vivienda.

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### 4.1 aplicación y simulación de estrategias

#### Envolvente Térmica

Debido a que la relación entre la superficie total de ventana con respecto a los muros, supera los porcentajes válidos para la utilización



planta baja

FIG 01

de vidrio simple, especificados en ET06, se propone la utilización de doble vidrio en las ventanas indicadas en las figuras 01 y 02.



planta alta

FIG 02



## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

Como se evidenció anteriormente, la demanda energética para calefacción con vidrio simple es de 169.45 kWh/m<sup>2</sup> año, para disminuir este valor, se propone aplicar doble acristalamiento a las ventanas de la vivienda, esto asegura factores de conductividad bajos, con la intención de evitar pérdidas de calor al poseer mejores características de aislamiento.

En la figura 03 se puede verificar que, al utilizar doble acristalamiento en toda la vivienda de caso de estudio, la demanda energética para calefacción es de 58.22 kWh/m<sup>2</sup> año, si se utiliza solamente en planta baja la demanda es de 59 kWh/m<sup>2</sup> año y en planta alta es 60.20 kWh/m<sup>2</sup> año; al no diferir demasiado los valores, se plantea usar doble acristalamiento solo en planta alta, ya que estos espacios tienen mayor uso durante horas de la noche.

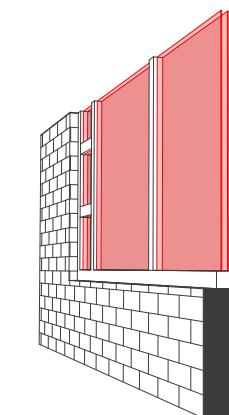
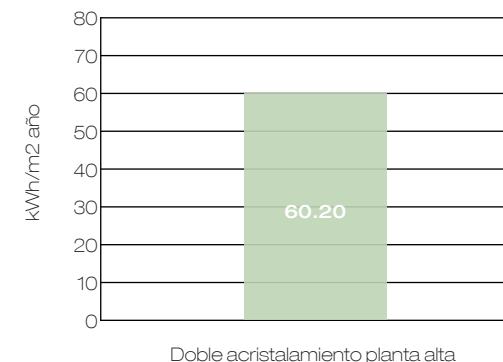


FIG 03

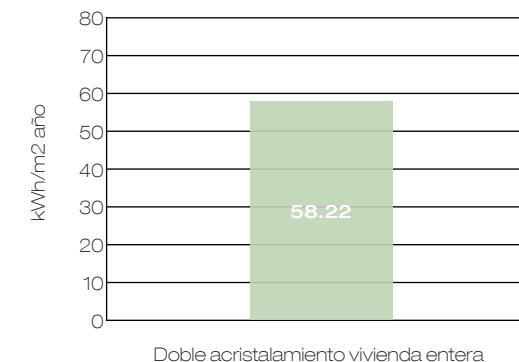
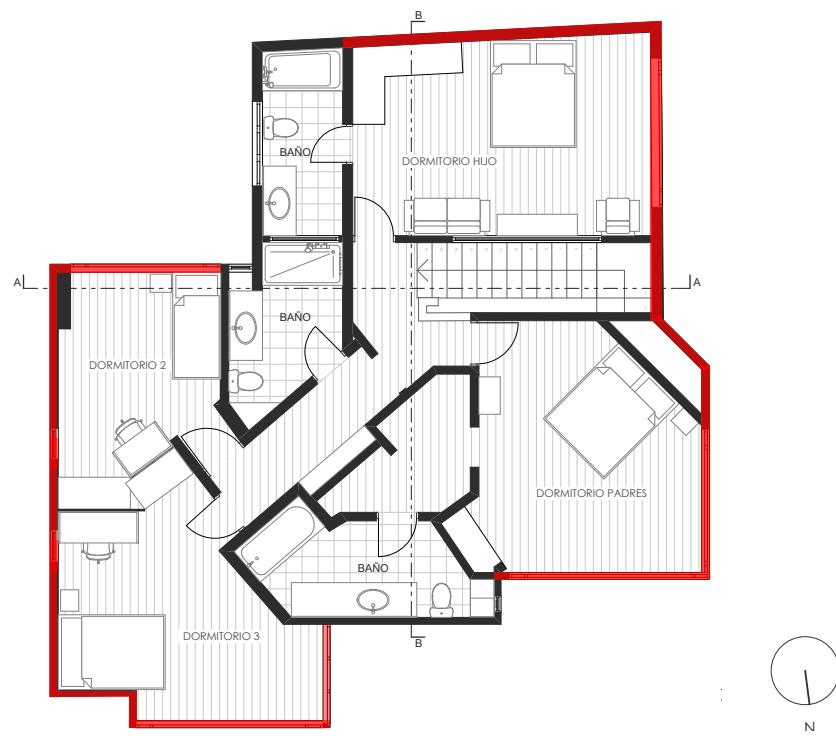


FIG 04

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias



planta alta | FIG 05

El comportamiento térmico de la vivienda de caso de estudio estudiado en el capítulo 3, demostró que las temperaturas más bajas se producen durante las 23:00–0:00 y 5:00–6:00. Se propone reforzar el aislamiento térmico en los muros perimetrales de los dormitorios con el exterior para evitar pérdidas de calor, ya que son estos los espacios utilizados durante las horas mencionadas (ver figura 05).

En la figura 06 se evidencia que al aislar todos los muros indicados la demanda energética para calefacción es de 56.88 Kw/h m<sup>2</sup> año, mientras que, si se aíslan solamente los muros perimetrales con orientación norte-sur y los este-oeste no; la demanda es de 59.04 Kw/h m<sup>2</sup> año.

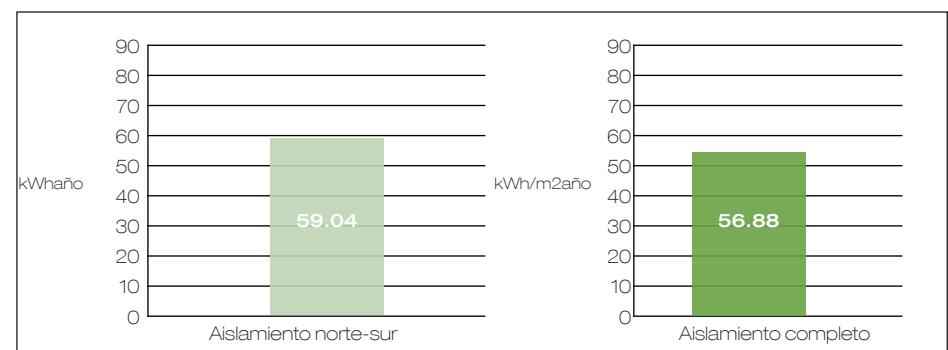


FIG 06



## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

El sistema constructivo que se propone busca incorporar materiales de baja conductividad térmica (U), que cumplan con los valores especificados en ET05, para esto el material que se utilizará será el poliestireno, que se encontrara entre una estructura metálica anclada a las paredes y yeso cartón para cubrir todo este sistema, se le deberá dar continuidad al poliestireno para evitar infiltraciones de aire (ver figura 07).

En la tabla 01 se puede observar que las temperaturas promedio de los dormitorios en días de solsticios y equinoccios, claramente se encuentran fuera del rango de confort térmico (18°min -26°max) que especifica la NEC (2011), sin embargo, al reforzar el aislamiento térmico, se muestra que las temperaturas promedio de los dormitorios aumentan alrededor de los 18° y se ubican dentro de la zona de confort que especifica la norma (ver tabla 02).

SIN MEJORA DE AISLAMIENTO TÉRMICO				
ESPACIO	TEMP. PROMEDIO 21 MARZO	TEMP. PROMEDIO 21 JUNIO	TEMP. PROMEDIO 21 SEPTIEMBRE	TEMP. PROMEDIO 21 DICIEMBRE
Dormitorio padres	16.48	16.98	16.20	15.88
Dormitorio hijo	16.42	16.92	16.52	15.85
Dormitorio 2	16.58	17.08	16.30	16.02
Dormitorio 3	16.35	16.85	16.38	15.80

T01: TEMPERATURA PROMEDIO DE DORMITORIOS SIN MEJORA EN AISLAMIENTO TÉRMICO

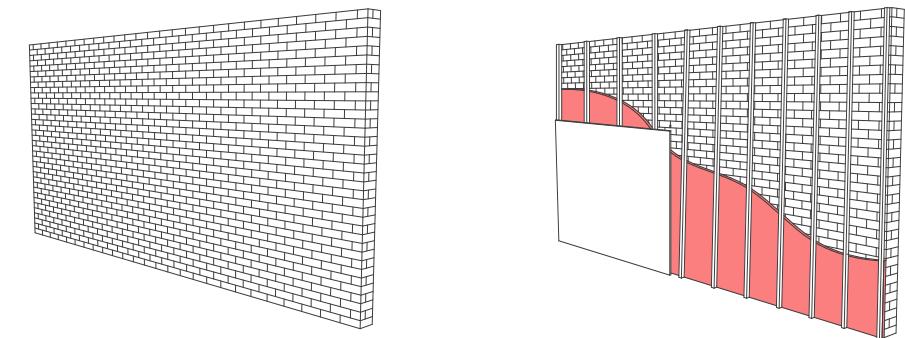


FIG 07

CON MEJORA DE AISLAMIENTO TÉRMICO				
ESPACIO	TEMP. PROMEDIO 21 MARZO	TEMP. PROMEDIO 21 JUNIO	TEMP. PROMEDIO 21 SEPTIEMBRE	TEMP. PROMEDIO 21 DICIEMBRE
Dormitorio padres	18.10	18.32	18.25	18.40
Dormitorio hijo	18.15	18.45	18.64	18.50
Dormitorio 2	18.64	18.96	18.85	18.95
Dormitorio 3	18.24	18.45	18.30	19.01

T02: TEMPERATURA PROMEDIO DE DORMITORIOS CON MEJORA EN AISLAMIENTO TÉRMICO

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### Iluminación Natural

En las figuras 08-09, se manifiesta un resumen de todos los espacios intervenidos mediante las estrategias de iluminación natural desarrolladas en el capítulo anterior.



planta baja

FIG 08



planta alta

FIG 09

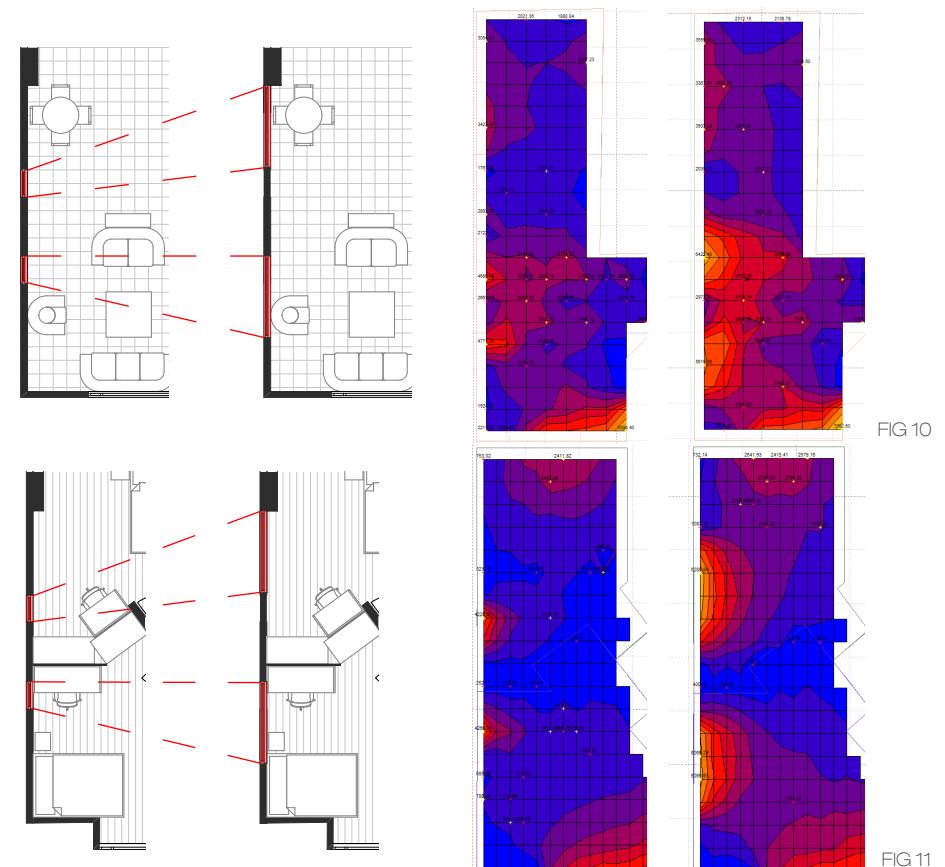
## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

En el análisis lumínico previo, se pudo verificar que la captación de iluminación natural mediante los vanos de la fachada oeste de la vivienda es insuficiente para los espacios tanto de la planta baja como alta, debido al pequeño tamaño de sus ventanas.

Como se explicó en IN03 la forma y el tamaño de las ventanas son primordiales para la penetración de luz en la vivienda, es así como se plantea la ampliación del dimensionamiento de dichas ventanas, de esta manera se mejorará la profundidad de iluminación en los espacios. En las simulaciones realizadas se pudo cuantificar el aumento de 426.73 lux, en los espacios donde se ampliaron las ventanas en planta baja (ver figura 10) y un aumento de 525 lux para los espacios de planta alta (ver figura 11).

Las nuevas dimensiones de las ventanas, permitirán proporcionar una distribución de iluminación de forma más homogénea y se eliminarán las zonas de contraste, como se indica en IN06 (ver figuras 10-11).

Finalmente se recomienda mantener constante limpieza las ventanas de toda la vivienda, para evitar que la suciedad reduzca la transmisividad, como se explicó en IN01.



## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

La NEC (2011), indica que el porcentaje máximo de ventanas respecto a la superficie total de la fachada es de 40% para la ZT3, el área de ventanas de la vivienda de caso de estudio con las

modificaciones es de 33.43%, por lo que se encuentra dentro de los rangos permitidos (ver figuras 12-13).



estado actual | FIG 12



propuesta | FIG 13



## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

Teniendo en cuenta que el uso de la cocina se produce durante todo el día, en el estudio previo se evidenció que la misma carece de una distribución homogénea de iluminación natural, lo que obliga a utilizar iluminación artificial sin importar la hora del día.

Como respuesta a esto se plantea la eliminación de una pared de la cocina, dejando solo un antepecho, lo que mejora la conexión con otros espacios de la vivienda a los que ya se les aplicaron mejoras lumínicas (sala - comedor), y que dichas mejoras afectan también positivamente al área de cocina (ver figura 14).

Por medio de las simulaciones se cuantificó que después de que se mejoró la profundidad de la iluminación natural se produce una mejora en la distribución de iluminación en la cocina (ver figura 15).



FIG 14

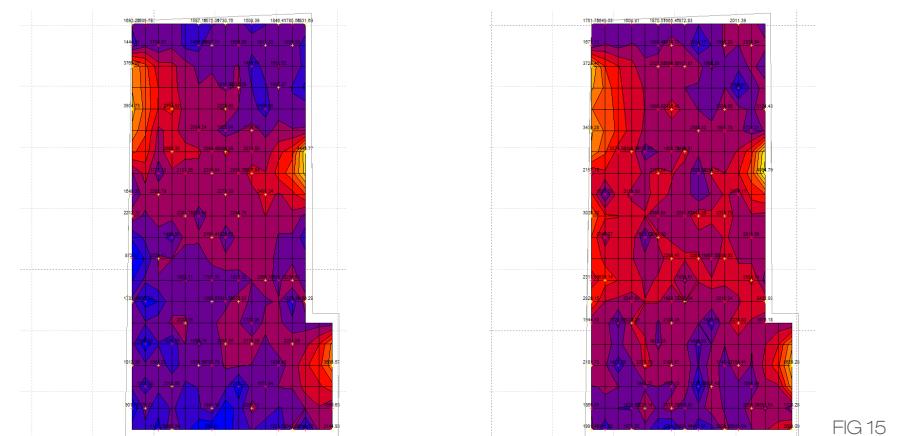
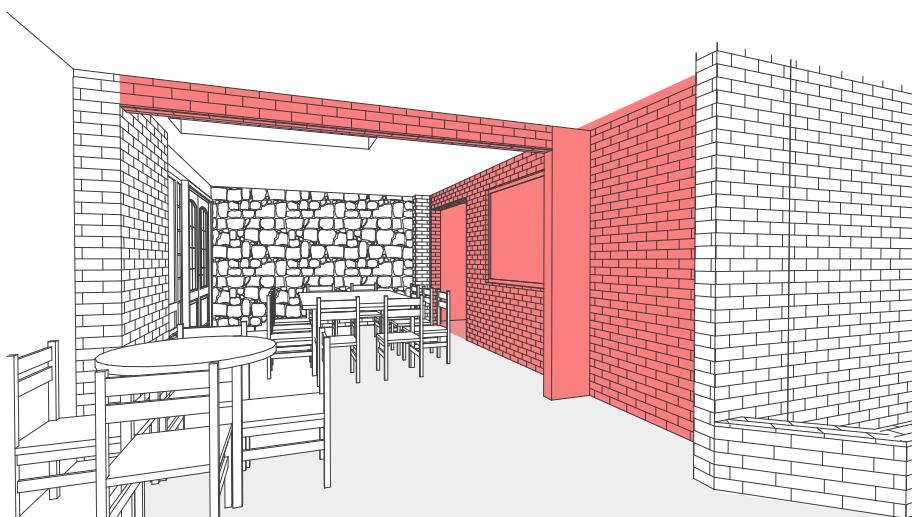


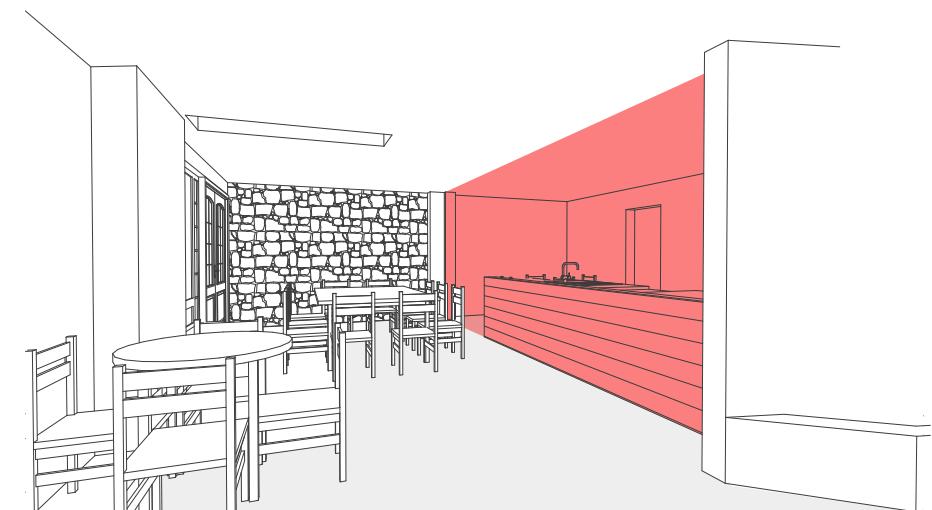
FIG 15

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

Al eliminar la pared divisoria entre los espacios se evidencia cómo mejoró la conexión entre los mismos (ver figuras 16-17).



estado actual  
FIG 16



propuesta  
FIG 17



## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

La forma y el tamaño de las ventanas son esenciales para la penetración de luz, se propone aumentar la altura de las ventanas para poder mejorar la profundidad de la iluminación en los espacios, como se especifica en IN03.

Posteriormente, con el objetivo de maximizar la iluminación natural, se propone desplazar las ventanas desde el centro de la pared, hacia un costado de ella de manera que se pueda alinear con otra pared, para aumentar las reflexiones y maximizar la luz, tal como se indica en IN 08 (ver figuras 18).

En la figura 19 se muestra el aumento y la mejora de distribución lumínica en el espacio.

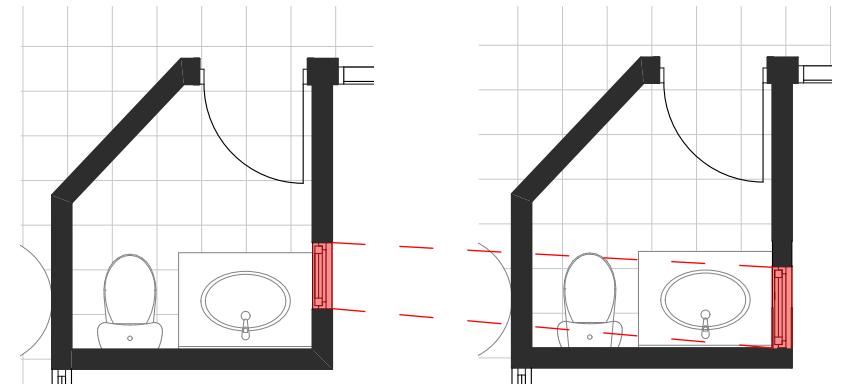


FIG 18

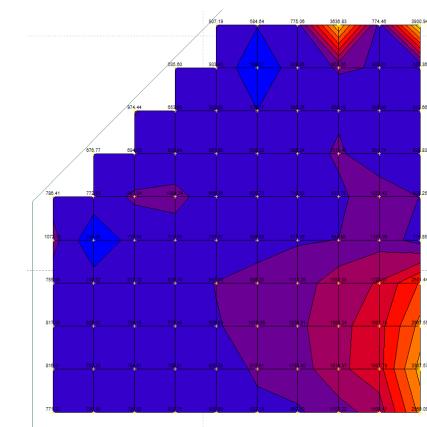
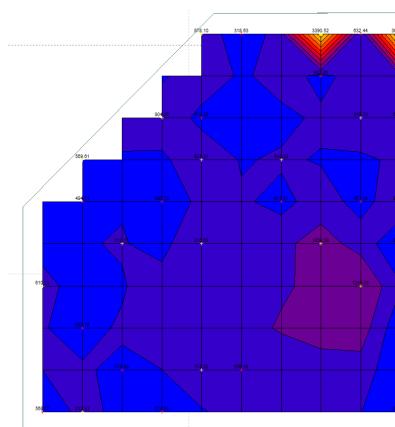


FIG 19

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

En las figuras 20-21, se muestra que la modificación en la ventana del baño social no altera la forma de la fachada ni la identidad de la vivienda.



estado actual | FIG 20



propuesta | FIG 21

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

Con base en el análisis lumínico obtenido, las zonas que menor profundidad de iluminación natural poseen en toda la vivienda, son la bodega y lavandería, esto se debe a la disposición en que se encuentran sus paredes y vanos de ventanas, como respuesta se plantea la sustitución de una pared que se encuentra en el patio, por un antepecho, ya que esta, es un elemento que produce sombra y no permite una buena iluminación hacia estos espacios.

Posteriormente se plantea un cambio en la pared divisoria, entre el patio con la bodega y lavandería, ya que al regularizar la misma, se mejorará la ubicación de las ventanas, orientándolas hacia el este, como se indica en IN 02. Este cambio permite aumentar las dimensiones de éstas y mejorar la iluminación natural en estos espacios (IN03), al mismo tiempo, se busca alinearlas con otras paredes para aumentar las reflexiones como se explicó en IN 07.

Finalmente se propone una ventana en la pared divisoria entre el espacio de bodega y lavandería, para permitir una iluminación homogénea entre estos espacios (ver figuras 22-23).

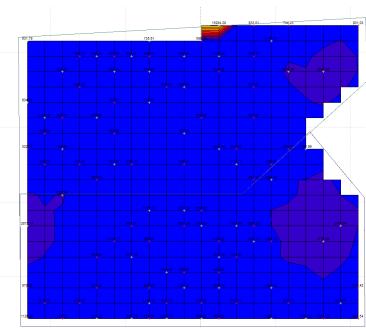
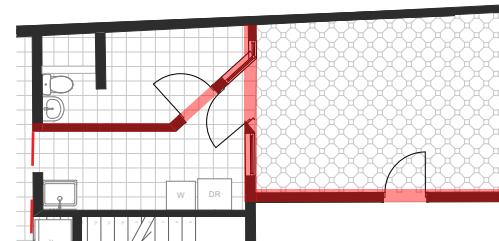


FIG 22

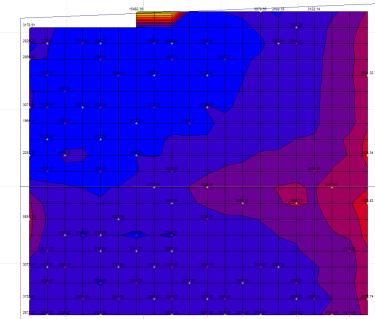
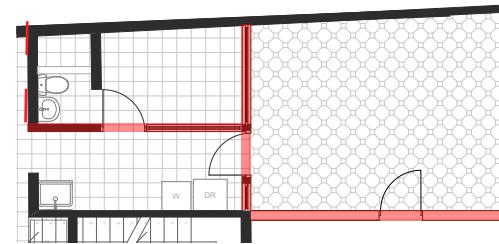
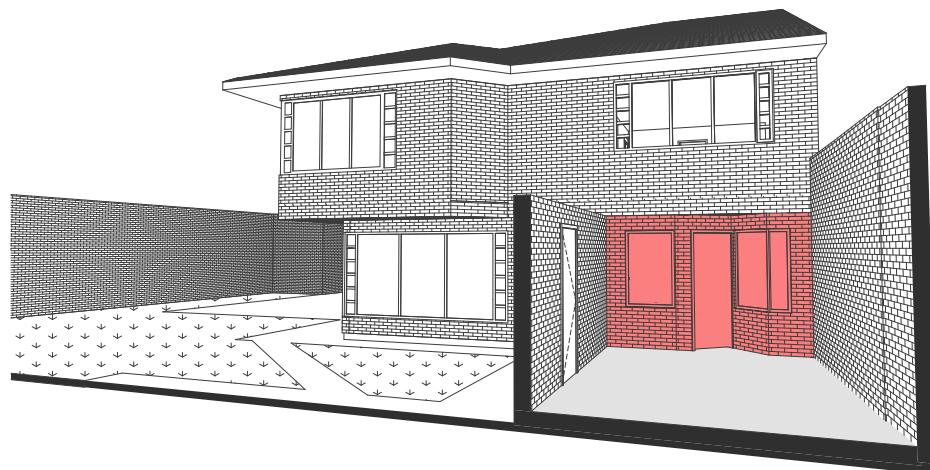


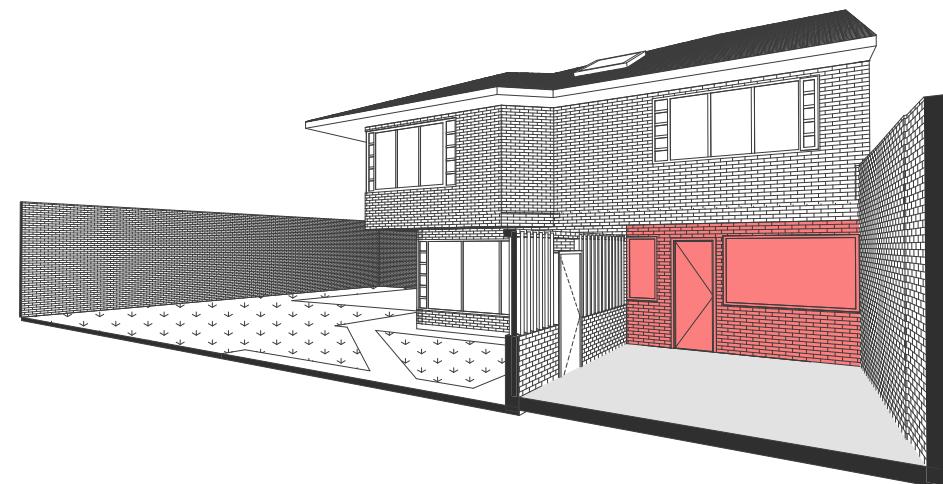
FIG 23

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

El área de ventanas de la vivienda de caso estudio con las modificaciones es de 39.30%, este parámetro se encuentra dentro del rango que expresa la NEC (2011), para ZT3 (ver figuras 24-25).



estado actual | FIG 24



propuesta | FIG 25

**capítulo 4** | aplicación y validación estrategias

Con la finalidad de iluminar espacios de paso, como el pasillo y las escaleras, se ha planteado la utilización de iluminación cenital, de manera que se pueda aprovechar el ángulo de mayor iluminancia en el cielo. A los tragaluces se los ubicará de manera estratégica en la cubierta, como se indica en IN05, ya que al encontrarse a gran altura se evita el sobrecalentamiento de los espacios (ver figuras 26-27).

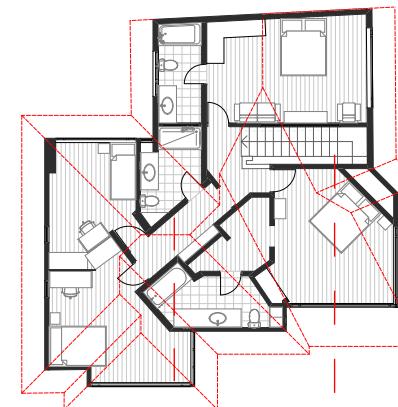


FIG 26

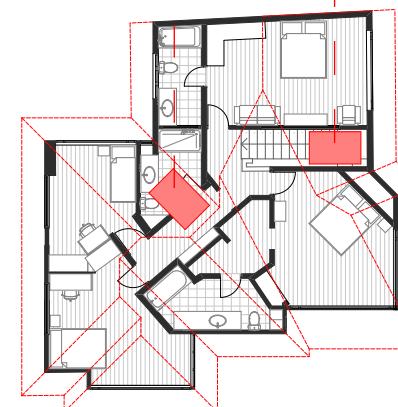
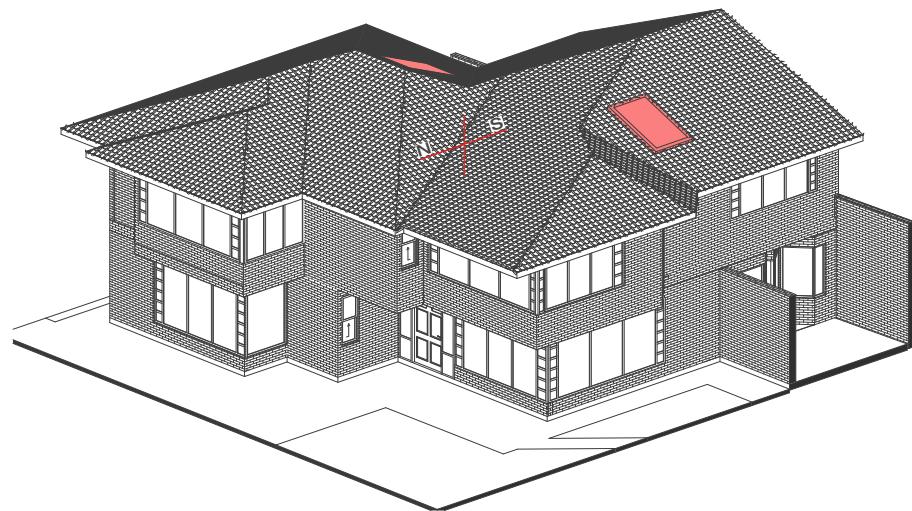


FIG 27

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias



Los tragaluces se encontrarán direccionados hacia el sur, para una mejor captación de la luz difusa en el espacio, como se expresó en IN05 (ver figura 28).

propuesta

FIG 28



## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### Illuminación Artificial

Se propone el cambio de todo el sistema de iluminación de la vivienda (luminarias fluorescentes compactas y halógenas compactas), por un sistema de luminarias LED, ya que como se especifica en IA 02, estas presentan mejores características en cuanto a ahorro energético, así como también mayor durabilidad (ver figura 29).

#	Ind. Repro. Crom.	Eficiencia	Flujo Luminoso	Temperatura de Color	Pot.	Item
26	irc 80	efic. 90	lm 450	temp. 3000	5w	<b>DL</b>
19	irc 80	efic. 94	lm 850	temp. 6500k	9w	<b>LL</b>

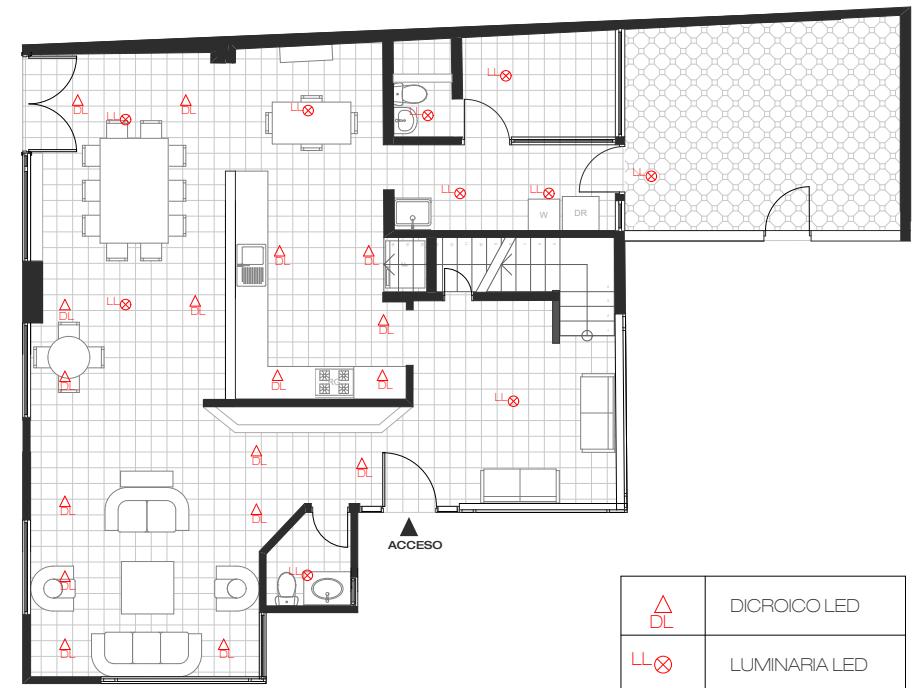


FIG 29 | planta baja

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias



planta alta

FIG 30

El resultado del cambio del sistema de iluminación, indica que los espacios habitables cuentan con 100% de luminarias con una eficiencia luminosa mayor a 55 lm/W, al igual que en las zonas comunes tienen 100% de eficiencia luminosa  $\geq 55\text{lm}/\text{W} \leq 86\text{lm}/\text{W}$ . Si se analiza una eficiencia luminosa mayor o igual a 86 lm/W el 100% de luminarias cuantificaría (ver figura 30).

### **luminarias espacios habitables**

eficiencia luminosa  $\geq 55\text{lm}/\text{W}$   
100%

### **luminarias espacios comunes**

eficiencia luminosa  $\geq 55\text{lm}/\text{W} \leq 86\text{lm}/\text{W}$   
100%

### **luminarias espacios comunes**

eficiencia luminosa  $\geq 86\text{lm}/\text{W}$   
100%

**capítulo 4** | aplicación y validación estrategias

Con el objetivo de evitar gastos innecesarios de energía eléctrica se plantea la instalación de sistemas de control electrónico para las luminarias exteriores de la vivienda, como se muestra en IA04 (ver figuras 31-32).

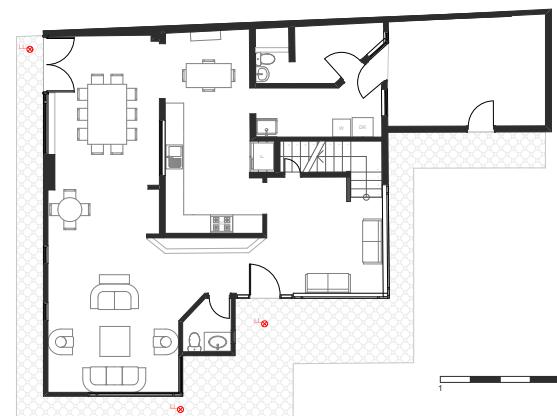


FIG 31 | planta baja

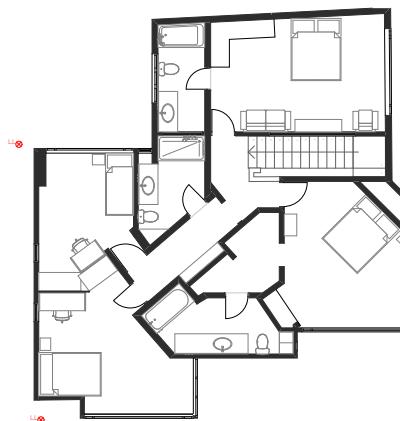
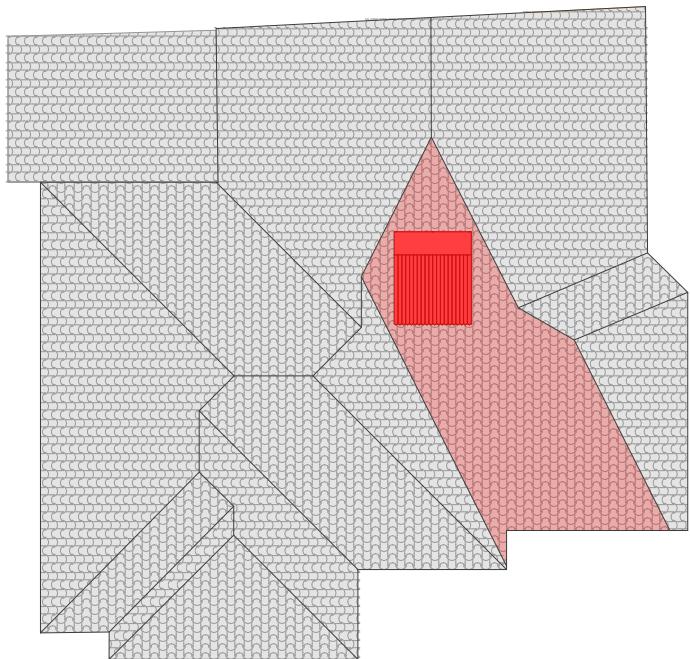


FIG 32 | planta alta

**capítulo 4 |** aplicación y validación estrategias

**Energía Renovable - Agua Caliente Sanitaria**



Como estrategia de energía renovable se proyecta la instalación de un sistema solar térmico pasivo, cuyo colector utilizará la tecnología de tubos al vacío, debido a su mayor eficiencia, tal como se especifica en ER 01 y ER 02 (ver figura 33).

**capítulo 4** | aplicación y validación estrategias

Con la intención de que el colector aproveche la mayor radiación posible, se lo proyectó hacia el norte y con una inclinación de 20° con respecto a la horizontal, se lo ubicó sobre la cubierta de la vivienda, para de esta manera también evitar la presencia de sombras que puedan afectar el rendimiento del mismo, con base en ACS 01 (ver figura 34).

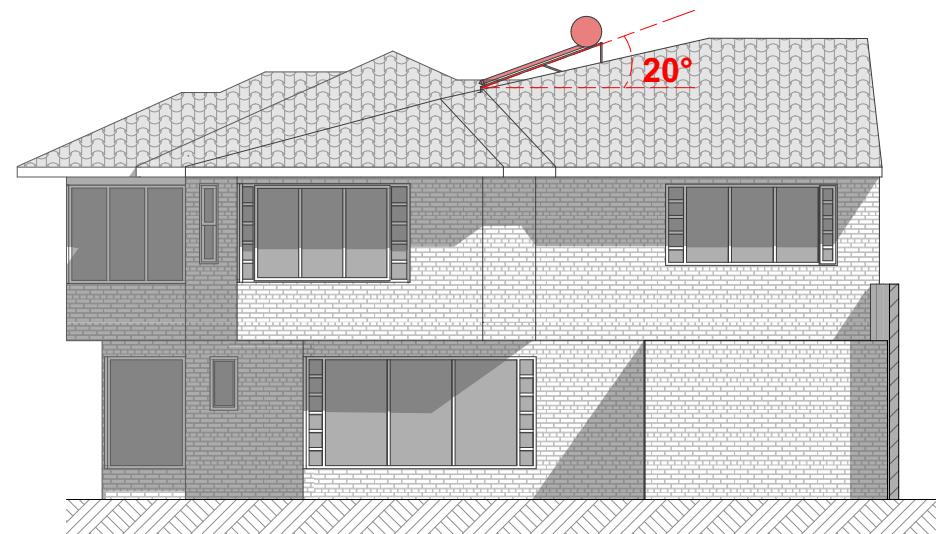
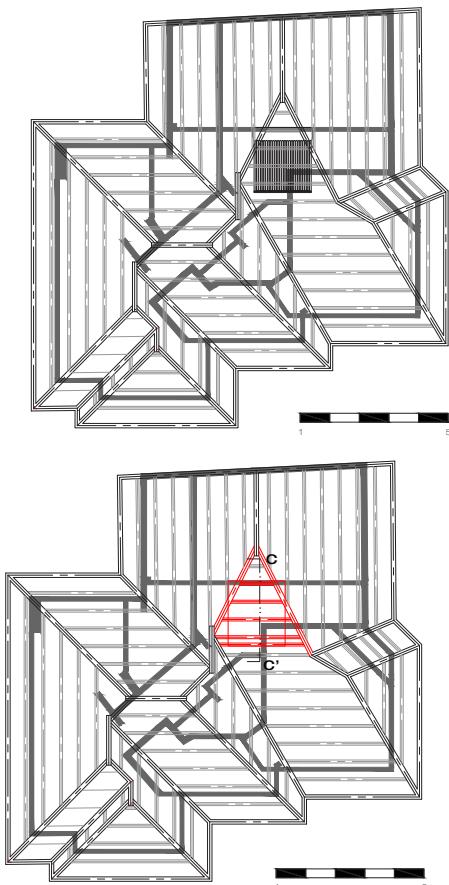


FIG 34

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias



planta cubierta | estructura FIG 35

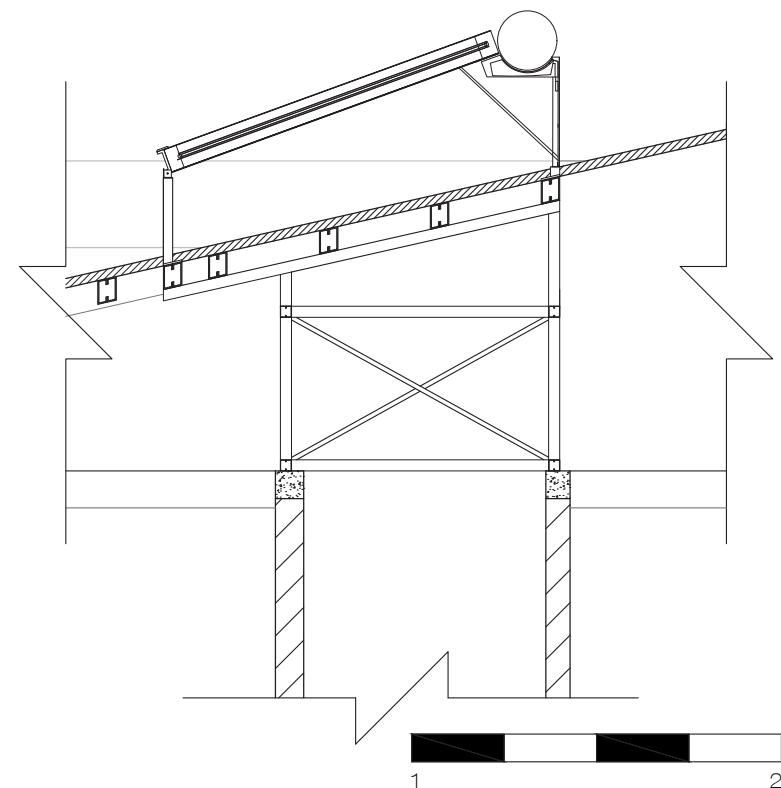
Se debe tener en cuenta que, al instalar el colector solar de tubos al vacío de 300 litros de capacidad, este adicionará una carga extra de 92 kg cuando se encuentre a su capacidad máxima de llenado a la estructura de la cubierta, razón por la cual se deberá reforzar la misma.

En la figura 35 se puede evidenciar la planta del estado actual de la estructura metálica de la cubierta, así como también la zona de donde se colocará el colector solar y se necesitará el refuerzo estructural para soportar las cargas adicionales.

**capítulo 4 |** aplicación y validación estrategias

En la figura 36 se puede evidenciar una propuesta de reforzamiento estructural para soportar la carga que representa el colector solar de tubos al vacío.

Se plantea de manera que se pueda anclar correctamente a la estructura de hormigón armado existente y la estructura metálica de cubierta de la vivienda, los espesores y las dimensiones de los elementos de la nueva estructura, estarán condicionados en base a un cálculo estructural previo, para que se pueda cumplir con las demandas de cargas satisfactoriamente y no se altere ni se produzcan fallos en la estructura actual de la vivienda.

FIG 36 | **corte c-c'**

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

planta baja

FIG 37



planta alta

FIG 38



Para la instalación de colector solar, es fundamental tomar en consideración su ubicación, ya que debe encontrarse lo más cerca posible de los puntos de consumo de ACS. Para la vivienda la mejor ubicación será central, de esta manera las distancias serán menores y se evitará las pérdidas de calor de los fluidos por transporte, adicionalmente se instalará, un calefón eléctrico que se utilizará únicamente como sistema secundario en caso de que el agua del colector solar se agote; con el objetivo de que las instalaciones no se encuentren distantes, este se ubicará en el interior de la vivienda, en el área de lavandería. El calefón deberá cumplir con una etiqueta de eficiencia energética A (ver figuras 37-38).

También se proporcionará de un sistema de recirculación de agua caliente, para mantener el nivel adecuado de temperatura en toda la red, como se indica en ACS 02 y finalmente se instalará aislante térmico en toda la tubería de la red para minimizar las pérdidas de calor de los fluidos al ser transportados, como se indica en ACS 03 (ver figura 39).

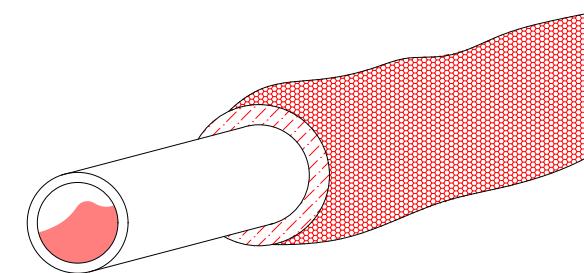


FIG 39

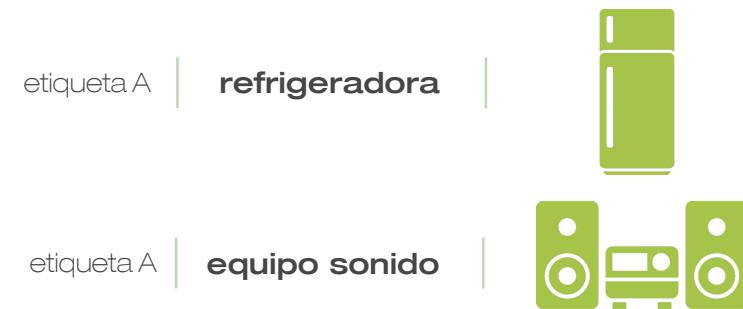


## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### Electrodomésticos

Teniendo en cuenta que, en el estado actual de la vivienda ninguno de los electrodomésticos cuenta con un etiquetado de eficiencia energética, se propone reemplazarlos por unos con un nivel de certificación A, tal como se especifica en el desarrollo de estrategias en el capítulo 2 (sección 2.4).

Finalmente se plantea la sustitución de la cocina que funciona a base de GLP, por una a inducción, ya que la segunda presenta mayor eficiencia energética como se explicó en ELEC 09 (ver anexo 03).



## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

FIG 40

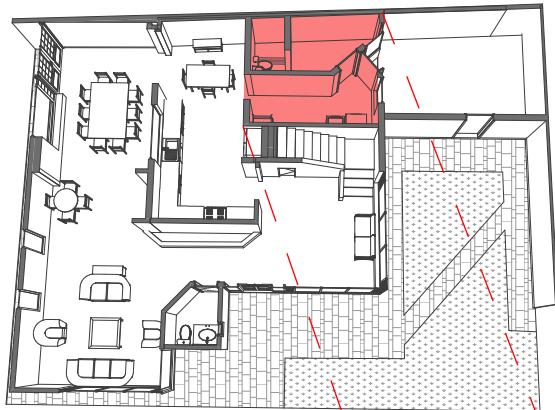


FIG 41



Como se evidencio en el capítulo 3, el espacio de secado interior no cumplía con las condiciones adecuadas, por lo que se plantea trasladar este espacio hacia un patio de servicio que posee la vivienda, de esta manera se puede aprovechar de manera más eficiente el sol y los vientos para el proceso de secado de las prendas de vestir.

Para maximizar estas características se propone realizar algunas modificaciones en este espacio, la primera es remplazar una pared por un antepecho con lamas que permitan ventilar este espacio de manera natural, al mismo tiempo que lo protegen de vistas del exterior, como se expresó en ES02.

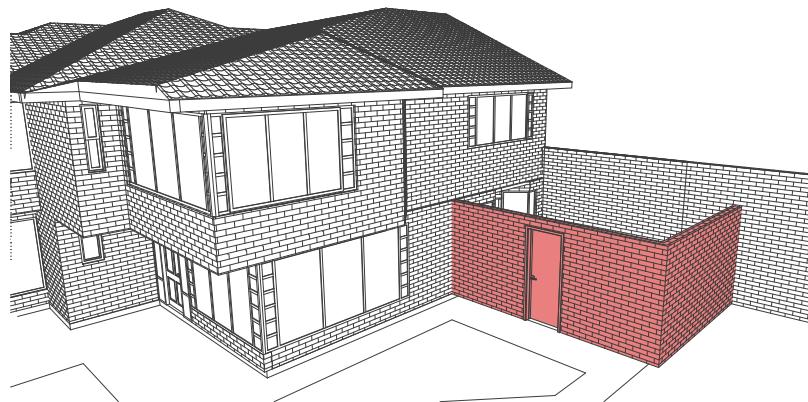
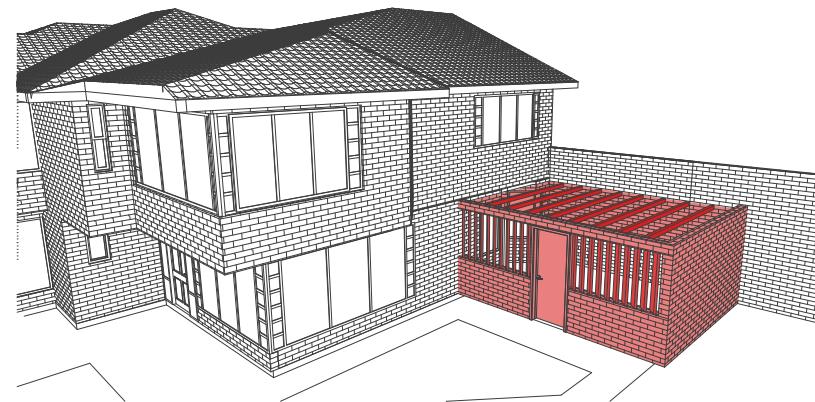
Posteriormente, se proyecta la colocación de una cubierta de vidrio sobre el patio, con el objetivo de aumentar la temperatura interior para facilitar el secado de las piezas, así como también para protegerlas de factores ambientales (ES01).

Finalmente, el patio cumple con las dimensiones necesarias expresadas en ES03, que se deben tener en cuenta para que este espacio funcione de la manera adecuada (ver figuras 40-41).

**capítulo 4 |** aplicación y validación estrategias

En la figura 42, se evidencia el estado actual del patio de servicio, que no tiene designado ninguna función, en la figura 43 se observa

las modificaciones que se producen sobre este espacio para que funcione de manera adecuada un espacio de secado de ropa.

FIG 42 | **estado actual**FIG 43 | **propuesta**

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### Rendimiento Energético\_comportamiento térmico

Posterior a la aplicación de las estrategias y mejoras en la vivienda de caso de estudio, con las nuevas simulaciones se pudo cuantificar las mejoras en comportamiento térmico de la misma, el mismo que se puede verificar en las figuras 44-47.

21 MARZO	
ESPACIO	TEMP. PROMEDIO
Bodega-Baño	18.00
Sala-Comedor-Recibidor	18.20
Baño social	18.00
Cocina-Desayunador	18.43
Lavandería	18.00
Gradas	18.02
Dormitorio hijo	18.52
Baño dormitorio hijo	18.00
Dormitorio 2	18.46
Dormitorio 3	18.38
Baño compartido	18.00
Dormitorio padres	18.41
Vestidor padres	18.00
Baño padres	18.00
Pasillo planta alta	18.00

TO3: TEMPERATURA PROMEDIO ESPACIOS 21 MARZO

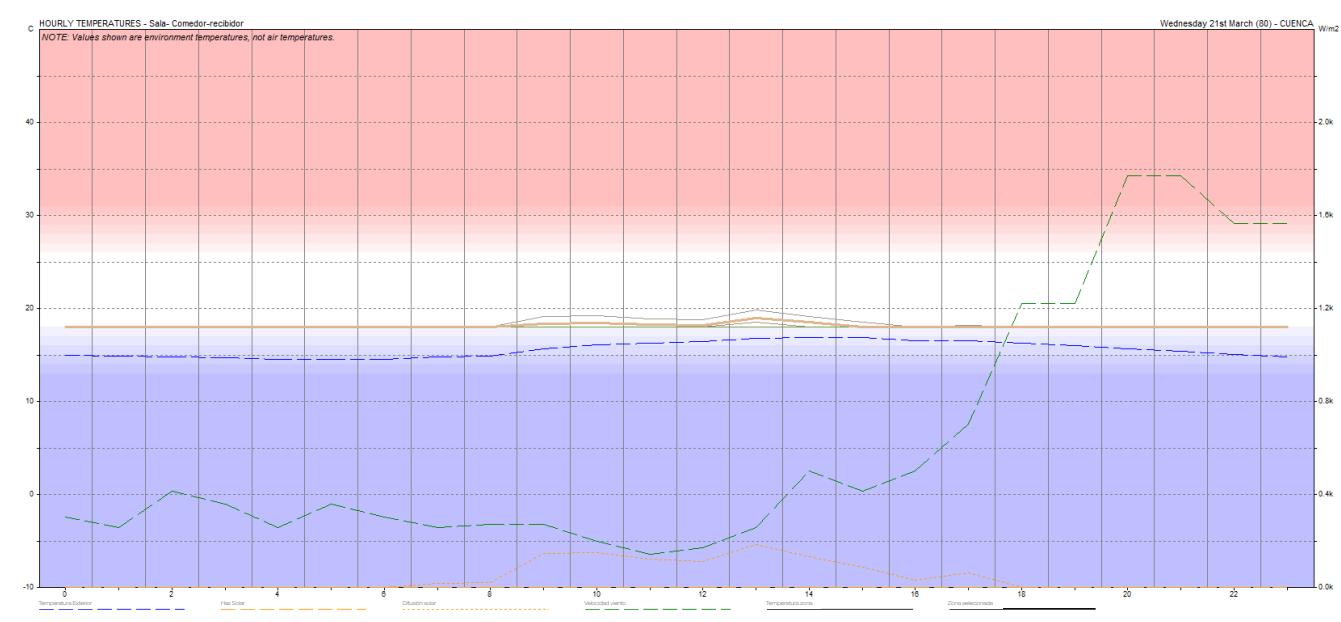
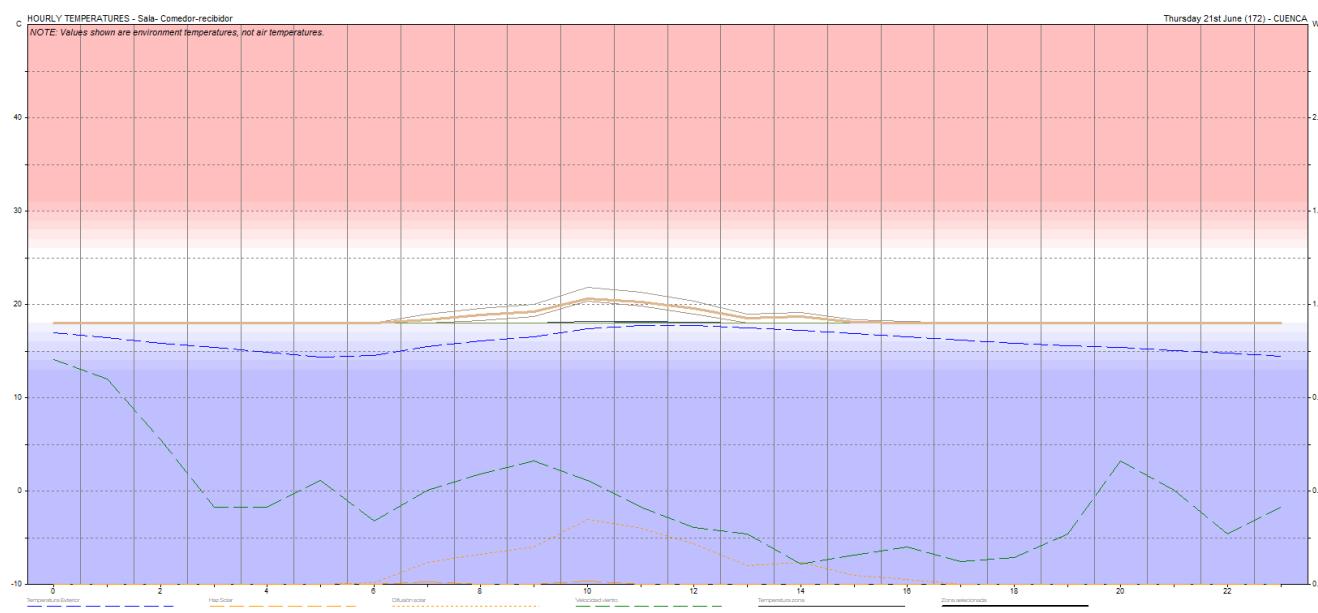


FIG 44

En las tablas 3-6 se observa las temperaturas promedio de los espacios para las fechas indicadas.



## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias



21 JUNIO	
ESPAZIO	TEMP. PROMEDIO
Bodega-Baño	18.05
Sala-Comedor-Recibidor	18.62
Baño social	18.00
Cocina-Desayunador	18.91
Lavandería	18.04
Gradas	18.30
Dormitorio hijo	18.92
Baño dormitorio hijo	18.00
Dormitorio 2	18.87
Dormitorio 3	18.84
Baño compartido	18.00
Dormitorio padres	18.79
Vestidor padres	18.16
Baño padres	18.09
Pasillo planta alta	18.00

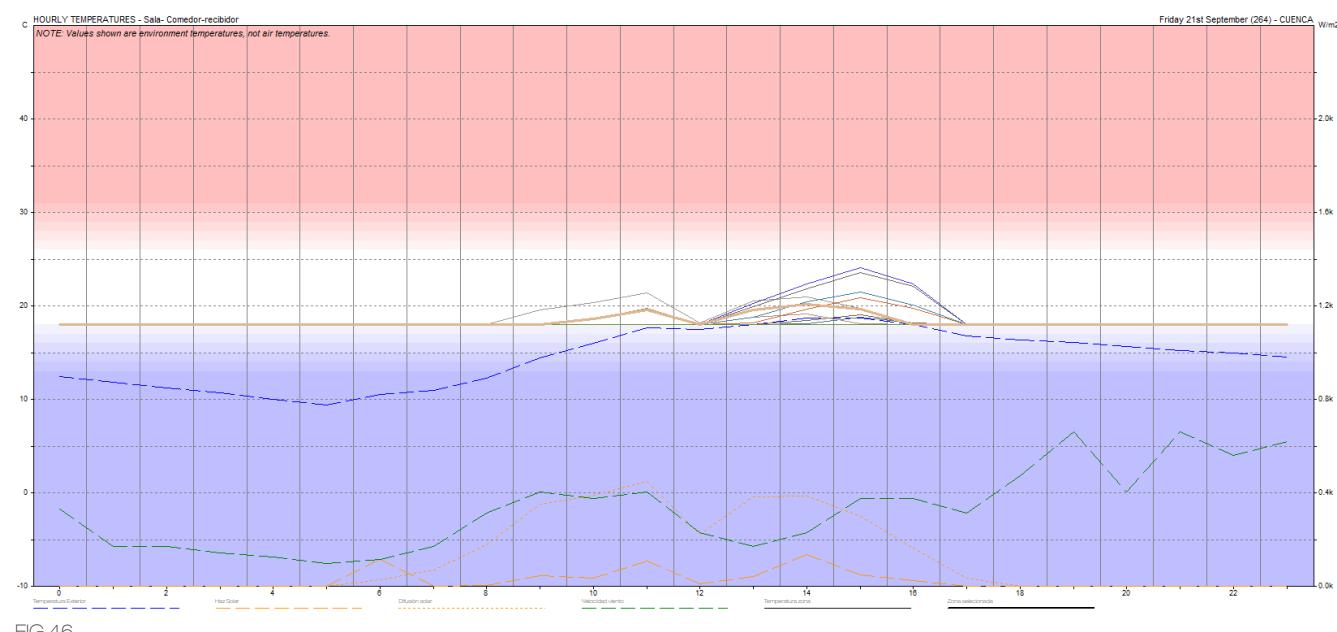
T04: TEMPERATURA PROMEDIO ESPACIOS 21 JUNIO

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

Se evidencia, que la mayoría de los espacios de la vivienda de caso de estudio se encuentran dentro del rango de confort térmico que determina la NEC (2011).

21 SEPTIEMBRE	
ESPACIO	TEMP. PROMEDIO
Bodega-Baño	18.07
Sala-Comedor-Recibidor	18.52
Baño social	18.00
Cocina-Desayunador	18.90
Lavandería	18.02
Gradas	18.19
Dormitorio hijo	18.44
Baño dormitorio hijo	18.07
Dormitorio 2	18.98
Dormitorio 3	19.35
Baño compartido	18.00
Dormitorio padres	18.57
Vestidor padres	18.07
Baño padres	18.09
Pasillo planta alta	18.00

T05: TEMPERATURA PROMEDIO ESPACIOS 21 SEPTIEMBRE





## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

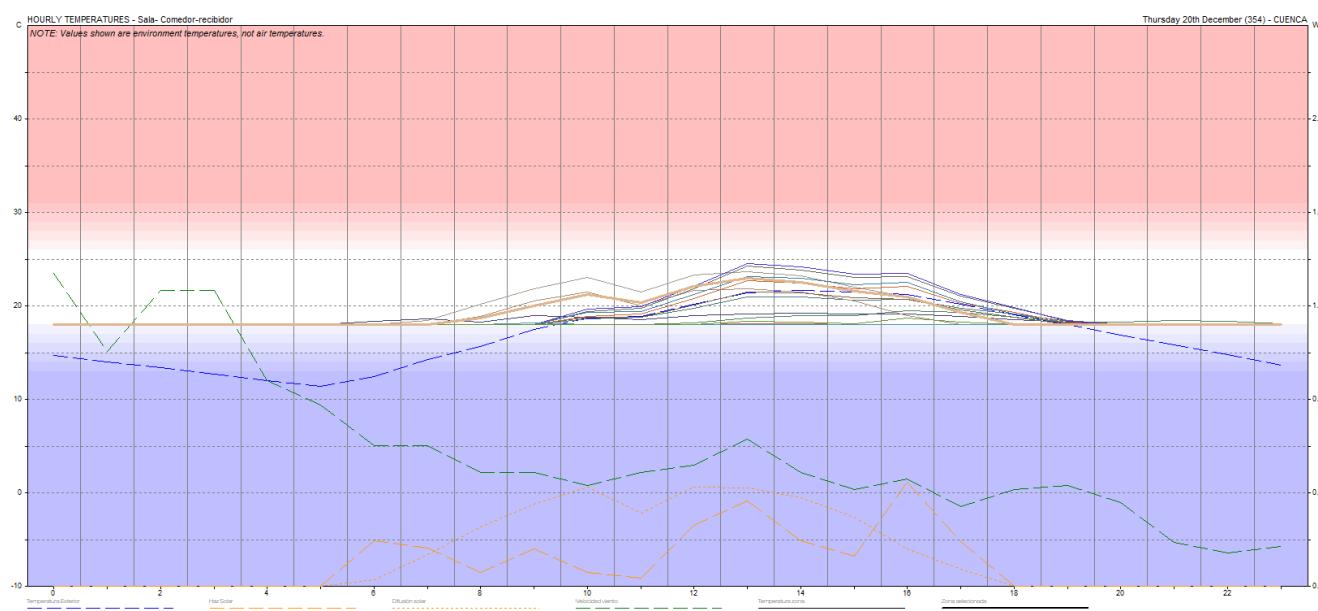


FIG 47

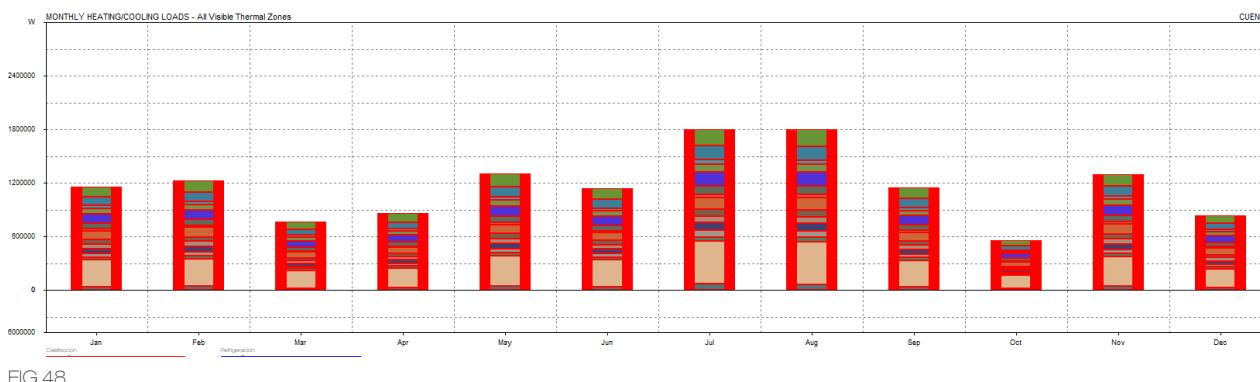
21 SEPTIEMBRE	
ESPAZIO	TEMP. PROMEDIO
Bodega-Baño	18.75
Sala-Comedor-Recibidor	19.33
Baño social	18.33
Cocina-Desayunador	19.75
Lavandería	18.47
Gradas	19.07
Dormitorio hijo	19.12
Baño dormitorio hijo	18.79
Dormitorio 2	18.83
Dormitorio 3	19.54
Baño compartido	18.01
Dormitorio padres	19.24
Vestidor padres	18.09
Baño padres	18.12
Pasillo planta alta	18.02

T06: TEMPERATURA PROMEDIO ESPACIOS 21 DICIEMBRE

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### Rendimiento Energético\_demanda energética calefacción

Se evidencia que en la evaluación generada para determinar la demanda energética por calefacción y refrigeración de la vivienda por el periodo de un año (ver figura 48), carece totalmente de la necesidad de refrigeración, por el contrario, existe un requerimiento de calefacción, el mismo que posterior a la aplicación de estrategias, disminuyo considerablemente, llegando a tener sus valores más altos durante los meses de julio y agosto, espacialmente en los espacios de sala, comedor y recibidor.



En la tabla 07, se identifica los requerimientos de calefacción mensuales y se cuantifica que la demanda anual es de 56.88 kWh/m<sup>2</sup> año.

CUADRO DE RESULTADOS			
MES	CALEFACCIÓN (Wh)	REFRIGERACIÓN (Wh)	TOTAL (Wh)
Enero	1164827	0	1164827
Febrero	1229918	0	1229918
Marzo	773782	0	773782
Abril	862676	0	862676
Mayo	1306395	0	1306395
Junio	1146173	0	1146173
Julio	1806618	0	1806618
Agosto	1803755	0	1803755
Septiembre	1155082	0	1155082
Octubre	559978	0	559978
Noviembre	1299271	0	1299271
Diciembre	838750	0	838750
TOTAL	13947223	0	13947223
ÁREA PLANTA m <sup>2</sup>			245,21
CALEFACCIÓN POR m <sup>2</sup>			13947,223
REFRIGERACIÓN POR m <sup>2</sup>			0
TOTAL Kwh/m <sup>2</sup> año			56,88

T07: DEMANDA ENERGETICA ANUAL POR MESES Y TOTAL



## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### Rendimiento Energético\_consumo eléctrico y GLP

En el consumo eléctrico por parte de los electrodomésticos y de iluminación se produjo una importante reducción a lo largo de todo el año en la vivienda, es así como el consumo en tomacorrientes disminuyó a 2649.62 kWh al año; mientras que la iluminación consume 235.43 kWh al año (ver figura 49). El consumo total de energía eléctrica por unidad de medida es de 11.76 kWh/m<sup>2</sup> año (ver anexo 03).

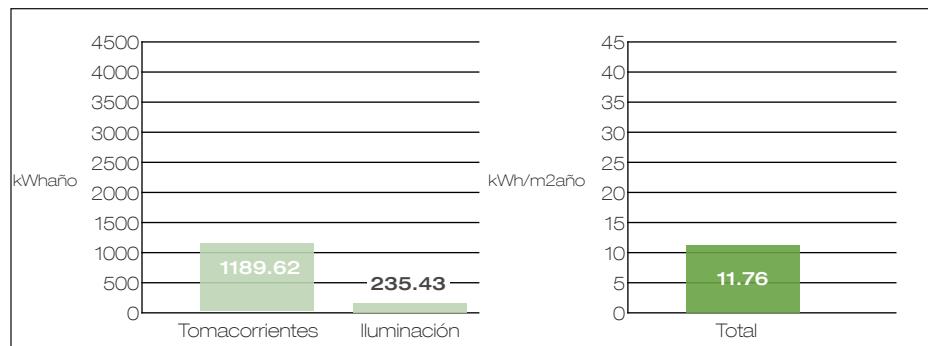


FIG 49

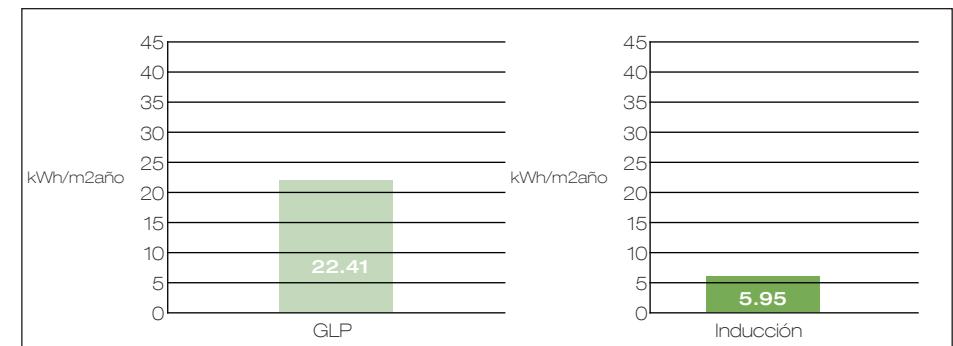


FIG 50

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### Rendimiento Energético \_demanda energética total

En la figura 51, se puede verificar que la demanda energética de la vivienda de caso de estudio, obtuvo una reducción significativa, sin embargo, la cantidad mayor de energía se necesitaría para

calentar la vivienda, seguido por el consumo de GLP y finalmente por energía eléctrica. El total de energía demandada es de 68.64 kWh/m<sup>2</sup> año.

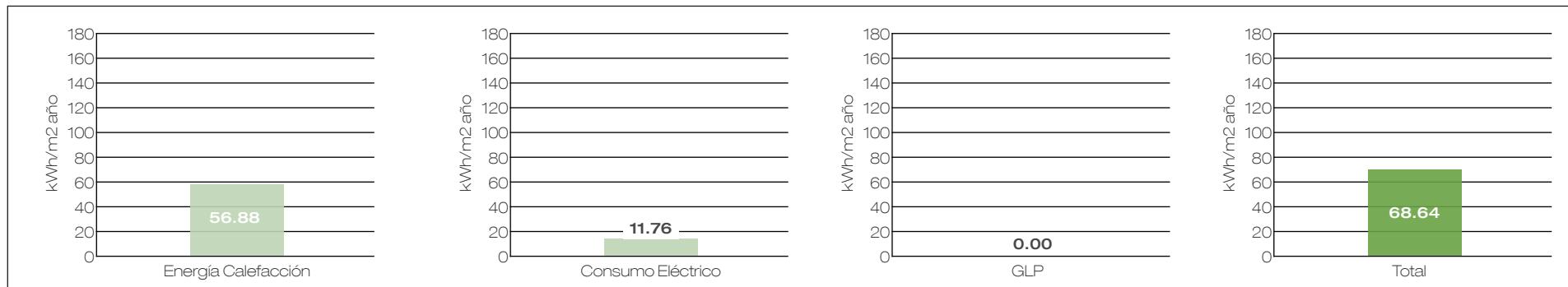


FIG 51

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### 4.2 validación de resultados

Se procederá a realizar una recalificación de la vivienda de caso de estudio según los criterios establecidos por el “Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas”, con la diferencia de que en este caso los valores a considerar para cada criterio, serán aquellos obtenidos tras haber realizado las simulaciones que consideran las estrategias previamente especificadas.

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

Se presenta los resultados de la recalificación energética de la vivienda, aplicando los parámetros del método de certificación para Cuenca. En los criterios de evaluación de envolvente térmica se evidencia que debido a que la gran mayoría de requerimientos cumplen con los indicadores necesarios, se obtiene un nivel de calificación equivalente a práctica estándar (ver tabla 08).

ENVOLVENTE TÉRMICA								
ORIENTACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	ORIENTACIÓN VIVIENDA DE ACUERDO A ZT3	SUPERFICIE ACRISTALADA RESPECTO A FACHADA EN CADA ORIENTACIÓN	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SOLAR	ESTRATEGIA SOLAR PASIVA EN CASA DE MALA ORIENTACIÓN		NIVEL DE REFERENCIA		
		no cumple		si cumple		si cumple		PRÁCTICA ESTÁNDAR
GANANCIAS SOLARES	GANANCIAS SOLARES DIRECTAS			DEMANDA POR CALEFACCIÓN O REFRIGERACIÓN			NIVEL DE REFERENCIA	
		8.28 kW.h/m <sup>2</sup> año dentro de requerimiento mínimo			56.88 kW.h/m <sup>2</sup> año, si cumple		PRÁCTICA ESTÁNDAR	

T08: CRITERIOS EVALUACIÓN PARA ENVOLVENTE TERMICA

ILUMINACIÓN							
ILUMINACIÓN INTERNA	PORCENTAJE LUMINARIAS BAJO CONSUMO ENERGÉTICO (eficiencia luminosa >55lm/W)			BAÑO PRINCIPAL CON VIDRIO ILUMINACIÓN DIRECTA	NIVEL DE REFERENCIA		
			100 % Luminarias de bajo consumo energético, si cumple			si cumple	PRÁCTICA SUPERIOR
ILUMINACIÓN EXTERNA	PORCENTAJE LUMINARIAS BAJO CONSUMO ENERGÉTICO (eficiencia luminosa >60lm/W)		LUMINARIAS CONTROLADAS POR DISPOSITIVO DE APAGADO AUTOMÁTICO		LUMINARIAS CON RETARDO DE 2 -3 MINUTOS	NIVEL DE REFERENCIA	
		100% Luminarias de bajo consumo energético, si cumple		si cumple		si cumple	PRÁCTICA SUPERIOR

T09: CRITERIOS EVALUACIÓN PARA ILUMINACIÓN



## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

De acuerdo a los criterios de evaluación, se observa que, en la recalificación del caso de estudio, los requerimientos de electrodomésticos, energía renovable y agua caliente sanitaria,

alcanzan calificaciones de práctica superior, práctica mejor y práctica estándar respectivamente (ver tablas 10-12).

ELECTRODOMÉSTICOS					
ELECTRODOMÉSTICOS	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA A EN REFRIGERADORES, CONGELADORES		CALIFICACIÓN ENERGÉTICA A EN COCINAS, CALENTADORES DE AGUA		NIVEL DE REFERENCIA
		si cumple		si cumple	

T10: CRITERIOS EVALUACIÓN PARA ELECTRODOMÉSTICOS

ENERGÍAS RENOVABLES					
ENERGÍAS RENOVABLES	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE USO DE ENERGÍA SOLAR PARA CALENTAMIENTO DE AGUA		COLECTORES SOLARES TÉRMICOS		NIVEL DE REFERENCIA
		si cumple		si cumple	PRÁCTICA MEJOR

T11: CRITERIOS EVALUACIÓN PARA ENERGÍA RENOVABLE

AGUA CALIENTE SANITARIA					
ACS	METRAJE TUBERIA ACS DESDE CALENTADOR A PUNTO MÁS DESFAVORABLE		CALENTADOR DE AGUA UBICADO EN ESPACIOS PERMITIDOS SEGÚN NORMA INEN 2 124:98		NIVEL DE REFERENCIA
		13.54m; si cumple		no aplica	PRÁCTICA ESTÁNDAR

T12: CRITERIOS EVALUACIÓN PARA ACS

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

En la tabla 13 se presenta los resultados de los criterios de evaluación correspondientes a espacios de secado, con una calificación de práctica mejor, ya que cumple con los requerimientos necesarios.

Para el caso de desempeño energético se puede evidenciar que al cumplir con un consumo energético menor a 69 kWh/m<sup>2</sup>/año, asciende a una calificación de práctica superior (ver tabla 18).

ESPACIOS DE SECADO						
ESPACIOS DE SECADO	ESPACIO HABILITADO PARA SECAR ROPA MANERA NATURAL	TENDAL EN TRAMOS NO INFERIOR A 1M		ALTURA TENDARL MINIMO 1.5M DESDE EL SUELO	PROTEGIDO DE LAS VISTAS DEL EXTERIOR	NIVEL DE REFERENCIA PRÁCTICA MEJOR
		si cumple		5.26 m de tendal , si cumple		1.8m de altura, si cumple
	NO INTERFERIR EN VENTILACIÓN OTROS ESPACIOS		METRAJE NECESARIO EN BASE A NUMERO DE DORMITORIOS		ESPACIO EXTERIOR CUBIERTO	ESPACIO INTERNO HABITABLE VENTILACIÓN MECANICA / INTERNO NO HABITABLE VENTILACIÓN NATURAL
		si cumple		15.44m,si cumple		externo habitable / ventilación natural

T13: CRITERIOS EVALUACIÓN PARA ESPACIOS DE SECADO

DESEMPEÑO ENERGÉTICO					
DESEMPEÑO ENERGÉTICO	CONSUMO ENERGÉTICO 127-177 kWh/m <sup>2</sup> /año		CONSUMO ENERGÉTICO 70-126 kWh/m <sup>2</sup> /año		NIVEL DE REFERENCIA PRÁCTICA SUPERIOR
		68.64 kWh/m <sup>2</sup> /año, si cumple		68.64 kWh/m <sup>2</sup> /año, no cumple	

T14: CRITERIOS EVALUACIÓN PARA DESEMPEÑO ENERGÉTICO



## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### Resultado Energía

11	<b>envolvente térmica</b>
67	<b>Iluminación</b>
33	<b>electrodomésticos</b>
41	<b>energía renovable</b>
23	<b>espacios de secado</b>
148	<b>rendimiento energético</b>
323	<b>resultado</b>

### Resultado Vivienda

Los resultados finales muestran que gracias a la aplicación de estrategias dentro de la categoría energía, la vivienda mejoró considerablemente su puntaje, ya que obtuvo un resultado total de 323 puntos, con los cuales según el “Método de Certificación de la construcción sustentable en viviendas”, ubica al inmueble dentro de la categoría de Práctica Mejor.



### Calificación de la Vivienda: Práctica MEJOR

La Certificación de su proyecto tiene el respaldo de las siguientes entidades:



**DIUC**  
Dirección de Investigación  
de la Universidad de Cuenca

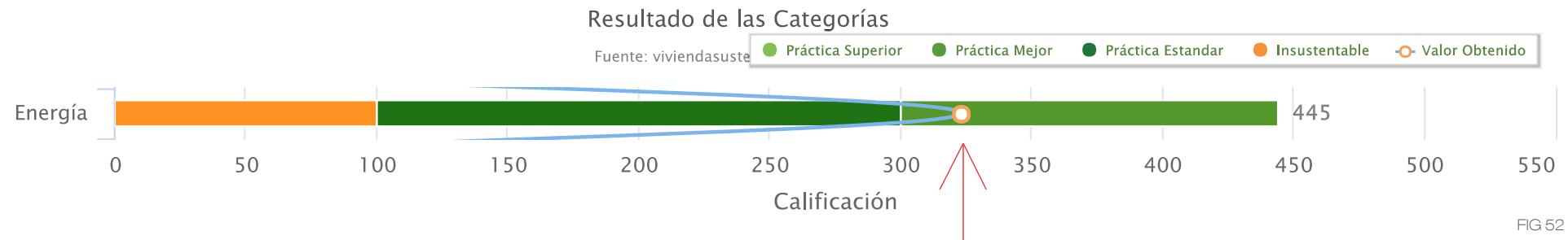
**CINA**  
Centro de Investigación  
de la Facultad de  
Arquitectura y Urbanismo

**FAUC**  
FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
Y URBANISMO

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### Cuadro de Resultados de Calificación

En la figura 52 se observa que la vivienda después de la aplicación de las estrategias de eficiencia energética, mejoró su puntaje y se encuentra dentro de la categoría práctica mejor.



## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### 4.3 discusión y comparación de resultados

Como último paso de la presente investigación, se procederá a constatar el nivel de efectividad de las estrategias mediante la comparación de los resultados obtenidos en el estado actual y posterior a la aplicación de las mismas, esto mostrará la mejora que se produce en cada uno de los criterios dentro de la categoría energía, validando de esta manera los resultados obtenidos.

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### Envolvente Térmica

En la tabla 15 se puede evidenciar que los porcentajes de acristalamiento de las fachadas este y oeste han experimentado

una mejora del 12.33% y 3.30% respectivamente, mientras que, las fachadas norte y sur se mantienen sin ninguna variación.

SUPERFICIE ACRISTALADA PORCENTAJES			
	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	NO VARÍA
NORTE	44 %	44%	-----
	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	NO VARÍA
SUR	44 %	44%	-----
	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	NO VARÍA
ESTE	21 %	33.33%	MEJORA
	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	12.33%
OESTE	36 %	39.30%	MEJORA
	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	3.30%

T15: COMPARACIÓN SUPERFICIE ACRISTALADA

**capítulo 4** | aplicación y validación estrategias

Como consecuencia de haber aumentado el área de acristalamiento en las fachadas, el valor de la ganancia solar de la vivienda experimento un crecimiento de 37.08% (ver tabla 16).

En la tabla 17 se puede evidenciar las mejoras en conductividad térmica (valor u) que se produjeron en paredes con 63.67% y ventanas 61.81%.

GANANCIA SOLAR			
GANANCIA SOLAR VIVIENDA	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	6.04 kWh/m <sup>2</sup> año	8.28 kWh/m <sup>2</sup> año	37.08%

T16: COMPARACIÓN GANANCIA SOLAR

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (VALOR U)			
PAREDES	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	2.12	0.77	63.67 %
VENTANAS	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	5.5	2.10	61.81 %

T17: COMPARACIÓN VALOR U

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### Iluminación

Posterior a la aplicación de las estrategias se produce una mejora en iluminación natural disminuyendo los contrastes en planta baja y planta alta, con una mejora de 27.88% y 89.98% respectivamente (ver tabla 18).

ILUMINACIÓN NATURAL CONTRASTES			
PLANTA BAJA	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	6631.23 lux - 1940.65 lux (4690.58 lux)	6422.40 lux - 3382.64 lux (3039.76 lux)	27.88 %
PLANTA ALTA	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	13564.65 lux - 3658.64 lux (9906.01 lux)	6163.42 lux - 5171.55 lux (991.87 lux)	89.98 %

T18: COMPARACIÓN CONTRASTES ILUMINACIÓN NATURAL

ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EXTERIOR			
EFICIENCIA LUMINOSA 50lm/W - IRC ≥ 60	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	83.33 %	100%	16.67 %
EFICIENCIA LUMINOSA 60lm/W - IRC ≤ 60	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	0%	100%	100 %
SENsoRES, TEMPORIZADORES.	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	NO	SI	100 %

T19: COMPARACIÓN ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EXTERIOR



## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

La iluminación artificial interior de la vivienda, mejora significativamente, ya que al plantear un sistema de luminarias LED el 100% de éstas tienen una eficiencia luminosa mayor a 86 lmW/h,

evidenciando que las luminarias en los espacios habitables mejoraron en un 75.58% y para espacios comunes la mejora fue del 100% (ver tabla 20).

ILUMINACIÓN ARTIFICIAL INTERIOR			
LUMINARIA ESPACIOS HABITABLES Ef. lum $\geq$ 55lm/W	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	24.44 %	100%	75.56 %
LUMINARIA ESPACIOS COMUNES Ef. lum $\geq$ 55lm/W $\leq$ 86lm/W	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	8.88%	100%	91.12 %
LUMINARIA ESPACIOS COMUNES Ef. lum $\geq$ 86lm/W	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	0%	100%	100 %

T20: COMPARACIÓN ILUMINACIÓN ARTIFICIAL INTERIOR

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### Electrodomésticos

En la tabla 21 se puede observar que se mejora la eficiencia energética de la mayoría de electrodomésticos, al ser remplazados por unos con etiqueta de categoría A.

ELECTRODOMÉSTICOS ETIQUETADO			
	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
REFRIGERADOR	NO ETIQUETA	ETIQUETA A	100 %
	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	PORCENTAJE MEJORA
MICROONDAS	NO ETIQUETA	ETIQUETA A	100 %
	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	NO VARÍA
LICUADORA	NO ETIQUETA	NO ETIQUETA	-----
	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
COCINA	NO ETIQUETA	ETIQUETA A	100 %
	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
EQUIPO DE SONIDO	NO ETIQUETA	ETIQUETA A	100 %
	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
TELEVISIÓN	NO ETIQUETA	ETIQUETA A	100 %
	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
PLANCHAS	NO ETIQUETA	NO ETIQUETA	0 %
	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA

T21: COMPARACIÓN ETIQUETADO ELECTRODOMÉSTICOS

**capítulo 4** | aplicación y validación estrategias

## Energía renovable

En la tabla 22 se puede evidenciar que existe una mejora del 100% respecto al calentador solar, ya que, el estado actual de

la vivienda carece del mismo y de cualquier tipo de fuente de energía renovable.

ENERGÍA RENOVABLE			
CALENTADOR SOLAR	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	NO	SI	100 %
EFICIENCIA CALENTADOR SOLAR	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	0	80%	80 %
OTRA FUENTE ENERGÍA RENOVABLE	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	NO VARÍA
	NO	NO	-----

T22: COMPARACIÓN ENERGÍA RENOVABLE

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### Agua Caliente Sanitaria

En la tabla 23 se puede observar que existe una mejora del 75.59% en metros de tubería, así como también aumenta el

volumen máximo de agua caliente en un 400%, finalmente, la temperatura se mantiene igual.

AGUA CALIENTE SANITARIA				
VOLUMEN MÁXIMO AGUA CALIENTE	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA	
	28 L	300 L	400 %	
TEMPERATURA AGUA CALIENTE	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	NO VARÍA	
	60 °C	60 °C	-----	
METROS DE TUBERIA	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA	
	55.48 m	13.54 m	75.59 %	

T23: COMPARACIÓN AGUA CALIENTE SANITARIA



## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### Espacios de Secado

La variación más importante que experimenta el espacio de secado, es el cambio de ubicación, ya que al emplazarlo al exterior cumple de igual manera con las condiciones adecuadas

para el secado de las prendas de vestir y existe un aumento del 94.21% en su área (ver tabla 24).

ESPACIOS DE SECADO			
AREA	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	7.95	15.44	94.21%
ALTURA DEL TENDAL	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	NO VARÍA
	1.80	1.80	0%
UBICACIÓN	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	
	INTERIOR	EXTERIOR	-----
TIPO DE ESPACIO	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	
	NO HABITABLE	EXTERIOR HABITABLE	-----
VENTILACIÓN	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	NO VARÍA
	NATURAL	NATURAL	-----
PROTEGIDO DE VISTAS DEL EXTERIOR	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	NO VARIA
	SI	SI	-----
INTERFIERE EN ILUMINACIÓN DE PIEZAS	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	SI	NO	100 %
INTERFIERE EN VENTILACIÓN DIRECTA DE PIEZAS	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	NO VARÍA
	NO	NO	-----

T24: COMPARACIÓN CARACTERÍSTICAS ESPACIO DE SECADO

## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### Demanda Energética

En la tabla 25 se puede evidenciar que luego de la aplicación de las estrategias planteada anteriormente, la demanda energética por calefacción tiene una mejora de 66.55% con respecto al

estado actual, el consumo eléctrico mejora en un 28.02%, el GLP mejora en un 100% y la demanda energética total de la vivienda presenta una mejora del 72.46% con respecto al estado actual.

DEMANDA ENERGÉTICA			
DEMANDA ENERGÉTICA POR CALEFACCIÓN	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	169.45 kWh/m <sup>2</sup> año	56.88 kWh/m <sup>2</sup> año	66.55 %
CONSUMO ELÉCTRICO	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	16.34 kWh/m <sup>2</sup> año	11.76 kWh/m <sup>2</sup> año	28.02 %
GLP	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	63.52 kWh/m <sup>2</sup> año	0 kWh/m <sup>2</sup> año	100 %
DEMANDA ENERGÉTICA TOTAL	ESTADO ACTUAL	PROPIUESTA	MEJORA
	249.31 kWh/m <sup>2</sup> año	68.64 kWh/m <sup>2</sup> año	72.46 %

T25: COMPARACIÓN DEMANDA ENERGÉTICA



## capítulo 4 | aplicación y validación estrategias

### créditos imágenes y tablas

#### Imágenes

FIG 01. FIG 02. FIG 03. FIG 04. FIG 05. FIG 06. FIG 07. FIG 08. FIG 09.  
Elaborado por los autores (05/10/2017).

FIG 10. FIG 11. Fuente: Ecotect (05/10/2017). Elaborado por los autores.

FIG 12. FIG 13. FIG 14. Elaborado por los autores (09/10/2017).

FIG 15. Fuente: Ecotect (09/10/2017). Elaborado por los autores.

FIG 16. FIG 17. FIG 18. Elaborado por los autores (10/10/2017).

FIG 19. Fuente: Ecotect (10/10/2017). Elaborado por los autores.

FIG 20. FIG 21. Elaborado por los autores (11/10/2017).

FIG 22. FIG 23. Fuente: Ecotect (11/10/2017). Elaborado por los autores.

FIG 24. FIG 25. FIG 26. FIG 27. FIG 28. FIG 29. FIG 30. FIG 31. FIG 32.  
FIG 33. FIG 34. FIG 35. FIG 36. FIG 37. FIG 38. FIG 39. FIG 40. FIG 41  
FIG 42 FIG 43. Elaborado por los autores (11/10/2017).

FIG 44. FIG 45. FIG 46. FIG 47. Fuente: Ecotect (11/10/2017). Elaborado por los autores.

FIG 48. FIG 49. FIG 50. FIG 51. Elaborado por los autores (11/10/2017).

FIG 52. Recuperado de <http://viviendasustentablecuenca.com/certificador/principal/lista-proyectos/tab-page?registro=71#box>  
(20/10/2017) Editado por los autores.

#### Tablas

T01. Temperatura promedio de dormitorios sin mejora en aislamiento térmico. T02. Temperatura promedio de dormitorios con mejora en aislamiento térmico. T03. Temperatura promedio espacios 21 Marzo. T04. Temperatura promedio espacios 21 Junio. T05. Temperatura promedio espacios 21 Septiembre. T06. Temperatura promedio espacios 21 Diciembre. T07. Demanda energética anual por meses y total. Fuente: Fuente: Ecotec. (04/10/2017). Elaborado por los autores.

T08. Criterios evaluación para envolvente térmica. T09. Criterios evaluación para iluminación. T10. Criterios evaluación para electrodomésticos. T11. Criterios evaluación para energía renovable. T12. Criterios evaluación para ACS. T13. Criterios evaluación para espacios de secado. T14. Criterios evaluación para desempeño energético. Fuente: "Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas". (05/10/2017). Elaborado por los autores.

T15. Comparación superficie acristalada. T16. Comparación ganancia solar. T17. Comparación valor U. T18. Comparación contrastes iluminación natural. T19. Comparación iluminación artificial exterior. T20. Comparación iluminación artificial interior. T21. Comparación etiquetado electrodomésticos. T22. Comparación energía renovable. T23. Comparación agua caliente sanitaria. T24. Comparación características espacio de secado. T25. Comparación demanda energética. Elaborado por los autores (06/12/2017)

**capítulo 4 |** aplicación y validación estrategias

referentes bibliográficos

MIDUVI & CCQ. (2011). NEC-11. Ecuador.

---

## CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

---



**capítulo 5 |** conclusiones

## 5.1 conclusiones y recomendaciones

Al finalizar con esta investigación, se puede evidenciar que, basados en los resultados obtenidos gracias a las simulaciones virtuales y los levantamientos del estado actual de la casa estudio, siendo esta uno de los tantos ejemplos que existen en la ciudad de Cuenca, se produce un aporte mínimo o nulo de sistemas pasivos en el campo de la eficiencia energética, así como del confort térmico, provocando de esta manera un gasto excesivo de energía dentro de las mismas.

En la vivienda analizada se pudo encontrar que entre las mayores deficiencias estaba la mala distribución de los espacios interiores, dejando sin iluminación natural a la cocina, obligando así al consumo de energía eléctrica para iluminación en horas de día; otro claro ejemplo del mal uso energético, consiste en la selección de un espacio con poca ventilación y mínimo aprovechamiento de la radiación solar para ser utilizado como área de secado de ropa.

Por otro lado, teniendo en cuenta el objetivo principal del presente documento, gracias a los resultados finales de la investigación que permiten comparar el gasto energético con y sin la aplicación de las estrategias planteadas por la presente tesis, se puede constatar que la correcta aplicación de estrategias dentro de los diferentes criterios de evaluación de la categoría energía establecidos por el Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas, si logran marcar una diferencia en el consumo de la vivienda, lo cual a su vez permite mejorar la calificación de la misma dentro del método ya

mentionado; en el caso de estudio de esta investigación se logró cambiar la categoría de la vivienda de insustentable a práctica mejor.

Teniendo en cuenta que se trabajó con una edificación existente se puede considerar como una gran mejora, sin embargo, considerando que el método está orientado a proyectos nuevos, se puede concluir que la aplicación de estrategias desde la etapa de diseño y construcción de la vivienda permitirá llegar a puntajes más altos, ya que al considerar criterios iniciales del proyecto tales como el emplazamiento y orientación del mismo, se podrá aumentar y maximizar la eficiencia de las estrategias planteadas.

Por otra parte, durante el estudio de la vivienda respectivo a la parte lumínica se pudo intuir que al parecer el programa Ecotect genera datos un poco elevados en relación a la realidad, ya que este utiliza un dato fijo respecto a la iluminación exterior calculado con base en la latitud de 19000 lux, lo que podría tener incidencia en los resultados que se generan, sin embargo, es una herramienta de gran utilidad porque ayuda a identificar las zonas que presentan problemas.

Finalmente, se puede concluir que las herramientas de certificación desarrolladas por este método, resultan prácticas y eficaces para distinguir el nivel de aporte de ahorro energético de una u otra vivienda, debido a esto las mismas suponen una adecuada guía para los diferentes profesionales que buscan desarrollar proyectos comprometidos con la eficiencia energética, dentro de la ciudad.

## capítulo 5 | conclusiones

### 5.2 anexos

#### Anexo 01 - cuadro resumen de norma NEC-HS VIDRIO

RECOMENDACIONES GENERALES PARA SELLOS CLIMÁTICOS
<p>Ancho de la junta de tope debe ser al menos 2 veces el movimiento esperado en tracción o compresión en la junta (para selladores con capacidad de movimiento mayor o igual al 50% según ensayo <b>ASTM D-412</b>).</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• El ancho mínimo de junta recomendado es de 6 mm en muchos casos es para asegurar una buena limpieza previa, una adecuada penetración y espatulado del sello.</li><li>• Profundidad del sello (medido sobre la corona del cordón de respaldo) es mínimo 3 mm hasta un máximo de 12 mm.</li><li>• La razón ancho – profundidad del cordón de sello para juntas dinámicas debe ser 2:1.</li><li>• Las juntas dinámicas necesitan que se considere el uso de ruptores de adhesión o backer rods (cordones de respaldo) para prevenir la adhesión en 3 lados, cuando el movimiento excede <math>\pm 15\%</math>. Si no puede utilizarse un cordón de respaldo, puede emplearse una cinta de ruptura de adherencia.</li><li>• El contacto o “bite” del sellador en cualquier sustrato debe ser mínimo de 6 mm.</li><li>• Los sellos deben ser aplicados y espatulados de modo de asegurar que el agua sea evacuada y alejada de la junta.</li></ul>



## capítulo 5 | conclusiones

## Anexo 02 - cuadros de porcentajes de eficiencia en iluminación artificial, estado actual

ILUMINACIÓN INTERIOR			
PLANTA BAJA		PLANTA ALTA	
LAMP	NÚMERO	LAMP	NÚMERO
D	17	D	9
N1	3	F1	3
F1	1	F2	5
F2	2	N1	1
F3	1		
F4	3		
TOTAL	27	TOTAL	18
TOTAL VIVIENDA		45	
<b>EFICIENCIA MAYOR 55</b>			
NUMERO		11	
PORCENTAJE		24,44%	
<b>EFICIENCIA MAYOR 55 MENOR 86 ESP. COMUNES</b>			
NUMERO		4	
PORCENTAJE		8,88%	
<b>EFICIENCIA MAYOR 86 ESP. COMUNES</b>			
NUMERO		0	
PORCENTAJE		0,00%	

ILUMINACIÓN EXTERIOR			
PLANTA BAJA		PLANTA ALTA	
LAMP	NÚMERO	LAMP	NÚMERO
F1	2	F1	3
F4	1		
TOTAL	3	TOTAL	3
TOTAL VIVIENDA			6
<b>EFICIENCIA LUMINOSA =50 / IRC MAYOR 60</b>			
NUMERO		5	
PORCENTAJE		83,33%	
<b>EFICIENCIA LUMINOSA=60 / IRC MENOR 60</b>			
NUMERO		0	
PORCENTAJE		0,00%	

## capítulo 5 | conclusiones

### Anexo 03 - consumo energético electrodomésticos e iluminación estado actual

ARTEFACTO	POTENCIA (W)	USO (h/d)	CANTIDAD	ENERGIA (Wh/d)	ENERGÍA (W.h/año)
Microondas	1250	0,082	1	102,5	37412,5
Refrigeradora	200	24	1	4800	1752000
Lavadora	1500	0,57	1	855	312075
Televisor	100	3	3	900	328500
Equipo de Sonido	450	0,5	2	450	164250
Aspiradora	1700	0,28	1	476	173740
Plancha	1700	0,42	1	714	260610
Laptop	100	1	1	100	36500
Impresora	5	0,012	1	0,08	29,2
Licuadora	850	0,083	1	71,45	26079,25
<b>TOTAL (kW h / año)</b>					3091,20

TIPO LUMINARIA	POTENCIA (W)	USO (h/d)	CANTIDAD	ENERGÍA (Wh/d)	ENERGÍA (W.h/año)
F1	15	5	8	600	219000
F2	20	5	2	200	73000
F4	32	5	1	160	58400
D	50	5	5	1250	456250
N1	60	5	1	300	109500
<b>TOTAL (kW h / año)</b>					916,15

**capítulo 5 |** conclusiones**Anexo 03 - consumo energético electrodomésticos e iluminación propuesta**

ARTEFACTO	POTENCIA (W)	USO (h/d)	CANTIDAD	ENERGIA (Wh/d)	ENERGIA (W.h/año)
Microondas	700	0,082	1	57,4	20951
Refrigeradora	50	24	1	1200	438000
Lavadora	1000	0,57	1	570	208050
Televisor	45	3	3	405	147825
Equipo de Sonido	46	0,5	2	46	16790
Aspiradora	900	0,28	1	252	91980
Plancha	1200	0,42	1	504	183960
Laptop	100	1	1	100	36500
Impresora	3,6	0,012	1	0,0432	15,768
Licuadora	600	0,083	1	49,8	18177
Calentador eléctrico	10000	0,0075	1	75	27375
Cocina a inducción	4000	1	1	4000	1460000
<b>TOTAL (kW h / año)</b>					2649,62

TIPO LUMINARIA	POTENCIA (W)	USO (h/d)	CANTIDAD	ENERGIA (Wh/d)	ENERGIA (W.h/año)
DL	5	5	6	150	54750
LL	9	5	11	495	180675
<b>TOTAL (kW h / año)</b>					235,43

## capítulo 5 | conclusiones

### Anexo 04 - consumo de GLP estado actual

GLP	CONSUMO (lb semana)	CONSUMO (kg semana)	CONSUMO (kg mes)	CONSUMO (año)	ENERGÍA (W h/año)
COCINA	18	8,18	32,72	392,64	5496,96
ACS	31	14,09	59,99	719,88	10078,32
<b>TOTAL</b>			<b>(kW h / año)</b>		<b>15575,28</b>





