

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR PARA LA
CIUDAD DE SUCRE MEDIANTE EL USO DE PARÁMETROS DE CALIFICACIÓN
ENERGÉTICA DE VIVIENDAS (CEV)**

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO DE
MAGISTER ENERGÍAS
RENOVABLES Y EFICIENCIA
ENERGÉTICA**

Autor: PhD Mireya Lauren Gareca Apaza

Sucre- Bolivia

2023

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR PARA LA
CIUDAD DE SUCRE MEDIANTE EL USO DE PARÁMETROS DE CALIFICACIÓN
ENERGÉTICA DE VIVIENDAS (CEV)**

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO DE
MAGISTER ENERGÍAS
RENOVABLES Y EFICIENCIA
ENERGÉTICA**

Autor: Mireya Lauren Gareca Apaza

Tutor: PhD. Matías Esteves

Sucre- Bolivia

2023

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo, como requisito previo para la obtención del título de Magister en Energías Renovables y Eficiencia Energética Versión II, de la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un período de 30 meses posterior a su aprobación.

MIREYA LAUREN GARECA APAZA

DEDICATORIA

En primer lugar, a mi Papá espiritual, Dios, quien me cuida y me protege, sin Él no habría podido superar los obstáculos más grandes de mi vida. A mi familia por todo su apoyo y amor, a mis hijas Fernanda, Lorena y Gabriela que son una gran motivación para superarme en la vida y a mi esposo por su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A todos los docentes de la maestría en especial a mi tutor al PhD Matías Esteves, por compartir sus conocimientos, y motivarme a seguir trabajando para culminar con éxito la tesis, sin su colaboración no habría podido concluir esta investigación. También agradezco al PhD Juan Carlos Rojas Vidovic, por compartir sus conocimientos y su paciencia en este viaje. También a los docentes del programa y a los coordinadores por todo su apoyo y amabilidad.

INDICE

CESIÓN DE DERECHOS	i
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. SITUACIÓN PROBLÉMICA	3
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.4. OBJETO DE ESTUDIO	4
1.5. CAMPO DE ACCIÓN	4
1.6. IDEA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.7. HIPÓTESIS.....	4
1.8. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.8.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.9. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.10. DISEÑO METODOLÓGICO	7
1.10.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	7
1.10.2. MÉTODOS TEÓRICOS.....	7
1.10.3. MÉTODOS EMPÍRICOS	7
1.10.4. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	9
1.10.5. INSTRUMENTOS (RECURSOS NECESARIOS).....	9
1.11. POBLACIÓN Y MUESTRA	9
CAPITULO I	10
MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL	10
2.1. MARCO TEÓRICO	10
2.1.1. ANTECEDENTES.....	10

2.1.1.1.	EMISIONES DE CO2 ASOCIADOS AL SECTOR ENERGÉTICO DE BOLIVIA	10
2.1.1.2.	CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL.....	11
2.1.1.3.	INCIDENCIA DEL SER HUMANO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL	12
2.2.	TEORÍAS.....	13
2.2.1.	DISEÑO DE LA VIVIENDA.....	13
2.2.2.	MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO.....	15
2.2.3.	INSTRUMENTOS DE COMPUTACIÓN PARA SIMULACIÓN DE ENERGÍA EN EDIFICIOS	15
2.2.4.	SISTEMA DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS (CEV)	16
2.3.	MARCO CONCEPTUAL.....	17
2.4.	MARCO LEGAL	22
2.4.1.	CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO (7/02/2009) – ART. 378	22
2.4.2.	LEY 1604 (21/12/1994) LEY DE ELECTRICIDAD ART. 3	22
2.4.3.	DECRETO SUPREMO (5/03/2008) PROGRAMA NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	22
2.4.4.	LEY 300 (15/10/2012) MARCO DE LA MADRE TIERRA Y DESARROLLO INTEGRAL PARA EL VIVIR BIEN – ART. 15	23
2.4.5.	DECRETO SUPREMO 4477 24/03/2021.....	23
2.4.6.	DECRETO MUNICIPAL N°094/2018 (24/01/2018) – LEY DE INCENTIVO A LAS EDIFICACIONES SUSTENTABLES, ECOLÓGICAS Y AMIGABLES CON EL MEDIO AMBIENTE.....	24
2.4.7.	LEY N°177 (01/08/2018): LEY DE ENERGÍA DEL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ	24
2.5.	MARCO CONTEXTUAL	24
2.5.1.	CONTEXTO ENERGÉTICO NACIONAL ACTUAL.....	24
2.5.2.	GENERACIÓN DISTRIBUIDA.....	26
2.6.	CONTEXTO CLIMÁTICO	27
CAPITULO II		40
DIAGNÓSTICO		40
2.1.	ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS PASIVAS APLICADAS EN EL DISEÑO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE SUCRE	40
2.1.1.	DATOS GENERALES	40
2.1.1.1.	UBICACIÓN.....	40
2.1.2.	DISTRIBUCIÓN INTERIOR.....	41
2.1.3.	ACCESO	43
2.1.4.	CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS	43

2.1.5.	ORIENTACION SOLAR Y PENDIENTE.....	45
2.1.6.	ASOLEAMIENTO Y SU RELACIÓN CON LA FORMA DE LA VIVIENDA	45
2.1.8.	COMPACIDAD	51
2.1.9.	POROSIDAD	52
2.1.10.	ESBELTEZ.....	52
2.1.11.	TRATAMIENTO DE LA PIEL DEL EDIFICIO O LA ENVOLVENTE	53
2.1.12.	COLOR.....	53
2.1.13.	FACHADAS	54
2.1.14.	FACHADA NORTE Y SUR.....	55
2.1.15.	DIAGNÓSTICO DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA VIVIENDA ..	55
	Diagnóstico.....	56
2.2.	DATOS DE CONSUMO Y COSTOS ENERGÉTICOS	57
2.2.1.	ENERGÍA ELÉCTRICA	57
CAPITULO III		59
PROPUESTA		59
3.1.	RESULTADOS.....	59
3.1.1.	ZONIFICACIÓN TÉRMICA DE SUCRE ACUERDO AL ANÁLISIS CLIMATICO DE CHILE.....	59
3.1.1.1.	COMPARACION DE DATOS CLIMATICOS DE LA CIUDAD DE SUCRE CON LAS ZONAS CLIMÁTICAS B-C-D DE CHILE	60
3.1.2.	EVALUACIÓN DE LA ZONAS TÉRMICAS CHILENAS B, C, D APLICABLES A LA VIVIENDA.....	62
3.1.2.1.	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	62
3.1.3.	SIMULACIÓN ENERGÉTICA	69
3.1.3.1.	ARQUITECTURA.....	69
3.1.3.2.	ENVOLVENTE	69
3.1.3.3.	ACTIVIDADES INTERIORES.....	77
3.1.4.	BALANCE ENERGÉTICO	77
3.1.5.	RESULTADOS DE LA MEJORAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	79
3.1.6.	CAMBIOS POR ESTRATEGIA	81
3.1.7.	RESULTADOS CEV MODELO MEJORADO DE LA ZONA.....	83
3.1.8.	IMPACTO ECONÓMICO	84
CAPITULO IV		86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		86
4.1.	CONCLUSIONES	86
4.2.	RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO CON ESTRATEGIAS PASIVAS EN CLIMA TEMPLADO DE SUCRE	88

5. REFERENCIAS	89
ANEXOS.....	95
ANEXO 1. PUENTES TERMICOS	96
ANEXO 2. AREAS DE MUROS Y VANOS	99
ANEXO 3. PRECALIFICACIÓN DE LA VIVIENDA DE ESTUDIO EN LA ZONA TERMICA B EN ETAPA INICIAL	103
ANEXO 4. PRECALIFICACIÓN DE LA VIVIENDA DE ESTUDIO EN LA ZONA TERMICA B CON LA PROPUESTA DE MEJORA DE SISTEMA CONSTRUCTIVO	108

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Posición del sol en solsticio de invierno y verano a las 12:00pm. Sombra proyectada por vivienda ubicada en latitud 27° (Copiapó). Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social, Waldo Bustamante, (2021).	14
Figura 2. Actores involucrados en la aplicación del (CEV). Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 2019.	17
Figura 3 .Nivel de eficiencia energética. Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 2019.....	21
Figura 4. Potencial de Energía Solar KWh/m2/día. Plan para el Desarrollo de las Energías Alternativas 2025.....	25
Figura 5. Esquema de la red de generación distribuida. Invista Solar, 2023. https://invistasolar.com.br/	27
Figura 6. Temperaturas mensuales, elaborado en Sol.arq en base a los datos obtenidos de Climate.onebuilding.org de Sucre, (2007-2021).....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7. Humedad relativa mensual de la Ciudad de Sucre de los últimos (2007-2023). Elaborado por Sol-Arq en base a los datos de climate.onebuilding.org.	31
Figura 8. Frecuencia anual de los vientos en la ciudad de Sucre (2007-2021). Elaborado por Sol-Arq en base a los datos de climate.onebuilding.org de Sucre.	32
Figura 9. Frecuencia mensual de los vientos en la ciudad de Sucre, (2007-2021). Elaborado por Sol-Arq en base a los datos de climate.onebuilding.org de Sucre.	33
Figura 10. Radiación solar promedio mensual, (2007.2021). Elaborado por Sol-Arq. en base a los datos de climate.onebuilding.org de Sucre.....	35
Figura 11. Normas Generales de Ocupación y Uso de Suelo. Padilla Osman, 2020. Taller virtual desarrollo de proyectos de arquitectura bajo la norma del G.A.M.S.....	36
Figura 12. Modelo de Vivienda del Área periférica Nuevas Tendencias de Arquitectura Vanguardista Vivienda del Área Patrimonial. Edificios en Altura del Sector del Barrio Petrolero. Elaboración propia, 2021.	39
Figura 13. Plano de ubicación de la vivienda de estudio y el Centro Histórico de la Ciudad de Sucre. Honorable Alcaldía Municipal, 2000. Plan de habilitación y ordenamiento de zonas de expansión urbana.....	40
Figura 14. Ubicación de la Vivienda. Elaboración propia, 2022.	41
Figura 26. Planos de la vivienda y zonificación de actividades en su interior. Elaboración propia, 2023.....	43
Figura 15. Vivienda unifamiliar de referencia. Elaboración propia, 2023.	44
Figura 17. Caracterización arquitectónica. Elaboración propia, 2023.	44

Figura 16. Orientación de la vivienda. Elaboración propia, 2022 en base a la tesis “Determinación de estrategias de diseño bioclimático para la ciudad de Sucre (Bolivia)” (Pozo, 2011).	45
Figura 17. Obstrucción solar de vivienda colindante. Elaboración propia, 2023.	¡Error!
Marcador no definido.	
Figura 18. Radiación solar en verano. Elaborado en el programa 3D SUN-PATH.	46
Figura 19. Radiación solar en invierno. Elaborado en el programa 3D SUN-PATH.	46
Figura 20. Arriba: Localización de vegetación en la vivienda con orientación sud este. Abajo: tipo de especies que se encuentran en el predio. Elaboración propia, 2023.	47
Figura 21. Vivienda de planta semi compacta. Elaboración propia, 2023.	51
Figura 22. Derecha: Presencia de patios en la vivienda. Izquierda: Fotografía del sector de cocheras, donde se puede ver que el mismo edificio se arroja sombra por la tarde. Elaboración propia, 2023.	52
Figura 23. Materiales utilizados en la envolvente. Elaboración propia, 2023.	53
Figura 25. Predominio de color blanco en la envolvente y plomo en la cubierta. Elaboración propia, 2023, en base a Mendoza M., Aguillón J., 2021.	54
Figura 27. Izquierda: Fachada Norte. Der: fachada Sur de la de la vivienda. Elaboración propia, 2023.	55
Figura 28. Datos de consumo y coste energético de energía eléctrica de la vivienda de estudio. Elaboración propia, 2023.	58
Figura 28. Proceso de calificación energética de la vivienda de estudio.	59
Figura 29. Zonificación térmica de CEV – Chile. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2021.	60
Figura 30. Comparación con Zona Térmica B – C -D. Elaboración propia, 2023.	61
Figura 31. Requerimientos anuales de energía para calefacción y enfriamiento. Ministerio de Vivienda de Chile, 2019.	63
Figura 32. Calificación energética de la vivienda de análisis tipo B, para la zona térmica B.	63
Figura 33. Zona térmica B. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2021.	64
Figura 34. Calificación energética de la vivienda de análisis tipo B, para la zona térmica C.	65
Figura 35. Zona térmica C. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2021.	66
Figura 36. Calificación energética de la vivienda de análisis tipo B, para la zona térmica B.	66
Figura 37. Zona térmica D. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2021.	67
Figura 39. La vivienda de estudio y las obstrucciones del contexto.	69
Figura 40: Ladrillo de 6 huecos. Ficha técnica INCERCRUZ, 2017.	70

Figura 44. EPS 4cm + yeso cartón 1cm. Knauf Polyplac EPS.	72
<i>Figura 41. Materiales principales de la envolvente. Elaboración propia, 2023.</i>	¡Error!
Marcador no definido.	
Figura 45. Ventanas proyectantes en sustitución de las ventanas tipo celosía.	
www.incerco.es	75
Figura 46. Vidrio DVH. www. avitatuc.com, 2019.	75
Figura 47. Propuesta de pérgolas tipo invernadero en la fachada Sur.	76
Figura 42. Modelo 3d de los ambientes del segundo nivel donde se desarrolla mayor actividad.	77
Figura 43. Pérdidas y ganancias de calor anuales, 2023.	78
Figura 48. Demandas energéticas anuales (kWh/m ²). Elaboración propia, 2023.....	80
Figura 49. Horas de desconfort. Elaboración propia, 2023.....	80
Figura 50. Modelo con medidas eficiencia energética. Elaboración propia, 2023.	81
Figura 52. Modelo 01	82
Figura 53. Modelo 02.	82
Figura 56. Demanda energética, inicial y mejorada. Elaboración propia, 2023.	83
Figura 57. Calificación energética otorgada a la vivienda de Sucre de acuerdo con los estándares de la CEV de Chile.....	84

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Medidas de eficiencia energética en el diseño de vivienda.	13
Tabla 2. Temperatura de la ciudad de Sucre, Bolivia (2007-2021).	27
Tabla 3. Temperaturas horarias medias mensuales (°C)	28
Tabla 4. Humedad relativa máxima y mínima mensual de la ciudad de Sucre, Bolivia (2007-2021).	30
Tabla 5. Velocidad del viento mensual (2007-2021)	32
Tabla 6. Radiación mensual, (2007-2021)	34
Tabla 7. Normas de edificación para viviendas	37
Tabla 10. Valoración de los ambientes según su orientación	41
Tabla 11. Especies arbóreas del área de intervención.	48
Tabla 12. Evaluación de las ventanas y paños vidriados de los espacios con mayor frecuencia de uso en la vivienda	54
Tabla 13. Histórico de consumo de energía eléctrica [kwh]	57
Tabla 14. Costo energético de consumo de energía eléctrica	57
Tabla 15. Calificación de acuerdo con la demanda energética de calefacción y refrigeración para la zona térmica B	63
Tabla 14. Calificación de acuerdo con la demanda energética de calefacción y refrigeración para la zona térmica C	65
Tabla 17. Calificación de acuerdo con la demanda energética de calefacción y refrigeración para la zona térmica D	67
Tabla 18. Solución constructiva de muros inicial	71
Tabla 19. Propuesta constructiva de muros mejorada	71
Tabla 20. Mejora de la transmitancia térmica en muros	72
Tabla 21. Propuesta constructiva de cubierta	73
Tabla 20. Mejora de la transmitancia térmica de ventanas	76
Tabla 23. Pérdidas y ganancias de calor anuales	77
Tabla 24. Total horas de discomfort, necesidad de calefacción y enfriamiento anual	78
Tabla 23. Propuestas de eficiencia energética para la vivienda de estudio	79
Tabla 24. Calificación de eficiencia energética de vivienda mejorada de acuerdo con las tres zonas térmicas de Chile	83
Tabla 27. Costo energético de consumo de energía eléctrica	84
Tabla 28. Consumo de energía y costo anual de energía eléctrica	85

Tabla 29. Costo energético de energía eléctrica según la calificación final	85
---	----

RESUMEN

El uso de energías no renovables se ha convertido en un tema complejo de abordar de forma pragmática para los distintos países, especialmente para los exportadores, debido a la afectación económica y a un manejo tradicional de los recursos naturales, que no considera la sostenibilidad del planeta.

En Bolivia, el uno de los sectores que consume más energía no renovable es el residencial, con un 15% para el 2017, generando una mayor emisión de CO₂. El sector de la construcción en Bolivia no contempla reglamentos que consideren estrategias de eficiencia energética, tampoco están vigentes políticas que promuevan la evaluación de las edificaciones mediante métodos como LEED, BREEAM, VERDE, Qualitel, CASBEE y otros. Por esta razón, el objetivo principal de la investigación es realizar la evaluación de eficiencia energética de una vivienda unifamiliar de Sucre para clima templado, a partir de parámetros de Calificación Energética de Viviendas de (CEV) Chile.

La metodología corresponde a un enfoque cuali-cuantitativo, mediante el uso de los métodos de análisis documental y de modelación principalmente mediante el uso del programa Design Builder, además de registros para la recolección de información.

A partir de los datos obtenidos del contexto local, así como la caracterización de estrategias de eficiencia energética, se obtuvo una calificación final de A, para las tres zonas térmicas analizadas, mostrando la importancia de la relación entre componentes materiales y formas en el diseño arquitectónico. Con esta investigación se concluye además sobre la necesidad de contar con un reglamento capaz de evaluar la eficiencia energética de las viviendas y edificaciones que se enmarquen en los objetivos 7 y 11 de las políticas de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, destinado a mejorar el hábitat de los habitantes en Bolivia.

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

De acuerdo con el contexto mundial, la crisis ambiental que afecta al planeta es un problema que debe ser abordado por los seres humanos, en todos los niveles, con el fin de mitigar el calentamiento global y promover el desarrollo sostenible.

Según el informe elaborado por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por su sigla en inglés), se considera que el sector energético es el principal causante de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, y dentro de ello, con un 34% de todas las emisiones para el año 2010, se corresponden principalmente con la generación y consumo masivo de electricidad. En contraposición, las energías alternativas que contribuyen a disminuir los efectos del cambio climático alcanzaron los 480GW durante el 2011, aproximadamente un 6% del total, porcentaje aún muy bajo para ayudar a mitigar el impacto ambiental. Tomando en cuenta estos datos, el sistema energético actual, basado en recursos fósiles no renovables, sería el más contaminante en relación con las emisiones de carbono a nivel global (ENERGETICA, 2020).

Sin embargo, de acuerdo con un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el potencial energético las energías alternativas de América Latina son suficientes para cubrir toda la demanda eléctrica actual y futura, pero las limitaciones de su implementación se deben a una visión tradicionalista, que responde en mayor medida a la extracción y procesamiento de recursos no renovables (Ministerio de Hidrocarburos y Energía de Bolivia, 2014).

Por otro lado, de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA), el consumo mundial de energía eléctrica se incrementó en un promedio es de 3,3% por año entre 1999-2009. Los diez países con mayor consumo de energía eléctrica en el mundo son: China, Estados Unidos, Japón, India, Rusia, Alemania, Canadá, Francia, Brasil, Corea del Sur y México.

En este escenario de crisis, es importante que Bolivia se alinee a las políticas internacionales que buscan no sólo un crecimiento económico sino también un desarrollo sostenible, mediante la descarbonización de las economías y la expansión de las energías renovables, en consonancia con acuerdos internacionales que buscan proteger el ambiente a partir del uso de energías no renovables, principalmente.

A nivel nacional, la era antropocena en la que vivimos ha generado un impacto en los ecosistemas mediante el cambio climático, aspecto que contradice los acuerdos como el de París del 2015 (objetivo 7, energía asequible y no contaminante) o la propia Constitución Política del Estado del Bolivia, generando un escenario de crisis ambiental, social y económica. En este contexto, Bolivia debe cambiar la visión tradicional de enfrentar su economía enfocada en la extracción de recursos no renovables como base de crecimiento por una visión basada en recursos renovables (Ministerio de Autonomías de Bolivia, 2013).

Según los últimos informes del 2018, Bolivia es un exportador neto de energía no renovable, principalmente de gas natural con casi un 80%, el petróleo y la gasolina ocupan el segundo lugar, la biomasa el tercero y el resto de energías renovables el cuarto lugar de relevancia. De la misma manera, según el Balance Energético de Bolivia, se tiene como principales consumidores al sector transporte con 27.257 kbep, le sigue el sector industrial con 8.973 kbep, luego el residencial con 6.429 kbep, entre otros de menor consumo (agropecuaria, pesca y minería) (ENERGETICA, 2020).

Las fuentes de información señalan a la industria y al sector del transporte como principales contaminantes (Bermann, 2003; Lupano, 2013). Sin embargo, el sector de la construcción constituye otro de los sectores que mayor contaminación e impacto genera, mediante el consumo de un 20 al 50% de los recursos físicos, porque no solo incluyen el uso de recursos mediante la extracción de canteras, el elevado consumo de energía para la fabricación de materiales y artefactos y la disposición de los residuos que se generan en la demolición de las construcciones, sino que también aparecen impactos vinculados al uso del edificio durante toda su vida útil e incluso, produciendo un impacto en la calidad de vida de la población (Acosta, 2009). La tercera Conferencia Europea de Ministros sobre Política de Vivienda Sostenible, celebrada en Copenhague en 1996, fundamentó la importancia de recuperar el concepto de ciudad próspera y cohesionada de forma que, mejorando su integración en el territorio y el medio natural, se reduzca su impacto ambiental, mediante el cual se planteó el objetivo de normalizar los desempeños energéticos (Alavedra, Domínguez, Gonzalo, & Serra, 1997).

De la misma manera, en la Agenda Sostenible de Ecuador 2036, como referente más cercano, se establece como línea de acción prioritaria: “establecer parámetros arquitectónicos y urbanísticos que incluyan el uso de tecnologías de eficiencia energética y bioclimática que permitan mejorar la habitabilidad y la eficiencia energética en las edificaciones”, (ONU HÁBITAT, 2020).

Un antecedente relevante en este tema es lo vinculado con la eficiencia energética en el sector residencial en la Unión Europea, donde se ha estimado alcanzar un ahorro energético del 27 % mediante políticas destinadas a mejorar la calidad constructiva y el diseño de los edificios. De esta manera, el sector residencial busca aumentar la eficiencia energética sin afectar a la productividad, a la calidad de vida y sin producir un impacto ambiental significativo e irreversible (Pérez , Rodríguez , & Flores, 2016).

1.2. SITUACIÓN PROBLÉMICA

El marco jurídico en Bolivia tiene por objetivo defender el derecho que tienen los ciudadanos de nuestro país de vivir en un ambiente saludable, protegido y equilibrado, que permita el desarrollo de los individuos de el presente y de las futuras generaciones tal como lo establece el Artículo N° 33 de la Constitución Política del Estado. Sin embargo, no parece importante pensar en la naturaleza como un ser vivo, porque gran parte de las visiones sólo pretenden encontrar la manera de que la naturaleza sea infinita, que no se manifieste de manera negativa y, en consecuencia, esto no afecte la supervivencia de los seres humanos.

La normativa ambiental actual, tampoco regula el control de las actividades que contaminan el ambiente, entre ellas la construcción, sin considerar un uso adecuado de los recursos energéticos, centrándose más en la estética y en la copia de estilos arquitectónicos, que no siempre responden a las condiciones naturales y a los materiales locales.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Las viviendas unifamiliares de la ciudad de Sucre no responden a parámetros de eficiencia energética que permitan realizar un uso eficiente de la energía en calefacción y refrigeración.

1.4. OBJETO DE ESTUDIO

Eficiencia energética de vivienda unifamiliar de Sucre como caso de estudio.

1.5. CAMPO DE ACCIÓN

Parámetros de Calificación Energética de Viviendas de Chile (CEV) aplicables a viviendas de clima templado.

1.6. IDEA DE INVESTIGACIÓN

Las viviendas en la ciudad de Sucre presentan un consumo energético que no ha sido comparado con viviendas proyectadas bajo parámetros de Calificación Energética de Viviendas (CEV), razón por la cual los habitantes mantienen modelos de viviendas convencionales que hacen un uso ineficiente de las fuentes de energía. Esto conlleva a un consumo excesivo y la dependencia de energía fósil para alcanzar un adecuado confort térmico. Esta situación provoca problemas ambientales, por la consecuente mayor generación de gases de efecto invernadero. También aparecen problemas socioeconómicos por la dependencia del servicio y pago de energía fósil que cada vez será más costosa.

1.7. HIPÓTESIS

La vivienda unifamiliar de estudio, de la ciudad de Sucre, presenta una calificación energética baja (Menos Eficiente) debido a un alto consumo energético, tomando como base de evaluación la Calificación Energética de Viviendas de Chile (CEV), porque no ha sido proyectada bajo parámetros de eficiencia energética que optimicen el consumo de energía.

1.8. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia energética de una vivienda unifamiliar de estudio para clima templado de la ciudad de Sucre, mediante el uso de parámetros de Calificación Energética de Viviendas de Chile, que sirva como base comparativa para optimizar la eficiencia energética en calefacción y refrigeración y su replicabilidad en el diseño de viviendas.

1.8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las condicionantes climáticas de la ciudad de Sucre que inciden en la arquitectura y el diseño bioclimático e identificar la zonificación térmica a la que pertenece en relación a las zonas térmicas de Chile.
- Analizar la vivienda de estudio mediante un balance energético para determinar el comportamiento de los materiales constructivos utilizados en la envolvente.
- Comparar las mejoras de la vivienda de estudio bajo las condiciones de la Calificación de Eficiencia Energética de Viviendas de Chile.

1.9. JUSTIFICACIÓN

APORTE SOCIAL

Esta investigación servirá como referente comparativo de los beneficios que genera una proyección arquitectónica que considere parámetros de eficiencia energética para alcanzar confort térmico de forma natural, reduciendo la dependencia de energías convencionales, con un impacto menor en la economía de los hogares mediante un ahorro derivado de un menor consumo; pero con mayor eficiencia energética, que permita además alcanzar los compromisos internacionales relativos al cambio climático en el sector de la edificación.

NOVEDAD

En Bolivia aún no se han aplicado parámetros de eficiencia energética en la evaluación de la arquitectura residencial. Otros países latinoamericanos, como Chile, crearon en 2012 el Sistema de Calificación Energética de viviendas para su uso de manera voluntaria y en 2021 se promulgó la Ley de eficiencia energética que implica calificación energética obligatoria para todas las viviendas nuevas para venta. Esto ha permitido adquirir un mayor compromiso ambiental desde la disciplina arquitectónica y en el acceso a viviendas con una mayor eficiencia energética y calidad de vida. Las políticas bolivianas que promueven el uso de recursos renovables en el sector de la construcción deben apuntar a realizar cambios que permitan materializar la implementación de energías renovables con impactos mínimos al ambiente y la sociedad.

ACTUALIDAD

El cambio climático es una realidad a la que se debe contribuir con un uso eficiente de la energía renovable y no renovable, y por ende una menor contaminación del ambiente sin perder calidad de vida. La arquitectura es una de las principales disciplinas vinculadas a la construcción del hábitat y, por ende, tiene impactos directos en la calidad de vida de las personas y en los entornos donde éstas se desenvuelven cotidianamente. De allí la importancia de pensar nuevas estrategias que no solo pongan el foco en el diseño estético de las construcciones, sino que también en la funcionalidad de las mismas. Si pensamos que la vida útil de un edificio es de al menos 100 años, entonces depende de los profesionales el impacto que ese edificio causará en el ambiente como en quienes lo habiten.

APORTE METODOLÓGICO

Se utilizarán planillas de cálculo que devienen de la normativa chilena para realizar la Calificación Energética de Viviendas de Chile, que servirán para el análisis comparativo de optimización a ser realizado en Design Builder, lo cual se constituye en un aporte en el proceso proyectual de diseño de las viviendas, que actualmente se diseñan sin considerar parámetros de eficiencia energética, debido a la falta de reglamentación en este tema. De los resultados que se obtengan, será posible extraer o determinar lineamientos útiles para el diseño constructivo aplicables en la ciudad de Sucre

APORTE TEORICO

Los resultados que se alcancen servirán de referente para otras investigaciones similares, de manera que contribuya a sensibilizar a la población en cuanto a sus beneficios económicos, sociales y ambientales. A su vez, se realizará un aporte a la actual formación o educación de futuros profesionales de la construcción, ya que se determinarán aquellos parámetros fundamentales a aplicar para alcanzar eficiencia energética con el menor uso de energías convencionales y sus beneficios asociados.

1.10. DISEÑO METODOLÓGICO

1.10.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Corresponde al paradigma positivista debido a que el objeto de estudio será estudiado de manera objetiva. El enfoque asumido fue el cuali-cuantitativo, posibilitando un estudio de tipo social interpretativo con el apoyo de resultados estadísticos. Por otro lado, es una investigación de tipo descriptiva y propositiva puesto que se propondrá un modelo de vivienda en la que se aplique parámetros de calificación de eficiencia energética (Ramirez, 2011).

1.10.2. MÉTODOS TEÓRICOS

Análisis documental

Se hizo una revisión de la bibliografía existente y actualizada, se triangulará la información de los autores. Este método se usará principalmente en el Marco Teórico para establecer las bases teóricas en las que se sustenta el presente trabajo de investigación, además de determinar el vacío en el conocimiento a donde se pretende aportar conocimiento.

Método de la modelación

Se utilizarán software de uso libre como Sketchup, para la modelación en tres dimensiones de la arquitectura, así como Design Builder para dar respuesta al problema científico. Se plantearán diferentes modelos que luego serán comparados y que permitirán proyectar e indagar en la importancia de estas estrategias a implementar en la construcción. Este método se aplicará en la etapa de diagnóstico y propuesta.

1.10.3. MÉTODOS EMPÍRICOS

Método de la observación: El método de la observación será utilizado para saber cómo se comportará el modelo obtenido aplicando las estrategias de eficiencia energética y analizar su comportamiento que será descrito en los resultados.

Método de medición: Se realizarán diferentes mediciones de la vivienda en cuanto a vanos y muros para la calificación energética.

Así mismo, se realizará una operacionalización de variables considerando la tabla siguiente, a través de la cual se determinarán los indicadores y los instrumentos de análisis.

Tabla 1. Tipos de variables

Variables independientes	Variables intervinientes	Variables dependientes
– Materiales de construcción más utilizados en el lugar – Condiciones climáticas – Radiación solar. – Tipo de arquitectura (morfología).	– Demanda de calefacción (kWh/año). – Demanda de enfriamiento(kWh/año). – Demanda de iluminación (kWh/año).	– Envolvente térmica (Transmitancia térmica de los materiales W/m²K). – Cargas internas. – Renovación del aire. – Comportamiento energético de los artefactos de calefacción y agua caliente.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Se emplean las estrategias especificadas en la Calificación Energética de Viviendas en Chile (CEV) que trata de un programa creado en 2012 por los Ministerios de Energía y Vivienda y Urbanismo del Gobierno de Chile, para entregar a la población información objetiva y estandarizada que facilite la toma de decisiones en cuanto a la construcción edilicia para alcanzar mejores condiciones de eficiencia energética. A su vez, este programa busca convertirse en referente para los profesionales de la construcción (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2019).

Este programa focaliza en variables tales como las características térmicas de la envolvente (muros, pisos, techos, aberturas) y el perfil de uso del edificio, considerando cargas internas, infiltraciones y ventilación. A partir de estos datos, se genera una planilla de balance térmico dinámico, para en base a las variables antes mencionadas, se brindan resultados cada 60 segundos sobre la temperatura interior del recinto. De acuerdo a los resultados finales alcanzados, el programa emite la etiqueta que da cuenta de la calificación energética del edificio analizado, pudiendo luego realizar ajustes para maximizar los resultados. Se trabaja con este programa porque resulta novedoso en la región al ser una herramienta y guía tanto para profesionales como para los usuarios, en vistas a mejorar la eficiencia energética y, con ello, la disminución del uso de combustibles fósiles, mayor calidad de vida y mejores impactos ambientales.

1.10.4. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Entrevistas semiestructuradas

Se realizarán entrevistas semiestructuradas a los ocupantes de la vivienda para conocer aspectos relativos al funcionamiento y uso de los artefactos eléctricos y del conocimiento del comportamiento climático del edificio, así como a su percepción del nivel de confort interior.

1.10.5. INSTRUMENTOS (RECURSOS NECESARIOS)

- Se realizarán fichas de registro para detallar los artefactos de consumo eléctrico, fijos o móviles.
- Ficha de relevamiento de características de la arquitectura, volumetría, orientación, ventanas, cantidad de personas, etc.
- Fichas de registro de datos históricos de electricidad de un año de CESSA.
- Datos climáticos de la ciudad de Sucre SENAMI.
- Se utilizará el software Design Builder para explorar diferentes combinaciones de variables y encontrar la configuración óptima que cumpla con los objetivos establecidos y las restricciones definidas. Este motor de optimización utiliza algoritmos matemáticos para realizar un análisis exhaustivo y encontrar la solución más eficiente dentro de los parámetros exigidos.

1.11. POBLACIÓN Y MUESTRA

POBLACIÓN

La cantidad de viviendas en el municipio de Sucre es de 69835 unidades de acuerdo con el último censo realizado el año 2012 (Instituto Nacional de Estadística, 2012).

MUESTRA

El muestreo será no probabilístico, por conveniencia, se utilizará una vivienda de referencia de la cual se tienen datos de primera mano y es posible tener el registro anual respecto del comportamiento térmico de la vivienda, así como obtener información necesaria para el modelado y propuesta y las percepciones de los ocupantes.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. ANTECEDENTES

La eficiencia energética de un edificio depende de un adecuado diseño, el cual considere todas las variables naturales del contexto, así como la volumetría del edificio, la orientación de las fachadas, la ubicación, sombras, sistemas de construcción de paredes y techos, color de las superficies expuestas al sol, entre otros. Por lo tanto, el confort y uso de la energía que se genera en el espacio interior dependerá de una adecuada combinación en el diseño de los parámetros antes mencionados.

2.1.1.1. EMISIONES DE CO₂ ASOCIADOS AL SECTOR ENERGÉTICO DE BOLIVIA

Las emisiones de carbono en relación con la demanda interna corresponden a 14,58 millones de toneladas de CO₂ para el 2014, de 16,78 millones para los 2019 y 32,09 millones para el 2040, que corresponderían al uso permanente de los combustibles fósiles. En base a esto, como parte del Modelamiento del sistema energético boliviano al 2040, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por su sigla en inglés) que es una entidad del Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP) planteó para el sector residencial mejoras en los sistemas de distribución de gas natural, expansión de las redes de distribución de gas natural residencial que permitan reemplazar el GLP, uso de tecnologías y procesos de combustión eficientes para la quema de biomasa y uso de estándares de funcionamiento y eficiencia para los electrodomésticos (ENERGETICA, 2020).

Sin embargo, para lograr las metas trazadas por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), es preciso implementar medidas de transición de forma acelerada para que las emisiones netas globales de dióxido de carbono (CO₂) de origen humano disminuyan en 2030 alrededor de un 45%. De esta manera, se ha comprendido que la única solución es dejar de consumir combustibles fósiles, porque constituye la fuente principal de emisiones de CO₂, para lo cual se debe pasar de una matriz energética basada en combustibles fósiles a una matriz energética basada en energías renovables, proceso conocido como “transición energética” (ENERGÉTICA, 2020).

2.1.1.2. CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL

La eficiencia energética no implica disminuir el confort, sino que consiste en obtener confort óptimo a través de un menor uso de energía. Por tanto, una edificación debe ser considerada como un sistema que demuestre efectividad para conseguir confort de forma natural mediante diversas estrategias como: diseño arquitectónico, técnicas constructivas, uso de instalaciones de alta eficiencia para acondicionamiento térmico, iluminación artificial y ventilación adecuada. Se considera que la tendencia en el futuro será la “vivienda cero energías”, sin embargo, para lograr estos cambios es importante tener normas de apoyo y políticas adecuadas que motiven estos cambios en las nuevas edificaciones, a la vez que la disminución de los gases de invernadero (Bustamante G., Rozas U. , Cepeda O., Encinas P., & Martínez T., 2009).

Los criterios que se deben considerar para obtener eficiencia energética residencial son: materiales de construcción, diseño arquitectónico, uso de energías renovables y tecnología. En relación con los materiales, se espera que sean renovables y reciclables. En cuanto al diseño arquitectónico se debe considerar diversas variables como una óptima orientación, envolventes que respondan a las condiciones climáticas propias del lugar y la implementación de sistemas pasivos de captación de energía de acuerdo con el potencial de la zona (Pascual, 2014).

Así mismo, es importante una adecuada selección de tecnología de bajo consumo, tipos de luminarias y electrodomésticos principalmente (Hernández & Meza, 2011; García, 2013). Otros criterios de sostenibilidad para viviendas apuntan a reconocer la importancia de un involucramiento de todos los agentes que son parte del proceso constructivo, así como la aplicación de incentivos fiscales, económicos y financieros (Mirenzi & Simionato, 2015).

Por lo tanto, el diseño de un hábitat de calidad implica incorporar criterios de sustentabilidad en el diseño, la construcción, habitabilidad y otras etapas del ciclo de vida de una vivienda, porque de este ciclo de la construcción depende la emisión de gases de efecto invernadero (Ministerio de interior, obras públicas y vivienda de Argentina, 2019). De esta manera, el diseño arquitectónico sustentable permitiría incorporar estrategias de diseño bioclimático, así como el uso eficiente de tecnologías en base a energías renovables principalmente, que garanticen la existencia de dichos recursos sin comprometer el desarrollo de las generaciones futuras, (Arias, Arias, & Arias, 2013).

2.1.1.3. INCIDENCIA DEL SER HUMANO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL

De acuerdo con una investigación realizada en San Juan, Argentina, a 14 edificios residenciales, el nivel de eficiencia e ineficiencia energética depende del tipo de uso de la energía que realizan los usuarios, que confirma que independientemente de las características físicas de los edificios, el nivel de conocimiento y de aplicación de estrategias para un uso racional de la energía contribuyen a disminuir el uso de la energía. Es decir, destaca que el rol del usuario es fundamental, lo cual hace referencia directa a acciones de educación y concientización ciudadana. De acuerdo con esto, se observó un mayor uso de estrategias pasivas que no consumen energía, por encima del uso de estrategias activas (Alonso-Frank & Kuchen, 2018).

En el caso argentino, la introducción de energía renovable se considera una respuesta adecuada que permite mitigar el calentamiento global, mediante el uso de tecnología solar fotovoltaica, que de acuerdo al potencial solar de la ciudad de San Juan, es posible obtener una producción de energía del 44% del consumo anual actual, mediante la aplicación de paneles fotovoltaicos SFV, considerando el entorno normativo favorable de Argentina para su implementación, (Alonso-Frank & Michau, 2022).

En el caso de Cuenca, Ecuador, el mayor consumo de electricidad en las viviendas corresponde a los electrodomésticos con un 72%, el artefacto que tiene un mayor consumo es el refrigerador. De acuerdo con el autor, si se sustituyeran los electrodomésticos y las luminarias por otras más eficientes se podría tener un ahorro promedio de un 46% del consumo eléctrico total, manteniendo óptimas condiciones de confort. Otro aspecto a considerar es el uso de medidores inteligentes que contribuyen con el uso eficiente de la energía debido a que ayudan a que los usuarios sean conscientes de su propio consumo de energía (Quesada M. & Baquero L., 2016).

2.2. TEORÍAS

2.2.1. DISEÑO DE LA VIVIENDA

En relación con las estrategias aplicadas para modelar una vivienda sostenible, y eficiente energéticamente la literatura es amplia. A continuación, se detallan algunas medidas para el diseño de edificaciones residenciales.

Tabla 1. Medidas de eficiencia energética en el diseño de vivienda.

Descripción	Indicadores	Características
Indicadores de diseño	Acondicionamiento térmico	– Realizar un análisis en base a la carta bioclimática de Givoni para conocer estrategias pasivas posibles de aplicar en el clima de diseño.
	Iluminación	– Orientar correctamente la vivienda. – Considerar el factor de hueco de las aberturas. – Realizar una adecuada distribución de espacios para aprovechar la iluminación natural.
	Agua caliente sanitaria	– Minimizar la distancia entre el punto de generación de agua caliente sanitaria y los picos de uso. – Uso de aislante térmico en las instalaciones de cañerías.
Elección de equipos internos	Acondicionamiento térmico	– Uso de artefactos de uso eficiente de energía. – Utilizar equipos de energías renovables. – Dimensionar adecuadamente los artefactos para evitar gastos innecesarios.
	Iluminación	– Uso apropiado del sistema de iluminación. – Utilizar lámparas eficientes y de bajo consumo, como tecnología LED.
	Agua caliente sanitaria	– Uso de equipos eléctricos, solares, gas, eficientes.
	Otros equipos	– Utilizar equipos de eficiencia de etiqueta A y B.
Hábitos de uso	Acondicionamiento térmico	– Calibración adecuada de la temperatura de los artefactos de calefacción. – Mantenimiento de los equipos.
	Iluminación	– Apagar la luz de los ambientes que no son utilizados. – Utilizar la luz natural.
	Agua caliente sanitaria	– Minimizar el uso de agua caliente.
	Otros equipos	– Correcto uso de los electrodomésticos. – No introducir alimentos en la heladera. – Utilizar agua fría en el lavarropas y con tiempos cortos de lavado.

Fuente: Elaboración propia en base a: Pena, Noel, & Ezquerro, 2022.

De acuerdo con la guía de diseño pasivo para viviendas sociales del Ministerio de Vivienda de Chile se plantean las siguientes consideraciones (Bustamante , 2009):

Orientación de la vivienda: Las ventanas se ubicarán en mayor medida en la fachada que apunta al Ecuador (en el caso de Bolivia, es el norte)., también se recomienda la menor superficie hacia el sur . Es recomendable que espacios de mayor uso como dormitorios y estar comedor se orienten con sus ventanas al norte. La orientación de recintos como dormitorios y living-comedor hacia el sur genera un aumento en la demanda de calefacción que afectará el confort de las personas. La altura solar en esta zona de análisis permite buena protección solar en invierno con 30cm de alero mínimo.

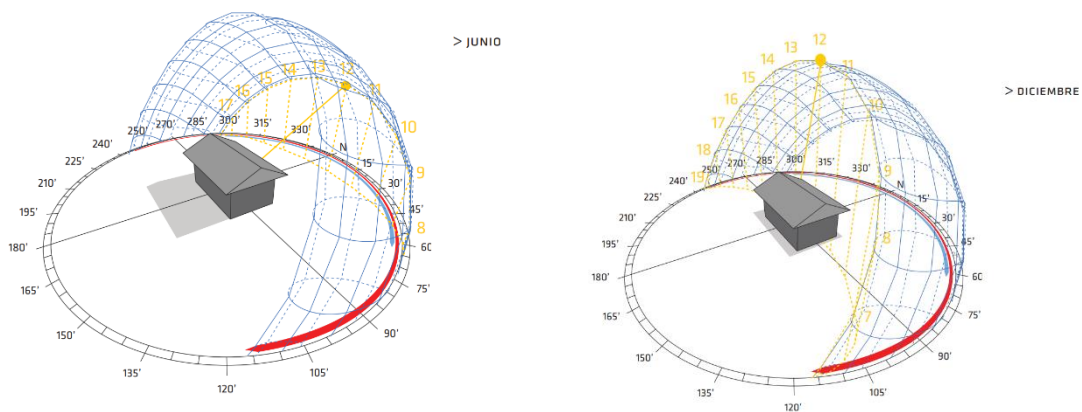


Figura 1. Posición del sol en solsticio de invierno y verano a las 12:00pm. Sombra proyectada por vivienda ubicada en latitud 27° (Copiapó). Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social, Waldo Bustamante, (2021).

Muros: Se deben utilizar muros con alta inercia térmica, como ladrillo y bloques de hormigón armado o bloques de hormigón, con ello se amortigua la oscilación térmica exterior, se retarda la hora de temperatura interior máxima respecto de lo que ocurre en el ambiente exterior. Utilizar colores claros para generar reflectancia y evitar puentes térmicos.

Cubierta: Debe estar ventilada con 60 mm de aislación como mínimo. Se debe considerar el aumento de aislación en zonas cercanas a la cordillera, para evitar pérdidas de calor durante la noche. Se recomienda la ventilación del entretecho (sobre el aislante térmico), que permite amortiguar el efecto de la radiación sobre la cubierta durante el día.

Pisos: Se recomienda su ubicación sobre el terreno con aislación térmica. Si el piso es ventilado se deberá utilizar 50mm de aislante térmico como mínimo.

Forma de la vivienda y adosamiento: Se recomienda un bajo factor de forma de alta compacidad, esto se puede conseguir mediante un perímetro regular o adosamiento más que a través de dos o más pisos, incluso se sugiere que viviendas de un piso son más aptas porque captan radiación solar en invierno a través de la cubierta.

2.2.2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO

A nivel mundial existe interés sobre los estándares de eficiencia energética en la edificación debido al incremento de la demanda energética. De esta manera, han surgido diferentes métodos de evaluación que permiten controlar y disminuir este consumo. Los más conocidos son: LEED, BREEAM, VERDE, Qualitel, CASBEE, EDGE, entre otros, donde se evalúan aspectos como características del sitio de implantación del edificio, tipo de materiales y recursos, cantidad de agua en la construcción y en la vida útil del edificio (en relación con la cantidad de agua de riego), calidad del ambiente interior, entre otros. Sin embargo, también existen otros aspectos no evaluados en estos métodos mencionados, como el confort y el comportamiento de los usuarios. Así mismo, estos métodos de evaluación proporcionan indicadores cuantitativos del rendimiento de las edificaciones en relación con el consumo de energía y, por ello, son un aporte interesante ya que se comportan como una “guía” para desarrollar estrategias que nos acerquen a una construcción sostenible (Quesada M., 2014; Guillén, Quesada , López , & Orellana, 2015).

2.2.3. INSTRUMENTOS DE COMPUTACIÓN PARA SIMULACIÓN DE ENERGÍA EN EDIFICIOS

Uno de los softwares de simulación energética para edificios más utilizados es Energy Plus ®, software gratuito de fuente abierta desarrollado por el Departamento de Energía de Estados Unidos, el cual permite realizar un modelado de la vivienda en la etapa proyectiva que considera no solo aspectos estéticos, sino climáticos y volumétricos. Utiliza como datos para el diseño de la edificación: tipos de materiales de construcción, artefactos eléctricos de climatización, cargas térmicas internas y externas. Para este último precisa de datos climáticos como: temperatura, humedad, velocidad del viento, radiación solar que son registradas localmente. Como resultado de la introducción de esta información, el software demuestra la evolución de las variables ambientales en el interior de la edificación en diferentes períodos de tiempo, con la posibilidad de detectar discomfort en el interior del edificio. Así, el programa

permite observar las diferentes situaciones y realizar ajustes en la etapa de diseño y los posibles resultados a alcanzar, (Brea, Fachinottia , & Bearzot, 2013).

Otro software vinculado a la simulación energética de gran reconocimiento es BSIM, Design Builder, que, de acuerdo con un estudio, se logró identificar diferencias de un 10% a un 30% entre los resultados obtenidos por BSIM y Energy Plus para un mismo edificio y con un único técnico, aspecto que debe ser considerado en el análisis de los resultados. Otras aplicaciones informáticas como Ecotec permiten realizar el cálculo orientadas al diseño, mediante la introducción de datos de radiación, sombreadamiento o trayectorias solares, permitiendo gráficos para cartas solares 2D y 3D, lo que la simulación del edificio introducido (López Mesa, Palomero Cámara, Ortega Zapata, & Del Amo Sancho, 2013).

2.2.4. SISTEMA DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS (CEV)

La Calificación Energética de Viviendas (CEV), es un instrumento que califica la eficiencia energética de una vivienda nueva en su etapa de uso, realizado con un modelo estimativo referencial en el país de Chile (Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 2019). Los tipos de Calificación Energética son:

a. Pre-Calificación energética

- Calificación de eficiencia energética del proyecto de arquitectura de una vivienda nueva.
- Con Permiso de Edificación aprobado por el Director de Obras Municipales.
- Conduce a una calificación energética de carácter transitorio y referencial.
- Proyección de la eventual calificación energética.
- Útil para publicidad de la vivienda (venta en verde), sin embargo, se debe indicar el carácter provisorio de éste.
- Válida hasta la recepción municipal de la obra.
- No es requisito para la calificación.
- Calificación inferior a etiqueta de precalificación, debe ser informado a los usuarios finales.

b. Calificación energética

- Etiqueta e informe.
- Permite comparar la vivienda calificada en forma objetiva (venta y arriendo).
- Promocionar la eficiencia energética.

- Estándar de medición de las características energéticas de las viviendas.
- Tiene una duración de 10 años, o hasta que se realice alguna modificación que altere los parámetros con los que fue evaluada la vivienda.

Actores involucrados en la aplicación de este sistema son:

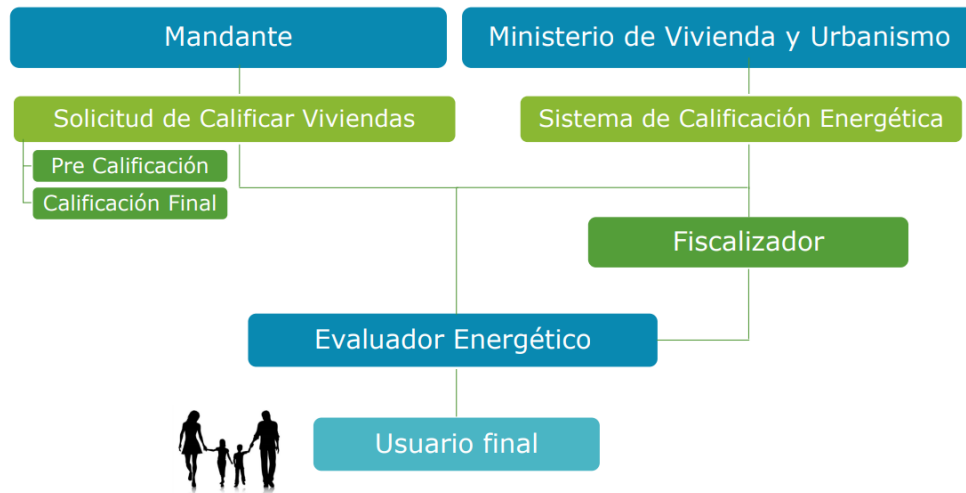


Figura 2. Actores involucrados en la aplicación del (CEV). Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 2019.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

SOSTENIBILIDAD

Es la capacidad del entorno de asumir la presión humana de manera que sus recursos naturales no se degraden irreversiblemente (Cáceres, 1996, citado por Alavedra, Domínguez, Gonzalo, & Serra, 1997). Por otro lado, existen diversos enfoques interpretativos de la Sostenibilidad que han surgido a lo largo del tiempo. Inicialmente, los modelos se centraban en las “tres dimensiones básicas” (social, medioambiental y económica), pero con el tiempo, se han ampliado para incluir nuevas dimensiones (como la política-institucional, ética, cultural y global) en una búsqueda de abordar la sostenibilidad desde la complejidad y multifuncionalidad (Rocuts, Jiménez Herrero, & Navarrete, 2009).

De esta manera, la incorporación de la dimensión político-institucional, especialmente cuando se integran elementos de gobernanza, mejora la implementación de estrategias operativas y garantiza una toma de decisiones más integral. Esto implica que cada dimensión debe cumplir con un nivel mínimo ya que no existen sostenibilidades parciales y dado que no existe un único enfoque universal de la Sostenibilidad, sino que varía según el modelo de referencia, se generan propuestas diversas que priorizan diferentes variables, dimensiones, visiones e incluso ideologías.

Por lo tanto, es crucial adoptar un enfoque sistémico, holístico e integrador para evitar considerar la sostenibilidad de manera fragmentada. Esto promueve acciones coherentes y respalda la formulación de políticas racionales que fomenten la sostenibilidad en diversos contextos espaciales y temporales (Rocuts, Jiménez Herrero, & Navarrete , 2009).

La definición más reconocida es la presentada en el informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas, “Nuestro Futuro Común” (1987), conocido como informe Brundtland que indica que *“está en manos de la humanidad hacer que el desarrollo sea sostenible, duradero, o sea, asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias”*, (Quesada, Calle, Guillén V.F., Ortiz, & Lema, 2017). Sin embargo, autores como Jiménez Herrero (2002), indican que esta definición es un tanto genérica, en el sentido de que las necesidades de la población son cambiantes entre regiones y países, así como los procesos económicos, sociales y ecológicos que les afectan pueden ser diferentes. Estos autores proponen considerar a la sostenibilidad como un sistema de equilibrio dinámico, que se adapta de forma permanente a los procesos que le afectan, pero siempre cuidando que esos cambios no le afecten de forma irreversible.

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Corresponden a las edificaciones construidas en especial respeto y compromiso con el ambiente y la cultura. En las edificaciones sostenibles se hace énfasis en el uso responsable de la energía, agua y materiales, que además se caracteriza por la aplicación de las energías renovables, así como la importancia del impacto ambiental que ocasiona el uso de determinados materiales de construcción y la disminución del consumo de energía (Casado, 1996, citado Alavedra, Domínguez, Gonzalo, & Serra, 1997). También, se debe tomar en cuenta el entorno, la minimización del agotamiento de los recursos, previniendo la degradación ambiental y proporcionando un ambiente saludable en el interior de los edificios, (Kibert, 1994, citado Alavedra, Domínguez, Gonzalo, & Serra, 1997). Así mismo, se establecen seis estrategias que contribuirán a disminuir el impacto ambiental en el área de la construcción (Acosta, 2009):

- Reducción del consumo de recursos: Mediante la reducción del consumo de materia prima proveniente de recursos no renovables y mediante un mayor uso de materiales provenientes de recursos renovables, así como priorizar el reciclaje urbano, promoviendo el ciclo de vida circular.
- Eficiencia y racionalidad energética: A partir de construcciones que ahorren y produzcan más energía de la que consumen durante todo el ciclo de vida de las edificaciones en todo su ciclo.
- Reducir la contaminación y la toxicidad: Desde la fase de planificación del proyecto, es fundamental evaluar la cantidad de residuos contaminantes que la actividad de construcción y la propia edificación generarán, lo que implica identificar y cuantificar las emisiones y productos de diversos tipos, así como evaluar su impacto. Por otro lado, se debe evitar el uso de materiales que representen un riesgo para la salud como el uso de materiales con plomo, el asbesto, el PVC y otros compuestos peligrosos.
- Construir bien desde el inicio: Diseñar y construir para una larga vida útil, con calidad y a menor costo, y combinar elementos constructivos de tecnología avanzada con técnicas locales a pequeña escala. Así, se transfieren conocimientos técnicos a las comunidades y se tecnifican los métodos de construcción tradicionales. El objetivo es flexibilizar la producción para aplicarla de manera más amplia y sostenible.

- Construir bajo la premisa de “Cero Desperdicio”: Implica acciones para evitar diseñar edificaciones que durante y al final de su ciclo de vida, obliguen a arrojar residuos y desechos al medio ambiente.
- Producción y manufactura flexibles y de pequeña escala: Se busca promover que pequeñas y medianas empresas, aprovechen los recursos locales, con la consecuente reducción de los gastos de transporte con sus efectos en la disminución del consumo energético y contaminación ambiental.

Por otro lado, dentro del proceso de proyectivo de una obra arquitectónica se deben tomar en cuenta requerimientos adicionales que se deben cumplir como (López, 2001):

- Adecuación de espacios: Garantizar que los espacios sean funcionales y apropiados para su uso.
- Adecuación ambiental: Considerar el impacto ambiental y la sostenibilidad en el diseño.
- Cualidades estéticas y comunicativas: Buscar la conveniencia estética y la comunicación efectiva.
- Integridad a largo plazo: Mantener la integridad de los elementos físicos y la seguridad de los ocupantes.
- Eficiencia directa y medioambiental en la producción: Optimizar los procesos constructivos y minimizar el impacto ambiental.

EFICIENCIA ENERGÉTICA

Corresponde a la optimización del consumo energético para alcanzar niveles determinados de confort y de servicio (Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 2019). Las acciones que se recomiendan para mejorar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios que se obtienen a partir de su uso, sin afectar la calidad de vida de los usuarios son:

- Implementar medidas de gestión de la energía.
- Invertir en tecnologías de mayor rendimiento.
- Emplear procesos productivos más eficaces.
- Mejorar los hábitos para un uso responsable.
- Conocer los proyectos dirigidos a cada sector para optimizar el uso y el consumo de energía.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

La Calificación Energética de Viviendas (ECV) es un instrumento que evalúa la eficiencia energética de una vivienda que considera parámetros de calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria. Las viviendas son calificadas con etiquetas de letras, desde la A a la G, siendo esta última la menos eficiente. Estas estrategias se comparan con otra vivienda similar, denominada “vivienda base”.

- Una vivienda calificada con letra **A** puede alcanzar ahorros de hasta un 85% hasta el 100% respecto de la vivienda base.
- Una vivienda calificada con letra **B** puede alcanzar ahorros de hasta 70% un respecto de la vivienda base.
- Una vivienda calificada con letra **C** puede alcanzar ahorros de hasta un 55% respecto de la vivienda base.
- Una vivienda calificada con letra **D** puede alcanzar ahorros de hasta un 40% respecto de la vivienda base.

Más eficiente	Ahorro Energético	
	≤	>
A+	100%	85%
A	85%	70%
B	70%	55%
C	55%	40%
D	40%	20%
E	20%	-10%
F	-10%	-35%
G	-35%	-
Menos eficiente		

Figura 3 .Nivel de eficiencia energética. Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 2019.

Los porcentajes de la figura corresponden a una comparación de la demanda energética total con la demanda energética de la vivienda base o de referencia.

A partir de la calificación de la vivienda, es posible establecer el nivel de eficiencia energética que alcanza un determinado edificio. Para ello, se determina con base en la relación entre el requerimiento energético de la vivienda que está siendo calificada y una vivienda base o de referencia. Una letra cercana a la A presenta mayor eficiencia energética, lo cual la acerca a la sustentabilidad con menores impactos al ambiente y mayor calidad de vida (Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 2019).

2.4. MARCO LEGAL

2.4.1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO (7/02/2009) – ART. 378

En el párrafo I, de dicho artículo se establece que las diferentes formas de energía y fuentes constituyen un recurso estratégico su acceso es un derecho fundamental esencial para el desarrollo integral y social del país, el cual debe regirse bajo los principios de eficiencia continuidad, adaptabilidad y preservación ambiental, (Honorable Congreso Nacional de Bolivia, 2009).

2.4.2. LEY 1604 (21/12/1994) LEY DE ELECTRICIDAD ART. 3

El inciso e de dicho artículo señala que las actividades relacionadas con la industria eléctrica se regirán entre otros por el principio de adaptabilidad que promueve la incorporación de tecnología y sistemas de administración modernos que aporten mayor calidad y eficiencia en la presentación del servicio (Congreso Nacional de Bolivia, 1994).

2.4.3. DECRETO SUPREMO (5/03/2008) PROGRAMA NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

A través del cual el Estado boliviano aprobó el Programa Nacional de Eficiencia Energética como parte del Programa “Electricidad para vivir con dignidad”, con la finalidad de establecer acciones políticas y ejecutar proyectos que buscan optimizar el uso racional eficiente y eficaz de la energía.

Las acciones que se han implementado en el país en cumplimiento de los compromisos asumidos y los enunciados de la CPE y el Decreto Supremo 29466, fueron: el lanzamiento de la campaña “desplaza tu consumo eléctrico fuera de horas pico (horas de mayor consumo)”, se hizo la sustitución de lámparas incandescentes por lámparas ahorradoras, lo que contribuyó en el racionamiento eléctrico, la conversión del parque automotor a Gas Natural Vehicular

(GNV) subvencionado por el Estado, con gran éxito en el sector del transporte público, y por último la instalación de redes de gas domiciliario, (Consejo de Ministros de Bolivia, 2008).

2.4.4. LEY 300 (15/10/2012) MARCO DE LA MADRE TIERRA Y DESARROLLO INTEGRAL PARA EL VIVIR BIEN – ART. 15

Establece la importancia de la transformación progresiva de la matriz energética del país hacia fuentes renovables y más limpias que no afecten a la naturaleza, (Asamblea Legislativa Plurinacional, 2012).

2.4.5. DECRETO SUPREMO 4477 24/03/2021

Busca involucrar a los usuarios de electricidad en el cambio de la matriz energética mediante la incorporación de tecnologías amigables con la madre tierra en sus instalaciones generando así su propia energía y a la vez obteniendo retribución por la inyección de la energía eléctrica a las redes de agentes distribuidores de electricidad, (CONSEJO DE MINISTROS DE BOLIVIA, 2006).

Asimismo, el ministerio de hidrocarburos y energías presentó el 02/07/2021 las resoluciones reglamentarias del decreto supremo número 4477 de generación distribuida que buscan mejorar las condiciones técnicas para su operación regulación y remuneración. Hoy los procedimientos para la inclusión de la generación distribuida en Bolivia son:

- La retribución al usuario por la energía inyectada a la red de distribución.
- La inscripción registro y habilitación de empresas que se dediquen a instalar los sistemas de generación distribuida.
- El registro e incorporación de los generadores distribuidos a la red de distribución.
- La recolección de información que produzcan los generadores.

2.4.6. DECRETO MUNICIPAL N°094/2018 (24/01/2018) – LEY DE INCENTIVO A LAS EDIFICACIONES SUSTENTABLES, ECOLÓGICAS Y AMIGABLES CON EL MEDIO AMBIENTE

Dicho decreto es un reglamento a la ley municipal N°0211/2017-“Ley de Incentivo a las Edificaciones Sustentables, Ecológicas y Amigables con el Medio Ambiente”, del Gobierno Autónomo Municipal de Cochabamba, que tiene como finalidad la mejora de la calidad ambiental, la optimización del uso del agua en edificaciones, la reducción de la contaminación urbana, la conservación y mejora de los entornos paisajísticos urbanos, la disminución de la sobrecarga de los sistemas de alcantarillado, sanitario y pluvial, la implementación de plantas de tratamiento de aguas grises en edificaciones y la reducción del impacto ambiental negativo de las edificaciones tradicionales a través del incentivos técnicos a las edificaciones sustentables que son sometidas a un proceso de certificación, (Gobierno Autónomo Municipal de Cochabamba: Dirección de Medio Ambiente, 2017).

2.4.7. LEY N°177 (01/08/2018): LEY DE ENERGÍA DEL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ

Tiene por objeto regular los Sistemas Aislados, la Electrificación Rural y las Fuentes Alternativas y Renovables de Energía en el departamento de Santa Cruz; con el propósito de asegurar el suministro de energía eléctrica a toda su población, mejorar la calidad de los servicios de energía eléctrica existentes, desarrollar la transición energética de fuentes fósiles a fuentes alternativas renovables de energía y mitigar el cambio climático, mediante la regulación, fiscalización y control de la Agencia Reguladora de Energía de Santa Cruz, (Asamblea Legislativa Departamental de Santa Cruz, 2019).

2.5. MARCO CONTEXTUAL

2.5.1. CONTEXTO ENERGÉTICO NACIONAL ACTUAL

Bolivia está trabajando por la generación de energías limpias, razón por la cual se busca incrementar la producción de electricidad a través de la energía hidroeléctrica, solar, fotovoltaica, eólica, geotérmica y biomasa, para de esta manera desplazar de forma paulatina el uso de recursos hidrocarbúricos de modo que para el 2025 la demanda internacional cubra hasta un 70%.

Actualmente, Bolivia produce alrededor de 1600 mega watts de energía eléctrica que corresponde a la demanda nacional, de los cuales entre un 30 y 57% provienen de energía limpia. Entre el 2016 y 2021 sí realizaron proyectos de energía de renovable como ser: Misicuni, San José 1, Solar Uyuni, Solar Yunchará, San José 2, Quinta Unidad Corani, Qollpana 2, Solar Oruro 1 y 2, Biomasa, (MINISTRO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍAS DE BOLIVIA, 2021).

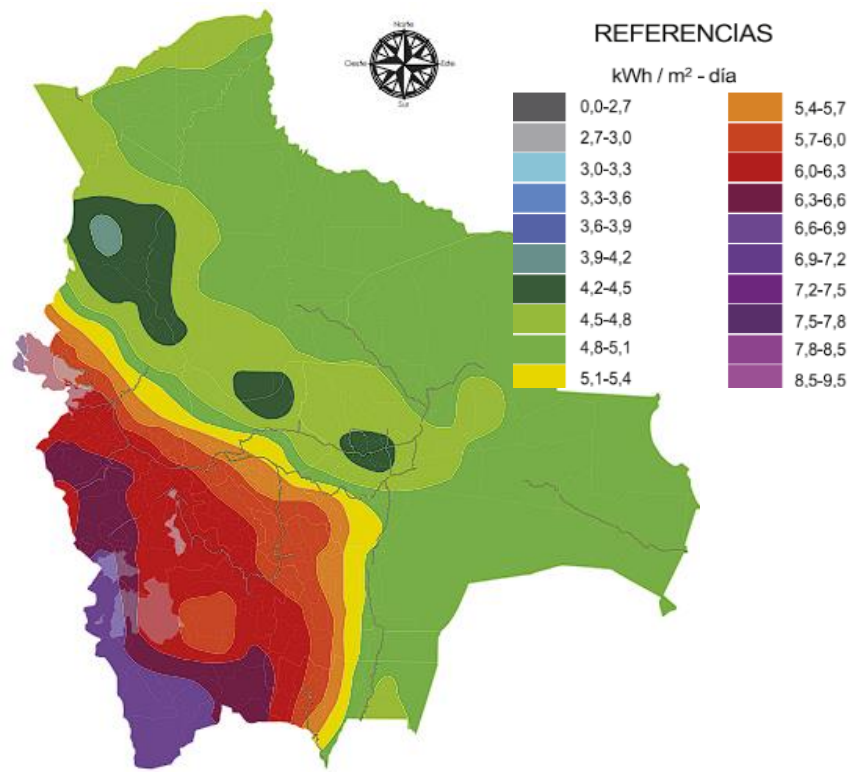


Figura 4. Potencial de Energía Solar KWh/m2/día. Plan para el Desarrollo de las Energías Alternativas 2025.

Por otro lado, en la 26 Conferencia de las Partes de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático se (COP26) que se desarrolló en Reino Unido, Bolivia planteó consolidar el cambio de matriz energética mediante la implementación de nuevos proyectos en el sector energético con tecnología de vanguardia limpia y amigable con el medio ambiente. Bolivia cuenta con una capacidad de energía eléctrica instalada de 1054,8 mega watts de potencia, pero la meta es generar 2070 mega watts con el uso de energías alternativas lo que significaría que casi un 39% de toda la energía generada tendría origen en fuentes amigables con el medio ambiente.

También, se afirmó que el compromiso de Bolivia mediante el modelo de Vivir Bien de la Agenda Patriótica del Bicentenario 2025 está estrechamente relacionada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS y de manera específica con el ODS 7: Acceso a una energía asequible fiable sostenible y moderna para todos, (Ministerio de Hidrocarburos y Energías, 2021).

2.5.2. GENERACIÓN DISTRIBUIDA

Este proyecto presentado por el Ministerio de Hidrocarburos y Energías tiene por objetivo que las familias en Bolivia disminuyan sus gastos por consumo eléctrico, mediante la instalación de sistemas fotovoltaicos que les permitan generar energía eléctrica para sus viviendas. El proyecto consiste en la instalación de un panel solar más un generador que produce energía eléctrica, aprovechando la luz solar. De ese modo, cada familia puede generar su propia electricidad durante el día sin necesidad de consumir de la red local, y en caso de que la generación eléctrica del usuario no sea consumida en su totalidad, el excedente se añade a la red de distribución local de su zona o ciudad, y por ese aporte recibe una retribución en kilowatts que se le descuenta en la factura del mes, (MINISTRO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍAS DE BOLIVIA, 2021).

Este reglamento establece un sistema de compensación para generación distribuida de Net Metering para las categorías domiciliarias en pequeña demanda con consumos iguales o inferiores a 500 kWh, para la categoría domiciliaria con consumo mayor a 500 kWh y el resto de las categorías se plantea el modelo de red retribución bajo el sistema Net Billings, razón por la cual este modelo de retribución debe generar incentivos de manera que motiven a los usuarios e industrias para implementar generación distribuida, considerando que de acuerdo a estudios realizados las inversiones con periodos de recuperación mayores a 5 años no son atractivos para los usuarios de la categoría residencial, para el caso de las industrias y comercios el tiempo de recuperación máximo atractivo puede ser igual o menor a 10 años, (Becerra De la Roca , 2021).

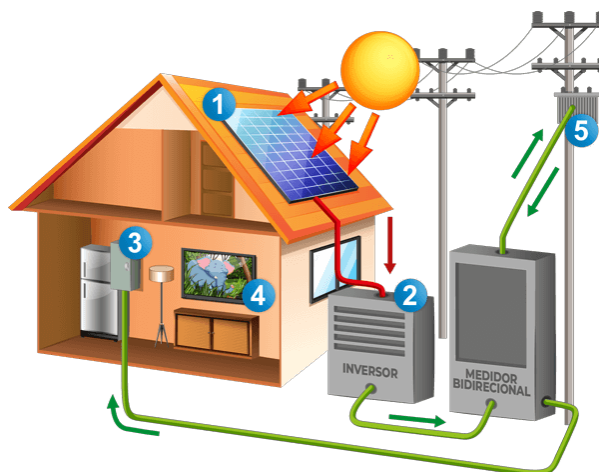


Figura 5. Esquema de la red de generación distribuida. Invista Solar, 2023. <https://invistasolar.com.br/>

2.6. CONTEXTO CLIMÁTICO

2.6.1. TEMPERATURA

Durante el transcurso del año, la temperatura varía de 2.5 °C a 27.1 °C como valores extremos. En la tabla siguiente se puede observar la gran amplitud térmica mensual que presenta la localidad. La temperatura máxima promedio diaria es más de 19.7 °C y la mínima media de 8.5 °C. La ciudad de Sucre se caracteriza por tener un clima templado árido a seco con baja humedad, las temperaturas más bajas se registran en invierno, los meses de junio, julio y agosto.

Tabla 2. Temperatura de la ciudad de Sucre, Bolivia (2007-2021).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperaturas máximas y mínimas mensuales (°C)													
T Máxima	25.0	25.0	22.1	27.0	25.0	44.8	24.0	28.1	25.0	27.0	26.6	25.1	27.1
T Mínima	7.0	3.0	6.0	5.2	2.6	-3.8	-0.3	2.0	3.0	5.0	-6.6	7.0	2.5
Temperaturas medias mensuales (°C)													
T Máxima Media	19.7	19.0	18.7	19.7	20.2	18.8	19.0	19.7	20.5	20.8	20.9	19.8	19.7
T Mínima Media	10.7	10.6	10.6	9.8	7.2	4.8	4.6	5.8	7.3	9.8	11.0	10.3	8.5
T Promedio	14.7	14.2	14.5	14.1	12.9	11.7	11.6	12.4	13.8	15.0	15.0	15.2	13.8
Oscilación (T _{max} - T _{min})	9.0	8.4	8.1	9.9	13.0	14.0	14.4	13.9	13.2	11.0	9.9	9.5	11.2
Temperaturas y umbrales de confort (°C)													
Temperatura confort*	22.2	22.0	22.1	22.0	21.6	21.2	21.2	21.4	21.9	22.3	22.3	22.3	21.9
Umbral de confort regular**	23.7	23.5	23.6	23.5	23.1	22.7	22.7	22.9	23.4	23.8	23.8	23.8	23.4
Umbral de confort crítico***	20.2	20.0	20.1	20.0	19.6	19.2	19.2	19.4	19.9	20.3	20.3	20.3	19.9
	26.2	26.0	26.1	26.0	25.6	25.2	25.2	25.4	25.9	26.3	26.3	26.3	25.9
	16.2	16.0	16.1	16.0	15.6	15.2	15.2	15.4	15.9	16.3	16.3	16.3	15.9

Fuente: Elaborado por Sol-Arq en base a los datos de climate.onebuilding.org de Sucre.

En la tabla siguiente se puede observar que la mayor parte de las temperaturas son frías a muy frías, y que pocas horas al año se alcanzan situaciones de confort. Esto nos indica la necesidad de calefacción en las viviendas y también muestra el uso de energías para calefacción, tal como se viene indicando hasta ahora en el trabajo.

Tabla 3. Temperaturas horarias medias mensuales (°C)

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
00:00	12.0	11.6	12.8	11.3	9.0	8.8	8.3	9.2	11.5	12.2	11.3	13.5	11.0
01:00	11.4	11.1	12.2	11.0	8.5	7.6	6.9	8.3	10.3	11.5	11.1	12.8	10.2
02:00	11.2	11.0	12.1	10.7	8.2	6.9	6.0	7.6	9.4	11.0	11.0	12.4	9.8
03:00	11.1	10.7	11.9	10.4	7.9	6.5	5.4	7.2	9.1	10.8	11.1	12.2	9.5
04:00	10.7	10.6	11.5	10.2	7.7	5.4	4.6	7.1	8.4	10.3	11.2	11.9	9.1
05:00	10.7	10.7	10.6	10.4	8.2	5.1	6.3	6.6	7.3	9.8	11.7	10.3	9.0
06:00	11.1	10.8	10.9	10.2	7.7	4.9	6.1	5.8	7.8	10.5	12.3	10.9	9.1
07:00	11.9	11.3	11.3	9.8	7.2	4.8	5.9	5.8	8.3	11.0	12.8	11.6	9.3
08:00	12.9	12.2	12.3	11.1	9.1	7.1	8.5	8.5	10.1	12.4	14.1	12.7	10.9
09:00	14.5	13.9	13.9	13.5	12.0	10.0	11.5	11.5	13.1	14.5	15.6	14.5	13.2
10:00	16.1	15.2	15.3	15.0	14.1	13.3	13.7	14.2	15.0	16.4	16.9	15.9	15.1
11:00	17.5	16.4	16.6	16.2	16.1	15.2	15.8	15.6	16.8	17.5	18.3	17.2	16.6
12:00	18.4	17.3	17.5	17.4	17.9	16.5	17.4	17.8	18.2	18.6	19.2	18.3	17.9
13:00	19.3	18.1	18.2	18.5	19.1	17.9	18.3	18.9	19.2	19.4	19.9	19.0	18.8
14:00	19.7	18.8	18.5	19.2	20.0	18.7	18.8	19.7	19.9	20.0	20.9	19.6	19.5
15:00	19.6	19.0	18.7	19.7	20.2	18.8	19.0	19.6	20.5	20.5	20.7	19.8	19.7
16:00	19.1	19.0	18.5	19.6	19.8	18.7	18.4	19.5	20.0	20.8	20.2	19.4	19.4
17:00	18.3	18.2	17.8	18.8	18.9	18.1	17.6	18.7	19.0	20.1	18.9	18.9	18.6
18:00	17.1	17.2	16.5	17.5	16.9	15.9	15.1	16.9	17.4	18.8	17.3	17.7	17.0
19:00	15.8	15.4	15.1	15.9	14.9	14.6	12.8	14.4	15.6	16.7	15.9	16.3	15.3
20:00	14.5	13.7	13.7	14.3	12.9	13.8	10.6	12.0	13.8	15.0	14.0	15.1	13.6
21:00	13.6	13.1	14.8	13.6	12.2	11.8	12.2	12.2	14.8	14.6	12.9	15.9	13.5
22:00	13.0	12.8	13.5	13.0	11.8	10.7	10.3	11.8	12.9	13.7	12.1	14.5	12.5
23:00	12.2	11.9	13.1	11.5	9.5	9.3	9.3	9.7	12.1	12.6	11.0	13.9	11.3

	Muy cálido. Temperatura por arriba del umbral de confort crítico
	Cálido. Temperatura arriba del umbral de confort regular pero dentro del umbral de confort crítico
	Confort. Temperatura dentro del umbral de confort regular
	Frío. Temperatura debajo del umbral de confort regular pero dentro del umbral de confort crítico
	Muy frío. Temperatura por debajo del umbral de confort crítico

* Fórmula de neutralidad térmica: $17.6 + (T_{prom} * 0.31)$

** Umbral de confort regular = 1.5°C por arriba y 2°C por debajo de la temperatura de confort

*** Umbral de confort crítico = 4°C por arriba y 6°C por debajo de la temperatura de confort

Fuente: Elaborado por Sol-Arq en base a los datos de climate.onebuilding.org de Sucre.

2.6.2. HUMEDAD

La humedad es una variable meteorológica importante debido a que el vapor de agua siempre está presente en nuestro aire. Se sugiere que un ambiente agradable debe tener una humedad relativa de 50-60%, en base a esta información se puede decir que la humedad relativa en la ciudad se encuentra entre los parámetros aceptables, 67.5%. La tabla muestra además que la humedad relativa media mensual por horas en porcentaje, usando un código de colores para indicar los niveles de humedad: azul para baja, amarillo para media y naranja para alta.

La tabla siguiente abarca los 12 meses del año y las 24 horas del día. Se observa que la humedad relativa varía según el mes y la hora, siendo generalmente más alta en los meses de invierno y en las primeras horas de la mañana y de la noche, y más baja en los meses de verano y en las horas centrales del día. El mes con la humedad relativa media más alta es julio, con un 82.9%, y el mes con la humedad relativa media más baja es diciembre, con un 66.8%.

Tabla 4. Humedad relativa máxima y mínima mensual de la ciudad de Sucre, Bolivia (2007-2021).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Humedad relativa máxima y mínima mensual (%)													
HR Máxima	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100.0
HR Mínima	22	38	43	27	11	10	10	10	10	10	23	25	19.9
Humedad relativa media mensual (%)													
HR Máxima Media	93	93	98	91	86	75	77	78	88	83	89	96	87.3
HR Mínima Media	50	60	61	50	38	28	30	30	42	39	47	58	44.4
HR Promedio	75	80	79	73	65	55	55	56	63	63	71	75	67.5
HR _{max} - HR _{min}	43	33	37	41	48	47	47	48	46	44	42	38	42.8

Fuente: Elaborado por Sol-Arq en base a los datos de climate.onebuilding.org de Sucre.

Tabla 5. Humedad relativa máxima y mínima mensual de la ciudad de Sucre, Bolivia (2007-2021).

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
00:00	89	90	88	85	81	71	76	67	67	77	86	78	79.6
01:00	91	92	91	87	84	74	77	71	71	79	87	82	82.2
02:00	92	92	91	88	85	74	76	73	74	81	88	84	83.2
03:00	92	93	92	89	86	75	75	75	75	82	89	86	84.1
04:00	93	92	94	88	86	75	76	74	77	83	88	87	84.4
05:00	91	90	98	87	82	74	65	77	88	82	86	96	84.7
06:00	90	91	96	89	82	69	63	78	87	78	84	96	83.6
07:00	88	92	93	91	82	68	61	74	85	77	82	94	82.3
08:00	83	88	89	86	75	60	59	70	79	73	75	88	77.1
09:00	75	82	81	74	67	52	51	61	71	63	69	82	69.0
10:00	67	77	74	67	57	42	44	52	62	57	65	74	61.5
11:00	61	72	67	61	51	40	39	43	57	51	59	68	55.8
12:00	55	68	65	57	46	39	35	37	51	47	54	65	51.6
13:00	51	65	63	52	41	32	32	34	45	43	52	61	47.6
14:00	50	63	61	51	39	30	31	31	44	41	48	59	45.7
15:00	52	61	61	50	38	28	30	30	42	40	47	58	44.8
16:00	53	60	61	51	40	31	32	30	42	39	52	59	45.8
17:00	58	63	63	55	43	35	34	31	44	42	53	60	48.4
18:00	65	66	68	63	53	47	41	39	49	46	58	63	54.8
19:00	72	73	74	67	56	49	51	47	56	53	62	69	60.8
20:00	81	80	80	74	66	53	59	57	60	59	65	70	67.0
21:00	84	84	81	77	72	61	65	57	57	65	78	67	70.7
22:00	86	86	85	80	74	66	71	61	61	71	81	72	74.5
23:00	89	89	87	83	78	68	73	65	65	74	84	77	77.7

	Muy seco. HR inferior a 15%
	Seco. HR entre 15% y 30%
	Humedad adecuada. HR entre 30% y 60% (Según ASHRAE)
	Húmedo. HR entre 60% Y 80%
	Muy húmedo. HR superior a 80%

Fuente: Elaborado por Sol-Arq en base a los datos de climate.onebuilding.org de Sucre.

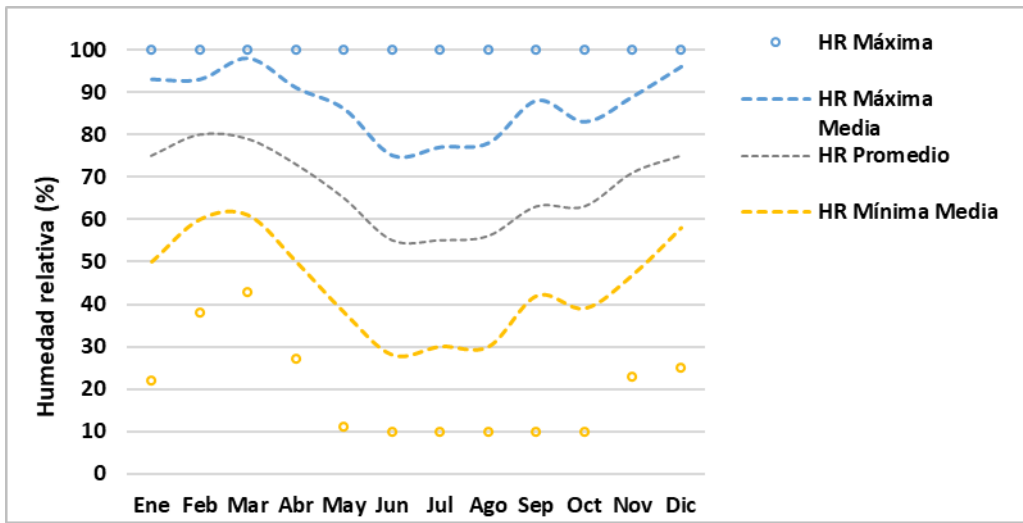


Figura 6. Humedad relativa mensual de la Ciudad de Sucre de los últimos (2007-2023). Elaborado por Sol-Arq en base a los datos de climate.onebuilding.org.

2.6.3. ORIENTACIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO

De acuerdo con el SENAMHI el viento tiene dirección Noreste. Según la escala de Beaufort se clasifica para el viento de Sucre como flojo o medio, porque su velocidad varía entre 5 a 15 km/h, lo que significa que algunos valores se encuentran dentro del rango de los vientos débiles y otros no. En la tabla siguiente se observa que la dirección del viento más frecuente es del noreste (NE), seguida por el sureste (SE), el suroeste (SW) y el oeste (W). Los meses con mayor velocidad media fueron agosto y septiembre, con 10.5 km/h y 10.4 km/h, respectivamente. Los meses con menor velocidad media del viento fueron enero y febrero, con 6.9 km/h y 6.8 km/h, respectivamente.

Las frecuencias de los vientos son similares a lo largo de todo el año, predominando la dirección Noreste con un 45.3% de la frecuencia total. Por lo tanto, la orientación de las edificaciones y sus aberturas debe tomar en cuenta una óptima ubicación para favorecer una ventilación natural óptima de los espacios interiores, así como su protección en caso de que se trata de épocas frías.

Tabla 6. Velocidad del viento mensual (2007-2021)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Frecuencia de dirección del viento mensual (%)													
Norte (0°) N	18	31	16	28	27	17	15	24	19	14	26	17	21.0
Noreste (45°) NE	42	33	49	42	39	41	35	35	44	64	46	61	44.3
Este (90°) E	5	3	9	3	0	2	4	2	7	4	3	9	4.3
Sureste (135°) SO	3	3	3	1	0	1	2	1	2	1	1	2	1.7
Sur (180°) S	5	4	3	3	3	2	4	3	2	1	2	3	2.9
Suroeste (225°) SO	10	10	10	4	2	5	6	3	5	2	4	3	5.3
Oeste (270°) O	10	8	7	11	20	24	26	23	13	8	9	3	13.5
Noroeste (315°) NO	6	10	4	7	9	9	8	9	8	6	8	3	7.3
Velocidad del viento mensual (m/s)													
Máxima absoluta	11.4	10.3	9.3	9.3	11.3	20.6	9.8	12.9	9.8	15.4	10.3	9.3	11.6
Horaria promedio	2.1	1.9	2.3	1.8	1.6	2.6	2.4	2.3	2.5	2.8	2.5	2.6	2.3

Muy baja - Menos de 1.5 m/s
Baja - Entre 1.5 y 3.0 m/s
Media - Entre 3.0 y 5.0 m/s
Alta - Entre 5.0 y 7.5 m/s
Muy alta - Más de 7.5 m/s

Fuente: Elaborado por Sol-Arq en base a los datos de climate.onebuilding.org de Sucre.

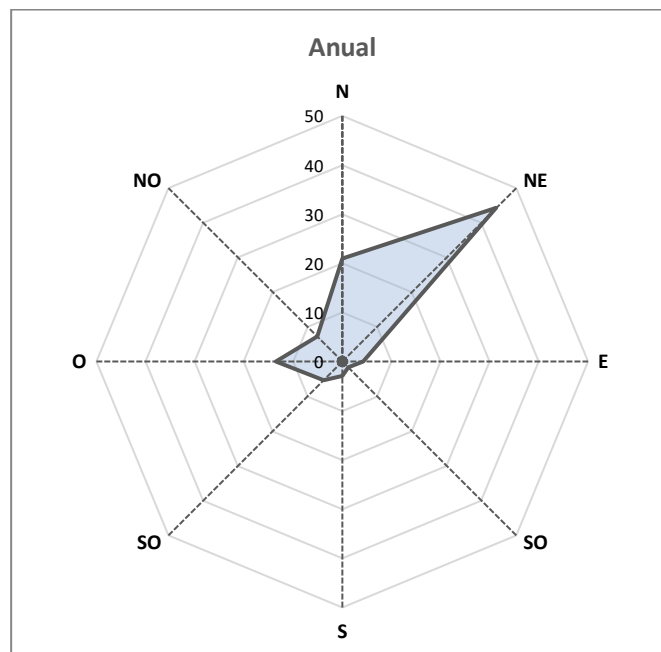


Figura 7. Frecuencia anual de los vientos en la ciudad de Sucre (2007-2021). Elaborado por Sol-Arq en base a los datos de climate.onebuilding.org de Sucre.

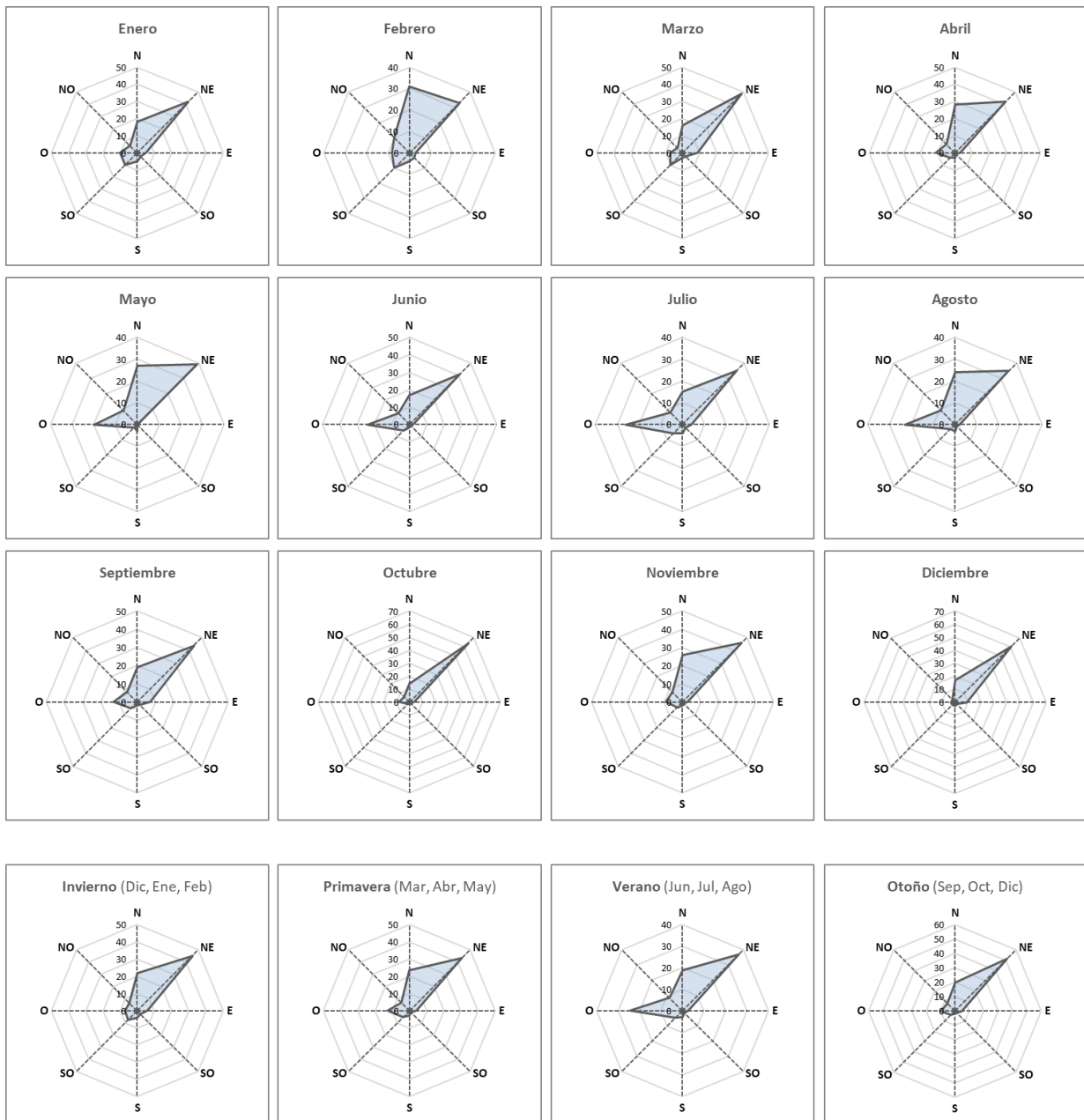


Figura 8. Frecuencia mensual de los vientos en la ciudad de Sucre, (2007-2021). Elaborado por Sol-Arq en base a los datos de climate.onebuilding.org de Sucre.

2.6.4. RADIACIÓN SOLAR

La ciudad de Sucre se encuentra en una zona que recibe una alta cantidad de radiación solar. Esto se ve influenciado también a que la ciudad se sitúa a una altura de 2750 msnm. La radiación alcanza su valor máximo al mediodía, entre las 11:00hr y las 13:00hr, y varía según el mes. En la tabla siguiente se observa que Los meses con mayor radiación son diciembre, enero y febrero, con valores superiores a 800 W/hm², mientras que los meses con menor radiación son junio y julio, con valores inferiores a 600 W/hm². La radiación presenta una tendencia ascendente desde agosto hasta diciembre, y una tendencia descendente desde enero hasta julio.

Tabla 7. Radiación mensual, (2007-2021)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Radiación acumulada mensual (kWh/m²)													
Directa Normal	160	137	150	165	224	186	200	212	204	186	171	170	2,165
Difusa Horizontal	70	57	59	45	31	29	31	38	44	56	62	68	589
Global Horizontal	192	163	171	156	162	140	154	173	187	198	194	199	2,088
Radiación diaria mensual (kWh/m²)													
Directa N. Máxima	10.0	8.3	6.9	9.4	9.1	8.5	8.5	9.1	9.7	10.0	8.9	8.9	8.9
Directa N. Promedio	5.2	4.9	4.9	5.5	7.2	6.2	6.4	6.8	6.8	6.0	5.7	5.5	5.9
Difusa H. Promedio	2.2	2.0	1.9	1.5	1.0	1.0	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.2	1.6
Global H. Promedio	6.2	5.8	5.5	5.2	5.2	4.7	5.0	5.6	6.2	6.4	6.5	6.4	5.7
Radiación horaria media máxima (kWh/m²)													
Directa normal	0.60	0.59	0.59	0.69	0.86	0.80	0.82	0.82	0.79	0.73	0.67	0.63	0.71
Difusa horizontal													0.00
Global horizontal													0.00

Fuente: Elaborado por Sol-Arq en base a los datos de climate.onebuilding.org de Sucre.

Tabla 8. Radiación horaria media directa normal (Wh/m²)

Radiación horaria media directa normal (Wh/m²)													
Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
0:00													0,0
1:00													0,0
2:00													0,0
3:00													0,0
4:00													0,0
5:00													0,0
6:00					193					17	142	120	39,3
7:00	266	196	119	163	459	16		175	287	323	377	331	226,0
8:00	436	372	339	398	609	438	457	487	542	462	538	473	462,6
9:00	558	494	486	525	733	592	609	633	663	579	641	533	587,2
10:00	599	545	553	621	805	700	719	727	734	653	671	566	657,8
11:00	587	586	592	686	846	764	786	792	770	699	663	619	699,2
12:00	566	583	593	693	862	794	812	815	790	727	661	629	710,4
13:00	547	554	566	662	823	795	816	796	766	714	633	611	690,3
14:00	482	498	514	586	744	770	798	747	701	626	526	559	629,3
15:00	412	424	441	486	637	715	745	672	618	500	382	450	540,2
16:00	344	354	369	400	499	618	650	572	517	404	269	344	445,0
17:00	256	269	279	267			57	431	414	304	192	244	226,1
18:00	122												10,2
19:00													0,0
20:00													0,0
21:00													0,0
22:00													0,0
23:00													0,0

Nula. 0.0 Wh/m²

Muy baja. Menos de 125 Wh/m²

Baja. Entre 125 y 250 Wh/m²

Media. Entre 250 y 375 Wh/m²

Alta. Entre 375 y 500 Wh/m²

Muy alta. Más de 500 Wh/m²

Fuente: Elaborado por Sol-Arq en base a los datos de climate.onebuilding.org de Sucre.

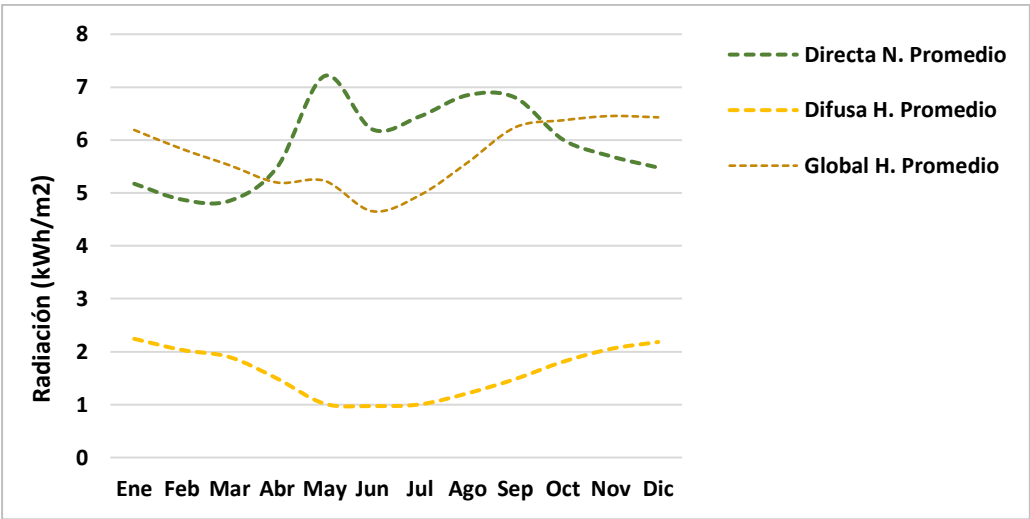


Figura 9. Radiación solar promedio mensual, (2007.2021). Elaborado por Sol-Arq. en base a los datos de climate.onebuilding.org de Sucre.

Otro aspecto importante dentro de la radiación es lo vinculado a la trayectoria solar. En la siguiente figura se muestra la Carta Solar para la latitud 16°S, donde se puede ver que la época de invierno, el recorrido solar se apoya principalmente en el norte. En la época estival, el sol aparece sobre el lado sur.

2.6.5. TIPOS DE OCUPACIÓN DE SUELO EN LA CIUDAD DE SUCRE

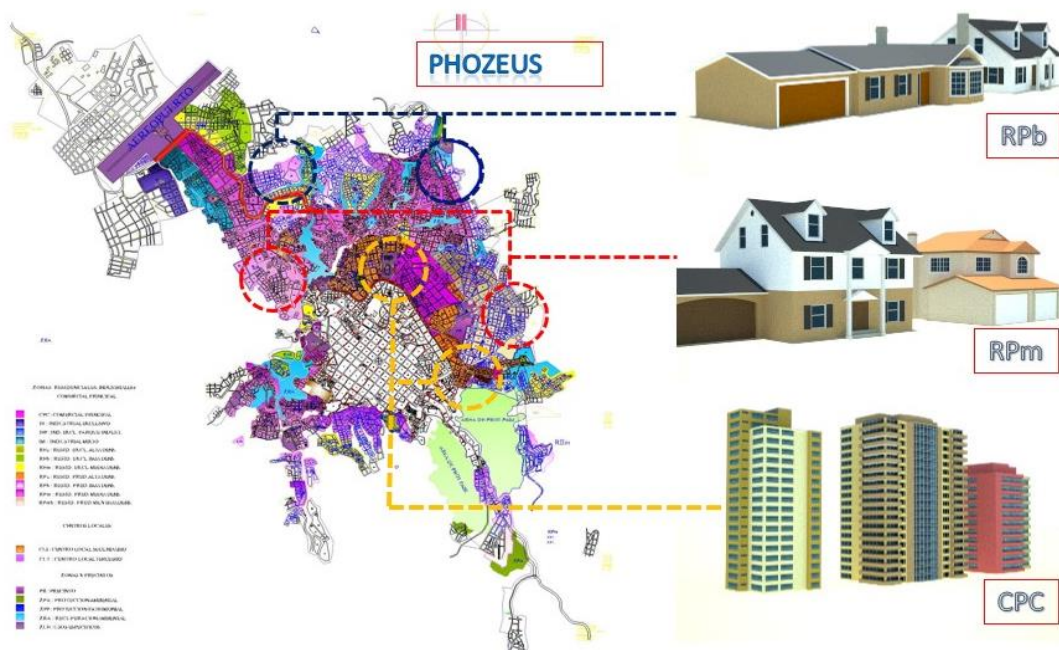


Figura 10. Normas Generales de Ocupación y Uso de Suelo. Padilla Osman, 2020. Taller virtual desarrollo de proyectos de arquitectura bajo la norma del G.A.M.S.

Los tipos de uso de suelo se diferencian por zonas residenciales, industriales, centros locales y ejes comerciales. Las actuales normas edilicias y de ocupación del suelo tienen el objetivo de controlar la forma en la cual se ocupa y evaluar cómo se desarrolla el tejido urbano, es decir la relación entre los volúmenes construidos y el espacio abierto, a través de densidades edilicias y sus dimensiones, que aseguren condiciones aptas de iluminación natural, ventilación y asoleamiento, según las características de cada zona.

Tabla 9. Normas de edificación para viviendas

TIPO	CARACTERÍSTICAS	NORMAS DE EDIFICACIÓN
Residencial Predominante de densidad alta (RPa)	Viviendas multifamiliares de densidad alta y a una restringida variedad de usos complementarios.	Superficie Máxima de Ubicación (SMU)= 60% Superficie Máxima de Construcción (SMC)= 250% Alt. Máx. de fachada (AMF)= 12m Altura planta baja (APB)=3,5m Fachada mínima de lote (FML)=15m Superficie máxima de lote (SML)=450m ²
Residencial Predominante De Densidad baja (RPb)	Viviendas unifamiliares y a una restringida variedad de usos complementarios de las mismas.	SMU= 60% SMC= 100% AMF= 7m APB= 3m FML= 10m SML= 200m ²
Residencial Predominante De Densidad media (RPM)	Viviendas multifamiliares y unifamiliares de densidad media y a una restringida variedad de usos complementarios.	SMU= 60% SMC= 150% AMF= 10m APB= 3m FML= 12m SML= 300m ²
Residencial exclusiva de densidad alta (REa)	Destinada a la localización de vivienda como uso predominante o exclusivo.	SMU= 60% SMC= 100% AMF= 7m APB= 3m FML= 10m SML= 200m ²
Zona residencial exclusiva de densidad media (REm)	Viviendas multifamiliares y unifamiliares y hostería.	SMU= 60% SMC=150% AMF= 10m APB= 3,5m FML= 12m SML= 300m ²
Zona residencial exclusiva de densidad baja (REb)	Viviendas multifamiliares y unifamiliares de densidad baja	SMU: 60% SMC: 100% AMF= 7m APB= 3m FML= 15m SML= 450m ²

Fuente: Adaptado del Plan de Habitación y Ordenamiento de Zonas de Expansión Urbana de Sucre (Phozeus), 2021.

2.6.6. CONTEXTO GENERAL ARQUITECTÓNICO

La ciudad de Sucre presenta una imagen heterogénea, con excepción del área patrimonial del Centro Histórico, la cual es un referente importante por sus características de conjunto arquitectónico que contiene diferentes inmuebles patrimoniales de preservación, de acuerdo con la catalogación realizada por la oficina de Patrimonio Histórico, (Toro, 2015).

Sin embargo, fuera del Centro Histórico, la arquitectura presenta diferentes características y estilos. Se mantiene en general la tendencia a ocupar la mayor superficie posible del terreno con área construida, donde en general no existen retiros hacia el espacio público, además de que presenta una imagen heterogénea donde se observa una fuerte presencia de vivienda inacabadas donde el ladrillo es el material más visible.

Según Aníbarro, W. (2021), las construcciones clandestinas avanzan sin considerar las normas y la planificación que se hace como Alcaldía. Es muy frecuente que cuando se realizan las regularizaciones de las viviendas, se evidencia que estas no cuentan con planos de aprobación tanto por el Colegio de Arquitectos como de la unidad correspondiente al Gobierno Autónomo Municipal de Sucre, ocupando las construcciones superficies mayores al 60% que es lo indicado por normativa. En algunos casos se ha observado que incluso se llega a edificar toda la superficie del predio.

De manera general, en diferentes zonas se presenta una tendencia de construcciones en altura, especialmente multifamiliares, como respuesta a las necesidades de la población y al encarecimiento del precio de terrenos y de la construcción en la ciudad. En estos casos es posible advertir que las viviendas del entorno quedan sin asoleamiento debido a edificios que carecen de superficies libres que dejen un espacio de transición o ajardinado, lo que va en desmedro de las edificaciones más pequeñas e incluso de las grandes, porque son los mismos edificios quienes se sombrean unos a otros, disminuyendo la posibilidad de aprovechamiento pasivo del clima. Así mismo, afecta en el caso de que se utilicen energías alternativas como los paneles solares o termotanques.



Figura 11. Nuevas Tendencias de Arquitectura de la ciudad de Sucre. Elaboración propia, 2023.

CAPITULO II

DIAGNÓSTICO

2.1. ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS PASIVAS APLICADAS EN EL DISEÑO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE SUCRE

2.1.1. DATOS GENERALES

2.1.1.1. UBICACIÓN

La edificación por analizar es una vivienda unifamiliar ubicada en la ciudad de Sucre, en el Distrito 3. Es de tipo residencial, de densidad baja, el entorno se caracteriza por presentar viviendas unifamiliares y edificaciones en bloque, hasta seis niveles en la mayoría de los casos, las calles tienen escaso arbolado urbano con excepción de la avenida 6 de Agosto que cuenta con arbolado en el camellón. La vivienda se emplaza en la calle Remigio Castellanos N°116, el estilo arquitectónico que presenta es tradicional y “minimalista”, donde se destacan las construcciones con cubierta de losa, teja colonial y fibrocemento.

Se encuentra en las coordenadas: Latitud: -19.018104, longitud: -65.285552.

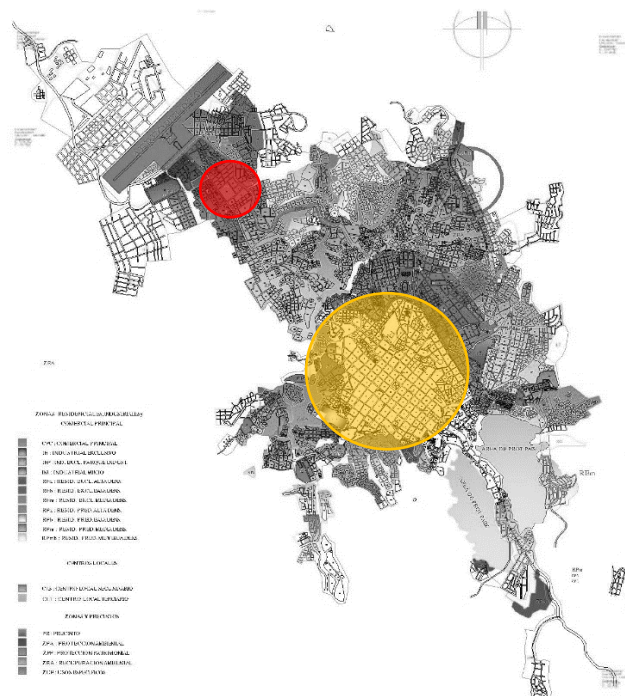


Figura 12. Plano de ubicación de la vivienda de estudio y el Centro Histórico de la Ciudad de Sucre. Honorable Alcaldía Municipal, 2000. Plan de habilitación y ordenamiento de zonas de expansión urbana.

Se encuentra en las coordenadas: Latitud: -19.018104, longitud: -65.285552.



Figura 13. Ubicación de la Vivienda. Elaboración propia, 2022.

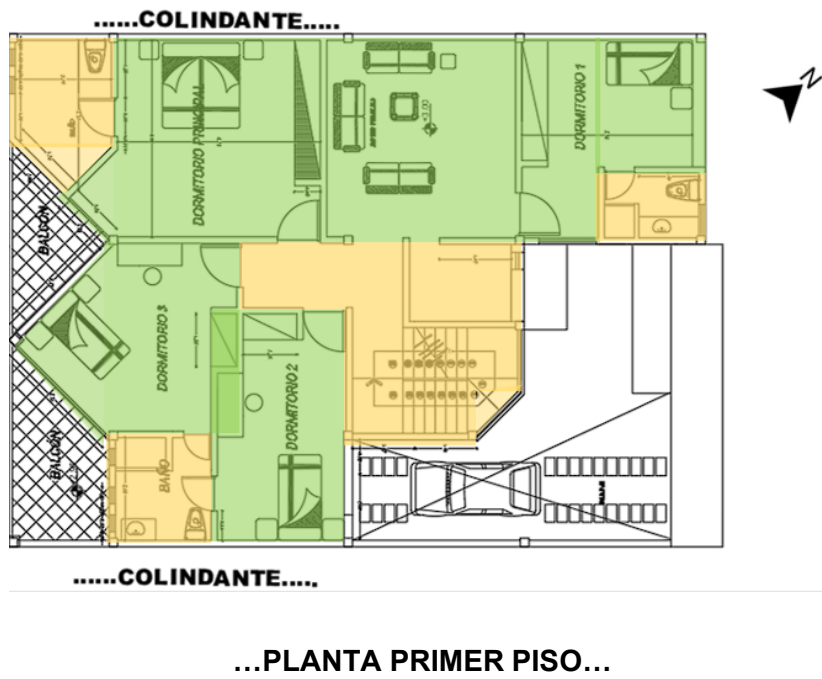
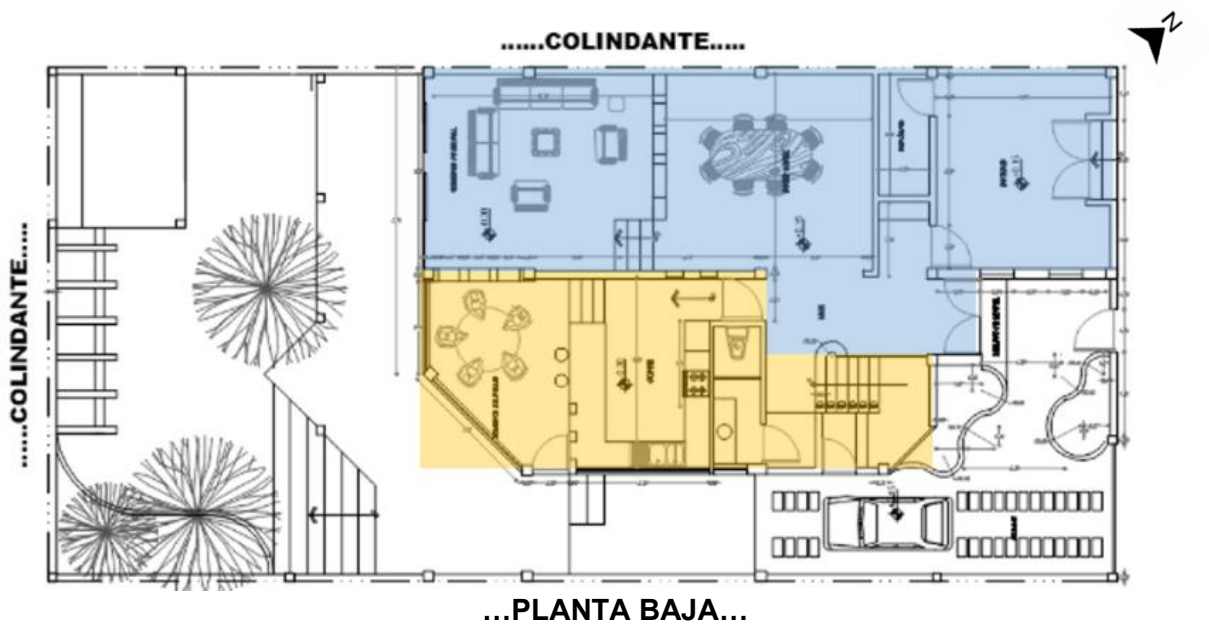
2.1.2. DISTRIBUCIÓN INTERIOR

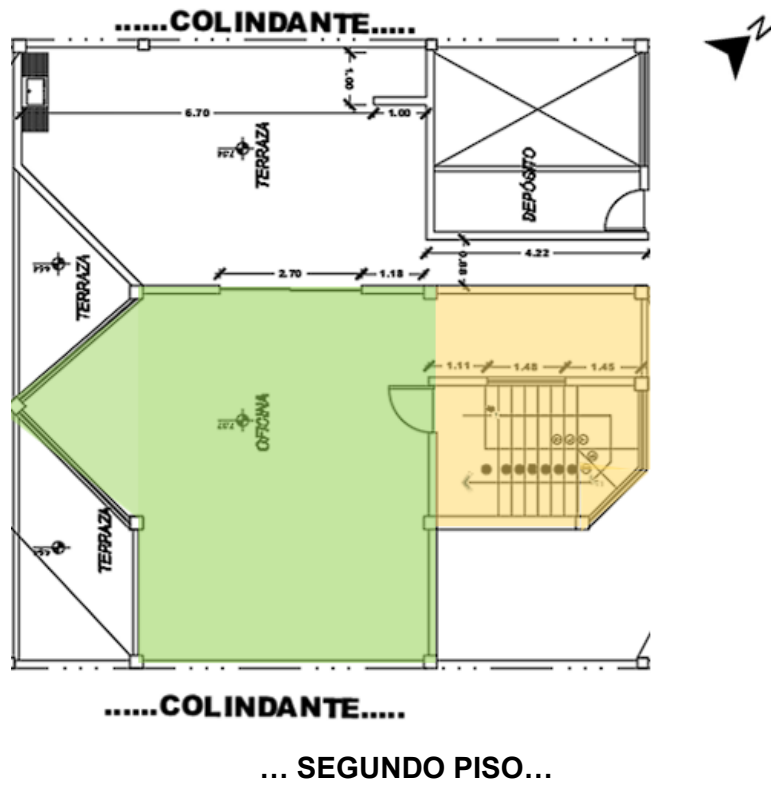
En la vivienda se puede observar que los ambientes están ubicados de la siguiente manera:

Tabla 10. Valoración de los ambientes según su orientación

AMBIENTE	ORIENTACION	ÓPTIMA	BUENA	REGULAR	MALA
Estar social Comedor principal	SUR			X	
Cocina y comedor de diario	SUR	X			
Escritorio 1	NOR ESTE			X	
Escritorio 2	ESTE		X		
Dormitorio de padres	SUR			X	
Dormitorio 1	SUR				X
Dormitorio 2	NORTE	X			
Dormitorio 3	NOR OESTE	X			
Estar familiar	OESTE		X		

Fuente: Elaboración propia, 2023.





REFERENCIAS:

Área de servicios	
Área íntima	
Área social	

Figura 14. Planos de la vivienda y zonificación de actividades en su interior. Elaboración propia, 2023.

2.1.3. ACCESO

La entrada principal a la vivienda carece de un vestíbulo o doble entrada, que contribuye a que se escape el aire interior de confort (caliente o frío) cada vez que se abre la puerta. La presencia de un vestíbulo ayudaría a disminuir las pérdidas de calor por infiltración y transmisión entre el aire interior y el exterior.

2.1.4. CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS

Corresponde a una vivienda unifamiliar según la categorización del reglamento del municipio de Sucre. Tiene una superficie de terreno de 300m² y 310 m² construidos, presenta tres niveles con retiro frontal y es de tipo adosada.

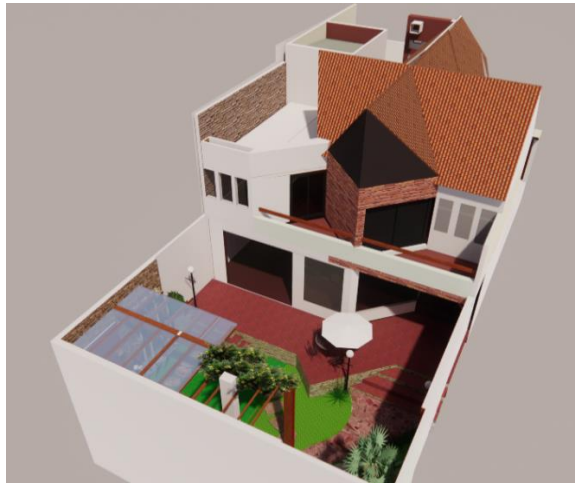


Figura 15. Vivienda unifamiliar de referencia. Elaboración propia, 2023.

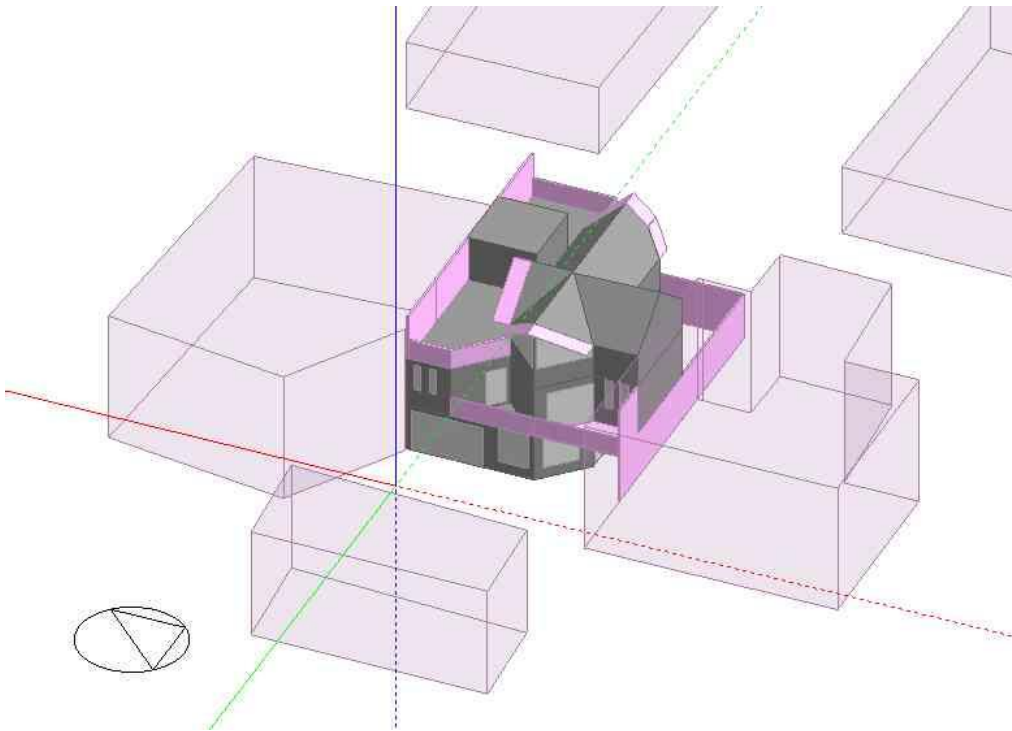


Figura 16. Caracterización arquitectónica. Elaboración propia, 2023.

2.1.5. ORIENTACION SOLAR Y PENDIENTE

La volumetría de la vivienda debería estar orientada sobre el eje Este-Oeste, en su lado más largo. Sin embargo, la vivienda está orientado a 45 grados de este eje y como se encuentra adosada respecto a sus vecinos, no recibe radiación solar suficiente en época de invierno a lo largo de la superficie más larga, como se observa en el gráfico siguiente.

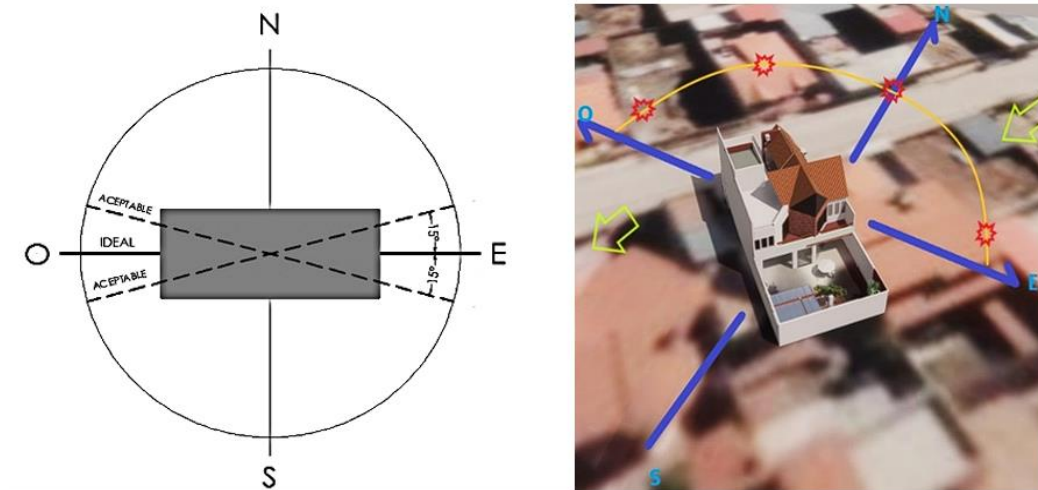


Figura 17. (Izquierda) Orientación ideal de una vivienda. (Derecha) orientación de la vivienda de estudio. Elaboración propia, 2022 en base a la tesis "Determinación de estrategias de diseño bioclimático para la ciudad de Sucre (Bolivia)" (Pozo, 2011).

2.1.6. ASOLEAMIENTO Y SU RELACIÓN CON LA FORMA DE LA VIVIENDA

Para un buen acondicionamiento térmico durante todo el año según Heredia R. (2014), la vivienda debe procurar recibir el sol en invierno desde las 9 hasta las 15 horas porque aproximadamente el 90% de la energía solar se recibe en ese horario. Sin embargo, la vivienda a encontrarse adosada a ambos lados y al no estar orientada la superficie mayor de Este a Oeste no recibe una buena radiación solar, por lo que se hace preciso utilizar calefacción en época de invierno en el mes de junio y julio principalmente.

En relación con lo anteriormente descrito, quienes consideran que las formas lineales tienen un mejor comportamiento térmico si estas se alargan en el eje este - oeste, lo que facilita la captar en un mayor porcentaje la radiación solar y propicia una mejor ventilación, (Pozo, 2011).

En las figuras 19 y 20 se observa la incidencia de la radiación solar en invierno y verano para la vivienda que se analiza. En estas, es posible ver que no se ha considerado las edificaciones vecinas y, por ello, se observa un buen asoleamiento. Aquí es posible advertir la importancia que adquiere el contexto o entorno de la vivienda para acciones de diseño de nuevos edificios, ya que son aspectos fundamentales para que luego la obra funcione correctamente en términos bioclimáticos.

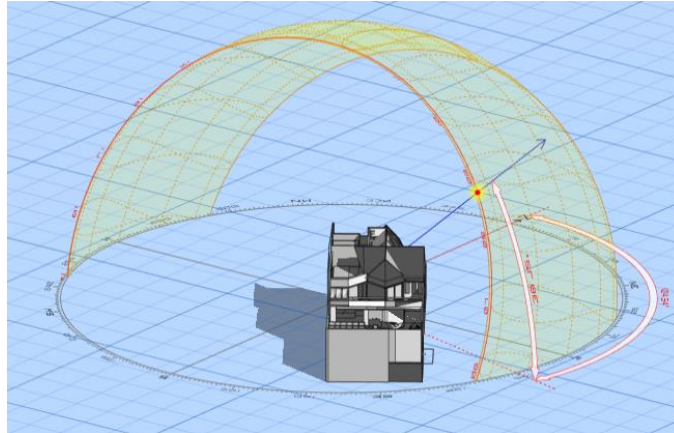


Figura 18. Radiación solar en verano. Elaborado en el programa 3D SUN-PATH.

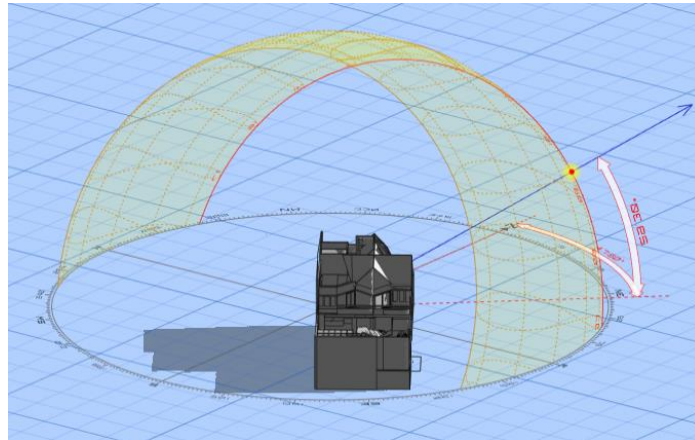


Figura 19. Radiación solar en invierno. Elaborado en el programa 3D SUN-PATH.

2.1.7. PRESENCIA DE VEGETACIÓN CERCANA Y SU INFLUENCIA

La presencia de vegetación, aporta humedad al ambiente y sombra, pudiendo ayudar a disminuirla temperatura del aire. De acuerdo con la plantación existente en el predio, en el jardín posterior (Sur) se tienen plantas perennes (palto (*Persea americana*), fornio (*Phormium tenax*), ficus (*Ficus benjamina*) y yuca (*Yucca aloifolia*) y caducifolias (tarco (*Jacaranda mimosifolia*), duraznero (*Prunus pérsica*) y rosas (*Rosa grandiflora*) que hacen además de este espacio más agradable en términos estéticos. Como se observa, la vegetación de hoja caducifolia no se propuso en el sector Norte, Este y Oeste, de hecho, carece de este tipo de vegetación, mientras que en el Sur se si se plantó vegetación perenne que protege a la fachada sur todo el año.



Figura 20. Arriba: Localización de vegetación en la vivienda con orientación sud este. Abajo: tipo de especies que se encuentran en el predio. Elaboración propia, 2023.

Vegetación en el espacio público del contexto

Respecto de la vegetación en el espacio público de calle y vereda se encuentran pocas especies, como *Acacia meansii*, *Prosopis juliflora*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Salix babilónica* y *Nerium olenader*. La mayoría de las especies como ya se mencionó se encuentran en la Av. 6 de Agosto, alrededor del manzano sólo se encontraron 7 árboles.

El proceso de consolidación ha generado una paulatina eliminación de árboles nativos, lamentablemente no existen áreas verdes como parques, plazas que permitan el encuentro social, aspecto que se ha detectado como necesidad en la pandemia. En relación arbolado urbano, sólo la avenida 6 de Agosto cuenta con vegetación, la mayoría de las calles no tienen árboles salvo excepciones como se observa en las imágenes, los pocos árboles existentes corresponden a especies que no tienen más de 15 años de vida.

- Ancho de acera: 2m (variable)
- Ancho de jardinera en la acera: La calle R. Castellanos no presenta jardineras, pero si la Av. 6 de Agosto mediante un camellón de 2m de ancho.

Tabla 11. Especies arbóreas del área de intervención.

		
<i>Salix Babilónica L.</i>	<i>Acacia mearnsi</i>	<i>Prosopis juliflora</i>

		
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	<i>Nerium oleander</i>	<i>Ficus benjamina</i>

Fuente: Elaboración propia, 2023.

A continuación, se puede observar las calles circundantes de la vivienda de estudio, donde se destacan la tipología de la avenida y las calles, considerando una cuadra alrededor.



Figura 21. Área de intervención, donde se intervino parte de la avenida principal y tres calles.

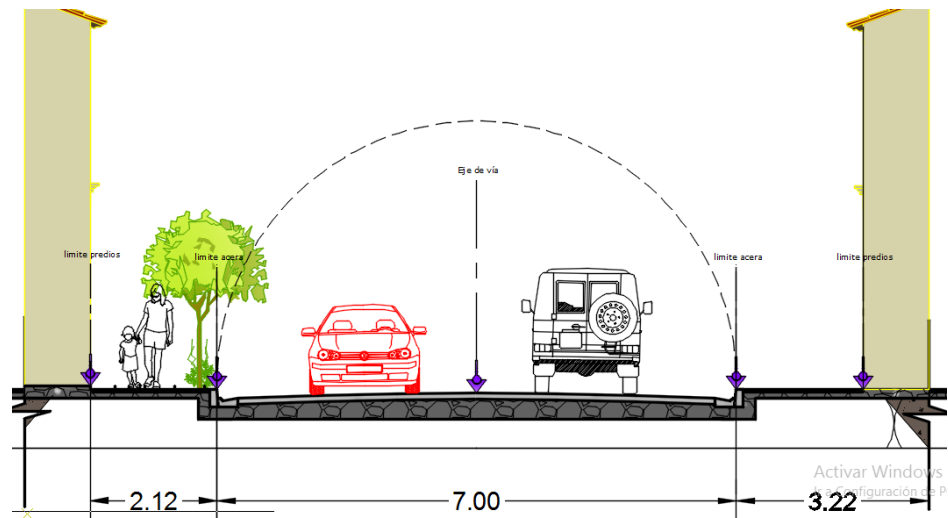


Figura 22. Sección de las calles 1,2 y 3, similar para las 3.

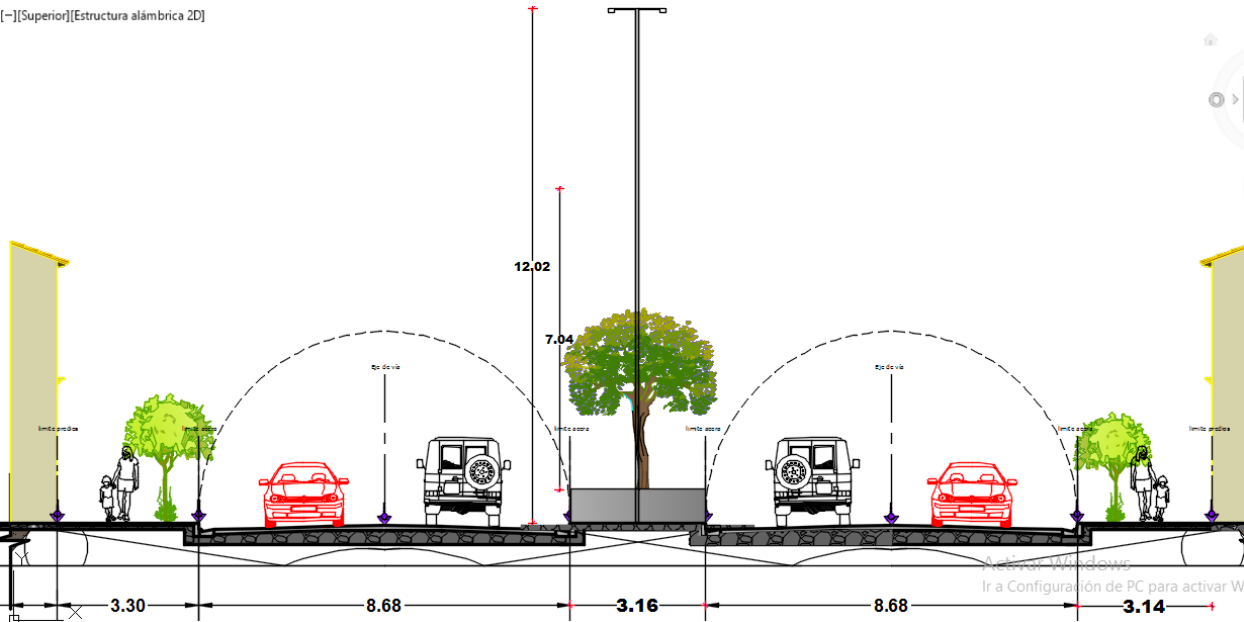


Figura 23. Sección de la avenida 6 de Agosto.

2.1.8. COMPACIDAD

La vivienda presenta una planta semi compacta, porque la superficie construida es rectangular sin alargamientos que permiten la pérdida de energía, la fachada se orienta al Nor-Oeste. En consecuencia, presenta un regular comportamiento térmico, porque se contrapone a la recomendación que sostiene que la edificación debe estar orientada a lo largo del eje este-oeste en relación a la cara más larga y tener una mejor posibilidad de asoleamiento. El factor de compacidad en la producción de viviendas sustentables adquiere importancia porque está vinculado directamente con la posibilidad de reducir las pérdidas de energía (y por tanto ser más eficiente), a la vez que reducir el costo asociado a la construcción (Esteves, Esteves, Mercado, Barea, & Gelardi, 2018).

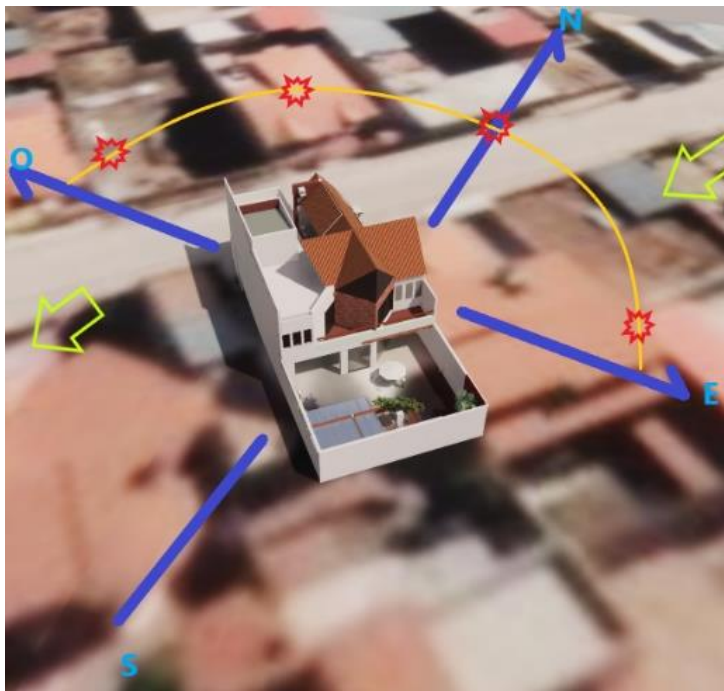
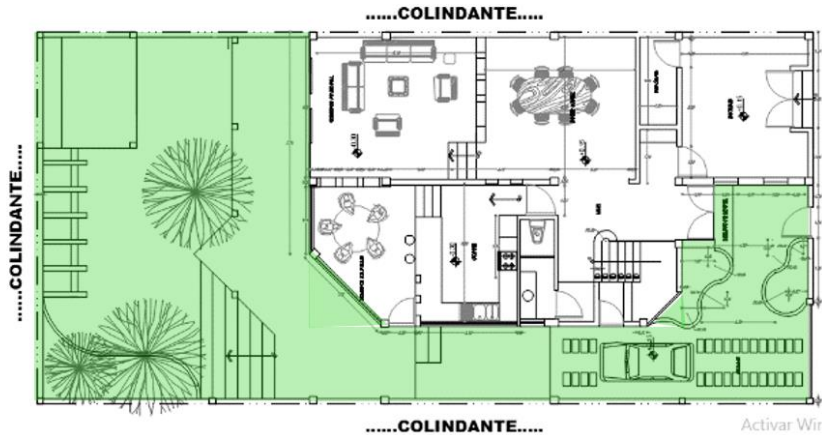


Figura 24. Vivienda de planta semi compacta. Elaboración propia, 2023.

2.1.9. POROSIDAD

Este punto determina la proporción de patios en la edificación en relación con su volumen total, permitiendo generar espacios intermedios (pasillo cubierto) con óptimos microclimas, a la vez que favorecer el asoleamiento y la ventilación natural. En la vivienda se tiene un 40% de



superficie libre, de este porcentaje el 30% es superficie porosa (césped).

Figura 25. Derecha: Presencia de patios en la vivienda. Izquierda: Fotografía del sector de cocheras, donde se puede ver que el mismo edificio se arroja sombra por la tarde. Elaboración propia, 2023.

2.1.10. ESBELTEZ

Es la relación entre la altura total del edificio y el radio de la superficie media de la planta. No se recomienda la esbeltez en el volumen de una edificación, para ningún tipo de clima, porque a mayor esbeltez, menor superficie de contacto con el terreno y mayor exposición climática. Por esta razón, se recomienda para un clima templado como el de Sucre, una volumetría con proporción 1:1,6 con una flexibilidad de hasta 1:2,4 desarrollada en el eje este oeste (Pozo, 2011). De acuerdo con esto, se puede determinar lo siguiente:

Datos:

Altura de la vivienda: 12 m

Radio (alargamiento del edificio) de la vivienda: 16 m

$$Esbtez = \frac{16}{12}$$

$$Esbtez = 1.33$$

La relación entonces es de 1: 1.33 que se encuentra por encima de lo recomendable de 1: 1.6, lo que significa la edificación está más expuesta a las condiciones climáticas.

En este punto, resulta fundamental considerar el tamaño de las parcelas o terrenos, para luego determinar el nivel de esbeltez que podría alcanzar el edificio. Esto es importante a los fines de la planificación del crecimiento del tejido urbano, donde se quiere densificar como una propuesta que ayude a mitigar la dispersión urbana, entonces el tamaño del lote debe contribuirá alcanzar este nivel, para evitar que el rédito económico de obtener mayor cantidad de unidades habitacionales ignore este factor.

2.1.11. TRATAMIENTO DE LA PIEL DEL EDIFICIO O LA ENVOLVENTE

En general se utilizaron materiales industrializados que se adquieren fácilmente en el mercado local, como ladrillo cerámico, piedra, yeso, madera, fibrocemento, aluminio, vidrio, metales entre otros.



Figura 26. Materiales utilizados en la envolvente. Elaboración propia, 2023.

2.1.12. COLOR

Actualmente el color que predomina es el blanco en toda la envolvente, que tiene una reflectancia entre 35-55% como revoque blanco, por tanto, será conveniente utilizar color con reflectancia media en las dos fachadas en general (principal y posterior), debido a que la orientación de la fachada principal se encuentra al Nor Oeste, y la vivienda se encuentra adosada hacia el oeste, imposibilitando el asoleamiento de esa fachada.



Figura 27. Predominio de color blanco en la envolvente y plomo en la cubierta. Elaboración propia, 2023, en base a Mendoza M., Aguillón J., 2021.

2.1.13. FACHADAS

Para evaluar los vanos según su ubicación, se utilizó el coeficiente de 0.15 m2 por superficie útil, considerando la latitud de Sucre, de acuerdo con Edward Mazria (1970). Este coeficiente garantiza una temperatura interior dentro del rango de confort térmico de 19.5°C a 24.5°C, siempre que se cumpla.

De acuerdo con la tabla siguiente, cuatro de los nueve espacios presenta un coeficiente adecuado, que garantiza la temperatura interior con un rango térmico que contribuye en el confort de los usuarios.

Tabla 12. Evaluación de las ventanas y paños vidriados de los espacios con mayor frecuencia de uso en la vivienda

DESCRIPCIÓN	AREA DE VENTANA	AREA AMBIENTE DEL	COEFICIENTE DE LAS VENTANAS	VALORACIÓN (coeficiente de 0.15)
PLANTA BAJA				
Estar social y comedor	10.14	47.82	0.212045169	Moderadamente Adecuada
Cocina	8.68	27	0.321481481	Inadecuada
Escritorio	5.44	18	0.302222222	Inadecuada
PRIMER PISO				
Dormitorio padres	2.68	23	0.116521739	Adecuada
Dormitorio hijo 1	5.18	15	0.345333333	Inadecuada
Dormitorio hijo 2	2.19	18.64	0.11748927	Adecuada
Dormitorio hijo 3	2.86	17	0.168235294	Adecuada
Estar familiar	3.13	18	0.173888889	Adecuada
SEGUNDO PISO				
Escritorio 2	18.84	49	0.384489796	Inadecuada

Fuente: Elaboración propia, 2023.

2.1.14. FACHADA NORTE Y SUR

Como se observa en la fotografía, la fachada principal (Norte), la fachada Sur y parte de la Noreste están expuestas al clima, la fachada lateral oeste se encuentra adosada con la edificación contigua. El paño vidriado de la fachada principal permite la entrada de radiación solar en época de invierno en horas de la tarde por su orientación Noroeste, generando ganancia directa que permite la calefacción del aire interior y el almacenamiento de energía en muros y pisos.

La fachada Sur tiene grandes superficies de ventana, con vidrio doble ahumado, principalmente por un tema visual en la propuesta arquitectónica. Sin embargo, esto resulta inadecuado, ya que favorece la pérdida de calor en invierno y el ingreso de radiación en épocas estivales durante el día. La vegetación arbórea ayuda a disminuir la temperatura en época de verano por el aporte de sombra sobre algunas ventanas en planta baja.

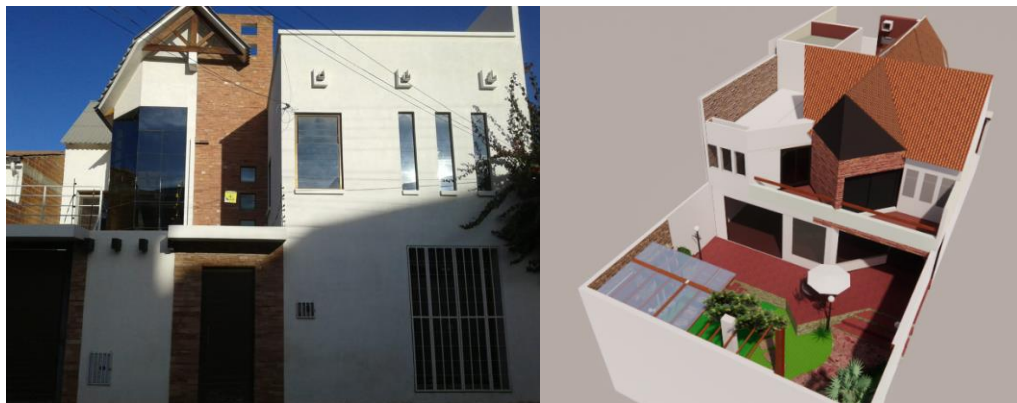


Figura 28. Izquierda: Fachada Norte. Der: fachada Sur de la de la vivienda. Elaboración propia, 2023.

2.1.15. DIAGNÓSTICO DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA VIVIENDA

Debilidades

- La orientación del lote condiciona que el radio más largo de la fachada no se oriente de forma óptima hacia el norte o noreste.
- Presenta ambientes sobrecalentados en verano o muy fríos en invierno, como el estar social y dos dormitorios principalmente.
- El jardín se encuentra al Sur, por lo tanto, recibe pocas horas de sol en invierno, con una mayor permanencia de sombras y, por tanto, poco frecuentado en esta estación.
- Los grandes vanos de la fachada Sur ocasionan la pérdida de calor en invierno.

- El color blanco no es adecuado en invierno por el factor de reflectancia que no permite la absorción de calor. Sin embargo, resulta adecuado para el verano, para reflejar parte de la radiación que índice sobre la envolvente.
- La presencia de la edificación vecina adosada hacia el oeste no permite el asoleamiento de la misma. No obstante, resulta una estrategia interesante para reducir el contacto de esa envolvente con el exterior, reduciendo intercambios térmicos.

Fortalezas

- Los ambientes ubicados al Noreste son los mejor orientados y no tienen problemas en invierno o verano.
- La presencia del jardín y el arbolado ayudan a proteger la fachada Sur en verano y disminuye la temperatura.
- La presencia de paños vidriados de grandes dimensiones en la fachada principal permite generar calefacción pasiva mediante ganancia directa.

Diagnóstico

- Se considera que mediante un diseño coherente que tenga en cuenta a las condiciones climáticas y las características del entorno, es posible minimizar gastos en energía aumentando el confort interior. Por tanto, el uso de estrategias bioclimáticas permitiría mejorar el comportamiento térmico de las viviendas y mejorar la calidad ambiental de los espacios.
- Uso de variables como: una adecuada orientación norte o noreste, forma del volumen, tratamiento de la piel, superficie útil de vanos entre otros, deberían ser obligatoriamente aplicados y evaluados, en todos los proyectos arquitectónicos, como parte del proceso proyectivo (desde la academia), porque la arquitectura debe ser funcional de manera holística y no sólo desde el punto de vista estético o por tendencia.
- El análisis de superficie útil de ventanas considero que es un factor difícil de cumplir, porque la normativa actual y las urbanizaciones, así como loteamientos restringen la proyección de las edificaciones con características bioclimáticas, razón por la cual se recomienda que los reglamentos nacionales y municipales deben actualizarse.

2.2. DATOS DE CONSUMO Y COSTOS ENERGÉTICOS

2.2.1. ENERGÍA ELÉCTRICA

En la siguiente tabla se logra apreciar el histórico de consumo de energía eléctrica de la vivienda de estudio, desde junio de 2021 hasta mayo del 2022. Cabe destacar que el máximo consumo de energía eléctrica en la vivienda se dio en Julio de 2021 con 332 kWh, coincidente con la época invernal de menor cantidad de horas de sol y menores temperaturas.

Tabla 13. Histórico de consumo de energía eléctrica [kwh]

2021 [kWh/mes]							2022 [kWh/mes]					TOTAL [kWh/año]
JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENERO	FEB	MAR	ABR	MAY	
246	332	233	198	212	201	182	198	176	127	173	171	2449
TOTAL												2449

Fuente: Elaboración propia, 2023.

El consumo de 2449 kWh acumulados en un año, en términos de coste energético representa el siguiente valor.

Tabla 14. Costo energético de consumo de energía eléctrica

MES	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA [kWh]	COSTO KWh [Bs/kWh]	COSTO TOTAL DE kWh [Bs]
Junio	246	0.87	214.02
Julio	332	0.87	288.84
Agosto	233	0.87	202.71
Septiembre	198	0.87	172.26
Octubre	212	0.87	184.44
Noviembre	201	0.87	174.87
Diciembre	182	0.87	158.34
Enero	198	0.87	172.26
Febrero	176	0.87	153.12
Marzo	127	0.87	110.49
Abril	173	0.87	150.51
Mayo	171	0.87	148.77
TOTAL	2449	0.87	2130.63

Fuente: Elaboración propia, 2023.

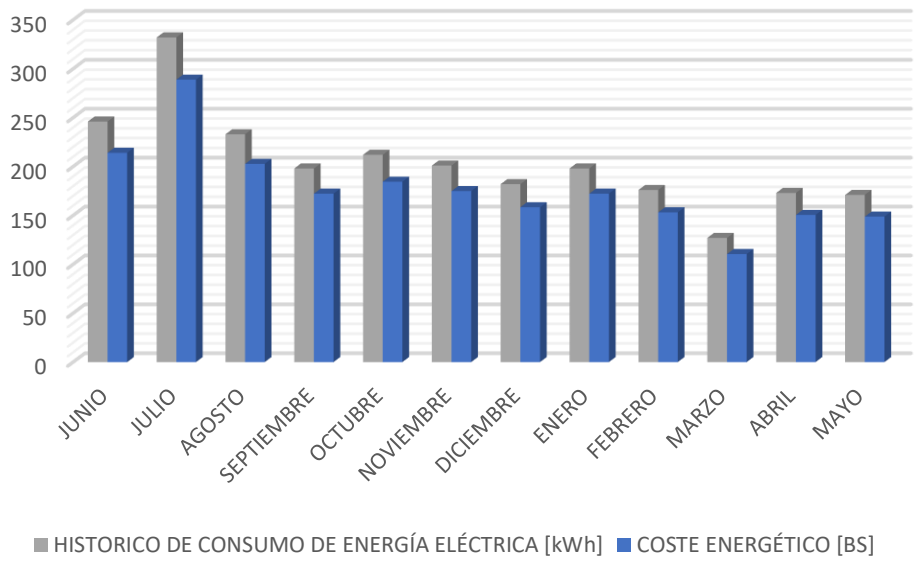


Figura 29. Datos de consumo y coste energético de energía eléctrica de la vivienda de estudio. Elaboración propia, 2023.

El consumo acumulado de energía eléctrica alcanzó un costo anual de 2130.63 Bs durante el periodo de evaluación, destacando costos elevados durante los meses de julio y agosto.

CAPITULO III PROPUESTA

3.1. RESULTADOS

Para obtener los resultados se utilizó el proceso siguiente:

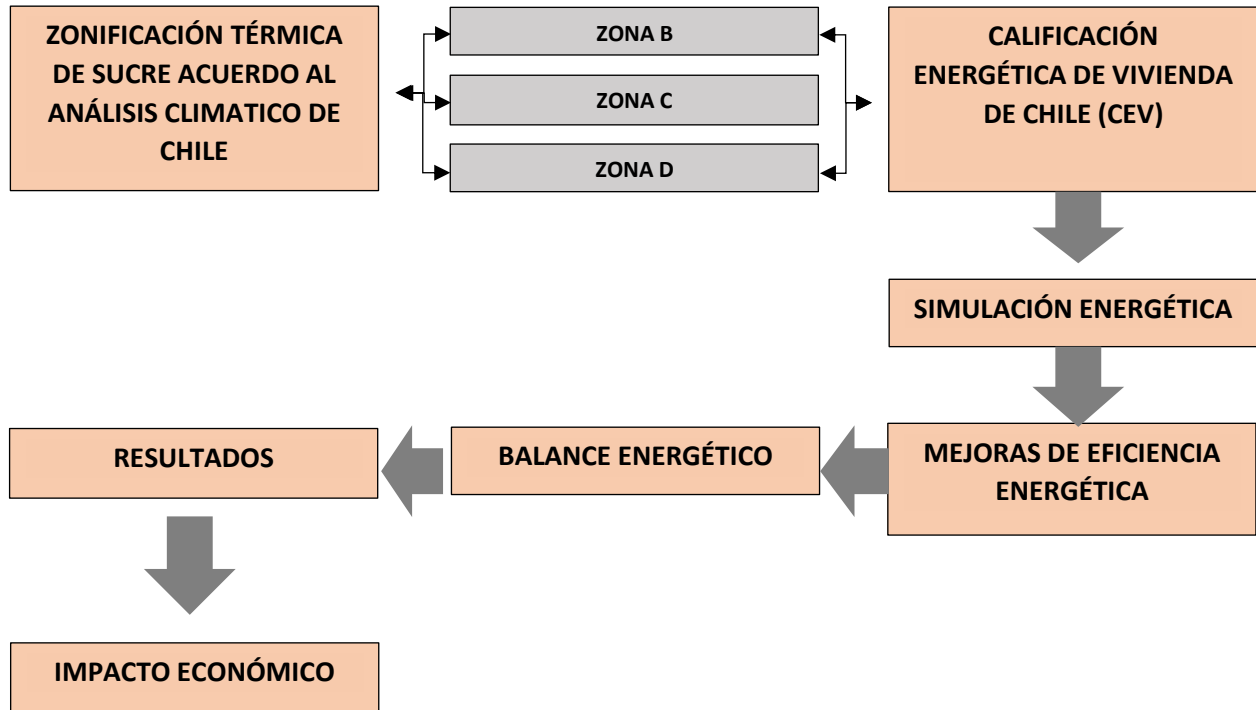


Figura 30. Proceso de calificación energética de la vivienda de estudio.

3.1.1. ZONIFICACIÓN TÉRMICA DE SUCRE ACUERDO AL ANÁLISIS CLIMATICO DE CHILE

Para aplicar el sistema CEV en la vivienda de Bolivia, es importante determinar cuál de las zonas térmicas de Chile es la más parecida al clima de Sucre, porque la calificación se realiza en base a los datos de Chile, pero para ello se debe determinar a qué zona corresponde, para ello se presentará a continuación las zonas térmicas:

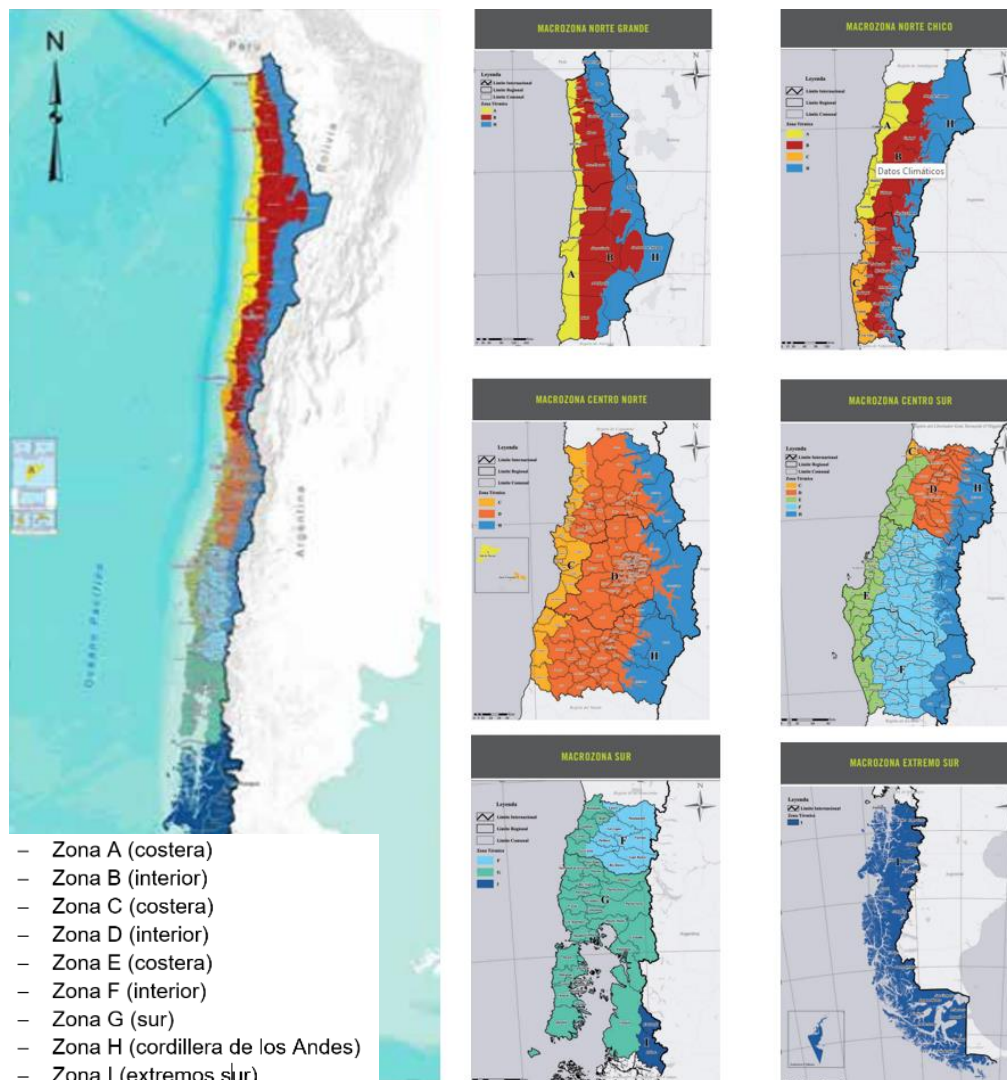


Figura 31. Zonificación térmica de CEV – Chile. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2021.

3.1.1.1. COMPARACION DE DATOS CLIMATICOS DE LA CIUDAD DE SUCRE CON LAS ZONAS CLIMÁTICAS B-C-D DE CHILE

Se observa que Zona Térmica B tiene inviernos muy similares a Sucre, sin embargo, los veranos son más calurosos. Por otro lado, la Zona C presenta mayor homogeneidad durante el año, presentando tanto veranos como inviernos con medianas diferencias de temperatura respecto a Sucre. La Zona D por otro lado, presenta medianas diferencias en la época de invierno, sin embargo, grandes diferencias en verano, siendo mucho más calurosa. Teniendo en cuenta la comparación de resultados y que ninguna de las zonas es realmente similar a Sucre en temperaturas, se evalúa la vivienda en las 3 zonas mencionadas.

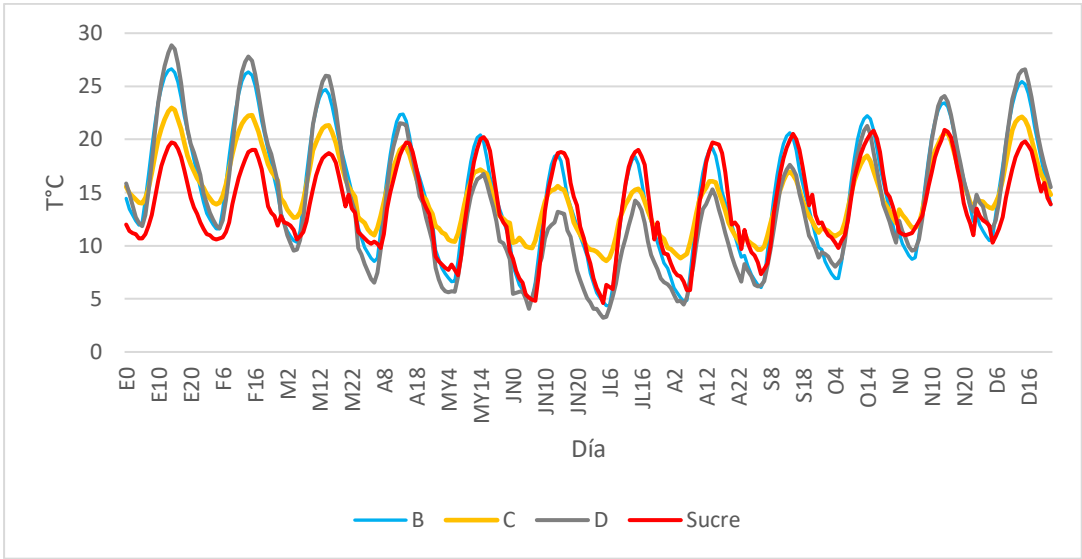


Figura 32. Comparación con Zona Térmica B – C -D. Elaboración propia, 2023.

3.1.2. EVALUACIÓN DE LA ZONAS TÉRMICAS CHILENAS B, C, D APLICABLES A LA VIVIENDA

3.1.2.1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EN VIVIENDAS EN CHILE					
1.- Características de la vivienda					
1.1.- Datos generales e identificación del proyecto					
Ubicación del proyecto	Zona B				
Comuna	Vallenar				
Rol vivienda	Sin rol				
1.2.- Datos provenientes del cálculo de la demanda					
Superficie de la vivienda	313.98	[m ²]			
Volumen de la vivienda	852.49	[m ³]			
Área ventanas	72.11	[m ²]			
Potencia referencial del sistema de calefacción	10.0	[kW]	Potencia efectiva		[KW]
	Edificio Objeto	Referencia			
Demanda de calefacción	2,098	13,925	(kWh/año)		
2.- Definición de los equipos y sistemas					
2.1.- Descripción general de los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria					
Sistema de calefacción	No posee				
Sistema de agua caliente	Calefont 7 litros tiro forzado				

Figura 33. Modelo de calificación energética de viviendas en Chile. Elaboración propia, 2023.

ZONA TÉRMICA B

En este caso la demanda de calefacción por m² es de 46.4kWh/m2-año y la demanda de refrigeración es de -29.4 kWh/m2-año, haciendo un total de 75.9 kWh/m2-año que equivale a un 59% de ahorro total, que de acuerdo con el modelo base que representa lo mínimo exigido por la ley en cuanto a reglamentación térmica chilena, que corresponde a 65 kWh/m2-año que incide en un 50% de ahorro para ser calificado como categoría A, en este caso se evalúa la vivienda en las condiciones actuales en la categoría B.

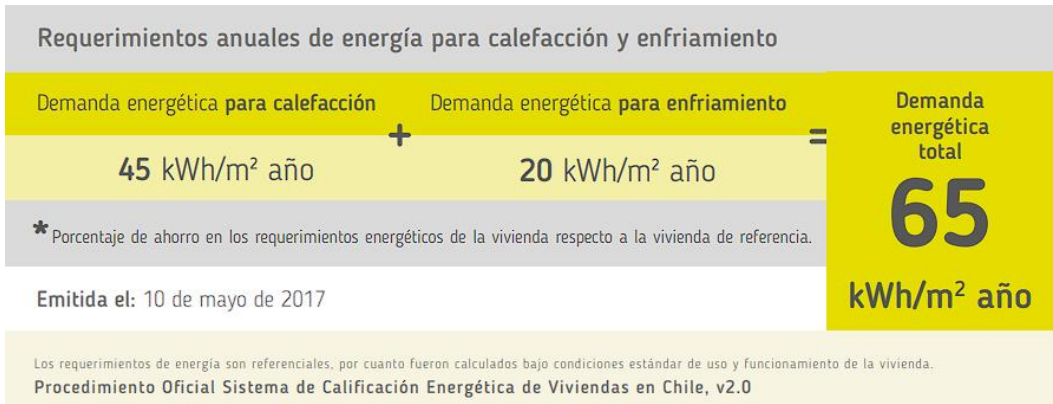


Figura 34. Requerimientos anuales de energía para calefacción y enfriamiento. Ministerio de Vivienda de Chile, 2019.

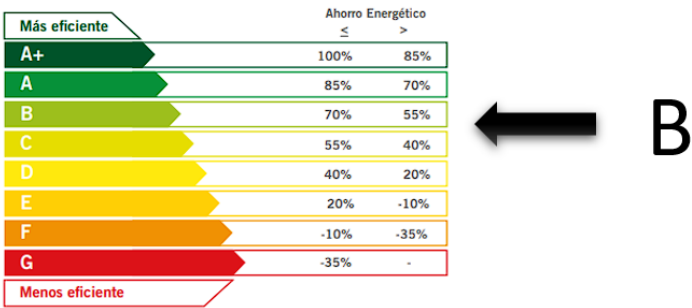


Figura 35. Calificación energética de la vivienda de análisis, para la zona térmica B.

Tabla 15. Calificación de acuerdo con la demanda energética de calefacción y refrigeración para la zona térmica B

Propuesto	Demanda Calefacción	Demanda Refrigeración	Demanda Calefacción	Demanda Refrigeración	Ahorro Demanda Calefacción	Ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total	Ahorro Total	Letra
	[kWh-año]	[kWh-año]	[kWh/m2-año]	[kWh/m2-año]	[%]	[%]	[kWh/m2-año]	[%]	
Copiapó - Zona B	14574.1	-9246.2	46.4	-29.4	47%	70%	75.9	59%	B
Vallenar - Zona B	14527.0	-9563.5	46.3	-30.5	47%	70%	76.7	59%	B

Fuente: Elaboración propia, 2023.

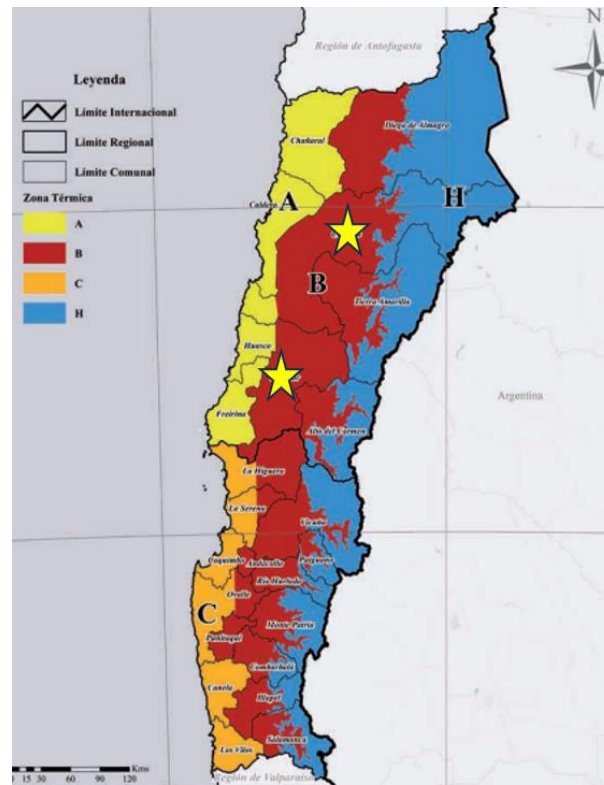


Figura 36. Zona térmica B. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2021.

ZONA TÉRMICA C

En este caso la demanda de calefacción por m² es de 46.4kWh/m²-año y la demanda de refrigeración es de -29.4 kWh/m²-año, haciendo un total de 75.9 kWh/m²-año que equivale a un 59% de ahorro total, que de acuerdo con el modelo base que representa lo mínimo exigido por la ley en cuanto a reglamentación térmica chilena, que corresponde a 65 kWh/m²-año que incide en un 50% de ahorro para ser calificado como categoría A, en este caso se evalúa la vivienda en las condiciones actuales en la categoría B.

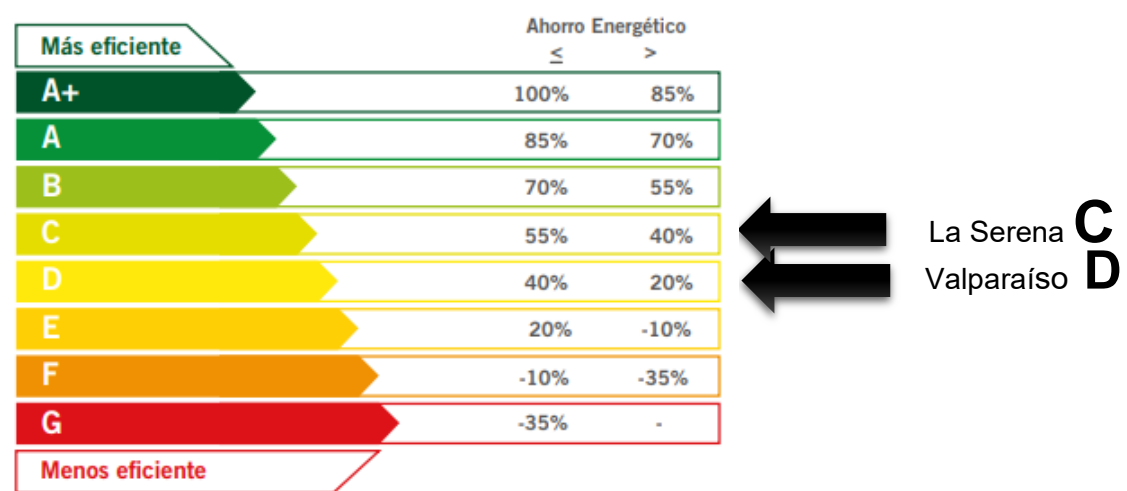


Figura 37. Calificación energética de la vivienda de análisis, para la zona térmica C.

Tabla 16. Calificación de acuerdo con la demanda energética de calefacción y refrigeración para la zona térmica C

Propuesto	Demanda Calefacción	Demanda Refrigeración	Demanda Calefacción	Demanda Refrigeración	Ahorro Demanda Calefacción	Ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total	Ahorro Total	Letra
	[kWh-año]	[kWh-año]	[kWh/m2-año]	[kWh/m2-año]	[%]	[%]	[kWh/m2-año]	[%]	
La Serena-Zona C	14147.9	-1474.8	45.1	-4.7	36%	86%	49.8	53%	C
Valparaíso-Zona C	14140.7	-1775.1	45.0	-5.7	12%	83%	50.7	40%	D

Fuente: Elaboración propia, 2023.

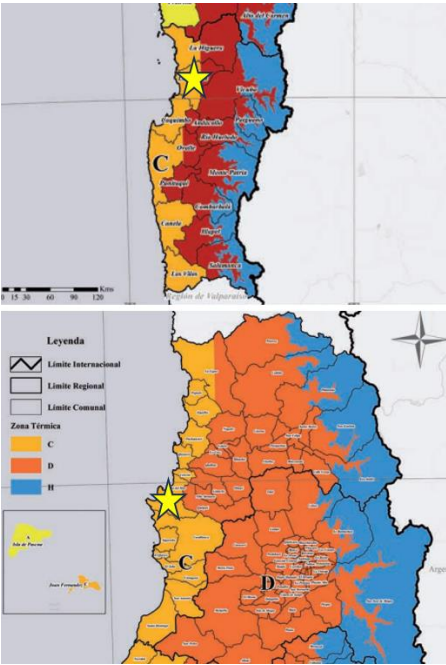


Figura 38. Zona térmica C. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2021.

ZONA TÉRMICA D

En este caso la demanda de calefacción por m2 es de 46.4kWh/m2-año y la demanda de refrigeración es de -29.4 kWh/m2-año, haciendo un total de 75.9 kWh/m2-año que equivale a un 59% de ahorro total, que de acuerdo con el modelo base que representa lo mínimo exigido por la ley en cuanto a reglamentación térmica chilena, que corresponde a 65 kWh/m2-año que incide en un 50% de ahorro para ser calificado como categoría A, en este caso se evalúa la vivienda en las condiciones actuales en la categoría B.

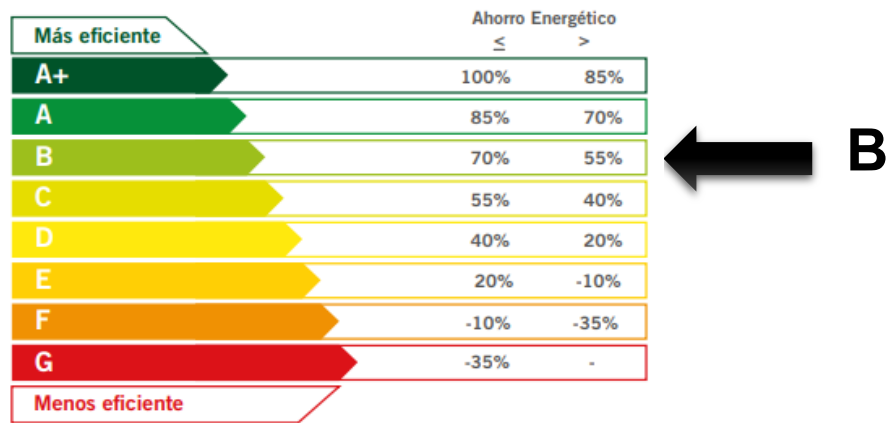


Figura 39. Calificación energética de la vivienda de análisis , para la zona térmica D.

Tabla 17. Calificación de acuerdo con la demanda energética de calefacción y refrigeración para la zona térmica D

Propuesto	Demanda Calefacción	Demanda Refrigeración	Demanda Calefacción	Demanda Refrigeración	Ahorro Demanda Calefacción	Ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total	Ahorro Total	Letra
	[kWh-año]	[kWh-año]	[kWh/m2-año]	[kWh/m2-año]	[%]	[%]	[kWh/m2-año]	[%]	
Petorca-Zona D	22305.2	-6471.2	71.0	-20.6	21%	64%	91.7	38%	D
Providencia-Zona D	22271.0	-6552.1	70.9	-20.9	0%	59%	91.8	25%	D

Fuente: Elaboración propia, 2023.

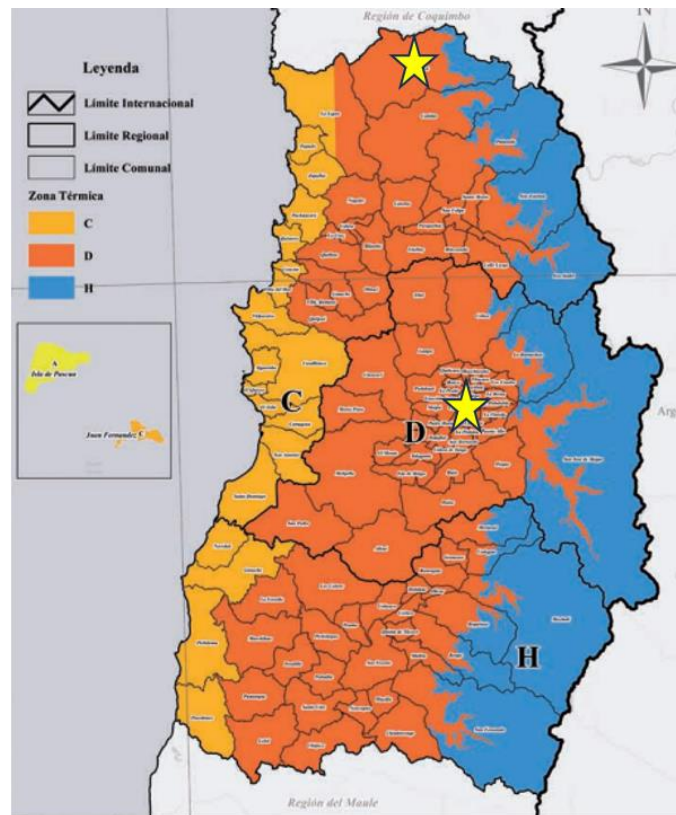


Figura 40. Zona térmica D. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2021.

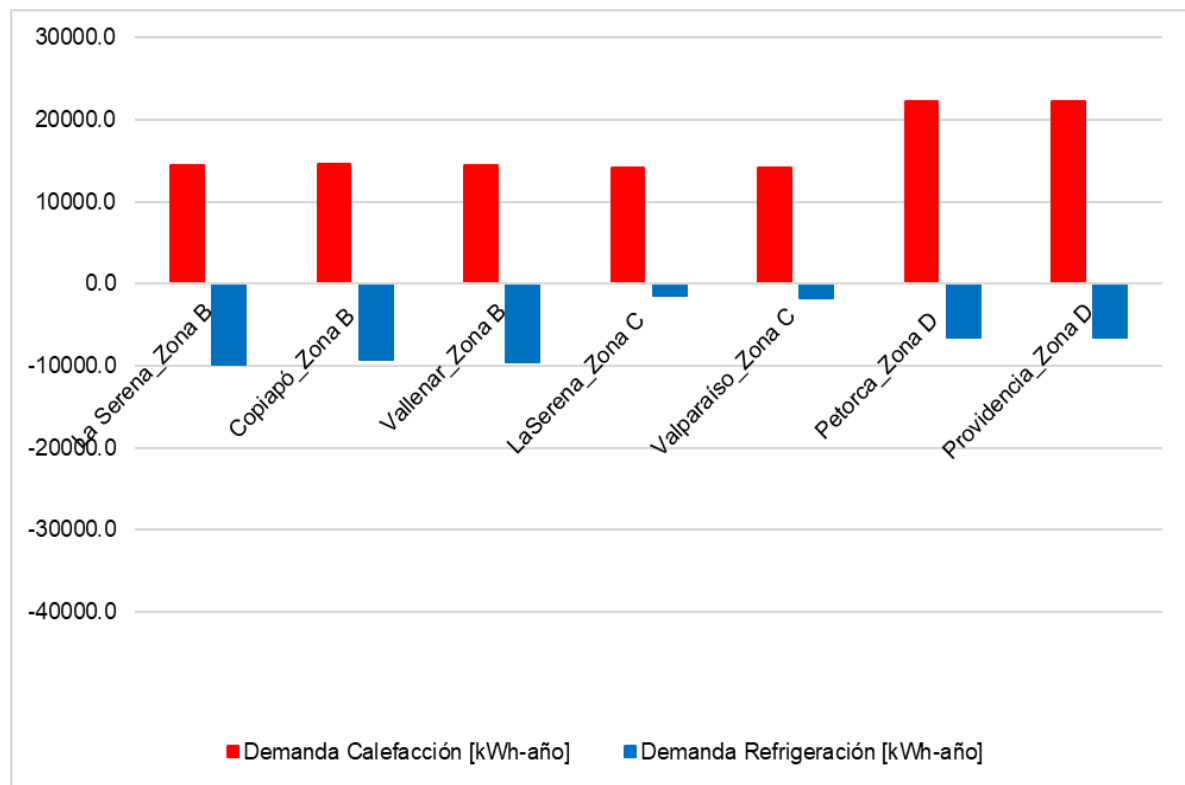


Figura 41. Demanda de calefacción y refrigeración para las cuatro zonas térmicas.

La figura anterior nos permite identificar las demandas de calefacción y refrigeración para la vivienda de estudio de acuerdo con la zona térmica en la que se encuentra. Sobre esta base se realizará la calificación energética de la vivienda actual.

3.1.3. SIMULACIÓN ENERGÉTICA

3.1.3.1. ARQUITECTURA

Se modeló la arquitectura con sus áreas y volúmenes, también se tomaron en cuenta las obstrucciones solares de los vecinos y los paños de muro pareados, de las viviendas colindantes y de las que se encuentra al frente de la vivienda, así como de la parte posterior de acuerdo con la figura siguiente.

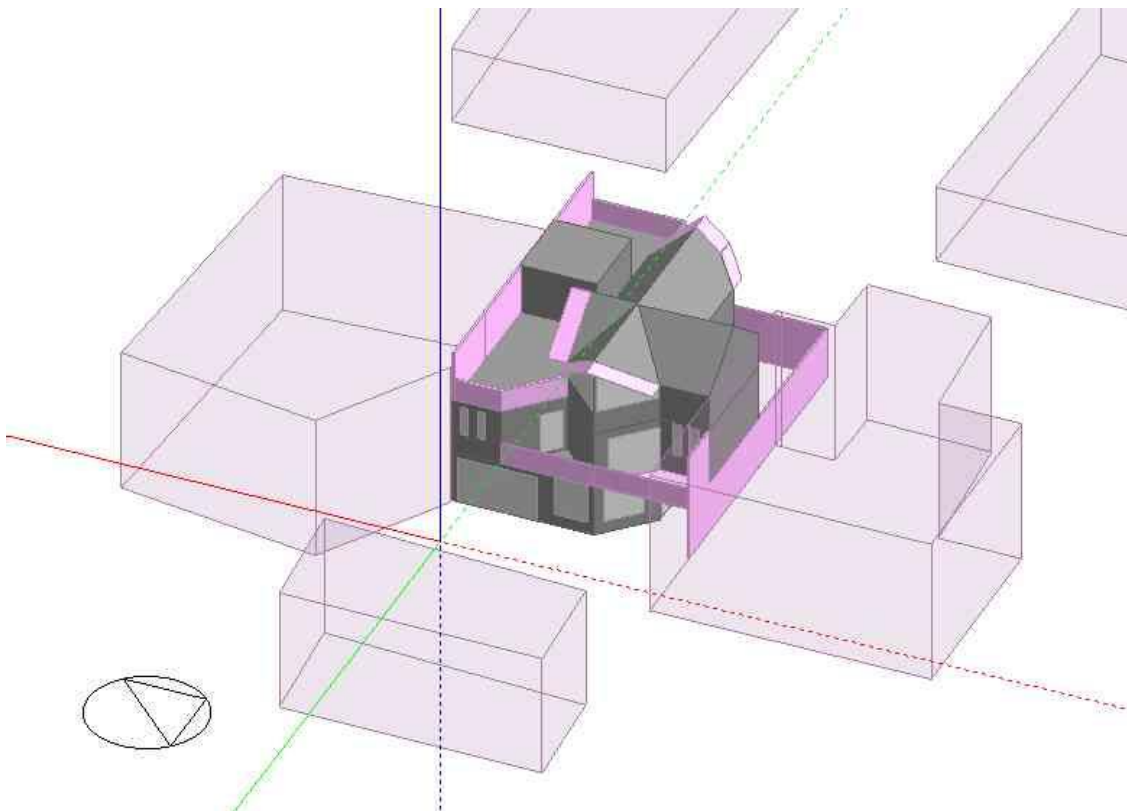


Figura 42. La vivienda de estudio y las obstrucciones del contexto.

3.1.3.2. ENVOLVENTE

Así mismo, se evaluó el paquete constructivo de los elementos de la envolvente térmica: muros, techos, pisos ventilados y la losa radier. En especial la transmitancia térmica de los elementos de la envolvente. Entre los materiales utilizados en la envolvente que influyen en la eficiencia energética se detallan los siguientes:

MUROS

En las construcciones de nuestro país se utiliza regularmente como material principal para muros no portantes el ladrillo cerámico de 6 huecos . Este tipo de material puede ser utilizado de forma vertical u horizontal, si es utilizado de forma vertical se tendrá un menor espesor de los muros y por consiguiente se tendrá un coeficiente global de transferencia de calor mayor al que se tendría si los ladrillos estuviesen alineados de forma horizontal. Si los ladrillos se colocan de forma horizontal se tiene mayor espesor y menor coeficiente de transferencia global por lo cual se tendría menor pérdida de calor. Por este mismo motivo, en épocas cálidas, este material ayuda a mantener ambientes medianamente frescos o calientes en comparación de otros materiales que tienen mejores resultados como la piedra o adobe que no son usualmente usados, principalmente por el espacio y durabilidad.

Es decir, que el ladrillo de seis huecos difícilmente cumple con la condición de masa térmica, ya que su densidad y conductividad térmica (1200 kg/m^3 , $0,45 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) es significativamente menor en comparación con otros materiales como la piedra (2400 kg/m^3 ; $2,2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), el ladrillo macizo (1800 kg/m^3 y $0,91 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) o el hormigón (2400 kg/m^3 ; $1,63 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) (IRAM11601, 2004)

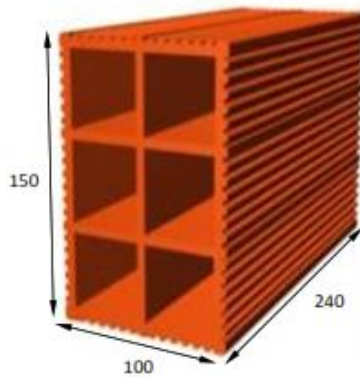


Figura 43: Ladrillo de 6 huecos. Ficha técnica INCERCRUZ, 2017.

Tabla 18. Solución constructiva de muros inicial

SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA MUROS INICIAL			
Muro de ladrillo 14 cm. Homologado solución constructiva MINVU 1.2.G.G.A5.3			
MURO PERIMETRAL	e (m)	λ (W/(m/K))	Rt (m²K/W)
Ladrillo	0.143	0.5	0.286
		1	0.000
		1	0.000
		1	0.000
		1	0.000
		1	0.000
		1	0.000
e FINAL	0.143		
Rsi			0.120
Rse			0.050
Rt Total (m²K/W)			0.456
U (W/m²K)			2.193
R 100			0

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla 19. Propuesta constructiva de muros mejorada

SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA MUROS MEJORA			
Muro de ladrillo 14 cm + Aislación de consistente en EPS 15kg/m3 espesor 4cm y revestimiento interior yeso cartón de 1cm.			
MURO PERIMETRAL	e (m)	λ (W/(m/K))	Rt (m²K/W)
Ladrillo	0.143	0.5	0.286
Yeso cartón	0.01	0.24	0.042
		1	0.000
		1	0.000
		1	0.000
		1	0.000
EPS 15kg/m3	0.04	0.0413	0.969
e FINAL	0.193		
Rsi			0.120
Rse			0.050
Rt Total (m²K/W)			1.466
U (W/m²K)			0.682
R 100			97

Fuente: Elaboración propia, 2023.

En el caso de los muros, la transmitancia térmica inicial es de 2.33 W/m²K, mientras que la transmitancia térmica mejorada es de 0.68 w/m²K 1, que se debe a la aislación de los muros con EPS 4cm + yeso cartón 1cm, que es un revestimiento térmico que se utiliza para mejorar el aislamiento térmico de muros perimetrales el cual está conformado por la unión de una placa de yeso-cartón y una plancha de poliestireno expandido (EPS) de alta densidad.

Tabla 20. Mejora de la transmitancia térmica en muros

Elemento	Transmitancia Térmica Inicial (U) w/m ² K	Transmitancia Térmica Mejora (U) w/m ² K
Muro	2,33	0,68

Fuente: Elaboración propia, 2023.

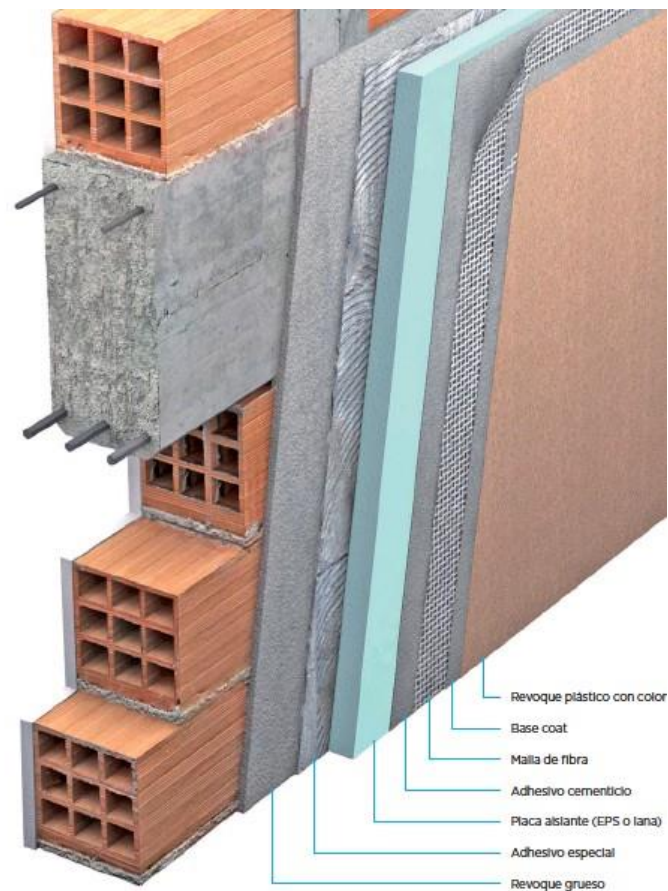


Figura 44. EPS 4cm + yeso cartón 1cm. Knauf Polyplac EPS.

TECHOS

En la vivienda se emplea la cubierta de fibrocemento debido a sus características reduce la transferencia de calor al interior evitando las pérdidas de calor hacia el exterior, también mejora la acústica porque es capaz de insonorizar los ambientes. Sin embargo, por el color plomo oscuro por la parte exterior, se puede almacenar calor en época de invierno, lo cual resultaría favorable por las bajas temperaturas. Pero, en verano genera un espacio muy caluroso que requiere que se habrán las ventanas para refrescar el ambiente del segundo piso, lo cual no ayuda a controlar la temperatura interior respecto del exterior. Por esta situación, se propone la siguiente solución:

Tabla 21. Propuesta constructiva de cubierta

SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA DE CUBIERTA			
Fibrocemento con vigas de madera a la vista, revestimiento interior yeso. Considera un "entortado de paja" como capa aislante de 4cm.			
COMPONENTES	e (m)	λ (W/(m/K))	Rt (m²K/W)
FIBROCEMENTO	0.005	0.23	0.022
ENLUCIDO YESO	0.01	0.44	0.023
		1	0.000
		1	0.000
		1	0.000
CAMA DE PAJA	0.04	0.070	0.571
e FINAL	0.055		
Rsi			0.090
Rse			0.050
Rt Total S1 (m²K/W)			0.756
U (W/m²K)			1.323
A (m²)			0.95
U*A			1.257
R 100			57
FIBROCEMENTO	0.01	0.26	0.038
LISTÓN MADERA	0.5	0.104	4.808
	0	1	0.000
		1	0.000
		1	0.000
		1	0.000
e FINAL	0.51		
Rsi			1.323
Rse			0.950
Rt Total S2 (m²K/W)			7.119

U (W/m²K)	0.140
A (m²)	0.05
U*A	0.007
A Total	1.000
Σ (U*A)	1.264
U ponderado	1.264

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Agregar aquí un párrafo que haga referencia a las mejoras que se observan cuando se agregan materiales que mejoran el comportamiento térmico de la envolvente.

ABERTURAS

En la vivienda original, el vidrio es simple (en planta baja) y doble en el primer piso, debido a las características físicas para la transferencia de calor de este material, en invierno propicia una rápida transferencia de calor del ambiente interior al exterior, lo que es un problema en toda la vivienda, aunque se siente de manera especial en el dormitorio 1 y el de los padres orientado hacia el Sur, así como en el estar social que se encuentra en planta baja del segundo nivel, que tiene una puerta corrediza de considerables dimensiones (3.00m x 2.20m) que dificulta el mantenimiento de la temperatura interior de confort.



Figura 45. Materiales principales de la envolvente. Elaboración propia, 2023.

Cambio de celosías por ventanas proyectantes: este modelo de ventana evita filtraciones de agua, ruido, corrientes fuertes de aire, ya que cuentan con un cierre hermético a comparación de las ventanas corredizas. Las aberturas continuarán siendo de aluminio, por la disponibilidad en el mercado.



Figura 46. Ventanas proyectantes en sustitución de las ventanas tipo celosía. www.incerco.es

Cambio de ventanas por DVH: cámara de aire 12mm, es un doble vidrio hermético (DVH) utilizado con el objeto de optimizar la capacidad de aislación térmica y acústica, está formado por dos vidrios unidos herméticamente separados por una cámara de aire. La cámara de aire funciona como barrera térmica, en verano impide que el calor ingrese al ambiente interior para mantenerlo más fresco y en invierno disminuye significativamente la pérdida de calor por calefacción.



Figura 47. Vidrio DVH. www.avitatuc.com, 2019.

Tabla 22. Mejora de la transmitancia térmica de ventanas

Elemento	Transmitancia Térmica Inicial (U) w/m ² K	Transmitancia Térmica Mejora (U) w/m ² K
Ventanas Claras	5,8	2,85
Ventanas Reflectantes	5,77	2,67
Ventanas Absorbentes	5,72	2,69

Fuente: Elaboración propia, 2023.

IMPLEMENTACIÓN DE PÉRGOLAS

El objetivo es evitar la pérdida de energía mediante la implementación de estas estructuras que servirán de rompevientos y evitarán que las habitaciones contiguas tengan temperaturas elevadas o bajas como sucede actualmente.

- **Pérgola invernadero al sur en Estar:** pérgola vidrio claro monolítico.
- **Pérgola 1° y 2° Piso hacia el sur:** pérgola vidrio claro monolítico.

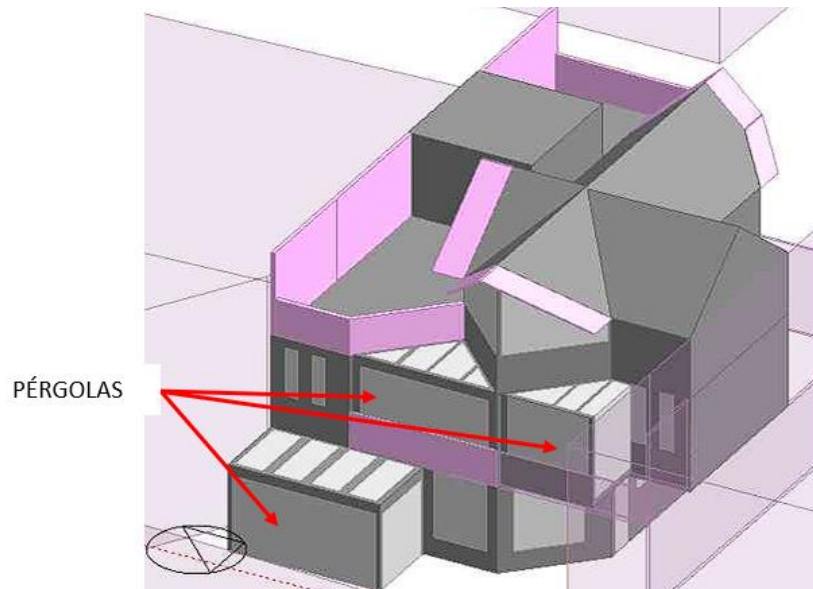


Figura 48. Propuesta de pérgolas tipo invernadero en la fachada Sur.

3.1.3.3. ACTIVIDADES INTERIORES

En este apartado, se hace referencia a las Actividades que se desarrollan en los espacios interiores de la vivienda, para tener en cuenta su aporte en ganancias internas y su uso horario.

Las ganancias internas y horarios de uso se basan en los estándares ASHRAE.



Figura 49. Modelo 3d de los ambientes del segundo nivel donde se desarrolla mayor actividad.

3.1.4. BALANCE ENERGÉTICO

Del balance de energía se observa que los muros y las ventanas son los elementos que representan la mayor pérdida de energía de la vivienda. El aire exterior también representa grandes pérdidas, sin embargo, está representado por un mínimo de ren/hr estipulado como saludable.

Tabla 23. Pérdidas y ganancias de calor anuales

Mes	Muros kWh	Cubiertas kWh	Suelos kWh	Ventanas kWh	Ganancias Solares kWh	Aire Ext. kWh	(Ganancias internas) Iluminación kWh	(Ganancias internas) Pers. y Apar. kWh	Calentam. kWh	Enfriam. kWh
Ene	-1,256.2	-146.7	-220.6	-1,164.1	2,098.6	-1,293.8	531.2	814.4	843.8	-117.8
Feb	-1,115.7	-165.5	17.3	-1,056.7	1,708.5	-1,193.5	479.8	737.0	727.1	-63.1
Mar	-1,206.9	-255.2	168.4	-1,147.3	1,868.0	-1,357.8	531.2	817.6	713.0	-49.8
Abr	-1,166.8	-353.8	299.2	-1,143.1	1,966.7	-1,446.9	514.1	788.4	713.5	-94.5

May	-1,399.0	-621.8	637.3	-1,390.5	2,368.8	-1,720.3	531.2	815.4	941.5	-82.2
Jun	-1,660.4	-840.7	630.7	-1,479.0	2,315.1	-1,497.0	514.1	795.5	1,332.7	-37.6
Jul	-1,764.1	-859.0	481.7	-1,562.1	2,426.3	-1,495.6	531.2	821.8	1,551.4	-59.6
Ago	-1,559.3	-657.2	440.7	-1,444.0	2,357.4	-1,548.9	531.2	817.0	1,223.2	-77.9
Sep	-1,299.8	-359.3	231.0	-1,295.3	2,128.5	-1,412.9	514.1	787.1	874.3	-85.4
Oct	-1,227.2	-208.4	9.1	-1,184.4	2,025.6	-1,302.9	531.2	811.6	768.3	-138.0
Nov	-1,256.6	-138.2	-99.3	-1,185.6	2,049.5	-1,201.5	514.1	785.4	731.6	-114.9
Dic	-1,229.3	-186.3	-15.4	-1,217.9	2,149.2	-1,325.2	531.2	811.5	718.6	-147.6
TOTALES:	-16,141.3	-4,792.1	2,580.2	-15,269.9	25,462.3	-16,796.4	6,254.8	9,602.8	11,139.2	-1,068.4

Fuente: Elaboración propia, 2023.

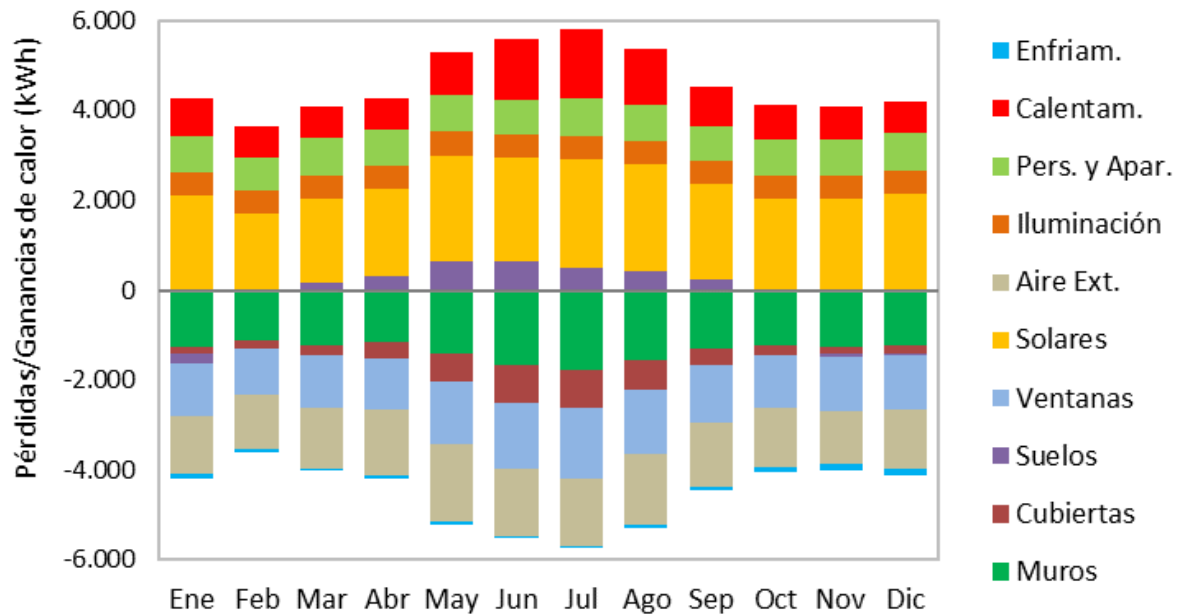


Figura 50. Pérdidas y ganancias de calor anuales, 2023.

Tabla 24. Total horas de discomfort, necesidad de calefacción y enfriamiento anual

DESCRIPCIÓN	DISCONFORT HRS	CALEFACCIÓN KWH/M ²	ENFRIAMIENTO KWH/M ²	TOTAL KWH/M ²
Modelo base	1109,8	35,8	3,5	39,4

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.1.5. RESULTADOS DE LA MEJORAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

- Se observa que los mejores resultados se obtienen con la aislación de muros, mejorando en un 26% la demanda total de energía de la vivienda.
- La segunda estrategia es incorporar una estructura vidriada tipo pérgola en la fachada sur poniente con el fin de realizar un “efecto invernadero” que caliente de manera pasiva la vivienda.
- La tercera estrategia que presenta mayores ahorros corresponde al remplazo de los vidrios monolíticos por DVH (doble vidriado hermético), mejorando la transmitancia térmica de estos.

La propuesta de mejora de acuerdo con los resultados de la simulación realizada tomó en cuenta la suma de los aspectos 4, 5 y 6 (04_Mejora Aislación Muros, 05_DVH Todo 06_Pérgola 1er y 2do Piso Sur) con un 44% de ahorro en la demanda energética.

Tabla 25. Propuestas de eficiencia energética para la vivienda de estudio

Descripción	Disconfort Hrs	Calefacción kWh/m ²	Enfriamiento kWh/m ²	Total kWh/m ²	Calefacción %	Enfriamiento %	Total E° %	Disconfort %
00_Modelo Base	1,109.8	35.8	3.5	39.4				
01_DVH Segundo Nivel Sur	1,087.5	35.0	3.5	38.4	3%	1%	2%	2%
02_Pérgola invernadero al Sur (Estar)	1,071.9	35.0	3.4	38.4	2%	2%	2%	3%
03_Cambio Celosías	1,109.4	35.9	3.5	39.4	0%	0%	0%	0%
04_Mejora Aislación Muros	829.9	24.1	4.8	29.0	33%	-37%	26%	25%
05_DVH Todo	1,018.1	31.1	3.2	34.3	13%	10%	13%	8%
06_Pérgola 1er y 2do Piso Sur	950.4	30.9	3.3	34.3	14%	6%	13%	14%
07_Combinación (04+05+06)	641.9	17.7	4.2	21.9	51%	-20%	44%	42%

Fuente: Elaboración propia, 2023.

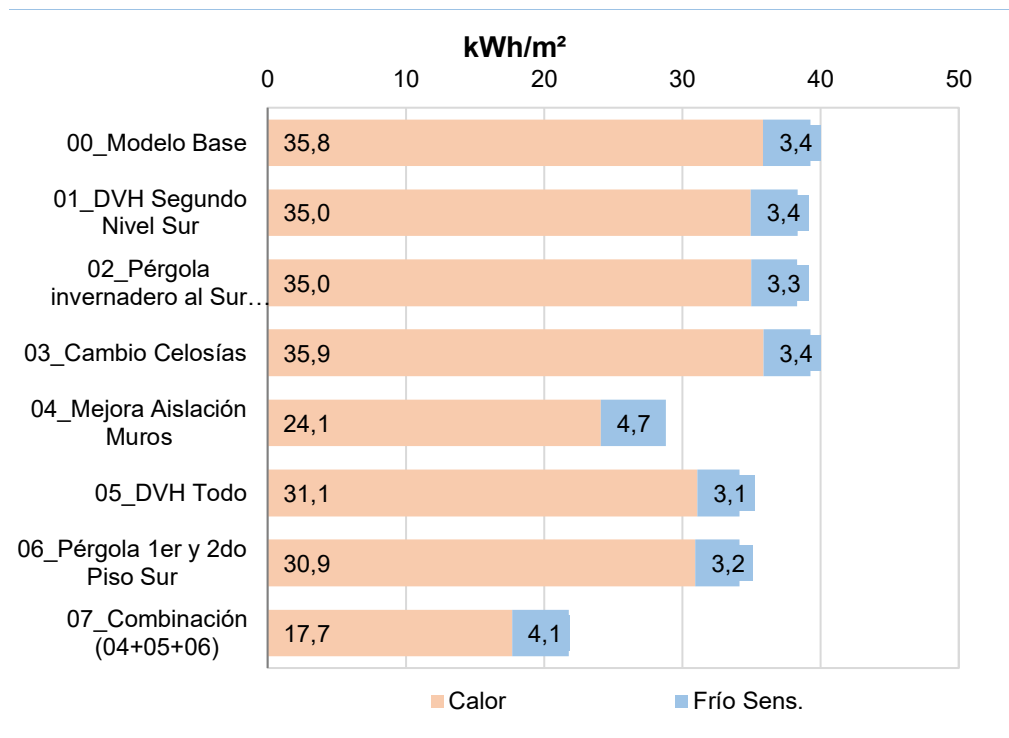


Figura 51. Demandas energéticas anuales (kWh/m²). Elaboración propia, 2023.

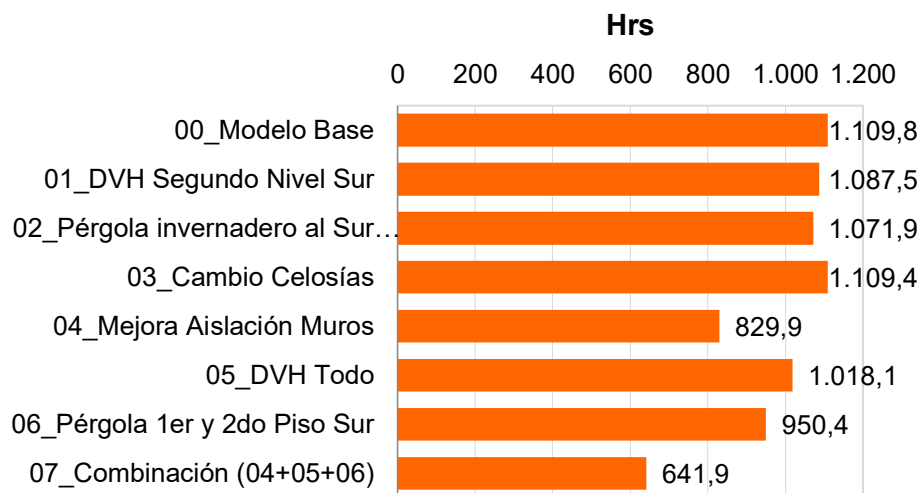


Figura 52. Horas de discomfort. Elaboración propia, 2023.

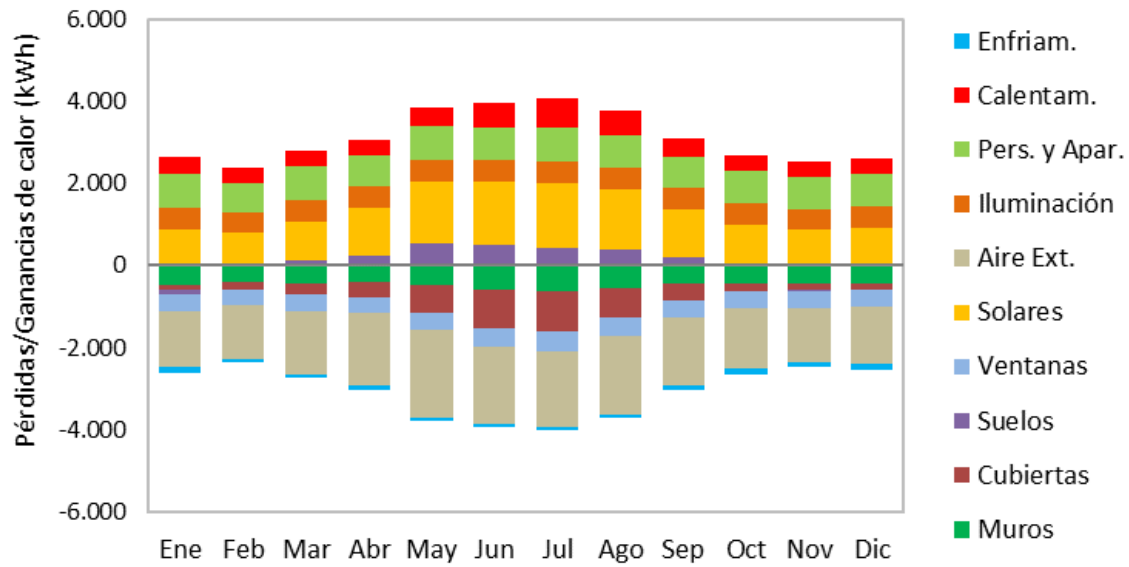


Figura 53. Modelo con medidas eficiencia energética. Elaboración propia, 2023.

3.1.6. CAMBIOS POR ESTRATEGIA

De acuerdo con la simulación de la vivienda en Designer Builder, la materialidad de la envolvente afecta el comportamiento de la arquitectura, mediante el programa se pudo determinar que los muros de ladrillo de seis huecos, la arquitectura y los diferentes tipos de vidrio utilizado, afectan el confort y el desempeño energético. En la propuesta mejorada, que incluye la incorporación de pérgolas cerradas ubicadas al Sur de la fachada, el aislamiento de muros y el cambio de vidrio utilizado por el DVH como se muestran en las figuras siguientes, permite una mayor eficiencia energética de la vivienda de estudio, respecto de los otros materiales utilizados.

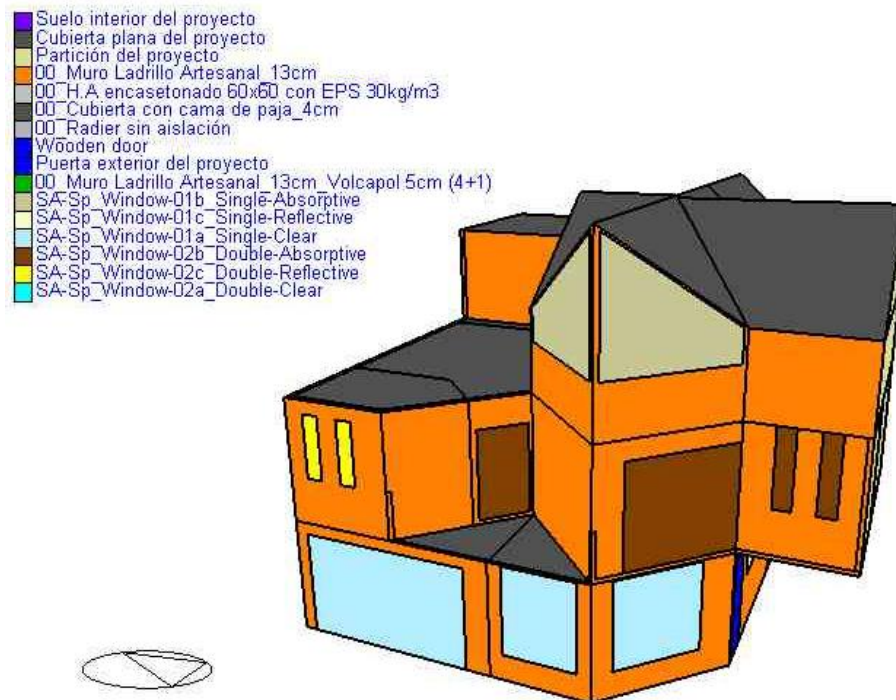


Figura 54. Modelo 01



Figura 55. Modelo 02.

3.1.7. RESULTADOS CEV MODELO MEJORADO DE LA ZONA

Tabla 26. Calificación de eficiencia energética de vivienda mejorada de acuerdo con las tres zonas térmicas de Chile

Comparativo	Ahorro demanda calefacción		Ahorro demanda refrigeración		Ahorro total		Letra	
	M. Inicial	Mejorado	M. Inicial	Mejorado	M. Inicial	Mejorado	M. Inicial	Mejorado
Copiapó Zona B	47%	85%	70%	74%	59%	78%	B	A
Vallenar Zona B	47%	85%	70%	74%	59%	78%	B	A
La Serena Zona C	36%	75%	86%	80%	53%	77%	C	A
Valparaíso Zona C	12%	67%	83%	79%	40%	74%	D	A
Petorca Zona D	21%	63%	64%	68%	38%	65%	D	B
Providencia Zona D	0%	58%	59%	67%	25%	62%	D	B

Fuente: Elaboración propia, 2023.

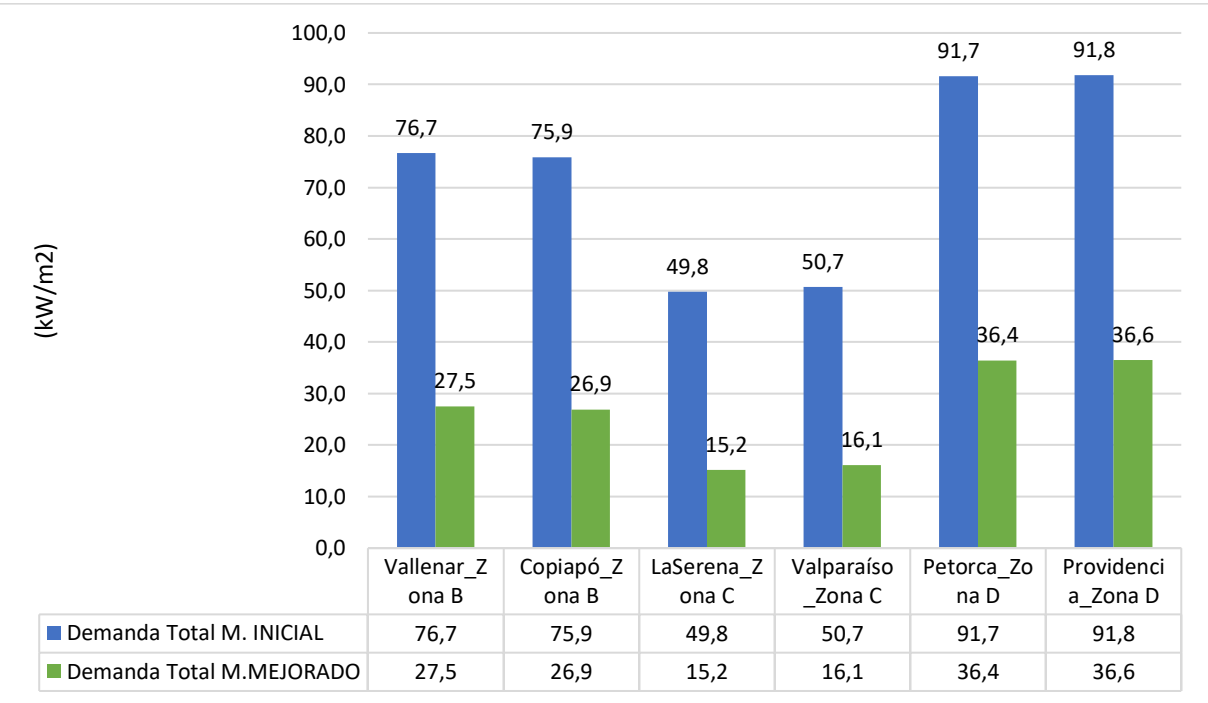


Figura 56. Demanda energética, inicial y mejorada. Elaboración propia, 2023.

Con la incorporación de las medidas propuestas a partir de la simulación energética, se observan mejoras en la calificación en todas las zonas térmicas analizadas. La mayor diferencia se da en la zona térmica D y la menor en la zona B.

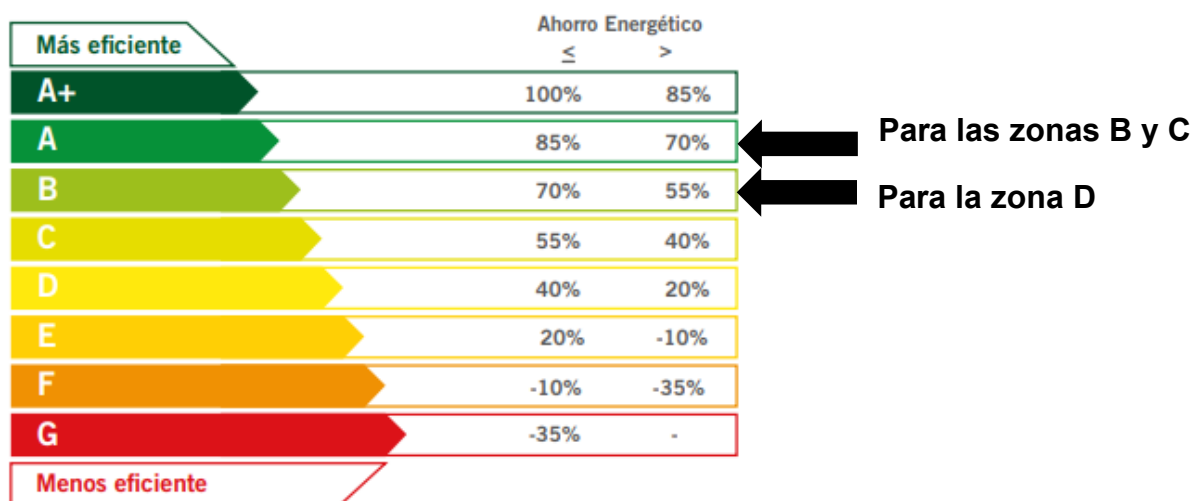


Figura 57. Calificación energética otorgada a la vivienda de Sucre de acuerdo con los estándares de la CEV de Chile.

3.1.8. IMPACTO ECONÓMICO

En la siguiente tabla, se logra apreciar el histórico de consumo de energía eléctrica de la vivienda de estudio, desde junio de 2022 hasta mayo del presente año. Cabe destacar que el máximo consumo de energía eléctrica en la vivienda se dio en Julio de 2022 con 332 kWh. El consumo acumulado de energía eléctrica alcanzó un coste de 2130.63 Bs durante el periodo de evaluación, destacando costes elevados durante los meses de julio y agosto

Tabla 27. Costo energético de consumo de energía eléctrica

MES	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA [kWh]	COSTO kWh [Bs/kWh]	COSTO TOTAL DE kWh [Bs]
Junio	246	0.87	214.02
Julio	332	0.87	288.84
Agosto	233	0.87	202.71
Septiembre	198	0.87	172.26
Octubre	212	0.87	184.44
Noviembre	201	0.87	174.87
Diciembre	182	0.87	158.34
Enero	198	0.87	172.26
Febrero	176	0.87	153.12
Marzo	127	0.87	110.49

Abril	173	0.87	150.51
Mayo	171	0.87	148.77
TOTAL	2449	0.87	2130.63

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 28. Consumo de energía y costo anual de energía eléctrica

AÑO	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA [kWh]	COSTO KWh [Bs/kWh]	COSTO TOTAL DE kWh [Bs]
2022	2449	0.87	2130,63

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla 29. Costo energético de energía eléctrica según la calificación final

Comparativo	Ahorro total				Letra	
	M. Inicial	Consumo Bs	Mejorado	Consumo Bs (mejorado)	M. Inicial	Mejorado
Copiapó Zona B	59%	2130.63	78%	1725,81	B	A
Vallenar Zona B	59%	2130.63	78%	1725,81	B	A
La Serena Zona C	53%	2130.63	77%	1619,27	C	A
Valparaíso Zona C	40%	2130.63	74%	1406,43	D	A
Petorca Zona D	38%	2130.63	65%	1555,36	D	B
Providencia Zona D	25%	2130.63	62%	1342,29	D	B

Fuente: Elaboración propia, 2023.

De acuerdo con la tabla anterior, es posible ver las mejoras que aparecen en cuanto al costo energético modificando algunos componentes de la envolvente. Así, viviendas catalogadas inicialmente como C o D pueden llegar a tener resultados favorables alcanzando la categoría A o B.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

El diseño energéticamente eficiente es una alternativa válida para el logro de la habitabilidad con un mínimo consumo de energías no renovables. La orientación ambiental de la arquitectura implica la integración a las condiciones locales del sitio y a las necesidades específicas de la población que lo habita.

- Las zonas térmicas bajo la normativa chilena que más se acercan a la realidad de la ciudad boliviana Sucre son las zonas B, C y D. No obstante, de este estudio se desprende la necesidad de disponer de una normativa nacional que pueda guiar las futuras acciones en materia de construcción, para que las edificaciones sean acordes al contexto natural y cultural de inserción.
- Analizando un proyecto de vivienda construido en Sucre bajo el sistema de calificación energética chilena se obtienen buenos resultados, con calificaciones entre B y D (en una escala de la G a la A) para las zonas térmicas mencionadas. Esto demuestra que la arquitectura tiene que adaptarse a las condiciones climática para poder alcanzar mejores condiciones de eficiencia energética, así como también es importante considerar el tipo y calidad de los materiales a emplear en la envolvente, de forma articulada.
- Se analizaron opciones de mejoras de eficiencia energética de la vivienda mediante simulaciones energéticas dinámicas, obteniendo mediante medidas pasivas un ahorro en la demanda de energía de un 42% con respecto al modelo inicial. Las estrategias pasivas por emplear tienen que ver con conocer las características climáticas de cada sitio y, por ende, en este punto es fundamental la formación en el área académica vinculada a la arquitectura y otras disciplinas afines a la construcción, para que los futuros profesionales tengan en claro el funcionamiento de los sistemas y manejen la lectura de los elementos del clima: asoleamiento, viento, humedad, precipitaciones y temperatura.

- A esto se suman también las variables de esbeltez, color, porosidad, etc. como elementos que deben ser instruidos en las facultades vinculadas a la construcción, como complemento de los aspectos estéticos que actualmente acaparan la atención de estudiantes. Esto permitiría alcanzar la correcta articulación entre función y estética, objetivo central de la arquitectura.
- Analizando el modelo mejorado bajo el sistema de calificación energética chilena en las mismas zonas térmicas que el análisis anterior (Zona B, C y D), se obtienen mejoras en todos los ambientes. Las mejoras van desde un 19% a un 37%, obteniendo ahorros energéticos y económicos totales entre 78% y 62%.

Otro aspecto central que queda demostrado en la tesis es la importancia que adquiere el contexto para alcanzar edificios que propendan a la eficiencia energética. Disponer de edificios en altura en los costados del terreno a edificar puede ser contraproducente para alcanzar situaciones de confort en el interior de forma natural. De igual manera, la orientación de los lotes o parcelas resulta en un aspecto distintivo y clave para mejorar las condiciones de asoleamiento y ventilación de los edificios. Por esto, la planificación del tejido urbano es un aspecto importante para considerar y que se trata de un tema que puede ser profundizado en futuras investigaciones.

Respecto a la hipótesis formulada al inicio de la investigación, se puede afirmar que se ha cumplido satisfactoriamente. Se ha demostrado que la construcción sustentable, considerando variables de diseño tales como una adecuada elección de los sistemas constructivos y una adecuada orientación, permiten disminuir el impacto ecológico y la dependencia directa de recursos no renovables gran parte del año, mejorando las condiciones de confort interior.

Las envolventes de las viviendas relevadas en el lugar no funcionan como elemento de protección y control, por el contrario, todos los fenómenos climáticos que ocurren en el exterior afectan directamente al espacio interior.

Esta tesis plantea un cambio de perspectiva de acuerdo con el análisis desarrollado, demostrando que viviendas donde se aprovechan los recursos climáticos que posee el sitio e incorporando materiales adecuados en la envolvente, se logra una arquitectura integrada con el ambiente que, a su vez, brinda mejores condiciones de habitabilidad interior.

4.2. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO CON ESTRATEGIAS PASIVAS EN CLIMA TEMPLADO DE SUCRE

El uso de estrategias pasivas mejora el rendimiento energético del edificio (calefacción y refrigeración), mediante el aprovechamiento de los recursos climáticos que ofrece el sitio, para lo cual se debe considerar:

- **Planta:** La planta de la vivienda debe ser diseñada de tal manera que los ambientes estén adecuadamente dispuestos para aprovechar al máximo la energía solar y la ventilación.
- **Forma del edificio:** La forma del edificio debe estar condicionada a una adecuada orientación. Esto significa que el edificio debe estar diseñado de tal manera que permita la entrada de luz solar en invierno y la protección contra la radiación solar en verano. Considerar la importancia de la orientación norte.
- **Esbeltez:** Una adecuada esbeltez permitirá una mejor ventilación natural y una mayor entrada de luz solar.
- **Porosidad:** La ubicación de los vanos deben estar en relación con la orientación del viento para permitir la entrada de aire fresco y la circulación del aire, lo que lo hace más eficiente el ambiente desde el punto de vista energético.
- **Aislamiento térmico:** El aislamiento térmico es un aspecto clave en la arquitectura porque permite reducir las pérdidas de calor en invierno y las ganancias de calor en verano, lo que se traduce en un menor consumo energético, sin embargo, se debe investigar tecnologías acordes con la materia prima existente y con vida circular.

Desde el ámbito académico, se debe plantear procesos de diseño y construcción que respondan a las ODS para promover la construcción de edificios sostenibles y eficientes desde el punto de vista energético.

5. REFERENCIAS

- Acosta, D. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: CONCEPTOS, PROBLEMAS Y ESTRATEGIAS. *DEARQ - Revista de Arquitectura / Journal of Architecture*(4), 14-23. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=341630313002>
- Alavedra, P., Domínguez, J., Gonzalo, E., & Serra, J. (1997). La construcción sostenible: el estado de la cuestión. *Informes De La Construcción*, 49(451), 41-47. doi: <https://doi.org/10.3989/ic.1997.v49.i451.936>
- Alonso-Frank, A. d., & Kuchen, E. (2018). NIVEL DE EFICIENCIA DEL USUARIO (NEU) VS. CONSUMO ELÉCTRICO EN 14 EDIFICIOS RESIDENCIALES EN ALTURA EN SAN JUAN, ARGENTINA. *Revista hábitat sustentable*, 8(1). doi:doi.org/10.22320/07190700.2018.08.01.06
- Alonso-Frank, A. d., & Michau, M. C. (2022). Aplicación e integración de tecnología solar fotovoltaica en edificio residencial de San Juan, Argentina. (U. N. Juan, Ed.) *PRIGMA tecnológico*, 13(1). doi:DOI:10.33412/pri.v13.1.2904
- Arias, M. d., Arias, E., & Arias, J. (2013). LA VIVIENDA SUSTENTABLE: ANÁLISIS DE LA POLÍTICA PÚBLICA DEL GOBIERNO MEXICANO. *Revista Desarrollo Local Sostenible DELOS*, 6(17). Recuperado el 2022, de <https://www.eumed.net/rev/delos/17/vivienda-sustentable.pdf>
- Asamblea Legislativa Departamental de Santa Cruz. (2019). LEY DEPARTAMENTAL DE ENERGÍA. Santa Cruz, Bolivia. Recuperado el 2023, de <https://gacetaoficial.santacruz.gob.bo/verpdf/ley-departamental-177>
- Asamblea Legislativa Plurinacional. (Octubre de 2012). Ley N° 300. *Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien*. Obtenido de https://sea.gob.bo/digesto/CompendioII/N/141_L_300.pdf
- Becerra De la Roca , M. (2021). Regulation of Distributed Generation in Bolivia. *El Deber*. Obtenido de Becerra de la Roca Donoso y Asociados: https://eldeber.com.bo/opinion/reglamentacion-de-la-generacion-distribuida_238900

- Brea, F., Fachinottia , V., & Bearzot, G. (2013). SIMULACIÓN COMPUTACIONAL PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CLIMATIZACIÓN DE VIVIENDAS. *Mecánica Computacional*, 32, 3107-3119. Obtenido de file:///C:/Users/mirey/Downloads/4541-20501-1-PB.pdf
- Bustamante , W. (2009). *Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos*. Santiago, Chile. Recuperado el 2022, de https://old.acee.cl/576/articles-61341_doc_pdf.pdf
- Bustamante G., W., Rozas U. , Y., Cepeda O., R., Encinas P., F., & Martínez T., P. (2009). *Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social*. (M. d. (cne)., Ed.) Santiago, Chile. Recuperado el 2022, de http://old.acee.cl/576/articles-61341_doc_pdf.pdf
- Congreso Nacional de Bolivia. (1994). LEY 1604. La Paz, Bolivia. Recuperado el 2023, de <https://www.cndc.bo/normativa/leyes/ley.pdf>
- CONSEJO DE MINISTROS DE BOLIVIA. (Marzo de 2006). DECRETO SUPREMO N° 4477. La Paz, Bolivia. Recuperado el 2023, de <http://www.gacetaoficialdebolivia.gob.bo/edicions/view/1371NEC>
- Consejo de Ministros de Bolivia. (2008). PROGRAMA NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. La Paz, Bolivia. Recuperado el 2023, de https://sawi.aetn.gob.bo/docfly/app/webroot/uploads/IMG-ML_PSE-admin-2010-09-23-29466.pdf
- ENERGETICA. (2020). *Modelamiento del sistema energético boliviano al 2040 según metas del IPCC.Un primer enfoque a los modelos*. Bolivia. Recuperado el 2021, de https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/2_modelamiento_25_02_optimized_1.pdf
- ENERGÉTICA. (2020). *SITUACIÓN ENERGÉTICA DE BOLIVIA Y DESAFÍOS*. Bolivia: World Wildlife Fund. WWF. Recuperado el 2022, de https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/1_situacion_energetica_bolivia_25_02_optimized.pdf

- Esteves, A., Esteves, M., Mercado, M., Barea, G., & Gelardi, D. (2018). Building Shape that Promotes Sustainable Architecture. Evaluation of the Indicative Factors and Its Relation with the Construction Costs. *Scientific & Academic Publishing*, 111-122. Obtenido de <http://article.sapub.org/10.5923.j.arch.20180804.01.html>
- Gobierno Autónomo Municipal de Cochabamba: Dirección de Medio Ambiente. (2017). REGLAMENTO A LA LEY MUNICIPAL 0211/2017 LEY DE INCENTIVO A LAS EDIFICACIONES SUSTENTABLES ECOLÓGICAS Y AMIGABLES CON EL MEDIO AMBIENTE. Cochabamba, Bolivia. Recuperado el 2023, de <https://es.scribd.com/document/429501763/FORMATO-LEY-N-0211-JMC#>
- Honorable Congreso Nacional de Bolivia. (2009). Constitución Política del Estado. La Paz, Bolivia. Obtenido de https://www.fps.gob.bo/wp-content/uploads/2021/05/constitucion_bolivia.pdf
- Instituto Nacional de Estadística. (2012). *CHUQUISACA: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA, SEGÚN PROVINCIA Y MUNICIPIO, CENSO 2012*. La Paz. Obtenido de <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-sociales/vivienda-y-servicios-basicos/censos-vivienda/>
- IRAM11601. (2004). Aislamiento térmico de edificios- Métodos de cálculo. *Norma Argentina*. Argentina. Obtenido de <https://www.thermolam.com.ar/site/wp-content/uploads/2019/06/IRAM-11601.pdf>
- López, M. (2001). Formación para la sostenibilidad en arquitectura y urbanismo. *Congreso Nacional de Medio Ambiente*. Obtenido de http://www.premioconama.org/conama9/download/files/CTs/2618_ML%F3pez.pdf
- López Mesa, B., Palomero Cámara, J., Ortega Zapata, A., & Del Amo Sancho, A. (2013). La rehabilitación y la mejora de la eficiencia energética de la vivienda social a examen. *Revista Aragonesa de Administración Pública*, 283-319. Recuperado el 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5518550>
- Ministerio de Autonomías de Bolivia. (2013). *Agenda Patriótica 2025*. La Paz, Bolivia. Obtenido de http://www.planificacion.gob.bo/uploads/AGENDA_PATRIOTICA2025_MPD.pdf

- Ministerio de Hidrocarburos y Energía de Bolivia. (2014). *Plan para el desarrollo de las energías alternativas 2025*. La Paz, Bolivia. Recuperado el 2021, de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00617.pdf>
- Ministerio de Hidrocarburos y Energías. (2021). Bolivia prevé duplicar generación eléctrica con fuentes renovables hasta 2030. La Paz, Bolivia. Obtenido de <https://www.mhe.gob.bo/2021/11/01/bolivia-preve-duplicar-generacion-electrica-con-fuentes-renovables-hasta-2030/>
- Ministerio de interior, obras públicas y vivienda de Argentina. (2019). *Manual de vivienda sustentable*. Argentina. Recuperado el 2022, de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_de_vivienda_sustentable_2.pdf
- Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile. (2019). *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS DE CHILE*. Santiago, Chile. Recuperado el 2023, de <https://www.calificacionenergetica.cl/media/Manual-CEV-2019-1.pdf>
- MINISTRO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍAS DE BOLIVIA. (2021). *Más energías para salir adelante*. La Paz, Bolivia. Obtenido de <https://www.mhe.gob.bo/wp-content/uploads/2021/11/ANUARIO-NOV2020-NOV2021-V13.pdf>
- Mirenzi, F., & Simionato, J. (2015). Desarrollo de vivienda eco-sustentable: Análisis económico-financiero, social y ecológico versus vivienda regular r [Tesis de grado]. Argentina: Universidad Católica Argentina. Recuperado el 2022, de <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/487/1/desarrollo-vivienda-eco-sustentable.pdf>
- ONU HÁBITAT. (2020). *Agenda Hábitat Sostenible de Ecuador*. Ecuador. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2022/03/Agenda-2036-LOW-actualizacio%CC%81n-2022.pdf>
- Pascual, N. (2014). La eficiencia energética en el uso de la vivienda, factores incidentes [Tesis de maestría]. (U. P. Valencia, Ed.) Valencia, España. Recuperado el 2022, de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/49409/TFM_%20La%20Eficiencia%20En

- erg%C3%A9tica%20en%20el%20Uso%20de%20la%20Vivienda.%20Factores%20Incidentes_Natalia%20Pascual%20Rom%C3%A1n.pdf?sequence=1
- Pena, G., Noel, M., & Ezquerro, P. (2022). *Estudio interdisciplinario para la validación de criterios de diseño de eficiencia energética en los programas de vivienda*. Universidad de la República, Uruguay. Recuperado el 2023, de <file:///C:/Users/mirey/Downloads/PKFDG22.pdf>
- Pérez , A., Rodríguez , C., & Flores, V. (2016). Comparativa de resultados de rehabilitación energética para viviendas en función del grado de mejora. *Informes de la Construcción*, 68(541). Recuperado el 2023, de <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/52189/4776-8530-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pozo, C. (2011). DETERMINACIÓN DE ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO PARA LA CIUDAD DE SUCRE (BOLIVIA) [Tesis de maestria]. España: Universidad Internacional de Andalucía. Obtenido de https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/1457/0205_Pozo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quesada M., F., & Baquero L., M. (2016). Eficiencia energética en el sector residencial de la Ciudad de Cuenca, Ecuador. *MASKANA*, 7(2). doi:doi: 10.18537/mskn.07.02.11
- Quesada, J., Calle, A., Guillén V.F., Ortiz, J., & Lema, K. (2017). Método de evaluación sustentable de la vivienda en la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Artículo Académico I+D+i*/(14), 204-212. Recuperado el 2023, de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30573>
- Ramirez, I. (2011). *Apuntes de metodología de investigación*. Sucre, Bolivia: Tupac Katari. Recuperado el 2022
- Rocuts, A., Jiménez Herrero, L., & Navarrete , M. (2009). Interpretaciones visuales de la sostenibilidad: Enfoques comparados. *Sostenibilidad Tecnología y humanismo y presentación de un Modelo Integral para la toma de decisiones*(4). Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/39061127.pdf>

Toro, M. (2015). Sucre, Ciudad y Arquitectura. *Ciencias Tecnológicas y Agrarias, Handbooks* -©USFX. Recuperado el Octubre de 2019, de http://www.usfx.bo/nueva/areas/Tecnologicas%20y%20Agrarias/Arquitectura/Handbook_Vol_II_Ciencias_Tecnologicas_y_Agrarias_Arquitectura/Art_1_TII.pdf

Weather Spark. (2023). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Sucre Bolivia*. Obtenido de Weather Sspark.com: <https://es.weatherspark.com/y/27971/Clima-promedio-en-Sucre-Bolivia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Clouds>

Wheater Atlas.com. (2023). *Pronóstico del tiempo y temperatura para hoy*. Obtenido de Wheater Atlas: <https://www.bing.com/search?pglt=41&q=Wheater+Atlas&cvid=8c958d9581554e298b3c123251b20fde&aqs=edge..69i57j0l8.1226j0j1&FORM=ANAB01&PC=HCTS>

ANEXOS

ANEXO 1. PUENTES TERMICOS

Muro	Longitud (m)	Altura (m)
1		2.7
2		2.7
3		2.7
4		2.7
5		2.7
6		2.7
7		2.7
8		2.7
9		2.7
10		2.7
11		2.7
12		2.7
13		2.7
14		2.7
15		2.7
16		2.7

P01	P02	P03	P04	Tipo
11.0	-	6.6	14.6	8.3
16.6	2.8	12.5	-	8.3
-	-	17.7	-	8.3
19.3	-	22.3	-	8.3
-	-	23.5	-	8.3
-	-	3.1	-	8.3
-	-	-	-	8.3
2.8	-	9.4	-	8.3
2.8	-	3.3	-	8.3
2.8	-	-	20.8	8.3
5.5	-	4.0	-	8.3
-	-	-	-	8.3
-	-	-	-	8.3
-	-	-	-	8.3
-	-	-	-	8.3
-	-	-	-	8.3
			35.4	

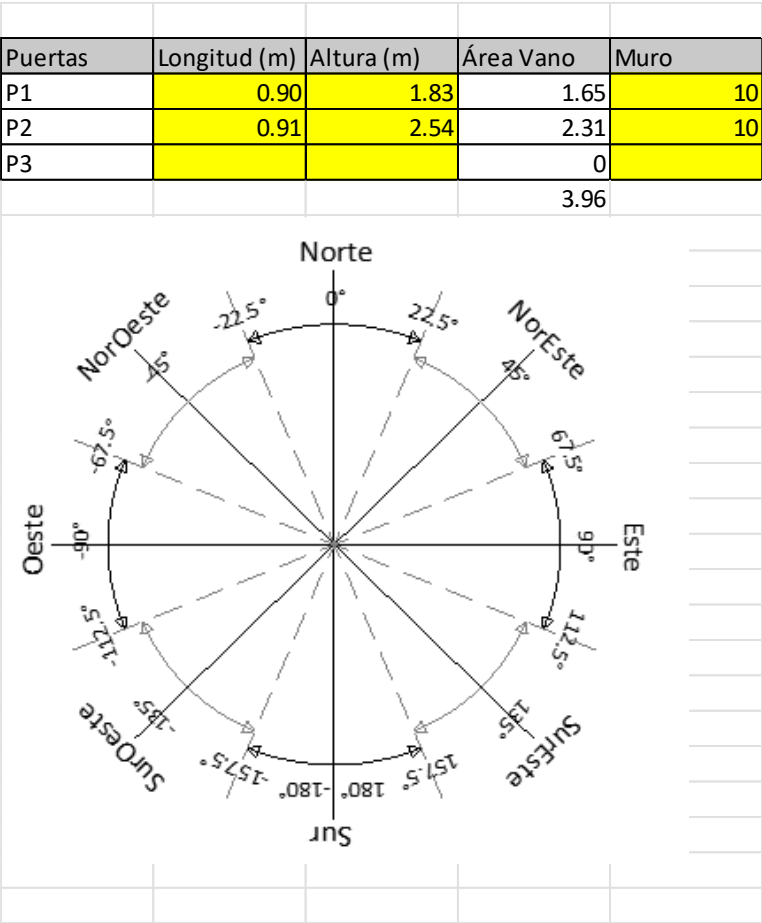
Puentes térmicos [mI] - VERTICALES				
P01	P02	P03	P04	Tipo
11.0	-	-	-	-
16.6	2.8	5.5	-	-
-	-	5.5	-	-
19.3	-	5.6	-	-
-	-	13.7	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
2.8	-	2.8	-	-
2.8	-	-	-	-
2.8	-	-	-	-
5.5	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

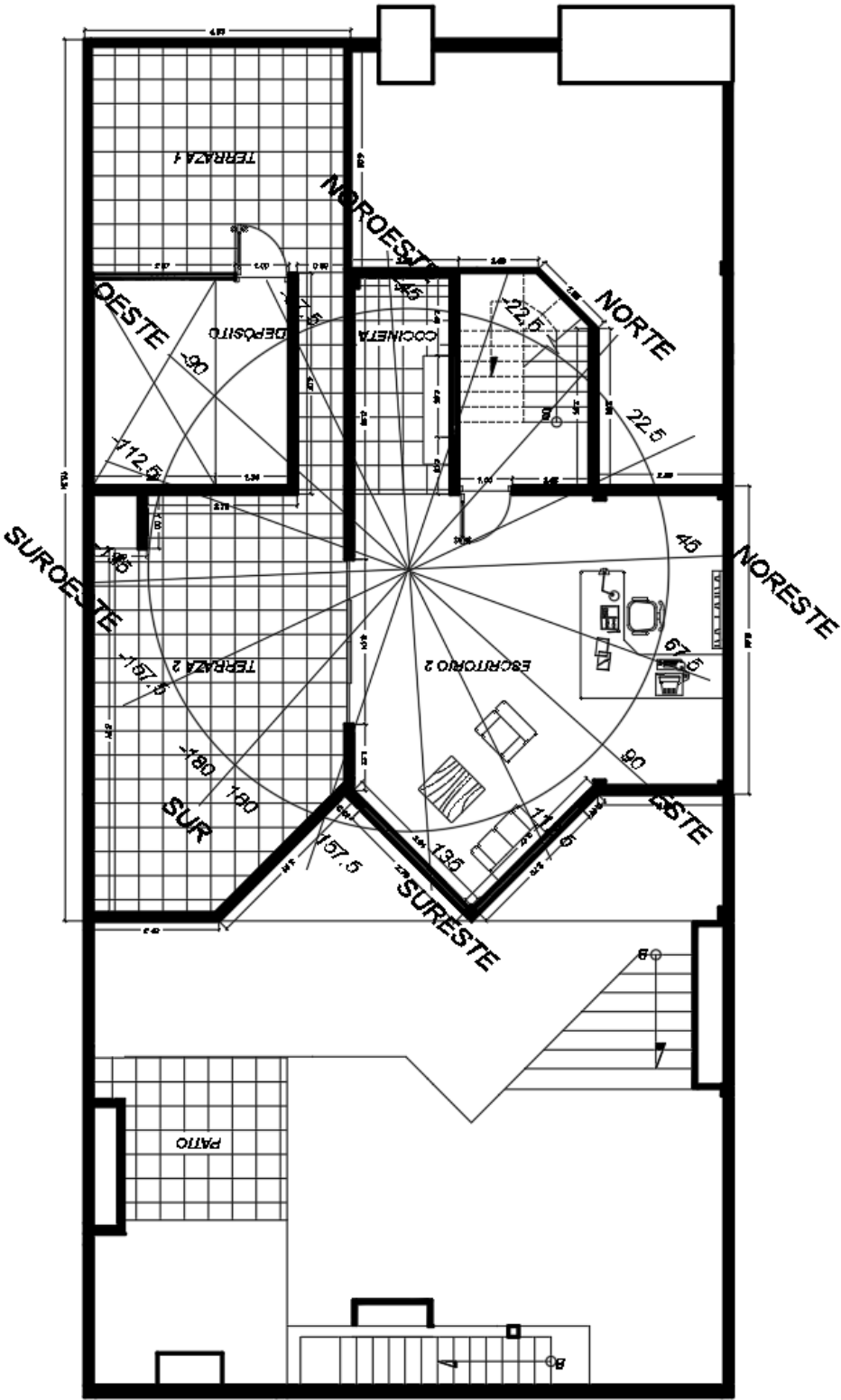
Puentes térmicos [mI] - HORIZONTALES				
P01	P02	P03	P04	Tipo
-	-	6.6	14.6	Muro
-	-	7.0	-	Muro
-	-	12.2	-	Muro
-	-	16.7	-	Muro

-	-	9.8	-	Muro
-	-	3.1	-	Muro
-	-	-	-	Muro
-	-	6.6	-	Muro
-	-	3.3	-	Muro
-	-	-	20.8	Muro
-	-	4.0	-	
-	-	-	-	
-	-	-	-	
-	-	-	-	
-	-	-	-	
-	-	-	-	
			35.4	

99

Ventanas	Longitud (m)	Altura (m)	Área Vano	Muro	Tipo
V1	2.00	2.27	4.54	1	
V2	1.65	2.27	3.75	2	
V3	3.91	2.63	10.28	2	
V4	0.38	1.74	0.66	11	
V5	0.39	1.74	0.68	11	
V6	2.30	2.06	4.74	12	
V7	1.18	2.14	2.53	14	
V8	0.37	1.47	0.54	15	
V9	0.36	1.47	0.53	15	
V10	2.70	1.45	3.92	25	
V11	2.70	1.45	3.92	26	
V12	3.04	2.20	6.69	27	
V13	0.42	1.55	0.65	5	
V14	0.42	1.55	0.65	5	
V15	1.55	2.76	4.28	9	
V16	0.78	2.08	1.62	10	
V17	2.57	0.96	2.47	10	
V18	1.06	1.38	1.46	18	
V19	1.55	2.96	4.59	20	
V20	1.76	2.53	4.45	4	
V21	1.35	2.73	3.69	6	
V22	1.45	2.76	4.00	8	
V23	0.32	1.50	0.48	17	
V24	0.32	1.50	0.48	17	
V25	0.32	1.50	0.48	17	
V26	0.75	1.50	1.13	17	
V27	0.44	0.46	0.20	19	
V28	0.44	0.46	0.20	19	
V29	0.44	0.46	0.20	19	
V30	1.48	2.96	4.38	19	
V31	1.62	1.43	2.32	22	
V32	2.67	1.24	3.31	33	
V33			0.00		
V34			0.00		
V35			0.00		
V36			0.00		
V37			0.00		





ANEXO 3. PRECALIFICACIÓN DE LA VIVIENDA DE ESTUDIO EN LA ZONA TERMICA B EN ETAPA INICIAL

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EN VIVIENDAS EN CHILE			
1.- Características de la vivienda			
1.1.- Datos generales e identificación del proyecto			
Tipo de Calificación	Pre calificación	Vivienda antigua	
Región	Región de Atacama		
Comuna	Copiapó	Tiene las siguientes Zonas Térmicas	A B H
Zona Térmica Proyecto	B		
Dormitorios de la vivienda	4		
Identificación de la vivienda a evaluar	Vivienda Mireya Gareca, Copiapó, Zona B		
Nombre del proyecto	Vivienda Mireya Gareca		
Dirección de la vivienda	Sin dirección específica		
Tipo de vivienda	Casa Pareada o continua		
Rol vivienda	Sin rol		
Evaluador energético	Evaluación no Oficial		
Rol registro de Evaluadores:	Evaluación no Oficial		
RUT Evaluador	Evaluación no Oficial		
Versión Planilla	2.2		
Caso interno Evaluador			
Iteración Evaluador			
Solicitado por:			
RUT Mandante			
1.2.- Descripción general de los elementos de la envolvente (esto sólo se utiliza en la confección del certificado)			
Muro principal	Muro Muro albañilería 15cm con aislación por Sin, de materialidad Intermedio, con U= 2,33 [W/m²K], espesor sólido 15 [cm] y espesor aislante de [cm]		
Muro secundario	Muro Adiabático espesor sólido [cm]		
Piso principal	Piso Piso encasetonado de EPS y hormigón con aislación por Inter Elementos, con U = 0,842 [W/m²K],		
Techo principal	Techo Estructura madera con cama de paja con aislación por Inter Elementos con U= 1,275 [W/m²K] y espesor aislante de [cm]		
Techo secundario	Techo Techo encasetonado de EPS y hormigón con aislación por Inter Elementos con U= 0,842 [W/m²K] y espesor aislante de 0,2 [cm]		
Ventana principal: Vidrio y Marco	Vidrio Vidrio Monolítico (VM), Sin espaciador con U= 5,8 [W/m²K] y factor solar de 0,87	Marco Metal con Ruptura de Puente Térmico con U= 3,3 [W/m²K] y factor Marco de 0,8	
Ventana secundaria: Vidrio y Marco	Vidrio Vidrio Monolítico Absorbente con U= 5,72 [W/m²K] y factor solar de 0,6	Marco Metal sin Ruptura de Puente Térmico con U= 5,8 [W/m²K] y factor Marco de 0,85	
Puerta principal	Puerta Madera Sólida con U= 1,91 [W/m²K] y 0 % de vidrio		

1.3.- Descripción general de los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria

Sistema de calefacción

Sin calefacción

Sistema de agua caliente

No informado

2.- Dimensiones de la vivienda

	Area [m²]	Altura [m]	Volumen [m3]
Piso 1	123.7	2.70	334.0
Piso 2	130.9	2.70	353.5
Piso 3+4+..	59.4	2.8	165.0
Total	313.98		852.49

3.- Características térmicas de la envolvente

3.1.- Area y coeficiente de transferencia de calor por elemento constructivo

Muros	Ángulo Azimut	Orientación	Densidad Muro	Area [m²]	U [W/m²K]	
Muro 1	Muro Albañilería	90° ≤ Az < 112.5°	E	Intermedio	13.8	2.3
Muro 2	Muro Albañilería	135° ≤ Az < 157.5°	SE	Intermedio	29.9	2.3
Muro 3	Muro Adiabática	135° ≤ Az < 112.5°	SO	Pesado	75.7	-
Muro 4	Muro Albañilería	-45° ≤ Az < -22.5°	NO	Intermedio	53.9	2.3
Muro 5	Muro Albañilería	45° ≤ Az < 67.5°	NE	Intermedio	60.0	2.3
Muro 6	Muro Albañilería	0° ≤ Az < 22.5°	N	Intermedio	3.8	2.3
Muro 7	Muro Adiabática	45° ≤ Az < 67.5°	NE	Pesado	31.1	-
Muro 8	Muro Albañilería	180° ≤ Az < -157.5°	S	Intermedio	14.2	2.3
Muro 9	Muro Albañilería	90° ≤ Az < 112.5°	E	Intermedio	6.4	2.3
Muro 10	Muro Albañilería	135° ≤ Az < -112.5°	SO	Intermedio	20.2	2.3
Muro 11	Muro Albañilería	135° ≤ Az < -112.5°	SO	Intermedio	21.6	2.3
Muro 12			-			
Muro 13			-			
Muro 14			-			
Muro 15			-			
Muro 16+ ..			-			

Puentes térmicos [m]		
P01	P02	P03
11.0	-	6.6
16.6	2.8	12.5
-	-	17.7
19.3	-	22.3
-	-	23.5
-	-	3.1
-	-	-
2.8	-	9.4
2.8	-	3.3
2.8	-	-
5.5	-	4.0
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-

Posición Aislación
Sin
Sin
Sin
Sin
Sin
Sin
Sin
Sin
Sin
Sin
Sin
Sin
Sin
Sin
Sin
Sin

Puentes térmicos particulares					
Alojado en el muro	Azimut	Orientación	Elemento perpendicular	Aislación	Longitud [m]
Muro Albañilería	135° ≤ Az < 157.5°	SE	crisis desplaz	in Aislación	14.6
Muro Albañilería	135° ≤ Az < -112.5°	SO	crisis desplaz	in Aislación	20.8
P04		-			
P04		-			
P04		-			

Tipo Puerta	Azimut	Orientación	Categoría para Infiltración	Alto [m]	Ancho [m]	Área vidrio [m2]
MS	157.5° ≤ Az < -135°	SO	Madera Sólida	1.8	0.9	-
MS	157.5° ≤ Az < -135°	SO	Madera Sólida	2.5	0.9	-
ML < 50% Vidrio	112.5° ≤ Az < 135°	SE	Aluminio	1.0	1.9	0.9

FAV 1		FAV 2 Izquierda		FAV 2 Derecha		FAV 3			
D	L	P	S	P	S	E	T	β	α
0.5	2.5								
		2.5	2.7						

104

MAESTRIA EN ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

	Tipo Ventana	Azimut	Orientación	Bemento envolvente donde se encuentra	Tipo de Cierre de ventana	Posición Ventanal	Aislación Con/Sin retorno	Alto [m] (H)	Ancho [m] (W)	Categoría para PT y Infiltr	Tipo		FAV 1		FAV 2 Izquierda		FAV 2 Derecha		FAV 3			
	Ventana												D	L	P	S	P	S	E	T	β	α
Ventana 1	VM	-90° ≤ Az < -67.5°	O	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	2.00	2.27	Metálico	Sin RPT				1.6	4.7	4.0					
Ventana 2	VM	-67.5° ≤ Az < -45°	NO	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	5.33	2.63	Metálico	Sin RPT											
Ventana 3	VM_Abs	-67.5° ≤ Az < -45°	NO	Muro Albañiler	Fija	Exterior	Sin	0.77	1.74	Metálico	Sin RPT					2.4	0.6					
Ventana 4	VM_Abs	-90° ≤ Az < -67.5°	O	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	2.30	2.06	Metálico	Sin RPT					4.7	4.0					
Ventana 5	VM_Abs	-90° ≤ Az < -67.5°	O	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	1.18	2.14	Metálico	Sin RPT					3.3	0.2					
Ventana 6	VM_Refl	-67.5° ≤ Az < -45°	NO	Muro Albañiler	Fija	Exterior	Sin	0.73	1.47	Metálico	Sin RPT											
Ventana 7	VM_Abs	-90° ≤ Az < -67.5°	O	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	2.70	1.45	Metálico	Sin RPT				0.4							
Ventana 8	VM_Abs	0° ≤ Az < 22.5°	N	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	2.70	1.45	Metálico	Sin RPT				0.4							
Ventana 9	VM_Abs	22.5° ≤ Az < 45°	NE	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	3.04	2.20	Metálico	Sin RPT		0.4	1.0								
Ventana 10	VM	157.5° ≤ Az < -135°	SO	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	0.84	1.55	Metálico	Sin RPT				7.0	1.2	2.1	0.8				
Ventana 11	VM_Refl	180° ≤ Az < -157.5°	S	Muro Albañiler	Fija	Exterior	Sin	3.21	2.76	Metálico	Sin RPT						2.5	2.9				
Ventana 12	VM	157.5° ≤ Az < -135°	SO	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	1.97	2.08	Metálico	Sin RPT		0.5	2.5								
Ventana 13	VM_Refl	157.5° ≤ Az < -135°	SO	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	1.06	1.38	Metálico	Sin RPT						2.0	0.6				
Ventana 14	VM	112.5° ≤ Az < 135°	SE	Muro Albañiler	Abatir	Exterior	Sin	1.76	2.53	Metálico	Sin RPT											
Ventana 15	VM	112.5° ≤ Az < 135°	SE	Muro Albañiler	Abatir	Exterior	Sin	1.35	2.73	Metálico	Sin RPT				3.1	0.2	4.4	5.5				
Ventana 16	VM_Refl	112.5° ≤ Az < 135°	SE	Muro Albañiler	Fija	Exterior	Sin	1.45	5.78	Metálico	Sin RPT				4.2	2.0						
Ventana 17	VM_Refl	112.5° ≤ Az < 135°	SE	Muro Albañiler	Fija	Exterior	Sin	1.71	1.50	Metálico	Sin RPT											
Ventana 18	VM_Refl	112.5° ≤ Az < 135°	SE	Muro Albañiler	Fija	Exterior	Sin	0.44	1.38	Metálico	Sin RPT				4.2	0.3						
Ventana 19	VM_Refl	112.5° ≤ Az < 135°	SE	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	1.62	1.43	Metálico	Sin RPT				2.9	0.3						
Ventana 20	VM_Abs	112.5° ≤ Az < 135°	SE	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	1.24	2.67	Metálico	Sin RPT				4.3	0.7						

	% Anual referencial Rad Directa				100%					% Anual referencial Rad Directa				100%					% Anual referencial Rad Directa				100%											
Orientación	N				Azimut					E				Azimut					S				O											
Dimensiones	División				A [m]				B [m]	D [m]		División				A [m]				B [m]	D [m]		División				A [m]				B [m]	D [m]		
Obstrucción 1																																		
Obstrucción 2																																		
Obstrucción 3																																		
Obstrucción 4																																		
Obstrucción 5																																		
Obstrucción 6																																		
Obstrucción 7																																		
Obstrucción 8																																		

	% Anual referencial Rad Directa				64%					% Anual referencial Rad Directa				73%					% Anual referencial Rad Directa				78%					% Anual referencial Rad Directa				100%												
Orientación	NE				Azimut				22.5° ≤ Az < 45°		SE				Azimut					SO				Azimut					NO				Azimut											
Dimensiones	División				A [m]				B [m]	D [m]		División				A [m]				B [m]	D [m]		División				A [m]				B [m]	D [m]		División				A [m]				B [m]	D [m]	
Obstrucción 1	División 1				5.00				5.25	0.34		División 1				5.50				6.40	4.16		División 1				5.50				2.39	1.56		División 2				5.50				24.86	0.71	
Obstrucción 2	División 2				5.00				3.79	2.48		División 2				3.00				14.22	1.65		División 2				5.50				6.27	4.22		División 3				5.50				26.04	4.29	
Obstrucción 3	División 3				5.00				2.77	1.80		División 3				3.00				12.90	8.39		División 3				5.50				6.86	0.40		División 4				5.50				25.72	16.74	
Obstrucción 4	División 4				5.00				3.50	2.28		División 4				3.00				13.77	3.07		División 4				5.00				18.14	2.25												
Obstrucción 5	División 5				5.00				6.47	2.23		División 5				5.50				8.75	5.30		División 5				5.00				18.68	9.66												
Obstrucción 6																																												
Obstrucción 7																																												
Obstrucción 8																																												

MAESTRIA EN ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

	Techos	Densidad Techo	Area (m²)	U [W/m²K]	Camaras de aire	Tipo de cubierta	Posición Aislación	
Techo 1	Techo cama de paja	Liviano-Otro	17.12	1.28	Sin camara	Cubierta normal	Inter Elementos	
Techo 2	Encasetonado EPS	Liviano-Otro	52.29	0.84	Sin camara	Cubierta normal	Inter Elementos	
Techo 3								
Techo 4								
Techo 5+..								
	Pisos	Densidad Piso	Area (m²)	U [W/m²K]	Perimetro contacto terreno (m)	Piso ventilado	Posición Aislación	Ls [W/K]
Piso 1	Radier H.A.	Pesado	123.70		47.83	No Ventilado	Sin	100.23
Piso 2	Encasetonado EPS	Liviano-Otro	13.35	0.69		Ventilado	Inter Elementos	0.00
Piso 3								0.00
Piso 4+..								0.00

Resumen Envoltente													
Elementos Opacos			Elementos traslucidos		Perdidas Puentes térmicos						U*A + qL [W/K]		
Área total [m²]		Área Efectiva [m²]	U [W/Km²]	Área [m²]	U [W/Km²]	P01	P02	P03	P04	P05	Total	[m²] Envoltente no adiabatica	
												520.02	
Horiz	69.41	69.41	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05	Techos	65.86
N	4.40	4.40	2.79	3.33	5.72	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.35	N	31.37
NE	92.14	61.01	2.39	5.68	5.72	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.35	NE	178.51
E	20.19	20.19	2.33	0.00	0.00	2.53	0.00	0.15	0.00	0.00	2.68	E	49.71
SE	34.79	34.79	2.71	22.40	5.77	3.05	-1.68	0.19	9.20	0.00	10.76	SE	234.32
S	15.55	15.55	2.63	7.54	5.77	0.51	0.00	0.14	0.00	0.00	0.65	S	84.99
SO	122.53	46.78	2.37	5.83	5.79	1.52	0.00	3.05	13.10	0.00	17.68	SO	162.11
O	2.36	2.36	5.80	13.36	5.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	O	90.41
NO	56.37	56.37	2.48	13.98	5.79	3.55	0.00	0.33	0.00	0.00	3.89	NO	224.72
Pisos	137.05	13.35	0.69			Pisos Ls					100.23	Pisos	109.45

MAESTRIA EN ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

4.- Perfil de uso

4.1.- Condiciones de uso de la vivienda

[W/m2]

Diurna

Nocturna

1.57

1.31

1.50

0.00

Usuarios

Iluminación cuando luz natural < 2

Infiltraciones

¿Cuenta con ensayo de presurización?

No

Indicar valor del ensayo de presurización

[RAH] a 50Pa

De existir ductos de ventilación, ¿Cuántos hay?

[un]

De existir Celosías, ¿Cuántas hay?

4.00 [un]

Ventilación

Ventilación Mecánica (VM)

NO existen ventiladores para la ventilación

Eficiencia Recuperador de Calor, si aplica

[%]

Eficiencia por defecto

50.00

[%]

¿Tiene Sensor de CO2?

No

De tener, RAH según Memoria de Cálculo

[RAH]

Cargas internas [W/m2]

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
1	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
2	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
3	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
4	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
5	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
6	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
7	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.75	2.75	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
8	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
9	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
10	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
11	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
12	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
13	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
14	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
15	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
16	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
17	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
18	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	2.28	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
19	1.18	1.18	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68	1.18	1.18	1.18
20	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91
21	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07
22	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
23	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31

Renovaciones de aire por hora [1/hr]

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
1	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
2	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
3	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
4	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
5	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
6	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
7	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
8	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
9	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
10	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	3.61
11	3.61	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	3.61	3.61
12	3.61	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	3.61	3.61	3.61
13	0.61	3.61	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	0.61	3.61	3.61	3.61	3.61
14	0.61	0.61	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	0.61	3.61	3.61	3.61	3.61
15	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	0.61	3.61	3.61	3.61	3.61
16	3.61	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	3.61	3.61	3.61
17	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	3.61	3.61
18	3.61	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	3.61
19	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
20	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
21	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
22	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	3.61
23	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61

107

ANEXO 4. PRECALIFICACIÓN DE LA VIVIENDA DE ESTUDIO EN LA ZONA TERMICA B CON LA PROPUESTA DE MEJORA DE SISTEMA CONSTRUCTIVO

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EN VIVIENDAS EN CHILE			
1.- Características de la vivienda			
1.1.- Datos generales e identificación del proyecto			
Tipo de Calificación	Pre calificación	Vivienda antigua	
Región	Región de Atacama		
Comuna	Copiapó		
Zona Térmica Proyecto	B	Tiene las siguientes Zonas Térmicas	A B H
Dormitorios de la vivienda	4		
Identificación de la vivienda a evaluar	Vivienda Mireya Gareca, Copiapó, Zona B		
Nombre del proyecto	Vivienda Mireya Gareca		
Dirección de la vivienda	Sin dirección específica		
Tipo de vivienda	Casa Pareada o continua		
Rol vivienda	Sin rol		
Evaluador energético	Evaluación no Oficial		
Rol registro de Evaluadores:	Evaluación no Oficial		
RUT Evaluador	Evaluación no Oficial		
Versión Planilla	2.2		
Caso interno Evaluador			
Iteración Evaluador			
Solicitado por:			
RUT Mandante			
1.2.- Descripción general de los elementos de la envolvente (esto sólo se utiliza en la confección del certificado)			
Muro principal	Muro Muro albañilería 15cm con aislación por Sin, de materialidad Intermedio, con U= 2,33 [W/m2K], espesor sólido 15 [cm] y espesor aislante de [cm]		
Muro secundario	Muro Adiabático espesor sólido [cm]		
Piso principal	Piso Piso encasetonado de EPS y hormigón con aislación por Inter Elementos, con U = 0,842 [W/m2K]		
Techo principal	Techo Estructura madera con cama de paja con aislación por Inter Elementos con U= 1,275 [W/m2K] y espesor aislante de [cm]		
Techo secundario	Techo Techo encasetonado de EPS y hormigón con aislación por Inter Elementos con U= 0,842 [W/m2K] y espesor aislante de 0,2 [cm]		
Ventana principal: Vidrio y Marco	Vidrio Vidrio Monolítico (VM), Sin espaciador con U= 5,8 [W/m2K] y factor solar de 0,87		Marco Metal con Ruptura de Puente Térmico con U= 3,3 [W/m2K] y factor Marco de 0,8
Ventana secundaria: Vidrio y Marco	Vidrio Vidrio Monolítico Absorbente con U= 5,72 [W/m2K] y factor solar de 0,6		Marco Metal sin Ruptura de Puente Térmico con U= 5,8 [W/m2K] y factor Marco de 0,85
Puerta principal	Puerta Madera Sólida con U= 1,91 [W/m2K] y 0 % de vidrio		

1.3.- Descripción general de los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria

Sistema de calefacción

Sin calefacción

Sistema de agua caliente

No informado

2.- Dimensiones de la vivienda

Area [m²]

Altura [m]

Volumen [m3]

Piso 1

123.7

2.70

334.0

Piso 2

130.9

2.70

353.5

Piso 3+4+..

59.4

2.8

165.0

Total

313.98

852.49

3.- Características térmicas de la envolvente

3.1.- Area y coeficiente de transferencia de calor por elemento constructivo

Muros

Ángulo Azimut

Orientación

Densidad Muro

Area (m²)

U [W/m²K]

Muro 1

Muro Alb+VC_NA

90° ≤ Az < 112.5°

E

Liviano-Otro

13.8

0.7

Muro 2

Muro Alb+VC

135° ≤ Az < 157.5°

SE

Liviano-Otro

26.0

0.7

Muro 3

Muro Adiabatico

135° ≤ Az < -112.5°

SO

Pesado

75.7

-

Muro 4

Muro Alb+VC

-45° ≤ Az < -22.5°

NO

Liviano-Otro

53.9

0.7

Muro 5

Muro Alb+VC

45° ≤ Az < 67.5°

NE

Liviano-Otro

60.0

0.7

Muro 6

Muro Alb+VC

0° ≤ Az < 22.5°

N

Liviano-Otro

3.8

0.7

Muro 7

Muro Adiabatico

45° ≤ Az < 67.5°

NE

Pesado

31.1

-

Muro 8

Muro Alb+VC_NA

180° ≤ Az < -157.5°

S

Liviano-Otro

14.2

0.7

Muro 9

Muro Alb+VC_NA

90° ≤ Az < 112.5°

E

Liviano-Otro

6.4

0.7

Muro 10

Muro Alb+VC

135° ≤ Az < -112.5°

SO

Liviano-Otro

20.2

0.7

Muro 11

Muro Alb+VC

135° ≤ Az < -112.5°

SO

Liviano-Otro

21.6

0.7

Muro 12

Muro Alb+VC_NA

135° ≤ Az < 157.5°

SE

Liviano-Otro

3.9

0.7

Muro 13

-

Muro 14

-

Muro 15

-

Muro 16 + ..

-

Puentes térmicos particulares

Alojada en el muro

Azimut

Orientación

Elemento perpendicular

Aislación

Longitud [m]

P04

Muro Alb+VC

135° ≤ Az < 157.5°

SE

ynisa desplaz

in Aislaci

14.6

P04

Muro Alb+VC

135° ≤ Az < -112.5°

SO

ynisa desplaz

in Aislaci

20.8

P04

-

P04

-

P04

-

Puentes térmicos [m]

P01

P02

P03

11.0

-

6.6

16.6

2.8

12.5

-

-

17.7

19.3

-

22.3

-

-

23.5

-

-

3.1

-

-

-

2.8

-

9.4

2.8

-

3.3

2.8

-

-

5.5

-

4.0

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

Posición Aislación

Interior

Interior

Interior

Sin

Interior

Interior

Interior

Sin

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

Interior

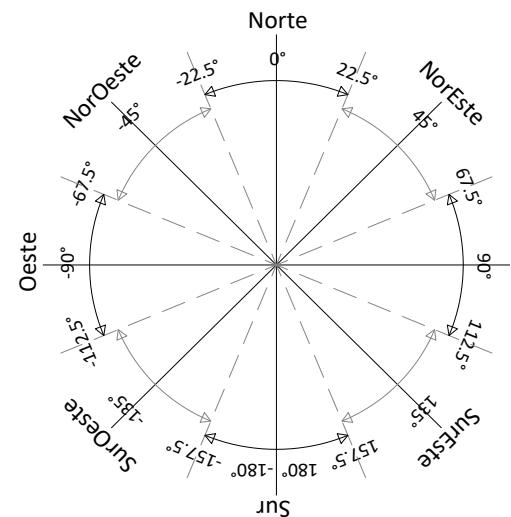
Interior

Interior

Interior

Interior

Interior



MAESTRIA EN ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

	Tipo Puerta	Azimut	Orientación	Categoría para Infiltración	Alto [m]	Ancho [m]	Área vidrio [m2]
					(incluye marco)		
Puerta 1	MS	157.5° ≤ Az < -135°	SO	Madera Sólida	1.8	0.9	-
Puerta 2	MS	157.5° ≤ Az < -135°	SO	Madera Sólida	2.5	0.9	-
Puerta 3	ML < 50% Vidrio	112.5° ≤ Az < 135°	SE	Aluminio	1.0	1.9	0.9

Tipo Ventana	Azimut	Orientación	Bemento envolvente donde se encuentra	Tipo de Cierre de ventana	Posición Ventanal	Aislación Con/Sin retorno	Alto [m] (H)	Ancho [m] (W)	Categoría para PT y Infiltr	Tipo
Ventana									Marco	
Ventana 1	DVH con 12mm	-90° ≤ Az < -67.5°	O	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	2.00	2.27	Metalico Sin RPT
Ventana 2	DVH con 12mm	-67.5° ≤ Az < -45°	NO	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	5.33	2.63	Metalico Sin RPT
Ventana 3	DVH_Abs	-67.5° ≤ Az < -45°	NO	Muro Albañiler	Fija	Exterior	Sin	0.77	1.74	Metalico Sin RPT
Ventana 4	DVH_Abs	-90° ≤ Az < -67.5°	O	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	2.30	2.06	Metalico Sin RPT
Ventana 5	DVH_Abs	-90° ≤ Az < -67.5°	O	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	1.18	2.14	Metalico Sin RPT
Ventana 6	DVH_Refl	-67.5° ≤ Az < -45°	NO	Muro Albañiler	Fija	Exterior	Sin	0.73	1.47	Metalico Sin RPT
Ventana 7	DVH_Abs	-90° ≤ Az < -67.5°	O	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	2.70	1.45	Metalico Sin RPT
Ventana 8	DVH_Abs	0° ≤ Az < 22.5°	N	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	2.70	1.45	Metalico Sin RPT
Ventana 9	DVH_Abs	22.5° ≤ Az < 45°	NE	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	3.04	2.20	Metalico Sin RPT
Ventana 10	DVH con 12mm	157.5° ≤ Az < -135°	SO	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	0.84	1.55	Metalico Sin RPT
Ventana 11	DVH_Refl	180° ≤ Az < -157.5°	S	Muro Albañiler	Fija	Exterior	Sin	3.21	2.76	Metalico Sin RPT
Ventana 12	DVH con 12mm	157.5° ≤ Az < -135°	SO	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	1.97	2.08	Metalico Sin RPT
Ventana 13	DVH_Refl	157.5° ≤ Az < -135°	SO	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	1.06	1.38	Metalico Sin RPT
Ventana 14	DVH con 12mm	112.5° ≤ Az < 135°	SE	Muro Albañiler	Abatir	Exterior	Sin	1.76	2.53	Metalico Sin RPT
Ventana 15	DVH con 12mm	112.5° ≤ Az < 135°	SE	Muro Albañiler	Abatir	Exterior	Sin	1.35	2.73	Metalico Sin RPT
Ventana 16	DVH_Refl	112.5° ≤ Az < 135°	SE	Muro Albañiler	Fija	Exterior	Sin	1.45	5.78	Metalico Sin RPT
Ventana 17	DVH_Refl	112.5° ≤ Az < 135°	SE	Muro Albañiler	Fija	Exterior	Sin	1.71	1.50	Metalico Sin RPT
Ventana 18	DVH_Refl	112.5° ≤ Az < 135°	SE	Muro Albañiler	Fija	Exterior	Sin	0.44	1.38	Metalico Sin RPT
Ventana 19	DVH_Refl	112.5° ≤ Az < 135°	SE	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	1.62	1.43	Metalico Sin RPT
Ventana 20	DVH_Abs	112.5° ≤ Az < 135°	SE	Muro Albañiler	Corredera	Exterior	Sin	1.24	2.67	Metalico Sin RPT

FAV 1		FAV 2 Izquierda		FAV 2 Derecha		FAV 3			
D	L	P	S	P	S	E	T	β	α
0.5	2.5								
		2.5	2.7						

FAV 1		FAV 2 Izquierda		FAV 2 Derecha		FAV 3			
D	L	P	S	P	S	E	T	β	α
	1.6	4.7	4.0						
		2.4	0.6						
		4.7	4.0						
		3.3	0.2						
	0.4								
	0.4								
0.4	1.0								
		7.0	1.2	2.1	0.8				
0.5	2.5			2.5	2.9				
				2.0	0.6				
		3.1	0.2	4.4	5.5				
		4.2	2.0						
		4.2	0.3						
		2.9	0.3						
		4.3	0.7						

MAESTRIA EN ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

	% Anual referencial Rad Directa				100%		% Anual referencial Rad Directa				100%		% Anual referencial Rad Directa				100%								
Orientación	N		Azimut				E		Azimut				S		Azimut				O		Azimut				
Dimensiones	División		A [m]		B [m]		D [m]		División		A [m]		B [m]		D [m]		División		A [m]		B [m]		D [m]		
Obstrucción 1																									
Obstrucción 2																									
Obstrucción 3																									
Obstrucción 4																									
Obstrucción 5																									
Obstrucción 6																									
Obstrucción 7																									
Obstrucción 8																									
	% Anual referencial Rad Directa				64%		% Anual referencial Rad Directa				73%		% Anual referencial Rad Directa				78%		% Anual referencial Rad Directa				100%		
Orientación	NE		Azimut		22,5° ≤ Az < 45°			SE		Azimut				SO		Azimut				NO		Azimut			
Dimensiones	División		A [m]		B [m]		D [m]		División		A [m]		B [m]		D [m]		División		A [m]		B [m]		D [m]		
Obstrucción 1	División 1		5.00		5.25		0.34		División 1		5.50		6.40		4.16		División 1		5.50		2.39		1.56		
Obstrucción 2	División 2		5.00		3.79		2.48		División 2		3.00		14.22		1.65		División 2		5.50		6.27		4.22		
Obstrucción 3	División 3		5.00		2.77		1.80		División 3		3.00		12.90		8.39		División 3		5.50		6.86		0.40		
Obstrucción 4	División 4		5.00		3.50		2.28		División 4		3.00		13.77		3.07		División 4		5.00		18.14		2.25		
Obstrucción 5	División 5		5.00		6.47		2.23		División 5		5.50		8.75		5.30		División 5		5.00		18.68		9.66		
Obstrucción 6																									
Obstrucción 7																									
Obstrucción 8																									
	Techos		Densidad Techo		Area (m²)		U [W/m²K]		Camaras de aire		Tipo de cubierta		Posición Aislación												
Techo 1	Techo cama de paja		Liviano-Otrc		17.12		1.28		Sin camara		Cubierta normal		Inter Elementos												
Techo 2	Encasetonado EPS		Liviano-Otrc		52.29		0.84		Sin camara		Cubierta normal		Inter Elementos												
Techo 3																									
Techo 4																									
Techo 5+..																									
	Pisos		Densidad Piso		Area (m²)		U [W/m²K]		Perimetro contacto terreno (m)		Piso ventilado		Posición Aislación		Ls [W/K]										
Piso 1	Radier H.A		Pesado		123.70				47.83		No Ventilado		Sin		98.06										
Piso 2	Encasetonado EPS		Liviano-Otrc		13.35		0.69				Ventilado		Inter Elementos		0.00										
Piso 3															0.00										
Piso 4+..															0.00										

MAESTRIA EN ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Elementos Opacos

Área total [m²]

Área Efectiva [m²]

U [W/Km²]

69.41

69.41

0.95

4.40

4.40

1.37

92.14

61.01

0.77

20.19

20.19

0.65

34.77

34.77

1.29

15.55

15.55

1.09

122.53

46.78

0.89

2.36

2.36

5.80

56.37

56.37

0.91

137.05

13.35

0.69

Horiz

N

NE

E

SE

S

SO

O

NO

Pisos

Bementos traslucidos

Área [m²]

U [W/Km²]

0.00

0.00

3.33

2.69

5.68

2.69

0.00

0.00

22.40

2.85

7.54

2.67

5.83

2.81

13.36

2.73

13.98

2.82

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

<

MAESTRIA EN ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

			Renovaciones de aire por hora [1/hr]											
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Infiltraciones			0	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
¿Cuenta con ensayo de presurización?	No		1	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Indicar valor del ensayo de presurización	[RAH] a 50Pa		2	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
De existir ductos de ventilación, ¿Cuántos hay?	[un]		3	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
De existir Celosías, ¿Cuántas hay?	4.00 [un]		4	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Ventilación			5	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Ventilación Mecánica (VM)	NO existen ventiladores para la ventilación		6	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Eficiencia Recuperador de Calor, si aplica	[%]		7	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Eficiencia por defecto	50.00 [%]		8	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
¿Tiene Sensor de CO2?	No		9	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
De tener, RAH según Memoria de Cálculo	[RAH]		10	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	3.61
			11	3.61	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	3.61	3.61
			12	3.61	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	3.61	3.61	3.61
			13	0.61	3.61	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	3.61	3.61	3.61	3.61
			14	0.61	0.61	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	3.61	3.61	3.61	3.61
			15	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	3.61	3.61	3.61	3.61
			16	3.61	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	3.61	3.61	3.61
			17	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	3.61	3.61
			18	3.61	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	3.61
			19	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
			20	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
			21	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
			22	3.61	3.61	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	3.61
			23	3.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61