

UCUENCA

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Carrera de Arquitectura

Interpretación de Criterios de Evaluación de Eficiencia Energética. Caso de estudio: Área rural del cantón Gualaceo.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto

Autor:

Pedro Andrés Mendieta Correa

CI: 0106050313

Correo electrónico: p3edrom@hotmail.com

Director:

Esteban Felipe Zalamea León

CI: 0102125952

Cuenca, Ecuador

05/10/22

Resumen:

La eficiencia energética en el diseño de una vivienda puede minimizar el impacto al medio ambiente, reducir costos de construcción y operativos. El criterio de eficiencia energética es disminuir el consumo energético y suplir las demandas de energía para el confort del usuario. El desempeño energético se analiza de acuerdo a la definición de ASHRAE – Net Zero Energy, en el cual la vivienda debe “... generar igual o más energía renovable que la consumida ...”.

Se plantea un proyecto arquitectónico, localizado en el área rural de San Juan, Gualaceo, Ecuador. Para el diseño arquitectónico se proponen estrategias constructivas con criterios de eficiencia energética y confort térmico. Las estrategias constructivas deben estar en concordancia con los factores del medio ambiente y las propiedades físicas de los materiales. En el medio ambiente interactúan diferentes fenómenos como incidencia de la radiación solar, dirección y fuerza del viento, presión atmosférica, temperatura y humedad. Las propiedades físicas de los materiales que se consideran son el aislamiento, masa térmica, inercia térmica y ganancia solar. Además, para abastecer de energía eléctrica y calórica al proyecto arquitectónico se utilizan sistemas de paneles fotovoltaicos y de tubos de vacío respectivamente.

El proyecto de investigación demuestra que ciertas estrategias constructivas tradicionales son preferibles energéticamente. Para ello, mediante Eco-Designer (BEM “Building Energy Modeling” software) integrado en Archicad (BIM “Building Information Modeling software) se cuantifica el consumo energético anual de una vivienda base, luego en diferentes etapas se varían las dimensiones y proponen nuevos materiales, en base a cada una de las cuatro estrategias propuestas; finalmente se contabiliza los consumos energéticos, con lo que se compara la eficiencia de cada estrategia con la información de la vivienda base.

Palabras Clave: Net Zero Energy. Vivienda. Propiedades físicas materiales. Condiciones climáticas.

Abstract:

Energy efficiency in the design of a home can minimize the impact on the environment, reduce construction and operating costs. The energy efficiency criterion is to reduce energy consumption and meet energy demands for user comfort. Energy performance is analyzed according to the definition of ASHRAE - Net Zero Energy, in which the home must "... generate equal or more renewable energy than is consumed ...".

An architectural project is proposed, located in the rural area of San Juan, Gualaceo, Ecuador. For the architectural design, construction strategies are proposed with criteria of energy efficiency and thermal comfort. The constructive strategies must be in agreement with the climatic factor and the physical properties of the materials. Different factors interact in the environment, such as the incidence of solar radiation, direction and force of the wind, atmospheric pressure, temperature and humidity. The physical properties of the materials considered are insulation, thermal mass, thermal inertia, and solar gain. In addition, to supply electrical and caloric energy to the architectural project, photovoltaic panel systems and vacuum tube systems are used, respectively.

The research project demonstrates that certain traditional construction strategies are energetically preferable. To do this, by means of Eco-Designer (BEM "Building Energy Modeling" software) integrated in Archicad (BIM "Building Information Modeling software) the annual energy consumption of a basic dwelling is quantified, then in different stages the dimensions are varied and new materials are proposed, based on each of the four proposed strategies; Finally, the energy consumption is counted, with which the efficiency of each strategy is compared with the information of the base.

Keywords: Net Zero Energy. Dwelling. Material physical properties. Weather conditions

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
i. INTRODUCCIÓN.....	12
ii. OBJETIVOS DE LA TESIS	14
iii. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
iv. HIPÓTESIS.....	17
v. MARCO CONTEXTUAL	18
vi. MARCO TEÓRICO.....	20
vii. MARCO METODOLÓGICO	24
1. CAPITULO	28
1.1 CONCEPTO VALIDACIÓN NET ZERO ENERGY BUILDING - ZEB	29
1.2 CASOS DE ESTUDIO.....	33
1.3 ANÁLISIS CLIMÁTICO DE SAN JUAN	43
1.4 PROPUESTA DE SOLUCIONES DE BAJO CONSUMO ENERGÉTICO.....	50
2. CAPITULO	52
2.1 SISTEMA CONSTRUCTIVO VERNÁCULO	53
2.2 ANTEPROYECTO ARQUITECTÓNICO	57
2.3 CONFIGURACIÓN ECODESIGNER – ACTIVIDADES Y AMBIENTE	65
3. CAPITULO	68
3.1 ANÁLISIS DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS	69
3.2 VALIDACIÓN CRITERIO NET ZERO ENERGY	85
4. CAPITULO	88
4.1 SINTESIS ESTRATEGIAS CONSTRUCTIVAS	89

4.2	BALANCE ENERGÉTICO.....	93
4.3	CONCLUSIONES.....	94
4.4	RECOMENDACIONES	98
viii.	LISTA DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
5.	ANEXOS.....	104
5.1.	ANÁLISIS DEL SITIO.....	105
5.2.	UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	108
5.3.	VIVIENDA TRADICIONAL DE SAN JUAN.....	109
5.4.	RECOMENDACIONES ESTRATEGIAS CONSTRUCTIVAS – EFICIENCIA ENERGÉTICA	111
5.5.	CRITERIOS EVALUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	122
5.6.	FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N.1.	Factores de Conversión de los tipos de energia - ZEB.....	32
Tabla N.2.	Valor U de Aislamiento Edificacion Passivehaus	35
Tabla N.3.	Requerimientos para una Vivienda Eficiente	38
Tabla N.4.	Programa de necesidades para la vivienda rural del Cerro Alus, Guatemala,	43
Tabla N.5.	Características Materiales de la Edificación Cascaron	46
Tabla N.6.	Análisis Climático Ambiente Interior – Ecodesginer.....	47
Tabla N.7.	Carga de Diseño – “Design Loads”	49
Tabla N.8.	Categorización de soluciones promedio para un clima con requerimientos de calefacción.....	51
Tabla N.9.	Emplazamiento - Axonometría.....	57
Tabla N.10.	Emplazamiento proyecto	57
Tabla N.11.	Configuración ambiental Modelo 3d.....	65
Tabla N.12.	Configuración datos de las zonas térmicas.....	66
Tabla N.13.	Axonometría Estrategias 01	69
Tabla N.14.	Comparación propiedades materiales de envolvente.....	70
Tabla N.15.	Contabilización de energía paredes	71
Tabla N.16.	Propiedades materiales Cubierta	72
Tabla N.17.	Contabilización de energía paredes y cubierta	73
Tabla N.18.	Propiedades materiales Piso	75
Tabla N.19.	Contabilización de energía paredes, cubierta y piso.....	76
Tabla N.20.	Propiedades Materiales Ventanas.....	79
Tabla N.21.	Propiedades Materiales Ventanas.....	79

Tabla N.22.	Contabilización de energía cubierta, paredes, piso y ventanas.....	80
Tabla N.23.	Energía Generada	85
Tabla N.24.	Demanda de Energía	85
Tabla N.25.	Resumen contabilización de energía estrategias	90
Tabla N.26.	San Juan – Gualaceo medio perceptual	106
Tabla N.27.	San Juan – Gualaceo medio físico.....	107
Tabla N.28.	San Juan – Gualaceo actividades antrópicas	107
Tabla N.29.	Arquitectura vernácula Gualaceo – Azuay.....	110
Tabla N.30.	Estrategias de diseño	112
Tabla N.31.	Presupuesto Vivienda Modelo.....	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N.1.	Ubicación Ecuador - Azuay.....	18
Figura N.2.	Ubicación Azuay – Gualaceo - San Juan.....	18
Figura N.3.	Área de Estudio para Transferencia de Energía para Contabilizar Cero Energía - ZEB.....	30
Figura N.4.	Interior Passive House.....	34
Figura N.5.	Estructura Fachada	34
Figura N.6.	Sistema de climatización con recuperación de calor	34
Figura N.7.	Fachada Passive Haus	35
Figura N.8.	Estructura Cubierta.....	35
Figura N.9.	Contabilización de la energía en la vivienda.....	35
Figura N.10.	Sección Constructiva.....	37
Figura N.11.	Corte Escatillón	37

Figura N.12. Muros captadores de calor.....	37
Figura N.13. Esquema diseño cuarto de secado	37
Figura N.14. Ganancia solar de una ventana	37
Figura N.15. Planta Arquitectónica	39
Figura N.16. Estructura Cubierta.....	39
Figura N.17. Chimenea Sala.....	39
Figura N.18. Sección Eje D	40
Figura N.19. Detalle piso - techo.....	40
Figura N.20. Características materiales de la cubierta y losa	40
Figura N.21. Planta Arquitectónica	42
Figura N.22. Detalle Estructura – Unión Cubierta	42
Figura N.23. Captación y Bombeo de Aguas Lluvias	42
Figura N.24. Sección Eje B-B	43
Figura N.25. Detalle Columna de 4 puntos en mampostería	43
Figura N.26. Sistema para tratamiento de desechos solidos.....	43
Figura N.27. Temperatura del aire diaria durante un año.....	45
Figura N.28. Humedad Relativa diaria durante un año	45
Figura N.29. Radiación Solar diaria durante un año.....	45
Figura N.30. Velocidad de Viento diaria durante un año	45
Figura N.31. Esquema Edificación cascaron.....	46
Figura N.32. Esquema de cimentación para paredes de tapial	54
Figura N.33. Estructura paredes de tapial 1	55
Figura N.34. Estructura paredes de tapial 2.....	55
Figura N.35. Planta Baja.....	59

Figura N.36.	Planta Alta	60
Figura N.37.	Sección 15 – Escala 1-125.....	61
Figura N.38.	Sección 16 – Escala 1-175.....	62
Figura N.39.	Sección 17 – Escala 1-175.....	62
Figura N.40.	Render Exterior 1	63
Figura N.41.	Render Exterior 2	63
Figura N.42.	Render Exterior 3	63
Figura N.43.	Render Exterior 4	63
Figura N.44.	Render Exterior 5	64
Figura N.45.	Render Interior 1	64
Figura N.46.	Render Interior 2	64
Figura N.47.	Render Interior 3	64
Figura N.48.	Flujo de Energía,	74
Figura N.49.	Detalle 18 (Revisar Sección 15).....	74
Figura N.50.	Flujo de Temperatura	74
Figura N.51.	Porcentaje de área translucida expuesta a luz solar directa	77
Figura N.52.	Radiación Solar directa sobre superficies translucidas.....	77
Figura N.53.	Porcentaje de área translucida expuesta a luz solar directa	78
Figura N.54.	Radiación Solar directa sobre superficies translucidas.....	78
Figura N.55.	Porcentaje de área translucida expuesta a luz solar directa	78
Figura N.56.	Radiación Solar directa sobre superficies translucidas.....	78
Figura N.57.	Esquema Axonométrico del funcionamiento de los paneles solares fotovoltaicos	81
Figura N.58.	Esquema Axonométrico del funcionamiento de los paneles solares fotovoltaicos	81
Figura N.59.	Código QR, Documentos BEM.....	88

Figura N.60.	Tendencia eficiencia energética de las estrategias	90
Figura N.61.	Balance Energético General	93
Figura N.62.	Cabecera parroquial San Juan del Cid-Gualaceo:.....	106
Figura N.63.	Parroquia San Juan del Cid-Gualaceo:.....	106
Figura N.64.	San Juan – Gualaceo emplazamiento - ortofoto	108
Figura N.65.	Representación de una comunidad andina excluida - mitimaes	109
Figura N.66.	Vivienda circular andina.....	109
Figura N.67.	Fachada de tapial de una vivienda andina de la época colonial	109
Figura N.68.	Respeto a la topografía	113
Figura N.69.	Ventilación mediante muro Trombe.....	114
Figura N.70.	Iluminación natural - ganancia solar directa.....	115
Figura N.71.	Elementos externos no generan sombras en ventanas.....	115
Figura N.72.	Protección de viento predominante	116
Figura N.73.	Orientar fachadas al este.....	116
Figura N.74.	Ventilación cruzada.....	117
Figura N.75.	Transmitancia térmica	117
Figura N.76.	Inercia del terreno.....	118
Figura N.77.	Placas fotovoltaicas	118
Figura N.78.	Colector tubo de vacío.....	119
Figura N.79.	Factor forma	119
Figura N.80.	Espacios herméticos	120

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Yo Pedro Andres Mendieta Correa en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Interpretación de Criterios de Evaluación de Eficiencia Energética. Caso de estudio área rural del cantón Gualaceo", 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, 05/10/2022



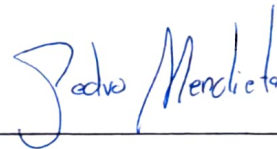
Pedro Andres Mendieta Correa

0106050313

Cláusula de Propiedad Intelectual

Yo Pedro Andres Mendieta Correa, autor del trabajo de titulación Interpretación de Criterios de Evaluación de Eficiencia Energética. Caso de estudio área rural del cantón Gualaceo”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 05/10/2022

A handwritten signature in blue ink that reads "Pedro Mendieta". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

Pedro Andres Mendieta Correa

0106050313

UCUENCA

i. INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico y la sobreexplotación de los recursos naturales con el modelo de abastecimiento energético actual resultará en problemas ambientales más intensos. A nivel mundial, el Acuerdo de París representa fundamento de partida para gestionar fuentes de energía limpia globalmente. En la arquitectura, la construcción sostenible es aquella que respeta al medio ambiente y consume energía de tal manera que no afecta a los ecosistemas (Casado Martínez, 1996). El diseño arquitectónico es relevante ya que la forma, disposición de elementos constructivos y elección de materiales en un sitio específico afectará la demanda de energía de los usuarios, además se puede calcular la eficiencia de un proyecto al contabilizar el consumo energético y compararlo con otro proyecto en referencia.

Según el INEC, en el Ecuador alrededor de 1/3 de la población vive en el área rural. Las viviendas del área rural en comparación con centros urbanos tienen una deficiente red de servicios públicos, por lo que preferiblemente las viviendas deben ser autosuficientes, incluyendo el aprovisionamiento de energía (INEC, 2010). En el área rural las técnicas constructivas tradicionales o vernáculas han demostrado ser eficientes a lo largo de la historia, el objetivo de diseñar una vivienda tradicional es comparar el rendimiento con otras técnicas constructivas, para posteriormente determinar características positivas que ayuden a conseguir un ambiente interno confortable, eficiente energéticamente y que minimicen la contaminación. Tradicionalmente se han utilizado materiales como el tapial (tierra apisonada) con un alto índice de inercia térmica, el cual es ideal para el clima de San Juan. (Muñoz Vega, 2015)

El territorio de San Juan tiene características comunes con otros centros poblados del Ecuador, especialmente aquellos que se encuentran en la cordillera andina. La mayor parte de la superficie tiene pendientes mayores al 30%, existen altos y constantes índices de radiación durante la mayor parte del año. Otros factores que regulan el microclima son altura, viento, humedad, entre otros; estos factores su vez están definidos por un macroclima como la ubicación en

en la cordillera andina, las corrientes marítimas y los vientos alisos. Por otro lado, Ecuador al estar en la línea ecuatorial tiene importantes y constantes niveles de irradiación con un potencial solar térmico y fotovoltaico, mejores respecto a otros contextos estacionales. (Mogrovejo, Fernando, & Sarmiento, 2011)

En la presente investigación, en el primer capítulo se determinan las condiciones ambientales que ocurren en San Juan, Gualaceo, estos recursos pueden suplir las demandas de energía para una vivienda de manera ilimitada, luego de considerar las condiciones ambientales se proponen 5 estrategias constructivas en base los resultados de IEA task 40 Research Group para un clima con requerimientos de calefacción (IEA Task 40 Group, 2017). Las estrategias constructivas están en concordancia con la zona climática de San Juan (Revisar Anexos 5. Estrategias constructivas). En el capítulo 2, se proponen en el diseño arquitectónico estrategias constructivas preferibles para una vivienda sostenible en el marco de la eficiencia energética. En el capítulo 3, la propuesta del diseño arquitectónico se analizan mediante Eco-Designer, herramienta de simulación energética integrada a BIM que permite revisar a los criterios de eficiencia energética recomendados por ASHRAE. Los criterios de ASHRAE son parámetros válidos de acuerdo a las normativas del Ecuador (Revisar Anexos 6. Criterios de Eficiencia Energética). El análisis de Eco-Designer proporciona información sobre el consumo de energía, la huella de carbono y el balance energético del diseño arquitectónico.

UCUENCA

ii. OBJETIVOS DE LA TESIS

OBJETIVO GENERAL

- Estudiar y proponer estrategias constructivas y criterios de evaluación de eficiencia energética para el diseño de una vivienda en la cabecera parroquial de San Juan del Cid, Ecuador.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar casos de estudio representativos para la parroquia San Juan del Cid.
- Estudiar y aprovechar el comportamiento de algunos factores naturales que interactúan con la vivienda propuesta.
- Seleccionar estrategias constructivas eficientemente energéticas para las condiciones climáticas de San Juan”.
- Proponer recomendaciones para viviendas rurales sostenibles en el piso climático de San Juan del Cid.
- Evaluar el estándar ‘net zero energy’.

iii. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Ecuador (Ministerio del Ambiente, 2012), el sector energía aporta casi con la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero. El estándar “Net Zero Energy” está enfocado a reducir el consumo de energía, producir energía renovable, mantener el confort de los habitantes y economizar los recursos de la familia (Perlova, Platonova, Gorshkov, & Xenyiya, 2015).

En el Ecuador, una de cada tres familias vive en áreas rurales. San Juan se localiza en una región con marcados desequilibrios territoriales, los cuales resultan de un modelo de organización centro-periferia que ejerce Gualaceo y Cuenca. El 50% de las viviendas de San Juan no tienen una adecuada iluminación o ventilación, además la mitad de la población no tiene acceso al agua potable y el 40% de la población evacuan el agua servida de una manera inadecuada. Adicionalmente, 9 de cada 10 personas no cuenta con teléfono o internet en su vivienda, lo que sumado a un deficiente red vial e infraestructura de servicios básicos retrasan el desarrollo del centros urbano en relación con otros centros poblados cercanos (GAD Parroquial Rural “San Juan Del Cid,” 2015). Por lo que, en el área rural es necesario lograr una autosuficiencia de tal manera que se garantice un flujo constante de energía, para ello es indispensable adoptar estrategias que generen energía local renovable y reducir el consumo de energía que usualmente emiten contaminaciones al medio ambiente.

Varias técnicas constructivas tradicionales han demostrado ser eficientes a lo largo de la historia, como el uso de materiales con un alto índice de masa térmica, adaptación al entorno, sencillez del diseño y el uso de materiales del lugar (Muñoz Vega, 2015); pero actualmente en el Ecuador y especialmente en el área rural no se ha generado una conciencia constructiva que permitan aprovechar y optimizar los recursos naturales.

La eficiencia y autosuficiencia energética es particularmente importante en el diseño de una vivienda en el área rural de San Juan debido a dos motivos, el primero es que la infraestructura de la red eléctrica de alta tensión se puede encontrar en las vías principales o en el parque central, lo que se traduce en que la mayor parte de la zona de San Juan tiene un déficit en el aprovisionamiento y en la calidad de la energía desde la red eléctrica; y el segundo motivo es la

UCUENCA

dificultad para el aprovisionamiento de Gas (GLP) para energía calórica en San Juan, el cual llega 1 vez a la semana desde Gualaceo hasta el parque central de San Juan, Gualaceo es una ciudad ubicada a 45 min de San Juan y por esto usualmente existe escases en el producto. Por las dificultades descritas las estrategias de autoaprovisionamiento energético son fundamentales para disminuir el costo de accesibilidad de fuentes de energía y como forma de colaborar con la red de distribución eléctrica (Berrío & Zuluaga, 2014) a través de la micro generación en zonas remotas.

iv. HIPÓTESIS

Esta investigación se desarrolla bajo las siguientes premisas:

Actualmente las propuestas arquitectónicas se han enfocado en reducir la contaminación al medio ambiente o reducir el consumo energético, esto es particularmente nuevo en el Ecuador, debido a que estos temas recientemente se han investigado en la academia. Por lo que es importante estudiar casos de estudio que han demostrado ser eficientes energéticamente y con ellos adaptar ciertas estrategias constructivas que se pueden aprovechar en diferentes condiciones climáticas.

Actualmente se han propuesto a nivel mundial diferentes viviendas con una bajo consumo energético, varias de ellas han resultado ser tan exitosas como las viviendas con un estándar “net zero energy” de acuerdo a ASHRAE cumplen con criterios de ahorro energético, los cuales son validados de acuerdo a la Normativa de Construcción del Ecuador. La vivienda con consumo neto de energía igual o menor a cero contribuye a la resiliencia de la comunidad. La vivienda “net-zero energy” tiene un consumo energético muy bajo y la poca energía que ella necesita se produce mediante fuentes de energías renovables (F McIennan, Cook, Jess, & Amrhein, 2016). Por lo que una vivienda net zero energy es estratégico para reducir afección al medio ambiente, ahorrar recursos económicos y preservar recursos naturales.

En el diseño de la vivienda, se prioriza las estrategias pasivas y adaptación de tecnologías que sean consecuentes con las técnicas tradicionales y adicionalmente respetuosas con el medio ambiente. La cultura de San Juan es resultado de la historia de su gente. El conocimiento popular expresado en las técnicas constructivas tradicionales son una respuesta a las singularidades del medio ambiente y al modo de vivir de la población. Estas técnicas de construcción han demostrado ser eficientes y de bajo costo y usualmente tienen una baja huella de carbono incorporado en comparación con materiales como el acero.

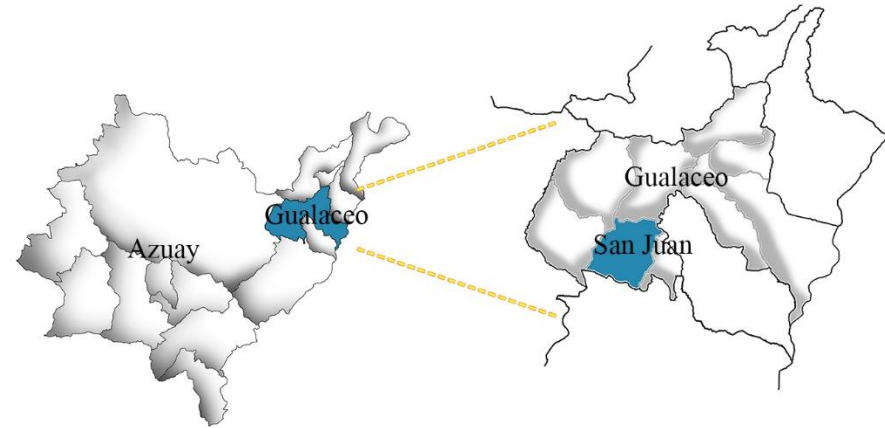
UCUENCA

v. MARCO CONTEXTUAL

Figura N.1. Ubicación Ecuador - Azuay



Figura N.2. Ubicación Azuay – Gualaceo - San Juan



La parroquia San Juan se encuentra localizada en el sur del Ecuador, en la provincia del Azuay, cantón Gualaceo. Se encuentra a 50 km de la ciudad de Cuenca, aproximadamente 15 km del centro cantonal de Gualaceo, el área consolidada se ubica en las coordenadas 2° 58'54'' de latitud sur y 78° 48'53'' de longitud Este, a una altura media de 2566 metros sobre el nivel del mar, con un rango de temperatura de 8 a 10°C y con precipitaciones que van desde los 500 mm hasta los 750 mm. (GAD Parroquial Rural “San Juan Del Cid,” 2015)

La mayor parte del territorio cuenta con pendientes mayores al 30%. Las principales actividades socioeconómicas son la agricultura, ganadería, comercio y servicios. En la cabecera parroquial de San Juan del Cid el porcentaje por Necesidades Básicas Insatisfechas es del 72.92%. Es decir 7 de cada 10 habitantes

son pobres ya que no pueden acceder a educación, trabajo, salud o vivienda. La población joven del centro poblado utiliza internet, y telefonía móvil como principal medio de comunicación. (GAD Parroquial San Juan del Cid, 2019)

Gran parte de San Juan tiene vistas panorámicas hacia al paisaje circundante, además se pueden encontrar animales silvestres como loros, criaderos porcinos y de aves, también es importante la predominancia de grandes cantidades de cultivos de maíz, árboles de eucalipto y manzanos. En relación al paisaje San Juan cuenta con un relieve de pendientes moderadas donde las edificaciones se adaptan a la topografía, no sobrepasan los dos pisos de altura y se emplazan de forma dispersa. (GAD Parroquial San Juan del Cid, 2019)

Según el INPC, existen 103 edificaciones inventariadas como edificaciones patrimoniales, de acuerdo con su valoración y categorización, estética, histórica-testimonial y simbólica. (INPC, 2011).

Se recomienda revisar 5.1. ANEXOS – ANÁLISIS DEL SITIO, en donde se sintetiza la información del área de estudio a detalle y se puede entender de mejor manera las peculiaridades del lugar.

CONCEPTOS

PASSIVHAUS

El concepto de un edificio net zero energía se enfoca en mitigar las emisiones de CO₂ y reducir el uso de energía durante la vida útil. La primera experiencia en la construcción de una edificación de bajo consumo energético fue en 1990, en Alemania, en Darmstadt. Con ello se establecieron parámetros para la eficiencia energética en la construcción a través de estrategias pasivas. (Wright, 1995).

NET ZERO ENERGY

El Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción de los Estados Unidos establece una definición para del estándar Net Zero Energy (ZEB) para diferentes condiciones climáticas. Una edificación con esas características es **energéticamente eficiente**, además en base a la fuente de energía, **la energía anual entregada es menor o igual que la energía exportada renovable in-situ** (ASHRAE 105, 2014). Por lo cual la generación requerida en el sitio proviene de fuentes de energía renovable.

HEATING DEGREE DAYS

Es una medida diseñada para cuantificar la demanda de energía necesaria para calentar un espacio. Es el número de grados en los que temperatura promedio de un día está por debajo de los 18 °C, sumados a lo largo de una año (Graphisoft, 2014).

HORA SOLAR PICO

Es una unidad que mide en tiempo la cantidad que 1 m² recibe con una hipotética radiación solar constante de 1.000W (Pérez Martínez, Rodríguez, & Castro, 2017).

MASA TÉRMICA

Es la propiedad de uno o unos materiales que permite almacenar calor, lo cual proporciona inercia contra fluctuaciones de temperatura a lo largo del día.(NEC-EE, 2018)

GANANCIA SOLAR

Se refiere al aumento de la energía térmica de un material tras ser expuesta a una radiación solar. Comúnmente en Europa se usa para medir la transmitancia de energía solar de las ventanas.(NEC-EE, 2018)

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

Es la capacidad de un material de transferir energía cinética de sus moléculas a otras adyacentes. Sus unidades son $W/(m \cdot K)$. (NEC-EE, 2018)

SHGC- COEFICIENTE DE GANANCIA DE CALOR

Es la relación entre la ganancia de calor solar que entra a un espacio a través de elementos translúcidos y la radiación solar incidente. La ganancia de calor solar incluye el calor solar directamente transmitido y la radiación solar absorbida, la cual es transferida a través de radiación, conducción y convección dentro del espacio. (NEC-EE, 2018)

FACTOR U-TRANSMITANCIA TÉRMICA

Es la transmisión de calor por unidad de tiempo a través de un material o a través de un elemento constructivo y las películas/barreras de aire, inducida por una diferencia de temperatura entre los ambientes en ambos lados del elemento considerado. Las unidades del factor U son $W/m^2 K$. (NEC-EE, 2018)

VALOR NOMINAL R DE AISLAMIENTOS

UCUENCA

Resistencia térmica del aislamiento térmico especificado por el fabricante en unidades de $m^2 K/W$ a una temperatura promedio de $24\text{ }^\circ\text{C}$. El valor R nominal hace referencia a la resistencia térmica del aislamiento añadido y no incluye la resistencia térmica de otros materiales de construcción o de películas/barreras de aire. (NEC-EE, 2018)

EFICIENCIA TÉRMICA

La eficiencia térmica de una maquina es la relación entre la energía que deseamos obtener de dicha maquina (trabajo realizado) y la energía consumida en su funcionamiento (energía suministrada) (Drissi, Hung Mo, & Ling, 2019).

METODOLOGÍA BIM

Building Information Modeling (BIM) es una herramienta que implica una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica y de materialización virtual (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D). (Building Smart, 2016)

MODELADO ENERGÉTICO DE EDIFICACIONES (BEM)

BEM son softwares de simulación basado en la física del uso de energía en edificios. Un programa BEM toma como entrada una descripción de un edificio que incluye geometría, materiales de construcción e iluminación, equipos de ambientación (HVAC), refrigeración, calentamiento de agua y configuraciones de sistemas de generación renovable, eficiencias de componentes y estrategias de control. También incluye descripciones del uso y funcionamiento del edificio, incluidos los horarios de ocupación, iluminación, tomas de energía y ajustes del termostato. Un programa BEM combina estas entradas con información sobre el clima local y utiliza ecuaciones físicas para calcular las cargas térmicas, la respuesta del sistema a esas cargas y el uso de energía resultante. (EERE, 2016)

STRUCTURAL DESIGN SOFTWARE (STRUSOFT)

Strusoft es una empresa sueca que se especializa en aplicaciones de software para la industria de la construcción. El programa VIP-Energy calcula la energía de consumo de una edificación y sirve para calcular el rendimiento energético y esta validado según LEED, BREEAM Y ANSI Ashrae-140. Actualmente es el motor de cálculo para Evaluación Energética de Archicad-Graphisoft, a través de su herramienta de simulación Ecodesigner.(Strusoft, 2013)

COEFICIENTE DE RENDIMIENTO ESTACIONAL (SCOP)

El coeficiente global de rendimiento de la unidad es representativo de toda la temporada de calefacción designada (el valor del SCOP corresponde a una temporada de calefacción determinada), calculado dividiendo la demanda anual de calefacción de referencia por el consumo anual de electricidad para calefacción. (Diario Oficial de la Unión Europea, 2011)

CALEFACCIÓN

Acción y efecto de calentar o calentarse (RAE, 2022)

Se propone cuantificar los beneficios del diseño eficiente en una vivienda en San Juan del Cid. Para ello se plantean 4 fases; Recopilación Información, Diseño, Análisis y Conclusiones. En la recopilación de información se estudia el concepto y casos de estudio para “net zero energy building” para validar el diseño eficiente. Luego, a partir del análisis del clima se establece que tan amigable u hostil es el medio ambiente en donde se emplaza el proyecto, para después caracterizar la capacidad de las estrategias constructivas. Posteriormente, en el Capítulo 2 se determina las condiciones del proyecto arquitectónico. Finalmente, en el Capítulo 3 se realiza el análisis, donde se simula mediante software “Archicad – Ecodesigner” el desempeño energético de cada una de las diferentes estrategias constructivas para cumplir con los requerimientos del usuario y minimizar las contaminaciones al medio ambiente. Adicionalmente, las conclusiones y recomendaciones contienen las interpretaciones de los datos obtenidos en la simulación del desempeño energético.

En el Capítulo 1 – RECOPIACIÓN INFORMACIÓN

Para conceptualizar ‘net zero energy’, se establecen los tipos de energía que requiere una vivienda y se aplica la metodología de calificación net zero energy de ASHRAE 105, una vivienda net zero energy es aquella que controla que su energía consumida sea igual a la energía producida mediante fuentes renovables in-situ. La normativa nacional del Ecuador de eficiencia energética se basa en ASHRAE, por lo que se elige para describir el concepto y una metodología aplicable de “net zero energy building”,

Los casos de estudio que se investigan tienen como prioridad la región, tema similar y elección de estrategias climáticas. Por lo que en primera instancia se realiza un análisis bibliográfico en la literatura local. Luego se amplía la búsqueda de información mediante el motor de búsqueda de google para tesis similares, con palabras claves como energy, net zero, vivienda, rural. Por último, se accede a información de artículos científicos en motores de búsqueda como Elseiver, SciELO y WorldWideScience.

Para entender el clima utiliza información procedente de la base de datos climáticos de StruSfot a partir de la capacidad de conexión con Ecodesigner, la cual se asemeja a los datos de del Anuario Meteorológico del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) de la estación M0139 ubicada en el cantón Gualaceo. El diagnóstico climático se enfoca en generar estadísticas del clima necesarias para elegir las óptimas soluciones en el diseño eficiente y se considera datos del anual y mensual más bajo, alta y promedio de la temperatura exterior del aire, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento. Para interpretar las necesidades del usuario al clima de San Juan se considera las variables del grado de grado día (degree days) y las horas de carga no satisfechas (unmet load hours). Los ‘degree days’ es la cantidad de días en donde el espacio esta fuera de las condiciones de confort, y es un valor directamente proporcional a los requerimientos de calefacción o refrigeración, este valor se deriva de las mediciones de la temperatura al exterior. Los ‘unmet load hours’ son las horas en un año en las que el clima es demasiado frío o caliente para el tipo de actividad requerida o fuera de la zona de confort.

Finalmente, se elige un conjunto de soluciones de bajo consumo energético, se propone utilizar la investigación de la Agencia Internacional de Energía (IEA Task 40 Group, 2017). Aquí, se categorizan las soluciones constructivas optimas de acuerdo a las condiciones del clima y al éxito que ha tenido el enfoque de diseño. Las categorías para un diseño de bajo consumo energético se organizan en tres diferentes grupos, el primer grupo son las soluciones arquitectónicas, el segundo los sistemas constructivos, y por ultimo las energías renovables.

En el Capítulo 2 – DISEÑO

Se propone el diseño “arquitectónico” que incluirá plantas, secciones, axonometrías, y renders necesarios para entender la forma, materiales y distribución de espacios de la vivienda propuesta. Además, se especifica la configuración que se realiza en Ecodesigner para las el ambiente del proyecto y las características de las zonas térmicas que se configuraron para el proyecto.

En el Capítulo 3 – ANÁLISIS

UCUENCA

Se comparan las estrategias constructivas elegidas en el capítulo 1 al modelo 3d de Archicad-Ecodesigner (BEM) con una vivienda típica de San Juan o “vivienda base. Se elige Archicad-Ecodesigner ya que cumple con el estándar de ASHRAE 140 para el análisis de energético en programas de computación (Graphisoft, 2014). La eficiencia en el diseño de la vivienda busca cumplir con las condiciones internas de confort, es decir cumplir con los requerimientos del usuario tan a menudo como sea posible sin la ayuda de ningún sistema mecánico adicional que pueda generar contaminaciones al medio ambiente. El motor de calculo que se utiliza en Eco-Designer es de Strusoft VIP Energy.(Graphisoft, 2014)

De manera detallada, se hará lo siguiente:

1. Crear un archivo de referencia con los requerimientos del usuario, forma, dimensiones, características del clima, bloques térmicos, estructuras y aperturas. Eco-designer tiene un formato de exportación para guardar datos del archivo de referencia (.bas). Además, al mismo tiempo se calcula el consumo y costo del combustible, emisiones de dióxido de carbono y energía primaria. En el archivo base se adapta las condiciones de iluminación, ventilación, y forma que sugiere la NEC-EE, revisar anexos 4,5,6.
2. Cambiar características físicas de los materiales, incorporando una estrategia constructiva de la simulación de la vivienda base.
3. Ejecutar una nueva simulación energética. La simulación compara el rendimiento energético de la vivienda base con los de la nueva edificación.
4. Tabular los valores de uso de energía. Los resultados se utilizan para comparar el rendimiento energético de la vivienda base con los cambios aplicados a la estrategia.
5. Repetir los pasos 2, 3 y 4 hasta obtener resultados de cada una de las soluciones de diseño elegidas.

Adicionalmente, para comprobar la relevancia de los resultados del cálculo de eficiencia energética se valida a la vivienda base con el criterio net zero energy, aquí se utiliza el estándar de ASHRAE 105 para edificaciones net zero.

En el Capítulo 4 – Conclusiones y Recomendaciones

Cada paquete constructivo propuesto permite establecer el grado de beneficio en relación al ahorro energético. La propuesta es una vivienda tradicional con estrategias de diseño recomendadas y los cambios que se aplican a las estrategias están basados en materiales que se utilizan frecuentemente en el mercado nacional. Cada conclusión y recomendación es un comentario de los objetivos específicos de la tesis.

1. CAPITULO

Primero se propone una metodología para validar el concepto de una vivienda eficientemente energética (ZEB). Como siguiente paso se estudia las condiciones climáticas de San Juan, para obtener datos relevantes para aprovechamiento de energías renovables y estudiar las condiciones de confort internas de una vivienda en San Juan. La temperatura de confort esta relacionada a la temperatura exterior, y se ve afectado al acondicionamiento climático y pasado cultural de las personas. Adicionalmente, se estudian casos de estudio con condiciones de uso, materialidad o requerimientos de confort similares a los que presenta San Juan. Finalmente se propone un conjunto de estrategias constructivas encaminadas a reducir el consumo energético, la propuesta es en base a un artículo de IEA Task 40 Research Group, en donde se categorizan las estrategias más utilizadas en un clima con requerimientos de calefacción, estas estrategias están en concordancia con las propuestas por el INER (Ecuador), para ello se recomienda revisar 5.4. ANEXOS – RECOMENDACIONES ESTRATEGIAS CONSTRUCTIVAS – EFICIENCIA ENERGÉTICA.

1.1 CONCEPTO VALIDACIÓN NET ZERO ENERGY BUILDING - ZEB

De acuerdo a ASHRAE 105, un ZEB equilibra el uso de su energía para que la energía eléctrica exportada a la red sea igual o mayor que la energía entregada a la vivienda anualmente. Un ZEB solo puede usar energía renovable dentro del límite del sitio para compensar la energía eléctrica entregada. La energía renovable en el sitio es energía producida a partir de fuentes de energía renovable y pueden suministrar energía a la vivienda; el balance energético neto entregado considera todo lo anterior mencionado.

De acuerdo a esta definición, para alcanzar un balance energético de acuerdo a la definición ZEB (zero energy building) de ASHRAE primero se “contabiliza y mide la cantidad de energía que se utiliza en la vivienda, luego se calcula por separado cada fuente de energía”, para finalmente hacer un balance energético de consumo total.

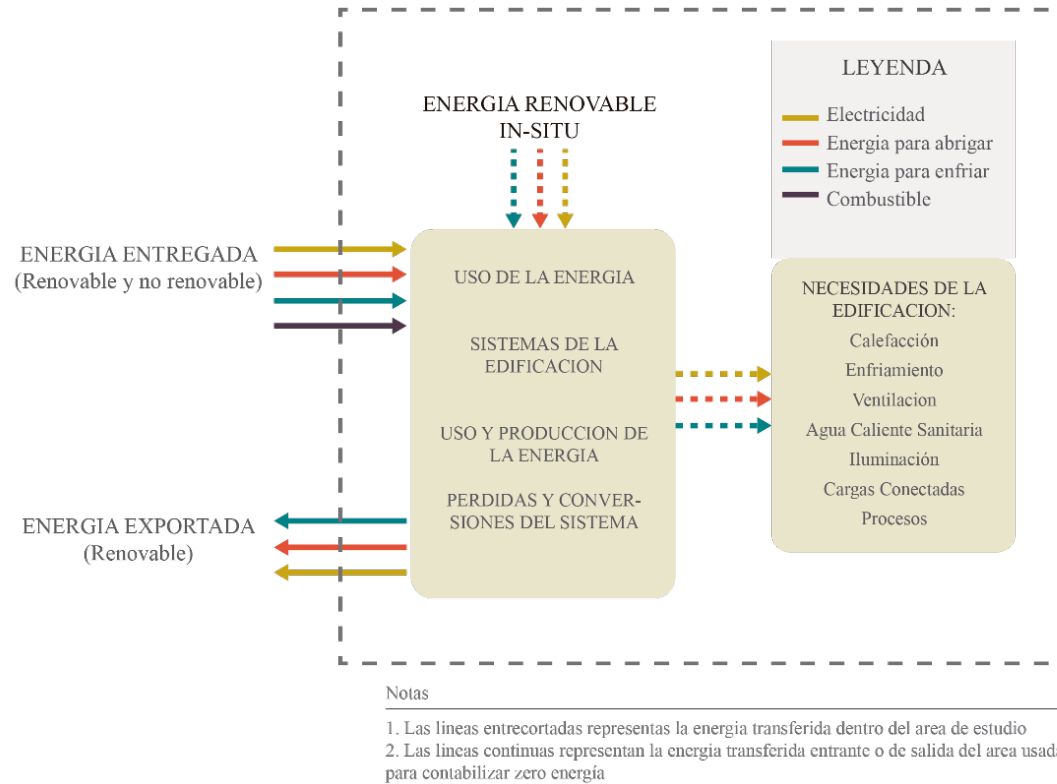
a. Contabilidad y Mediciones de Energía

La energía entregada y la energía exportada se miden en el límite del predio. La vivienda ZEB es eficiente energéticamente. La premisa es que los “ZEB utilizan la red eléctrica para transferir cualquier excedente de energía renovable en el sitio a otros usuarios” (ASHRAE 105, 2014). En el Ecuador, el ARCONEL (actualmente ARC) en el año 2018, con la regulación No. 003/18, permite que los usuarios con un sistema de generación fotovoltaica con una capacidad nominal de hasta 100kW puedan generar y aportar excedentes a la red de distribución en momentos de elevada irradiación y recuperar aquella energía en las horas de consumo, situación importante dado que el uso energético residencial ocasionalmente no coincide con las horas de alta irradiación y por ende de producción fotovoltaica.

El registro energético de ZEB incluirá las demandas de energía utilizada para calefacción, refrigeración, ventilación, agua caliente sanitaria, iluminación interior y exterior, cargas de electrodomésticos y los diferentes que implican energía. Las necesidades de refrigeración o calefacción se obtienen en el diagnóstico del

clima inicialmente realizado. La energía entregada al edificio incluye la electricidad de la red, combustibles renovables y no renovables. La Figura N.3 muestra el espacio en donde la energía es entregada, exportada o producida mediante fuentes renovables.

Figura N.3. Área de Estudio para Transferencia de Energía para Contabilizar Cero Energía - ZEB



Fuente: U.S. Department of Energy.

b. Cálculo de la Fuente de Energía

La energía consumida del predio es la cantidad de energía que alimenta la totalidad de demandas de una edificación, para ello es necesario evaluar las eficiencias relativas de los edificios con diferentes tipos de combustible crudo consumido en el sitio, para lograr una equivalencia se utilizan los factores de conversión de fuente de energía propuesta por ASHRAE Standard 105. Los factores de conversión de la fuente de energía se aplican para convertir la energía entregada y exportada en una energía equivalente total.

La energía equivalente total debe ser calculada usando la siguiente formula (ASHRAE 105, 2014):

$$E_{fuente} = \sum (E_{ent.} \cdot r_{ent.}) - \sum (E_{exp.} \cdot r_{exp.})$$

En donde,

E_{ent} es la energía entregada al sitio

$E_{exp.}$ es la energía renovable exportada

r_{ent} es el factor de conversión para energía entregada

$r_{exp.}$ es el factor de conversión la energía exportada

UCUENCA

La Tabla N.1.6 resume los factores de conversión para diferentes formas de energía. Los factores de conversión son una manera de comparar diferentes formas de energía, se comparan dependiendo su impacto al medio ambiente, por ejemplo, es preferible obtener energía eléctrica mediante fuentes renovables que utilizar gas natural o carbón. Estos factores se toman en cuenta en la formula anterior propuesta para el cálculo de la fuente de energía, de acuerdo a la fuente que se utiliza para abastecer las demandas de energía. (ASHRAE 105, 2014)

Tabla N.1. Factores de Conversión de los tipos de energia - ZEB

Forma de Energía	Factor de Conversión de la Fuente de Energía
Electricidad Importada	3.15
Electricidad Renovable Exportada	3.15
Gas Natural	1.09
Agua Caliente	1.35
Carbón u otros	1.05

Fuente: U.S. Department of Energy.

1.2 CASOS DE ESTUDIO

Se analiza y selecciona diferentes casos de estudio en base al uso, materialidad y condiciones de confort relacionadas a una vivienda en San Juan, se recomienda revisar 5.3. ANEXO – VIVIENDA TRADICIONAL DE SAN JUAN. El objetivo de los casos de estudio es examinar y comprender diferentes técnicas constructivas que se han utilizado en otros proyectos para reducir el consumo energético o la capacidad que tiene el proyecto para alcanzar un balance energético cero. Es importante considerar que las condiciones de diseño y materialidad deben concordar con las necesidades energéticas y de confort. El estándar pasivo se define para cada localidad climática del mundo acorde a parámetros alcanzables y preferiblemente con estrategias pasivas. Se analizan proyectos en diferentes latitudes cuando el requerimiento energético de la edificación estudiada es para cumplir con necesidades de confort térmico - calefacción.

Los casos seleccionados son los siguientes:

1. Passive haus, Alemania (Darmstadt-Kranichstein, 2014)

Se considera que es la primera vivienda en el mundo que contabiliza sus demandas de energía y controla la contaminación al medio ambiente.

2. Investigación , Diseño de estrategias para un Modelo de Vivienda Eficiente, Universidad de Cuenca (Calle & Ortiz, 2016)

Es un diseño de estrategias en la ciudad de Cuenca, con condiciones climáticas muy similares a las de San Juan.

3. Investigación , Vivienda Sostenible: Diseño Dentro de un Área Rural de la Ciudad de Cuenca, Universidad de Cuenca (Lloret, 2013)

El proyecto es interesante debido a su ubicación en el área rural y se emplean técnicas tradicionales, tal y como se espera de una vivienda en San Juan

4. Modelo de Vivienda Sostenible para el Área Rural del Cerro Alus, Guatemala (Arevalo, 2013)

El proyecto está emplazado en el área rural y se encuentra cerca de la línea Ecuatorial, lo que implica características similares a las de San Juan.

UCUENCA

a. Passive haus, Alemania

Fuente:	Plataforma Edificación Passivhaus	Tipología:	Vivienda Multifamiliar
Ubicación:	Darmstadt, Alemania	Año:	1990
Arquitecto:	Dr. Wolfgang Feist	Área de Construcción:	156 m2 cada casa

Wolfgang Feist, físico y astrónomo alemán, director y fundador del estándar Passive haus, construyó la primera casa pasiva. Según passipedia.org este tipo de casa puede mantener el confort térmico mediante las fuentes internas (vivienda) de calor y la radiación externa del sol, con una mínima variación de la temperatura de aire entrante para ventilación. Además, esta edificación es preferible en climas como el día Alemania ya que la edificación pasiva utiliza un 90% menos de energía para calefacción, y la energía restante puede ser fácilmente sustituida por el calor humano, el sol o los diferentes equipos electrónicos.

Figura N.4. Interior Passive House



Figura N.5. Estructura Fachada



Figura N.6. Sistema de climatización con recuperación de calor

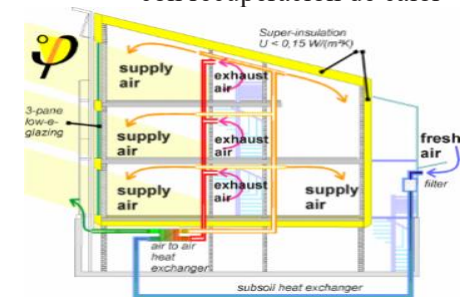


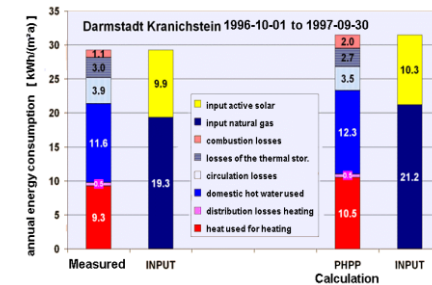
Figura N.7. Fachada Passive Haus



Figura N.8. Estructura Cubierta



Figura N.9. Contabilización de la energía en la vivienda



Es decir, el diseño de esta vivienda se enfocó en un aislamiento adecuado, es como usar la correcta ropa de invierno por lo que además no se necesita un calentador. Además, no permitir fugas de aire, no debe existir espacios por donde el aire caliente escape de la casa. También, eliminar los puentes térmicos, donde el calor pueda viajar fácilmente a través de los materiales fuera de la casa. En climas como en Alemania se puede realizar lo siguiente, el uso de ventanas apropiadas (usualmente con un vidrio de triple panel), una correcta orientación y una ventilación de doble flujo (provee aire fresco evitando que el calor abandone la edificación).

En la Tabla N.2 .se definen los valores U, los cuales son una forma de interpretar la eficiencia de cada elemento o componente de la envolvente de la edificación residencial propuesta.

Tabla N.2. Valor U de Aislamiento Edificacion Passivehaus

Componente de la edificación	Cubierta	Pared exterior	Techo del sótano	Ventanas	Ventilación de doble flujo
W/(m2K) Transmitancia térmica	0.1	0.14	0.13	0.7	80% aprox. Tasa de recuperación de calor

UCUENCA

b. Investigación, Diseño de estrategias para un Modelo de Vivienda Eficiente, Universidad de Cuenca

Fuente:	Tesis grado, Universidad de Cuenca	Tipología:	Vivienda Unifamiliar
Ubicación:	Cuenca, Ecuador	Año:	2016
Arquitecto:	Andrea Calle, Jessica Ortiz	Área de Construcción:	123.3 m ²

En la ciudad de Cuenca una vivienda energéticamente eficiente busca un aislamiento térmico, hermeticidad razonable y una óptima iluminación considerando condiciones climáticas propias del clima ecuatorial andino. La iluminación prioritariamente debe ser natural, en los espacios donde no es posible una iluminación natural se colocará una iluminación artificial con luminarias de alta eficiencia. Esta investigación plantea estrategias para un modelo de vivienda eficiente enfocado a reducir la demanda energética para calefacción por medio de la envolvente y el consumo energético para iluminación. Se compara el consumo y demanda de energía típicas en las viviendas de la ciudad de Cuenca, con lo cual se concluye que el promedio de la envolvente de las casas en Cuenca tiene un desempeño térmico por lo general insatisfactorio y los espacios interiores no siempre alcanzan un confort lumínico óptimo. En la siguiente tabla, se muestran los nuevos requerimientos propuestos para un análisis del consumo energético (Guillén, Quesada, López, Orellana, & Serrano, 2015).

Las propiedades de los materiales (Factor U y SHGC) de la envolvente se plantean como estrategia para las condiciones del clima una gran inercia térmica, además se plantean cámaras de aire con el propósito de aislar el interior de la edificación (cielo raso, recubrimientos de madera, doble vidrio, bloque de cemento, poliestireno expandido). En espacios exteriores como el patio se usan materiales para mejorar la captación solar (cerámica, piedra), en estos mismos espacios cubiertos por vidrio se utiliza un bajo índice de ganancia solar para regular el confort térmico. La envolvente reduce un 70% la demanda por calefacción o refrigeración.

Figura N.10. Sección Constructiva

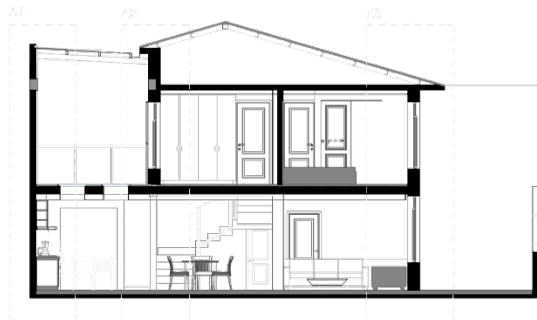


Figura N.11. Corte Escatillón

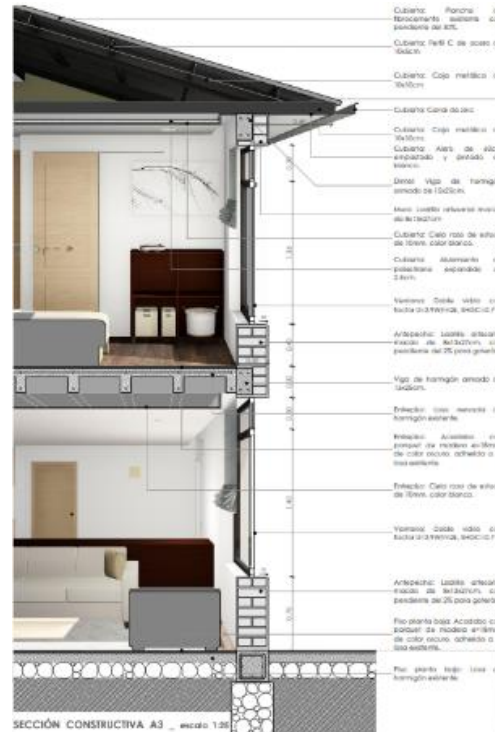


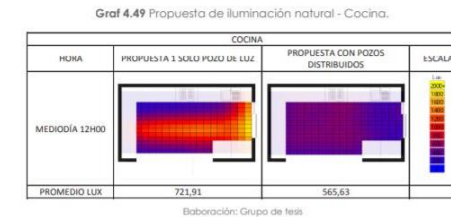
Figura N.12. Muros captadores de calor



Figura N.13. Esquema diseño cuarto de secado



Figura N.14. Ganancia solar de una ventana



UCUENCA

Diseño Pasivo: Se tiende a simplificar la forma, con el objetivos de reducir el factor forma. El factor forma se especifica de mejor manera en Anexos 4. Estrategias Constructivas.

Iluminación natural: Se crean espacios abiertos para obtener una iluminación más uniforme. Los baños, cocina y espacios de secado tienen la posibilidad de una iluminación natural directa.

Iluminación artificial: Para las luminarias exteriores se usan sensores de movimiento, además las lámparas tienen una eficiencia luminosa de por lo menos 55lm/W y la cantidad de luminarias se establece de acuerdo al nivel de iluminación que necesita cada espacio. El tipo de luminario usual es LED o dicróico. Con lo cual se tiene un porcentaje de reducción del consumo de aproximadamente 40%.

Tabla N.3. Requerimientos para una Vivienda Eficiente

Envolvente	Iluminación	ACS	Electrodomésticos	Espacios de Secado
Propiedades de los Materiales	Iluminación Natural	Eficiencia de Equipos	Electrodomésticos energético-eficientes	Espacios de Secado
Diseño Pasivo	Iluminación Artificial	Eficiencia del diseño del sistema		
Infiltración de aire		Tecnologías Bajas en Carbono		

c. Investigación, Vivienda Sostenible: Diseño Dentro de un Área Rural de la Ciudad de Cuenca, Universidad de Cuenca

Fuente:	Tesis, Universidad de Cuenca	Tipología:	Vivienda Unifamiliar
Ubicación:	El Cajas, Cuenca, Ecuador	Año:	2013
Arquitecto:	Lorret Juan Sebastian	Área de Construcción:	226 m ²

El diseño de la vivienda tiende a reducir el consumo energético y la contaminación que produce la misma, para lo cual el autor se basa en la “Guía Básica de Sostenibilidad” del inglés Brian Edwards, en donde adapta los principios de diseño humano y economía de recursos en base a un análisis del ciclo de vida de la edificación.

Figura N.15. Planta Arquitectónica

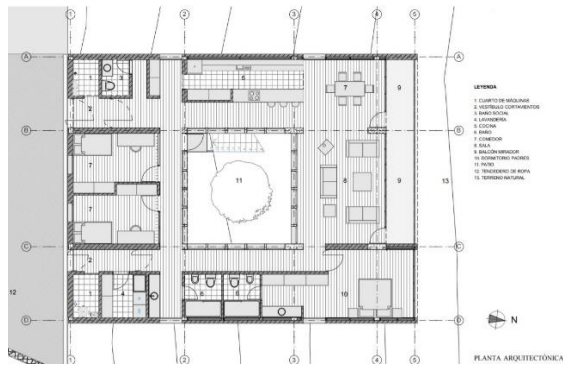


Figura N.16. Estructura Cubierta

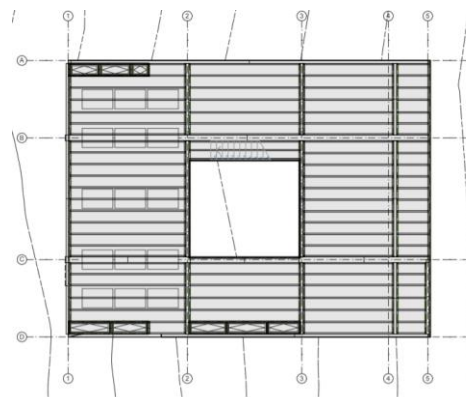


Figura N.17. Chimenea Sala



Figura N.18. Sección Eje D

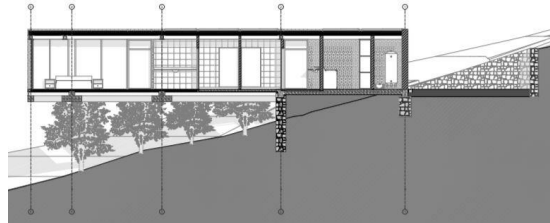
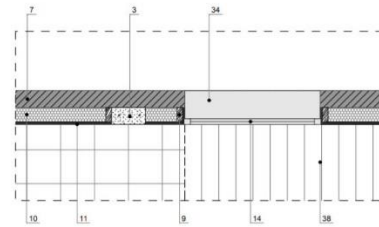
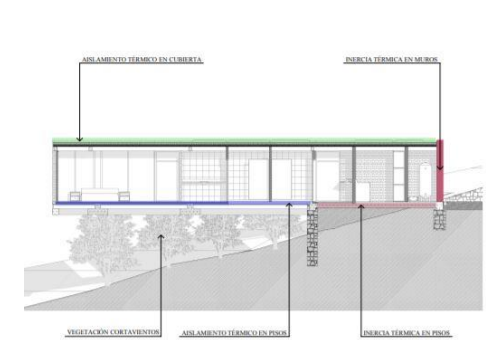


Figura N.19. Detalle piso - techo



- 3. Columna de H°A° 30x15cm
- 7. Mampostería de Ladrillo, e=30cm
- 9. Mampostería de Ladrillo, e=10cm
- 10. Tablon de Yumbingue 13x5cm
- 11. Aislamiento de Lana de Vidrio
- 14. Carpintería de Yumbingue, e=5cm
- 34. Tablero de Fibrocemento, e=18mm
- 38. Tiras de eucalipto 4x5cm

Figura N.20. Características materiales de la cubierta y losa



Las estrategias de Lloret fueron planteadas a nivel de esquema, con el objetivo de desarrollar un diseño sostenible. Se pueden mencionar entre otras:

- La vivienda forma un bloque rectangular con un patio central, los dos accesos de la vivienda cuentan con doble puerta para mitigar los vientos predominantes que provienen desde el sur, además las fachadas orientadas a la dirección del viento predominante constan de un doble muro con una alta inercia térmica.
- Los espacios de uso secundario de la vivienda funcionan como franjas térmicas para controlar las fluctuaciones de temperatura.
- Las ventanas son de reducido tamaño con marcos de PVC y conformada por vidrio cámara. Además, se controla la renovación de aire con ciertas ventanas operables con cierre hermético.
- El patio central funciona como captador solar y como fuente de iluminación natural central.
- En zonas húmedas se coloca un aislamiento de 13 cm lana de vidrio, tablero gypsum y un acabado de cerámica.

- Los pisos y el cielo raso retienen calor a través de un recubrimiento de madera.
- La vegetación nativa ubicada en el exterior aísla térmicamente a los espacios más expuestos de la vivienda.
- Las aguas lluvias son captadas en una cisterna.

En conclusión, la propuesta planteada en este estudio referencial es abordada mediante conceptos y muestran sus resultados mediante esquemas, no describe resultados cuantitativos concretos. Además, la metodología propuesta por el autor citado propone estrategias que ya han sido analizadas de manera general en otras bibliografías (INER, 2017). Por lo que para el presente trabajo de investigación se pretende obtener resultados cuantitativos concretos que reflejan al lector medidas más adecuadas en el contexto analizado.

UCUENCA

d. Modelo de Vivienda Sostenible para el Área Rural del Cerro Alus, Guatemala

Fuente:	Universidad San Carlos, Guatemala	Tipología:	Vivienda Unifamiliar
Ubicación:	San Pedro Sacatepéquez, Guatemala	Año:	2013
Arquitecto:	Arévalo Juan Francisco	Área de Construcción:	

El caso de estudio lo consideramos importante por estar en el contexto latinoamericano. El cerro Alus se encuentra en una cadena montañosa con una temperatura media de 16.15 °C, a una altura de 2203 msnm. El diseño de la edificación propone variadas estrategias como: ventilación cruzada, protección solar mediante la implementación de vegetación de mediana altura, la orientación que considera la incidencia solar (se considera una orientación Norte Sur), captación agua lluvia por medio de los techos, el manejo de los desechos sólidos mediante una fosa séptica.

Figura N.21. Planta Arquitectónica

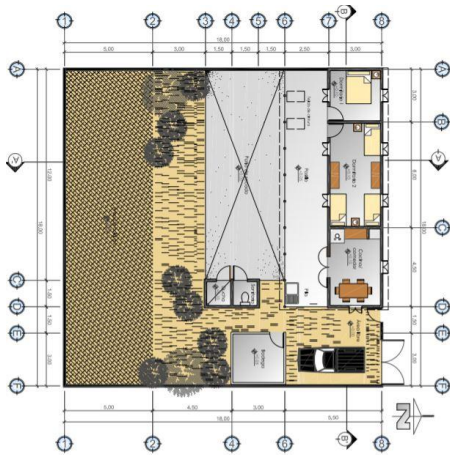


Figura N.22. Detalle Estructura – Unión Cubierta

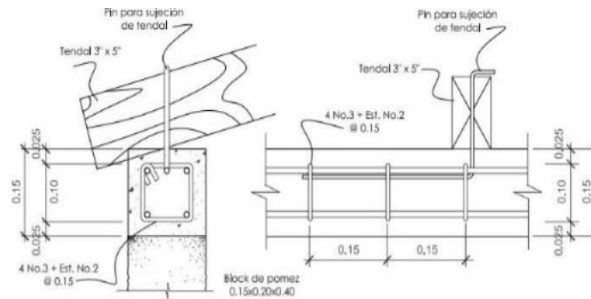


Figura N.23. Captación y Bombeo de Aguas Lluvias

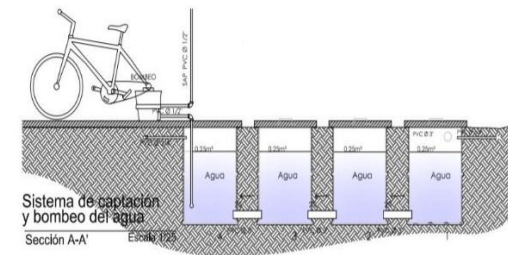


Figura N.24. Sección Eje B-B



Figura N.25. Detalle Columna de 4 puntos en mampostería

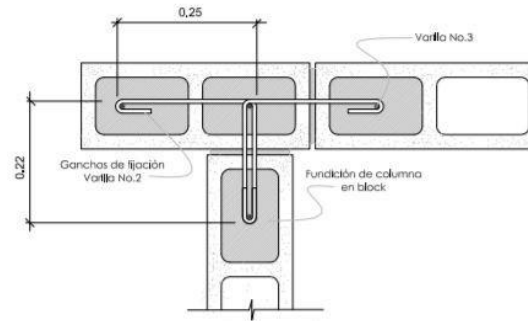
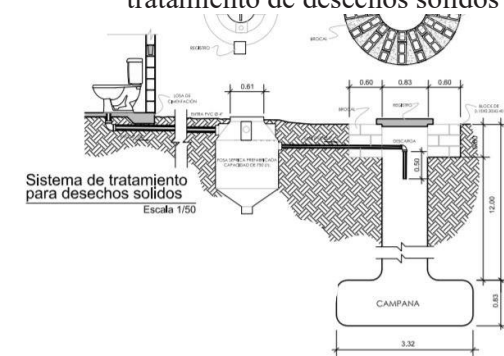


Figura N.26. Sistema para tratamiento de desechos solidos



La siguiente tabla representan las dimensiones mínimas necesarias para cada ambiente de una vivienda, la cual se obtiene de un análisis de viviendas del área rural de San Pedro, Guatemala. Además, se propone un porcentaje para iluminación y ventilación que es la relación de la superficie de un ambiente en comparación con la superficie de las ventanas. (FHA, 2005)

Tabla N.4. Programa de necesidades para la vivienda rural del Cerro Alus, Guatemala,

Ambiente	Dimensiones	Iluminación (% - m2)	Ventilación (% - m2)
Dormitorio principal	6m x 3m	12%	6%
Dormitorio secundario	3 m x 3m	12%	6%
Cocina – Comedor	4.5m x 3m	18%	9%

Fuente: Arévalo Juan Francisco

UCUENCA

1.3 ANÁLISIS CLIMÁTICO DE SAN JUAN

Las estrategias constructivas de eficiencia energética consideran al clima como fuente de energía renovable preferible para satisfacer las demandas de una vivienda en San Juan. Para entender las características del sitio se recomienda revisar 5.1. ANEXOS – ANÁLISIS DEL SITIO, en donde se puede revisar las condiciones del sitio, en relación a su ubicación, topografía, accesibilidad, visuales, medio físico y actividades antrópicas.

Los datos climáticos son descargados del servidor climático de Strusoft, además estos datos guardan concordancia con los datos presentados en el Plan de Ordenamiento de San Juan (GAD Parroquial San Juan del Cid, 2019). Considerando que la temperatura anual máxima y mínima promedio en el PDyOT es de 6-12 °C y la temperatura promedio de la simulación en el software es de 10.63, se determina que la información en Strusoft es fiable.

Se utilizan los datos de Strusoft, debido a que guarda información meteorológica de tal manera que Ecodesigner analice el sitio con una técnica denominada “análisis del cascarón”, la técnica está planteada para el proceso de diseño y análisis energético, la técnica consiste en construir virtualmente un bloque térmico con una infiltración muy alta, de tal manera que la envolvente presente características de un muro delgado con alto coeficiente de transferencia de calor. Esta técnica es propuesta por Graphisoft en su manual de usuario de Ecodesigner, y se utiliza para determinar las características del clima y las condiciones que se deben propiciar para promover el confort interno de una vivienda en San Juan, con esto podremos escoger el mejor enfoque arquitectónico. Los siguientes datos muestran las características de los materiales de la edificación cascarón. (User manual Ecodesigner - Graphisoft, 2014, pg 223)

Los datos climáticos utilizados en la presente investigación son los siguientes:

Figura N.27. Temperatura del aire diaria durante un año
mínima 0.9 °C, máxima 21.17 °C, promedio 10.63 °C.

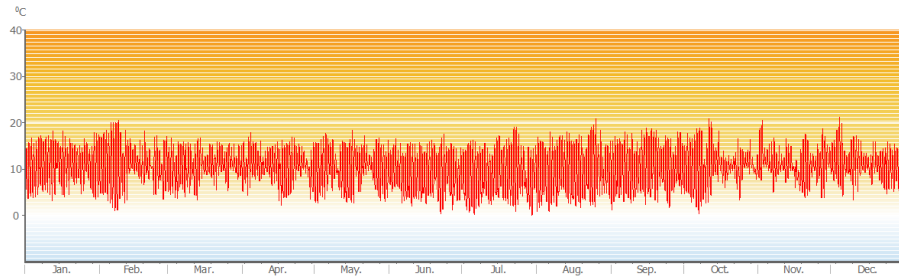


Figura N.28. Humedad Relativa diaria durante un año
mínima 27.17 %, máxima 100 %, promedio 63.59 %.

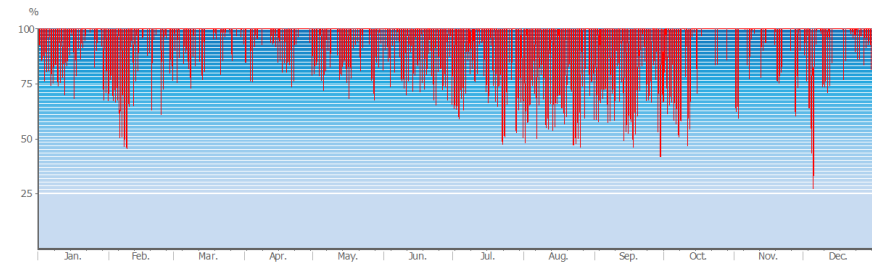


Figura N.29. Radiación Solar diaria durante un año
mínima 0 Wh/m², máxima 1034.2 Wh/m², promedio 517.1 Wh/m²

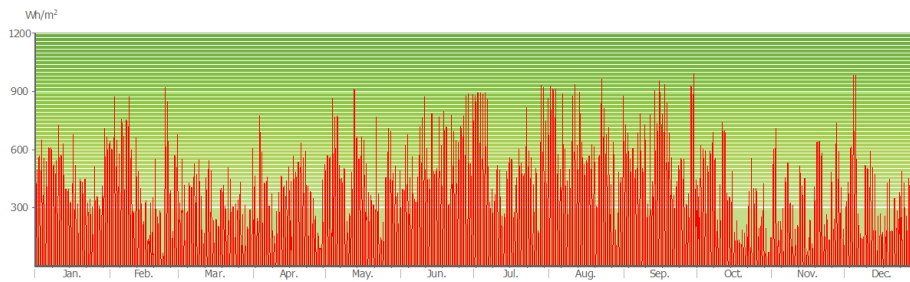
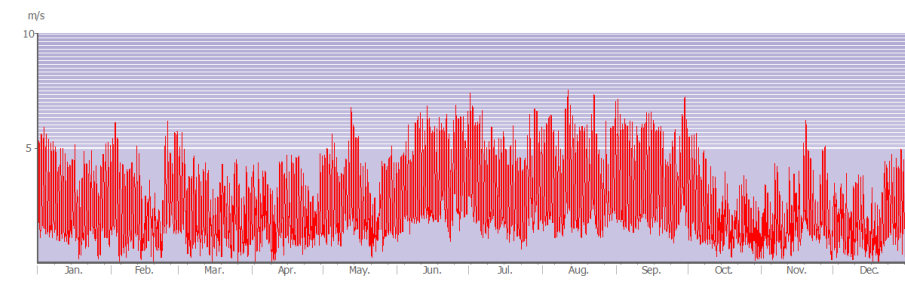


Figura N.30. Velocidad de Viento diaria durante un año
mínima 0.3 m/s, máxima 7.54 m/s, promedio 3.79 m/s

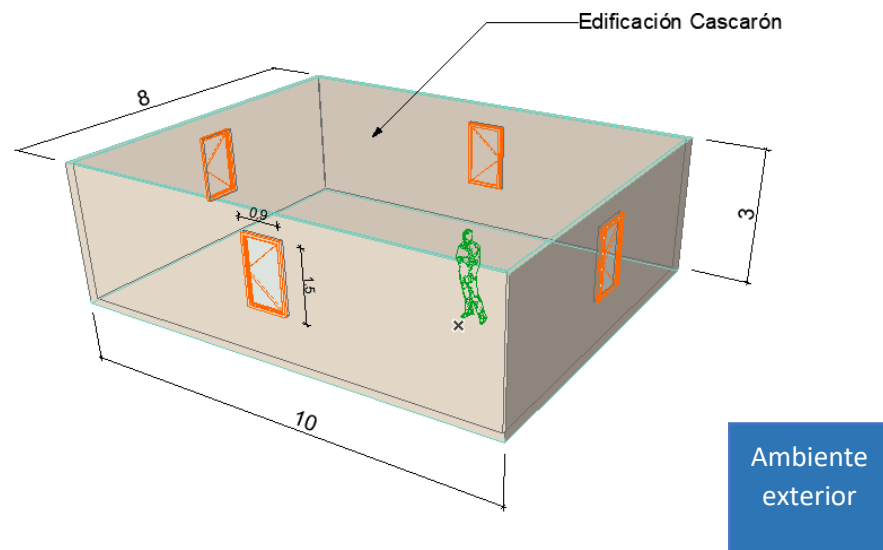


Las características de los materiales de la envolvente planteada para realizar el análisis climático de acuerdo a la técnica de edificación son los siguientes:

Tabla N.5. Características Materiales de la Edificación Cascaron.

Material	Espesor (cm)	Conductividad Térmica (W/mK)	Densidad (kg/m ³)	Capacidad calórica (J/kgK)	Valor U (W/m ² K)	Infiltración (l/sm ²)	Absortancia solar (%)
Madera contrachapada	1	0.18	800	1700	5.07	100	0

Figura N.31. Esquema Edificación cascaron.



Dentro de la edificación cascarón o el ambiente interno se estudia la velocidad del viento, radiación solar, temperatura del aire, y humedad relativa. La siguiente tabla representa los valores anuales más importantes a considerar en el análisis del clima, se puede observar que la temperatura promedio del aire está por debajo de la zona habitable de confort, la temperatura promedio es de 10.1 °C y una temperatura optima interna debería estar en 18°C en ciertas habitaciones. Además, el sitio posee una radiación solar alta diaria de 4130 Wh/m², lo que sugiere escoger estrategias pasivas solares, como fotovoltaicos y colectores térmicos.

Tabla N.6. Análisis Climático Ambiente Interior – Ecodesigner

			Valores anuales	Fecha	Hora del día
Temperatura del bulbo seco	[°C]	Mas Bajo	0.09	30/7	8:00
		Mas Alto	21.18	4/12	18:00
		Promedio	10.10	-	-
		Promedio mensual más bajo	8.57	July	-
		Promedio mensual más alto	10.97	November	-
		Mas Bajo	0.00	1/1	1:00
Radiación Solar	[Wh/m ²]	Mas Alto	1034.24	29/9	19:00
		Promedio	172.08	-	-
		Por Dia	4129.81	-	-
		Promedio mensual más bajo	121.08	March	-
		Promedio mensual más alto	235.14	August	-
		Mas bajo mensual por día	2905.81	March	-
		Mas alto mensual por día	5643.30	August	-
		Mas Bajo	27	5/12	12:00
Humedad relativa	[%]	Mas Alto	100	1/1	1:00
		Promedio	95.00	-	-
		Promedio mensual más bajo	88.76	August	-
		Promedio mensual más alto	98.65	March	-
Velocidad del viento	[m/s]	Mas Bajo	0.03	4/2	8:00

UCUENCA

Mas Alto	7.55	11/8	19:00
Promedio	2.49	-	-
Promedio mensual más bajo	1.81	December	-
Promedio mensual más alto	3.43	June	-

En la tabla N.11, los criterios ‘degree days’ y ‘unmet hours’ establecen las necesidades de confort para refrigeración o calefacción en horas y días al año en que una vivienda está fuera de la zona de confort, con los cuales posteriormente se puede elegir estrategias de diseño arquitectónico que minimicen el gasto de energía y controlen la contaminación al medio ambiente al momento de habitar la vivienda.

Según los datos presentados dentro de la edificación cascaron (con mínima capacidad térmica en la envolvente) el 70% del tiempo en un año un usuario promedio tiene necesidad de calefacción. En resumen, existen 6190 horas al año en los que se tiene requerimientos de calefacción, y de otra manera para contabilizar a lo largo de un año se necesitan subir 2896 grados centígrados para calefacción, con una temperatura promedio de 10.1 °C. Se puede interpretar que en ciertos días al año se requiere enfriamiento, pero para este caso en particular no se lo toma en cuenta ya que la temperatura más alta registrada es de 21.18 °C bajo sombra, por lo tanto, se considera que con cobertura solar no es necesaria refrigeración de en todo el año, por lo que no es necesario suplir las demandas de enfriamiento.

Tabla N.7. Carga de Diseño – “Design Loads”

Horas de carga no satisfecha – Calefacción “Unmet Heating Hours”:	6190.00	h
Horas de carga no satisfecha – Enfriamiento “Unmet Cooling Hours”:	0.00	h
Grado día Calefacción “Heating Degree Days”:	2896	°C
Grado día Enfriamiento “Cooling Degree Days”:	694	°C

UCUENCA

1.4 PROPUESTA DE SOLUCIONES DE BAJO CONSUMO ENERGÉTICO

Las estrategias del IEA (Estrategy Energy Agency) tienen varios criterios energéticos relacionados con los casos de estudio, normativas nacionales, metodologías de certificación internacionales y otra literatura complementaria, por lo cual se recomienda revisar 5.5. ANEXOS – REQUERIMIENTOS ESTRATEGIAS CONSTRUCTIVAS – EFICIENCIA ENERGETICA, en donde se caracteriza de manera general los requerimientos de diseño para el diseño de una vivienda eficientemente energética en San Juan. En la presente investigación es para elegir soluciones constructivas el enfoque es el confort térmico.

La propuesta es el resultado de un estudio de con edificaciones net zero energy ya funcionando, que tienen requerimientos de calefacción. Las características de las edificaciones estudiadas son que se han construido en diferentes partes del mundo, medido su rendimiento energético durante al menos 12 meses, y demostrado que funcionan en la práctica (obtienen certificados de energía cero neta dependiendo del país). Los parámetros de evaluación son el clima, tipo de construcción y en qué medida han tenido éxito diversos tipos de enfoque de diseño (IEA Task 40 Group, 2017) El éxito de las soluciones energéticas se califican de acuerdo a que tanto se minimiza el consumo energético en un proyecto. Las estrategias que se eligen son la envolvente térmica, aislamiento avanzado, masa térmica, iluminación eficiente, sistema de recuperación de calor, energía solar térmica (ACS) y fotovoltaica. Para la siguiente tabla se representan las estrategias constructivas para eficiencia energética más relevantes de acuerdo a su nivel de eficiencia y relevancia para el cálculo de consumo energético.

La siguiente tabla muestra todas las soluciones analizadas. Los rectángulos de color rojo son las seleccionadas: envolvente avanzada, acristalamiento avanzado, recuperación de calor en el aire acondicionado, energía solar térmica. Los rectángulos celestes son posibles soluciones recomendadas por la NEC-EE.

Tabla N.8. Categorización de soluciones promedio para un clima con requerimientos de calefacción

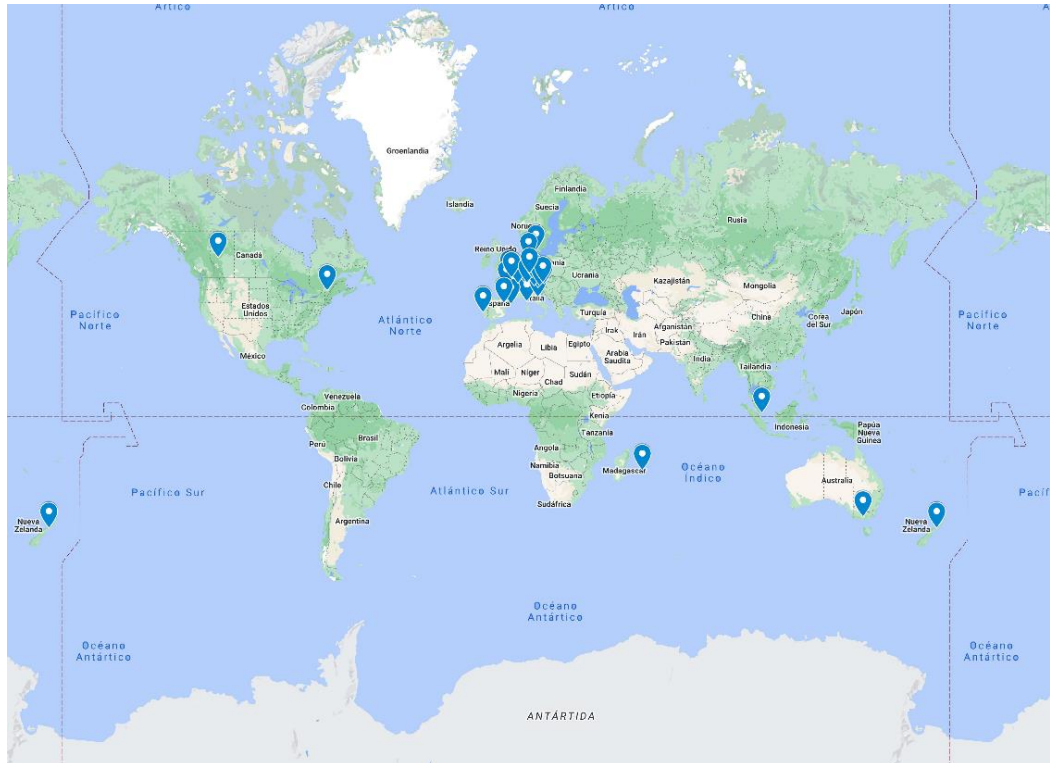
Soluciones arquitectónicas		Sistemas constructivos		Sistemas renovables	
Forma óptima de la edificación	93%	Iluminación de bajo consumo	71%	Energía solar térmica	71%
Zonificación térmica	43%	Electrodomésticos de bajo consumo	64%	Fotovoltaicos	100%
Envolvente avanzada	93%	Equipo de oficina eficiente	29%	Turbina eólica	0%
Ganancia de calor solar pasiva	57%	Control avanzado de iluminación	14%	Planta de energía de biomasa	29%
Acrisolamiento avanzado	93%	Gestión de cargas eléctricas	57%	Caldera de biomasa	7%
Masa térmica	86%	Recuperación de calor en el aire acondicionado	93%	Geotérmica	50%
Protección solar	93%	Recuperación de calor en el agua caliente	43%	Superficie del suelo del edificio	93%
Vegetación nativa	0%	Distribución de aire por suelo radiante	0%	On-site	7%
Ventilación natural	36%	Calefacción radiante	14%	At-site	0%
Enfriamiento pasivo del suelo	7%	Enfriamiento radiante	14%		
Relación ventana-pared	57%	Eficiencia en las bombas de calor de aire	29%		
Tragaluz	29%	Ventilador de techo, enfriamiento por evaporación	0%		
Tecnología tubular para luz solar	0%				
Protección para control de deslumbramiento	0%				

- Estrategia seleccionada
- Posible estrategia

Fuente: IEA Task 40 research group

Por qué elegir el Proyecto de la Agencia internacional de Energía, Programa de refrigeración y calefacción solar. (IEA SHC) ?

Figura N.1. Ubicación proyectos NET ZEB



La misión del programa es mejorar el conocimiento y la aplicación de tecnologías pasivas de ahorro de energía para proporcionar confort al usuario en una edificación. Los miembros del IEA SHC colaboran en conjunto para investigar, desarrollar, demostrar y probar métodos pasivos para integrar la energía solar a los edificios. El proyecto busca integrar soluciones en el diseño arquitectónico que proporcionan un adecuado ambiente interior.

Más de 82 investigadores y 19 diferentes países, examinaron las muchas variaciones del tema NET ZEB. El objetivo es encontrar un lenguaje común, y métricas de rendimiento similares para el concepto NET ZEB. Un ZEB es un edificio conectado a la red que anualmente aporta tanta energía a la red a la que está conectado como lo que extrae en la red. Es una parte integrada a la red local o nacional.

Los datos del proyecto son de edificaciones reales que han alcanzado el estándar NET ZEB. En este tipo de proyectos las definiciones determinan los resultados. La descripción del concepto genera muchas variantes, cada una depende del tipo de análisis contemplado. Los problemas pueden surgir, por la falta de coincidencia entre el momento de mayor consumo y el de mayor generación, definición de escalas de tiempo para análisis, definición de límites para energía producida.

Se eligen las estrategias del IEA debido a que tienen varios criterios energéticos relacionados con los casos de estudio, normativas nacionales, metodologías de certificación internacionales y otra literatura complementaria, se recomienda revisar los Anexos 5.5. CRITERIOS DE EVALUACION EFICIENCIA ENERGÉTICA en las que se sintetizan las normativas nacionales (NEC-EE) y metodologías internacionales de evaluación como CASBEE, LEED y BREEAM.

El conjunto de soluciones son el resultado de un estudio de 30 edificaciones net zero energy en diferentes latitudes del mundo que tienen requerimientos de calefacción, las cuales se han construido en diferentes partes del mundo, medido su rendimiento energético durante al menos 12 meses, y demostrado que funcionan en la práctica (obtienen certificados de energía cero neta dependiendo del país). Los parámetros de evaluación son el clima, tipo de construcción y en qué medida han tenido éxito diversos tipos de enfoque de diseño (IEA Task 40 Group, 2017) El éxito de las soluciones energéticas se califican de acuerdo a que tanto se minimiza el consumo energético en un proyecto. Las estrategias que se eligen son la envolvente térmica, aislamiento avanzado, masa térmica, iluminación eficiente, sistema de recuperación de calor, energía solar térmica (ACS) y fotovoltaica.

Para la siguiente tabla de estrategias constructivas se eligen las más representativas de acuerdo a nivel de eficiencia y a su relevancia para el posterior cálculo de consumo energético. Las estrategias elegidas se han marcado con un cuadro rojo y serán utilizadas en el Capítulo III de análisis de soluciones energéticas.

Comparación de soluciones constructivas de la IEA Task 40 Research Group con las estrategias del Ministerio del Ecuador (MEER)

El MEER es parte del instituto Nacional de Energía del Ecuador (INER), para categorizar zonas climáticas se sigue las recomendaciones de la ASHRAE, es decir la zona climática de San Juan es la 3 “continental lluvioso”. Las estrategias del MEER propuestas para esta zona son 18, estas estrategias hacen referencia a la inercia térmica, minimizar las ganancias de calor, equipos y ventilación natural. (Revisar Anexos 5.4.) En la siguiente tabla, se detalla todas las estrategias propuestas por el MEER para un clima como el de San Juan.

Tabla N. 3.1 Codificación estrategias propuestas por el INER

Descripción estrategias	Código
Usar ventanas que maximicen el flujo de aire	a
Permitir la ventilación cruzada	b
Orientar la fachada de mayor longitud del edificio en la dirección del viento predominante.	c
Orientar las ventanas en la dirección predominante del viento	d
Utilizar materiales de alta densidad y calor específico en la envolvente, para que reciban el sol durante el día y lo devuelvan durante la noche.	e
Utilizar cubiertas de agua o con otro material de elevada inercia y sistemas móviles de protección	f
Usar materiales de construcción de colores claros o materiales aislantes reflectantes especialmente en el techo.	k
Instalar una barrera radiante que ayude a reducir las ganancias de calor por radiación a través del techo.	l
Evitar instalar ventanas en la fachada oeste de la edificación y además generar sombras utilizando la vegetación propia del lugar.	h
Instalar protecciones solares en ventanas (voladizos, toldos o parasoles operables).	i
Instalar ventanas de alto rendimiento	j
Utilizar sistemas de ventilación subterráneos para precalentar o refrigerar el aire interior	g
Utilizar cubiertas y fachadas vegetales como protección solar.	m
Instalar sistemas de calentamiento de agua a partir de energía solar.	n
Usar refrigeradoras y en general electrodomésticos energéticamente eficientes (Por lo menos Energy Star).	o
Usar sistemas de iluminación energéticamente eficientes.	p
Usar hornos/calderas energéticamente eficientes (Mínimo Energy Star).	q
Instalar ventiladores de techo en habitaciones de larga permanencia.	r

La anterior codificación es relevante debido a que se puede agrupar y comparar las estrategias de ambas publicaciones, en la siguiente tabla se puede observar que las estrategias propuestas por el MEER coinciden con las recomendadas por el IEA. En el presente trabajo de investigación se eligen estrategias hasta cumplir con el estándar NET ZEB (rojo - solución seleccionada), se pueden elegir otras estrategias adicionales (celeste – posible solución).

Tabla N.3.1 Codificación estrategias propuestas por el INER

Descripción	€	ef	Descripción	€	ef	Descripción	€	ef
Forma óptima de la edificación		93%	Iluminación de bajo consumo	o	71%	Energía solar térmica		71%
Zonificación térmica		43%	Electrodomésticos de bajo consumo	p, q	64%	Fotovoltaicos	m, n	100%
Envolvente avanzada	e, f, k, l	93%	Equipo de oficina eficiente		29%	Turbina eólica		0%
Ganancia de calor solar pasiva		57%	Control avanzado de iluminación		14%	Planta de energía de biomasa		29%
Acristalamiento avanzado	h, i, j	93%	Gestión de cargas eléctricas		57%	Caldera de biomasa		7%
Masa térmica		86%	Recuperación de calor en el aire acondicionado	g	93%	Geotérmica		50%
Protección solar		93%	Recuperación de calor en el agua caliente		43%	Superficie del suelo del edificio		93%
Vegetación nativa	m	0%	Distribución de aire por suelo radiante		0%	On-site		7%
Ventilación natural	a, b, c, d	36%	Calefacción radiante		14%	At-site		0%
Enfriamiento pasivo del suelo		7%	Enfriamiento radiante		14%			
Relación ventana-pared		57%	Eficiencia en las bombas de calor de aire		29%			
Tragaluz		29%	Ventilador de techo, enfriamiento por evaporación	r	0%			
Tecnología tubular para luz solar		0%						
Protección para control de deslumbramiento		0%						

2. CAPITULO

En el Capítulo 2 se exponen las decisiones de diseño de los sistemas constructivos, soluciones arquitectónicas y características de los materiales. Se pretende diseñar una vivienda que conserve técnicas constructivas tradicionales, como el tapial. Para el dimensionamiento geométrico de las paredes de tapial se siguen las recomendaciones de la normativa peruana para el diseño con tierra reforzada, vigente al 2017 (Ministerio de Vivienda & Gobierno del Perú, 2017). Y se interpretan las características de la vivienda tradicional andina del Ecuador para proponer la forma y función del proyecto arquitectónico, por lo que se recomienda revisar 5.3. ANEXOS – VIVIENDA TRADICIONAL DE SAN JUAN, es una síntesis general de la vivienda tradicional en base a la cultura, medio ambiental, funcional, estético y constructivo.

Una vivienda rural evidencia la necesidad de enraizamiento en la tierra de la población local, los cuales son dueños de una herencia y experiencia común. La arquitectura tradicional muestra un predominante sentido utilitario en la manera de entender los espacios y en el uso de técnicas constructivas (Augusta Hermida, 2014). Por lo que las técnicas tradicionales están ligadas al uso del material y sistemas constructivos sencillos, es decir confían en el sentido común (herencia y experiencia) y la necesidad de ahorrar recursos.

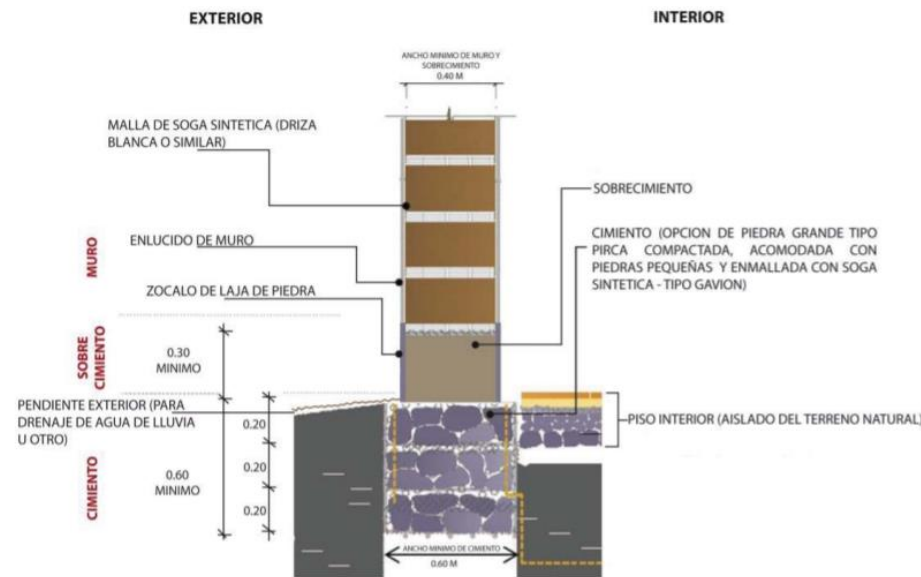
2.1 SISTEMA CONSTRUCTIVO VERNÁCULO

El sistema constructivo del proyecto hace referencia a las técnicas constructivas coherentes que definen la estructura de la vivienda en San Juan. La estructura de la vivienda surge mediante la reinterpretación de tecnologías vernaculares y se considera a la arquitectura vernácula relevante para la investigación debido a que la sostenibilidad y patrimonio son parte del contexto de una vivienda en San Juan.

El patrimonio cultural es un recurso no renovable, y el patrimonio de la arquitectura vernácula representa la identidad de la comunidad en un territorio (Consejo internacional de monumentos y sitios (ICOMOS), 2011). La arquitectura vernácula representa un modelo de desarrollo sostenible, creada a partir de los conocimientos del ambiente físico y cultural. El carácter de las construcciones vernáculas responden a largos procesos de prueba que han logrado minimizar el gasto energético y costo de construcción, pues a través del emplazamiento, orientación y configuración arquitectónica aprovecha la iluminación, soleamiento y ventilación, además, la utilización de recursos naturales da lugar a soluciones tecnológicas que regulan de manera pasiva la temperatura (Jorquera Silva, 2017).

La estructura de la vivienda propuesta identifica 4 elementos fundamentales, los cuales son la cimentación, muros portantes, vigas y losa. En los siguientes párrafos se explicará de manera detallada los elementos que influyen en el consumo energético anual de la vivienda, debido a que es necesario comprender por qué se eligieron los materiales de cada elemento de la vivienda. La cimentación de la vivienda de San Juan no es un elemento relevante para el cálculo energético anual de la vivienda. Pero es importante considerar la seguridad estructural de cualquier proyecto, por lo que se propone un sistema de cimentación corrida, para el dimensionamiento se recomienda seguir los requisitos de la normativa peruana para la construcción en tierra (Ministerio de Vivienda & Gobierno del Perú, 2017), en donde la cimentación debe ser de un ancho de 60cm con un alto mínimo de 60cm y un sobrecimiento de 30cm, como se puede apreciar en la siguiente Figura N.32.

Figura N.32. Esquema de cimentación para paredes de tapial



Fuente: *Diseño y construcción con tierra reforzada, Perú*

Los muros portantes son de tapial y son una parte relevante de la presenta investigación, ya que la envolvente es un factor que determina el consumo energético para calefacción. Desde un punto de vista enfocado al desarrollo de arquitectura bioclimática, lo estudios actuales sugieren que la tierra como material construido tiene un óptimo rendimiento higtotérmico (Maldonado, Rivera, & Vela, 2006). Es decir, el tapial como material aporta una gran inercia térmica, ya que conserva la temperatura del interior más estable a lo largo del día. El tapial, como sistema constructivo de muros tiene una densidad de 2100 kg/m³, el grosor de los muros es de 40cm en adelante, y una transmitancia de 2.37 (W/m²K).

En conclusión, la inercia térmica de las paredes evitan la pérdida del calor generado al interior de la vivienda, la energía acumulada en el interior del muro mantendrá el ambiente interno confortable aun cuando la temperatura exterior baje a lo largo de la noche. (Cejudo, 2013). Para el dimensionamiento de las paredes de tapial se sigüentes las recomendaciones de la norma peruana de la construcción E.080. Diseño y construcción con tierra reforzada. En espacial las proporciones de ancho, largo y alto que regulan los limites geométricos de muros y vanos. Los muros se plantean con 40cm de ancho, 3 metros de entrepiso, con unos contrafuertes de 1.2m cada 3 metros(Ministerio de Vivienda & Gobierno del Perú, 2017).

La viga es un elemento de hormigón armado que no influye directamente en el cálculo energético anual de la vivienda. Pero es importante considerar la seguridad estructural de cualquier proyecto, por lo que se recomienda seguir los requisitos de la normativa nacional para una vivienda de hasta 2 pisos (Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC), 2014), por lo que las vigas tienen una altura y base mínima de 20cm. En este elemento no se considera las pérdidas por transmisión de las esquinas en los espacios internos de la vivienda, ya que esto se debe solucionar mediante un adecuado aislamiento en el entrepiso y el aislamiento no es parte estructural de la vivienda. En la Figura N.33 y34 se puede apreciar una propuesta de la estructura de las paredes de tapial y vigas de amarre (Las vigas de amarre del siguiente esquema son una propuesta para configurar la estructura y no tienen calculo estructural).

Figura N.33. Estructura paredes de tapial 1

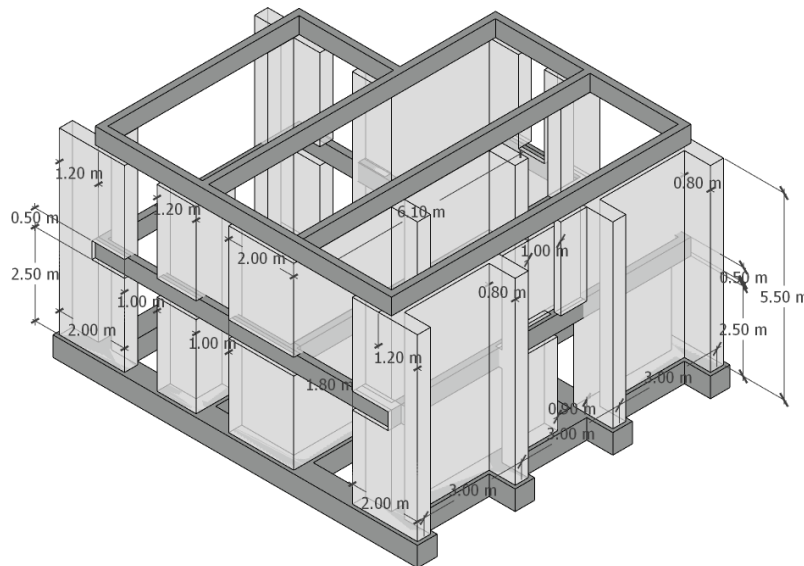
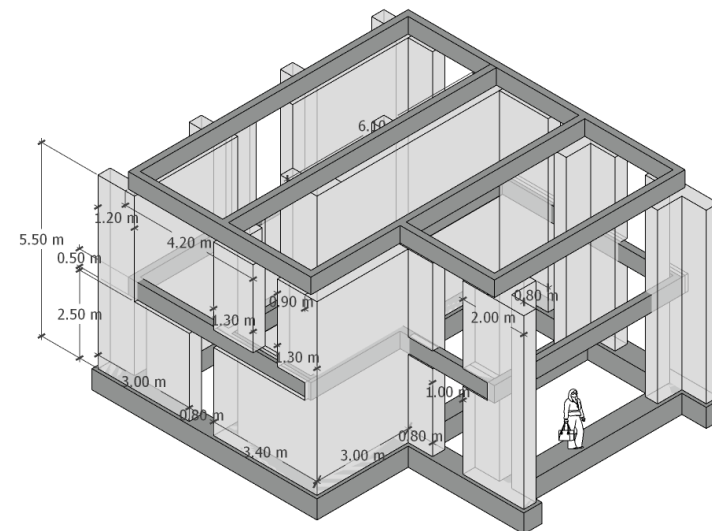


Figura N.34. Estructura paredes de tapial 2



UCUENCA

Las losas son las de contrapiso, entrepiso y cubierta. La losa de contrapiso es la que está a nivel del suelo y su estructura es una chapa de hormigón simple con una malla electrosoldada para agrietamientos. El entrepiso y la cubierta es de estructura de madera de eucalipto (Grupo A), el cual para un luz de 4 metros necesita un alto de 14cm y una base de 6.5cm (MIDUVI, 2016).

2.2 ANTEPROYECTO ARQUITECTÓNICO

El diseño del anteproyecto de la vivienda se enfoca a desarrollar planos arquitectónicos necesarios para entender la forma, función y materiales. El programa arquitectónico se define de acuerdo a la composición familiar de San Juan del Cid y a las principales actividades económicas que se realizan en el centro poblado de acuerdo al Diagnóstico del Plan de Ordenamiento Territorial de la Cabecera Parroquial de San Juan del Cid. La composición familiar es de 3 personas (Papá, mamá y 1 hijos) y la principal actividad económica es la agricultura(GAD Parroquial San Juan del Cid, 2019).

Diseño de la vivienda:

La vivienda se plantea con una configuración típica residencial unifamiliar, la cual se adapta al entorno y tipología de San Juan. La arquitectura es utilitaria, es decir da respuesta a las necesidades de los usuarios. Cada elemento es útil con un lenguaje fácil y sencillo, además cada los materiales son preferiblemente de recolección del medio inmediato, como la piedra, madera y arcilla. Por lo que a estructura es de tapial con vigas de hormigón armado.

Tabla N.9. Emplazamiento - Axonometría

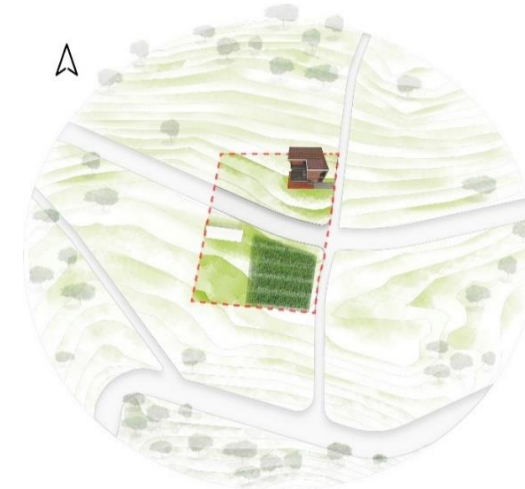
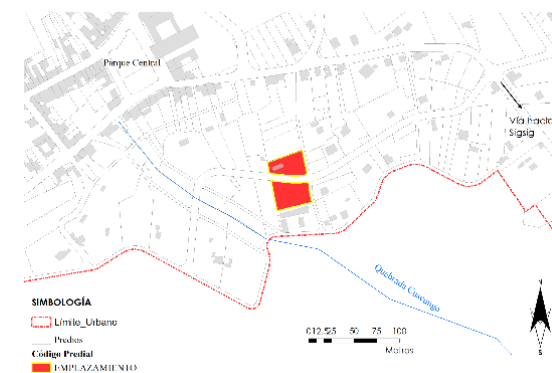


Tabla N.10. Emplazamiento proyecto



UCUENCA

En cuanto a la distribución de espacios, en Planta Baja se ubican las actividades de carácter social como es sala, comedor, cocina y baño social; la lavandería tiene un espacio propio y no está unido a estos anteriores espacios. La Planta Alta corresponde a espacios de carácter privado como dormitorios y baños individuales de cada dormitorio.

La vivienda se orienta con sus principales ventanas al Este y Oeste para recibir la mayor cantidad de radiación solar, las principales ventanas están ubicados en los ambientes de la sala, comedor, cocina y dormitorios. También se proponen ventanas en la entrada principal y en el dormitorio de padres, ya que estos ambientes tiene la posibilidad de aprovechar las vistas más amplias, las cuales están ubicadas al sur.

Figura N.35. Planta Baja

Escala 1-125

Área Total: 72,06 m²

Lista de espacios:

Sala

Comedor

Cocina

Lavandería

Baño Social

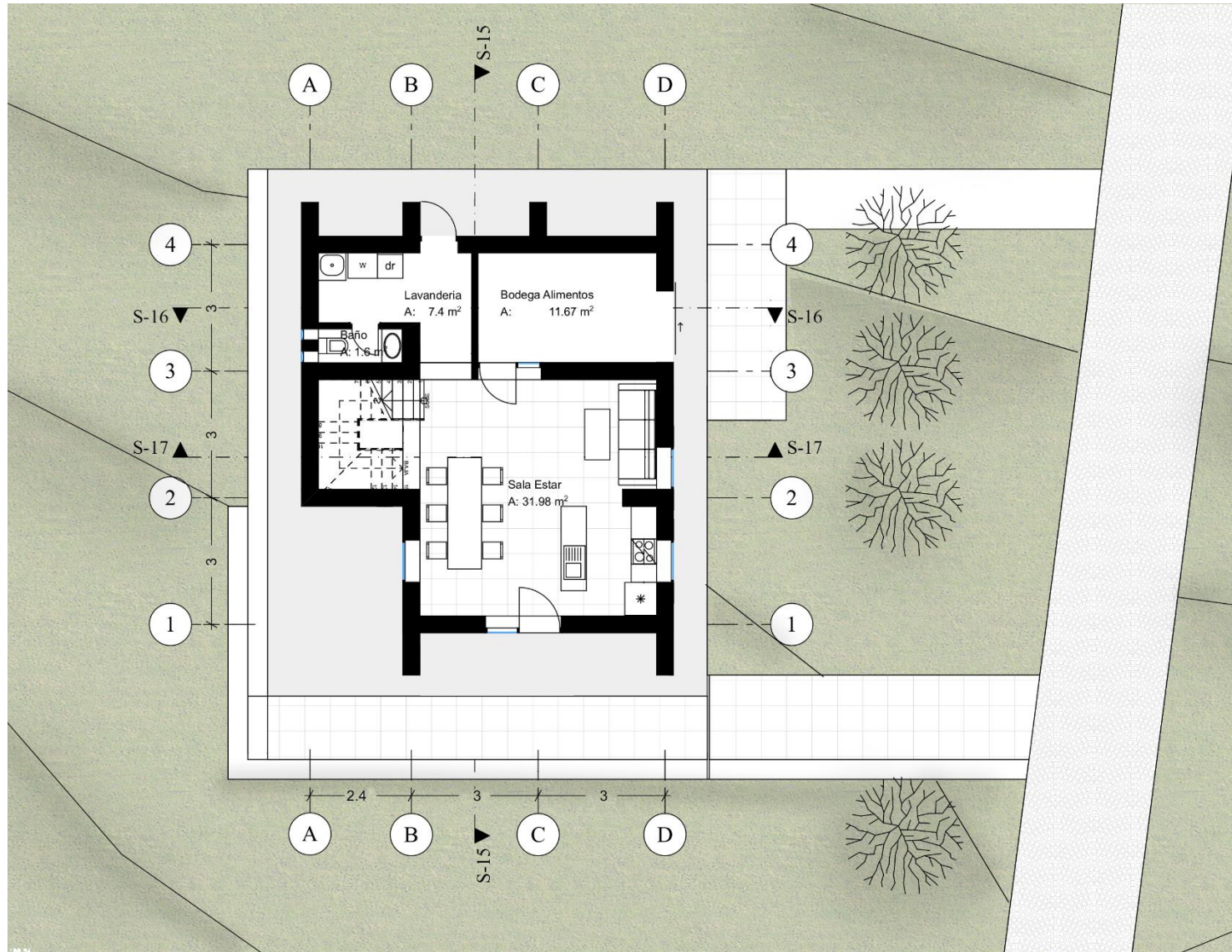


Figura N.36. Planta Alta

Área Total: 77,51 m²

Terraza: 20,8 m²

Lista de espacios:

2 Dormitorios

3 Baños Completos

Pasillos

Balcón

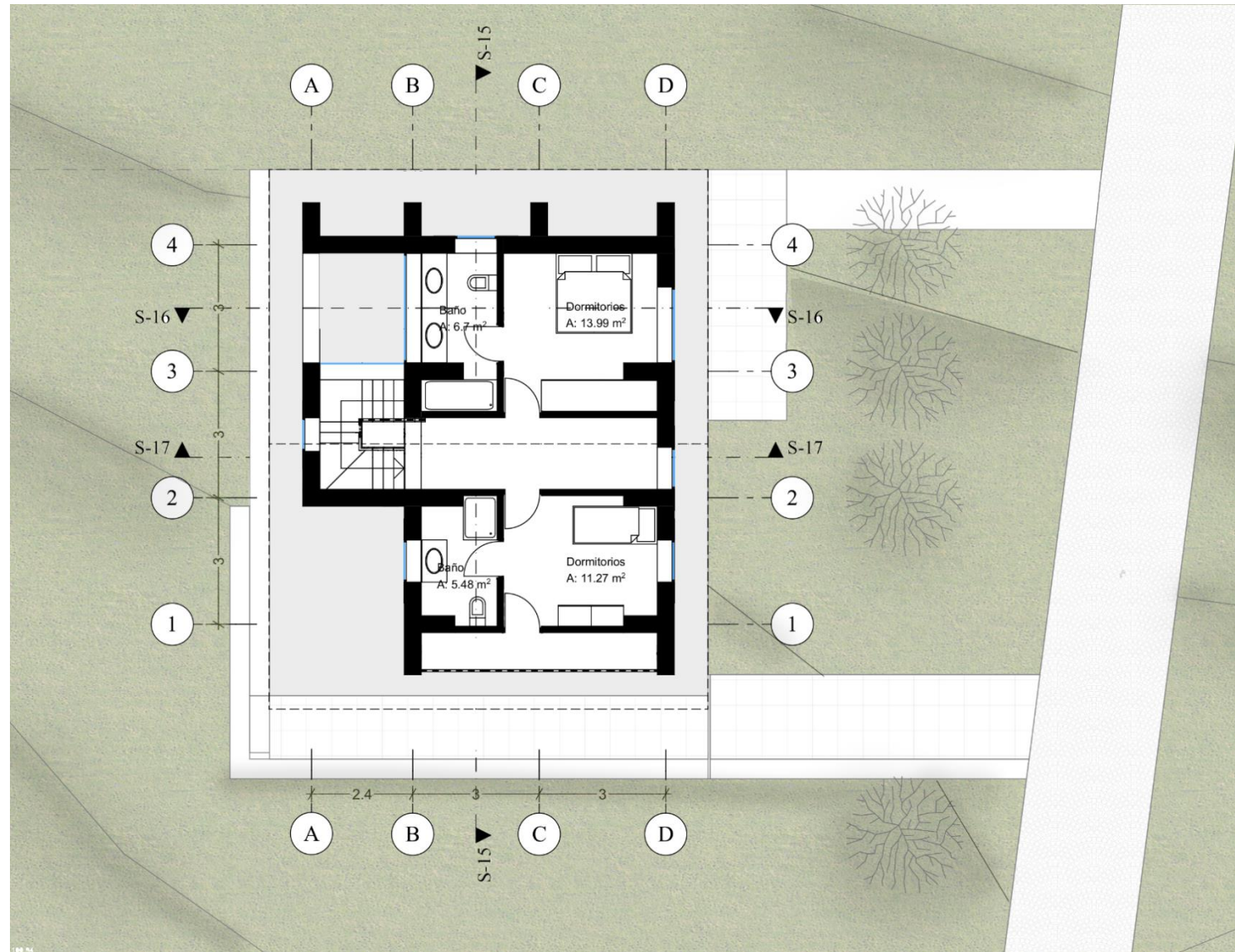


Figura N.37. Sección 15 – Escala 1-125

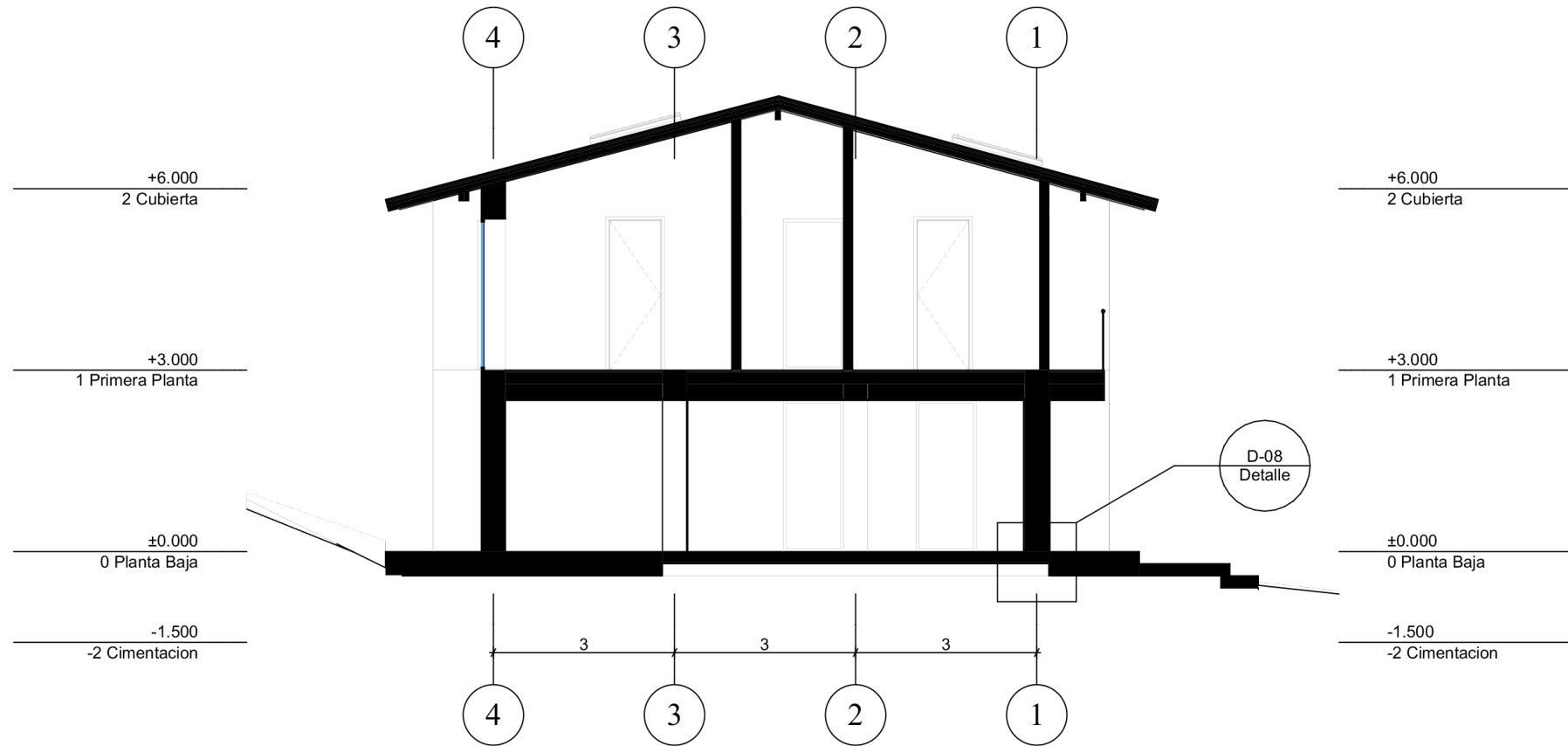


Figura N.38. Sección 16 – Escala 1-175

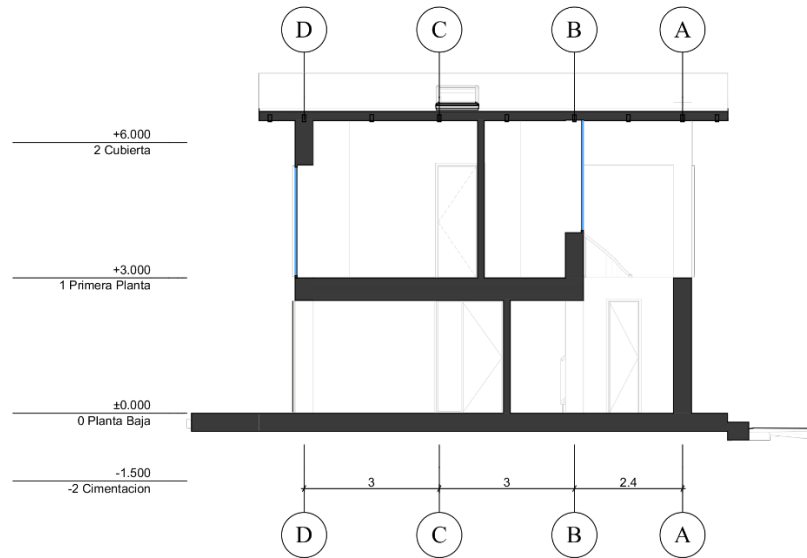
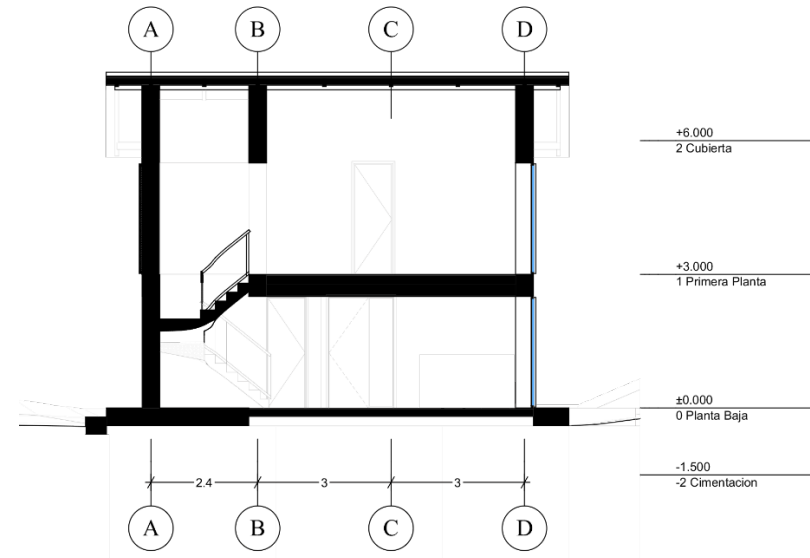


Figura N.39. Sección 17 – Escala 1-175



Los siguientes renders son una posible representación de la propuesta arquitectónica, se representan elementos y materiales.

Figura N.40. Render Exterior 1



Figura N.41. Render Exterior 2



Figura N.42. Render Exterior 3



Figura N.43. Render Exterior 4



Figura N.44. Render Exterior 5



Figura N.45. Render Interior 1



Figura N.46. Render Interior 2



Figura N.47. Render Interior 3



2.3 CONFIGURACIÓN ECODESIGNER – ACTIVIDADES Y AMBIENTE

En Ecodesigner de Archicad, se configura el ambiente próximo al proyecto, es decir el nivel del terreno, el tipo de suelo y el ambiente de los alrededores. Además, se especifica el tipo de sistemas para protección de viento y sombreado. En la siguiente tabla se detallan las características ambientales del proyecto.

Tabla N.11. Configuración ambiental Modelo 3d

Transferencia superficial de calor	Interno Convectivo	6.60	W/m2K
	Externo Combinado	22.70	W/m2K
Suelo Arcilloso	Conductividad térmica	0.50	W/mK
	Densidad	1800	Kg/m3
	Capacidad calorífica	1000	J/KgK
Ambiente Próximo	Alrededores	Huerto	<i>Predeterminada</i>
	Reflectancia del suelo	20	%
Protección Solar	Oeste	100	%
	Noroeste	50	%
Sombras Horizontales	Norte	25	%
	Noreste	25	%
	Noroeste	25	%
	Oeste	25	%

El análisis de Ecodesigner se realiza en base a zonas térmicas del modelo 3d (BIM), las zonas térmicas representan diferentes espacios con requerimientos comunes, en la presente investigación se eligen 5 zonas térmicas, las cuales son: áreas comunes, dormitorios, áreas húmedas, pasillos y escalera. Las áreas comunes están en la planta baja e incluyen sala, comedor y cocina; las áreas húmedas son los servicios higiénicos y la lavandería; los dormitorios son 2 espacios y están en la segunda planta; los pasillos son circulaciones horizontales; y la escalera están en 2 plantas y es la circulación vertical.

UCUENCA

Cada zona térmica tiene su propio “perfil de operación”, aquí se configuran los datos de ocupación y se programa un horario para uso diario de la zona. En los datos de ocupación se especifica la ganancia de calor humano, carga de servicio de agua caliente y carga de humedad. Para programar el horario de uso diario se puede optar por tener 1 o más perfiles de operación dependiendo el uso que se le va a dar a la zona a lo largo de una semana, luego en cada perfil se selecciona un periodo de tiempo con un rango de 24h/día, en el cual existe actividad en la zona, las actividades determinan los requerimientos de temperatura y ganancia de calor interno. La ganancia de calor interno de la zona está definida por factores como la cantidad de personas, cargas de iluminación y cargas de equipos mecánicos. Los datos de la protección solar y sombras horizontales son en base al análisis climático, además, Ecodesigner auto configura los datos y se elige esta opción.

Tabla N.12. Configuración datos de las zonas térmicas

		Unidad	Áreas Comunes	Dormitorios	Áreas Húmedas	Pasillo	Escalera
Datos de Ocupación	Ganancia de Calor Humano	W per cápita	120	70	120	100	100
	Carga Servicio de Agua Caliente	l/día per cápita	70	0	30	20	20
	Carga de Humedad	g/día, m2	80	2	100	30	30
Recurrencia			Todos los días	Todos los días	Todos los días	Todos los días	Todos los días
Rango de Fechas			Todo el año	Todo el año	Todo el año	Todo el año	Todo el año
Horas de Uso			8760	8760	8760	8760	8760
Horario Diario	Periodo de Tiempo/ día	Hora de Inicio	4:00	18:00	6:00	-	-
		Hora de Fin	22:00	10:00	22:00	-	-
	Requerimiento de Temperatura	Máxima °C	22	22	22	-	-
		Mínima °C	16	15	14	-	-
	Recuento de ocupación	m2 per cápita	12.5	30	12	-	-
Pedro Andres Mendieta Correa	Iluminación	W/m2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	Equipo mecánico	W/m2	3	0.5	1	-	-

[Esta página se dejó intencionalmente en blanco]

3. CAPITULO

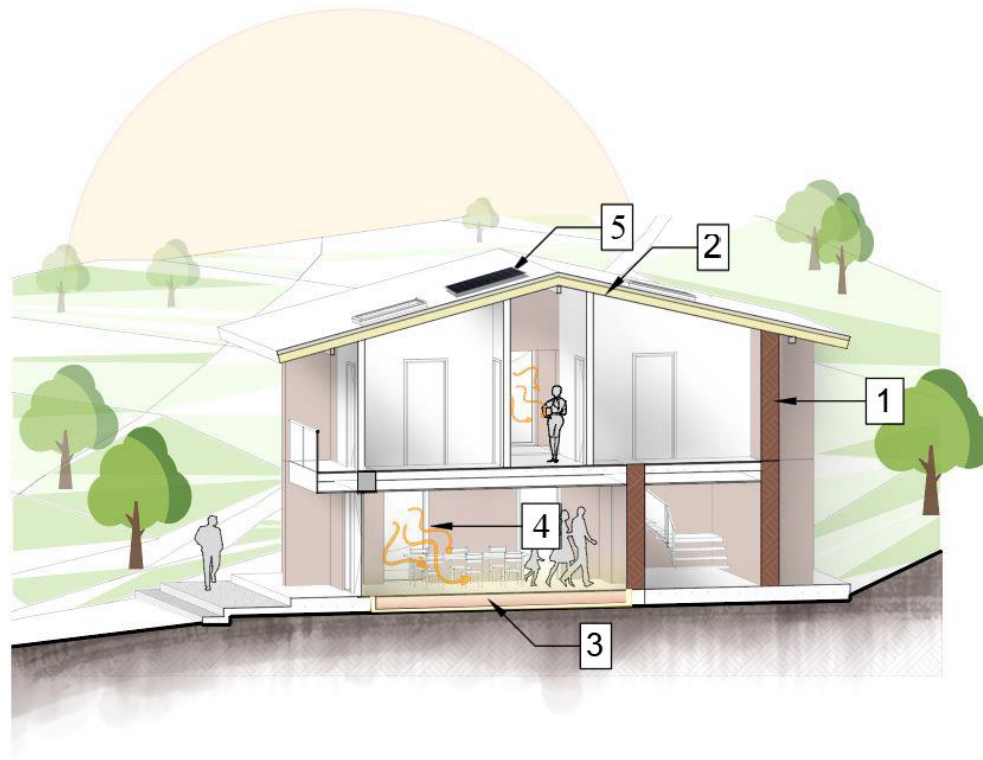
En el presente capítulo se analizan las soluciones energéticas ya elegidas en base al estudio de Task40 Research Group, cada solución arquitectónica se simula en Ecodesigner de Archicad (BEM), se pretende mejorar el rendimiento energético de la vivienda por lo que se compara la misma vivienda con diferentes materiales. Las características físicas de los paquetes constructivos utilizados en la simulación de Ecodesigner tiene datos recomendados por la normativa de eficiencia energética del Ecuador (NEC-EE, 2018).

Para mejorar el rendimiento energético se compara una edificación “base” con cada una de las 5 soluciones ya determinadas. La edificación base es un ejemplo de una vivienda de San Juan con materiales básicos, como bloque de hormigón en paredes, hormigón para piso y cubierta de zinc. A partir de esta propuesta se realizan variaciones en cuanto a la materialidad y dimensiones en base a las soluciones energéticas.

El conjunto de soluciones arquitectónicas se basa en el aprovechamiento de la radiación solar, la inercia térmica de las paredes de tapial, y un correcto aislamiento de piso y cubierta para evitar la pérdida de calor. En el diseño arquitectónico para aprovechar la radiación solar de San Juan se utilizan estrategias solares activas y pasivas. Estrategias activas como paneles fotovoltaicos y colectores de tubo de vacío, y estrategias pasivas como calefacción solar pasiva. Las estrategias solares activas permiten generar más energía de la que el usuario requiere, las energías que se requiere son la eléctrica y térmica, las cuales tendrán como objetivo alcanzar el estándar net zero. El conjunto de estrategias solares pasivas están enfocadas a disminuir la necesidad de calefacción del usuario, para ello se considera las características físicas de los materiales de la envolvente, características como su capacidad para reducir la transmisión de calor o su inercia frente a las fluctuaciones de temperatura del exterior.

3.1 ANÁLISIS DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS

El diseño arquitectónico se modela y calcula el ahorro energético en Ecodesigner, en base a 5 diferentes estrategias, las que se pueden ver en el Gráfico Axonometría Estrategias. Cada estrategia se evalúa de acuerdo a su rendimiento energético para cumplir con los requerimientos de calefacción o enfriamiento que se necesite a los largo del año. Las características y análisis energéticos de las "soluciones" se detallan en los siguientes puntos:



- a. Paredes Tapial – Envolverte – Inercia Térmica
- b. Cubierta – Aislamiento
- c. Piso Masa Térmica – Aislamiento
- d. Ventanas – Iluminación Eficiente
- e. Panel Solar

Tabla N.13. Axonometría Estrategias 01

UCUENCA

a. Paredes Tapial – Envolvente – Inercia Térmica

El tapial es uno de los materiales con mejor inercia térmica, es decir que posee una buena capacidad para almacenar calor debido a que tiene una emisión radiactiva muy baja. Para calcular la eficiencia energética del tapial para mantener un espacio interno confortable se compara la pared de tapial con una pared de bloque de hormigón mixto. Las propiedades físicas y térmicas de los materiales de construcción de las paredes son los siguientes:

Tabla N.14. Comparación propiedades materiales de envolvente

Elemento constructivo	Paquete constructivo	Componentes	Espesor (cm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad (W/mK)	Factor-U (W/m ² K)	Infiltración (l/sm)
Pared (1)	Tapial	Tierra comprimida	40	2100	1.5	2.37	1.10
Pared (2) (vivienda base)	Bloque de hormigón	Bloque mixto	15	1400	0.6	2.04	5.55

La siguiente tabla muestran los resultados de la simulación, el ahorro total sugiere que la pared 1 presenta un mejor comportamiento para mantener el confort a lo largo del año, debido a que se utiliza menos energía especialmente para calefacción. La siguiente tabla describe el rendimiento energético de la pared de tapial en comparación con una pared de bloque de hormigón, el ahorro total de energía de la pared de tapial de casi el 40%.

Tabla N.15. Contabilización de energía paredes

Uso de Energía	Unidad	Pared 1	2 (vivienda base)	Ahorros (%)
Calefacción	Energía usada (kWh)	20432.30	32485.53	37.10
	Demanda pico (kW)	7.77	6.57	-18.19
Enfriamiento	Energía usada (kWh)	0	0	0
	Demanda pico (kW)	0	0	0
Servicio de agua caliente, iluminación y equipos	Energía usada (kWh)	818.46	1590.91	48.55
	Demanda pico (kW)	0.09	0.19	47.36
Energía total anual usada (kWh/a)		21250.76	34076.44	37.64

UCUENCA

b. Cubierta – Aislamiento

Los datos del consumo energético que se generan para la estrategia de la cubierta incluyen la anterior estrategia de pared. Por lo que los siguientes resultados de ahorro energético considera el 37.64% de ahorro generado en la anterior estrategia.

Una cubierta de zinc tiene poca capacidad para mantener el confort en comparación con una cubierta tradicional de teja, la cubierta de zinc presenta una infiltración muy alta y una baja capacidad de aislamiento. Para el análisis de la estrategia de cubierta se minimiza las perdidas por transmisión y se controla las infiltraciones, las características físicas de las cubiertas que se comparan son las siguientes:

Tabla N.16. Propiedades materiales Cubierta

Elemento constructivo	Paquete constructivo	Componentes	Espesor (cm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad (W/mK)	Factor-U (W/m ² K)	Infiltración (l/sm)
Techo (1)	Cubierta Tejas	Teja	0.04	2000	1	0.89	2.20
		Cámara de aire - marco	0.03	1.2	0.15		
		Membrana - aislamiento lluvia	0.01	1390	0.17		
		Cámara de aire - marco	0.05	1.2	0.15		
		Madera - Estructural	0.08	700	0.18		
		Enlucido yeso	0.01	700	1300		
Techo (2) (vivienda base)	Cubierta de Zinc	Zinc de Titanio	0.03	7200	110	7.04	11.00

La siguiente tabla muestran los resultados de la simulación, y sugiere que la propuesta del techo 1 representa un mejor comportamiento térmico en el interior de la vivienda a lo largo del año.

Tabla N.17. Contabilización de energía paredes y cubierta

Uso de Energía	Unidad	+ Pared 1 + Techo 1	2 (vivienda base)	Ahorros (%)
Calefacción	Energía usada (kWh)	10590.60	32485.53	67.40
	Demanda pico (kW)	4.07	6.57	37.99
Enfriamiento	Energía usada (kWh)	0	0	0
	Demanda pico (kW)	0	0	0
Servicio de agua caliente, iluminación y equipos	Energía usada (kWh)	818.46	1590.91	48.55
	Demanda pico (kW)	0.09	0.19	47.36
Energía total anual usada (kWh/a)		11409.06	34076.44	66.52

UCUENCA

c. Piso Masa Térmica – Aislamiento

Los datos del consumo energético que se generan para la estrategia de masa térmica incluyen las dos estrategias anteriores. Es decir, los siguientes resultados de ahorro energético consideran el 66.52% de ahorro de las estrategias de las paredes de tapial y cubierta de teja.

Para la estrategia de masa térmica se emplea un sistema de calefacción pasivo, de tal modo que la superficie de la losa de hormigón de contrapiso emita calor acumulado resultante de la radiación solar que ingresa por las ventanas. Como se puede ver en el siguiente gráfico, para evitar la pérdida de calor por transmisión en el suelo se coloca un aislante de poliuretano de 3cm de espesor, con lo cual no existe flujo de energía de la losa hacia las paredes de tapial o el piso natural.

Figura N.48. Flujo de Energía, Unión Piso - Pared

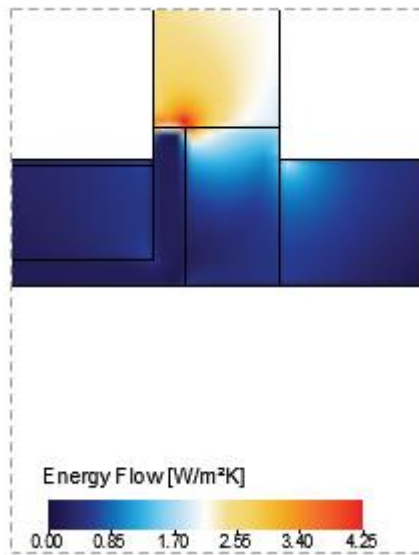


Figura N.49. Detalle 18 (Revisar Sección 15) Piso – Masa Térmica

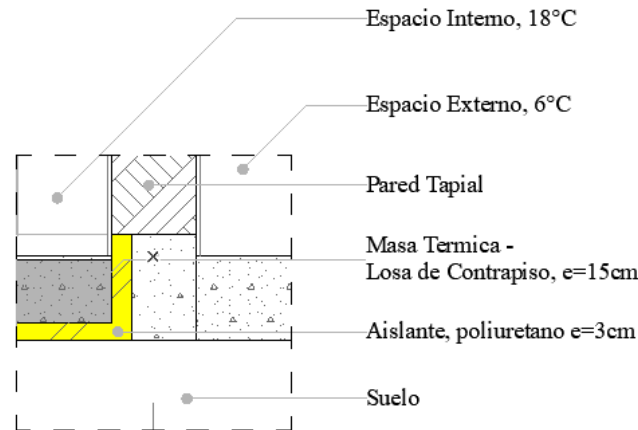
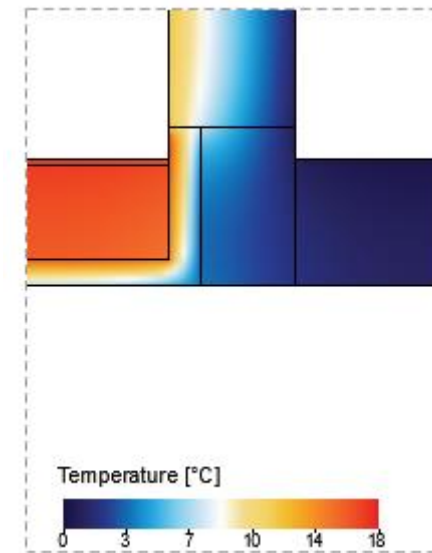


Figura N.50. Flujo de Temperatura Unión Piso - Pared



Para calcular la eficiencia de la losa con inercia térmica se compara con la simulación de la vivienda base. Las propiedades físicas y térmicas de los materiales de construcción de piso y pared son los siguientes:

Tabla N.18. Propiedades materiales Piso

Elemento constructivo	Paquete constructivo	Componentes	Espesor (cm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad (W/mK)	Factor-U (W/m ² K)	Infiltración (l/sm)
Piso (1)	Hormigón + Aislante	Madera, piso flotante	2	500	0.13	0.83	1.1
		Hormigón armado	15	2800	1.35		
		Poliuretano	3	28	0.032		
Piso (2) (vivienda base)	Hormigón	Hormigón armado	20	2300	2.3	11.5	1.1

La siguiente tabla muestran los resultados de la simulación, el ahorro total sugiere que el piso 2 (vivienda base) es menos eficiente manteniendo el confort a lo largo del año.

Tabla N.19. Contabilización de energía paredes, cubierta y piso

Uso de Energía	Unidad	+ Pared 1 + Techo 1		Ahorros (%)
		+ Piso 1	2 (vivienda base)	
Calefacción	Energía usada (kWh)	6077.91	32485.53	81.29
	Demanda pico (kW)	2.91	6.57	55.76
Enfriamiento	Energía usada (kWh)	0	0	0
	Demanda pico (kW)	0	0	0
Servicio de agua caliente, iluminación y equipos	Energía usada (kWh)	818.46	1590.91	48.55
	Demanda pico (kW)	0.09	0.19	47.36
Energía total anual usada (kWh/a)		6896.37	34076.44	79.76

d. Ventanas – Iluminación Eficiente

En los siguientes gráficos se muestra el análisis solar en la que se la radiación del sol interactúa con las ventanas, por lo que para obtener una iluminación y ganancia solar eficiente se orientan las principales ventanas hacia el Este y Oeste (INER, 2017).

Figura N.51. Porcentaje de área translucida expuesta a luz solar directa Sala - Orientación Este

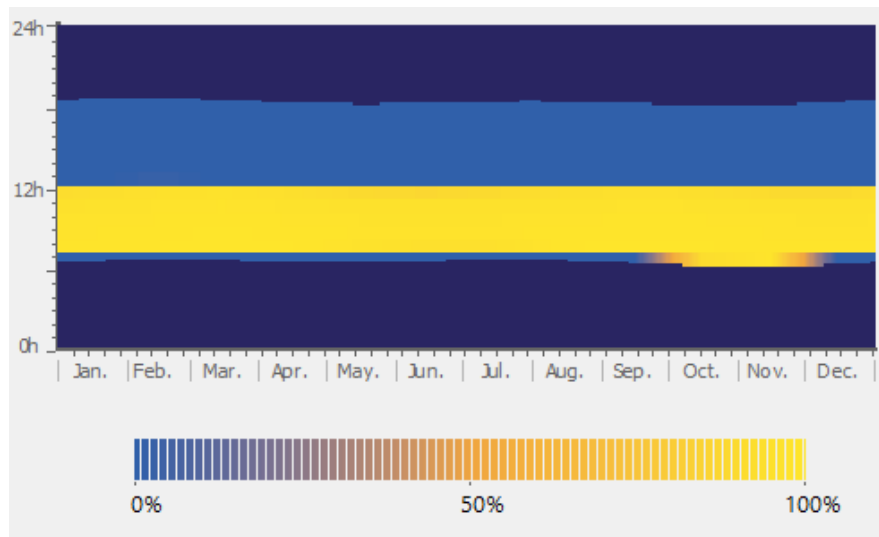
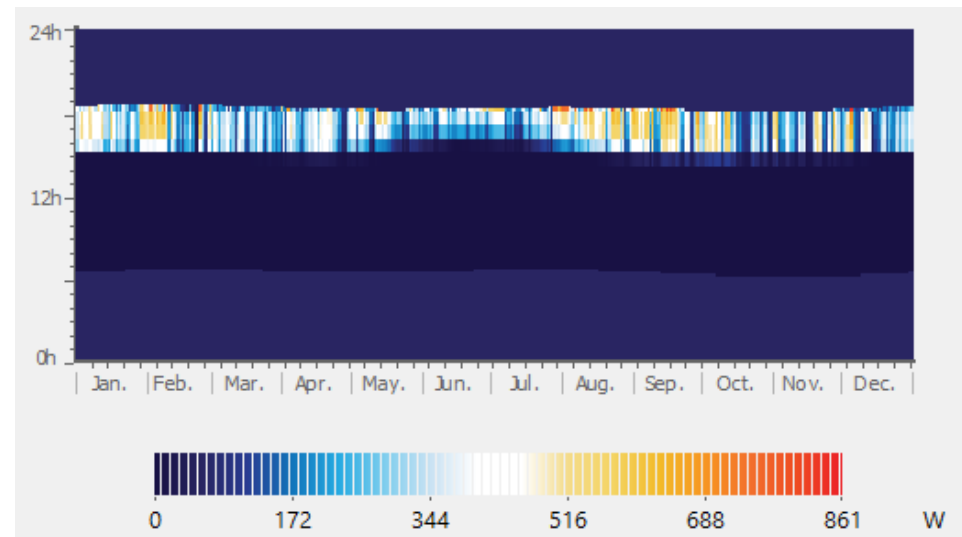


Figura N.52. Radiación Solar directa sobre superficies translucidas Sala – Orientación Oeste



Como se puede observar en los anteriores gráficos, en orientación Este y Oeste incide una gran cantidad de radiación solar, por lo que se se pretende maximizar la cantidad y tamaño de ventanas en estas orientaciones. Además, en los siguientes gráficos se observa las orientaciones Norte y Sur que no presentan mayores niveles de radiación en por lo que se prefiere minimizar la cantidad de ventanas en estas orientaciones

UCUENCA

Figura N.53. Porcentaje de área translúcida expuesta a luz solar directa
Baño – Orientación Sur

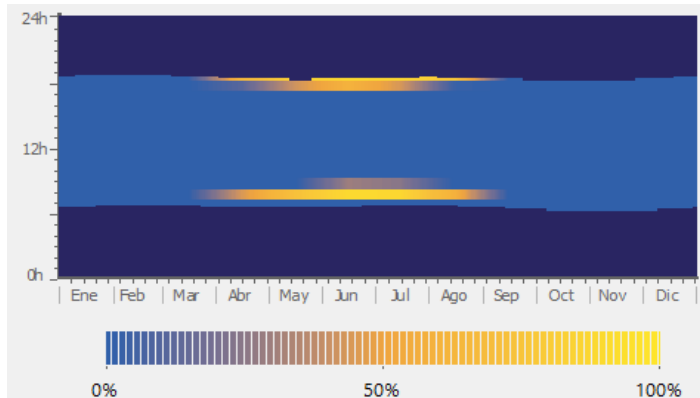


Figura N.54. Radiación Solar directa sobre superficies translúcidas
Baño – Orientación Sur

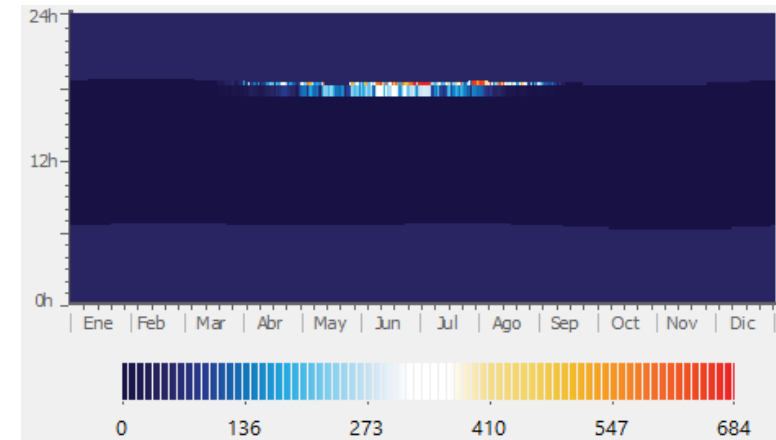


Figura N.55. Porcentaje de área translúcida expuesta a luz solar directa
Puerta Ingreso – Orientación Norte

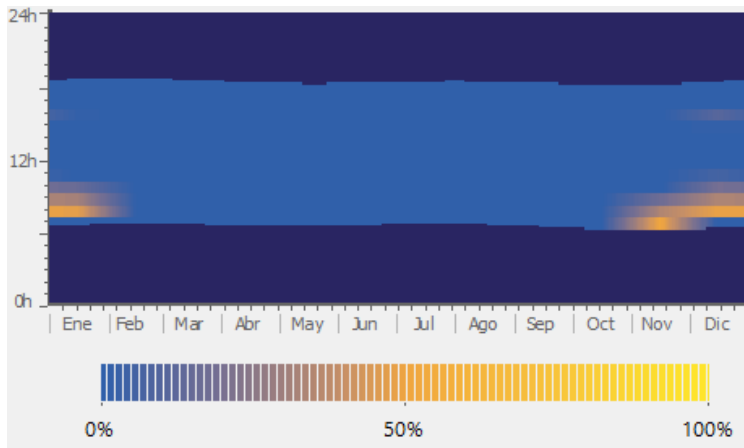
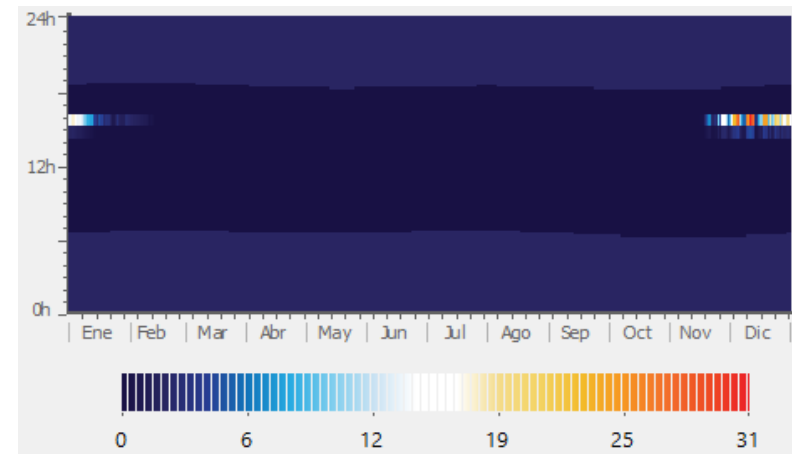


Figura N.56. Radiación Solar directa sobre superficies translúcidas
Puerta Ingreso – Orientación Norte



El objetivo de la estrategia de las ventanas es proponer ventanas piso techo y calcular la eficiencia en relación con el confort interno de la vivienda, para el análisis se simulan 3 tipos de ventanas las cuales varían en dimensiones y aislamiento.

Tabla N.20. Propiedades Materiales Ventanas

Elemento constructivo	Paquete constructivo	Componentes	Espesor (cm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad (W/mK)	Altura (m)
Ventana (1)	Vidrio simple (3 mm)	Vidrio transparente	0.03	2500	0.9	2.5
	Cámara de aire	Aire	0.3	1.2	0.15	
	Vidrio simple (3 mm)	Vidrio transparente	0.03	2500	0.9	
Ventana (2) (Vivienda base)	Vidrio simple (3 mm)	Vidrio transparente	0.03	2500	0.9	1

Las infiltraciones propuestas de aire se mide por metro lineal de junta a una diferencia de presión de 100Pa, y están en concordancia con las características de fuga moderada de aire, tipo 30, normal (CITEC UBB, 2013). Las propiedades físicas de los materiales de construcción de ventanas son los siguientes:

Tabla N.21. Propiedades Materiales Ventanas

Elemento constructivo	Valor U - Área opaca (W/m ² K)	Valor U - Área translúcida (W/m ² K)	Valor U Total (W/m ² K)	Transmisión solar total (%)	Transmisión solar directa (%)	Ψ - Valor PSI del perímetro (W/mK)	Infiltración (l/sm)
Ventana (1)	1.87	2.8	2.49	82	69	0.15	1.11
Ventana (2) (Vivienda base)	2.5	5.8	4.27	87	76	0.21	13.85

UCUENCA

Los resultados del análisis del consumo energético que se generan para la estrategia de ventanas incluyen las tres estrategias anteriores. Es decir, los siguientes resultados de ahorro energético consideran el 54.78% de ahorro de las estrategias de las paredes de tapial, cubierta de teja y masa térmica en el piso.

La siguiente tabla muestran que en la ventana 1 se propone una ventana con doble vidrio lo que ayuda a controlar las pérdidas de calor y genera un ambiente interior estable y existe un ahorro energético con esta propuesta.

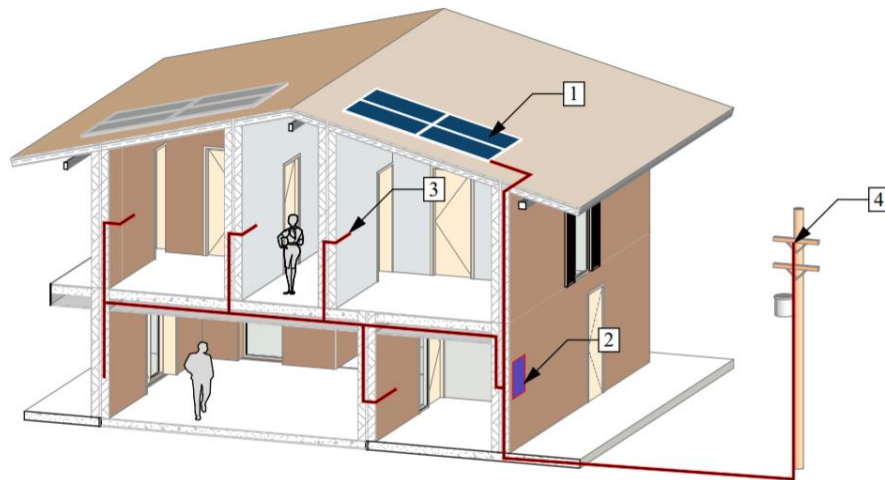
Tabla N.22. Contabilización de energía cubierta, paredes, piso y ventanas

Uso de Energía	Unidad	+ Pared 1 + Techo 1 + Piso 1 +		Ahorros (%) Ventana 1
		Ventana 1	2 (vivienda base)	
Calefacción	Energía usada (kWh)	5333.10	32485.53	83.58
	Demanda pico (kW)	3.03	6.57	53.96
Enfriamiento	Energía usada (kWh)	0	0	0
	Demanda pico (kW)	0	0	0
Servicio de agua caliente, iluminación y equipos	Energía usada (kWh)	848.85	1590.91	46.64
	Demanda pico (kW)	0.09	0.19	52.63
Energía total anual usada (kWh/a)		6181.96	34076.44	81.86

e. Panel solar – Demandas de Energía Eléctrica y Térmica

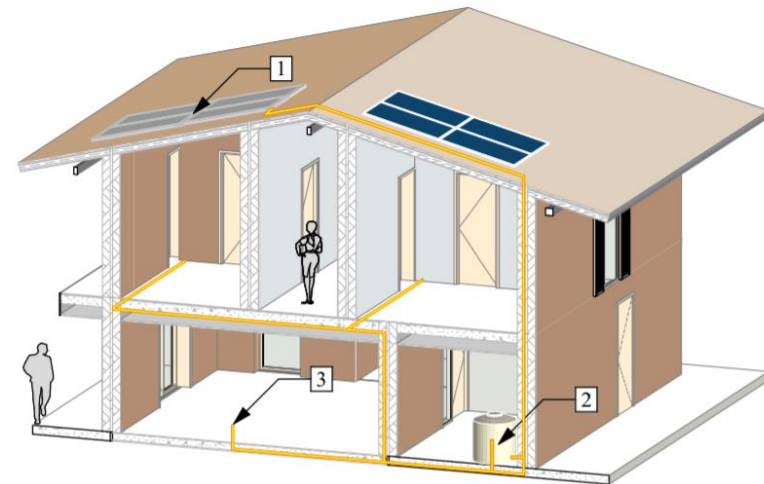
El propósito de los paneles solares es el de alcanzar el estándar net zero energy, es decir suplir la demandas energéticas de la vivienda mediante fuente de energía renovables. Para ello se calcula la cantidad y dimensiones que se necesitara en la vivienda propuesta en San Juan. Las siguientes figuras esquematizan la propuesta del funcionamiento de los paneles solares.

Figura N.57. Esquema Axonométrico del funcionamiento de los paneles solares fotovoltaicos



1. Panel Solar Fotovoltaiico
2. Inversor, medidor y tablero de distribución
3. Circuito Eléctrico Interno Vivienda
4. Red Eléctrica Publica

Figura N.58. Esquema Axonométrico del funcionamiento de los paneles solares fotovoltaicos



1. Panel Solar Colector Tubo de Vacío
2. Acumulador de agua
3. Servicio Agua Caliente

UCUENCA

Panel Solar de Placa Fotovoltaica

Las placas fotovoltaicas generan energía eléctrica, se propone instalar el panel solar residencial SPR-MAX3-400. El cual tiene una potencia nominal de 400W, una eficiencia del 22.6% comparada con un panel convencional en matrices del mismo tamaño (260W, 16% de eficiencia, aprox 1.6m2).

La energía eléctrica en la vivienda se utilizará para la iluminación, equipos y para calefacción. Las demandas de energía eléctrica son de 264.5 kWh/a para iluminación, y 584.30 kWh/a para equipos. Los valores son resultado de la simulación de Ecodesigner, estos valores se pueden revisar en el link del Capitulo 4.

La calefacción de la vivienda se realizará mediante una bomba de calor aire-aire, por lo que se propone utilizar un aire acondicionado Climate 3000i -SER 35 WE R32 BOSCH. La demanda de energía para calefacción es de 5333.10 kWh/a, y considerando que la bomba de calor tiene un coeficiente de rendimiento estacional (SCOP) de 4.2, la demanda de energía eléctrica para calefacción es de 1269.79 kWh/a.

La demanda de energía eléctrica total es **2118.64 kWh/a**, lo que es igual a 5804.49 Wh/día. En la siguiente tabla se calcula la cantidad de módulos de paneles solares necesarios para abastecer toda la demanda de energía eléctrica necesaria para la vivienda.

Cálculo de la cantidad de módulos necesarios de paneles solares						
DEMANDA DE ENERGÍA	CONDICIONES AMBIENTALES		PANEL SOLAR			# MÓDULOS
	RADIACIÓN DIRECTA	HORA SOL PICO	POTENCIA	EFICIENCIA	ÁREA INCIDENCIA	
∑ Wh/día	Wh/m2/día	hora	Watts (W)	%	m2	9
5804.49	4300	4.3	400	22.6	1.77	

$$HORA SOL PICO = \frac{radiación solar}{1kW/m2}$$

$$\# modulos = \frac{demanda energía}{HSP * eficiencia * potencia pico del módulo * área incidencia}$$

La energía eléctrica que pueda quedar de excedente por la producción de paneles se puede aportar a la red eléctrica, de acuerdo a la resolución 003/18 del ARCONEL.

Colector tubo de vacío

La propuesta es un calentador de agua solar térmico de tubo de vacío WOMBAT Apricus el modelo (WB-HP-SP-150L-15).

Características panel solar WOMBAT Apricus

TUBO AL VACÍO			TANQUE DE AGUA		
Tamaño (mm)	No. Piezas	Área de captación (m2)	Dimensiones (mm)	Aislamiento (mm) – Poliuretano	Capacidad (L)
Ø 58 x 1800	15	1.42	Ø 460 x 1330	50	150

La cantidad de colectores solares se definen de acuerdo a la demanda de energía calórica, para la demanda de energía total se toma en cuenta la demanda de agua caliente. Para calcular la demanda de agua caliente se considera la normativa nacional de construcción (NEC-HS-ER, 2020), la cual recomienda seguir el Código Español (CTE DB-HE4, 2013), en donde la demanda de agua caliente en una vivienda es de 28 l/(hab*día). Considerando que 1L=1kg y con una población de 4 habitantes. $M = 112Kg$ de agua

Para calcular la demanda de energía para agua caliente (De), se realiza lo siguiente:

Donde,

Ce: Calor específico del agua (4.18 KJ/Kg°C)

$$De = M \times Ce \times (tf - ti) = 13\ 576\ KJ$$

t: temperatura del agua (inicial 11°C y final 40°C)

UCUENCA

Para calcular la cantidad de paneles de tubo de vacío se realiza lo siguiente:

Donde,

Acap: Área captación panel tubo de vacío = 1.42m²

Id: Radiación solar de diseño (4300 x 3.6 KJ/m²)

De: Demanda de energética (KJ)

Ef: eficiencia global del sistema = 68.72%

$$Cantidad = \frac{De}{Id \times ef \times Acap} = 0.89$$

En total se requiere 1 panel de tubo de vacío para suplir completamente las demandas de energía calórica.

3.2 VALIDACIÓN CRITERIO NET ZERO ENERGY

a. Contabilidad y Mediciones de Energía

Para contabilizar la energía se toma en cuenta la cantidad total generada por los paneles solares. Los valores son resultado de la simulación de Ecodesigner, estos valores se pueden revisar en el link del Capitulo 4.

Tabla N.23.Energía Generada

Colector tubo de vacío	Se considera lo generado por 1 panel. Es la energía generada mediante el colector de tubos de vacío propuesto, el cual suplen las demandas de agua caliente.	1531.54 kWh/año
Placas fotovoltaicas	Se considera lo generado por 9 paneles. Es la energía generada mediante los paneles solares monocristalinos que suplen las demandas energéticas de iluminación y cargas conectadas.	2260.19 kWh/año

Las demandas de energía son de agua caliente, iluminación, equipos y calefacción. Pero para suplir

Tabla N.24.Demanda de Energía

Agua Caliente	Son las demandas de agua caliente sanitaria calculadas de acuerdo a las recomendaciones de la normativa nacional. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2020)	1376.45 kWh/año
Iluminación y Cargas conectadas	Se refiere al total del consumo eléctrico de la iluminación artificial y de todos los aparatos eléctricos (cocina, refrigerador, plancha, televisión, cargadores, etc.)	848.85 kWh/año

UCUENCA

Calefacción

Las demandas de calefacción son las calculadas mediante el Ecodesigner de Archicad, para suplir estas demandas se utiliza una bomba de calor aire-aire con SCOP de 4.2. Es decir, se utiliza una fracción de la energía necesaria para calentar la vivienda

1269.79 kWh/año

b. Cálculo de la Fuente de Energía

La energía renovable es mayor que la energía entregada al edificio anualmente, por lo que de acuerdo a la definición de ASHRAE 104 se considera una edificación NET ZERO ENERGY.

$$\begin{aligned}\sum (E_{ent.} \cdot r_{ent.}) &= \textit{Agua Caliente (3,15)} + \textit{Cargas Conectadas (3,15)} + \textit{Calefacción (3,15)} \\ &= (1376.45 + 848.85 + 1269.79) \times 3,15 \textit{ kWh/año} \\ &= 3495.09 \times 3,15 \textit{ kWh/año}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum (E_{exp.} \cdot r_{exp.}) &= \textit{Colector Tubo de vacío (3,15)} + \textit{Placas fotovoltaicas (3,15)} \\ &= (1531.54 + 2260.19) \times (3,15) \textit{ kWh/año} \\ &= 3791.73 \times 3,15 \textit{ kWh/año}\end{aligned}$$

$$E_{fuente} = \sum (E_{ent.} \cdot r_{ent.}) - \sum (E_{exp.} \cdot r_{exp.}) = -296.64 \times 3,15 \textit{ kWh/año}$$

[Esta página se dejó intencionalmente en blanco]

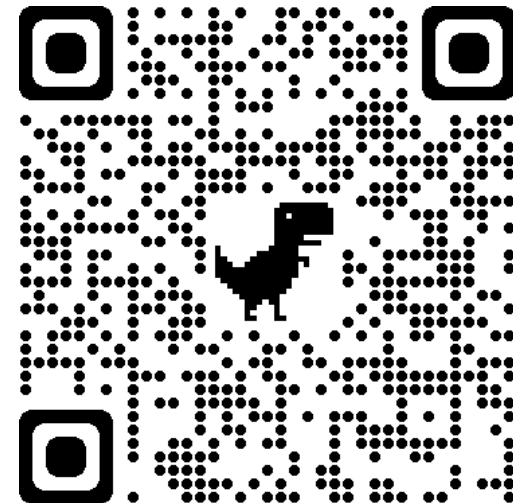
4. CAPITULO IV

Los informes generados en Eco-Designer de Graphisoft se pueden visualizar en el siguiente link y código QR:

<https://drive.google.com/drive/folders/1lcCvgNey7Pu9P-22J9HMWTAzZqnLkAdr?usp=sharing>

En el presente capítulo se explican las decisiones tomadas y resultados obtenidos de las simulaciones, para ello se caracteriza cada una de las estrategias planteadas en el diseño del proyecto. Luego se realiza un balance energético del proyecto en general, para esto se analiza las fuentes de energía y su impacto ambiental.

Figura N.44. Código QR, Documentos BEM



4.1 ESTRATEGIAS CONSTRUCTIVAS

El cálculo de la energía total usada es resultado de la simulación de Ecodesigner (Archicad), algunas de las variables que considera el programa son la iluminación, equipos, energía latente añadida, calor humano, agua caliente, ganancia solar, calefacción; y también las pérdidas de energía por transmisión, infiltración, ventilación y aguas residuales. Todas estas variables se configuran de acuerdo a la actividad, Ecodesigner propone plantillas predeterminadas.

En resumen, aplicar los criterios de eficiencia energética para viviendas en un clima como el de San Juan ayuda a disminuir el consumo de energía, el consumo de energía depende de las actividades realizadas en la edificación, es decir requerimientos del usuario para confort térmico. Las viviendas se analizan en base a 4 estrategias masa térmica, ventanas, paredes y cubierta. En cada estrategia se plantea un criterio energéticamente preferible; cada criterio genera un consumo energético diferente para climatizar la vivienda. Al contabilizar el ahorro energético, el análisis de la cuarta estrategia los datos nos muestran una eficiencia cercana al 80%. Para suplir los requerimientos de energía calórica y eléctrica se utiliza la radicación del sol, los colectores solares pueden generar 1531.54 kWh/año de energía calórica, y las placas fotovoltaicas abastecen a la vivienda con 2260.19 kWh/año de energía eléctrica.

Tabla N.28. Resumen contabilización de energía estrategias

Estrategia	Energía Total Usada (kWh)	Diferencia (kWh)	Eficiencia (%)
Vivienda base	34076.44	-	-
Paredes	21250.76	12825.68	37.64%
Cubierta	11409.06	22667.38	66.52%
Piso	6896.37	27180.07	79.76%
Ventanas	6181.96	27894.48	81.86%

Figura N.45. Tendencia eficiencia energética de las estrategias

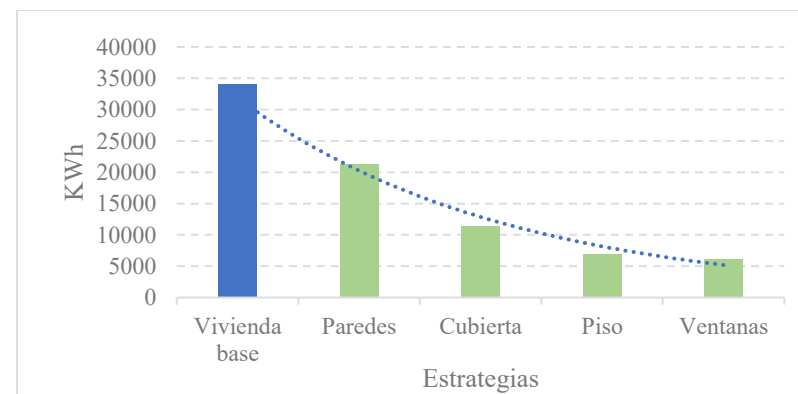
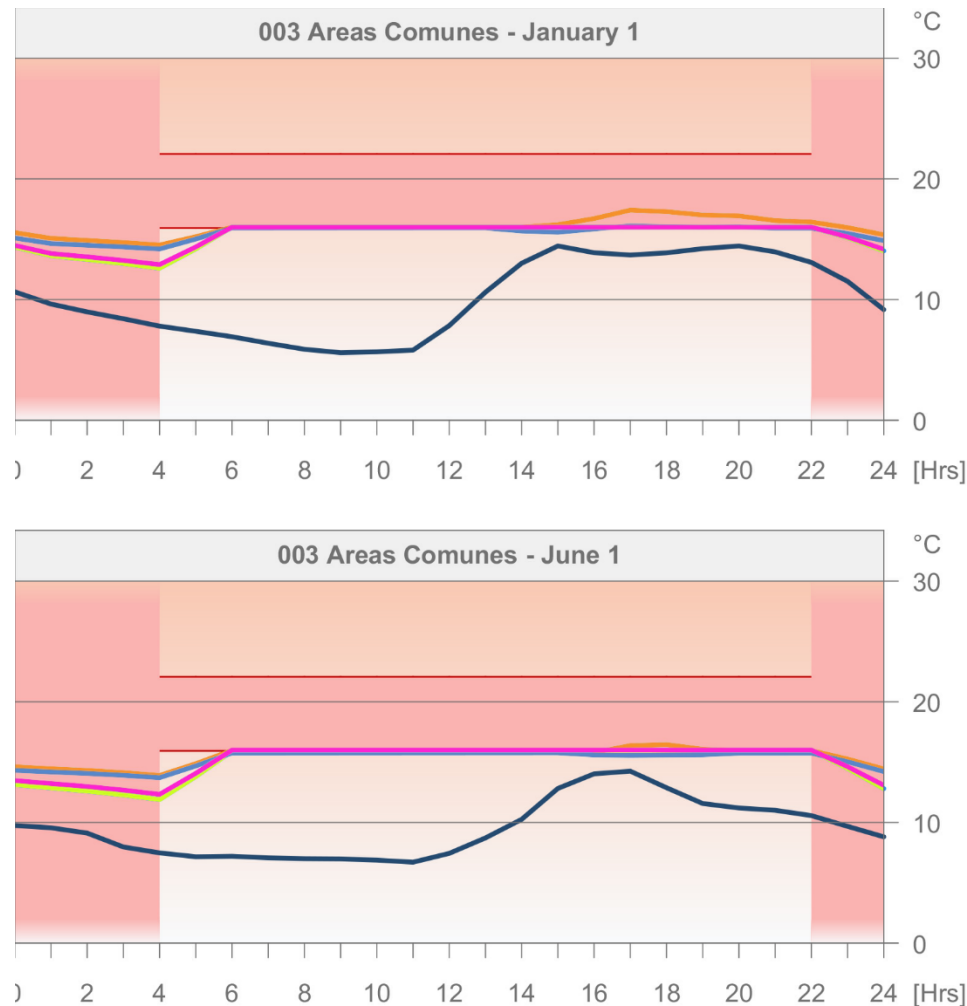


Figura N.46. Resumen temperatura interior – zona “áreas comunes”



- Temperatura exterior
- Temperatura interna solucion 1
- Temperatura interna solucion 2
- Temperatura interna solucion 3
- Temperatura interna solucion 4
- Rango de temperatura confort (16-22 °C)

Las graficas de temperatura interna llegan a un punto de equilibrio(Rango de Confort) desde los 16°C, en las primeras horas de la mañana la temperatura interna sube debido al uso del equipo electrico para calefaccion, y ademas las actividades humanas. Los equpos electricos para calefaccion funcionan siempre que la temperatura interna se encuentre por debajo del rango de confort.

Se puede observar una tendencia a aumentar la temperatura cuando se analiza una nueva solucion energetica y cada vez que se inlcuye otra solucion el requerimiento de calefaccion baja.

Fuente: *Elaboración Propia*

4.1.1. Cubierta tradicional

Una cubierta tradicional de teja ahorra casi un 40% más de energía en todo el año para climatizar la vivienda en comparación con una cubierta de zinc con estructura de madera. La cubierta tradicional aun presenta bajos porcentajes de ahorro energético principalmente por las pérdidas de calor por transmisión e infiltración en otros elementos de la vivienda, además esta estrategia la infiltración en la vivienda a 50 Pa es de 17.73 ACH

4.1.2. Pared de tapial

El tapial tiene una buena inercia térmica, usualmente la temperatura promedio de las paredes de tapial es la misma que la temperatura promedio del exterior, pero debido a la cantidad de radiación de San Juan una pared de tapial en comparación de una de bloque de hormigón acondiciona el espacio interno de la vivienda mejor. El ahorro energético al incluir esta estrategia es del 65%, además la infiltración en la vivienda a 50 Pa es de 12.55 ACH.

En este proyecto se prioriza el tapial como material para paredes de fachada debido a que la contaminación ambiental es casi nula en comparación de otros materiales comerciales, como el ladrillo o bloque de hormigón que tienen una gran cantidad de carbón incorporado en su producción y transporte.

4.1.3. Piso - Masa Térmica

Se puede aprovechar los altos niveles de la radiación en la zona ecuatorial, para ello se utiliza un aislante de poliuretano en la losa de la sala-cocina, el cual reduce el consumo de energía. Esto se ve reflejado en el informe de la temperatura interna de este espacio, ya que con el aislante la temperatura mínima que se registra en todo el año es de 12.96 °C y sin aislante es de 6.3 °C.

El ahorro energético al incluir esta estrategia es de casi el 80%, además la infiltración en la vivienda a 50 Pa es de 12.55 ACH. Usualmente en las edificaciones se pierde la mayor cantidad de calor en la unión de la cubierta con las paredes o el piso con las paredes, lo cual se puede interpretar que el aislamiento en el piso y techo es importante para reducir el consumo energético.

UCUENCA

4.1.4. Tamaño de ventanas

El análisis de las ventanas es básico y amerita un estudio más profundo, pero para analizar el requerimiento energético para mantener el confort térmico se utilizan las plantillas predeterminadas. En las plantillas se configura el tamaño de las ventanas y su calidad de sellado (infiltración de aire). Al momento de elegir ventanas de mayores dimensiones surgen inconvenientes para el ahorro de energía, debido a la infiltración de aire y las pérdidas de energía por transmisión. La propuesta de las ventanas son de altura piso techo, con vidrio doble, y un mejor sellado de uniones, aun así, la infiltración de aire a 50Pa es de 5.35 ACH, cabe mencionar que no cumple con las recomendaciones de ASHRAE que sugiere cambios de aire alrededor de 1 a 0.5 ACH. El valor de la infiltración en todos los análisis es alto debido a que se intenta simular una vivienda rural del área andina, por lo que los porcentajes de infiltración de aire con ventanas pequeñas son de casi 14 l/sm, pero para las ventanas grandes el valor desciende a casi 1 l/sm, este último valor es difícil alcanzar, pero es necesario para ventanas grandes.

También es bueno considerar que la infiltración de aire con baja velocidad a través de un muro con alta inercia térmica de ayuda a conseguir una ventilación necesaria sin mayor pérdida de calor. La infiltración de aire no se intenta controlar debido a que no se considera viable un sistema de ventilación con recuperación de calor porque con lleva gastos adicionales muy altos y no es congruente con la realidad arquitectónica de San Juan, por lo que no se aconseja en medida de lo posible tener un espacio hermético en una vivienda tradicional de San Juan. El factor más importante para implementar ventanas grandes ($h=2.5\text{m}$) es la ganancia solar, con 6587.5 kWh/a. Ya que una ventana pequeña de 1 metro de alto genera 2866.3 kWh/a. Este factor puede ser importante ya que la masa térmica ubicada en el interior de la vivienda depende directamente de la ganancia solar que se pueda generar y es una manera eficiente que se puede aplicar en el diseño de una vivienda de San Juan.

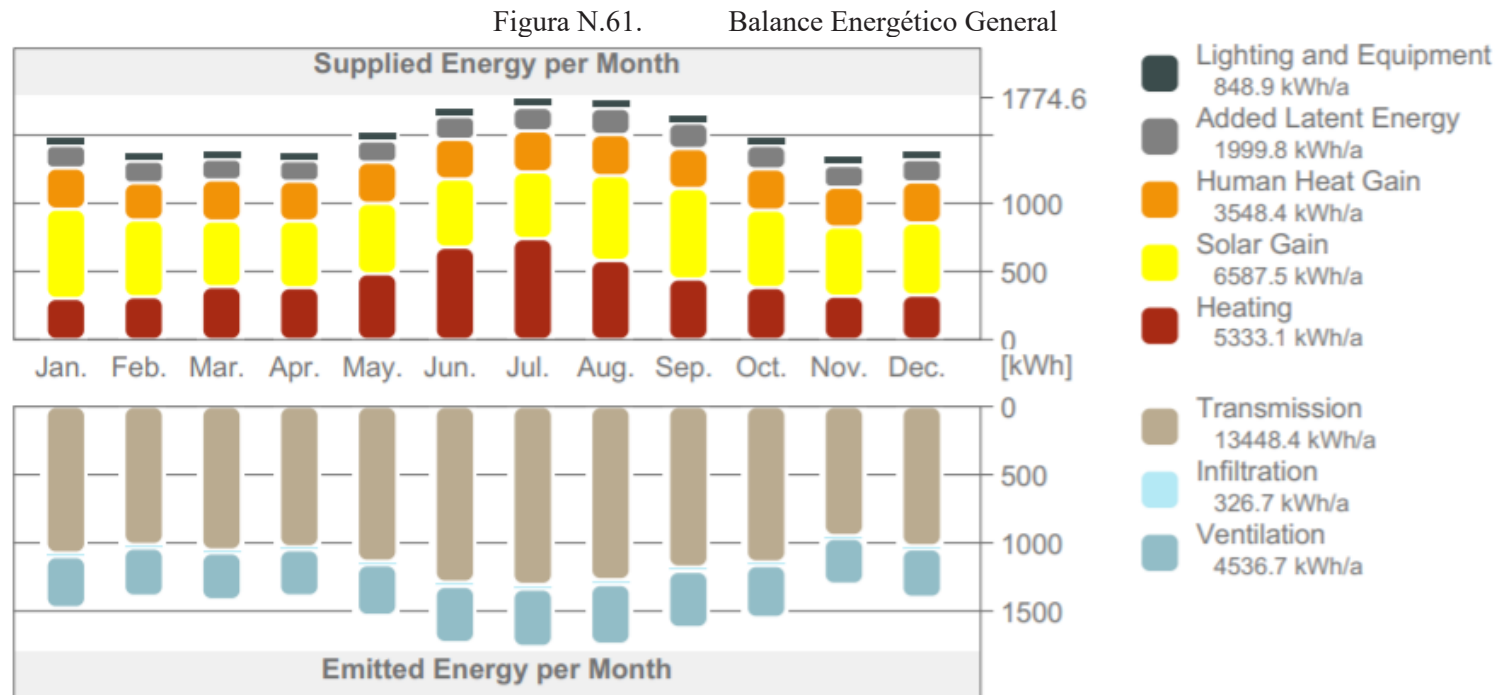
4.1.5. Panel solar

Los paneles solares son importantes para generar una edificación net zero energy, es decir sin contaminantes. Siempre se necesita de un sistema activo debido a que las necesidades de cargas eléctricas, iluminación, agua caliente y calefacción han aumentado en los últimos siglos y es indispensable controlar estas demandas mediante energías renovables.

UCUENCA

4.2 BALANCE ENERGÉTICO

En el grafico del balance energético general se puede observar que la ganancia solar es constante durante todo el año, esto es debido a la posición geográfica del Ecuador que nos permite tener una radiación constante durante todo el año. Aun así, es necesario obtener energía para calentar la vivienda, por lo que se priorizan los espacios de la sala, comedor, cocina y dormitorios en donde se busca alcanzar una temperatura promedio de 16 grados Celsius (ASHRAE 55,2020). La pérdida de energía por transmisión es muy alta, esto se debe a la elección de los materiales de la envolvente, en este caso se optó por el tapial (tierra apisonada), el cual tiene una gran inercia térmica y la perdida de calor se genera en la noche ya que el tapial no tiene una buena capacidad de aislamiento térmico.



4.3 CONCLUSIONES

El objetivo fundamental de este trabajo de investigación es proponer estrategias constructivas en una vivienda rural de acuerdo a criterios de eficiencia energética.

Como conclusiones que se derivan de esta investigación se expone lo siguiente:

- Los casos de estudio son relevantes en el trabajo de investigación ya que pueden validar criterios de eficiencia energética con requerimientos para calefacción en fase de diseño. Pero resultados como los de la investigación de la Agencia Internacional de Energía (IEA Task 40 Group, 2017), son más sólidos que los resultados de cualquier estudio por sí solo, ya que utilizan métodos meta analíticos, la investigación de la IEA permite elegir estrategias constructivas relevantes para una vivienda con requerimientos de calefacción, como los que necesita una vivienda en San Juan.
- La elección de los sistemas para energía renovable se determina de acuerdo a los resultados del análisis climático de Eco-Designer (Archicad), la base de datos del análisis climático considera ciertos fenómenos como la temperatura del bulbo seco, radiación solar, humedad relativa y velocidad de viento. Con lo cual se concluye que la radiación solar es el mejor recurso natural, ya que tiene niveles altos y constantes a lo largo del año en comparación a otras latitudes. Es decir, la radiación solar es la mejor fuente de energía renovable a pequeña escala en una vivienda en San Juan.
- Para elegir estrategias constructivas que reducen el consumo de energía en una vivienda en San Juan es necesario conocer el clima. De acuerdo a los resultados del análisis climático de Eco-Designer (Archicad) en San Juan es necesario estrategias de diseño que procuren calefacción. Por lo que las estrategias del meta análisis de la Agencia Internacional de Energía (IEA Task 40 Group, 2017) para un clima con requerimientos de calefacción son las de una envolvente avanzada, ganancia de calor solar pasiva, acristalamiento avanzado, masa térmica, iluminación de bajo consumo, aire acondicionado con recuperación de calor, energía solar térmica y fotovoltaicos.

UCUENCA

Las estrategias pasivas de envolvente avanzada se refiere a las propiedades físicas que tiene el piso, paredes y cubierta para aislar el ambiente interior de la vivienda del ambiente exterior. El piso usualmente tiene la misma temperatura promedio anual del aire exterior, pero en San Juan esa temperatura es de alrededor de 10 °C, por lo que es necesario aislar el piso con los espacios de uso frecuente como la sala, comedor y cocina (se encuentran en planta baja). Las paredes de tapial no tiene mayores fluctuaciones de temperatura a lo largo del día, es decir en el día mantienen una temperatura agradable y en la noche emiten calor de una manera constante; aunque en el amanecer existe un periodo de tiempo en el cual las paredes demoran en calentarse debido a su propia inercia térmica, es el periodo más frío de las 24 horas de un día.

La ganancia de calor pasiva es una excelente estrategia para aumentar la temperatura en el interior de una vivienda en San Juan. En la presente investigación se proponen grandes ventanas que permiten el ingreso de la radiación solar al interior de los espacios de la vivienda, esa radiación se aprovecha para calentar el piso de hormigón (incluye aislamiento) con lo cual se obtiene una masa térmica.

El acristalamiento avanzado hace referencia a un sistema de ventanas en el cual se evitan pérdidas por transmisión e infiltración, usualmente estos elementos son los responsables de las mayores pérdidas de calor en una vivienda. Una ventana con un doble vidrio y cámara de aire sirve para evitar pérdidas de calor por transmisión, y a un correcto aislamiento y manejo de las uniones controlan las infiltraciones de aire.

Actualmente la iluminación es una necesidad básica, por lo que es necesario controlar el gasto energético para estos equipos. La mejor opción en relación precio calidad, duración es la luz led, el cual tiene una gran eficiencia para transformar la energía eléctrica en luz artificial. 1 watt puede generar alrededor de 150 lúmenes, en comparación de una común que tan solo genera 80 lúmenes.

Luego de controlar las filtraciones de aire, se puede proponer un sistema de aire acondicionado con recuperación de calor. Este equipo es altamente eficiente ya que por cada W de energía eléctrica que se utiliza genera 4 veces más energía calórica para calentar la vivienda, la energía adicional de la

bomba de calor se obtiene del aire exterior mediante propiedades de cambio de estado de un fluido refrigerante. Esta eficiencia de 4 veces a 1 se mantiene siempre y cuando la temperatura exterior no sea inferior a 0°C, por lo que en San Juan es factible utilizar estos sistemas.

Los paneles solares son de gran ayuda en San Juan debido al potencial solar, es decir existe una radiación solar alta y constante a lo largo del año, aun en días nublados la radiación solar difusa es lo suficientemente alta para ser aprovechada en los paneles de tubo de vacío para calentar agua. Los paneles fotovoltaicos pueden generar una gran cantidad de energía eléctrica a lo largo del año, pero no siempre cuando existe una demanda en la vivienda, por lo que en Ecuador es importante aportar la energía excedente a una red pública, y utilizar la red pública en momentos de baja radiación solar. Así se evita el uso de grandes baterías, ya que almacenar energía eléctrica conlleva grandes dificultades.

- Una edificación se puede considerar eficientemente energética si alcanza ciertos estándares, como el estándar 'net zero energy'. Alcanzar un estándar 'net zero energy' en una vivienda unifamiliar no es tan compleja como en otra edificación con una actividad comercial, industrial, salud, etc. Por lo que programas como Archicad con su extensión Eco Desginer permiten generar un análisis energético apropiado para viviendas en el Ecuador.
- En la presente investigación se evalúa el estándar net zero mediante la contabilización del consumo energético. Para suplir las demandas energéticas en una vivienda en San Juan se proponen 9 paneles fotovoltaicos y 1 panel de tubo de vacío. Con esta cantidad de paneles solares se logra generar más energía renovable que la consumida y se genera un balance energético (ASHRAE 105, 2014) . Además, es importante conocer que 5 de los 9 paneles fotovoltaicos se utilizan para suplir las demandas de calefacción, debido a que la temperatura promedio es de 10 °C y se requiere mantener una temperatura interna ente los 16 y 18 °C durante todo el año, en espacios como dormitorios, sala, cocina y comedor.

UCUENCA

- Seguir los criterios de eficiencia energética es el primer paso en el diseño para lograr una vivienda net zero energy. El siguiente paso es simular el consumo de energía utilizando diversas técnicas y herramientas de modelado energético para optimizar el diseño de la vivienda. Con ello se puede cuantificar la energía renovable necesaria para equilibrar la energía neta consumida
- Las ventajas de una vivienda net zero energy es la inmunidad a futuros aumentos de precios de la energía, mayor confort interno, reducción del costo operacional y especialmente generar un modelo de desarrollo sostenible para futuras generaciones.
- Las desventajas de una vivienda net zero energy pueden ser un mayor costo inicial, los pocos profesionales con la experiencia para construir una vivienda con estos estándares, para el cálculo de la energía neta no considera el carbono incorporado de los equipos de energía renovable, y especialmente que una vivienda puede llegar al estándar net zero energy sin la aplicación de estrategias pasivas debido a que con un sobredimensionamiento de sistemas de energía renovable es suficiente.
- Este trabajo contabiliza el ahorro energético anual con 4 estrategias constructivas que se proponen en el diseño arquitectónico. De acuerdo a la Figura N.45., se observa que un ahorro energético hasta cerca del 80% es factible y preferible para cualquier vivienda del área rural en San Juan. El consumo energético restante se debe suplir mediante fuentes de energía renovable, como en este caso paneles solares.

4.4 RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones están enfocadas para el diseño de viviendas eficientemente energéticas en el área rural, por lo que cada una de ellas puede ser relevante para un contexto similar al de San Juan del Cid. Por lo que las recomendaciones planteadas son las siguientes:

- Entender la eficiencia energética en la arquitectura requiere comprender factores como la radiación solar, viento, presión atmosférica, humedad y propiedades físicas de los materiales. Estos factores usualmente varían en cada proyecto, por lo que profundizar estos temas en la academia ayudan a construir un criterio de eficiencia energética en cualquier profesional de la arquitectura.
- Para San Juan del Cid, es indispensable diseñar una vivienda con un aislamiento adecuado, prevenir las fugas de aire, minimizar los puentes térmicos y sobre todo aprovechar el sol como recurso natural para generar ganancias térmicas.
- El balance energético cero para edificaciones es un criterio ampliamente aceptado, aunque el concepto de ASHRAE que se ha utilizado tiene problemas para ser aplicado en el Ecuador especialmente en los temas relacionados al control de infiltraciones y equipos mecánicos.
- El sistema de ventilación con bomba de recuperación de calor es óptimo para San Juan, y tiene una gran eficiencia ya que obtiene casi el 80% de la energía del aire exterior.
- Un sistema de calefacción para el área rural usualmente es a través del consumo de madera. El aparente inconveniente resulta de la emisión de CO₂, pero la combustión de madera a pequeña escala (vivienda rural) tiene un ciclo rápido que las plantas, algas o fitoplancton absorben naturalmente, por lo que no se altera el ciclo lento de carbono. La contaminación de la combustión de la madera se considera mínima o natural en comparación a la contaminación generada por combustión de elementos fósiles que generan un desequilibrio en los ecosistemas.

UCUENCA

- El diseño pasivo es una buena inversión económica en el diseño de una casa, ya que son de larga duración y bajo mantenimiento.
- Para el diseño estructural de una vivienda rural con materiales tradicionales como la tierra, paja, piedras; se deben utilizar criterios sismorresistentes como los de la NEC-SE-DS _ Peligro Sísmico.
- Como recomendación final la Normativa Ecuatoriana de Eficiencia Energética (NEC-EE) del Ecuador, genera una primera aproximación para establecer criterios de evaluación, pero aún tiene deficiencias en la manera en la que se puede aplicar el reglamento en la vida real. Además, el texto y los datos propuestos son los mismos que el de la Normativa de Eficiencia Energética del Perú, Reglamento de Eficiencia Energética de España y ASHRAE. Por lo que es necesario pasar de la teoría y estructurar una nueva normativa coherente con los diferentes contextos del Ecuador.
- Las paredes de tapial también deberían considerar un dimensionamiento de acuerdo a la resistencia térmica

viii. LISTA DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (EERE) Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. (2016). About Building Energy Modeling.
- Arevalo, J. (2013). *Modelo de vivienda sostenible para el área rural del Cerro Alux San Pedro Sacatepéquez, Guatemala*.
- ASHRAE 105, S. P. C. Standard Methods of Determining, Expressing, and Comparing Building Energy Performance and Greenhouse Gas Emissions (2014).
- Augusta Hermida, M. (2014). Valores formales de la vivienda rural tradicional: La Provincia del Azuay, en Ecuador, como caso de estudio. *Arquitecturas Del Sue*, 32.
- Berrío, H., & Zuluaga, C. (2014). Smart Grid y la energía solar como fuente de energía renovable para la generación distribuida en el contexto energético mundial. *Revista Científica Ingeniería Y Desarrollo*, 32, 369–396.
- Building Smart. (2016). Spanish Journal of BIM.
- Calle, A., & Ortiz, J. (2016). *Diseño de estrategias para una modelo de vivienda eficiente*.
- Casado Martínez, N. (1996). Edificios de alta calidad ambiental. *Ibérica, Alta Tecno*(ISSN 0211-0776), 0.
- Cejudo, D. (2013). Cap27 - SISTEMAS CONSTRUCTIVOS I: TAPIAL.
- CITEC UBB, C. de I. en T. de la C. (2013). *Manual de hermeticidad al aire de edificaciones*.
- Consejo internacional de monumentos y sitios (ICOMOS). (2011). *Carta del Patrimonio Construido*.
- Darmstadt-Kranichstein. (2014). The world's first Passive House, Darmstadt-Kranichstein, Germany. *Passipedia*.
- Diario Oficial de la Unión Europea. (2011). *REGLAMENTO DELEGADO (UE) No 626/2011*.
- Drissi, S., Hung Mo, K., & Ling, C. L. (2019). Thermal efficiency and durability performances of paraffinic phase change materials with enhanced thermal conductivity – A review. *Elseiver*, 673.
- F Mclennan, J., Cook, B., Jess, C., & Amrhein, P. (2016). *The power of zero*.
- FHA, I. de F. de H. A. (2005). *Normas de Planficacion y Construcccion del FHA*.
- GAD Parroquial Rural “San Juan Del Cid.” (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial San Juan del Cid*.
- GAD Parroquial San Juan del Cid. (2019). *Plan de Ordenamiento Territorial (PDOT) de la cabecera parroquial San Juan del Cid*.

UCUENCA

Graphisoft. EcoDesigner STAR User Manual (2014).

Guillén, V., Quesada, F., López, M., Orellana, D., & Serrano, A. (2015). Eficiencia energética en edificaciones residenciales. *ESTOA*, 4, 63–72.

IEA Task 40 Group. (2017). *Solution Sets for Net-Zero Energy Buildings*.

INEC, E. (2010). *VII Censo de Población y VI de vivienda, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*.

INER, I. N. de E. E. y E. R. (2017). *Estrategias para mejorar las Condiciones de Habitabilidad y el Consumo de Energía en Viviendas*.

Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC). (2011). *Instructivo para fichas de registro e inventario Bienes Inmuebles*.

Jorquera Silva, N. (2017). *EL PATRIMONIO VERNACULAR, FUENTE DE SABERES TECNOLÓGICOS Y DE SOSTENIBILIDAD*.

Lloret, J. (2013). *Vivienda Sostenible Diseño dentro de un área rural de la ciudad de Cuenca*.

Maldonado, L., Rivera, D., & Vela, F. (2006). *Cincuenta años de investigación en torno a la construcción con tierra. Estudios, ensayos y manuales publicados desde 1950*.

MIDUVI, M. de D. U. y V. del E. (2016). *Guía practica para el diseño de estructuras de madera de conformidad con la NEC 2015*.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, E. (2020). *NEC-HS-ER, SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS PARA AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) – APLICACIONES MENORES A 100 °C*.

Ministerio de Fomento, E. (2013). *CTE DB-HE4, Código Técnico de la Edificación Documento Básico Ahorro de Energía Contribución Solar Mínima de Agua Caliente Sanitaria*.

Ministerio de Vivienda, C. y S., & Gobierno del Perú. (2017). *Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada*.

Ministerio del Ambiente, E. (2012). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Ecuador*.

Mogrovejo, L., Fernando, W., & Sarmiento, V. (2011). *Análisis de Factibilidad Técnica y Económica en la Implementación de Energía Fotovoltaica y Termo Solar para Generación de Electricidad y Calentamiento de Agua Mediante Paneles Solares Fijos y con un Seguidor de Sol de Construcción Casera, para una Vivien*.

Muñoz Vega, P. (2015). *Arquitectura Popular en Azuay y Cañar 1977-1978*.

NEC-EE, N. E. de C. Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales (2018).

Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC). (2014). *VIVIENDAS DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5 m*.

Pérez Martínez, M., Rodríguez, I., & Castro, E. (2017). The hour equivalent solar pick. Definition and interpretation. *SciELO*, 38.

Pedro Andres Mendieta Correa

Perlova, E., Platonova, M., Gorshkov, A., & Xenyiya, R. (2015). Concept Project of Zero Energy Building. *Procedia Engineering*, 0(0), 1505–1514.

Strusoft. (2013). Ett energiberäkningsprogram för dig som vill veta din byggnads energiförbrukning.

Worringer, W. (1975). *Abstracción y Naturaleza. México: Fondo de Cultura Económica.*

Wright, D. (1995). *The Passive Solar Primer: Sustainable Architecture.*

Standard 55-2020, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ASHRAE, 2020

[Esta página se dejó intencionalmente en blanco]

5. ANEXOS

Los anexos son datos complementarios a la información del documento principal, aquí se tratarán temas del análisis urbano: ubicación, historia, medio perceptual, físico y cultural de San Juan. Se debería revisar la información cuando así lo requiera el documento principal, ya que los datos proporcionados son relevantes, pero para simplificar el documento se opta por ubicarlos en anexos.

UCUENCA

5.1. ANÁLISIS DEL SITIO

Geográficamente, San Juan se encuentra en la línea ecuatorial, en la cordillera de los andes y tiene una altura de 2'900 msnm. Esta zona se ve influenciada por la presencia de una banda de bajas presiones, y además es donde convergen los vientos alisos provenientes de ambos hemisferio. El desplazamiento de estos sucesos genera perturbaciones tropicales, nubosidad densa y precipitaciones de intensidad variable. Por lo que se marcan dos estaciones al año: una lluviosa y otra seca.[2].

La población guarda costumbres y hábitos diarios relacionadas a los de un medio rural aislado debido al difícil acceso del sistema vial parroquial. El lugar guarda hábitos como la vestimenta, hábitat, crianza de animales y agricultura típica de la cordillera de los andes, y se ha mantenido igual a lo largo del último siglo ya que no se ha realizado un esfuerzo por incorporar nuevas tecnologías al territorio.

Las siguientes tablas exponen un resumen de aspectos considerados relevantes del lugar. Según Domingo Gómez Orea, el espacio se lo puede entender estudiando las interacciones de diferentes fenómenos y lo clasifica en: medio físico, población y actividades, y el medio perceptual. Los datos utilizados son de fuentes primarias del Plan de Ordenamiento de la Cabecera Parroquial de San Juan, realizado por la Universidad de Cuenca en el 2019.

Figura N.62. Cabecera parroquial San Juan del cid-Gualaceo: IMAGEN AÉREA



Figura N.63. Parroquia san juan del cid-Gualaceo: CABECERA PARROQUIAL DE SAN JUAN DEL CID

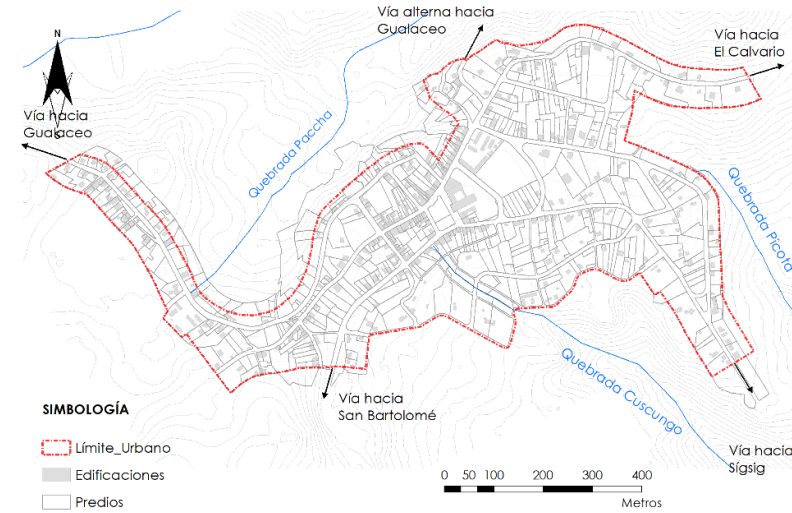


Tabla N.26. San Juan – Gualaceo medio perceptual

Vegetación	Manzano, durazno, reina claudia, ciruelo, santa rosa y tomate de árbol. Cultivos de maíz, habas, cebada y avena
Fauna	Crianza domestica: chanchos, cuyes, ovejas, vacas, patos, gansos, conejos.
Mejores Vistas	Hacia el rio Santa Barbara

Tabla N.27.San Juan – Gualaceo medio físico

Ubicación	Vestimenta	Piso Climático	Precipitación	Temperatura Anual	Vientos	
					Velocidad	Dirección
Cordillera de los Andes	Alpargatas, ponchos y sombrero	Templado Cálido	750-1000 mm	6-12 °C	8m/s Enero 16m/s Julio	Este +-15°

Humedad relativa	Nubosidad	Altitud	Tipo de Suelo	Pendiente	Radiación Solar	
					Difusa	Directa
30% Diciembre 85% Junio	10% Febrero 50% Julio	2900 msnm	Vertisol	> 30%	3000 Wh/m2/día Febrero 2500 Wh/m2/día Julio	3300 Wh/m2/día Diciembre 1800 Wh/m2/día Junio

Tabla N.28.San Juan – Gualaceo actividades antrópicas

Composición familiar	Actividades	Población con Discapacidad	Analfabetismo digital	Índice NBI	Uso de Suelo	Medio de transporte principal
4 personas	Agricultura y/o tejidos	4%	50%	90%	Cultivo	Publico

5.2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio, según el PDyOT se clasifica como “suelo urbanizable” (Ver Figura N.1.6). En la actualidad este sector tienen características rurales ya que uso principal del suelo es la agricultura y ganadería. El código del predio es 020422, y se ve afectado por una vía planificada que cruza Este Oeste, por lo que el predio resulta en una división de dos lotes contiguos. El lote Norte tiene un área de 861.84 m² y el lote Sur 1096.28 m² (Ver Figura N.1.7). Actualmente el lote no dispone de energía eléctrica, pero el tendido eléctrico está a 30m de distancia; además el predio si dispone de una red alcantarillado y agua potable.

Figura N.64. San Juan – Gualaceo
emplazamiento - ortofoto



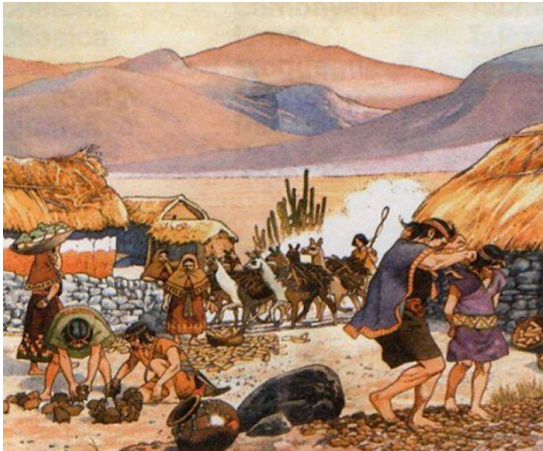
Fuente: PDOT San Juan, 2019

UCUENCA

5.3. VIVIENDA TRADICIONAL DE SAN JUAN

La arquitectura de San Juan es producto de su proceso evolutivo, recibiendo en ocasiones influencias extranjeras, las cuales se ajustan hasta formar un todo armónico. La arquitectura andina se marca con las conquistas incaica y española, las cuales influencia la “manera de hacer” local produciendo formas arquitectónicas propias [3] que han demostrado ser eficientes a lo largo del tiempo. La arquitectura vernácula es la expresión de valores históricos y auténticos reconocidos por la comunidad y que responden a las necesidades del entorno cultural, físico y económico; y ella evoluciona en función de sus necesidades y la disponibilidad de los materiales [4]. Las últimas 3 culturas importantes que han interactuado e impactado en el “modo de hacer” del territorio es la cañari, inca y española.

Figura N.65. Representación de una comunidad andina excluida - mitimaes



Fuente: datuopinion.com/mitmacuna

Figura N.66. Vivienda circular andina



Fuente: Publicación “La razón”. Esteban Ticona Alejo

Figura N.67. Fachada de tapial de una vivienda andina de la época colonial



Fuente: datuopinion.com/mitmacuna

Según Patricio Muñoz Vega, arquitecto e investigador de la Universidad de Cuenca, la arquitectura vernácula (rural) se puede explicar de acuerdo a los siguientes lineamientos: cultural, físico ambiental, funcional, estético y constructivo. [6].

Tabla N.29. Arquitectura vernácula Gualaceo – Azuay

CULTURAL:	En la arquitectura popular predomina la vivienda de modulo unifamiliar.
FÍSICO AMBIENTAL:	Una intención de adaptación al entorno.
FUNCIONAL:	El diseño se centra en dar respuesta a las necesidades y posibilidades planteadas por los usuarios (arquitectura utilitaria) Las innovaciones están apoyadas en el razonamiento lógico o en la bondad del material. Los espacios de trabajo o almacenamiento tienen características multifuncionales, variando los usos de acuerdo a la época.
ESTÉTICA:	La arquitectura nace del suelo y es un elemento más del paisaje. La arquitectura y cada elemento es útil, con un lenguaje fácil y sencillo.
CONSTRUCTIVA:	Los materiales utilizados son los de recolección en el medio inmediato piedra, madera, arcilla, paja, agregados.

UCUENCA

5.4. RECOMENDACIONES ESTRATEGIAS CONSTRUCTIVAS – EFICIENCIA ENERGÉTICA

Las estrategias constructivas son parte del diseño arquitectónico y sirven para preservar el medio ambiente y garantizar confort a los habitantes. Las siguientes recomendaciones para eficiencia energética son importantes en un contexto nacional o han sido relevantes en otros casos de estudio en diferentes países. Cada recomendación de eficiencia energética que se menciona será utilizado para validar las estrategias elegidas en el documento principal.

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción – Eficiencia Energética (NEC – EE), las estrategias constructivas para eficiencia energética se establecen de acuerdo a las diferentes zonas climáticas. De acuerdo a los criterios de grados días de calentamiento, grados días de enfriamiento y altura sobre el nivel del mar San Juan se encuentra en la zona climática – habitacional 4. Y una recopilación de información a través del portal del Sistema Nacional de Información (SNI), por parte del Instituto Geográfico Militar (IGM).

ZONA CLIMÁTICA (Ecuador)	ZONA CLIMÁTICA (ASHRAE 90.1)	NOMBRE	CRITERIO TÉRMICO
4	4C	CONTINENTAL TEMPLADO	2000 < HDD 18° ≤ 3000

De acuerdo a las recomendaciones del MEER (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable) y a las planteadas “A Green Vitruvius. Principles and Practices” publicado en Londres en 1999. La tabla N.2.1 resume las practicas constructivas recomendadas para el proyecto, las cuales tienen como fin aprovechar de manera óptima y racional la energía [13].

Tabla N.30.Estrategias de diseño
TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS A EMPLEARSE

a. Entorno Natural	Respeto a la Topografía	Preservar el Uso de Suelo	
b. Arquitectura Pasiva	Ventilación Muro Trombe	Iluminación Natural	No Generar Sombras
	Protección Viento Predominante	Orientar Fachadas al Este	
c. Ventilación Natural	Ventilación cruzada		
d. Inercia Térmica	Transmitancia Térmica	Inercia del Terreno	
e. Materiales	Materiales locales	Materiales de Larga Vida	
f. Equipos	Paneles Solares	Colector de tubo de vacío	
g. Conservación de la Energía	Factor Forma	Espacio Interior Hermético	
h. Obtención y Conservación del Agua Potable	Agua Lluvia como Recurso	Reducir el Consumo de Agua	

i. Evacuación de Aguas Residuales y Manejo de Recursos

Clasificación de Residuos

Tratamiento de Aguas Fecales

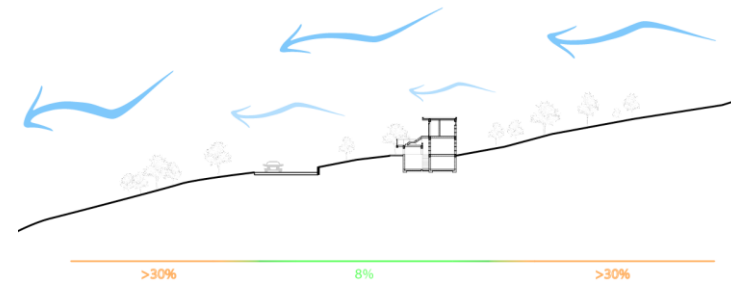
Tratamiento de Aguas Grises

a. ENTORNO NATURAL

ESTRATEGIAS

Respeto a la topografía, no afectar de manera permanente el ecosistema, fenómenos naturales y formas naturales del sitio. Se debe preservar las condiciones naturales del sitio con el fin de garantizar su permanencia.

Figura N.68. Respeto a la topografía



b. ARQUITECTURA PASIVA

Es un método que se utiliza para alcanzar un acondicionamiento ambiental mediante fenómenos naturales. Se utiliza el soleamiento, viento, temperatura, humedad y las características de los materiales. La expresión pasivo se usa para “definir el principio de captación, almacenamiento y distribución capaz de funcionar solo”. [14]

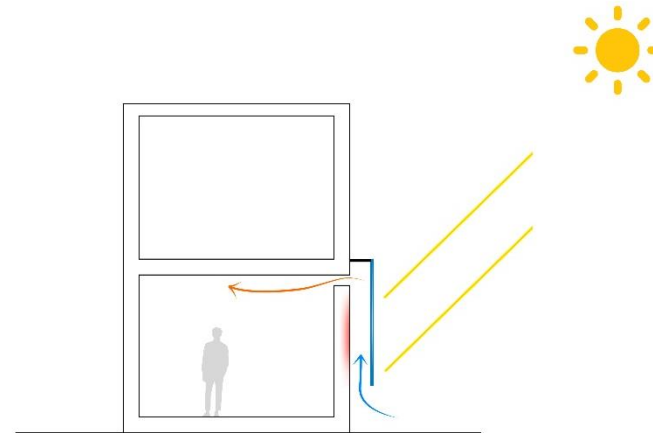
- CALEFACCIÓN SOLAR PASIVA:

ESTRATEGIAS

Se genera una ventilación sin pérdida de calor mediante un muro Trombe. El sistema está orientado al Este, se prioriza las horas de la mañana debido a que son las horas con menores temperaturas.

Se combina la inercia térmica con la refrigeración nocturna por ventilación.

Figura N.69. Ventilación mediante muro Trombe



* Un muro Trombe es un colector solar construido con un material que permite acumular calor, combinado con un espacio de aire, una lámina de vidrio y ventilaciones. El acristalamiento admite el ingreso de radiación y evita la pérdida de calor.

ESTRATEGIAS

La estrategia es la captación de energía solar en espacios internos, se aumenta la energía térmica a través de radiación que cruza las ventanas. Se combina con un buen aislamiento térmico de la construcción.

ESTRATEGIAS

No obstaculizar las ventanas con vegetación u otros objetos que puedan generar sombras.

Figura N.70. Iluminación natural - ganancia solar directa

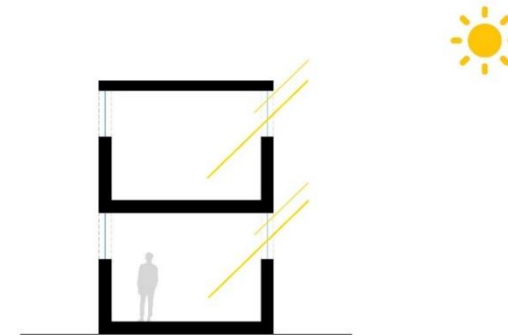
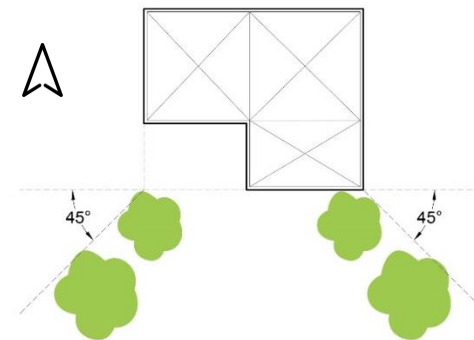


Figura N.71. Elementos externos no generan sombras en ventanas

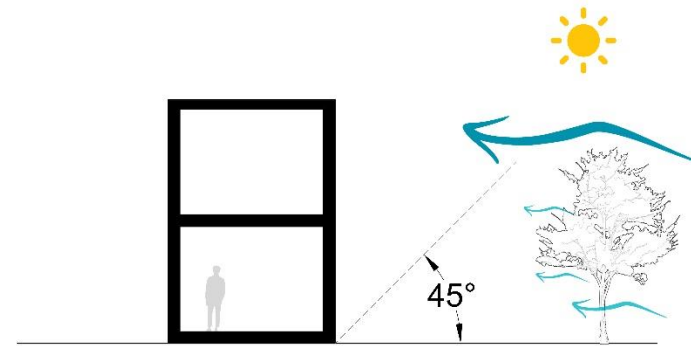


ESTRATEGIAS

Proteger las superficies más expuestas el viento mediante vegetación, cerramientos o estructuras exteriores.

* *Viento predominante Este*

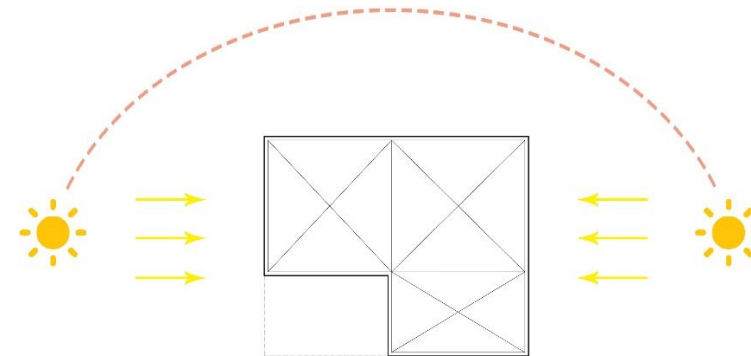
Figura N.72. Protección de viento predominante



ESTRATEGIAS

Orientar los espacios de uso principal y la fachada de mayor longitud hacia el Este para maximizar la cantidad de ventanas expuestas al sol. Debido a que en el Ecuador el sol sigue una trayectoria Este Oeste, estas fachadas son las que mayor incidencia solar reciben.

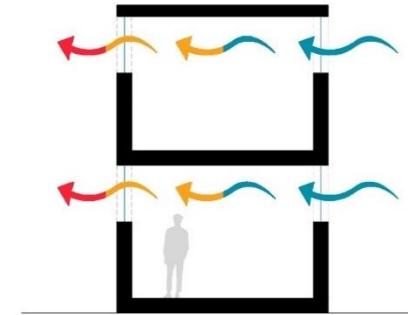
Figura N.73. Orientar fachadas al este



ESTRATEGIAS

Permitir la ventilación cruzada, tratando que el área de suministro y extracción sea la misma. Asegurar un flujo continuo de masas de aire en la edificación. Además, es necesario orientar las ventanas en dirección predominante del viento.

Figura N.74. Ventilación cruzada

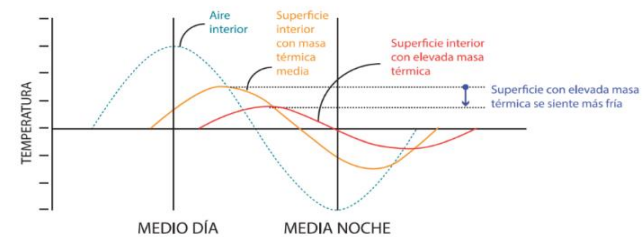


d. INERCIA TÉRMICA

ESTRATEGIAS

Utilizar en la envolvente materiales de alta densidad y calor específico. Para que reciban el sol durante el día y lo devuelva durante la noche.

Figura N.75. Transmitancia térmica

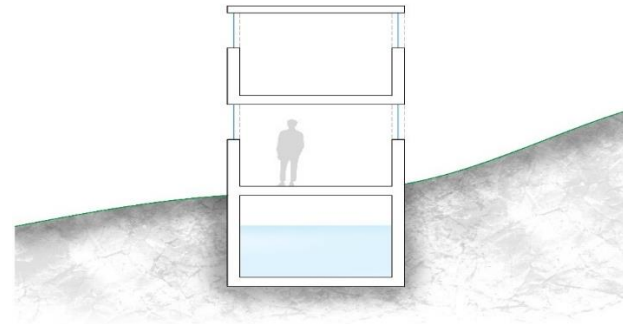


Fuente: INER, 2017

ESTRATEGIAS

Utilizar la inercia del terreno con espacios bien asentados, adosadas a las pendientes o enterradas. El terreno tiene normalmente la temperatura media del mes o año.

Figura N.76. Inercia del terreno



e. **MATERIALES:** Usar materiales locales que ahorren energía de transporte de larga vida y bajo mantenimiento, como: la piedra y tierra.

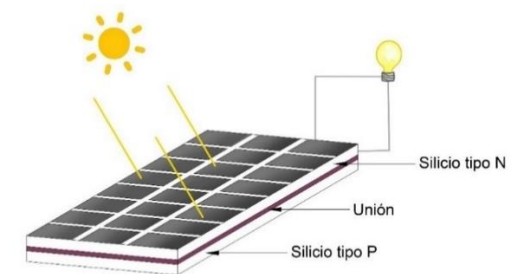
f. **EQUIPOS**

ESTRATEGIAS

La generación mensual por fotovoltaico reduce los picos de demanda eléctrica, así como el total de la demanda. Se utiliza un sistema activo para iluminar, calentar agua o cocinar alimentos.

Para optimizar la producción de energía, los paneles solares deberían estar orientados a 0 y 30° con respecto al Norte, además el ángulo de inclinación óptimo será de 30° con respecto a la horizontal [16].

Figura N.77. Placas fotovoltaicas



ESTRATEGIAS

Los colectores de tubo de vacío aprovechan la energía solar térmica, formado por colectores alojado en tubos de vidrio al vacío, lo cual evita perdidas por conducción y convección.

g. CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

ESTRATEGIAS

Diseñar una edificación compacta con forma cuadrada y varios pisos. Para minimizar la perdida de calor por la envolvente (minimizar el factor forma).

Volumen Total = 1357.02

Superficie de la envolvente = 270.18

Factor forma = 0.2

BUENO

Figura N.78. Colector tubo de vacío

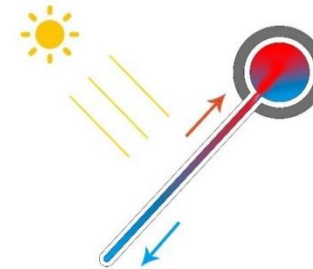
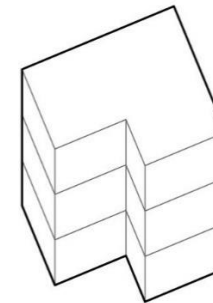


Figura N.79. Factor forma

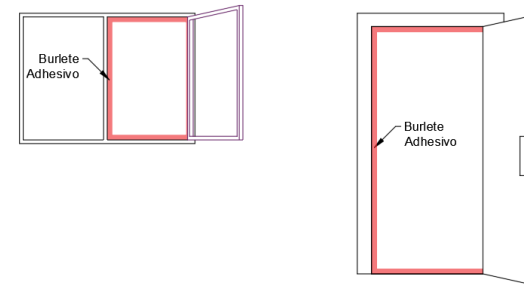


ESTRATEGIAS

Se limita el contacto con el aire del exterior, es necesario sellar adecuadamente las aberturas que puede haber en puertas y ventanas.

El diseño se enfoca en minimizar las pérdidas de calor. La envolvente debe ser hermética, compacta y bien aislada, con el fin de retener las ganancias internas.

Figura N.80. Espacios herméticos



Reducir el impacto ambiental de la edificación mediante métodos de conservación de agua potable:

- Para los cultivos, un sistema de irrigación con detección meteorológica. Además, es necesario regar en la primera hora de la mañana o al anochecer para evitar la evaporación del agua
- Colocar perlizadores en los grifos y mangos ahorradores en las duchas, ya que estos añaden aire al flujo de agua
- Instalar inodoros de doble descarga, ya que los inodoros representan el 30% del consumo diario de agua.

** Es necesario realizar un estudio estructural, sanitario y eléctrico para complementar el diseño de aprovechamiento de agua lluvia. Así como las bombas y la red de distribución del agua lluvia tratada para el aprovechamiento de los sembríos y criadero de animales.*

UCUENCA

h. EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y MANEJO DE RESIDUOS

Proporcionar instalaciones que faciliten la clasificación de residuos, es necesario separar los residuos orgánicos de los reciclables. La basura reciclable es el plástico, papel, cartón, vidrio, metal, ropa y telas. La basura orgánica, como los restos de comida y plantas (composta).

Reutilizar el consumo de agua, en las edificaciones pueden ser clasificadas en agua grises y aguas fecales:

- Las aguas grises son producidas por actividades como las de lavado de manos, por lo que no puede ser ingerida, pero con un tratamiento de puede ser utilizado para cultivos.
- Tratamiento para aguas fecales, por medio de tanque de pozo séptico con tratamientos vegetales

5.5. CRITERIOS EVALUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Los criterios de evaluación de eficiencia energética, son metodologías de evaluación que en el presente proyecto de investigación se ponderar de una manera simplificada. Se estudia el diseño en base a los criterios de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) referentes a Eficiencia Energética de la vivienda y confort para sus habitantes, y además se examina los requerimientos de las metodologías de certificación sostenibles a nivel internacional como BREEAM, CASBEE y LEED.

i. NORMATIVA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (NEC-EE)

La Norma Ecuatoriana de la Construcción – Eficiencia Energética (NEC - EE) propone una metodología de análisis donde aborda criterios como la envolvente de la edificación, el coeficiente global de pérdida de calor, control de infiltración de aire, calidad de aire y valores mínimos de iluminación. La NEC-EE está basada en criterios propuestos por ‘American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning’ (ASHRAE). La NEC es de cumplimiento obligatorio a nivel nacional y debe ser considerado en todos los procesos constructivos (COOTAD).

ENVOLVENTE DE LA EDIFICACIÓN

Se especifican requisitos de la envolvente, para dos categorías de espacio: habitables y no habitable en referencia al paquete constructivo propuesto por la NEC-EE. Además, el área de elementos translucidos verticales debe ser menor que el 40% del área neta del muro, de manera similar el área total de elementos translucidos horizontales debe ser menor que el 5% del área neta de la cubierta.

UCUENCA

Elementos opacos	Habitable		No Habitable	
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
Techos	U-2.9	R-0.89	U-4.7	R-0.21
Paredes, sobre nivel del terreno	U-2.35	R-0.4	U-5.46	NA
Paredes, bajo nivel de terreno	C-6.473	NA	C-6.473	NA
Pisos	U-3.2	R-0.31	U-3.4	NA
Puertas opacas	U-2.6	R-0.4	U-3.124	NA
Ventanas	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC
Área translucida vertical $\geq 45^\circ$	U-5.78	SHGC-0.82	U-6.81	NA

CALIDAD DE AIRE

La tasa de renovación de aire mínima se medirá en forma de flujo volumétrico en volúmenes de renovación de aire por hora. Para determinar el requerimiento de aire fresco se tomará en cuenta la metodología de la norma ASHARAE 62.2

$$Q_{tot} = 0.15A_{\text{piso}} + 3.5(N_{\text{dorm}} + 1)$$

Donde:

Q_{tot} = requerimiento de aire fresco (l/s)

A_{piso} = área de la vivienda (m²)

N_{dorm} = Número de dormitorios (No menos de 1)

Modo de operación	Bajo demanda	Continuo
Baño	25 l/s	10 l/s
Cocina	50 l/s	5 ACH

VALORES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN

Se debe contar con un nivel mínimo de iluminación en función de las necesidades de cada espacio, de acuerdo a la NEC-EE. Los valores planteados deben ser medidos en el centro de cada área, en plano horizontal a una altura de 60cm. Para calcular el mínimo número de lámparas que un espacio necesita se utiliza el método de los lúmenes, el cálculo se especifica en el ANEXO – CALCULO LUMÍNICO. El número de lámparas depende del requerimiento del usuario y se sigue el nivel de iluminación recomendado por la NEC-EE. La siguiente tabla describe el número de lámparas por espacio de la edificación, el diseño se realizó con una lampara Philips de 13_W y un flujo luminoso de 1521_Lm.

NUMERO DE LÁMPARAS POR ESPACIO

Espacios	Cantidad de lámparas requeridas	Valor de iluminación requerido (lux)
Sala	8.00	300
Comedor	3.00	150
Cocina	2.00	150

UCUENCA

Lavandería	2.00	150
Baño Social	1.00	150
Pasillo Planta Baja	4.00	100
Dormitorio 1	3.00	150
Dormitorio 2	3.00	150
Dormitorio 3	6.00	150
Baño 1	2.00	150
Baño 2	2.00	150
Baño 3	2.00	150
Pasillo Dormitorios	2.00	150
Bodega	5.00	100
Pasillo Sótano	6.00	150

Para la obtención de iluminación natural se debe cumplir con los factores recomendados (NTE INEN 1152). El valor de iluminación de 100 lux es igual a un componente de cielo de valor de 1.25% de la disposición de iluminación exterior de 8000 lux.

Espacios	Requerimiento factor de luz natural (%)	Valor obtenido
Salas	0.625	3.09
Cocinas	2.5	2.57
Dormitorios	0.313	2.5
Circulaciones	0.313	1.15

La instalación de iluminación deberá ser energéticamente eficiente. El grado de eficiencia energética se expresa mediante el Valor de Eficiencia Energética (W/m2), calculado según lo dispuesto en la NTE INEN 2506, por cada 100 luxes se evalúa:

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S_i \times E_m}$$

Donde:

P= Potencia total instalada en las bombillas más los equipos auxiliares, incluyendo sus pérdidas [W].

S_i= Superficie iluminada [m²].

E_m= Iluminancia promedio horizontal mantenida [lux].

Espacios	Potencia (W)	Sup. iluminada (m2)	Iluminancia prom. (lux)	VEEI máximo	Calculo VEEI
Sala	104	13.33	300	8%	2.6%
Comedor	39	12.87	150	10%	2.0%
Cocina	26	6.63	150	10%	2.6%
Lavandería	26	4.28	150	6%	4.0%
Baño Social	13	2.1	150	12%	4.1%
Pasillo P.B.	52	18.72	100	6%	2.8%
Dormitorio 1 y 2	39	9.31	150	12%	2.8%
Dormitorio 3	78	18.24	150	12%	2.9%
Baño 1	26	3.85	150	12%	4.5%
Baño 2	26	4.9	150	12%	3.5%
Baño 3	26	6.33	150	12%	2.7%
Pasillo P.A.	26	5.74	100	6%	4.5%
Bodega	65	16	150	6%	2.7%
Pasillo S.	78	19.64	150	6%	2.6%

El efecto de las infiltraciones de aire es la pérdida de calor, además puede transportar humedad y generar condensaciones intersticiales. Para mejorar la hermeticidad es necesario tener puertas y ventanas correctamente instalados. La cuantificación de la tasa de infiltración depende del cambio del volumen de aire de una vivienda por unidad de tiempo a una diferencia de presión de referencia. La infiltración se debe medir en una edificación existente, pero en el presente tema de tesis no se encontró una metodología aplicable, por lo cual se toma el valor de 1.48 ACH para un presión de 50Pa, de acuerdo a la normativa ASHRAE 90.2.

Descripción	Infiltración de aire propuesta
Ventanas con marco de aluminio y puertas deslizantes	25 m ³ /h m
Puertas de madera	23 m ³ /h m

ii. NORMATIVAS INTERNACIONALES

BREEAM, CASBEE, Y LEED son metodologías de evaluación ambiental aplicadas en diferentes partes del mundo, las cuales tienen un enfoque multicriterio, como reducir la contaminación, aprovechar los recursos renovables y garantizar el confort. La Universidad de Cuenca en su artículo “Energetic Efficiency in Residential Buildings” del 2015 compara las tres metodologías antes mencionadas, y propone requerimientos de evaluación de energía en la edificación residencial. Los indicadores aplicables para el análisis son: la envolvente térmica, iluminación, electrodomésticos, energía renovable, agua caliente sanitaria (ACS), climatización, espacios de secado y emisiones.

Item	Indicador	Cumple	No Cumple
1	Fachada orientada $\pm 23^\circ$ respecto al eje E-O El objetivo es maximizar la ganancia solar, con lo cual se obtiene espacios más cálidos, iluminados e higiénicos. La edificación tiende a ser compacta por lo que su forma en planta se asemeja a un cuadrado.	SI	
2	Uso de energía natural > 1 MJ/m²-año Las placas fotovoltaicas generan 1.26 MWh/año. Las placas tubo de vacío generan 1.38 MWh/año. La radiación directa genera una ganancia térmica de 0.67 MWh/año y la radiación difusa 25.28 MWh/año. Por lo tanto, se genera 1.43 MJ/m ² -año	SI	
3	Las áreas comunes deben contar con temporizadores, detectores de presencia o sensores de iluminación natural. Los temporizadores en áreas comunes reducen el consumo energético en una vivienda debido a que minimizan el gasto de energía innecesaria. En este proyecto de tesis se lo considera en el presupuesto.	SI	
4	Las luminarias tienen una eficiencia superior a 55lm/W. La bombilla philips led estándar tiene una eficiencia de 117lm/W. Los datos se especifican en los anexos	SI	
5	Iluminación led (consumo menos de 5W) La iluminación led escogida es de 13W, y se la eligió así para tener una cantidad mínima de bombillas en un espacio, siempre cumpliendo con los requerimientos de niveles de iluminación propuestos por la NEC-EE.		NO
6	El diseño del baño principal permite la entrada de luz natural Todos los baños completos tienen una ventana con un vano hacia el exterior.	SI	
7	Clasificación A+ según el Sistema Europeo de Eficiencia Energética o Energy Plus Todos los equipos eléctricos que han sido calificados con el sistema europeo se adjuntan en los anexos con su ficha técnica. La estufa, microondas y plancha eléctrica no tienen una clasificación de eficiencia energética ya que el Sistema Europeo no maneja este tipo de datos.	SI	
8	Eficiencia térmica del calentador de 0.9 La eficiencia del calentador es de 0.86. El calentador cumple con el estándar Europeo de Eficiencia Energética y tiene la clasificación A+.		NO
9	Aislación de tubería (eficiencia en la distribución de agua) En este proyecto de tesis se lo considera en el presupuesto.	SI	
10	Calentador eléctrico de agua (estándar =2 a 3 KJ de consumo de energía primaria) El calefón propuesto es a base de gas y consume 3.78 KJ usualmente cuando está funcionando. Y tiene la clasificación A+.		NO
11	Disponer de 6m o más de tendal en tramos no inferiores a 1m, con una altura mínima de 1.5m	SI	

UCUENCA

- La lavandería tiene acceso a luz natural en el exterior. En este proyecto de tesis se lo considera en el presupuesto.
- 12 | **Modelar la edificación en un programa informático para determinar las emisiones de CO2** | SI
- Se realiza una evaluación energética y de las emisiones de CO2 en el programa Archicad 22. Las emisiones de CO2 se dan por la necesidad de calentar el hogar en ciertas épocas del año, en total se contamina con 74kg/año.
- 13 | **Caldera con emisiones de NOx igual o menor a 40 mg/k Wh** | SI
- Para el cálculo de las emisiones se necesita realizar un muestreo físico. Por lo cual se recomienda realizar estos muestreos en un proyecto ya construido y se establece lo siguiente en referencia a la normativa ecuatoriana de calidad de aire, ambiente y ruido.
- en un año promedio para Dióxido de nitrógeno no deberá exceder en 40 µg/m3.
 - la concentración máxima en 1 hora no deberá exceder 200 µg/m3.
 - los valores de concentración de contaminantes comunes del aire, establecidos en esta norma, están sujetos a las condiciones de referencia de 25 °C y 760 mm Hg.
- 14 | **Reducir el consumo de electricidad en un 20%, en base a los valores de referencia de aparatos con eficiencia estándar.** | SI
- Todos los electrodomésticos de consumo eléctrico tienen una calificación A+, y los electrodomésticos con esta calificación consumen un 55% menos de energía, de acuerdo a la Comisión de Eficiencia Energética de la Unión Europea.

5.6. FACTIBILIDAD ECONÓMICA

Es necesario determinar la factibilidad del proyecto, se critica el costo económico que tiene el sistema net zero energy como producto, debido a la posibilidad financiera que tienen las personas en San Juan para construir dicho producto. Los costos de diseño ascienden a \$16.000, y la mampostería de tapial a \$20.000. Una familia de San Juan no estaría dispuesta a gastar dinero en ninguno de las dos opciones, pero tradicionalmente la mampostería de tapial se construye en mingas comunitarias, lo que hace factible construir en tapial en zonas rurales.

El Gobierno Nacional, a través del BIESS ofrece préstamos económicos para construcción de viviendas de interés social con tasas de interés cercanas al 5%. Además, es importante conocer la postura de otros proyectos similares en Quito, Ecuador, ya que la Escuela Politécnica Nacional publicó la tesis: "Estudio de factibilidad económica y financiera utilizando tecnología Net Zero Energy para la construcción de un proyecto de vivienda familiar urbana de clase media en la ciudad de Quito", y concluyó que este tipo de proyectos no son factible financieramente ya que el beneficio que usuario obtendrá no se equipará con la inversión inicial. Y esto en un área urbana capital del Ecuador.

Tabla N.31.Presupuesto Vivienda Modelo

No.	Descripción / Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	PRELIMINARES				\$ 3,276.20
1.1	Limpieza y resanteo	glb	1	\$ 150.00	\$ 150.00
1.2	Excavación a máquina para cimientos	m3	10	\$ 3.90	\$ 39.00
1.3	Demolición estructuras de hormigón	m3	20	\$ 25.84	\$ 516.80
1.4	Relleno compactado a maquina	m3	10	\$ 6.24	\$ 62.40
1.5	Muro de hormigón ciclópeo	m3	20	\$ 125.40	\$ 2,508.00
2	ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO f'c=240kg/cm (incluye encofrado)				\$ 29,087.79
2.1	Zapatas	m3	3.60	\$ 132.72	\$ 477.39
2.2	Columnas	m3	9.01	\$ 149.22	\$ 1,344.46
2.3	Vigas	m3	18.05	\$ 164.86	\$ 2,975.39
2.4	Dintel	m3	1.08	\$ 112.23	\$ 121.21
2.5	Losa	m3	51.02	\$ 140.78	\$ 7,182.93
2.6	Acero de refuerzo	kg	9992.00	\$ 1.70	\$ 16,986.40
3	FACHADA Y CUBIERTA				\$ 30,637.54
3.1	Mampostería de tapial	m2	301.5	\$ 67.00	\$ 20,200.50
3.2	Tabiquería de gypsum	m2	50.22	\$ 33.85	\$ 1,699.95
3.3	Enlucido Interior y exterior	m2	100.44	\$ 67.36	\$ 6,765.64
3.4	Puerta tamborada	m2	6	\$ 93.46	\$ 560.76
3.5	Ventana de PVC con doble vidrio, e=4mm	m2	20.28	\$ 53.00	\$ 1,074.84
3.6	Sum. e inst. de lámina impermeabilizante	m2	23.87	\$ 14.07	\$ 335.85
4	INSTALACIONES ELECTRICAS				\$ 1,464.799
4.1	Punto de tomacorriente 110v	pto	25	\$ 21.85	\$ 546.25
4.2	Punto de tomacorriente 220v	pto	2	\$ 30.42	\$ 60.84
4.3	Punto de luz	pto	25	\$ 17.75	\$ 443.75
4.4	Sum. e inst. De caja de breaker 6P con conexión a tierra	glb	1	\$ 63.95	\$ 63.95
4.5	Iluminación led	u	25	\$ 14	\$ 350

UCUENCA

5	INSTALACIONES SANITARIAS Y DE AGUA POTABLE					\$ 2,339.96
5.1	Pozo de revisión 40x40 con tapa	u	3	\$ 33.32	\$	99.96
5.2	Punto de agua servida de 50mm	pto	8	\$ 35.00	\$	280.00
5.3	Punto de agua servida de 110mm	pto	8	\$ 50.00	\$	400.00
5.4	Punto de agua potable incluye llave de control	pto	5	\$ 11.40	\$	57.00
5.5	Inodoro tanque bajo	u	4	\$ 165.00	\$	660.00
5.6	Lavamanos	u	4	\$ 123.00	\$	492.00
5.7	Ducha Sencilla, incluye campanola y rejilla	u	3	\$ 67.30	\$	201.90
5.8	Lavaplatos de 1 pozo	u	1	\$ 149.10	\$	149.10
6	ACABADOS					\$ 1,234.68
6.1	Ceramica 30x30 en zonas húmedas	m2	69	\$ 14.60	\$	1,007.40
6.2	Mesón de cocina incluye patas losas y enlucido	ml	6	\$ 37.88	\$	227.28
7	SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS LLUVIAS (Incluye cisterna)	glb	1	\$ 8,000.00	\$	8,000.00
8	DISEÑO PASIVO					\$ 5,330.00
8.1	Panel fotovoltaicos (5 paneles 1.77m2)	glb	1	\$ 1,410.00	\$	1,410.00
8.2	Panel tubo de vacío	glb	1	\$ 660.00	\$	660.00
8.3	Muro Trombe	ml	3	\$ 420.00	\$	3,260.00
9	EQUIPOS ELECTRÓNICOS - ENERGY STAR					\$ 2,714.00
9.1	Estufa 4 quemadores, LEED	glb	1	\$ 464.00	\$	464.00
9.2	Bombilla 13W, LEED	u	25	\$ 12.00	\$	300.00
9.3	Lavadora LG WM3700	glb	1	\$ 620.00	\$	620.00
9.4	Refrigeradora compacta	glb	1	\$ 280.00	\$	280.00
9.5	Microondas 30L	glb	1	\$ 120.00	\$	120.00
9.6	Televisor pantalla	glb	4	\$ 160.00	\$	640.00
9.7	Plancha eléctrica	glb	1	\$ 40.00	\$	40.00
9.8	Calefón eléctrico	glb	1	\$ 250.00	\$	250.00

TOTAL + IVA

\$ 82,084.95