

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Carrera de Arquitectura

Concepto Tiny House como refugio polifuncional para el Páramo Andino del Ecuador


Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto

Autor:

Juan Fernando Moscoso Calle

Director:

Esteban Felipe Zalamea León

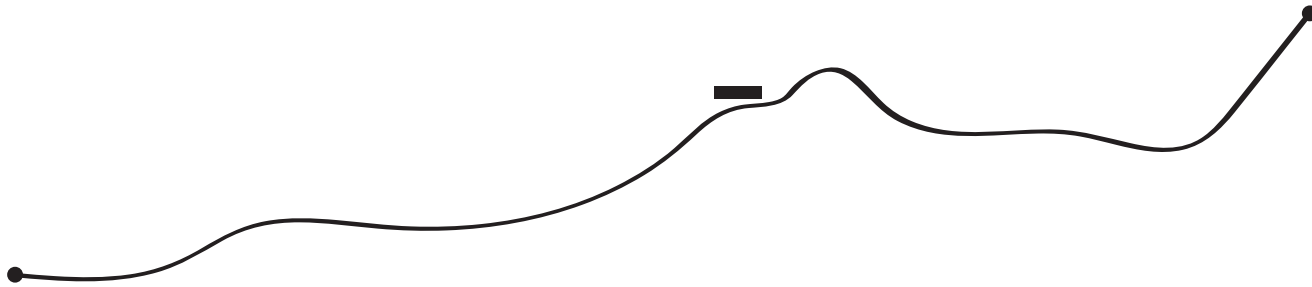
ORCID:  0000-0001-5551-5026

Cuenca, Ecuador

2024-02-19

CONCEPTO TINY HOUSE

COMO REFUGIO POLIFUNCIONAL
PARA EL PÁRAMO ANDINO DEL ECUADOR



Juan Fernando Moscoso Calle

Director: Arq. Esteban Zalamea

Resumen

En las áreas protegidas, la cantidad de establecimientos y equipamientos es escasa. Estas áreas debido a su biodiversidad, páramos, lagunas y humedales son consideradas principales zonas de interés turístico, investigativo, de control y gestión. El objetivo de esta investigación es promover prácticas sostenibles en entornos naturales importantes mediante el diseño de infraestructura pensada para generar un mínimo impacto ambiental. Esta propuesta puede servir como prototipo aplicable para otras zonas con características similares de clima andino. El anteproyecto será concebido a partir del análisis de estas zonas, además de la verificación de normativa y guías de diseño específicas para estas áreas. Se realizará análisis de referentes para obtener estrategias y criterios para el diseño. El resultado es un anteproyecto arquitectónico polifuncional con criterios de bajo impacto ambiental, flexibilidad y confort que cumpla la función de refugio para áreas protegidas del Páramo Andino.

Palabras clave: vivienda mínima, anteproyecto arquitectónico, páramo andino, arquitectura sustentable

Abstract

In the protected areas, the number of establishments and facilities is scarce. These areas, due to their biodiversity, moorlands, lagoons and wetlands, are considered to be the main areas of interest for tourism, research, control and management. The objective of this research is to promote sustainable practices in important natural environments through the design of infrastructure intended to generate a minimum environmental impact. This proposal can serve as a prototype applicable to other areas with similar Andean climate characteristics. The preliminary project will be conceived based on the analysis of these zones, in addition to the verification of specific regulations and design guidelines for these areas. An analysis of references will be carried out to obtain strategies and criteria for the design. The result is a polyfunctional architectural project with criteria of low environmental impact, flexibility and comfort that fulfills the function of a shelter for protected areas of the Andean Paramo.

Keywords: tiny house, architectural project, andean wasteland, sustainable architecture



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de Contenidos

Introducción.....	10
Planteamiento del problema.....	11
Hipótesis.....	12
Objetivos.....	12
Justificación del lugar de diseño.....	13
Metodología.....	14
Capítulo 1: Marco Teórico.....	15
1.1 Páramo Andino.....	16
1.1.1 Condiciones geográficas y meteorológicas.....	17
1.1.2 Áreas protegidas.....	18
1.1.3 Gestión de áreas protegidas.....	18
1.1.4 Infraestructura en áreas protegidas.....	19
1.2 Arquitectura sustentable.....	22
1.2.1 Arquitectura bioclimática.....	22
1.2.2 Arquitectura ecológica.....	22
1.2.3 Confort.....	23
1.2.4 Diseño Flexible.....	23
1.2.5 Espacios mínimos.....	24
1.2.6 Normativa.....	25
1.2.7 Guía para el diseño de instalaciones turísticas en áreas protegidas.....	26
1.3 Tiny House.....	27

1.3.1 Tipología.....	28
1.3.2 Normativa y sustento legal.....	28
1.3.3 Sistema constructivo.....	29
1.3.4 Instalaciones.....	31
1.4 Conclusiones.....	32
Capítulo 2: Estado del arte.....	33
2.1 Parámetros de selección y valoración de casos de estudio.....	34
2.2 Casos de estudio.....	35
2.2.1 Bivacco Brédy.....	35
2.2.2 Leaprus Eco Hotel.....	37
2.2.3 Leapnest.....	39
2.2.4 Cabina Elsewhere.....	41
2.2.5 Diogene.....	43
2.3 Comparación de casos de estudio.....	45
2.4 Conclusiones.....	46
Capítulo 3: Diseño.....	47
3.1 Parque Nacional Cajas.....	48
3.2 Estrategias de diseño.....	50
3.3 Programa arquitectónico.....	51
3.4 Sistema constructivo.....	53
3.5 Envoltente.....	55
3.6 Instalaciones.....	59
3.7 Planos arquitectónicos.....	61

3.8 Análisis y resultados.....	71	Gráfico 12. Planos de un bloque del proyecto Leaprus Eco Hotel.....	37
3.8.1 Cuantificación de cantidades de obra.....	71	Gráfico 13. Perspectiva interior de Leaprus Eco Hotel.....	38
3.8.2 Evaluación térmica y lumínica.....	73	Gráfico 14. Perspectiva exterior del módulo Leapnest.....	39
3.8.3 Autonomía de la propuesta.....	75	Gráfico 15. Planos del proyecto Leapnest.....	39
3.9 Conclusiones.....	76	Gráfico 16. Perspectiva de varios módulos del proyecto.....	40
Capítulo 4: Conclusiones y recomendaciones.....	77	Gráfico 17. Perspectiva exterior de la Cabina Elsewhere.....	41
4.1 Conclusiones.....	78	Gráfico 18. Planos del proyecto Cabina Elsewhere.....	41
4.2 Recomendaciones.....	79	Gráfico 19. Perspetiva interior de la Cabina Elsewhere.....	42
Referencias	80	Gráfico 20. Perspectiva exterior de la cabina Diogene.....	43
Anexos	83	Gráfico 21. Planos del proyecto cabina Diogene.....	43
Índice de Figuras		Gráfico 22. Perspectiva interior de la cabina Diogene.....	44
Gráfico 1. Pescador solitario en la laguna Toreadora del Parque Nacional Cajas.....	10	Gráfico 23. Diagrama del procedimiento para la obtención de estrategias de diseño.....	46
Gráfico 2. Organismos de gestión de las áreas protegidas.....	19	Gráfico 24. Paisaje de la laguna Osohuaycu del Parque Nacional Cajas..	48
Gráfico 3. Criterios de diseño para infraestructura en áreas protegidas...	21	Gráfico 25. Rangos de temperatura durante los 12 meses del año.....	49
Gráfico 4. Laguna Toreadora en el Parque Nacional Cajas.....	21	Gráfico 26. Temperatura alcanzada en cada mes del año según la hora..	49
Gráfico 5. Características de una Tiny House.....	27	Gráfico 27. Emplazamiento de la propuesta.....	51
Gráfico 6. Tipología de las Tiny House.....	28	Gráfico 28. Transportabilidad de la propuesta.....	54
Gráfico 7. Container Experience Home de Estudio Nómade.....	30	Gráfico 29. Axonometría explotada del sistema constructivo.....	54
Gráfico 8. Perspectiva exterior de Bivacco Brédy.....	35	Gráfico 30. Contenedor marítimo.....	55
Gráfico 9. Planos del proyecto Bivacco Brédy.....	35	Gráfico 31. Esquema de la envolvente del proyecto.....	58
Gráfico 10 Perspectiva interior de Bivacco Brédy.....	36	Gráfico 32. Esquema del sistema solar fotovoltaico para la generación de energía.....	59
Gráfico 11. Perspectiva aérea de Leaprus Eco Hotel.....	37	Gráfico 33. Esquema del sistema de instalaciones del refugio.....	60

Gráfico 34. Planta principal.....	61
Gráfico 35. Planta de cubierta.....	62
Gráfico 36. Planta del módulo de servicios básicos.....	63
Gráfico 37. Planta del módulo de caseta de control / información.....	63
Gráfico 38. Planta del módulo de alojamiento.....	64
Gráfico 39. Planta del módulo de caseta de oficina.....	65
Gráfico 40. Sección constructiva.....	65
Gráfico 41. Elevaciones de la propuesta.....	66
Gráfico 42. Axonometría constructiva.....	67
Gráfico 43. Detalles constructivos.....	67
Gráfico 44. Axonometría Mobiliario.....	68
Gráfico 45. Perspectiva exterior de la propuesta.....	69
Gráfico 46. Perspectiva exterior de la propuesta emplazada en el Parque Nacional Cajas.....	70
Gráfico 47. Axonometría de la propuesta final del módulo.....	72
Gráfico 48. Análisis térmico del proyecto en el día mas caliente.....	73
Gráfico 49. Análisis térmico del proyecto en el día mas caliente, con ventilación.....	73
Gráfico 50. Análisis térmico del proyecto en el día mas frío.....	74
Gráfico 51. Análisis lumínico de la propuesta.....	74
Gráfico 52. Perdidas energéticas mensuales durante un año.....	75
Gráfico 53. Porcentaje según de motivos de la perdida de energía en el módulo.....	75

Indice de Tablas

Tabla 1. Extensión y porcentaje de los Páramos en las provincias del Ecuador.....	13
Tabla 2. Tipo de Páramo en el Ecuador.....	16
Tabla 3. Características del remolque o camión.....	28
Tabla 4. Relación entre estrategias de diseño y zonas climáticas.....	32
Tabla 5. Características del caso de estudio (Bivacco Brédy).....	36
Tabla 6. Características del caso de estudio (Leaprus Eco Hotel).....	38
Tabla 7. Características del caso de estudio (Leapnest).....	40
Tabla 8. Características del caso de estudio (Cabina Elsewhere).....	42
Tabla 9. Características del caso de estudio (Diogene).....	44
Tabla 10. Comparación de los casos de estudio analizados.....	45
Tabla 11. Tipos de contenedores.....	53
Tabla 12. Características exigibles en materiales de construcción locales.....	56
Tabla 13. Requisitos de la envolvente en zona climática fría.....	57
Tabla 14. Especificaciones de materiales usados en una envolvente tradicional.....	58
Tabla 15. Especificaciones de materiales usados en la envolvente propuesta.....	58
Tabla 16. Características del panel fotovoltaico.....	59
Tabla 17. Tipos de tanques para almacenamiento de agua según sus dimensiones.....	60
Tabla 18. Cálculo de cantidades de obra.....	71
Tabla 19. Cálculo del peso del módulo arquitectónico.....	72

Tabla 20. Características del valor clo.....	73
Tabla 21. Energía producida por el sistema solar fotovoltaico.....	75
Tabla 22. Demanda de consumo de agua caliente.....	76

Indice de Anexos

Anexo A. Requerimiento según el tipo de infraestructura en áreas protegidas.....	83
Anexo B. Selección y valoración de casos de estudio.....	84
Anexo C. Diagrama bioclimático, generado por Design Builder en base al archivo meteorológico de Tres Cruces.....	85
Anexo D. Energía contenida en materiales de construcción locales.....	86
Anexo E. Tabla nacional de pesos y dimensiones.....	86
Anexo F. Análisis térmico de la envolvente según el espesor del aislamiento.....	87
Anexo G. Modelo Vertex S (panel solar bifacial).....	88

Agradecimientos

Al Arquitecto Esteban Zalamea por su invaluable guía, asesoramiento y consejos a lo largo de este proceso. Sus conocimientos y orientación fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

A todos los docentes que formaron parte del camino por su constante acompañamiento y apoyo durante este proceso académico. Su contribución ha sido de gran importancia para la culminación de este proyecto.

A mis seres queridos, les agradezco profundamente por su inquebrantable apoyo y comprensión en cada etapa de este camino.

Dedicatoria

A mis queridos padres por su paciencia y apoyo incondicional, a mis hermanos por sus sabios consejos han sido mi fortaleza a lo largo de este camino académico. A mis queridos perritos, compañeros fieles en cada momento de esta travesía. Y a aquellos que alguna vez estuvieron en mi vida y ya no están, siempre llevaré su recuerdo en cada paso que doy.

Gracias a todos por ser mi inspiración y mi motivación en este logro.

INTRODUCCIÓN

Introducción

Las áreas protegidas forman parte del 35 % de los ingresos turísticos del país, y dentro de estas se encuentran los páramos andinos del Ecuador, cuyo rango longitudinal se encuentra entre los 2800 metros sobre el nivel del mar en los páramos del sur y 4800 metros sobre el nivel del mar en sus cumbres más altas (Hofstede et al., 2023). En este contexto se analiza el presente trabajo de integración curricular, cuyo propósito es la implementación de un refugio multifuncional bajo el concepto “Tiny House”.

A pesar de la escasa existencia de infraestructura en estas zonas, estas no cumplen con criterios de sostenibilidad. Predominan los sistemas de construcción tradicional cuyo principal material es el hormigón; el mismo que genera más residuos, contaminación y tiene un alto impacto en el medio ambiente. A pesar de las estadísticas, este material sigue siendo utilizado en la construcción incluso en el páramo, el cual es considerado un ecosistema frágil y de gran importancia medioambiental por sus características hidrológicas.

Este estudio tiene como objetivo el diseño de un refugio polifuncional en un área de importancia natural como es el Páramo del Ecuador. Se busca entender la importancia ambiental de este ecosistema y sus condiciones meteorológicas para aprovechar a nivel de diseño los recursos que nos da el entorno. Así mismo se pretende generar estrategias y criterios de diseño en base al análisis de referentes que cuenten con condiciones similares a las planteadas en la investigación. Finalmente se aspira a obtener como resultado el diseño arquitectónico de un refugio en base a los conceptos de una Tiny House, que cumpla con factores de confort, flexibilidad y sostenibilidad.

El aumento de actividades recreativas, de turismo, de investigación en estas zonas hace que sea necesario la renovación e implementación de refugios turísticos que cumplan con los criterios de confort, flexibilidad y sostenibilidad. El cambio climático es una realidad que afecta también a nuestro país; es fundamental entonces, el cuidado de nuestro medio ambiente y en especial de las zonas frágiles como son nuestros páramos. Es importante desarrollar hábitos que generen un consumo eficiente y consumo energético, por lo que es crucial que se generen propuestas arquitectónicas que promuevan las prácticas sostenibles, dado que la construcción es uno de los sectores que más afectan al medio ambiente.

El estudio adopta un enfoque cualitativo/cuantitativo. La investigación se fundamenta mediante la revisión y análisis de enfoques, teorías y marcos conceptuales relacionados con el tema. Así mismo la identificación, investigación y comparación de casos de estudio en contextos similares al propuesto.

El contenido de la investigación se estructura en 3 capítulos, en primer lugar se abordará el marco teórico, en donde se presentan definiciones, teorías, normativas y enfoques con respecto al Páramo Andino y la implementación de infraestructura sostenible en áreas protegidas, que sirven de fundamento para el análisis del concepto Tiny House. En el segundo capítulo se presenta el estado de arte donde se realiza una revisión y análisis de las obras que ya han abordado esta temática, para establecer una valoración y comparación entre las mismas. Los dos primeros capítulos permiten la identificación de estrategias y criterios de diseño, las mismas que se aplican en el tercer capítulo en el cual se desarrolla y valida el diseño. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

Gráfico 1: Pescador solitario en la laguna Toreadora del Parque Nacional Cajas.



Fuente: Maria Fernanda Moscoso, 2018

Planteamiento del problema

- Impacto ambiental de la construcción

La construcción tradicional genera impactos ambientales significativos, desde desechos hasta altos consumos energéticos y es uno de los principales responsables de la emisión de gases de efecto invernadero en todo el planeta.

La mayoría de la infraestructura construida se fundamenta en técnicas convencionales que dependen de una mano de obra poco especializada, situación que ha llevado a que este sector se perciba como poco evolucionado desde el punto de vista técnico (Del Aguila, 2010; Carabaño et al., 2013).

Globalmente, el proceso constructivo y las edificaciones se encuentran entre los sectores que más demandan energía. De manera específica, la industria representa el 37%, el transporte el 29% y el sector residencial el 21%, siendo los responsables principales del consumo energético a nivel mundial. Estos sectores también generan una cantidad considerable de gases de efecto invernadero, contribuyendo significativamente a la huella ambiental a nivel mundial (Alvarado, 2021; Astudillo & Orellana, 2022).

Los residuos, el ruido, el polvo, desechos sólidos, residuos peligrosos, la contaminación del aire y del agua, los olores, el cambio climático y los cambios en el uso del suelo son algunos de los efectos negativos que se han observado en el medio ambiente. Además, las emisiones a la atmósfera se deben a los gases que emiten los coches y al polvo que se levanta durante la construcción. (Kaur & Arors, 2012; Enshassi et al., 2014).

Según estadísticas, el proceso de construcción y la vida útil de los edificios son responsables de aproximadamente el 15 % del consumo de agua, el 25 % de la madera talada, entre el 30 y 40 % del consumo de energía, el 40 % de los materiales extraídos para la construcción y entre el 20 y 30 % de las emisiones de gases de efecto invernadero, incluidos el dióxido de carbono, el vapor de agua, entre otros. (Macozoma, 2012; Enshassi et al., 2014).

En Ecuador, según información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en 2020, el hormigón representa el material principal utilizado en diversas etapas de construcción, siendo predominante en los cimientos (93.91%), estructuras (88.07%) y en una proporción

en los cimientos (93.91%), estructuras (88.07%) y en una proporción considerable en las cubiertas (55.64%). Asimismo, los bloques de hormigón (64.91%) y los ladrillos (30.65%) son los materiales más empleados en las mamposterías. Estas estadísticas reflejan obras que no solo implican un consumo prolongado de energía en comparación con otros materiales alternativos, sino que también generan impactos adversos al finalizar su ciclo de vida útil (Alvarez & Ripoll, 2018; Astudillo & Orellana, 2022).

Algunas técnicas de construcción de épocas pasadas persistentes en la actualidad son artesanales e incorporan varios materiales industriales como la cerámica, ladrillos, baldosas, entre otros. Este proceso constructivo requiere una labor minuciosa y prolongada de trabajadores con escasa preparación, lo que resulta en la generación de gran cantidad de escombros y demoras en la obra (Carabaño, Hernando & Bedoya, 2013).

- Infraestructura en áreas protegidas

En el Páramo Andino del Ecuador existe una tendencia a realizar refugios que generen un mínimo impacto ambiental, aplicando condiciones de reversibilidad y confort que se adapten a su entorno natural y a las necesidades turísticas, de investigación, y de gestión y control del área protegida.

La construcción y mantenimiento de infraestructuras en el páramo, al igual que otras actividades humanas, impactan los procesos naturales de este ecosistema. Dada la importancia de los servicios ecosistémicos que presta el páramo, es necesario crear infraestructuras. Para ello es necesario realizar nuevos estudios sobre los posibles cambios irreversibles que pueden provocar los proyectos. El desafío para el desarrollo de nueva infraestructura radica en considerar al páramo como un sistema de funciones ecológicas interrelacionadas que podrían verse afectadas cuando se interrumpe uno de sus procesos ecológicos (Hofstede et al., 2023).

La presencia de infraestructura moderna en este ecosistema ha permitido el desarrollo de territorios productivos gracias a la presencia de sistemas de riego, hidroelectricidad y agua para abrevaderos, a pesar del impacto ambiental que estos generan sobre el páramo. El turismo y la recreación han sido importantes para el desarrollo de infraestructura moderna en conjunto con los servicios ecosistémicos que se encuentran en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. La infraestructura turística se compone por hosterías

y refugios para hospedaje, los cuales necesitan suministro de agua y saneamiento, además de gestionar los desechos antes de ser descargados en el páramo (Hofstede et al., 2023).

Las instalaciones turísticas, a diferencia de las grandes construcciones destinadas a captar y almacenar recursos, promueven el conocimiento y la llegada de turistas al páramo. No obstante, su administración requiere supervisión para disminuir la presencia de desechos sólidos, el tratamiento de aguas grises y la capacidad máxima de visitantes (Hofstede et al., 2023).

En el páramo existen 2 tipos de infraestructura, dependiendo su enfoque:

En primer lugar, está la infraestructura pública que incluye agua potable, áreas de riego, recreación, comunicación, turismo e hidroelectricidad. Sin embargo, no existen proyectos públicos significativos en el páramo, ya que los requisitos hidráulicos de las obras de producción de energía impiden su construcción (Hofstede et al., 2023).

Por otro lado, se encuentra la infraestructura privada y comunitaria, donde se encuentran sistemas de riego, caminos vecinales y reservorios para acuicultura (Jacobsen y Dangles, 2017; Ruiz, 2017; Hofstede et al., 2023). En los últimos años, se ha implementado iniciativas de turismo comunitario con el propósito de ofrecer servicios recreativos que abarcan desde la creación de áreas con piscinas de aguas termales, rutas y senderos hasta la construcción de viviendas y alojamientos turísticos, así como la restauración de hitos arqueológicos (Ruiz, 2017; Hofstede et al., 2023).

En zonas de páramo andino con un clima frío aproximadamente a los 3000 metros sobre el nivel del mar, el MIDUVI construye viviendas tipo en un contexto rural. Como menciona Hidalgo en 2018, se usa el método tradicional de construcción con estructura de hormigón armado, pisos de cemento pulido, paredes edificadas con bloques de piedra pómez sin contar con aislamiento y enlucidas con cemento, ventanas de vidrio sin aislamiento con estructura de aluminio, y en la cubierta el uso de planchas de zinc o fibrocemento. Este método constructivo denota una deficiencia a nivel energético, además la envolvente de este tipo de construcción tiene carencias a nivel térmico (Hidalgo, 2018).

De acuerdo a los factores identificados, se presenta la problemática de investigar la espacialidad, materialidad, sistema constructivo y eficiencia energética con la finalidad de minimizar el impacto ambiental de una propuesta arquitectónica emplazada en un área de importancia natural y que cumpla con los estándares de confort y autosuficiencia. En esta investigación nos centraremos en el programa arquitectónico y en el sistema constructivo para lo cual se plantea la hipótesis:

Hipótesis

¿Es factible crear una arquitectura polifuncional, transportable, adaptable y eficiente en términos de funcionalidad, confort y bajo impacto ambiental, para impulsar el desarrollo de actividades recreativas en el Páramo Andino, mediante el diseño de una Tiny House?

Objetivo Principal

Diseñar a nivel de anteproyecto arquitectónico una Tiny House que sirva como un refugio polifuncional que cumpla con criterios de mínimo impacto ambiental, para el Páramo Andino.

- Objetivo 1: Realizar un diagnóstico del Páramo Andino del Ecuador y de su infraestructura en áreas protegidas, para identificar las principales características que influyan en el diseño sostenible del anteproyecto.
- Objetivo 2: Analizar casos de estudio en un contexto similar, tanto a nivel Nacional como Internacional, para establecer criterios y estrategias de diseño en base a la normativa, espacialidad, entorno, materialidad y mínimo impacto ambiental.
- Objetivo 3: Plantear un sistema constructivo que genere el mínimo impacto en el ambiente para su implementación en el diseño de una Tiny House que sirva como un refugio que cumpla con los factores identificados, para su inserción en el Páramo Andino.

Justificación del lugar de diseño

Ecuador a pesar de ser un país pequeño, alberga una riqueza extraordinaria de especies vegetales y animales a nivel mundial. Está catalogado como uno de los países más diversos, destacándose por tener la mayor biodiversidad por unidad de área. La cual no se caracteriza únicamente por su variedad de especies, sino que también se refleja en los diversos ecosistemas, donde se encuentran los páramos, ubicados en las zonas más elevadas del país en un rango de entre 2800 a 4800 metros sobre el nivel del mar, por lo que cuentan con un clima templado frío.

Según la Tabla 1, en la mayor parte de la superficie de los Páramos se encuentra en las provincias de Napo, Azuay, Chimborazo, Pichincha, Morona Santiago y Cotopaxi (Hofstede, Mena & Robalino, 2023). Parte de este ecosistema se encuentra en áreas protegidas las cuales se encuentran bajo la gestión del SNAP (Sistema Nacional de áreas protegidas), lo que asegura de cierta manera su protección, de esta forma el rol del diseño, además de satisfacer las necesidades humanas, debe tener especial atención en su impacto ambiental en el ecosistema. Estas áreas de gran importancia representan el 20% del territorio a nivel nacional, y además de albergar una gran biodiversidad y brindan servicios para las comunidades locales (MAE, 2016).

Los páramos se caracterizan por tener un clima de alta montaña, con variaciones en la temperatura, con intensidades bajas de precipitación y una radiación solar intensa. La temperatura media en los límites inferiores del páramo es de 10 °C, mientras que en su límite superior puede llegar hasta cerca de los 0 °C. En los páramos las precipitaciones son variables, en zonas altas de las montañas de los Andes las lluvias pueden llegar a sobrepasar los 3000 mm al año. Por estas razones es considerado un ecosistema frío y húmedo, característico de un clima ecuatorial andino (Hofstede, Mena & Robalino, 2023).

Los Páramos al contar con condiciones climáticas extremas, además de su importancia medioambiental, fueron el entorno adecuado para desarrollar la investigación sobre una arquitectura autosuficiente. Se propone la versatilidad y transportabilidad del diseño para que el mismo cuente con la posibilidad de ser emplazado en cualquier espacio ubicado geográficamente en el Páramo, que cumpla con ciertas características geográficas y meteorológicas.

El enfoque de la investigación tiene como objetivo emplazar el prototipo en el ecosistema de Páramo Andino, específicamente en el tipo de subpáramo y páramo de pajonal, a una altura entre los 2800 y 3900 metros sobre el nivel del mar. Para la validación de la propuesta en un contexto real, se definió el Parque Nacional Cajas como el lugar más representativo para la inserción del proyecto.

Tabla 1: Extensión y porcentaje de los Páramos en las provincias del Ecuador.

Provincia	Extensión (hectáreas)	Porcentaje de Páramo
Napo	249 697	16,42 %
Azuay	213 664	14,05 %
Chimborazo	196 327	12,91 %
Pichincha	146 807	9,65 %
Morona Santiago	126 751	8,33 %
Cotopaxi	111 085	7,30 %
Cañar	97 477	6,41 %
Tungurahua	95 346	6,27 %
Zamora Chinchipe	73 530	4,83 %
Imbabura	61 561	4,05 %
Carchi	48 878	3,21 %
Loja	37 687	2,48 %
Bolívar	34 264	2,25 %
El Oro	15 660	1,03 %
Sucumbíos	12 249	0,81 %
Esmeraldas	166	0,01 %
Total	1 521 148	100 %

Fuente: Los Páramos del Ecuador: Pasado, presente y Futuro.
Elaboración: Propia, 2023.

Metodología

Este apartado describe el proceso metodológico que será la guía para establecer bases sólidas que respalden el diseño arquitectónico de la propuesta en un contexto natural sostenible.

La investigación aborda un enfoque experimental correlacional, con el propósito de evaluar un sistema constructivo (variable dependiente) y su repercusión en el consumo energético de la propuesta arquitectónica (variable independiente). Así mismo tiene la finalidad de estudiar las estrategias y criterios de diseño aplicables para el páramo (variable 1) y su relación con el diseño arquitectónico planteado (variable 2) para generar el mínimo impacto ambiental.

Desde una perspectiva cualitativa/cuantitativa la investigación busca realizar una revisión y análisis de teorías, conceptos y enfoques relacionados con el tema. Además del procesamiento y análisis de datos estadísticos para obtener conclusiones cuantitativas a nivel de diseño.

El estudio se centra en el Páramo Andino del Ecuador, donde se seleccionó un subconjunto que cumpla con ciertas características meteorológicas y ambientales, Áreas protegidas ubicada en zona de subpáramo o páramo de pajonal (población), de la cual se extrajo un segmento específico, el Parque Nacional Cajas (muestra), se escogió mediante muestreo por cuotas donde se determinaron ciertas características o condiciones representativas para realizar el estudio.

La investigación se desarrollará en cuatro etapas:

Primeramente se realizará una recopilación de bibliografía relevante de libros, artículos y tesis. Posteriormente se analizará las teorías, enfoques, normativas y conceptos relacionados con el tema, para la fundamentación de la propuesta en el entorno planteado.

De acuerdo al contexto planteado se identificará casos de estudio específicos que se desarrollen en entornos naturales con condiciones extremas que cumplan con ciertas características espaciales mínimas y sostenibles. Se realizará una selección y valoración de los casos de estudio en base a los criterios ya mencionados, para realizar una comparación entre los mismos, con el fin de extraer patrones y similitudes.

En base a la condición meteorológica planteada en el Parque Nacional Cajas se deducirá según el marco teórico las estrategias y criterios de diseño adecuadas para implementar en la propuesta arquitectónica en un contexto real.

A partir de las estrategias definidas se diseñará la propuesta arquitectónica planteando un programa fundamentado en las necesidades del lugar. Se determinará el sistema constructivo mediante una revisión bibliográfica de materiales locales y sus características. Una vez seleccionado el método constructivo, se realizará una comparación con un sistema constructivo tradicional para corroborar su impacto ambiental.

Como último paso para la validez del diseño arquitectónico, se analizará la propuesta mediante 3 softwares: el software Revit 2023 para realizar la cuantificación de cantidades de obra, así mismo el software Design Builder Energy Simulation para la simulación de confort y el análisis del rendimiento energético del modelo. Finalmente el programa SAM 2023 para calcular la producción energética del sistema fotovoltaico aplicado.

Para la confiabilidad de los datos utilizados para las simulaciones, se cuenta con un archivo meteorológico proporcionado por el PROMAS, ubicado en el sector Tres Cruces, Parque Nacional Cajas, a una altura de 3961 metros sobre el nivel del mar.

A pesar de la rigurosidad de la investigación, el estudio presentó una limitación con respecto a la normativa en el Ecuador sobre autocaravanas o edificaciones transportables.

En definitiva el proceso metodológico planteado es la base para proporcionar resultados precisos para determinar si es factible implantar la propuesta arquitectónica en el Parque Nacional Cajas, como contexto representativo del ecosistema de Páramo Andino.



MARCO TEÓRICO

1.1 Páramo Andino

Para el entendimiento de este ecosistema se realizó una revisión bibliográfica donde se analizó principalmente el libro “Los Páramos del Ecuador; presente, pasado y futuro” de Hofstede, Mena y Suárez (2023).

La descripción precisa de un páramo varía en función de numerosos elementos, a pesar de que la noción fundamental de páramo es la de un ecosistema de alta montaña de los trópicos húmedos, caracterizado por una vegetación abierta, situado entre el límite del bosque cerrado y las nieves continuas, y definido por tener circunstancias ambientales extremas. (Hofstede et al., 2014). Esto se debe a que los hábitats de páramo de la cordillera de los Andes en Sudamérica presentan una gran variabilidad en cuanto a características topográficas, geológicas, climáticas, florísticas y fisonómicas (Zapata, 2021).

La palabra “páramo” tiene su origen en el latín “paramus” cuyo significado es “lugar frío y desamparado”. Los españoles en su llegada a América, llamaron páramos a las tierras frías de los Andes, debido a su parecido con las tierras altas frías de la Península Ibérica (Zapata, 2021).

Los páramos en su mayoría se encuentran ubicados en los países de Colombia, Venezuela, Perú y Ecuador (Hofstede et al., 2023). El páramo es la tierra y el hogar de un gran número de grupos indígenas y campesinos que han sido marginados a lo largo de su historia, lo cual los ha llevado de manera forzada, a volverlo su fuente de sustento (Camacho, 2013).

Según el MAE (2014), existen 11 tipos de páramo en el Ecuador y varían según su altura, ubicación y características como se puede observar en la Tabla 2, donde los nombres son versiones propuestas por los autores Hofstede et al., (2023).

Tabla 2: Tipo de Páramo en el Ecuador.

Número	Nombre	Descripción
1	Páramo arbustivo del Sur	Entre 2800 y 3300 m Equivale al ‘paramillo’ en Loja, Zamora Chinchipe y El Oro; bosque enano de hasta 3 m de altura.
2	Páramo arbustivo o subpáramo	Entre 3300 y 3900 m en el norte-centro y 2800 y 3600 m en el sur. Se trata de parches arbustivos.
3	Bosque de páramo	Entre los 3200 y los 4100 m Se trata de bosques con árboles de hasta 7 m de altura.
4	Páramo de pajonal	Entre 3400-4300 m en el centro-norte y 2900-3900 m en el sur. Corresponde al típico páramo de pajonal.
5	Páramo seco	Entre 3500 y 4200 m. Páramos relativamente secos, herbáceos y abiertos en el centro del país.
6	Humedales y turberas	Entre 3300 y 4500 m. En una matriz de otro tipo de ecosistema como el herbazal de páramo, en pantanos y ciénegas.
7	Superpáramo húmedo	Entre 4400 y 4900 m hacia el oriente entre Carchi y Azuay, sitios agrestes, altos con alta humedad y en zonas particularmente agrestes.
8	Páramo del Sumaco	Entre 3250 y 3800 m en el volcán Sumaco. Sobre suelos volcánicos recientes.
9	Superpáramo arbustivo	Entre 4100 y 4500 m a lo largo de las cordilleras en el norte-centro. Ecosistema no continuo en las partes más altas con condiciones climáticas extremas.
10	Superpáramo	Sobre 4500 m. Pastos de tallo corto, rosetas acaulescentes y hierbas en cojín. Suelos con muy poca materia orgánica y capacidad de retención de agua muy pobre.
11	Páramo de frailejones	Entre 3350 y 4100 m en Carchi, Sucumbíos e Imbabura.

Fuente: Los Páramos del Ecuador: Pasado, presente y Futuro. Elaboración: Propia, 2023.

1.1.1 Condiciones geográficas y meteorológicas

En términos de biodiversidad, el páramo es uno de los hábitats alpinos más diversos de todo el planeta (Hofstede et al., 2023). Ubicado en las latitudes ecuatoriales, es un escenario único y complejo por su biodiversidad e importancia ambiental. En este apartado se identificará las condiciones geográficas y ambientales, explorando como la relación entre estos factores dan forma y sentido a este entorno ambiental. La comprensión de estos elementos es fundamental al considerar el diseño y su emplazamiento en el Páramo andino, donde cada variable representa un factor a resolver en el diseño.

- **Suelo**

Sirven como depósitos de agua que gestionan el ciclo hidrológico, almacenando agua y liberándola cuando hay sequía. Se trata de una función medioambiental esencial que desempeñan. Además, los suelos volcánicos desempeñan un papel importante en el proceso de almacenamiento de carbono, ya que son responsables del almacenamiento de alrededor del 5 % del carbono orgánico que se encuentra en los suelos de todo el planeta (Buytaert et al., 2004).

- **Latitud altitud**

La franja de tierra incluida en los cuatro continentes y atravesada por la línea ecuatorial, situada entre los 11 grados de latitud norte y los 10 grados de latitud sur, corresponde a la región en la que se encuentran geográficamente los páramos (Serrano y Galárraga, 2015; Zapata, 2021).

- **Topografía**

Este ecosistema posee un terreno escarpado e inclinado en sus picos más altos, mientras que en las llanuras medias y bajas es plano y ondulado (Vasquez y Buitrago, 2011; Britto, 2017; Zapata, 2021).

- **Temperatura**

La temperatura media anual varía desde los 2 °C a los 10 °C, las máximas son de 25 °C durante el día y puede alcanzar temperaturas de 0 °C en las noches (Zapata, 2021).

Las temperaturas consideradas más bajas se dan durante los meses de

junio y agosto, mientras que las temperaturas más altas se dan en los meses más calientes de diciembre a febrero (Zapata, 2021).

- **Humedad**

La humedad relativa frecuentemente es muy alta, tiene variaciones entre el 80 y 98% en gran parte de la noche y durante el día (Morales et al., 2007).

- **Precipitaciones**

Se ha afirmado que la precipitación media anual en los páramos del sur de Ecuador oscila entre 1000 y 1300 milímetros (Hofstede et al., 2023). La evapotranspiración es muy baja y existe rocío matinal. Hay una distribución horizontal de las precipitaciones (Zapata, 2021). En esta zona del páramo la presencia de lloviznas es recurrente, representó hasta el 30 % de la precipitación anual entre los años 2011 y 2014 (Padrón et al., 2015; Hofstede et al., 2023).

- **Evapotranspiración**

Es la cantidad de agua que se pierde por transpiración y evaporación desde la superficie del suelo. Este flujo de agua en esta región tiene una media de 1,7 milímetros al día, con un rango que va desde los 1,6 milímetros al día durante los meses lluviosos hasta los 2,0 milímetros al día durante los meses comparativamente secos (Hofstede et al., 2023).

- **Vientos**

Al ser un ecosistema ubicado en zonas de gran altura, presentan vientos considerablemente fuertes en las vertientes expuestas a los valles interandinos como la cordillera de los Andes, donde existe un choque entre las corrientes y ráfagas (Morales et al., 2007).

- **Nubosidad**

Berrones et al. (2021) determinó que la niebla se da a primeras horas de la mañana y durante la noche, se estimó que el contenido de llovizna junto con la niebla puede aumentar la precipitación anual hasta en un 22 % (Berrones et al., 2022; Hofstede et al., 2023).

1.1.2 Áreas protegidas

La protección de áreas naturales es un compromiso con las futuras generaciones. Estas áreas tienen gran importancia en la conservación de la biodiversidad, cumplen un papel significativo como refugios para la vida silvestre y otorgan una serie de beneficios para las comunidades y su valor cultural. El enfoque y gestión de estas áreas van desde su conservación hasta su coexistencia con actividades humanas sostenibles.

Como menciona Dudley (2018) en un planeta donde la población aumenta y el uso del suelo es más regulado, existe un aumento en el interés en el medio ambiente, haciendo que estas áreas nos permitan interactuar con la naturaleza, ofreciéndonos un espacio natural que cada vez es más difícil encontrarlo.

El concepto de “área protegida” engloba una gran variedad de enfoques de gestión que van desde áreas altamente restringidas con acceso mínimo de personas, hasta parques en donde existe menor restricción.

En 2014, las áreas protegidas contribuyeron significativamente con el 35% a los ingresos turísticos del país. En 2012, el Gobierno Nacional decidió permitir la entrada libre a las áreas protegidas para los ciudadanos, lo que resultó en un aumento significativo en el número de visitantes, alcanzando dos millones para el 2015 (MAE, 2016).

Se definieron las 15 áreas naturales protegidas más visitadas en el Ecuador divididas en 3 grupos.

En el primer grupo se incluyen cuatro áreas protegidas que reciben alrededor de 200,000 visitantes cada año. Estas áreas son el Parque Nacional Machalilla, el Parque Nacional Cotacachi Cayapas y el Parque Nacional Cotopaxi (MAE, 2013). En el segundo grupo, se destacan tres áreas protegidas que reciben más de 100,000 visitantes cada año. Estas áreas son la Reserva Geobotánica Pululahua, Recreación Isla Santay y la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo (MAE, 2013). En el tercer conjunto, se encuentran ocho áreas protegidas que registran entre 15,000 y 100,000 visitantes. Estas áreas incluyen la Reserva Ecológica Los Illinizas, el Parque Nacional Antisana y el Parque Nacional Cajas que recibió 82,492 visitantes (MAE, 2013).

Las áreas protegidas desempeñan un papel crucial en la conservación y

preservación del ecosistema de Páramo andino en el Ecuador. Contribuyen a mantener el equilibrio ecológico y a garantizar la disponibilidad de recursos hídricos esenciales para las comunidades locales. Además, promueven la valoración de estos paisajes y su importancia cultural.

1.1.3 Gestión de áreas de protección natural

A nivel de ecosistema existe la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, denominada Convención de Ramsar, el cual es un acuerdo internacional que fomenta la conservación de los humedales y el uso responsable de sus recursos. Se trata del único tratado en el mundo orientado específicamente a un ecosistema en concreto. En 2002 se reconoció la importancia de los páramos a través de la Resolución VII.39 sobre los Humedales Altoandinos como Ecosistemas Estratégicos (Convención de Ramsar, 2002, resolución VIII.39).

En el Ecuador se definió una lista de sitios considerados Ramsar, entre los más importantes se encuentra la Reserva Ecológica El Ángel, Parque Nacional Cajas y el Complejo Llanganati (MAE, 2013).

Tomando en cuenta que los sitios Ramsar son áreas de protección natural, para la administración de manera efectiva de estas áreas, es fundamental comprender y aplicar el marco legal del país, para abordar las situaciones que puedan amenazar o poner en riesgo dichas zonas (MAE, 2013).

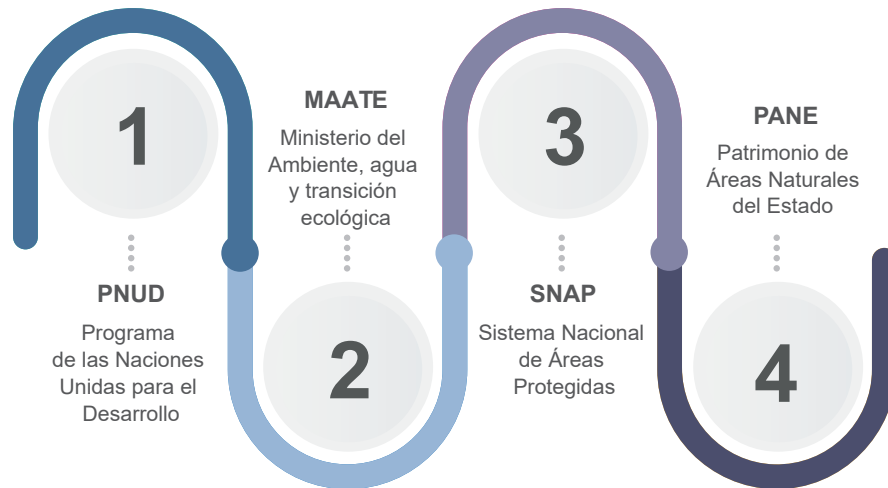
La entidad a cargo de las áreas protegidas a nivel internacional es la Organización de las Naciones Unidas (ONU) mediante el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la cual se encuentra vinculada con el Ecuador, es una red que ayuda a cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

El principal organismo a nivel Nacional es el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), encargado de la política ambiental del país. Actualmente se lo denomina Ministerio del Ambiente, agua y transición ecológica (MAATE).

Como suborganismo se encuentra el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), que es el conjunto de áreas de protección natural que garantizan la conservación y gestión de los recursos naturales de ecosistemas importantes a nivel terrestre, marino y terrestre marino (MAE, 2015). Este organismo abarca aproximadamente un área del 20% del territorio ecuatoriano (MAE, 2023).

Dentro del SNAP, existe un subsistema conocido como Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE). Según la constitución (2008), este subsistema está encargado de la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas (MAATE, 2023).

Gráfico 2: Organismos de gestión de las áreas protegidas.



Fuente: MAATE, 2023.
Elaboración: Propia, 2023.

1.1.4 Infraestructura en áreas protegidas

La infraestructura en el Páramo andino surge como un elemento crucial para atender las diversas necesidades de quienes acuden a estas Áreas Protegidas. Estas zonas no solo sirven como refugio para el descanso y estancia, sino que también se convierten en espacios para actividades recreativas, deportivas, observación de flora y fauna, así como para el Turismo de Intereses especiales e investigación.

El perfil del visitante promedio revela que el flujo hacia estas áreas suele realizarse en grupos reducidos, conformados por 3 a 4 personas, quienes exploran estas áreas lo suelen hacer en compañía de familiares o amigos. El 60% de estos usuarios se encuentra en el rango de 18 a 50 años de edad, seguido por un 24% de visitantes menores de 18 años y un 5% que son adultos mayores (Turismo, CONAF, & PNUD, 2017).

Esta variedad en la composición demográfica refleja la diversidad de motivaciones y expectativas de quienes buscan en el Páramo una conexión con la naturaleza. Ante esta demanda, el diseño y desarrollo de infraestructura se convierte en un factor determinante para satisfacer las necesidades y garantizar una experiencia óptima y sostenible para todos los visitantes.

Los efectos de una infraestructura destinada al turismo en una área protegida varía considerablemente según la ubicación y el diseño. Esta infraestructura puede abarcar una amplia gama de elementos, según Nel-lo Andreu (2004), existen diferentes tipos de infraestructura según el tipo de función:

- Equipamiento de acogida e información
- Senderos y miradores
- Alojamiento como hoteles, refugios y zonas de camping.
- Equipamientos y servicios básicos (Agua potable, sanitarios)
- Aparcamientos y muelles
- Equipamientos recreativos
- Equipamiento de investigación.

El principal desafío se encuentra en asegurar que estas instalaciones sean sostenibles, reversibles y que tengan la posibilidad de transportarse y colocarse en diversos lugares, respetando la armonía con los ecosistemas y las culturas locales (UICN, 2019).

Para que un área protegida pueda implementar el ecoturismo de manera efectiva, es esencial que en sus planes de gestión se contemple la implementación y planificación adecuada del equipamiento requerido, lo que ayudará también a actividades de conservación, vigilancia e investigación. Al igual que toda actividad, el turismo tiene efectos sobre estas áreas protegidas, pero se pretende que estos tengan un impacto positivo en su mayoría.

a) Impacto ambiental:

Proporcionar educación sobre temas relacionados con la conservación; fomentar el aprecio por los recursos naturales mediante el desarrollo de experiencias; crear conciencia sobre el valor de los recursos naturales y concientizar sobre su importancia de su conservación; respaldar la investigación y el desarrollo de buenas prácticas ambientales.

b) Impacto económico:

Generar beneficios económicos a nivel nacional, regional o comunitario para fortalecer el compromiso con la conservación de áreas naturales; aumentar la creación de empleos e ingresos para los residentes locales; mejorar la infraestructura local, el transporte y los sistemas de comunicación para garantizar la viabilidad a largo plazo; promover el crecimiento de la producción local; facilitar el aprendizaje de nuevas habilidades por parte de los empleados.

c) Impacto social:

Mejorar los estándares de vida de las personas que viven en estas regiones; facilitar la educación medioambiental dirigida tanto a los turistas como a la población local; fomentar una apreciación más profunda de los valores culturales; establecer entornos atractivos en lugares turísticos que faciliten nuevas oportunidades recreativas; mejorar la salud tanto física como mental mediante actividades recreativas como la escalada, el senderismo y la acampada, entre otras actividades.

Así como existen beneficios a nivel de turismo, en la implementación de infraestructura, también existen efectos ambientales negativos, y abarcan aspectos como la contaminación del agua, la alteración visual y sonora, así como la introducción de especies invasoras. Es importante destacar que la influencia en el entorno va más allá de la propia infraestructura, también están los efectos durante la construcción que abarcan la iluminación, el ruido, la circulación de vehículos y actividades de excavación, lo que provoca contaminación del agua y el aire, la generación de residuos, la introducción de plantas y animales no autóctonos.

La infraestructura de gran tamaño puede resultar en la fragmentación de hábitats, mientras que la creación de nuevos senderos pueden contribuir a la propagación de especies invasoras. El incremento en el número de visitantes, conlleva un aumento de los impactos ambientales y a su vez la necesidad de tomar medidas para fortalecer la protección del área (UICN, 2019).

Para mitigar los efectos negativos en estas áreas, se han analizado diversos enfoques de gestión según Buckley. Dirigir a los visitantes a áreas designadas que cuenten con todas las facilidades tecnológicas. También situar los equipamientos de gran tamaño, como hospedaje, servicios de alimentación y centros de transporte, en espacios ubicados fuera de los límites del área protegida. Este principio también se aplica a infraestructuras como líneas de alta tensión, torres de telecomunicaciones, vías de gran magnitud y represas para centrales hidroeléctricas (UICN, 2019).

Dentro de la infraestructura de alojamiento antes mencionada nos centraremos en los refugios de alta montaña. La importancia de estos refugios radica en dar protección ante condiciones extremas climáticas, por lo que el confort pasa a estar en segundo plano. Se caracterizan por su autosuficiencia, ya que están ubicados en zonas de difícil acceso, donde generalmente no existe alcantarillado, energía eléctrica y agua. En Ecuador existen varios refugios, los cuales fueron construidos entre los años 1970 y 1980, está el refugio José Ribas en el volcán Cotopaxi, Hermanos Carrel y Whympen en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo y Ruales Oleas Bergé en el Parque Nacional Cayambe Coca.

Según indica Nel-lo Andreu (2014) existen varios criterios a tomar en consideración en el diseño de esta infraestructura según su ubicación, utilidad, diseño y construcción. En el Gráfico 5 se pueden identificar los más importantes para la implementación de la propuesta.

Gráfico 3: Criterios de diseño para infraestructura en áreas protegidas.



Fuente: Nel-lo Andreu, 2014.
Elaboración: Propia, 2023.

La protección y conservación de las áreas protegidas, se sostiene sobre una red de normativas y regulaciones que resguardan este ecosistema de alta montaña, preservando su biodiversidad. La aplicación de estos reglamentos nos ayuda a marcar pautas que influyen en la implementación de una infraestructura en armonía con la protección y conservación de este entorno natural. El Ministerio del Ambiente (MAE) determinó la siguiente:

Reglamento Especial de Turismo en Áreas Naturales Protegidas del 05 de septiembre de 2002

Art. 4.- “Toda ejecución de obra o establecimiento de infraestructura de naturaleza turística en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas se someterá a un Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental, conforme a las normas de la Ley de Gestión Ambiental, su reglamento y Plan de Manejo del Área, para obtener la correspondiente autorización administrativa del Ministerio del Ambiente.”

Gráfico 4: Laguna Toreadora en el Parque Nacional Cajas.



Fuente: María Fernanda Moscoso, 2018.

1.2 Arquitectura sustentable

1.2.1 Arquitectura Bioclimática

Trata de diseñar edificaciones considerando las condiciones climáticas y aprovechando los recursos naturales disponibles, como la luz solar, la vegetación, la lluvia y los vientos, con el propósito de minimizar los impactos ambientales. Su objetivo radica en disminuir el consumo de energía mediante el uso de materiales, principalmente locales, que se ajusten a las características climáticas del entorno. La construcción bioclimática se encuentra estrechamente relacionada con la edificación ecológica, la cual se centra en estructuras o métodos constructivos que actúan de manera responsable con el medio ambiente, empleando de manera eficiente y consciente los recursos a lo largo de todo el ciclo de vida de una construcción (Moreno & Carreño, 2019).

Givoni considerado uno de los arquitectos especialistas en Arquitectura bioclimática más reconocidos del mundo, planteó un modelo por medio del cual, la colocación de valores meteorológicos como temperatura y humedad, permiten trazar las características climáticas de un sitio en un diagrama que nos permite interpretar la aplicación de estrategias de diseño, con el fin de resolver un proyecto dentro de los rangos de confort. No obstante se aclara que existen ciertas condiciones climáticas extremas que necesitan estrategias activas para lograr confort.

1.2.2 Arquitectura ecológica

Desde la perspectiva de Francis D. K. Ching e Ian M. Shapiro, autores del libro "Arquitectura ecológica. Un manual ilustrado", un edificio ecológico se describe como una estructura que tiene un efecto muy reducido en el medio ambiente y ofrece una atmósfera interior propicia para la salud de las personas.

Así mismo definen varios principios básicos a tener en cuenta para desarrollar un edificio ecológico: Ecología Relativa y Absoluta, Cargas y Capas, Continuidad, Proyecto Holístico, Proyecto Integrado, Costes y Modelos de simulación energética.

- **Ecología Relativa y Absoluta**

Ambos autores discuten la necesidad de definir objetivos precisos de consumo de agua o energía por unidad de superficie del edificio, así como el control del efecto medioambiental y las cuestiones de salud que han cobrado mayor importancia en los últimos años. Como parte del proceso de toma de decisiones, es vital tener en cuenta los usos previstos del edificio. Además, es necesario determinar los requisitos adecuados de consumo de agua y energía, y también es necesario hacer las estimaciones correspondientes del consumo real de estas categorías.

- **Cargas y Capas**

Los edificios sirven como infraestructuras protectoras frente a una amplia variedad de tensiones externas, que incluyen, entre otras, las temperaturas severas, los vientos fuertes, la lluvia, el sol, la humedad, la radiación solar, la humedad y la contaminación. Los componentes de la estructura que nos protegen de los elementos reciben el nombre de "capa de protección". El aislamiento térmico de una pared es una capa protectora que controla el efecto de la temperatura, del mismo modo que el revestimiento exterior de una estructura es una capa protectora que actúa como barrera contra la radiación UV, el viento, la lluvia y otras cargas. Ambas capas se encargan de regular la intensidad de la temperatura.

- **Continuidad**

Otro principio del proyecto ecológico reside en asegurar la continuidad de cada una de las capas de protección. Las discontinuidades como huecos o espacios vacíos, puentes térmicos que interrumpen el aislamiento térmico, ventanas con filtraciones, chimeneas, conductos de ventilación, entre otros; son solo algunos ejemplos que pueden debilitar las capas de protección.

- **Modelos de simulación energética**

Se destaca la importancia de los modelos de simulación energética en la evaluación de proyectos arquitectónicos pues permiten analizar en detalle el cálculo de paredes, ventanales, volúmenes, sistemas de calefacción, iluminación natural, controles energéticos, etc., proporcionando información muy valiosa para el diseño arquitectónico de un edificio ecológico.

1.2.3 Confort

La calidad de vida en un hogar está vinculada al bienestar y confort que experimenta su usuario. Es posible definir el confort como las circunstancias ambientales que se consideran aceptables en un lugar habitado en el que los individuos realizan sus actividades cotidianas. Este concepto está influenciado por numerosos factores, tanto físicos como psicológicos. En el aspecto físico del confort, interfieren elementos biológicos, físicos y constructivos, mientras que en el aspecto psicológico, se consideran aspectos culturales, antropológicos y constructivos (López, 2003; Huiracocha & Sánchez, 2019).

- **Confort Térmico**

Es posible experimentar confort térmico cuando el calor producido por el metabolismo es equivalente a la cantidad de calor que se emite al ambiente, y cuando ninguna parte del cuerpo experimenta sensaciones de frío ni de calor. Para garantizar la comodidad y seguridad del usuario, el diseño debe incluir dimensiones, mobiliario y materialidad adecuados, así como métodos activos de refrigeración o calefacción (Huiracocha & Sánchez, 2019).

- **Confort acústico**

El resultado está determinado por las condiciones óptimas de reproducción sonora y la ausencia de sonidos no deseados, ya sean de baja intensidad o excesivos (Huiracocha & Sánchez, 2019). Para conseguir el confort acústico en un ambiente es necesario proporcionar las condiciones adecuadas que permitan que la actividad se desarrolle sin percepción de ruido.

- **Confort lumínico**

Está vinculado con la luminosidad presente, el potencial deslumbrante y la accesibilidad a la luz solar (Bustillos, 2017). Se logra cuando en un entorno no se genera fatiga visual, lo cual está directamente relacionado con la gestión de la iluminación. Esto implica que tanto la entrada de luz natural durante el día como la luz artificial proporcionada en la noche deben ser cuidadosamente controladas en términos de cantidad y distribución, adaptándose a las tareas y actividades específicas a realizar en el espacio (Huiracocha & Sánchez, 2019).

1.2.4 Diseño Flexible

La arquitectura adaptable es una expresión que puede utilizarse para caracterizar este término. Según Bubner (1979), la arquitectura adaptable se define como aquella que puede modificarse en función de las distintas demandas de los usuarios y contiene rasgos como la planificación del periodo útil, la conformidad y la movilidad o transportabilidad. (Pinto, 2019).

Si bien “adaptable” es sinónimo de “flexible”, lo mejor es hablar de arquitectura flexible, pues contempla otros ámbitos como la capacidad de ser efímera.

La adaptabilidad de un espacio mejora notablemente con el uso de tecnologías flexibles, lo que también genera beneficios en términos de optimización tanto de su funcionalidad como de sus costes.

El método portátil es considerado la forma más sencilla de transporte, ya que consiste en trasladar una estructura en su totalidad. Una de las ventajas de este sistema es que es de fácil y rápido montaje. Debido a su tamaño, es factible transportar parte del sistema de transporte incluido dentro de la propia edificación, además de las instalaciones eléctricas, hidráulicas y telefónicas que están integradas en la infraestructura (Pinto, 2019).

El modelo que es característico del diseño flexible es la vivienda prefabricada en la que todas sus piezas son construidas y ensambladas en fábrica. Entre sus principales características está su innovación y preocupación social ya que pretende ser asequible y ambientalmente amigable (Pinto, 2019).

Dentro del modelo de viviendas prefabricadas se encuentran los contenedores. Por su versatilidad, asequibilidad y reutilización, ofrecen una respuesta realista y rentable a la estandarización de edificaciones. Son de acero corten y tienen formas sencillas; se fabrican para resistir condiciones extremas como huracanes y terremotos, la intemperie, el frío, el calor, el viento, la lluvia, el agua salada e incluso; se dimensionan y fabrican para facilitar su agrupamiento, y de forma que los medios de transporte existentes puedan transportarlos según su carga y dimensiones.

El uso de contenedores demuestra un enfoque sostenible y un interés por los sistemas autosuficientes. Quienes utilizan materiales reciclados como contenedores tienden a incorporar tecnologías autosuficientes (Pinto, 2019).

1.2.5 Espacios mínimos

El crecimiento urbano ha llevado a que el diseño de proyectos se vea limitado, planteando el desafío de crear espacios de alta calidad cada vez con más restricciones. Esto ha aumentado las posibilidades que ofrece la arquitectura de dimensiones mínimas, optimizando cada área disponible para obtener un hábitat eficiente y funcional. El espacio vital mínimo tiende a buscar la esencia de cada componente que constituye un hogar; se esfuerza por lograr un equilibrio entre la sencillez y el tamaño de los objetos. (García, 2022).

Según el análisis de Huiracocha y Sánchez (2022) a cerca de los espacios subutilizados en una vivienda, según el libro “Las medidas de una casa” de Xavier Fonseca (1991), se definieron los siguiente espacios y sus optimizaciones.

a) Sala

Se establece que se requiere un tamaño mínimo de 9 m² de área. Se puede disminuir el tamaño del espacio y al mismo tiempo optimizar su funcionamiento a través del diseño y colocación del mobiliario de tal manera que que cumpla varias actividades.

b) Comedor

Neufert (1995) sugiere que un espacio mínimo para cuatro personas debe ser de un metro por un metro y medio, con circulación que fluya desde un lado de la mesa.

Se busca optimizar el comedor ya que, a pesar de ser un lugar de reunión, no es muy utilizado por los usuarios. Por ello, la mesa, debe ser adaptable a las necesidades de los usuarios. En el caso de que se necesiten más asientos, la mesa debe expandirse y volver a su estado inicial cuando sea necesario.

c) Estudio

Según Fonseca (1991), una mesa de estudio debe tener como dimensiones mínimas 0,75 metros por 0,6 metros. En esta zona se debe tener en cuenta las actividades de lectura y almacenamiento en la mesa. Se puede adaptar a otros espacios adicionales de una vivienda como por ejemplo la sala.

d) Cocina

Se determina que la distancia mínima entre encimeras es de 1,05 metros. Tanto la secuencia en que se preparan los alimentos, como las actividades que se desarrollan simultáneamente deben respetarse en esta área. Además, la distribución de los equipos y su tamaño pueden cambiar de acuerdo con las necesidades de las personas que los utilizarán.

e) Baño

Fonseca (1991) sugiere una distribución con ducha en un área de 4,60 m². Neufert (1995) describe diferentes tipos de baños con dimensiones estimadas de 1,85 metros cuadrados.

Este espacio tiene un importante potencial de optimización; no obstante, para que cumpla su función, debe estar equipada con un inodoro, un lavabo y una ducha o una bañera.

f) Dormitorio

Tanto el tamaño de la zona como el mobiliario vendrán determinados por la cantidad de personas que vayan a utilizarla. Según Fonseca (1991), el espacio mínimo necesario para dos personas es de 7,14 m², mientras que en el caso de una sola persona es de 2,86 m².

Este espacio puede tener un carácter multifuncional y albergar actividades que requieran intimidad o concentración. Se puede sugerir un espacio que pueda transformarse y adaptarse a las necesidades del usuario, ya que la necesidad de descansar no es necesaria durante el día.

g) Pasillos

Las dimensiones mínimas necesarias para que una persona se desplace lateralmente por un pasillo que tiene obstáculos físicos son de 35 centímetros, mientras que las dimensiones mínimas necesarias para avanzar frontalmente son de entre 55 y 60 centímetros.

1.2.6 Normativa

Se realizó la investigación de la normativa Ecuatoriana de la Construcción en la cual abarca temas para la definición de criterios para el confort en edificaciones.

Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC 11)

Capítulo 13 “Eficiencia energética en la construcción en Ecuador”

Según la normativa en términos de confort, se debe cumplir con las siguientes características técnicas:

- Confort Térmico

Temperatura del aire ambiente entre 18 y 26 grados

Velocidad del aire entre 0,05 m/s y 0,15 m/s

Humedad relativa entre el 40% y 65%

- Niveles de iluminación, deslumbramiento y rendimiento de color

Para satisfacer estas necesidades se deben cumplir ciertos parámetros como distribución de la luminancia, iluminancia, deslumbramiento, direccionalidad de la luz, color de la luz y superficies, parpadeo y luz natural.

- Ventilación y calidad del aire

El intercambio de aire entre el interior y el exterior de una edificación sirve para la regulación de temperatura. Para lograr un confort en este aspectos necesario diseñar los caudales de renovación del aire se utiliza la categoría tipo B en las que se encuentran edificios públicos, oficinas, viviendas, hoteles, restaurantes, etc.

- Ubicación

En zonas con climas húmedos se recomienda ubicar la edificación en zonas elevadas para disminuir la humedad y aumentar la ventilación.

- Orientación

La orientación de la fachada principal con respecto a los vientos predominantes. Es recomendable que los ejes longitudinales se encuentren en esa dirección.

Forma

En climas fríos es recomendable que la edificación sea compacta, bien aislada constructivamente y con mínimas infiltraciones de aire

Ganancia y protección solar

En zonas climáticas frías se debe favorecer la incidencia de la captación solar sobre superficies vidriadas. Una estrategia para almacenar la radiación solar es el usos de materiales que permitan la acumulación de calor en la fachada y muros interiores.

Ventilación y calidad del aire

En zonas climáticas frías es indispensable que no exista pérdida de calor en espacios interiores por infiltraciones de aire.

1.2.7 Guía para el diseño de instalaciones turísticas en áreas protegidas

La guía surge de la necesidad de establecer una infraestructura sostenible, motivada por el crecimiento de la afluencia de visitantes en las Áreas de Protección Natural. Su propósito principal radica en proporcionar estrategias y criterios para estandarizar las intervenciones de este tipo, abarcando aspectos desde su materialidad hasta de diseño.

La guía pertenece al Gobierno de Chile, en su Plan Nacional de desarrollo turístico sustentable y se utilizará como guía para el desarrollo de la propuesta del presente trabajo de investigación, a nivel Nacional el Ecuador solamente dispone del documento: "Manual de Mantenimiento de Infraestructura en el Patrimonio de Áreas Naturales del Estado".

Se debe seguir ciertos principios de diseño, construcción, uso y forma; como base conceptual para el diseño de infraestructura turística en áreas protegidas, con el fin de crear experiencias que integren a los visitantes con la preservación del ecosistema. Existen tres principios de diseño arquitectónico que son necesarios implementar en el diseño de infraestructura pública en un Área Protegida.

- Puesta en valor

Se busca generar el desarrollo de nuevas actividades recreativas que mejoren la experiencia del visitante y que a su vez promuevan el desarrollo local de las comunidades. Cada espacio cuenta con su propia identidad cultural, por lo que la infraestructura debe estar relacionada con la incorporación de elementos propios del lugar.

- Reversibilidad

Es la capacidad que tiene una edificación de ser reversible a tal punto que el lugar vuelva a su estado previo a la intervención. La propuesta debe considerar la aplicación de técnicas funcionales y constructivas para implantarse en el terreno de forma sustentable y respetando el ecosistema.

- Mínimo impacto

Las instalaciones deben prever el uso de sistemas sustentables tanto de construcción como de energías renovables. La propuesta debe promover

la mínima huella de carbono en todo el ciclo de vida de la edificación, desde su planificación, construcción y uso; utilizando estrategias del mismo entorno.

Del mismo modo, para construir una infraestructura pública integradora y de calidad, hay que tener en cuenta tres factores.

La contribución a la preservación del medio ambiente, que permitirá a las generaciones futuras hacer uso de la zona, es el primer beneficio de este fenómeno. La influencia en los ecosistemas, desde la fase de construcción hasta la de explotación y uso, es el segundo elemento. Además, el tercer punto se refiere al hecho de que las instalaciones deben poder financiarse y mantenerse a lo largo del tiempo. Desde este punto de vista, es de suma importancia que el diseño tenga en cuenta las cualidades del lugar, como sus componentes bioclimáticos, la accesibilidad y la disponibilidad de materiales autóctonos de la zona. Por último, deben ser integrales, funcionales y capaces de satisfacer las necesidades de los usuarios. Además, deben poseer la característica de establecer un sentido de identidad y pertenencia dentro de la región natural protegida.

Para conseguir la sustentabilidad del proyecto a nivel ambiental, económico y social; la infraestructura deberá incorporar los siguientes principios a su diseño.

- Inclusividad: El diseño debe ser de fácil uso y adaptado para cualquier tipo de persona.
- Flexibilidad: La generación de espacios que cumplan diversas funciones según las necesidades.
- Funcionalidad: El diseño tiene que ser simple e intuitivo, con dimensiones adecuadas para cualquier tipo de usuario.
- Información clara: Tiene como objetivo generar una interacción con el usuario, mediante distintas formas de información.
- Diseño seguro: El diseño debe prever accidentes, mediante la reducción de peligros y actividades que requieran riesgos.

En el Anexo A se puede identificar la infraestructura turística necesaria para acoger al turismo sustentable, dentro de estas zonas de uso público.

1.3 Tiny House

El concepto arquitectónico de las Tiny House abarca una perspectiva similar en todas sus edificaciones “menos espacio es más”. Este movimiento social busca reducir el tamaño de las edificaciones sin sacrificar el confort, persiguiendo una mayor libertad financiera al romper con las obligaciones de grandes hipotecas y elevados costos de mantenimiento asociados a las residencias convencionales (Cabrera, 2018).

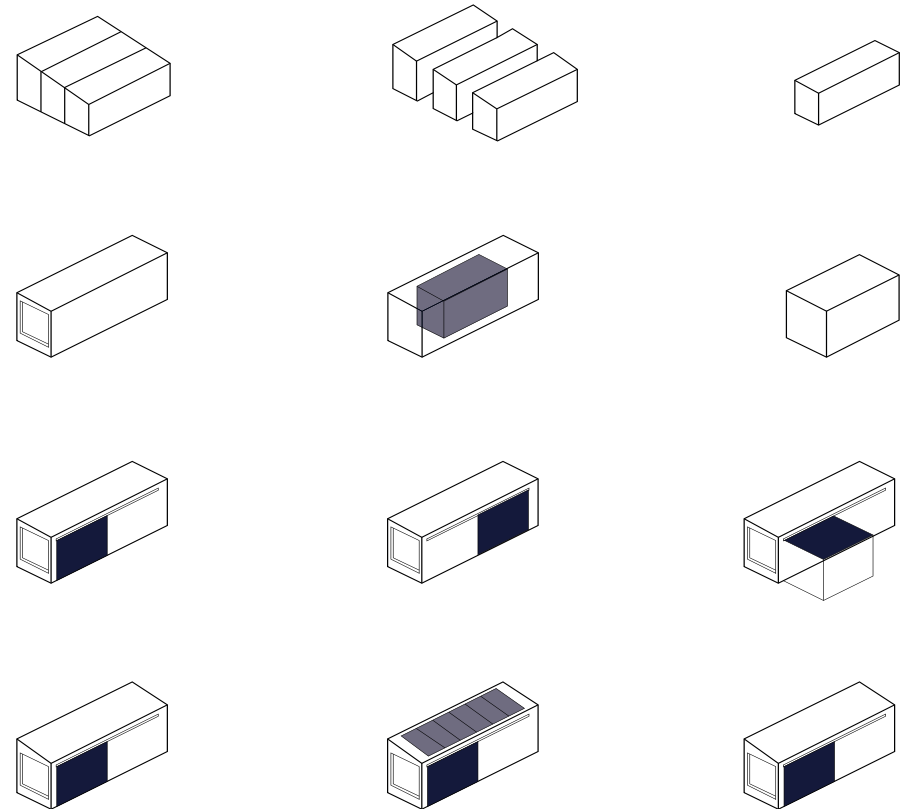
Las viviendas que forman parte de esta tendencia se diferencian por el uso inteligente y eficaz de los espacios, que incluye desde el programa y la distribución hasta las zonas, la formalidad, la estructura y el grado de automatización. Aunque la economía es una de las razones para elegir este tipo de edificaciones es crucial señalar que el movimiento también se caracteriza por la estética y sustentabilidad (Anson, 2014; Huiracocha & Sánchez, 2019).

Las Tiny house destacan por su sencillez formal y material durante el proceso de construcción. Esto se debe a los procesos de prefabricación e instalación, así como a los distintos métodos de construcción que simplifican el trabajo y reducen la cantidad de tiempo y mano de obra que conlleva el proceso. La casa Tiny se caracteriza por su sencillez (García, 2022).

Otro aspecto fundamental es el respeto por el medio ambiente, pues la Tiny House busca minimizar los recursos y la huella de carbono desde la fase de construcción hasta su ocupación, utilizando materiales ecológicos como la madera, materiales reciclados, sistemas de aprovechamiento energéticos, paneles solares, entre otros.

La funcionalidad es otra característica esencial de este tipo de construcciones, gracias a la flexibilidad en el diseño de los espacios interiores, pues cada rincón se utiliza de manera eficiente, asignando funciones específicas a diferentes áreas, convirtiéndose así en un entorno polifuncional. Además, se valora la adaptabilidad para habitar el espacio exterior, permitiendo la creación de terrazas o áreas de llegada media (García, 2022).

Gráfico 5: Características de una Tiny House.



Fuente: García, 2022
Elaboración: Propia, 2023.

1.3.1 Tipología

Dentro de la noción de Tiny House se pueden encontrar diferentes tipologías. Estas tipologías se basan en la espacialidad, permanencia y transportabilidad de la casa diminuta. García (2022) sugiere que esta colección de tipologías que se asocian a los principios de una arquitectura mínima debería organizarse en las siguientes categorías:

- Edificio Permanente

Son residencias mínimas que ocupan el espacio interior de una estructura, como un edificio existente que divide las propiedades de su interior en habitaciones más pequeñas con el fin de generar un mayor beneficio.

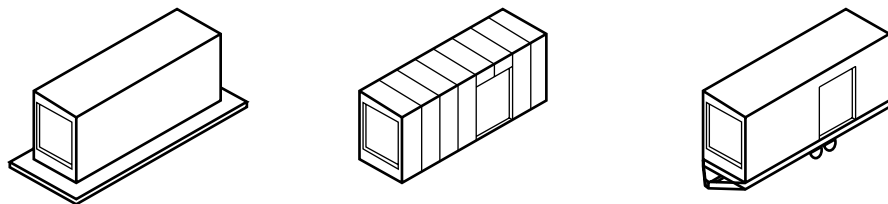
- Modular

Cuando las estructuras se construyen utilizando la modulación, toman importancia consideraciones adicionales, como la prefabricación, el peso ligero, el montaje y el transporte. Todos estos aspectos son cruciales. En lo que respecta al diseño, el módulo debe partir de una forma sencilla, fácilmente transportable y capaz de posicionarse en función de su estructura.

- Transportable

En este apartado se encuentran las denominadas autocaravanas, vehículos acondicionados para tener una vida confortable en el interior optimizando al máximo la espacialidad.

Gráfico 6: Tipología de las Tiny House.



Elaboración: Propia, 2023.

1.3.2 Normativa y sustento legal

Debido a que el prototipo está pensado para ser implantado en territorio ecuatoriano, se tomó en consideración la Reforma Reglamento a la Ley de Caminos de la República del Ecuador.

Para el diseño de la plataforma que servirá de soporte para el modelo se requiere de los certificados y permisos de operación para su circulación y registro, estos deben seguir las regulaciones que imponen el Reglamento con respecto a las dimensiones y el peso de la carga que será transportada, según el tipo de remolque especificado en la Tabla 3.

Tabla 3: Características del remolque o camión.

Tipo	Descripción	Peso máximo permitido (ton)	Dimensiones (m)		
			Largo	Ancho	Altura
2DA	Camión de 2 ejes mediano	10	7,50	2,60	3,50
2DB	Camión de 2 ejes grandes	18	12,20	2,60	4,10
T2	Tracto camión de 2 ejes	18	8,50	2,60	4,10
R2	Remolque de 2 ejes	22	10,00	2,60	4,10

Fuente: Tabla Nacional de pesos y dimensiones, Normas de aplicación para el control de pesos y dimensiones a los vehículos cuyo peso bruto vehicular sea igual o superior a 3.5 toneladas. Segundo Suplemento del Registro Oficial No. 103, 2022. Elaboración: Propia, 2023.

1.3.3 Sistema Constructivo

La prefabricación es una de las tecnologías que ha transformado la construcción de forma responsable tanto desde el punto de vista medioambiental como económico. Esta técnica se ha convertido en la principal forma de construcción de la Tiny House debido a sus cualidades, que incluyen la modulación, un mejor control de la ejecución, la utilización de materiales secos, la ligereza y la uniformidad de los materiales.

En este apartado se describirán los tipos de chasis para las Tiny House transportables, la diversidad constructiva y las diferentes tipologías del muro y sus envolventes.

- **Chasis**

Las Tiny House transportables requieren un chasis para reposar la estructura. Está compuesto por un sistema de ruedas con una estructura metálica de acero galvanizado que aligera y rigidiza todo el conjunto. El peso de carga debe estar equilibrado correctamente para evitar que se incline hacia atrás y levante las ruedas traseras o provoque conflictos en el frenado y el control del vehículo (García, 2022).

- **Estructura**

Existen dos tipos de sistemas constructivos que son los más utilizados, el sistema “framing”, y el sistema de vigas y columnas.

El primer sistema de framing es el Steel Frame, que usa perfiles metálicos de acero galvanizado ensamblados para formar un entramado, siendo los perfiles en U los más comunes. Cada perfil cuenta con perforaciones que facilitan la instalación de sistemas de instalaciones y puede incluir aislantes entre sus espacios para mejorar las propiedades térmicas y acústicas. Tiene varias ventajas como la velocidad de construcción por ser un material trabajado en seco y su ligereza para facilitar la manipulación y minimizar el desperdicio de materiales.

El segundo sistema de framing es el Wood Frame, una estructura compuesta por un entramado de perfiles de madera como el pino y el eucalipto, garantizando un sistema de construcción sostenible, adaptable, reciclable y reutilizable. Su ligereza permite la construcción en seco, optimizando los tiempos de la obra y ofrece propiedades térmicas más eficientes que el

acero galvanizado.

El otro sistema constructivo es el de vigas y columnas que utiliza una estructura de acero laminado y requiere de un entramado interior de tipo Framing para los revestimientos, por lo que debe tenerse en cuenta su peso para su transporte. En la mayoría de los casos, los perfiles que se utilizan son IPE, HEB, UPN y angulares. Las uniones pueden realizarse mediante tornillos o soldadura (García, 2022).

- **Paneles**

Los paneles SIP o paneles sándwich, se encuentran en paredes, cubiertas y bases para edificaciones. Estos paneles machihembrados no tienen estructura interna y están compuestos por tableros OSB (Oriented Strand Board) en los extremos y una capa central de aislante rígido, generalmente poliestireno expandido de alta densidad (EPS). Con medidas estándar de 1.22 x 2.44 metros y un espesor variable de 10 a 20 centímetros, se ensamblan mediante piezas de madera atornilladas entre sí, y evitan la humedad con un revestimiento que garantiza tanto la impermeabilidad como la transpiración del muro. Destacan por su rapidez de construcción y hermeticidad gracias a que el EPS no permite circulación de aire, reduciendo las filtraciones de agua. Estos paneles minimizan residuos y demuestran compromiso ecológico (García, 2022).

Por otro lado, los tableros OSB, utilizan madera de rápido crecimiento y aprovechan un alto porcentaje del tronco, aunque incorporan un 2% de aislante derivado del petróleo, siendo el resto aire. Para contrarrestar la humedad, se instala una barrera de vapor en el exterior del panel que impide la entrada de humedad mientras permite la transpiración.

- **Containers**

El contenedor, originalmente diseñado para el transporte marítimo de mercancías, ofrece ventajas arquitectónicas al adaptarse a las necesidades y proporciones humanas, destacando por su rapidez en ejecución de un edificio, estructura y rigidez, economía y la posibilidad de ampliación mediante otros módulos. Según Kotnik (2008), un contenedor usado puede costar aproximadamente 1.500 dólares, por otro lado uno nuevo alcanza los 4.000 dólares, valor justificado por la estructura y el aislamiento que ofrece. Construido con láminas corrugadas de acero, el contenedor proporciona

robustez, firmeza y resistencia a la corrosión. Dado su carácter volumétrico y metálico requiere capas adicionales para garantizar el confort térmico

Al ser transportable no requiere excavación ni altera significativamente el terreno, permitiendo que el suelo mantenga su integridad natural. Esto facilita la reubicación sin impactar de manera significativa el entorno original. En consecuencia, el montaje de los módulos es más ágil, menos invasivo y más práctico.

El peso es un factor relevante debido a su estructura metálica; por ello, al elegir viviendas transportables, se debe considerar el equilibrio del peso de la Tiny House. También se debe tomar en cuenta las dimensiones para su distribución espacial en el interior. En el mercado existen varios tipos de contenedores según las dimensiones de largo, ancho y altura.

Gráfico 7: Container Experience Home de Estudio Nómada.



Fuente: Luis Barandiarán, 2023.

• Revestimiento

El componente encargado de proporcionar protección al edificio es el revestimiento exterior., además del aspecto formal tiene la finalidad de generar confort en el ambiente interior de una edificación. Al ser un diseño construido en taller y posteriormente trasladado al sitio, se debe tomar en cuenta la adaptabilidad de los materiales utilizados (García, 2022).

- Madera

El creciente uso de la madera como revestimiento se debe a su capacidad para brindar una integración natural con el entorno. Generalmente, en los acabados se emplean tablas o lamas de madera, que pueden ser de diferentes tipos como madera maciza, tratada, termotratada o laminada.

Estas piezas suelen unirse mediante machihembrado para garantizar una conexión sólida para prevenir filtraciones de agua y humedad.

- Fibrocemento

Este material es una mezcla de fibras de arena, cemento y celulosa, se convierte en un material robusto y ligero para revestimientos exteriores. Se lo fabrica en paneles de 2.44 x 1.22 metros y ofrece múltiples ventajas como su alta impermeabilidad ideal para áreas húmedas, además de su instalación rápida y sencilla. Se destaca por su resistencia al fuego, una característica a comparación de la de la madera y los metales.

- Metales

El revestimiento exterior con metales ofrece una amplia gama de opciones, desde láminas de zinc, acero inoxidable, aluminio hasta titanio y cobre. Destacan por su versatilidad para adaptarse a formas curvas o ángulos y su ligereza en comparación con la madera. A pesar de su impermeabilidad, en fachada requieren de un buen aislamiento y juntas para prevenir la filtración de agua.

1.3.4 Instalaciones

- **Sistema de instalación de AFS**

Los módulos transportables necesitan tanques para el almacenamiento de agua. Las autocaravanas, generalmente están diseñadas para albergar 2 adultos y 2 niños durante dos días con aproximadamente 100/120 litros de agua que duran alrededor de 3 días según empresas que se dedican a la venta de accesorios para autocaravanas.

Por lo general, la Tiny House está diseñada para alojar a una o dos personas. Por este motivo, se recomienda aumentar la capacidad de almacenamiento, lo ideal es que el depósito sea de tres mil litros. Sin embargo, dado que la Tiny House es una casa móvil, el tamaño del almacenamiento de agua y su capacidad deben ajustarse a las necesidades de espacio y transporte. Por lo que se estima para almacenaje interno un tanque de 500 litros (García, 2022).

- **Sistema de ACS y calefacción**

La opción más sostenible y autónoma es la energía solar, obtenida a través de paneles fotovoltaicos que captan la radiación solar para convertirla en energía eléctrica.

El sistema depende de baterías solares para almacenar la energía generada, además de un inversor que transforma la corriente continua en alterna, adecuándose a los aparatos del hogar. En algunos casos se requiere un transformador para adaptar los voltios necesarios para electrodomésticos y dirigir la energía a las tomas correspondientes.

Debido a que sólo se necesita un punto de luz para activar la bomba de calor y crear agua caliente, la aerotermia es la opción más idónea para la calefacción y el agua caliente. Además, es posible calentar el espacio utilizando equipos como aire acondicionado, calefacción y deshumidificadores.

- **Sistema de reutilización de aguas grises**

La Tiny House, está relacionada con la disminución de la huella de carbono, incluyen la reutilización de aguas grises en su filosofía. Estas aguas son residuos domésticos, divididas en aguas claras (lavabo, ducha, bañera)

y oscuras (fregadero, lavadora, lavavajillas). Hay diversas tecnologías de tratamiento, desde físico-químicos hasta biológicos.

Se utilizan bombas de presión para llevar a cabo la tarea de mantener un caudal constante. Las aguas grises se reciclan para utilizarlas en las cisternas de los inodoros, el riego o el lavado después de haberlas sometido a tratamiento.

Tras la recogida del agua del lavabo y la ducha, el agua pasa por un filtro de tratamiento antes de llegar al depósito. A éste se conectan la salida de agua a un grifo exterior, la lavadora y el inodoro, que a su vez está conectado a una bomba de presión. El sistema demanda un depósito para almacenar estas aguas, requiriendo consideraciones de peso y ubicación para el transporte de la edificación.

- **Sistema de saneamiento**

Este sistema está encargado de recolectar las aguas grises, ya sean claras u oscuras, las conduce hacia estaciones depuradoras de aguas residuales. Para las Tiny House, los sistemas de tratamiento varían según su permanencia y movilidad.

En estos casos se necesita un sistema de tratamiento de aguas residuales, las cuales se depositan en un tanque aséptico, generalmente ubicado debajo del baño de la Tiny House. Estos desechos se depositan en áreas designadas para autocaravanas, donde hay sistemas de alcantarillado disponibles para evacuar las aguas grises, tanto claras como oscuras.

1.4 Conclusiones

Los Páramos andinos cuentan con condiciones ambientales y meteorológicas que requieren especial atención. Además de albergar a comunidades locales, son parte de áreas naturales que requieren protección por sus propiedades hidrológicas.

Entre la infraestructura planificada para estos espacios se encuentra centro de visitantes, de alojamiento, servicios básicos y oficinas de investigación y control. Para la implementación de estas instalaciones se debe mantener ciertos criterios mencionados por algunos autores, entre los que destacan la planificación, el mínimo impacto, sostenibilidad, reversibilidad y flexibilidad.

El uso de estrategias de diseño pasivas en estos espacios es fundamental ya que se utilizará los recursos del entorno para evitar altos consumos energéticos y la generación de residuos contaminantes en el ecosistema.

El uso de espacios mínimos genera al igual una mínima huella de carbono por lo que la relación con un diseño flexible para generar confort es un aspecto a tener en cuenta.

Para determinar las estrategias a implementar en el diseño de la propuesta arquitectónica, se realizó la investigación de la norma ecuatoriana de construcción (Eficiencia energética) y la guía de estándares para el diseño de instalaciones turísticas en áreas protegidas, del Gobierno de Chile.

En el documento (Guía de estándares para el diseño de instalaciones turísticas) se define a la Zona Andina de Chile como la que se encuentra a

una altura mayor a 3000 msnm, cuenta con una precipitación promedio de 448 mm y vientos que provienen del suroeste con una velocidad de 8.3 m/s. Se seleccionó esta zona por su similitud con las condiciones del Páramo Andino del Ecuador.

Según la Tabla 4 se establecen varios parámetros bioclimáticos, según las características geográficas de la zona, para la implementación en el diseño de infraestructura en áreas protegidas:

Se sugiere el estudio de la trayectoria solar para optimizar la iluminación natural. La orientación norte de la instalación disminuye las demandas de calefacción, pero requiere protección de vientos, lluvia, nieve y alta radiación en verano. La disposición orientada hacia el norte, lo que disminuye la cantidad de calefacción necesaria; no obstante, debe protegerse de la lluvia, el viento y la radiación intensa durante los meses de verano.

Para la evacuación del agua de lluvia, hay que prever una pendiente de al menos 21,8 grados. Dadas las características del emplazamiento, existe una importante posibilidad de utilizar la energía geotérmica, eólica y solar fotovoltaica para generar electricidad. Se sugiere dar preferencia a los recursos locales, como la madera, en el proceso de construcción. Las paredes y el tejado deben aislarse con material térmico de calidad.

Siguiendo con esta línea de diseño, el concepto “Tiny House” promueve el uso de sistemas constructivos y de instalaciones que generen una mínima huella de carbono, además del uso de materiales locales, el planteamiento de una edificación transportable para garantizar la reversibilidad del entorno natural y el diseño flexible adaptado a mínimos espacios; son el enfoque que adoptó el diseño para su inserción en el Páramo Andino.

Tabla 4: Relación entre estrategias de diseño y zonas climáticas.

Macrozona	Aislación térmica	Aislación de puente térmico	Masa térmica	Control Infiltraciones	Ganancias directas	Ganancias indirectas	Ventilación cruzada	Ventilación por convección	Ventilación nocturna con masa térmica	Enfriamiento evaporativo	Protección solar
Andina			

Fuente: Turismo, CONAF & PNUD, 2017.

Elaboración: Propia, 2023.



ESTADO DEL ARTE



2.1 Parámetros de selección y valoración de casos de estudio

Para comprender de mejor manera el concepto de una arquitectura mínima y flexible en áreas de protección natural, se realizó una investigación de proyectos realizados en un contexto real que respalden el marco conceptual para aportar y ampliar la información al momento de tomar decisiones en la etapa proyectual.

Se realizó una investigación cualitativa para comprender el contexto y las características formales de las obras, además de una parte cuantitativa donde se identificó las medidas de estos espacios para entender su espacialidad. Con la finalidad de generar hipótesis y descubrimientos en beneficio del proyecto.

De acuerdo a una serie de parámetros que se identificaron en el primer capítulo, se seleccionaron diez casos de estudio tanto a nivel nacional como internacional que cumplan con estos requisitos, para extraer estrategias y criterios de diseño que se adapten al sitio de intervención de la presente investigación.

Una vez seleccionado los casos de estudio se realizará una valoración de los mismos en una escala del uno al cinco en cada parámetro, donde uno se determinó como la variable más baja y cinco la variable más alta, a continuación se presentará cada parámetro explicado.

Los parámetros se dividen en 3 grandes criterios:

a) Entorno

Contexto: Se determinará el nivel de implementación del proyecto ya sea en un área común considerada como valor 1, o un área de protección natural como valor 5.

Clima: Se calificará el nivel de semejanza de las condiciones climáticas donde se ubique cada proyecto, en relación a las planteadas en la presente investigación.

Impacto: Se identifica el grado de impacto de la obra con relación a su entorno, como se menciona en el gráfico 6 la infraestructura no debe predominar en el entorno natural. La calificación de 1 será para los que

afecten de gran manera el paisaje y el valor de 5 para las que generen el mínimo impacto en el entorno.

b) Diseño

Relaciones espaciales: Se calificará la espacialidad de cada proyecto con respecto a su funcionalidad y optimización de espacio.

Flexibilidad: Se determinará el nivel de flexibilidad de un espacio con relación al apartado "Diseño Flexible" del primer capítulo.

Formalidad: Tomando en cuenta los dos parámetros anteriores, se tomará en cuenta el nivel de formalidad del proyecto de acuerdo a la materialidad presente en la zona, técnicas constructivas del lugar y su aporte a nivel natural y cultural.

c) Sostenibilidad

Energías renovables: De acuerdo al concepto de los proyectos estos en su mayoría no cuentan con red eléctrica, por lo que se valorará el nivel de uso de energías como la fotovoltaica, eólica, entre otras.

Reversibilidad: Se determinará la capacidad de la obra de retirarse del sitio, causando el mínimo impacto en su entorno ambiental. En este parámetro es importante la transportabilidad del proyecto.

Estrategias: Como se mencionó anteriormente la arquitectura bioclimática está ligada a la arquitectura ecológica, por lo que se valorará el uso de estrategias de diseño pasivo y el uso de sistemas alternativos sostenibles.

Una vez realizado la selección y valoración (Anexo B) de los casos de estudio, se definieron cuatro proyectos, los cuales obtuvieron una valoración mayor o igual a 40 puntos (definida como de alta semejanza para la extracción de estrategias de diseño) sobre un valor máximo de 50 puntos.

2.2 Casos de estudio

2.2.1 Bivacco Brédy

Chiara Tessarollo, Skye Sturm y Facundo Arboit

Ubicación:

Aosta Valley, Italia

Año:

2021

Arquitectos:

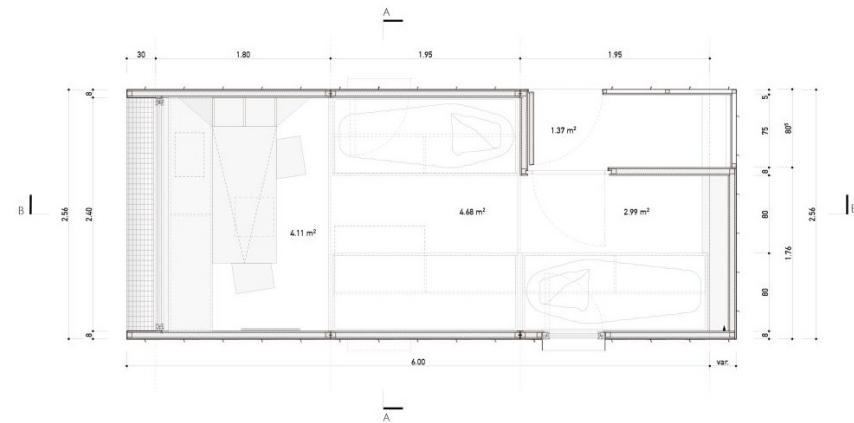
BCW Collective

Gráfico 8: Perspectiva exterior de Bivacco Brédy.



Fuente: BCW Collective, 2022.

Gráfico 9: Planos del proyecto Bivacco Brédy.



Fuente: BCW Collective, 2022.

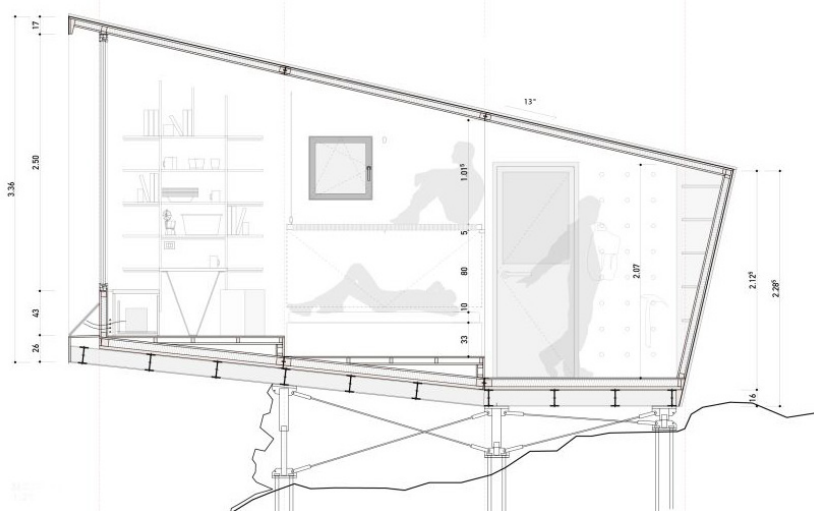


Gráfico 10: Perspectiva interior de Bivacco Brédy.



Fuente: BCW Collective, 2022.

La arquitectura busca interpretar una naturaleza introspectiva, es un elemento que ofrece protección pero al mismo tiempo está abierto al horizonte. Está ubicado a una altura de 2500 metros sobre el nivel del mar, cerca del lago Dzioule.

La estructura se abre hacia el sur con un gran ventanal, la orientación es una estrategia medioambiental, que maximiza la ganancia solar para calentar el módulo en los meses más fríos. Fue transportada al lugar mediante helicóptero, es una estructura flexible con un impacto ambiental mínimo, gracias a su reversibilidad. Los mínimos puntos de anclaje de la base metálica permiten que la estructura se adapte al terreno irregular y se fije directamente a la roca, garantizando la posibilidad de restaurar el sitio a sus condiciones originales en caso de que la estructura se retire en el futuro.

Tiene un revestimiento exterior de aluminio en color gris oscuro, similar al de las rocas. El espacio interior está cubierto de madera pálida que ayuda a almacenar calor en el interior.

El espacio interior está optimizado para la máxima funcionalidad, centrando las visuales en el contexto montañoso circundante. Una doble fila de literas es parte de un espacio común pero versátil. Un vestíbulo en la entrada brinda protección contra las condiciones exteriores y ofrece un espacio para almacenar el equipo de montaña. Además cuenta con un asiento y una estantería de escritorio que se encuentran junto al ventanal.

Tabla 5: Características del caso de estudio

Largo (m)	6,00
Ancho (m)	2,56
Altura (m)	3,36
Área (m2)	15,36
Capacidad (personas)	6

Elaboración: Propia, 2023.

2.2.2 Leaprus Eco Hotel

Luca Gentilcore, Stefano Testa, Davide Barreri y Morena Caredda

Ubicación:

Monte Elbrus, Rusia

Año:

2013

Arquitectos:

LEAP Factory

Gráfico 12: Planos de un bloque del proyecto Leaprus Eco Hotel.

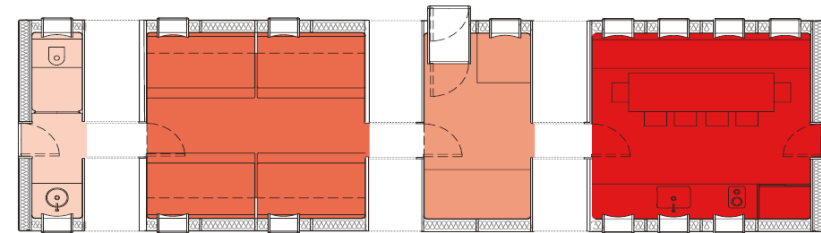


Gráfico 11: Perspectiva aérea de Leaprus Eco Hotel.

Fuente: LeapFactory, 2013.



Fuente: LeapFactory, 2013.

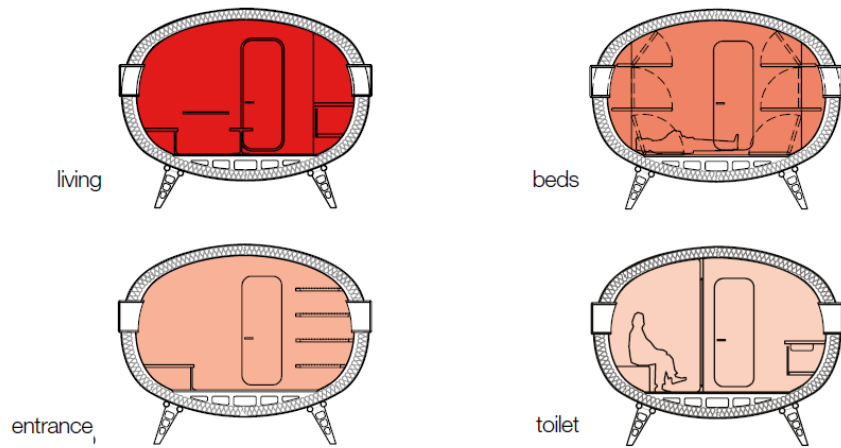


Gráfico 13: Perspectiva interior de Leaprus Eco Hotel.



Fuente: LeapFactory, 2013.

Se encuentra en el Monte Elbrus, el cual es un volcán inactivo a una altura de 4.000 metros de altitud, Sus condiciones meteorológicas y ambientales son conocidas por ser extremas.

Tras ser transportados en helicóptero, los módulos fueron instalados in situ por un grupo de profesionales capacitados. En el proceso de prefabricación de los cuatro bloques, que se llevó a cabo en Italia, se utilizó un compuesto sándwich de resina y fibra de vidrio. Gracias al alto nivel de eficiencia de las viviendas estructurales, se reduce la cantidad de energía necesaria para la iluminación, la calefacción y el tratamiento del aire interior y el agua caliente.

Para hacer un uso eficaz de la energía y reciclar los recursos accesibles, los arquitectos incluyeron una serie de tecnologías autosuficientes. Una de ellas es un sistema que funde la nieve para proporcionar agua para el saneamiento, otra es un sistema híbrido que genera energía, una planta de tratamiento de aguas residuales, calefacción por suelo radiante pensada para funcionar a temperaturas exteriores extremadamente bajas, un sistema especializado de circulación interna del aire con recuperación de calor e iluminación LED.

Los dormitorios y salas de estar comunes se encuentran dentro de 2 bloques, en el tercer bloque se encuentra un restaurante y alojamiento para el personal. Los baños se encuentran dentro del cuarto módulo. Los interiores y el diseño arquitectónico tienen una estrecha relación visual con el paisaje, cumplen con criterios de funcionalidad y durabilidad. Todo el complejo tiene una capacidad máxima de 49 camas.

Tabla 6: Características del caso de estudio

Largo (m)	4,50
Ancho (m)	4,00
Altura (m)	3,20
Área (m2)	18,00
Capacidad (personas)	6

Elaboración: Propia, 2023.

2.2.3 Leapnest

Luca Gentilcore y Stefano Testa

Ubicación:

Italia

Año:

2013

Arquitectos:

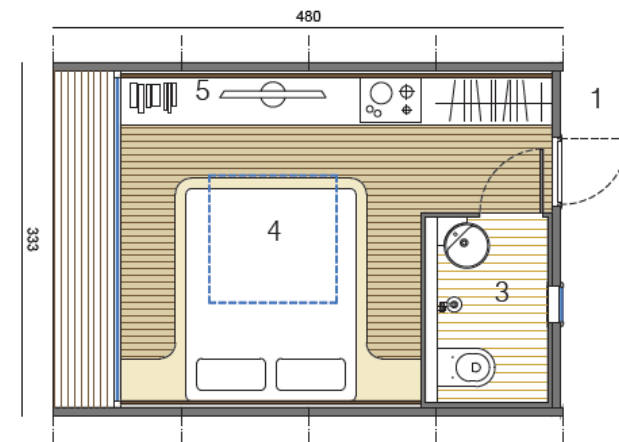
LEAP Factory

Gráfico 14: Perspectiva exterior del módulo Leapnest.



Fuente: LeapFactory, 2020.

Gráfico 15: Planos del proyecto Leapnest.



Fuente: LeapFactory, 2020.

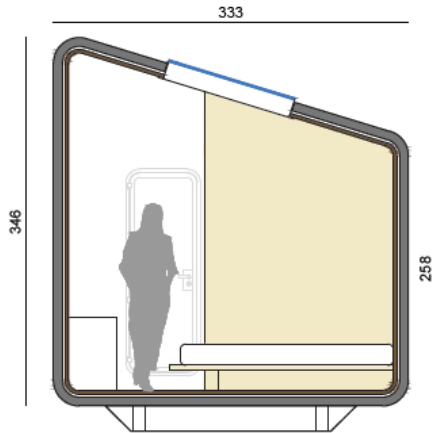


Gráfico 16: Perspectiva de varios módulos del proyecto.



Fuente: LeapFactory, 2020.

LeapNest es una cabina simple y versátil. No cuenta con cimientos permanentes para evitar alteraciones invasivas del suelo. El módulo permite ser utilizado para diferentes funciones, desde unidades de glamping hasta servicios sanitarios o apoyo logístico. Propone una solución eficiente en aspectos como el tiempo y economía, su rápida instalación, el uso de materiales prefabricados en la envolvente, el montaje modular y ligero, junto con la espacialidad que se genera en el interior lo convierten en un sistema polifuncional.

La estructura está compuesta por un chasis de acero estructural, la envolvente está conformada por una multicapa de pino natural, la cubierta exterior es de chapa metálica para la protección contra las condiciones meteorológicas extremas, para el confort térmico se colocó un núcleo de aislamiento de alto rendimiento. Todos los materiales proceden de fuentes certificadas, están libres de sustancias contaminantes y son reciclables.

En el sistema constructivo se incluyen sistemas ecológicos y responsables, reduciendo significativamente la huella ambiental. Se incorpora iluminación LED para interiores y exteriores, abastecido por un sistema fotovoltaico integrado en la carcasa. Así mismo, un sistema solar térmico para la generación de agua caliente en el módulo, un sistema de calefacción por tecnología radiante integrado en la envolvente y un sistema de tratamiento de aguas residuales.

En su espacio interior pueden adaptarse diferentes funciones pero se analizó como refugio, el módulo presenta una cama transformable en una sala, en el acceso se genera un recibidor con el baño a un costado, el cual cuenta con inodoro y lavabo.

Tabla 7: Características del caso de estudio

Largo (m)	4,80
Ancho (m)	3,33
Altura (m)	3,46
Área (m2)	15,98
Capacidad (personas)	4

Elaboración: Propia, 2023.

2.2.4 Elsewhere Cabin A

Sean O'Neill

Ubicación:

Georgetown, Estados Unidos

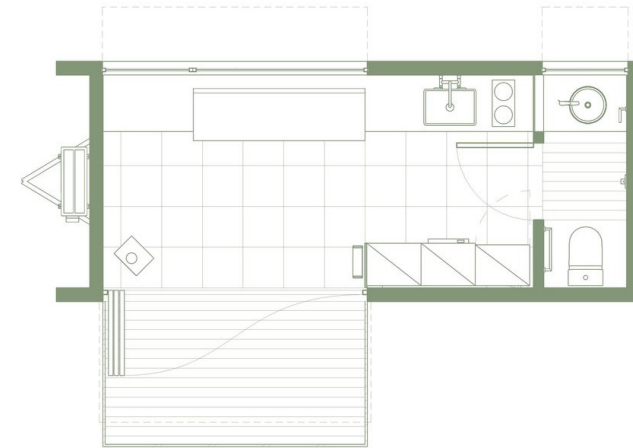
Año:

2018

Arquitectos:

Sean O'Neill

Gráfico 18: Planos del proyecto Cabina Elsewhere.



Fuente: Tumbleweed, 2023.

Gráfico 17: Perspectiva exterior de la Cabina Elsewhere.



Fuente: Tumbleweed, 2023.

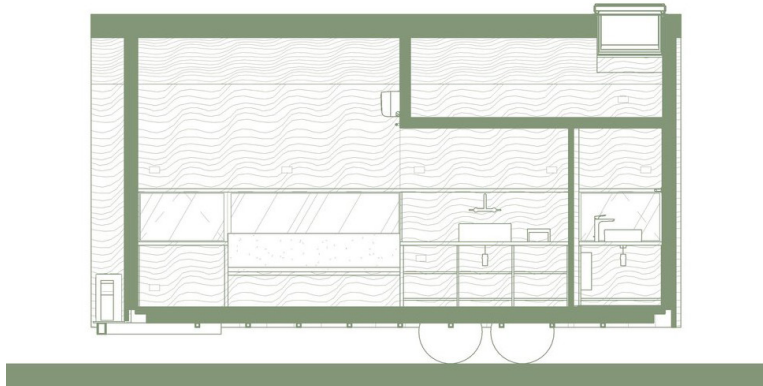


Gráfico 19: Perspetiva interior de la Cabina Elsewhere.



Fuente: Tumbleweed, 2023.

El objetivo del proyecto era crear un espacio compacto pero confortable con todas las necesidades. Como la cabaña está instalada en un remolque totalmente desconectado de la red, está equipada con paneles solares que proporcionan electricidad para Internet inalámbrico, luces y agua caliente. Además de una ducha y un lavabo, está equipada con un sistema de inodoro seco que funciona con un depósito de agua..

El ambiente interior exterior genera una sensación de conexión con el paisaje natural, diseñada para ser autosuficiente para dar una percepción de desapego y permitir la reubicación de la estructura.

Los interiores cuentan con paredes y un techo revestidos de madera contrachapada de pino, y el piso está revestido con baldosas de caucho, combinadas con mobiliario de madera contrachapada.

El diseño del mobiliario es versátil, un mismo mueble puede transformarse en escritorio o sofá. El muro cortina del acceso es plegable permitiendo que todo el espacio se convierta en un porche que actúa como conector entre la cabina y el paisaje. El dormitorio se encuentra en el entresuelo y cuenta con una cama doble a la cual se accede mediante una escalera de madera móvil que forma parte del mobiliario.

Tabla 8: Características del caso de estudio

Largo (m)	5,35
Ancho (m)	2,80
Altura (m)	3,80
Área (m2)	15,00
Capacidad (personas)	4

Elaboración: Propia, 2023.

2.2.5 Diogene

Renzo Piano

Ubicación:

Campus Vitra, Alemania

Año:

2013

Arquitectos:

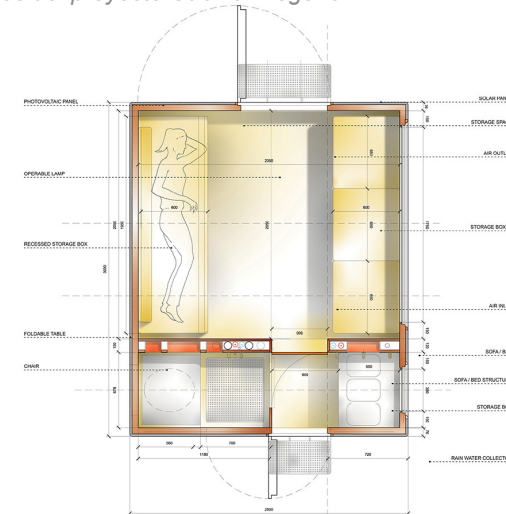
Renzo Piano

Gráfico 20: Perspectiva exterior de la Cabina Diogene.



Fuente: VITRA, 2023.

Gráfico 21: Planos del proyecto Cabina Diogene.



Fuente: Arrevol, 2015.

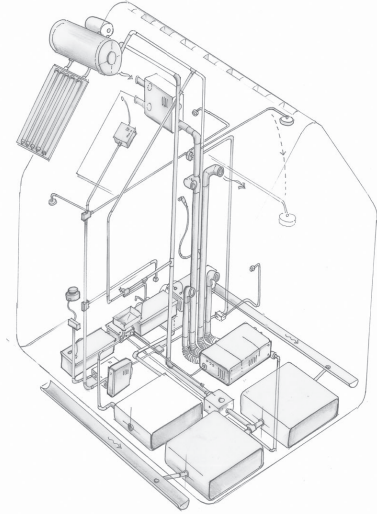


Gráfico 22: Perspectiva interior de la Cabina Diogene.



Fuente: VITRA, 2023.

Con una superficie de 2,5 m x 3 m, puede colocarse en un camión y trasladarse a cualquier lugar. Se trata de una estructura técnica muy compleja, dotada de diversas instalaciones y sistemas técnicos necesarios para garantizar su autosuficiencia e independencia de la infraestructura local. Entre ellos figuran células fotovoltaicas y módulos solares, un depósito de agua de lluvia, un retrete biológico, ventilación natural y triple acristalamiento. Aunque el exterior corresponde a la imagen de una casa sencilla, en realidad es una estructura pensada espacial y constructivamente.

Para maximizar la eficiencia del consumo energético de la vivienda, Renzo Piano trabaja en colaboración con Matthias Schuler, empleado de la conocida empresa Transsolar. En un lado de la parte delantera hay un sofá cama, y en el otro, una mesa plegable situada bajo la ventana. Esta sección funciona de sala de estar. Hay una cocina con lo esencial, así como una ducha y un retrete que están ocultos tras una barrera al fondo de la habitación. La vivienda y su contenido se consideran una sola entidad. Además, el interior se caracteriza por la calidez de la madera utilizada en su construcción. Los paneles de aluminio cubren el exterior de la estructura para protegerla de la intemperie.

Sus bordes redondeados y los materiales que componen el exterior dan la impresión de que se trata de un producto moderno, a pesar de que la forma general y el tejado a dos aguas recuerdan al arquetipo de una vivienda tradicional. Este refugio no es una simple cabaña, sino un refugio técnicamente y visualmente confortable.

Tabla 9: Características del caso de estudio

Largo (m)	3,00
Ancho (m)	2,50
Altura (m)	3,20
Área (m2)	7,50
Capacidad (personas)	4

Elaboración: Propia, 2023.

Tabla 10: Comparación de los casos de estudio analizados.

Proyecto	Largo	Ancho	Altura	Área	Capacidad	Aislamiento	Envolvente exterior	Envolvente interior	Transporte
Bivacco Brédy	6,00	2,56	3,36	15,36	6	No	Aluminio	Madera de pino	Helicóptero
Leaprus Eco Hotel	4,50	4,00	3,20	18,00	6	Si	Metal	Madera de abedul	Helicóptero
Leapnest	4,80	3,20	3,46	15,98	4	Si	Metal	Madera de pino	Helicóptero
Elsewhere Cabin	5,35	3,46	3,80	15,00	4	No	Madera de cedro carbonizado	Madera de pino	Automóvil
Diogene	3,00	2,50	3,20	7,50	4	Si	Metal	Madera	Helicóptero

Elaboración: Propia, 2023.

2.3 Comparación de los casos de estudio

En la Tabla 10 se presenta un resumen de las características encontradas en las obras seleccionadas según los criterios definidos en el marco teórico. Con el objetivo de comparar e identificar patrones y similitudes que puedan servir como referencia para la identificación de estrategias de diseño. Los datos nos revelan que las dimensiones espaciales de estos proyectos son mínimas, ya que buscan generar un bajo impacto ambiental, además de garantizar la reversibilidad del lugar donde se emplazaron.

Una tendencia marcada en las obras es el uso de madera para el revestimiento interior, en su mayoría de pino. Así mismo, es notable el uso de un sistema constructivo ligero y reversible para implementar el transporte mediante helicóptero. Estos proyectos presentan una capacidad aproximada para 4 o 5 personas.

Por las características del entorno, estas obras presentan sistemas autosuficientes y amigables al medio ambiente, como es el uso de baños secos, paneles fotovoltaicos y aislamiento térmico.

Generalmente estas propuestas se resuelven en un área estimada de 15 metros cuadrados, donde en su interior se presentan diseños flexibles de mobiliario para su adaptación al contexto y a las necesidades del usuario. En la mayoría de casos analizados se observa una importancia en la

orientación del proyecto para potencializar las visuales más destacadas, al estar ubicados en áreas naturales de interés.

En el caso de Bivacco Bredy se tomó en consideración la formalidad y su manera de adaptarse al contexto, además de su mobiliario interior específicamente equipado para personas aficionadas al senderismo, andinismo, etc.

En el caso de Leaprus Eco Hotel se determinó como lo más relevante para la aplicación en la propuesta, la modulación y sistema constructivo transportable tanto vía terrestre como aérea.

El módulo Leapnest destaca por su flexibilidad interior que se adapta a las necesidades del entorno y del usuario, además de su sistema constructivo modular que lo permite crecer.

De la cabina Elsewhere se obtuvo la implementación de sistemas de instalaciones autosuficientes que no requieran de estar conectados a infraestructura pública como a una red de agua potable, red eléctrica o alcantarillado.

Por último de la cabina Diogene se tomó en consideración la integración de sus sistema constructivo junto con su sistema de instalaciones, para generar un refugio autosustentable.

2.4 Conclusiones

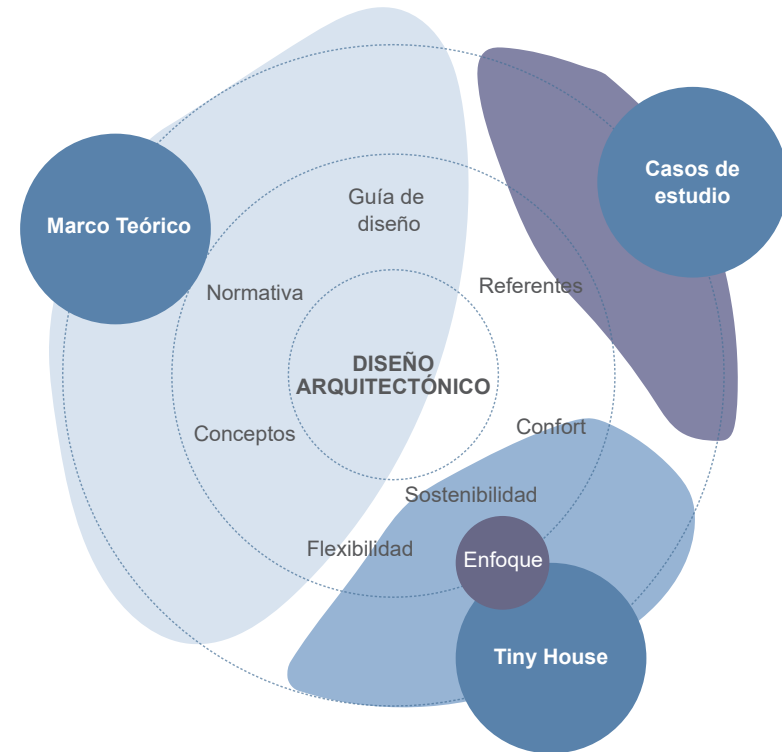
Luego de analizar los referentes presentados, se puede concluir que estos ejemplos ofrecen una visión precisa sobre las distintas formas en que una arquitectura mínima, flexible y sostenible se ha implementado en entornos naturales. A través de estos casos, se evidencia la capacidad de adaptación de los diseños arquitectónicos a las condiciones meteorológicas extremas, así como la integración de elementos sostenibles y tecnologías energéticas en el proyecto.

Estos estudios de casos proporcionan información certera sobre las estrategias aplicadas para maximizar el aprovechamiento de los recursos del entorno, como la luz solar y la ventilación natural, con el fin de reducir el impacto ambiental y obtener un espacio habitable a nivel de confort.

En resumen, los casos de estudio presentados constituyen ejemplos concretos y aplicados en un contexto real, que ilustran la diversidad de enfoques dentro del diseño arquitectónico sostenible, destacando su relevancia en la búsqueda de soluciones autosuficientes para la implementación de los mismos en áreas de importancia natural.

El análisis de las obras seleccionadas, desde los parámetros determinados, permitió se detallan similitudes, patrones y tendencias con el fin de extraer estrategias y criterios de diseño que sirvan como referencia para definir el sistema constructivo y el programa arquitectónico en el siguiente capítulo.

Gráfico 23: Diagrama del procedimiento para la obtención de estrategias de diseño.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.



DISEÑO



3.1 Parque Nacional Cajas

Para poder verificar los resultados de la investigación se planteó un escenario real. El prototipo se implantará en el Parque Nacional Cajas, ya que se cuenta con la información meteorológica de Tres Cruces, Parque Nacional Cajas, a una altura de 3961 metros sobre el nivel del mar.

La dotación de servicios básicos en las poblaciones que se encuentran alrededor del Parque es escasa, lo que afecta la calidad de vida de las comunidades. La propuesta debe ser planteada desde la conservación ambiental, fomentando iniciativas sustentables que permitan cambiar la calidad de los servicios de esta región. Así mismo el Parque posee un gran potencial turístico debido a su gran cantidad de paisajes y lagunas.

Las variables climáticas de una zona geográfica constituyen uno de los factores principales al momento de proponer el diseño, construcción y vida útil de una infraestructura. Debido a estas condiciones se deben plantear estrategias de diseño pasivas y sistemas constructivos acorde a los estándares de confort y requerimientos energéticos.

El clima de una región está definido por el comportamiento de variables atmosféricas como temperatura, velocidad de viento, precipitaciones, humedad relativa, radiación solar, nubosidad, presión atmosférica, trayectoria solar, entre otras.

El Parque Nacional Cajas se encuentra en la provincia del Azuay, en el sur del Ecuador. Tiene una extensión de 28544 hectáreas, con un rango Altitudinal de 3.160 - 4.450 metros. El Cajas cuenta con aproximadamente 165 lagunas. Las principales son Llaviucu y La Toreadora.

La precipitación fluctúa entre los 1.000 a 2.000 mm. Esto concuerda con la información correspondiente al año (2015) obtenida en las estaciones meteorológicas de la Toreadora y Llaviucu que registraron valores de 1106 mm y 1111 mm, respectivamente.

La temperatura anual varía entre los 0 a 18 °C. Siendo agosto y septiembre los meses con los rangos de temperaturas más bajos y los meses de enero a marzo los que cuentan con los rangos más altos. Como se contempla en el Gráfico ... solamente ciertos días de enero y febrero alcanzaron temperaturas entre los 20 y 27 °C consideradas dentro del rango de confort.

El rango de velocidad anual del viento se encuentra entre los 0 a 2 m/s, pero en el mes de agosto puede alcanzar velocidades de hasta 10 m/s. En mayor cantidad los vientos predominantes provienen del sur.

La cobertura del cielo según el promedio anual se encuentra en un rango entre 58 y 94% de cobertura total, lo que nos dice que esta zona en su mayoría se encuentra nublada en mayor parte, sin embargo en el mes de agosto se observa los menores rangos de cobertura por nubes en el cielo.

Se tomó como referente el Parque Nacional Cajas, por ser el más representativo como área protegida y como sitio Ramsar (ecosistema de humedal altoandino), además de contar con el archivo climático proporcionado por el PROMAS. Sin embargo la propuesta se diseñó para ser emplazada en cualquier Parque Nacional de páramo, ya que cuentan con las características meteorológicas, solares y geográficas similares.

Gráfico 24: Paisaje de la laguna Osohuaycu del Parque Nacional Cajas.

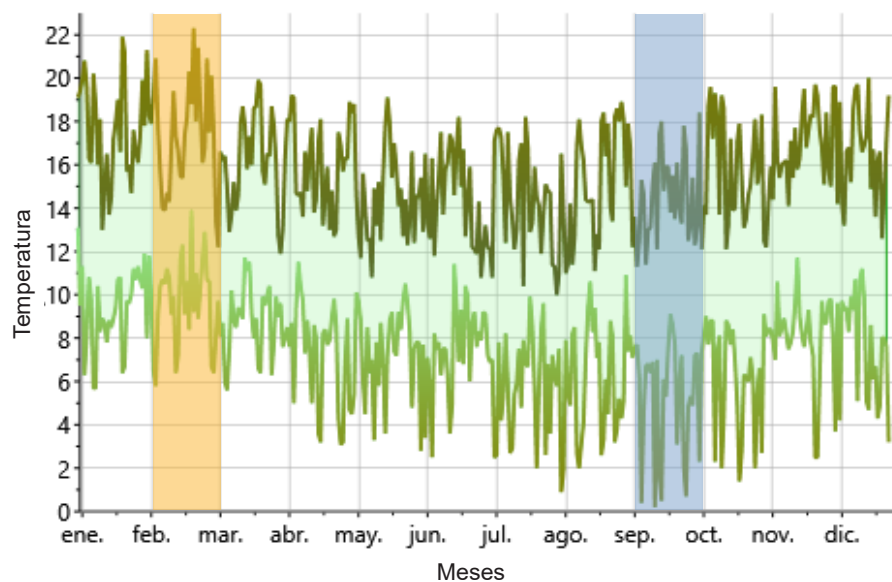


Fuente: Maria Fernanda Moscoso, 2017.

En el Gráfico 25 se puede observar que en el mes de Febrero se dieron las temperaturas más altas llegando hasta los 22 °C, siendo el 22 de Febrero el día más caliente, mientras que en septiembre se dieron las temperaturas más bajas, presentando temperaturas de casi 0 °C el 17 de septiembre.

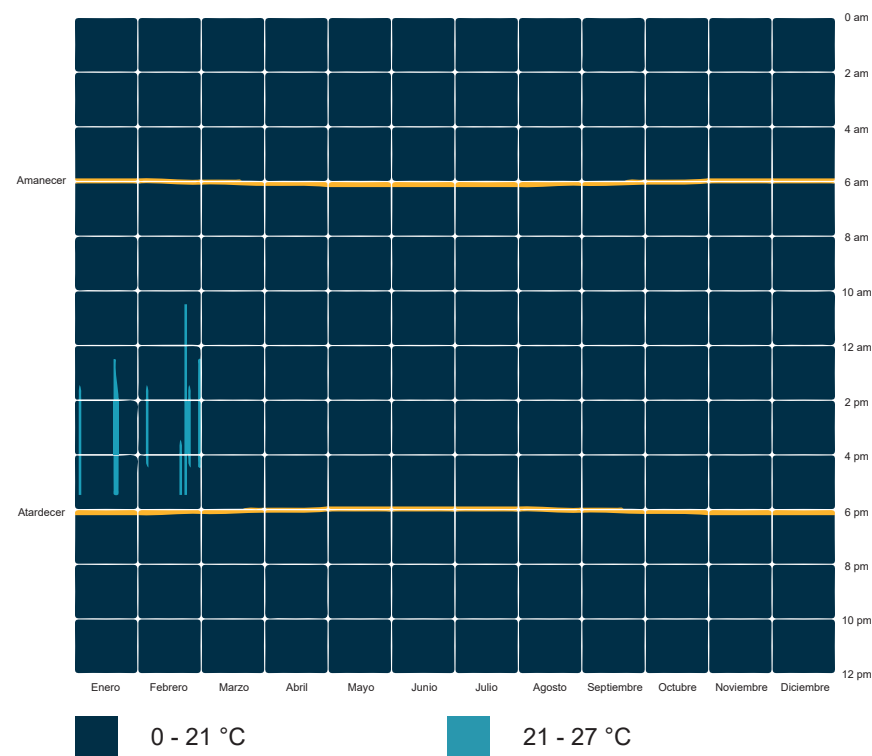
Esto se corrobora en el Gráfico 26 donde la temperatura tomada por termómetro, en la mayor parte del año la temperatura se mantiene en un rango entre 0 y 21 °C, sin embargo existen ciertos días en enero y febrero que presentan un rango mayor entre 21 y 27 °C, entre las 12:00 y 18:00 horas. Estos días son relevantes, para la implementación de estrategias tomando en cuenta que la edificación puede presentar sobrecalentamiento en los días más calientes y un enfriamiento en el interior en los días más fríos.

Gráfico 25: Rangos de temperatura durante los 12 meses del año.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Gráfico 26: Temperatura alcanzada en cada mes del año según la hora.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

3.2 Estrategias de diseño

Mediante el diagrama bioclimático generado por las características meteorológicas del sitio, se sugiere la aplicación de estrategias de diseño con el fin de resolver un proyecto que cumpla con la normativa de confort aprovechando todos los recursos disponibles que nos da el entorno, para ahorrar en consumo energético y así disminuir el impacto ambiental. Sin embargo, como menciona Givoni existen climas con condiciones extremas que requieren de estrategias activas para lograr confort.

Entre las principales sugerencias que nos da el Anexo C, contrastando con los criterios analizados en el marco conceptual y estudios de caso, se definió el uso de las siguientes estrategias.

3.2.1 Orientación y captación solar

Maximizar las ganancias solares de acuerdo a su ubicación, exponiendo un vano vidriado para aumentar la ganancia térmica en las épocas más frías del año, pero protegiendo mediante un doble panel de vidrio los ventanales. Según la carta de vientos en su mayoría, estos provienen del sur, por lo cual se debe tomar en cuenta para prevenir pérdidas de calor por ventilación en el interior.

Generar estructuras complementarias como lucernarios en la cubierta que permitan iluminar el interior y controlar la radiación solar.

Espacios como servicios higiénicos, deben estar correctamente ventilados e iluminados para asegurar una zona sanitizada.

3.2.2 Materialidad

Es necesario un aislamiento térmico adicional debido a las bajas temperaturas.

Se propone el uso de materiales con baja transmitancia térmica para que no se escape el calor del interior, así mismo, es recomendable el uso de la madera por ser considerado un material local y renovable.

Se debe minimizar los puentes térmicos en el encuentro de diferentes materiales donde no hay aislamiento para evitar infiltraciones de aire y cambios de temperatura.

Para los servicios higiénicos se recomienda el uso de materiales resistentes a la humedad.

3.2.3 Forma

La edificación debe ser compacta y de un tamaño pequeño para evitar gastos innecesarios de calefacción. La implementación de espacios exteriores protegidos del viento pueden ampliar las áreas habitables en climas fríos.

Debido a la humedad el prototipo debe prever su elevación sobre el nivel del suelo.

La cubierta es necesario que tenga una pendiente mínima de 21 grados para la evacuación de aguas lluvias, además la inclinación beneficia la captación solar para los paneles solares y la implementación de lucernarios en la cubierta. Plantear el uso de aleros para la protección contra vientos y lluvia.

Por la optimización de costos, transportabilidad, modulación y rigidez se decidió usar la estructura de un container para la propuesta. El diseño debe ser versátil, al ser una arquitectura mínima un espacio puede tener diferentes funciones.

3.2.4 Autosuficiencia

Para su construcción sostenible se decidió el uso de sistemas prefabricados para evitar desechos. Además de su ligereza, flexibilidad y rapidez constructiva.

El proyecto al estar emplazado en un entorno natural de gran importancia, no cuenta con servicios de electricidad, agua potable y alcantarillado, por lo que se prevé el uso de energías renovables. La propuesta debe ser reversible, el espacio debe volver a su estado inicial generando un mínimo impacto ambiental, una vez que se retire la construcción. En este aspecto se debe tomar en cuenta la transportabilidad y ligereza del sistema constructivo.

Para los servicios higiénicos se recomienda el uso de alternativas de sistemas sostenibles como baño seco y tratamiento de aguas grises.

3.3 Programa arquitectónico

Se plantea una propuesta de Tiny House autosuficiente, que sirva como un refugio polifuncional y transportable, aplicando los conceptos presentados durante la investigación, tomando como referencia principalmente estos tres términos, de manera que estos sean los representativos en el proyecto (autosuficiencia, confort y flexibilidad).

Como punto de partida el programa se desarrolla la idea de un módulo, que cumpla varios roles según las necesidades del sitio a emplazar en el Páramo, ya sea una desde caseta de control o la implementación de un sitio de acogida.

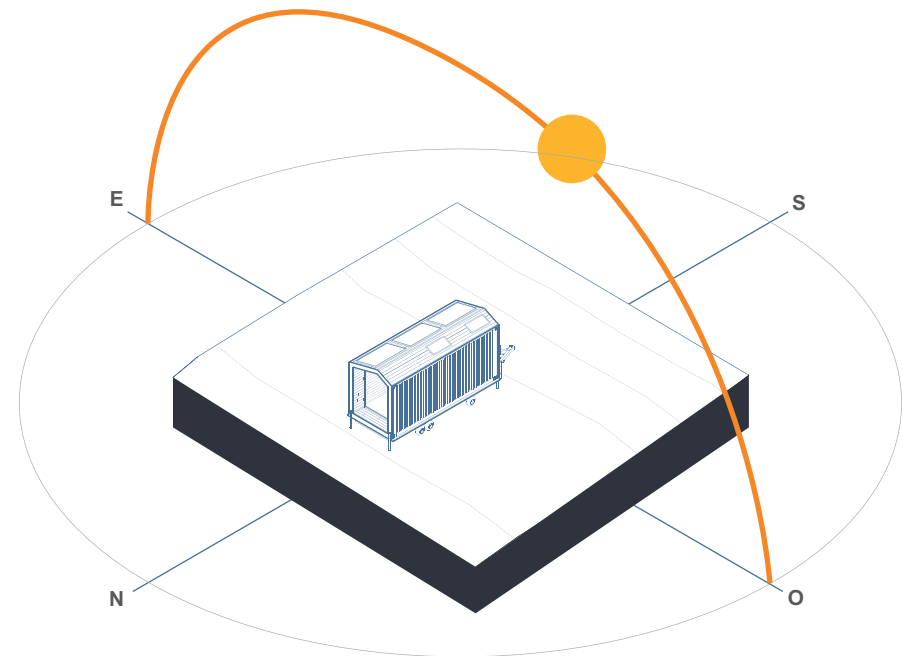
Basándonos en el marco teórico, el refugio planteado para la inserción en estas áreas debe ser reversible, contrastando con el concepto Tiny house, el cual plantea la transportabilidad del mismo. Se propone que el diseño sea portable, y se pueda implementar en cualquier zona considerada parte del ecosistema de páramo andino. La propuesta puede implantarse en el terreno hasta el fin de su vida útil, garantizando su reversibilidad, o también se plantea la posibilidad de emplazar cada cierto periodo de tiempo en un área diferente, dependiendo las necesidades del sitio y de los usuarios.

El módulo base tiene como dimensiones 6.06 x 2.44 metros en su exterior y 5.89 x 2.27 metros en el interior. Tiene un área útil de 14.78 metros cuadrados. De acuerdo a las necesidades de los usuarios, el refugio está diseñado para su versatilidad y transportabilidad, debido a que está ubicada en una zona de gran importancia ambiental.

La orientación del módulo se define según las visuales con más potencial del sitio a emplazar, debido a que en estas latitudes la captación solar y la producción fotovoltaica no varía según la orientación. El acceso se define por un gran ventanal en la cara dirigida al norte para optimizar ganancias térmicas y lumínicas en términos de confort. Al ingreso principal se accede mediante escaleras que nos llevan hacia una plataforma abatible, que se encuentra debajo del contenedor, creando una relación visual y espacial con el paisaje.

El muro acristalado del acceso crea un espacio habitable que genera una relación interior exterior, de forma abatible se propone un sistema que funciona como terraza desmontable para ampliar este espacio de acceso, generando un espacio de acogida y conexión con el entorno natural. La cubierta planteada a dos aguas es asimétrica debido a que se tomó en cuenta la capacidad y el tamaño de los paneles fotovoltaicos para su implementación en el diseño.

Gráfico 27: Emplazamiento de la propuesta.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Como se mencionó en el marco conceptual según Nel lo Andreu y la Guía de diseño de instalaciones turísticas para área protegidas se plantearon cuatro módulos:

a) Alojamiento

El módulo de alojamiento cumple la función de refugio remoto en condiciones extremas como son en senderos de larga duración y alta dificultad; y en regiones donde el clima puede variar repentinamente. El módulo cuenta con mobiliario flexible para la pernoctación, estancia y almacenamiento. Se determinó dos variaciones de esta cabina; una desde el ámbito comercial y turístico, donde se cuenta con mobiliario más cómodo dirigido al sector de turismo de alto estándar, es un espacio único pero polivalente, este cuenta con una cama, mobiliario que cumpla con funciones de almacenamiento de comida, vestimenta, entre otros; y una sala que tiene la posibilidad de transformarse en una cama adicional mediante un sistema plegable. La segunda variación está dirigida a los aficionados de deportes extremos como senderismo, andinismo, escalada, entre otros; este refugio cuenta con 4 camas individuales y espacios mínimos, para acoger a la mayor cantidad de personas. Está equipado con mobiliario con características de transformación por lo que el dormitorio puede transformarse en una sala comedor, igualmente se propone almacenamiento para equipo de montaña, alimentos, entre otros.

b) Oficina e investigación

Existen algunas zonas donde investigadores requieren realizar levantamientos de información, como ya se determinó en el primer capítulo, este ecosistema es de gran importancia a nivel ambiental. En una investigación ya sea sobre la adaptación de especies endémicas del lugar o un análisis del suelo por sus características como regulador del caudal de agua en épocas de estiaje, estos procesos requieren la presencia de personal en el sitio, por lo que se propuso un refugio con las facilidades para este tipo de usuarios. La propuesta cuenta con un solo ambiente que cumple la función de oficina con mobiliario adaptable tipo escritorio para el uso de tres personas, además de contar con espacio para almacenaje y una zona de estancia.

c) Caseta de control/información

Este refugio requiere en su mayoría de tiempo, la presencia de un usuario, ya que cumple su función como caseta de información y control. El módulo cumple los roles de centro de información, oficina de control y estancia del guardaparque. Por sus requerimientos se debe prever la pernoctación del usuario en el módulo, razón por la que cuenta con dos espacios; uno privado para el guardaparque, esta zona está equipada con mobiliario para el descanso y almacenamiento personal; y una zona más pública destinada a la entrega de información y control del área. La plataforma exterior cumple la función de terraza desmontable para generar un espacio de llegada y recepción para los visitantes.

d) Servicios Básicos e instalaciones

Este es el módulo principal ya que está planteado como polifuncional, puede servir de cocina, comedor, centro de visitantes, e incluso de refugio en condiciones extremas. Cuenta con servicios higiénicos que según la normativa chilena deben estar siempre presentes en cualquier infraestructura para áreas protegidas. Este módulo se planteó para que esté siempre acompañado de los anteriormente mencionados, ya que no puede existir el servicio de alojamiento, investigación o centro de información y control; sin los servicios básicos como los de una cocina y baño. El módulo es el que más demanda energética requiere, ya que cuenta con cocina de inducción, refrigeradora, almacenamiento y lavador en la parte de la cocina; en la parte de servicios higiénicos se incorporó ducha, lavabo e inodoro.

El modelo se divide en 3 ambientes, cocina - comedor, instalaciones y servicios higiénicos en ese orden, dejando los sistemas de instalaciones en la parte central, para concentrar los servicios en una zona y ganar luz solar en las caras norte y sur para obtener ganancias térmicas en el interior.

3.4 Sistema Constructivo

Constructivamente la propuesta descansa sobre un remolque de acero galvanizado definido según el Anexo E para su transportabilidad, este al estar elevado del suelo genera un mínimo impacto ya que no se requieren de un sistema de zapatas que afecten el suelo del Páramo.

La estructura de la Tiny House está definida por un container debido a su mayor adaptabilidad y rigidez, un criterio importante a tomar en cuenta con respecto a la transportabilidad. Como se observa en la Tabla 11, existen varios modelos de Contenedor según sus dimensiones y características. Se definió el modelo Open Top (Techo abierto), ya que cuenta con una apertura en la parte superior lo cual nos beneficia en la cubierta ya que esta debe tener una inclinación adecuada para la evacuación de aguas lluvia y el funcionamiento de los paneles solares. En el modelo Open Top existen dos variaciones; la de 40 pies tiene un largo de 12 metros por lo que en términos de espacialidad se generan grandes espacios inutilizables y sin la posibilidad de optimización. Mientras que en el modelo de 20 pies al tener las medidas de 6.06 m x 2.44 m es un espacio más regular para la optimización y flexibilidad; además en términos de confort al ser un espacio de menor tamaño se requiere menor gasto energético.

En la cubierta se implementó una estructura con los mismos perfiles usados en los contenedores. También se plantea el uso de lucernarios con doble capa vidrio de 6 mm con una cámara de aire de 8 mm para evitar pérdidas térmicas y generar iluminación en el interior dependiendo de las necesidades del módulo.

En temas estructurales el container tiene una estructura rígida formada por pórticos, la estructura de piso está formada por un sistema de viguetas de acero que pertenecen al mismo contenedor para soportar las cargas de la mercancía que estos transportan, en este caso tiene una capacidad de carga de 28130 kg. La subestructura que se utilizará para la conformación de la envolvente es de wood frame, para garantizar un sistema constructivo local, eficaz y sostenible. Además de las propiedades térmicas que tiene, es una construcción en seco, desmontable y renovable.

La propuesta pretende generar interés en la preservación de estas áreas naturales, mediante incentivos como el desarrollo de actividades recreativas en estos espacios. Por lo cual el módulo deberá tener la capacidad de ser

emplazado en cualquier espacio incluso de difícil acceso. Como en el caso de Bivacco Bredy o Leaprus Eco Hotel, la propuesta deberá cumplir con la función de refugio en condiciones extremas, por lo que se incluye la posibilidad de su transportabilidad vía aérea. Ecuador únicamente cuenta con helicópteros que tienen una capacidad de carga externa reducida como es el caso del Airbus H-125 con una capacidad máxima de 1400 kg, siendo inviable la carga del contenedor cuyo peso vacío es de 2350 kg. El Ministerio de defensa y la Dirección general de aviación civil del Ecuador anunciaron la adquisición de nuevos modelos como es el caso del Airbus H-225 el cual cuenta con una capacidad máxima de carga de 4750 kg, siendo una opción viable en el caso de que el prototipo requiera transporte aéreo a una zona de difícil acceso por carretera, o en caso de que no se quiera afectar el suelo del Páramo mediante la apertura de nuevos caminos que afecten al ecosistema. En temas operativos el refugio será construido en fábrica y posteriormente se lo transportará a la zona ya sea vía terrestre o aérea.

Tabla 11: Tipos de contenedores.

Nombre	Modelo	Largo	Ancho	Altura	Max. Capacidad de carga	Peso Vacío
Estándar	20 pies	6.06m	2.44m	2.59m	28130 kg	2350 kg
	40 pies	12.19m	2.44m	2.59m	28590 kg	3910 kg
High Cube	20 pies	6.06m	2.44m	2.90m	28130 kg	2350 kg
	40 pies	12.19m	2.44m	2.90m	28590 kg	3910 kg
Contenedor Seco	20 pies	6.06m	2.44m	2.59m	21850 kg	2150 kg
	40 pies	12.19m	2.44m	2.59m	26680 kg	3800 kg
Open top	20 pies	6.06m	2.44m	2.59m	28130 kg	2350 kg
	40 pies	12.19m	2.44m	2.59m	26480 kg	4000 kg
Flat rack	20 pies	6.06m	2.44m	2.59m	20015 kg	3100 kg
	40 pies	12.19m	2.44m	2.59m	30476 kg	6646 kg
De plataforma	20 pies	6.08m	2.44m	2.23m	31260 kg	2740 kg
	40 pies	12.90m	2.40m	1.95m	39300 kg	5700 kg

Fuente: Trafimar, 2020.

Elaboración: Propia, 2023.

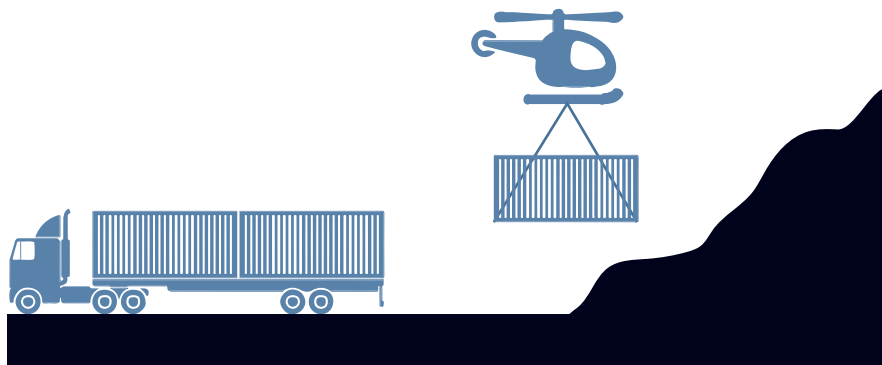
Para el transporte aéreo se retiran las ruedas del chasis metálico, ya que este cuenta con apoyos adicionales para su estabilidad, el helicóptero cuenta con cables tensores para el transporte los cuales se sujetarán a 4 puntos fijos ubicados en cada esquina de la parte baja del módulo; para evitar deformaciones en el módulo.

La subestructura que se utilizará para la conformación de la envolvente es de wood frame, para garantizar un sistema constructivo local, eficaz y sostenible. Además de las propiedades térmicas que tiene, es una construcción en seco, desmontable y renovable. La distancia entre montantes es de 60 cm, se utiliza, jambas en ventanas y puertas.

Se plantea el uso de montantes dobles y un correcto aislamiento en zonas propensas a puentes térmicos. Los entramados de madera tienen baja energía incorporada, ya que es un material renovable y local, además de su alta resistencia térmica. Se pueden solucionar los puentes térmicos con un adecuado sellado de juntas.

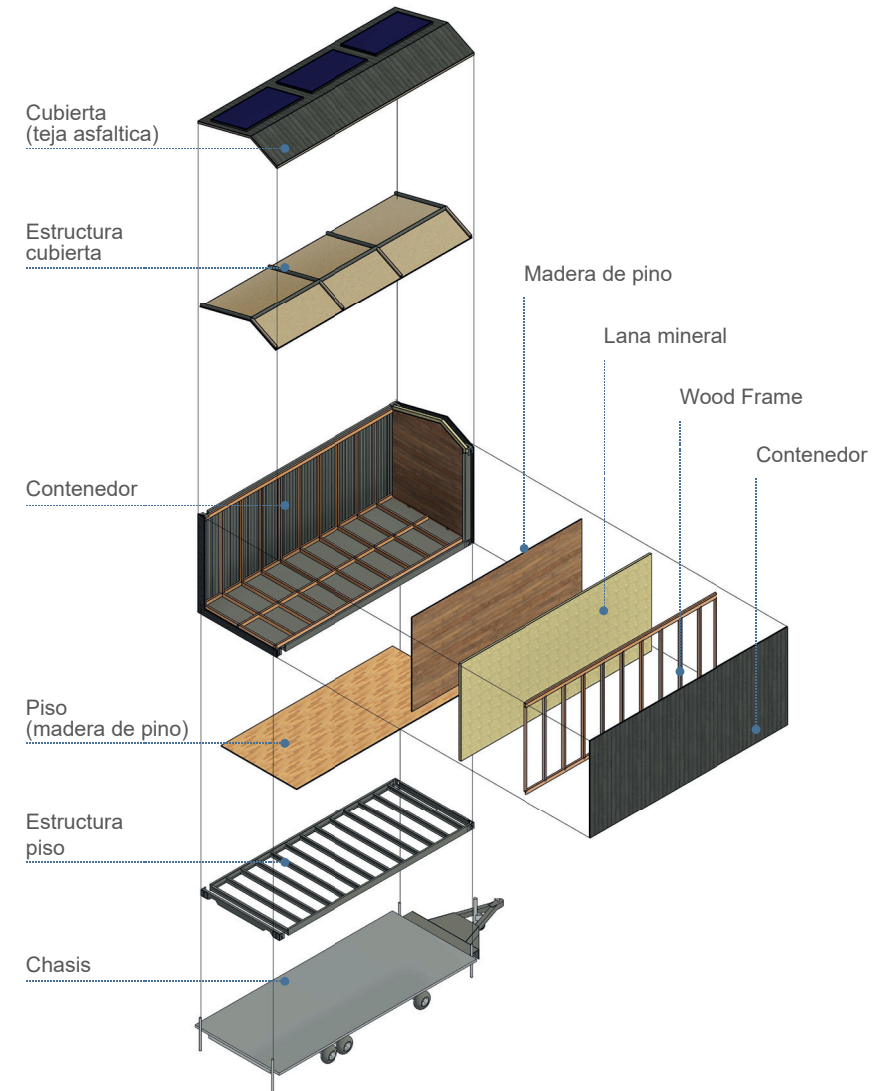
El sistema constructivo está pensado desde su montaje y desmontaje, para facilitar la reutilización de los materiales. Se propone una construcción modular, simplificando las uniones y la priorización en el uso de materiales duraderos y renovables. Para la reducción de residuos se debe realizar una correcta cuantificación de cada material para facilitar la compra y optimización del mismo, procurando generar el menor desperdicio.

Gráfico 28: Transportabilidad de la propuesta.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Gráfico 29: Axonometría explotada del sistema constructivo.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

3.5 Envoltente

Como se identificó en el marco teórico, esta zona no cuenta con los rangos de confort térmico, es considerada una zona climática fría, por lo que la implementación del contenedor como estructura y principal envoltente debe prever un aislamiento óptimo para generar confort en el interior. Así mismo la materialidad del contenedor como envoltente exterior es un punto a favor a tomar en cuenta debido a que estos son diseñados para soportar condiciones extremas a nivel de humedad, por su uso en transporte marítimo. Se tomará en cuenta su reflectividad para que no afecte a la flora y fauna del lugar.

Para la definición de la envoltente se definieron dos parámetros a analizar; la energía contenida en materiales locales (Anexo D) y las características exigibles en los materiales de construcción locales según la NEC-11 (Tabla 12).

La energía contenida se refiere a la energía necesaria para la extracción, manufactura, preparación y transporte de materiales a la obra. Para generar un mayor valor al proyecto se prioriza el uso de materiales locales ya que minimizan la energía utilizada en el transporte.

Tomando en cuenta las estrategias establecidas en los primeros capítulos para zonas climáticas frías, siguiendo la línea de diseño Tiny House se seleccionaron los siguientes materiales para el planteamiento de la envoltente.

Se definió el uso de Lana mineral como aislante térmico por su bajo nivel de energía contenida en comparación a otros aislantes. Además de evitar el uso de materiales peligrosos como el Polietileno

La madera de pino, la cual fue el principal envoltente utilizado para el interior en los casos de estudio analizados, a pesar de no tener la característica de ser un material de alta tecnología en ahorro energético, es un material local, renovable y que posee un bajo nivel de energía contenida. Así mismo, el uso de acabados interiores con alta reflectancia, como madera naturales, logra ahorros energéticos significativos significativos.

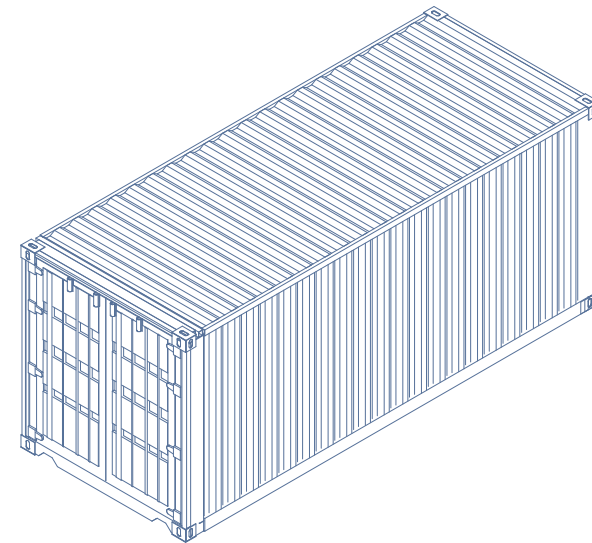
Debido a las condiciones climáticas del Páramo se deberá incorporar una barrera de vapor entre la madera de pino y la lana mineral para evitar la humedad.

Una vez definidos los materiales a utilizar en la envoltente del proyecto, se realizaron pruebas de confort térmico en el programa Design Builder para determinar el espesor del aislante térmico, en este caso de Lana mineral.

Se analizó con un grosor de 60 mm, 75 mm, 90 mm y 100 mm, (Anexo F) donde se logró definir que en estas condiciones de extremo frío la madera con el acero y con un aislamiento de 75 y 90 mm alcanza los niveles mínimos de confort, sin embargo hay que analizar otros aspectos como la espacialidad, disponibilidad de materiales y costos.

Para optimizar materiales y costos se verificó medidas estándar que se encuentran nivel local de los perfiles de madera que conforman el wood frame, en los muros se utilizaron perfiles de 75 x 41 mm, por lo tanto el espesor de la lana mineral es de 75 mm ayudando a no perder espacialidad interior debido al grosor de los muros; en la cubierta y en la losa de piso al ser elementos más expuestos a la ventilación, soleamiento y demás variables meteorológicas, se utilizó lana mineral de 90 mm para mejorar el aislamiento y lograr el confort interior.

Gráfico 30: Contenedor marítimo.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Tabla 12: Características exigibles en materiales de construcción locales.

Material	Materiales reciclados	Materiales locales	Construcción desmontable	Materiales de alta tecnología en ahorro energético	Materiales con bajo o nulo nivel de toxicidad	Materiales naturales renovables	Criterio de envolvente para clima frío
Conglomerantes							
Hormigon		•			•		•
Bloque de hormigon		•			•		•
Cemento		•			•		•
Panel de yeso		•			•		•
Ladrillo		•			•		•
Madera							
Madera de pino	•	•	•		•	•	•
Aserrada	•	•	•		•	•	•
Tablero aglomerado	•	•	•	•	•	•	•
Tablero MDF	•	•	•	•	•	•	•
Tablero OSB	•	•	•	•	•	•	•
Metales							
Acero galvanizado	•	•	•		•		
Acero inoxidable	•	•	•		•		
Aluminio	•	•	•		•		
Zinc	•	•	•		•		
Vidrio							
Vidrio	•	•	•		•		
Fibra de vidrio	•	•	•		•		•
Textiles							
Algodón	•	•	•		•	•	•
Lana mineral	•	•	•	•	•		•
Poliéster		•	•	•	•		•

Fuente: Hidalgo, 2018.

Elaboración: Propia, 2023.

Para determinar el espesor de la envolvente y de cada material, se verificó según la Tabla 13, el coeficiente de transmitancia térmica mínima que requiere una envolvente en una zona definida como de clima frío que es la del páramo.

Tabla 13: Requisitos de la envolvente en zona climática fría.

Elementos	Habitable			
	Climatizado		No climatizado	
	Coeficiente de transferencia de calor	Valor Mínimo de aislamiento	Coeficiente de transferencia de calor	Valor Mínimo de aislamiento
Techos	0.273	3.5	2.8	0.34
Paredes sobre el nivel del Terreno	0.453	2.3	2.35	0.4
Paredes bajo el nivel del Terreno	0.678	1.3	6.473	NA
Pisos	0.363	2.2	3.2	0.31
Puertas	2.839	NA	2.5	0.4
Ventanas	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC

Fuente: NEC 11, 2018.

Elaboración: Propia, 2023.

Para el planteamiento de la envolvente se utilizó como referencia el trabajo de Hidalgo (2018) realizado en el subpáramo, donde mediante una comparación de métodos constructivos propone una mejora en la envolvente de una edificación en clima frío.

Las paredes están conformadas por una capa interior de madera de pino de 24 mm, la barrera de vapor para impedir la humedad, el aislante de lana mineral con espesor de 75 mm y finalmente la envolvente externa conformada por el acero del contenedor.

La envolvente de la cubierta tiene el mismo principio, en la cara interna se encuentra la madera de pino, a continuación la barrera de vapor seguida de

la lana mineral, esta vez se colocó un espesor de 95 mm debido a que en la cubierta requiere mayor aislamiento. Hacia el exterior se encuentra sobre la subestructura de wood frame, tableros de MDF que sirven como base para colocar la teja asfáltica.

La estructura del piso reposa sobre la estructura del container, el cual ya cuenta con perfiles metálicos para soportar altas cargas. La propuesta se encuentra elevada 30 centímetros del suelo, por lo que se le provee de aislamiento térmico y contra el vapor, debido a que es un piso ventilado. La envolvente está conformada de perfiles de wood frame, entre estos se coloca la lana mineral de 95 mm de espesor y para el acabado interior se utilizó tablas de madera de pino de 24 mm.

El aislamiento del suelo es importante no solo por motivos energéticos, sino también por cuestiones de confort. Es crítico prevenir la ascensión de humedad desde el terreno a través de la solera, por lo que se deben implementar medidas de protección como la implementación de una barrera de vapor continua.

Las puertas y ventanas están conformadas en el mismo sistema de la envolvente para evitar puentes térmicos, la perfilería es de madera de pino y se coloca una doble capa vidrio de 6 mm para generar una cámara de aire de 8 mm que minimice la transmitancia térmica del material. Se procura obtener una envolvente térmica continua.

Se debe prever el uso de sellantes que no necesitan que se muevan las piezas del sistema constructivo, para evitar la infiltración de aire entre superficies permanentes, como entre los perfiles de una ventana y una pared, es una forma eficaz de evitar la infiltración de aire.

Se realizó una comparación de la envolvente propuesta con un sistema tradicional de construcción, para verificar el coeficiente de transmitancia térmica.

Se planteó un sistema constructivo tradicional usado en climas fríos de los Andes ecuatorianos. La estructura del piso es de hormigón armado, los muros están compuestos de bloques de concreto sin aislamiento, con una capa de enlucido interior y exterior, ventanas con perfiles de aluminio, vidrio sin aislamiento de 3 mm, en la cubierta placas de fibrocemento y la puerta de madera madera.

Tabla 14: Especificaciones de materiales usados en una envolvente tradicional.

Elemento	Material	Espesor (mm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad térmica (λ)	Calor específico (KJ/KJ.K)	Coefficiente de transmitancia térmica (u)
Piso	Losa de hormigon	200	2000	1,13	1000	2,51
	Mortero	10	2800	0,88	896	
Muro	Enlucido	13	600	0,16	1000	1,89
	Bloque de concreto	100	1400	0,84	1000	
	Enlucido	13	600	0,16	1000	
Cubierta	Placa fibrocemento	8	30	0,036	1000	2,71
Ventanas	Vidrio simple	3	2500	0,9	837	5,89
Puertas	Madera	35	700	0,19	2390	2,823

Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Tabla 15: Especificaciones de materiales usados en la envolvente propuesta.

Elemento	Material	Espesor (mm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad térmica (λ)	calor específico (KJ/KJ.K)	Coefficiente de transmitancia térmica (u)
Piso	Acero corten	3	7800	45	480	0,327
	Lana mineral	95	90	0,036	1000	
	Madera de pino	24	650	0,12	1380	
Muro	Acero corten	3	7800	45	480	0,406
	Lana mineral	75	90	0,036	1000	
	Madera de pino	24	650	0,12	1380	
Cubierta	Teja asfáltica	3	2100	0,7	1000	0,375
	Tablero MDF	15	600	0,14	1700	
	Lana mineral	95	90	0,036	1000	
	Madera de pino	24	650	0,12	1380	
Ventanas	Vidrio doble de 6mm	20	2500	0,9	837	2,89
Puertas	Madera	41	650	0,12	1380	1,95

Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Comparando la Tabla 14 y 15 se puede observar el bajo nivel de transmitancia térmica del sistema planteado, a pesar de utilizar materiales con menor demanda energética, de menor espesor pero con mayor capacidad de aislamiento; comparado con el sistema tradicional, el cual además de generar residuos en la construcción, tiene una baja capacidad de adaptación a los cambios térmicos extremos que presenta el ecosistema. Así mismo, al ser una construcción húmeda y pesada por el usos de sus materiales, esta no es adecuada para un entorno como del páramo ecuatoriano.

Gráfico 31: Esquema de la envolvente del proyecto.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

3.6 Instalaciones

La implementación de sistemas de instalaciones autosuficientes en el proyecto representa una necesidad de acuerdo al contexto donde será emplazado el proyecto. Estos sistemas desempeñan un papel crucial al contribuir significativamente a la reducción del impacto ambiental, promoviendo las prácticas sostenibles en estos entornos naturales.

La relevancia reside en la capacidad de estos métodos para optimizar el consumo de recursos naturales como el agua y la energía, minimizar las emisiones de carbono y reducir la generación de residuos. Al integrar tecnologías y estrategias eficientes en el diseño de instalaciones, se logra una gestión más consciente de los recursos, lo que no solo beneficia al entorno inmediato, sino que también tiene un impacto positivo en la comunidad.

Estos sistemas además de mejorar la eficiencia energética del proyecto, también buscan crear espacios interiores saludables y confortables para los usuarios. En consecuencia, la adopción de sistemas de instalaciones sostenibles en el proyecto de investigación no solo cumple con las condiciones establecidas para la construcción en estos espacios, sino que además representa un compromiso ético para las futuras generaciones presentes y futuras.

Energía solar fotovoltaica

Los módulos crean energía eléctrica en forma de corriente continua (CC), mediante un transformador que la transforma en corriente alterna (CA). Este proceso se lleva a cabo para generar energía eléctrica para dar servicio al proyecto.

Se optó por el uso de paneles de módulo bifacial de doble vidrio. Cada bloque cuenta con 3 paneles en su cubierta, ocupando 2.00 metros cuadrados de la misma. Se utilizó el modelo Vertex S N i-TOPCon, cuyos datos técnicos se encuentran en la Tabla 16 y en el Anexo G.

La energía excedente generada por los sistemas solares de los demás bloques que no requieren una alta demanda (alojamiento, oficina y caseta), puede derivarse hacia baterías que se ubican en el cuarto de máquinas ubicado en el bloque de servicios básicos, para convertirse en un sistema autónomo.

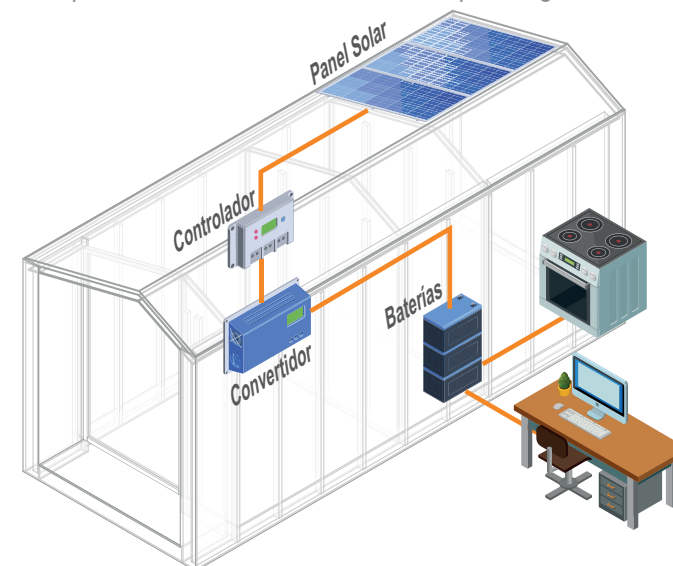
Los paneles serán colocados en la cubierta manteniendo una relación con la fachada formal del proyecto y adaptándose al entorno sin producir una distracción visual en el mismo.

Tabla 16: Características del panel fotovoltaico.

Largo (m)	1,762
Ancho (m)	1,134
Área (m2)	1,998
Potencia (W)	440
Eficiencia (%)	22
Corriente máxima (A)	10,01
Voltaje máximo (V)	44,00

Fuente: Trinasolar, 2023.
Elaboración: Propia, 2023.

Gráfico 32: Esquema del sistema solar fotovoltaico para la generación de energía.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Sistema de AFS y ACS

Se dispone de un sistema para calentar agua mediante una bomba de calor que funciona con electricidad como fuente de energía, para bombear el calor del aire hacia el agua caliente, suministrando sólo a las tomas de agua necesarias, para su optimización. En caso de requerir calefacción o refrigeración se lo realizará mediante la bomba de calor, estos sistemas no deben estar cerca de ventanas, accesos o puentes térmicos.

Para el aprovisionamiento del agua se cuenta con un depósito de 500 litros, que según la Tabla 17 el más óptimo según sus dimensiones para implementar en el diseño es el Tanque rectangular de 1248 x 1090 mm.

Tabla 17: Tipos de tanques para almacenamiento de agua según sus dimensiones.

Nombre	Capacidad (l)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Peso con agua (kg)
Tanque cilíndrico horizontal	500	1145	800	860	520
Tanque apilable cónico	500	1150	1150	1080	520
Tanque tipo botella	500	860	860	1165	520
Tanque rectangular	500	1248	1090	690	520

Fuente: Plastigama Wavin, 2023.

Elaboración: Propia, 2023.

El sistema de AFS cuenta con una bomba de agua que succiona el agua del depósito para bombearla mediante tuberías hacia los puntos de salida. Estos sistemas se encuentran únicamente en el módulo de servicios básicos en el cuarto de instalaciones.

Sistema de reutilización de aguas pluviales

Para la recolección de aguas lluvias se implementó dentro del sistema constructivo canales prefabricados ubicados en la parte baja de las cubiertas inclinadas, se encuentran incrustados en el interior de los muros laterales para que no afecten formalmente a la fachada, estos cuentan con bajantes ubicados en la esquina del módulo, para conectar con el depósito

de agua ubicado en la parte inferior del contenedor.

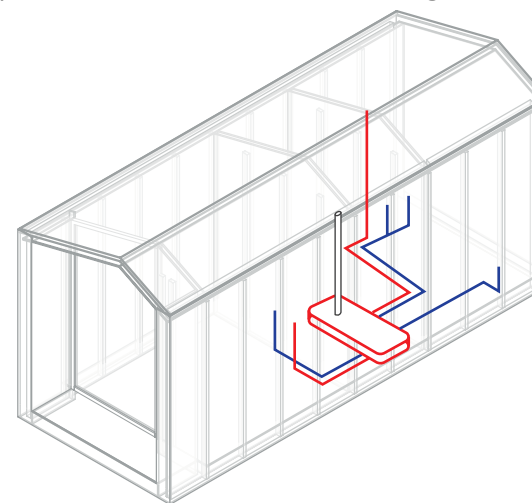
También se cuenta con un depósito de 120 litros, que son los utilizados por las autocaravanas, está ubicado en la parte baja de la estructura para la recolección de aguas pluviales, Este depósito cuenta con un sistema de filtrado y potabilización para posteriormente realizar su distribución y reutilización en el bloque. Se debe prever canales con ancho de agua ubicado en la parte baja.

Sistema de saneamiento

Se utiliza el sistema implementado en autocaravanas, para los desechos se utiliza un inodoro portátil, donde en la parte baja se encuentra un depósito o contenedor, en el cual después de cada uso se coloca una capa de material seco. El contenedor se debe vaciar cada cierto tiempo para su descomposición en una planta de residuos orgánicos.

Para la correcta ventilación y saneamiento de los servicios higiénicos se coloca un extractor de aire con ventilación que funciona con energía solar, se lo coloca encima del inodoro para extraer el aire húmedo y evitar condensaciones.

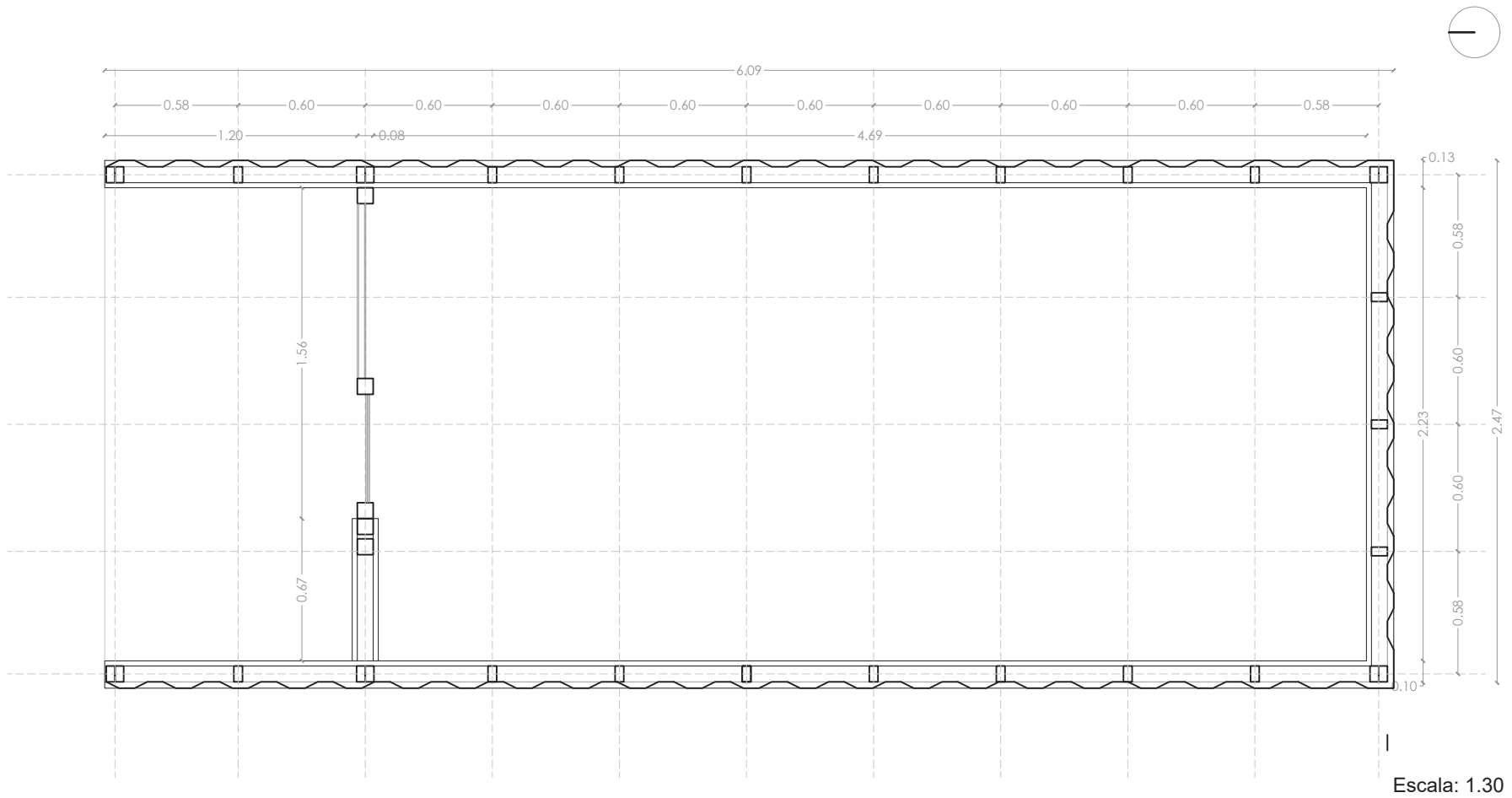
Gráfico 33: Esquema del sistema instalaciones del refugio.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

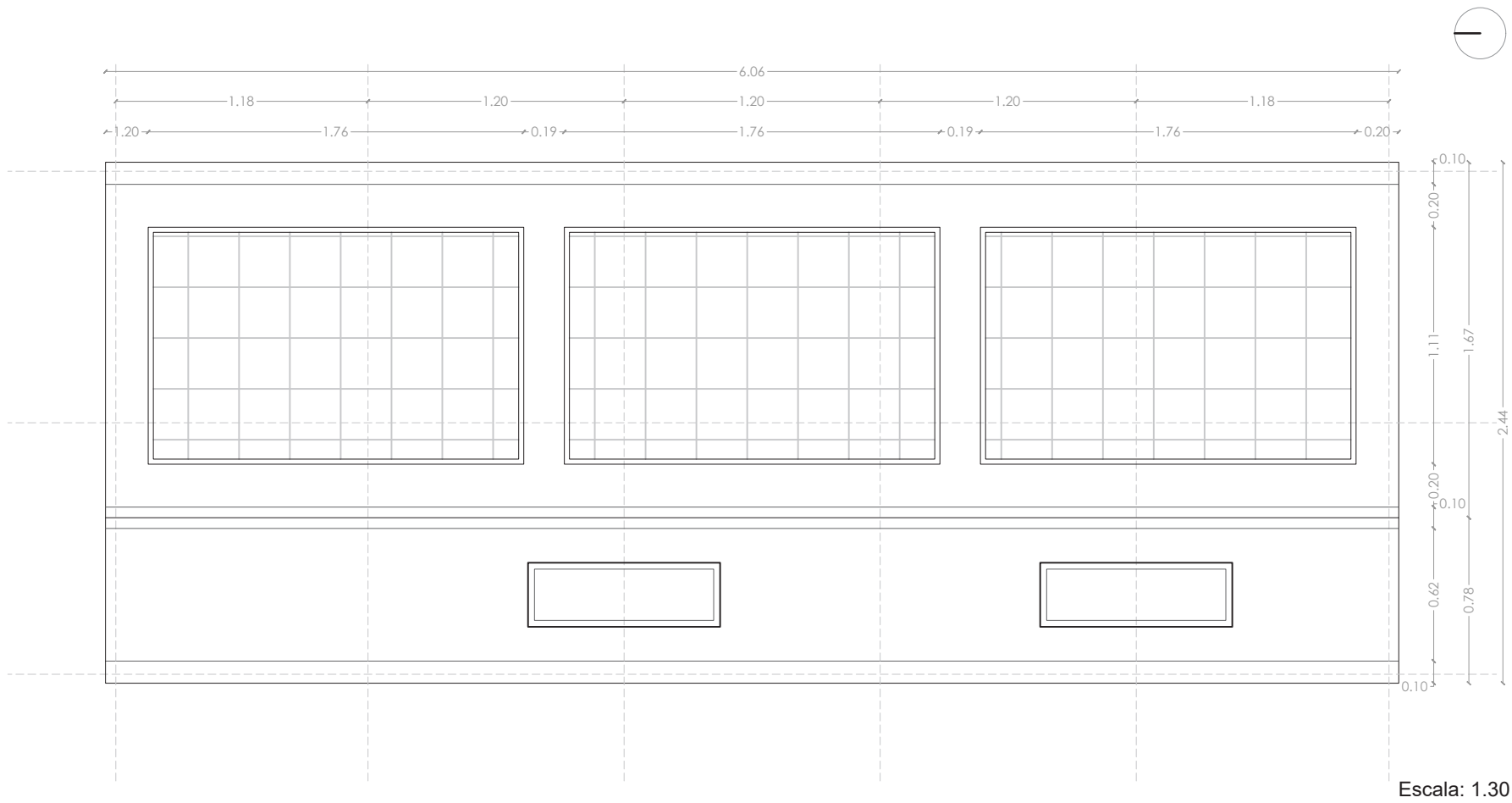
3.7 Propuesta arquitectónica

Gráfico 34: Planta principal.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Gráfico 35: Planta de cubierta.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Gráfico 36: Planta del módulo de servicios básicos.

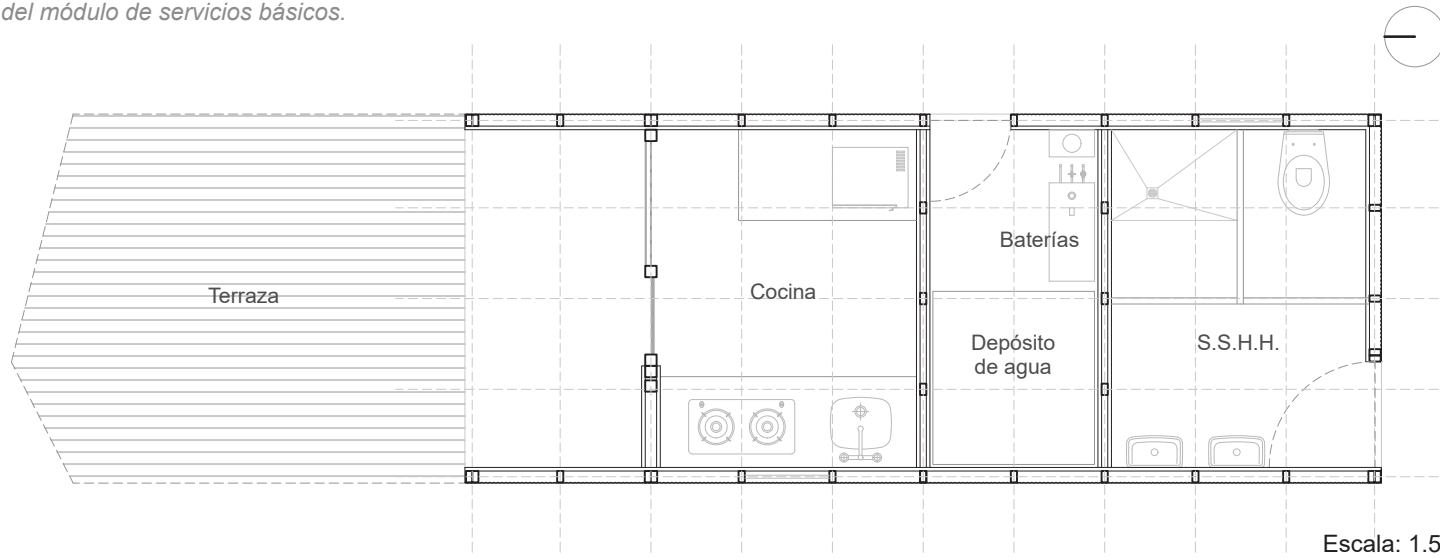
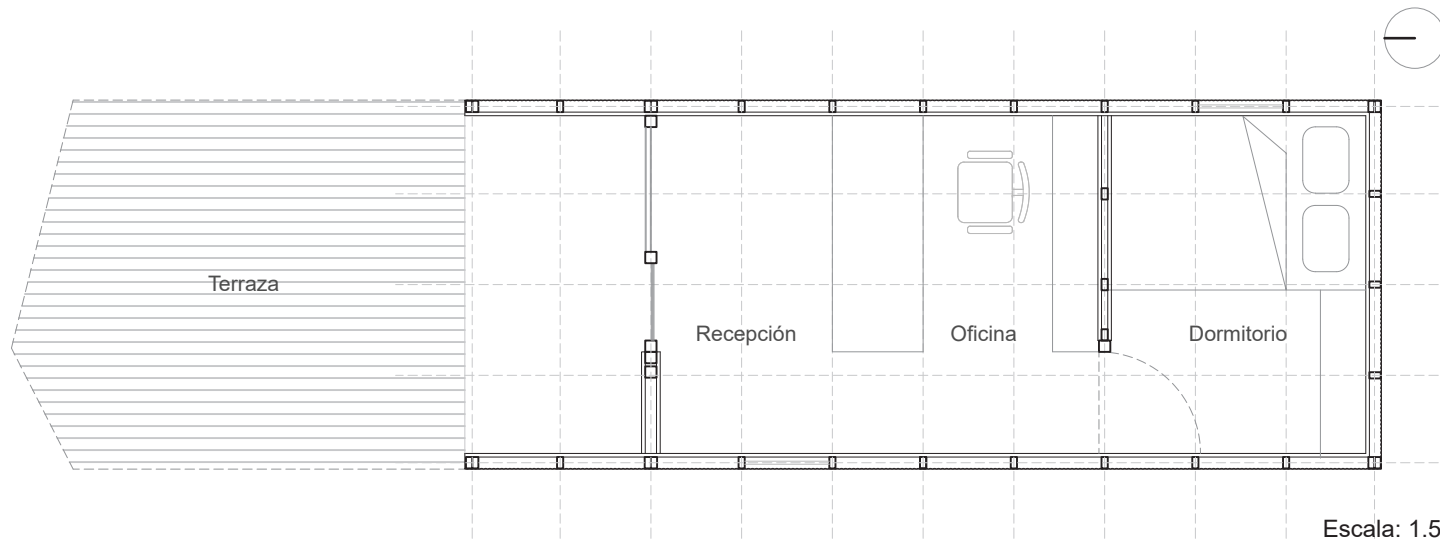
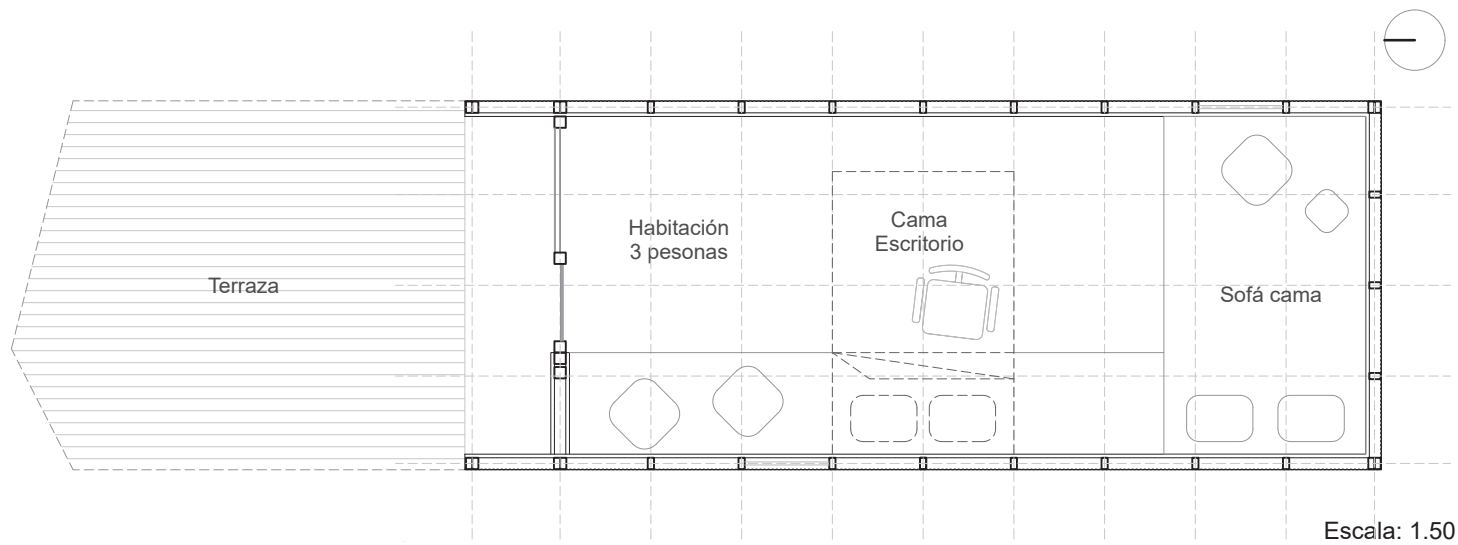
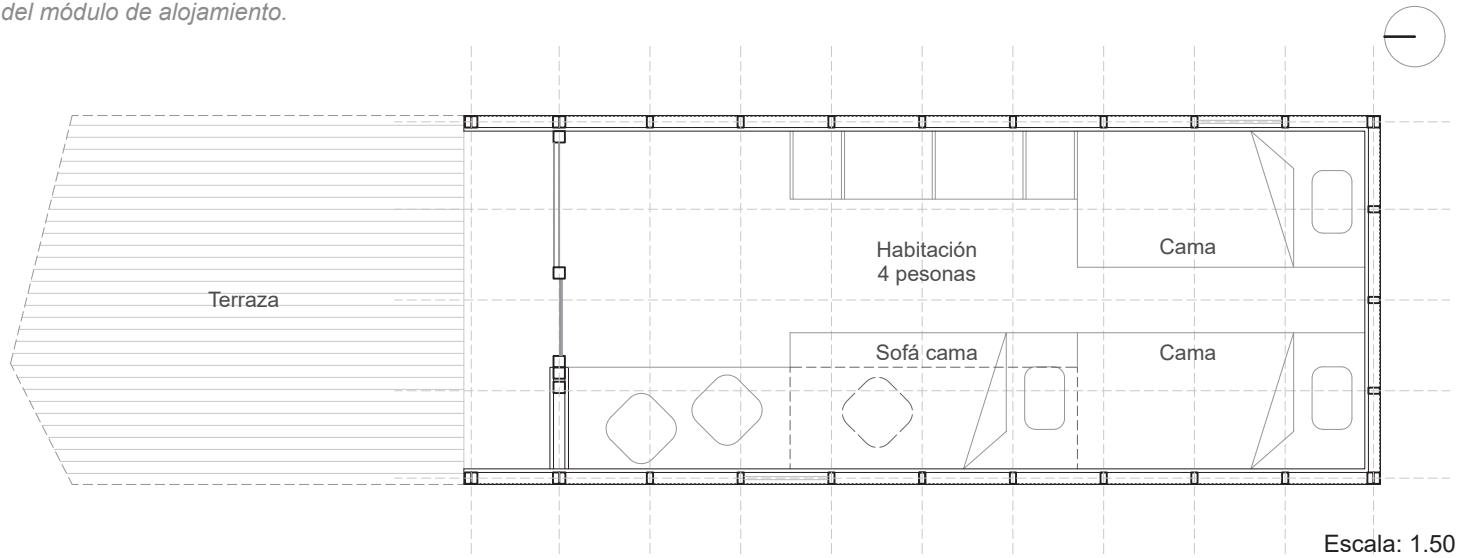


Gráfico 37: Planta del módulo de caseta de control / información.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Gráfico 38: Planta del módulo de alojamiento.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Gráfico 39: Planta del módulo de caseta de oficina.

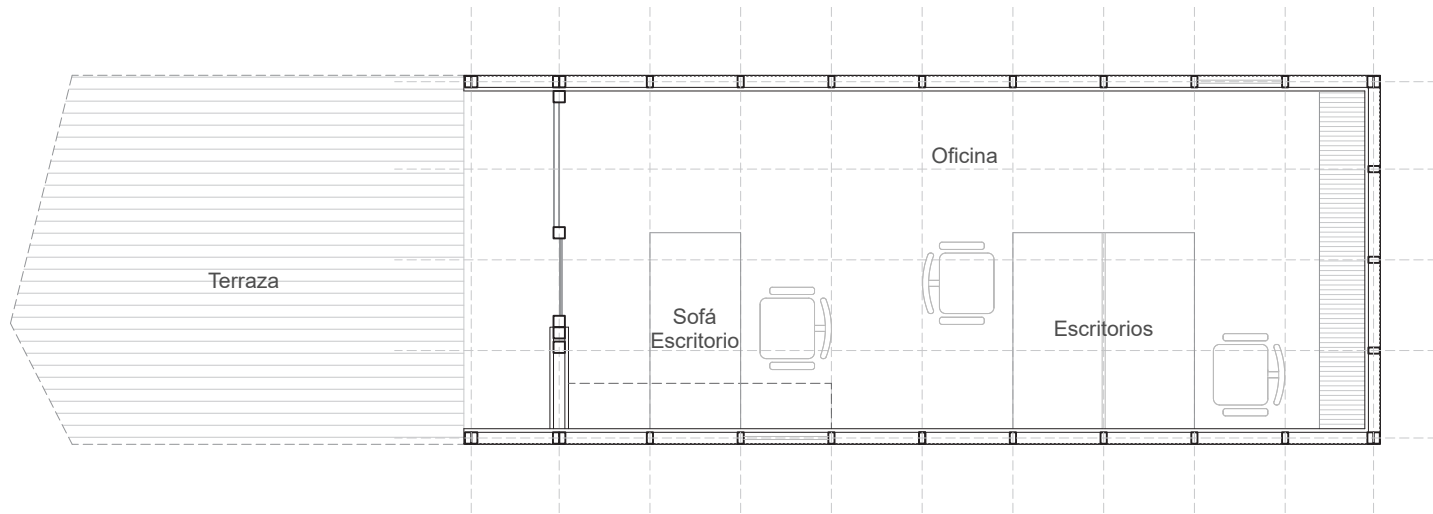
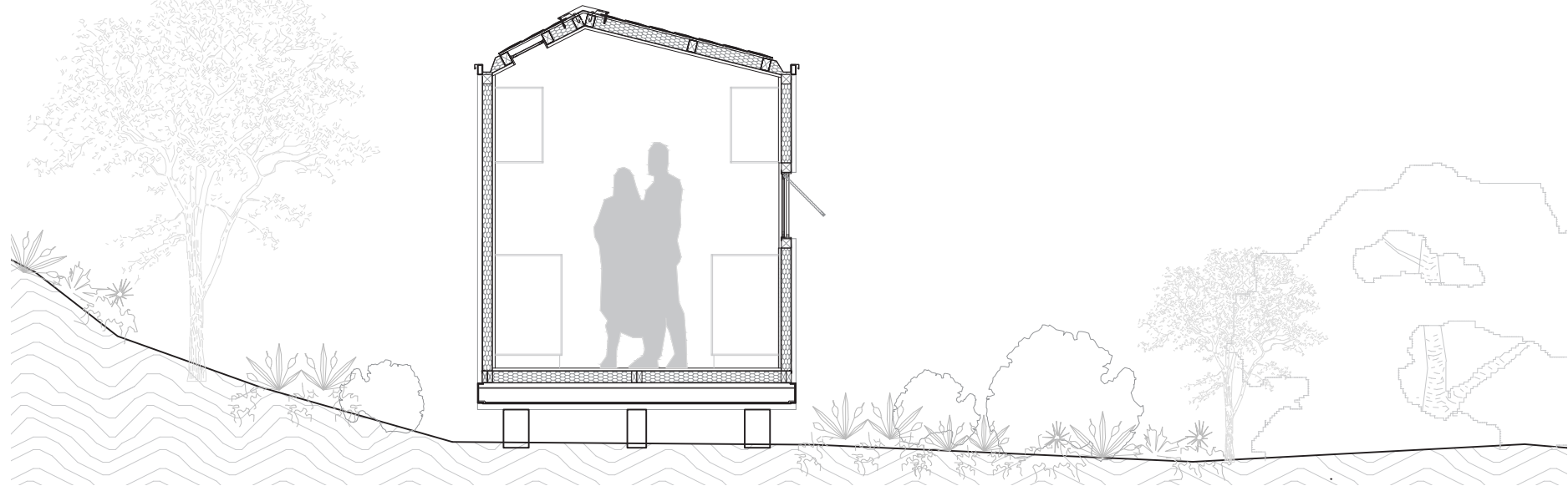


Gráfico 40: Sección constructiva.

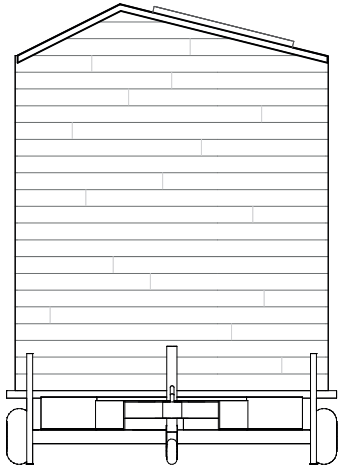


Escala: 1.50

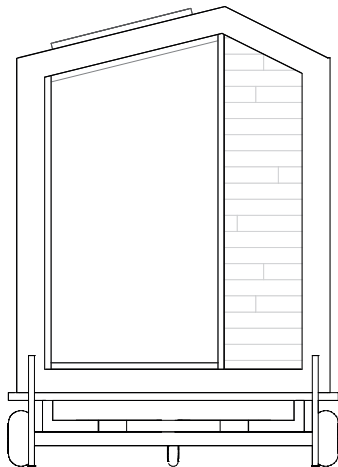
Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Escala: 1.50

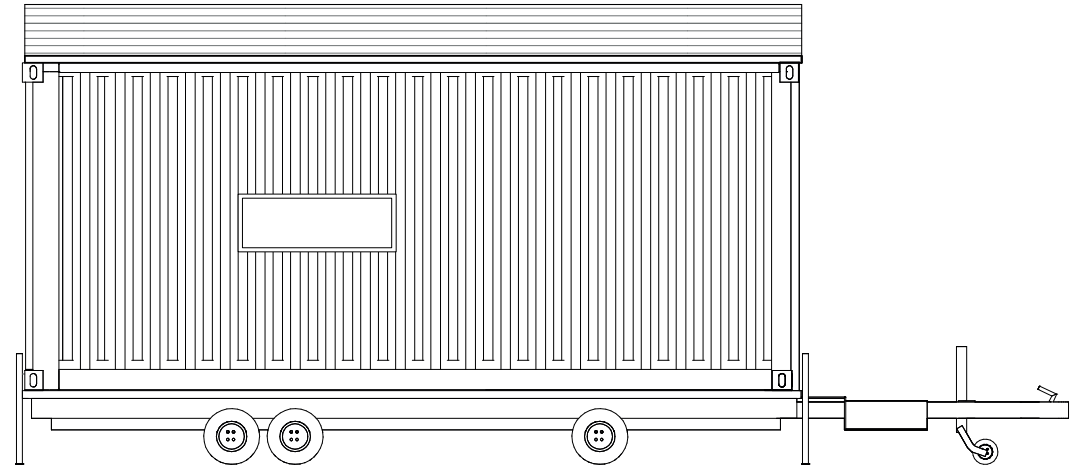
Gráfico 41: Elevaciones de la propuesta.



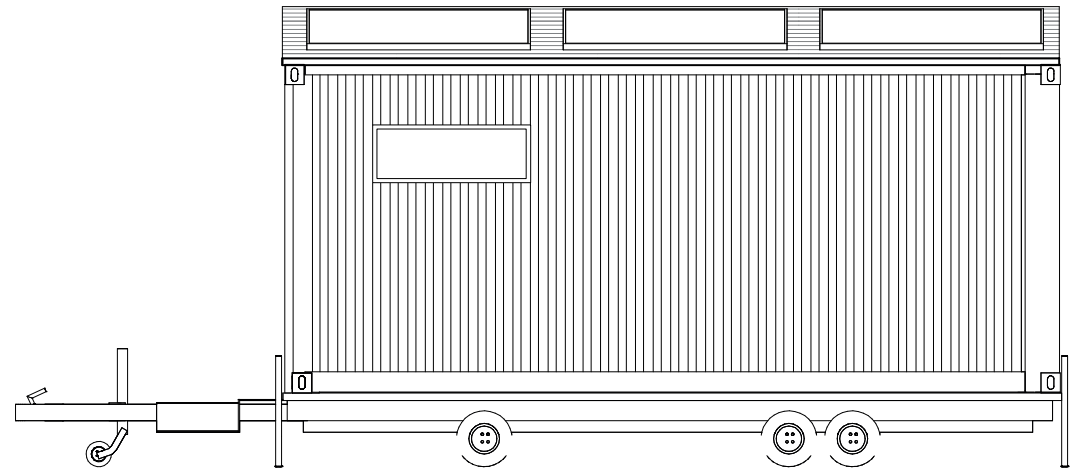
Elevación Posterior
Escala gráfica



Elevación Frontal
Escala gráfica



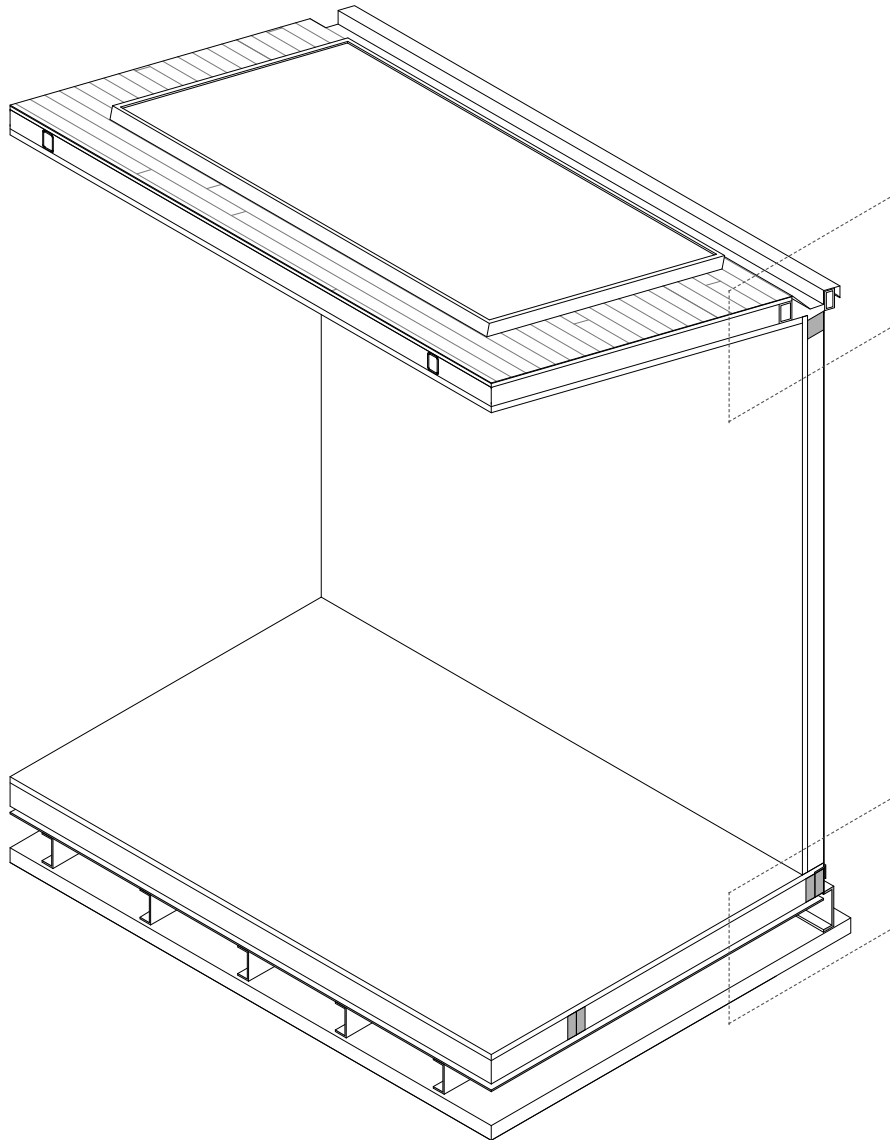
Elevación Lateral Derecha
Escala gráfica



Elevación Lateral Izquierda
Escala gráfica

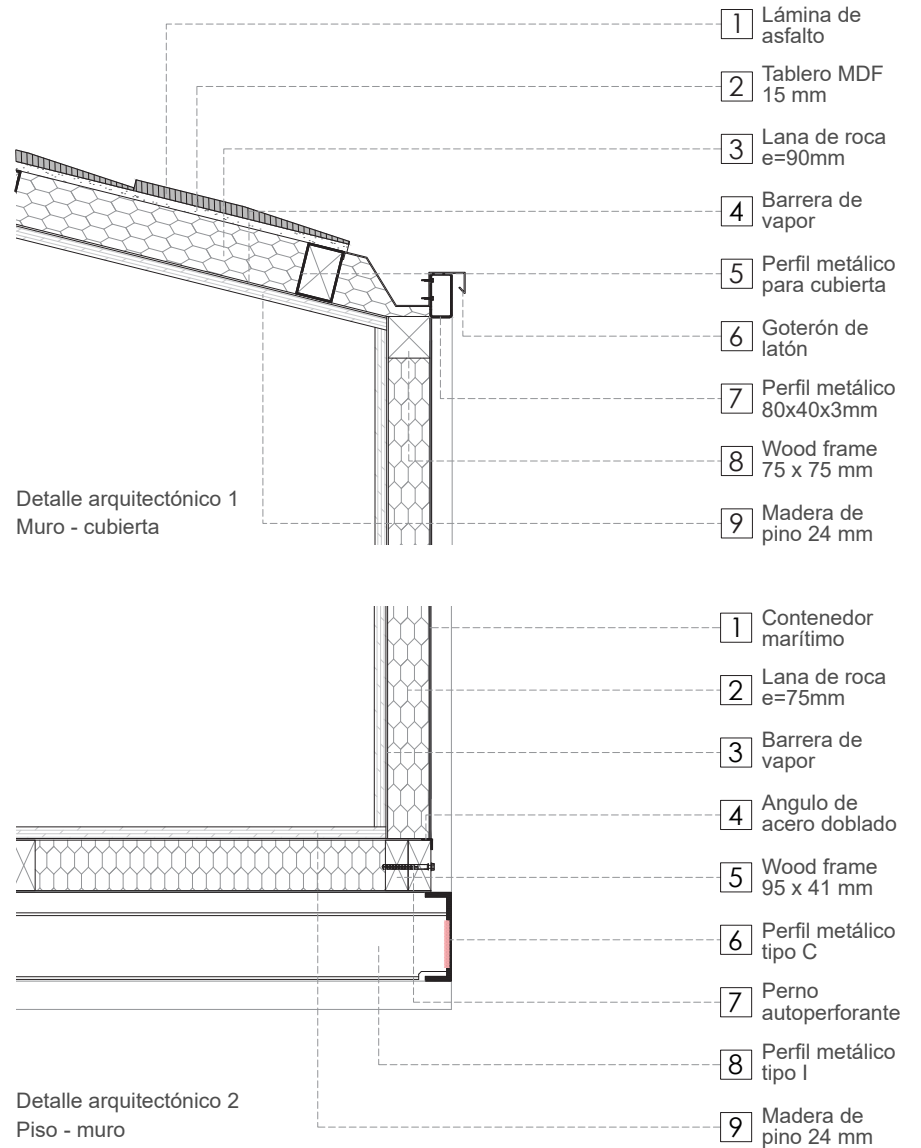
Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Gráfico 42: Axonometría constructiva.



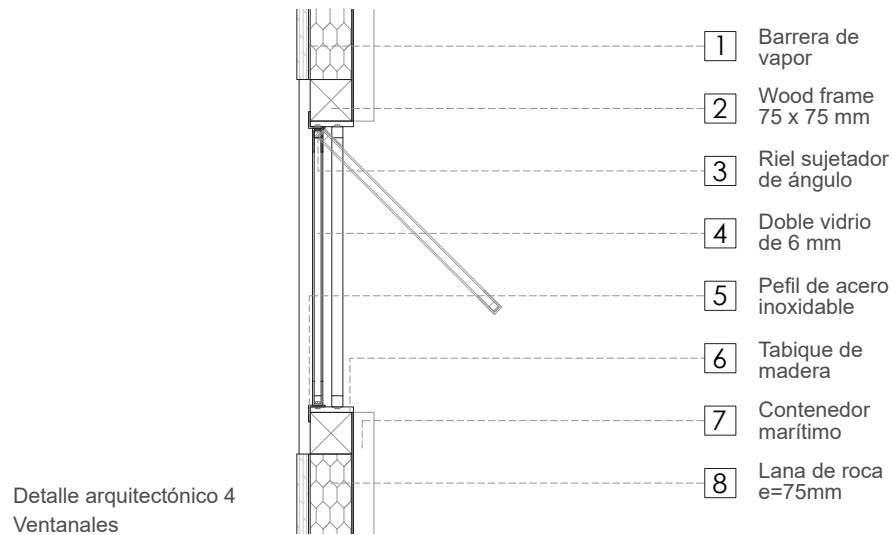
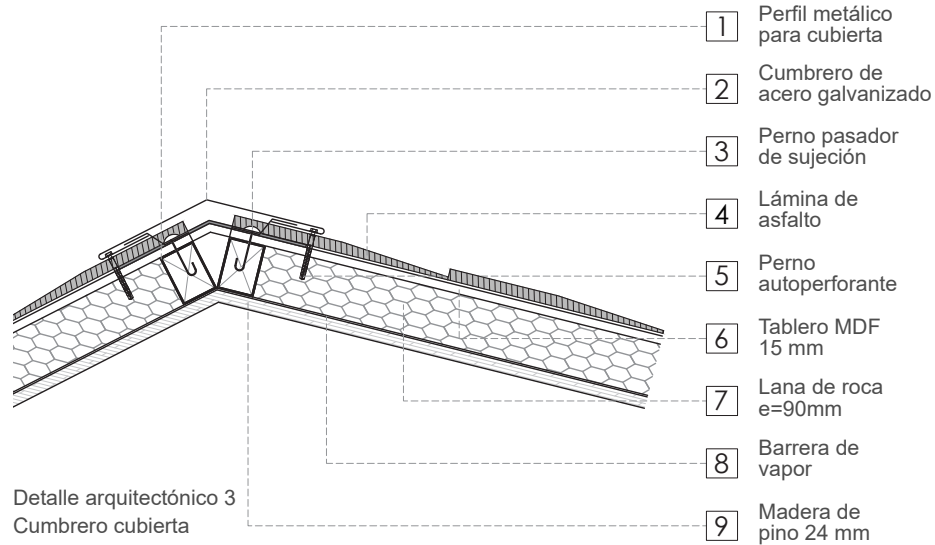
Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Gráfico 43: Detalles Constructivos.



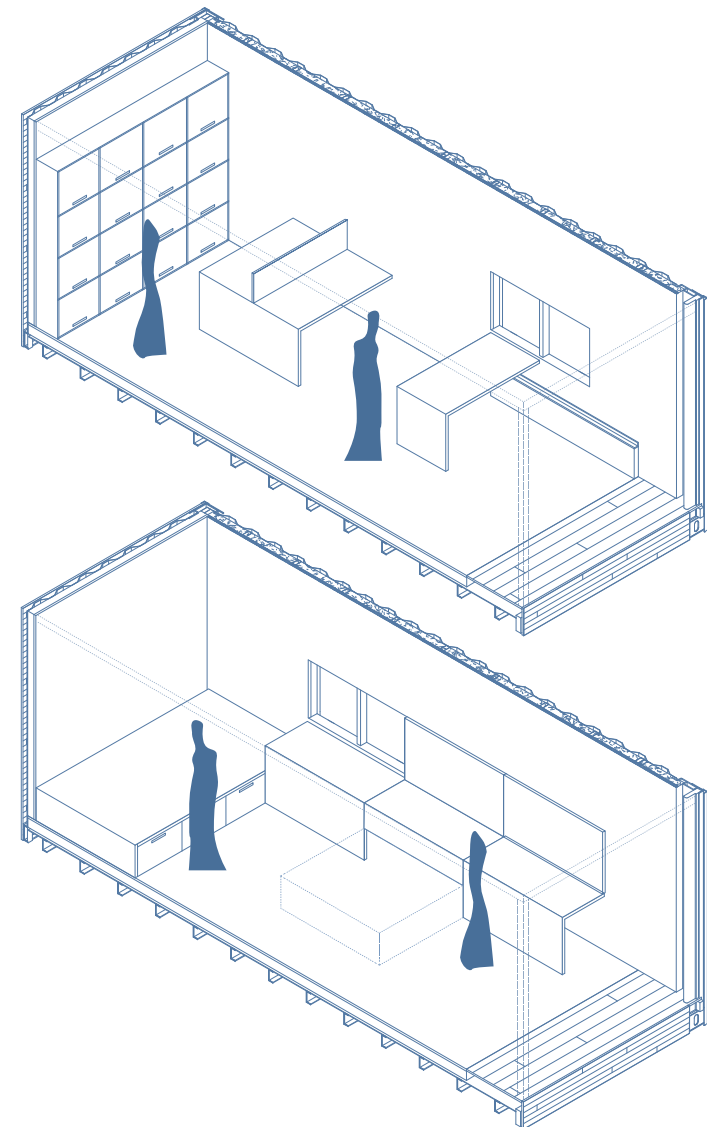
Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Gráfico 43: Detalles constructivos.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Gráfico 44: Axonometría Mobiliario.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Gráfico 45: Perspectiva exterior de la propuesta.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Gráfico 46: Perspectiva exterior de la propuesta emplazada en el Parque Nacional Cajas.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

3.8 Análisis y resultados

Para la validación de la propuesta a nivel constructivo y energético se utilizará programas especializados para la confiabilidad de cada cálculo. Para ello, se emplea una metodología que involucra tanto herramientas de modelado como simulaciones que permitan evaluar distintos aspectos del proyecto.

En primer lugar, se utilizará el programa de gestión de información de construcción BIM Revit 2023, para la planificación y cuantificación de los materiales empleados en el proyecto (sin tomar en cuenta los costos). Para la simulación del comportamiento energético del edificio, se utilizará el software de simulación energética Design Builder, para realizar simulaciones térmicas y lumínicas con el fin de analizar el comportamiento del edificio en diferentes condiciones climáticas, considerando factores como la orientación, exposición solar, ventilación y la eficacia de los materiales utilizados. Finalmente se evaluará la producción energética de la propuesta mediante el programa SAM 2023 para analizar si la misma es autónoma mediante el uso de energía solar fotovoltaica.

El estudio contempla la aplicación de las siguientes actividades

- Cuantificación de cantidades de obra
- Análisis del peso del módulo
- Evaluación de confort Térmico
- Evaluación de confort lumínico
- Análisis de producción energética

La validación mediante programas especializados garantiza una evaluación precisa del diseño arquitectónico, identificando posibles mejoras, optimizando el rendimiento y la eficiencia de la propuesta, y asegurando su alineación con los estándares y objetivos de sostenibilidad propuestos en la investigación.

3.8.1 Cuantificación de cantidades de obra

Para este apartado se realizó el modelado BIM en el software Revit 2023 aplicando los materiales y componentes definidos en el diseño arquitectónico para poder planificar y cuantificar la cantidad de material que se utilizó en la obra para evitar desperdicios en la misma. Mediante mediciones en los planos del proyecto se determinó áreas, volúmenes, longitudes y cantidades de cada componente. En la Tabla 18 se encuentra el desglose por cada componente del proyecto, asegurándose de considerar desperdicios, pérdidas y márgenes de error:

Tabla 18: Cálculo de cantidades de obra.

Item	Material	Cantidad	Unidad
Estructura			
1.1	Contenedor	1	u
1.2	Perfil de acero (76 x 47mm)	10,43	ml
Wood Frame			
2.1	Montante de madera de pino (75 x 41mm)	72,52	ml
2.2	Montante de madera de pino (75 x 75mm)	14,07	ml
2.3	Montante de madera de pino (95 x 41mm)	59	ml
Perfilería			
3.1	Tiras de madera (75 x 75mm)	4,8	ml
3.2	Vidrio doble de 6 mm	4,8	m2
Envolvente			
4.1	Teja asfáltica (e=1mm)	15,63	m2
4.2	Barrera de vapor	68,92	m2
4.3	Madera de pino	39,00	m2
4.4	Lana Mineral (e=75mm)	38,51	m2
4.5	Lana Mineral (e=95mm)	30,41	m2
4.6	Tablero MDF	15,63	m2

Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Tabla 19: Cálculo del peso del módulo arquitectónico.

Item	Material	Peso (kg)	Porcentaje
Estructura			
1.1	Contenedor	2350.00	50.67
1.2	Perfil de acero (76 x 47mm)	8.14	0.18
Wood Frame			
2.1	Montante de madera de pino (75 x 41mm)	144.94	3.13
2.2	Montante de madera de pino (75 x 75mm)	5.14	0.11
2.3	Montante de madera de pino (95 x 41mm)	14.93	0.32
Perfilería			
3.1	Tiras de madera (75 x 75mm)	17.55	0.38
3.2	Vidrio doble de 6 mm	144.00	3.10
Envolvente			
4.1	Teja asfáltica (e=1mm)	164.11	3.54
4.2	Barrera de vapor	-	-
4.3	Madera de pino	608.40	13.12
4.4	Lana Mineral (e=75mm)	259.94	5.60
4.5	Lana Mineral (e=95mm)	260.00	5.61
4.6	Tablero MDF	140.67	3.03
Instalaciones			
5.1	Depósito de agua	520	11.21
Total		4637.82	100

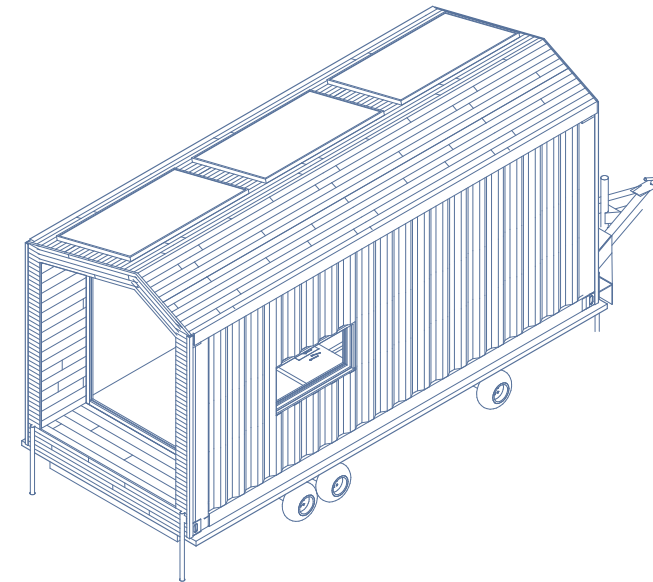
Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Una vez obtenido las cantidades de obra de un módulo estándar, sin tomar en consideración el mobiliario interior, ya que este varía dependiendo el módulo. Se destaca el uso de la madera como predominante en el refugio.

Mediante los datos obtenidos en la Tabla 18 y anteriormente en la Tabla 16 (especificaciones de materiales usados en la envolvente propuesta) se calcula el peso de la propuesta, multiplicando el volumen en metros cúbicos de cada material por la densidad del mismo.

Una vez obtenido los pesos de cada material, se determinó el porcentaje de cada uno en la Tabla 19, incluyendo el peso del depósito de agua, tomando el caso del prototipo de servicios básicos, considerado el más pesado por sus instalaciones. Obteniendo un peso aproximado total de 4637 kg. En el apartado 3.4 (Sistema constructivo) se plantea la transportabilidad de la propuesta por vía terrestre y aérea, donde la capacidad máxima de un Helicóptero Airbus H-225 según sus especificaciones es de 4750 kg (Airbus, 2020). Demostrando que la propuesta es viable en el sentido de transportabilidad.

Gráfico 47: Axonometría de la propuesta final del módulo.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

3.8.2 Evaluación térmica y lumínica

Para la verificación del confort térmico y lumínico de la propuesta se utiliza el software Design builder para la fiabilidad de los resultados, para el análisis se cuenta con un archivo climático ubicado en Tres Cruces, en el Parque Nacional Cajas, a una altura de 3961 metros sobre el nivel del mar, el cual fue proporcionado por el PROMAS.

Según el análisis climático definido en el apartado 3.1 se determinan dos días con condiciones climáticas extremas para analizar. Por un lado el día 22 de febrero que alcanzó temperaturas de hasta 22 °C y por otro lado el 17 de septiembre que presentó las temperaturas más bajas en la mañana llegando a 0 °C. Para la evaluación térmica de la propuesta se configuro el programa, calculando la densidad de ocupación, dividiendo la cantidad de personas por metros cuadrados, obteniendo un valor de 0,27.

Cantidad de personas: 4

Superficie : 14.78

Además se determinó los valores de clo (índice de indumento), es el valor de aislamiento que nos da la ropa que utilizamos. Según la Tabla 20 para invierno se colocó un valor de 3,00 y para verano un valor de 2,00, ya que es una zona climática mayormente fría. Además se definió un valor de infiltraciones de aire de 7 ac/h (cambios de aire por hora).

Tabla 20: Características del valor clo.

Valor clo	Descripción
0.5	Ligero
1	Normal
2	Abrigado
3	Muy abrigado

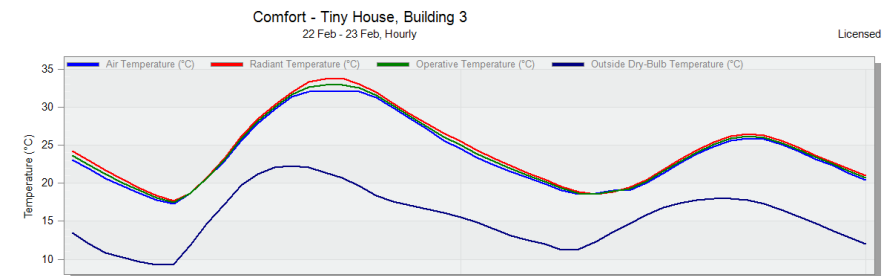
Fuente y elaboración: Propia, 2023.

22 de Febrero

Como se observa en el Gráfico 48 a las 06:00 de la mañana la temperatura llega hasta los 6 °C, mientras que a las 14:00 horas alcanza una temperatura de 22 °C, el modelo presenta una ganancia aproximada de 10 °C en el interior, pero esto a su vez en temperaturas ambientales de confort exterior, generar un sobrecalentamiento a las 17:00 horas de la tarde, para evitar este sobrecalentamiento sin perder iluminación y confort interior en otras horas donde el clima es más frío, en estas condiciones especiales que son ciertos días de enero y febrero, se sugiere la ventilación natural del módulo entre a las 17:00 horas.

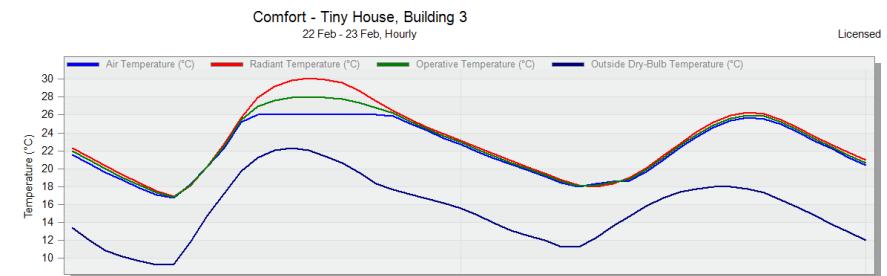
En el gráfico 49 donde se plantea ventilación se puede observar que el efecto invernadero provocado a estas horas se reduce, logrando estar en confort sin necesidad de instrumentos de calefacción o refrigeración.

Gráfico 48: Análisis térmico del proyecto en el día mas caliente.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Gráfico 49: Análisis térmico del proyecto en el día mas caliente, con ventilación.



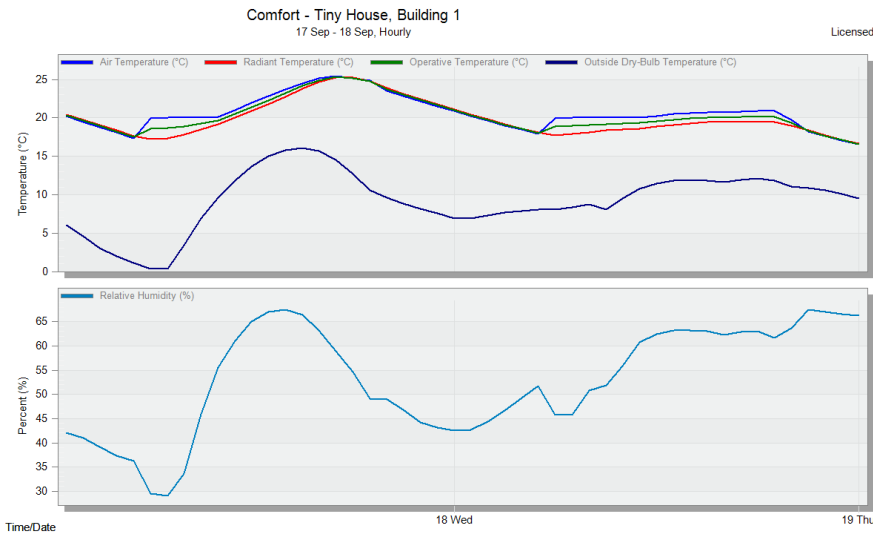
Fuente y elaboración: Propia, 2023.

17 de septiembre

La envolvente propuesta tiene un mejor comportamiento en climas extremadamente fríos, como se contempla en el Gráfico 50 a una temperatura de aproximadamente 0 °C el modelo presenta una temperatura interior de 12 °C.

Una característica a destacar según las gráficas analizadas es que la propuesta tarda un aproximado de una hora en tener ganancias térmicas. Además del comportamiento de la madera de pino, utilizada en su mayoría en el sistema constructivo.

Gráfico 50: Análisis térmico del proyecto en el día mas frío.

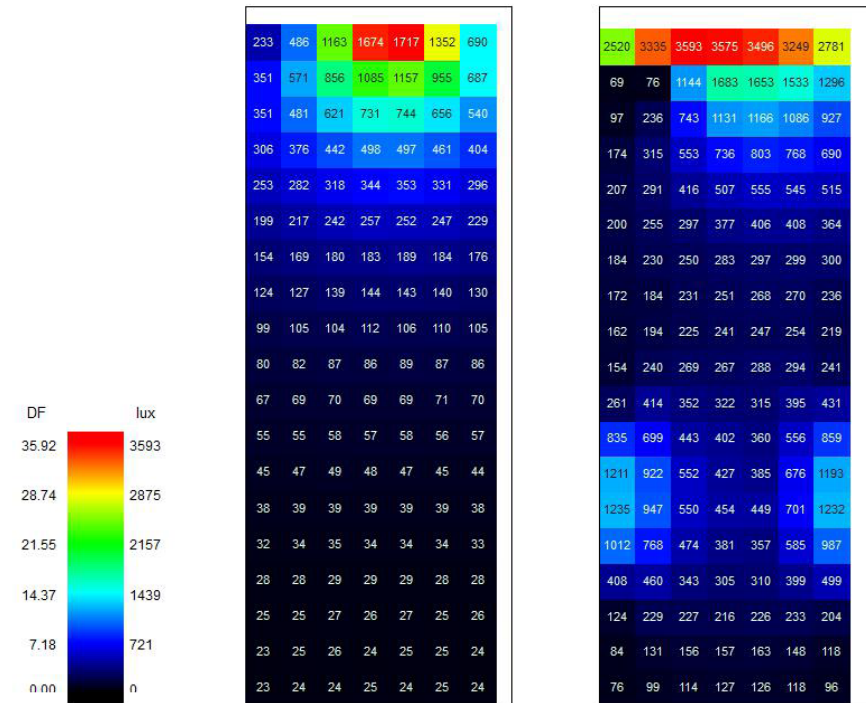


Fuente y elaboración: Propia, 2023.

A nivel lumínico la generación de aperturas en los muros laterales ayudan al gran ventanal del acceso a obtener una iluminación adecuada en el interior. En este caso se analizó el módulo de oficinas, ya que es el que requiere un riguroso nivel de iluminación para no generar molestias en los usuarios.

En el Gráfico 51 se puede observar como el ventanal genera iluminación hasta cierta distancia en el gráfico izquierdo, como se percibe al abrir la compuerta de un contenedor la iluminación natural llega hasta la mitad del módulo, siendo el fondo totalmente oscuro. La apertura de ventanales en los laterales para ventilación y lucernarios en la cubierta, genera un equilibrio a nivel de confort térmico y lumínico como se percibe en el gráfico de la derecha, se generan ganancias térmicas y lumínicas en el interior debido a que se utilizó un doble vidrio con cámara de aire.

Gráfico 51: Análisis lumínico de la propuesta.



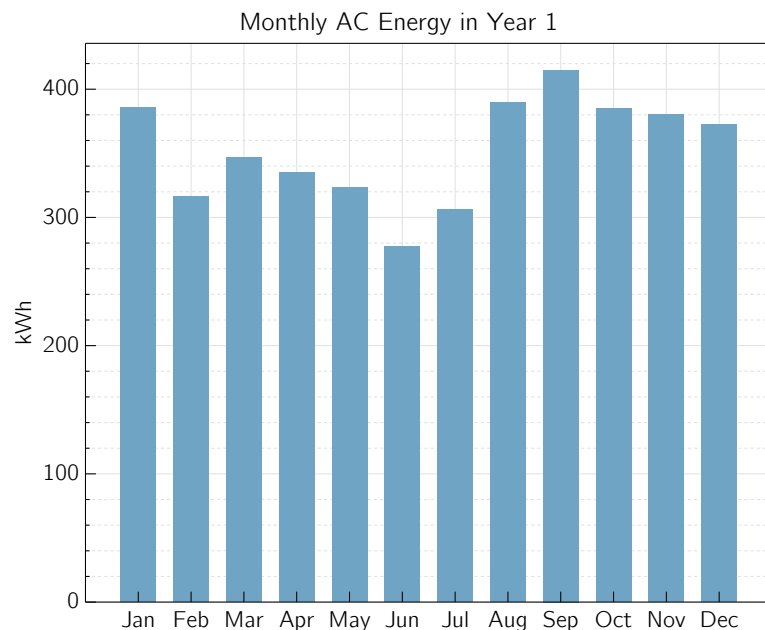
Fuente y elaboración: Propia, 2023.

3.8.3 Autonomía de la propuesta

El programa SAM es un sistema que sirve de apoyo para la implementación de proyectos de generación de energía renovable. En este apartado se realizó el cálculo de producción energética generado por el sistema solar fotovoltaico planteado según el tipo de panel escogido y sus condiciones meteorológicas. Para el cálculo se realiza la selección del panel fotovoltaico en el programa, así mismo como la colocación de datos como el azimut y el ángulo de inclinación de los paneles, que se calcularon según la ubicación de la propuesta, finalmente se coloca la potencia del panel y el número de módulos a utilizarse.

Como se determinó en la simulación en Design Builder, los meses de invierno son los que generan mayor pérdida energética, esto se ratifica en la Gráfica 52 donde se observa un mayor consumo energético en el mes de septiembre, el cual presenta las temperaturas más bajas.

Gráfico 52: Pérdidas energéticas mensuales durante un año.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Como datos relevantes, mediante el programa SAM, el diseño del sistema solar del proyecto, determinó un valor de 395,205 kWh de energía consumida en un año, mientras que la energía producida fue de 988 kWh/kW.

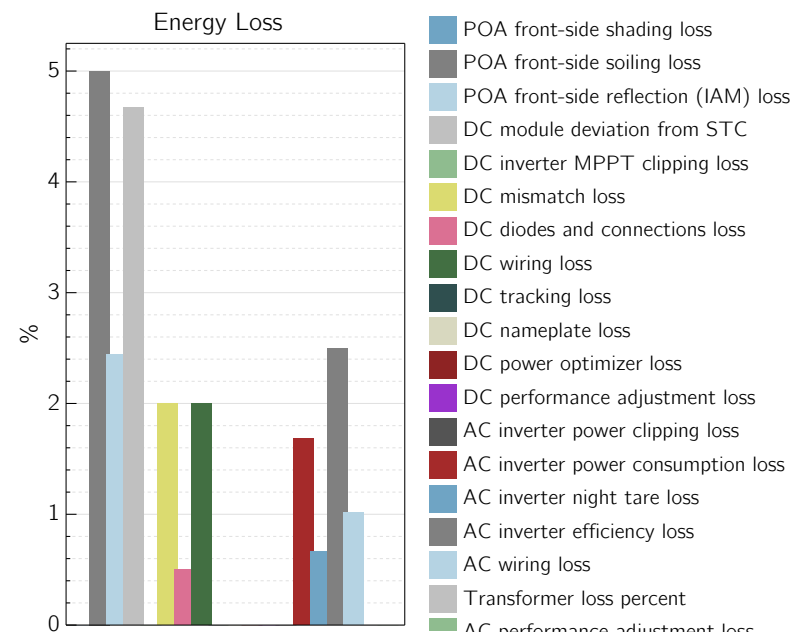
Tabla 21: Energía producida por el sistema solar fotovoltaico.

Medida	Valor
Energía consumida en 1 año	395,205 kWh
Energía producida en 1 año	988 kWh/kW

Fuente y elaboración: Propia, 2023.

En el gráfico 53 se presenta las razones por las cuales se pierde energía en el sistema, donde en su mayoría son por la presencia de suciedad en la parte frontal y por la desviación del módulo.

Gráfico 53: Porcentaje según motivos de la pérdida de energía en el módulo.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

También se realizó el cálculo para determinar cuál es la mayor cantidad de días que la propuesta permanece en un sitio fijo sin aprovisionamiento de agua potable para su consumo. En la Tabla 22 se observa la demanda de consumo de agua caliente sanitaria según diferentes actividades.

Se utilizó el valor de 21 litros por día para realizar los cálculos, ya que la actividad de camping está en concordancia con la utilización de la propuesta. Según la cantidad total de litros que posee el modelo de servicios básicos que cuenta con el depósito de 500 litros. Se plantea un uso diario de 21 litros de agua caliente por un usuario, en donde por 25 días una persona puede subsistir utilizando diariamente el agua caliente sanitaria. Para el cálculo de 4 personas se multiplicó esta cantidad de usuarios por los 21 litros al día por persona y se determinó un máximo de 6 días de uso continuo de agua caliente en el módulo.

Estos prototipos al estar planteados para su transporte, con el fin de evitar afectaciones en el ecosistema se planteó el uso de un aproximado de 3 o 4 personas durante 3 a 4 días a la semana, con el índice anteriormente mencionado se prevé que el depósito de agua destinado para el sistema de ACS dure entre tres a cuatro semanas sin el abastecimiento de agua de la red.

Tabla 22: Demanda de consumo de agua caliente.

Criterio de demanda	Litros al día por persona
Camping	21
Albergue	24
Duchas	21
Oficinas	2
Restaurantes	8

Fuente: NEC 11

Elaboración: Propia, 2023.

3.9 Conclusiones

El capítulo de diseño en esta investigación representa la culminación de un proceso reflexivo que busca materializar los fundamentos teóricos y metodológicos previamente establecidos.

La relación entre la teoría y la práctica ha permitido visualizar el proyecto desde sus distintos ámbitos, considerando aspectos tanto funcionales como espaciales. La integración de criterios sostenibles y el enfoque hacia la eficiencia energética han sido pilares fundamentales en la concepción del diseño.

La selección del sistema constructivo y de la envolvente demostraron que la propuesta es transportable vía terrestre y aérea, según las cantidades de obra calculadas junto con el peso del módulo; además de cumplir con los criterios de confort y sostenibilidad.

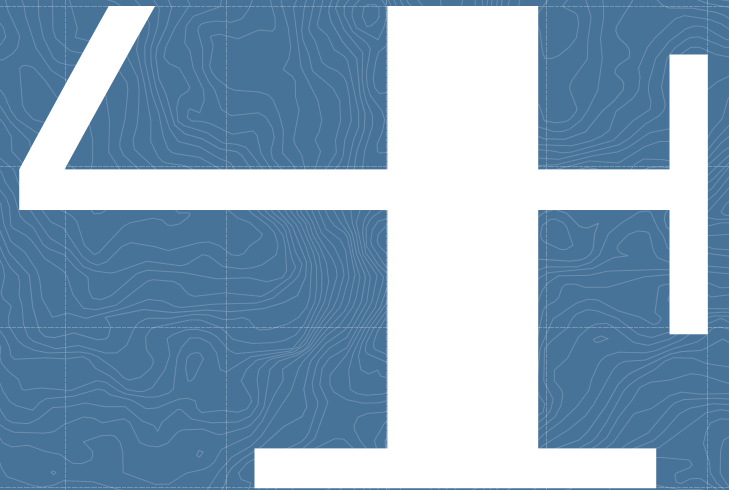
La compensación al generar ventanales con dimensiones moderadas, acompañados de un correcto aislamiento de la envolvente permitieron lograr valores adecuados de confort lumínico y térmico en un sitio con condiciones meteorológicas extremas. Sin embargo en circunstancias específicas se propone ventilación natural. El módulo puede funcionar con autonomía durante un mes sin la provisión de agua potable, debido al sistema planteado de bomba de calor con un depósito de agua de 500 litros. La generación de energía solar fotovoltaica en el lugar se ve afectada por la nubosidad presente en el sitio, por lo que se prevé el almacenamiento de energía en baterías, las cuales se derivaran el módulo que requiere de más demanda energética.

La implementación de metodologías de validación ha permitido someter el diseño a un cauteloso análisis, desde evaluaciones cuantitativas hasta simulaciones energéticas que han evidenciado el comportamiento en diversas condiciones. Este enfoque científico ha sido crucial para identificar posibles debilidades, ajustar parámetros y optimizar soluciones, garantizando así la robustez y adaptabilidad del diseño propuesto.

Los hallazgos y conclusiones derivados de esta fase de validación no solo respaldan la solidez del diseño propuesto, sino que también abren nuevas perspectivas para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la arquitectura sostenible y adaptable.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



4.1 Conclusiones

El diagnóstico realizado del páramo andino del Ecuador y de su infraestructura permitió identificar las siguientes características que permiten establecer las estrategias para que el proyecto cumpla con los criterios de sostenibilidad requeridos en estas áreas de protección natural:

Los espacios que se toman en cuenta, dentro de la infraestructura planificada en áreas protegidas son centros de visitantes, de alojamiento, servicios básicos y oficinas de investigación y control.

De acuerdo a algunos autores se debe establecer ciertos criterios para la implementación de estas instalaciones entre los que destacan la planificación, el mínimo impacto, sostenibilidad, reversibilidad y flexibilidad. El uso de espacios mínimos en relación con un diseño flexible permite disminuir el impacto ambiental en el ecosistema, así como generar confort a los usuarios.

El uso de estrategias de diseño pasivas en estos espacios es fundamental para optimizar los recursos del entorno y así evitar los altos consumos energéticos y la generación de residuos contaminantes en el ecosistema.

En el diseño de la infraestructura se tomaron en cuenta varios parámetros bioclimáticos según las características geográficas de la zona. Para optimizar la iluminación natural se realizó un estudio de la trayectoria solar pudiendo establecerse que la cubierta inclinada de la instalación disminuye las demandas de calefacción, pero requiere protección contra la lluvia, vientos y alta radiación. Se sugiere una pendiente mínima de 21 grados para la evacuación de aguas pluviales. En las condiciones del lugar existe una alta potencialidad para el uso de energía geotérmica, eólica y solar fotovoltaica. Se privilegia el uso de materiales propios del lugar como la madera, sin descuidar una correcta aislación a nivel de paredes y cubierta para lograr confort térmico.

El análisis realizado de los casos de estudio seleccionados, permitió establecer patrones y similitudes que sirvieron como referencia para identificar estrategias de diseño en base a los criterios identificados en el marco teórico. Los datos nos revelan que las dimensiones espaciales de estos proyectos son mínimas, ya que buscan generar un bajo impacto ambiental, además de garantizar la reversibilidad del lugar donde se

para el transporte mediante helicóptero. Por las características del entorno, estas obras presentan sistemas autosuficientes y amigables al medio ambiente, como es el uso de baños secos, paneles fotovoltaicos y aislamiento térmico. Una tendencia marcada en las obras es el uso de madera para el revestimiento interior, en su mayoría de pino.

Luego de analizar los referentes presentados, se puede concluir que estos ejemplos ofrecen una visión precisa sobre las distintas formas en que una arquitectura mínima, flexible y sostenible se ha implementado en entornos naturales. A través de estos casos, se evidencia la capacidad de adaptación de los diseños arquitectónicos a las condiciones meteorológicas extremas, así como la integración de elementos sostenibles y tecnologías energéticas en el proyecto.

Los casos de estudio presentados constituyen ejemplos concretos y aplicados en un contexto real, que permiten ilustrar la diversidad de enfoques dentro del diseño arquitectónico sostenible, destacando su relevancia en la búsqueda de soluciones autosuficientes para la implementación de los mismos en áreas de importancia natural.

Los factores definidos en el marco teórico, permitieron la elaboración del programa arquitectónico, el mismo que está conformado por cuatro módulos: alojamiento, oficina e investigación, oficina de información y control; y servicios básicos e instalaciones

La selección del sistema constructivo y de la envolvente demostraron que la propuesta es transportable vía terrestre y aérea, según las cantidades de obra calculadas junto con el peso del módulo; además de cumplir con los criterios de confort y sostenibilidad.

La compensación al generar ventanales con dimensiones moderadas, acompañados de un correcto aislamiento de la envolvente permitieron lograr valores adecuados de confort lumínico y térmico en un sitio con condiciones meteorológicas extremas. Sin embargo en circunstancias específicas se propone ventilación natural. El módulo puede funcionar con autonomía durante un mes sin la provisión de agua potable, debido al sistema planteado de bomba de calor con un depósito de agua de 500 litros. La generación de energía solar fotovoltaica en el lugar se ve afectada por la nubosidad presente en el sitio, por lo que se prevé el almacenamiento de energía en baterías, las cuales se derivaran el módulo que requiere de más demanda energética.

El diseño arquitectónico desarrollado, bajo el concepto “Tiny House”, a través de las estrategias definidas mediante análisis minuciosos del sitio, la búsqueda de referentes teóricos y normativos, hicieron que sea factible crear una arquitectura polifuncional, transportable, flexible y eficiente, en términos de confort, sostenibilidad y bajo impacto ambiental.

El proceso de validación aplicado, a través de programas de simulación, determinó la viabilidad del proyecto en cuanto a reversibilidad, transportabilidad y autonomía.

4.2 Recomendaciones

Profundizar en investigaciones que exploren aún más la viabilidad y eficacia de estos diseños en distintos entornos, teniendo en cuenta las particularidades climáticas y geográficas.

Elaborar guías prácticas basadas en estos casos de estudio, ofreciendo recomendaciones específicas y prácticas para diseñadores y arquitectos interesados en implementar estrategias sostenibles en entornos naturales.

Continuar investigando y monitoreando el desempeño a largo plazo de estas estructuras sostenibles, para evaluar su verdadero impacto en la preservación del entorno natural y su capacidad para adaptarse a los cambios ambientales a lo largo del tiempo.

Referencias

- Astudillo, J. A. & Orellana, D. A. (2022). Diseño de una vivienda bajo el concepto de Powerhouse a través de plataformas BIM en la ciudad de Cuenca Ecuador. [Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto, Universidad de Cuenca]
- Cabrera, C. A. (2018). Aplicación de la Caña Guadúa en la Construcción de un Modelo de Tiny House. [Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto, Universidad de Cuenca].
- Camacho, M. (2013). Los páramos ecuatorianos: Caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. *Revista Anales*, 1(372), 77-92. <https://doi.org/10.29166/anales.v1i372.1241>
- Carabaño, R., Hernando, S., & Bedoya, C. (2013). Repercusión del Impacto Ambiental en las distintas fases productivas de los procesos edificatorios según su grado de industrialización.
- Caviedes-Rubio, D. I., & Olaya-Amaya, A. (2018). Ecoturismo en Áreas Protegidas de Colombia: Una Revisión de Impactos Ambientales con Énfasis en las Normas de Sostenibilidad Ambiental. *Revista Luna Azul*, (46), 311-330. <https://doi.org/10.17151/luaz.2018.46.16>
- Ching, F. D. K. (2015). *Arquitectura: Forma, Espacio Y Orden* (S. Castán, Trad.; Cuarta edición ampliada). GG, Editorial Gustavo Gili.
- Ching, F. D. K., & Shapiro, I. M. (2015). *Arquitectura Ecológica - Un Manual Ilustrado*. Editorial Gustavo Gili.
- Columba-Zárate K. & Ministerio del Ambiente. (2013). *Manual para la Gestión Operativa de las Áreas Protegidas de Ecuador*. Imprenta Mariscal.
- Cordero, X., Guillén, V., & Universidad de Cuenca. (2013). Diseño y validación de vivienda bioclimática para la ciudad de Cuenca. *Revista Estoa No. 2*, 61-75. <https://doi.org/10.18537/est.v002.n002.07>
- Coronel, D. D. (2020). Diseño arquitectónico a nivel de anteproyecto de infraestructura para la implementación de servicios turísticos faltantes en una zona de protección natural. Caso: Llaviucu, Parque Nacional El Cajas. [Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto, Universidad de Cuenca].
- Correa-Delgado, R. (2016). Decreto Ejecutivo 827. Reglamento Especial de turismo en Áreas Naturales Protegidas. Registro Oficial Suplemento 672 de 19-ene.-2016.
- Dudley, N. (Ed.). (2008). *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas*. IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2008.PAPS.2.es>
- Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Rizq, E. (2014). An evaluation of environmental impacts of construction projects. Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. 29. *Revista Ingeniería de Construcción RIC*.
- Fonseca, X. (2018) *Las medidas de una Casa. Antropometría de la Vivienda*. Editorial Pax México.
- García-Castro, C. D. (2022). *Nuevas formas de Habitar. De la Cabaña a las Tiny House*. [Trabajo de Fin de Grado, Universidad de Valladolid]

García-González, L. F. & Beltrán-Sarmiento, J. S. (2018). Revitalización del Hábitat Humano en el Páramo Colombiano. Resignificación de las dinámicas agroecológicas vitales y reinención de tecnologías constructivas locales para la cualificación de la vivienda campesina. *Agenda de Reflexión en Arquitectura, Diseño y Urbanismo* No. 24.

Hidalgo-Villacis, C. (2018). *Arquitectura Bioclimática en el Páramo Andino del Ecuador: Mejora Térmica-Energética de materiales como envolvente en la Vivienda Social*. [Artículo Científico previo a la obtención del título de: Magíster en Arquitectura bioclimática, confort y eficiencia energética, Universidad de Cuenca]

Hofstede, R., Mena-Vásconez, P. & Suárez Robalino, E. (Eds.) (2023). *Los páramos del Ecuador: Pasado, presente y futuro*. USFQ PRESS.

Huiracocha, E. & Sánchez, B. (2019). "Tiny House": Respuesta sustentable a la subutilización de espacios implantado en un barrio de Cuenca. [Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto, Universidad de Cuenca]

Insignia Cía. Ltda., Etapa EP & Ministerio del Ambiente. (2013). *Actualización del Plan de Manejo del Parque Nacional El Cajas*.

Leung, Y., Spenceley, A., Hvenegaard, G. & Buckley, R. (eds.) (2019). *Gestión del turismo y de los visitantes en áreas protegidas: Directrices para la sostenibilidad. Serie Directrices sobre Buenas Prácticas en Áreas Protegidas no. 27*, Gland, Suiza: UICN.

Machado, D. E. & Chérrez, I. F. (2016). *Diseño de proyecto de vivienda confortable basado en criterios bioclimáticos para la ciudad de Cuenca*. [Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto, Universidad de Cuenca]

Mena Vásconez, P., & Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador (Eds.). (2011). *Páramo: Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado. Selección de textos de la Serie Páramo, órgano de difusión del Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador (GTP)*. Ed. Univ. Abya-Yala [u.a.].

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (2018). *Norma Ecuatoriana de la Construcción. Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales (EE)*. Código NEC - HS - EE.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (2020). *Norma Ecuatoriana de la Construcción. Energías Renovables*. Código NEC - HS - ER.

Morales M., Otero J., Van der Hammen T., Torres A., Cadena C., Pedraza C., Rodríguez N., Franco C., Betancourth J.C., Olaya E., Posada E. y Cárdenas L. (2007). *Atlas de páramos de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 208 p.

Morocho, C. C., & Chuncho, G. (2019). *Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión*. *Revista Bosques Latitud Cero*, 2019, Vol. 9 (2)

Morocho-Jaramillo, D.E. (2017). *Estrategias derivadas del Análisis del Ciclo de Vida ACV para la evaluación del impacto ambiental en materiales de cerramientos y particiones comunes de edificaciones en la ciudad de Loja*. [Trabajo de titulación para la obtención del título de Arquitecto. Universidad Técnica Particular de Loja]

Morocho, M. S. & Tenempaguay, L. C. (2022). *Diseño a nivel de anteproyecto de infraestructura para la implementación de servicios turísticos en la Laguna de busa del cantón San Fernando, Azuay*. [Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto, Universidad de Cuenca]

Moreno-Quintero, D. P. & Carreño-León, A. A. (2019). *Aplicación de Estrategias Bioclimáticas de Diseño para Vivienda en zona de Asentamiento en Sub-páramo*. [Proyecto de grado para optar por el título de arquitecto, Universidad Santo Tomás]

Nel-lo Andreu, M. (2004). Evaluación de la Infraestructura y Servicios Turísticos en Áreas Protegidas. El caso México y América Central. Universidad Rovira i Virgili.

Neufert, P. & Planungs-AG Neufert Mittmann Graf. (1995) El arte de proyectar en arquitectura. Barcelona, España. Editorial Gustavo Gili, S.A.

Pinto-Campos, C. P. (2019). Arquitectura y Diseño Flexible. Una revisión para una construcción más sostenible. [Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña].

Serra, R. (1999). Arquitectura y Climas. Editorial Gustavo Gili.

Subsecretaría de Turismo, Corporación Nacional Forestal (CONAF), Servicio Nacional de Turismo & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2017). Guía de Estándares para el Diseño de instalaciones turísticas en Áreas Protegidas.

UICN- Sur, UICN-Mesoamérica. (2003). Áreas Protegidas en Latinoamérica - De Caracas a Durban. Editorial Fraga Cía. Ltda.

Zalamea-León, E. & Barragán-Escandón, A. (2021). Arquitectura, Sol y Energía.

Zapata-Guzmán, A. M. (2021). Páramos andinos: Ecología, Biodiversidad y contribuciones al bienestar humano. [Máster Oficial en Uso Sostenible de los Recursos Naturales y Servicios Ecosistémicos, Universidad de Almería]

Anexos

Anexo A: Requerimientos según el tipo de infraestructura en áreas protegidas.

Tipo de Infraestructura	Descripción	Requerimientos
Caseta / Oficina de control	Edificación administrativa que permite el control, pago de entrada y entrega de información básica al visitante en los distintos accesos del Área Protegida. Se utiliza también como oficina de control.	<ul style="list-style-type: none"> • Espacio interior de permanencia y vigilancia, adaptado para oficina privada y poder permanecer más de un día en caso de emplazamiento remoto. • Puede usarse para pernoctar, en el caso que sea necesario. • Se puede considerar un espacio que permita entrega de información al visitante mientras se realiza el registro, sin embargo, no se debe permitir el ingreso a los visitantes al interior de la caseta. • Se debe considerar baños para uso del personal.
Centro de visitantes	Edificación compuesta por uno o varios módulos, los cuales cumplen funciones de uso público, destinadas a la atención de visitantes, y funciones administrativas que permiten el manejo y control de la unidad. Puede contener servicios complementarios, como baños públicos, áreas de merienda, entre otros. Además de labores investigativas.	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe privilegiar el confort térmico y la eficiencia energética. • Se recomienda diseñar espacios polivalentes para que puedan acoger distintos tipos de usos. • Se recomienda contemplar un funcionamiento separado entre el área administrativa y de uso público. • Se recomienda vincular el Centro de Visitantes con Zonas de Merienda. • Información completa del Área Protegida. • Se recomienda diseñar una sala de espera que permita la permanencia temporal de un determinado número de visitantes, este lugar puede además desplegar información de autoconsumo con el fin de mejorar la experiencia del visitante, tales como mapas, libros, folletos, paneles interactivos, entre otros.
Refugio Remoto	Infraestructura básica de alojamiento asociada a senderos de alta dificultad o larga duración. Permite la pernoctación en lugares donde el clima puede cambiar repentinamente.	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe contar con al menos dos sectores, uno destinado al descanso o alojamiento y otro en el cual se puedan preparar alimentos o secar ropa si fuera necesario. El refugio se debe vincular con un baño. • Se debe considerar bajo costo de mantención, privilegiar el confort térmico y la eficiencia energética. • Se debe considerar la menor cantidad posible de metros cuadrados en el diseño, manteniendo la articulación de los programas de manera tal que se optimicen los espacios de manera versátil. • El refugio remoto es una infraestructura que apoya sólo en situaciones de emergencia o de paso. • La estructura debe ser hermética y considerar buena aislación, cubierta sólida e impermeable, pues el refugio debe ser un espacio para pernoctar de forma segura y protegida del exterior. • Considerando que la infraestructura estará inserta en lugares alejados y de biodiversidad frágil, el manejo de la basura y la cantidad de visitantes debe ser estratégicamente planificado.
Servicios Higiénicos	Espacio destinado para el baño y aseo de las personas. Dependiendo del uso y capacidad de carga, se establecerá su escala y número de artefactos. El emplazamiento debe estar en sectores que sean de fácil acceso para su público, con buena ventilación y asoleamiento. En el caso de no contar con sistema de alcantarillado se deberá tener en cuenta que la implementación de fosas sépticas o plantas de tratamiento deben emplazarse en terrenos lejanos a cursos de agua que se puedan contaminar por los sistemas de drenaje de éstos.	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe asegurar una óptima ventilación natural de los espacios interiores de los SS.HH., ya sea mediante aperturas entre muros y estructura de techumbres, que permitan ventilación cruzada. • Se debe privilegiar la iluminación natural en todos los espacios interiores. Ésto es necesario para asegurar un espacio interior sanitizado. • Para estructuras de piso y muros se recomienda usar materiales de buena calidad, de baja mantención y resistente a la humedad e intemperie. • Se debe considerar pavimentos y revestimientos interiores altamente resistentes a la humedad, lavables y de fácil mantención. Se recomienda pintar con pintura epóxica o utilizar cerámicos. • Los revestimientos exteriores deben ser de buena calidad, de baja mantención, resistentes a la humedad y estar acordes al paisaje natural y cultural del lugar. • En las zonas climáticas ventosas y frías se recomienda diseñar módulos en cabinas cerradas. <p>Además, se recomienda el uso de artefactos sanitarios de acero inoxidable.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda el uso de sistemas alternativos como baño seco o tratamiento natural de aguas grises.

Fuente: Turismo, CONAF & PNUD, 2017.

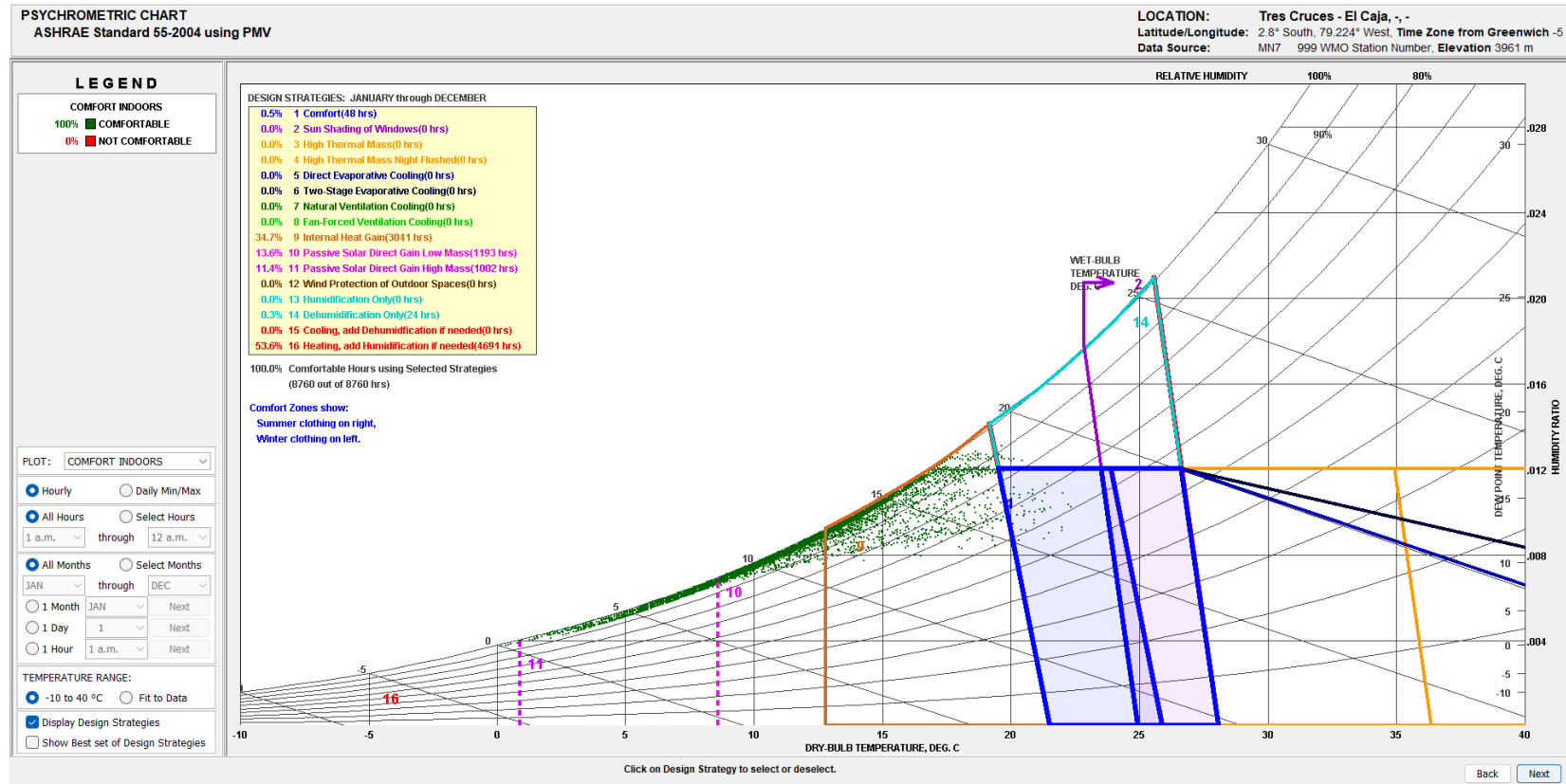
Elaboración: Propia, 2023.

Anexo B: Selección de casos de estudio.

Descripción		Valoración									
Nombre del Proyecto	Ubicación/Arquitecto	Contexto	Clima	Impacto	Relaciones espaciales	Flexibilidad	Formalidad	Energías renovables	Reversibilidad	Estrategias	Sumatoria
Majamaja Wuorio Eco-Cabin	Helsinki, Finlandia / Littow Architectes	2	4	3	3	2	5	5	2	5	31
Diogene	Campus Vitra, Alemania / Renzo Piano	2	3	5	5	5	5	5	5	5	40
Vivac Luca Pasqualetti en Morion	Bionaz, Italia / Roberto Dini, Stefano Girodo	5	5	3	5	5	3	4	5	4	39
Bivacco Brédy	Aosta Valley, Italia / BCW Collective	5	5	4	5	5	5	4	5	5	43
La casa nueva	Ecuador / Juan Alberto Andrade	3	3	5	5	5	4	2	5	2	34
Leaprus Eco Hotel	Monte Elbrus, Rusia / Luca Gentilcore y Stefano Testa	5	5	4	5	5	4	5	5	5	43
Tiny Office	Madrid, España / delaVegaCanolasso	1	2	3	5	5	5	2	2	3	28
Leapnest	Italia / Luca Gentilcore y Stefano Testa	5	5	5	5	4	5	4	5	4	42
Tiny Home	Australia / Maddison Architects	2	3	3	5	5	3	5	5	4	35
Elsewhere Cabin	Georgetown, Estados Unidos / Sean O'Neill	2	4	5	5	5	5	5	5	4	40

Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Anexo C: Diagrama bioclimático, generado por Design Builder en base al archivo meteorológico de Tres Cruces.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Anexo D: Energía contenida en materiales de construcción locales.

Material	Energía contenida (kWh/kg)
Conglomerantes	
Hormigón	0.275
Bloque de hormigón	0.286
Cemento	0.887
Panel de Yeso	0.714
Ladrillo	0.469
Madera	
Madera de pino	0.583
Aserrada	0.333
Tablero aglomerado	7.167
Tablero MDF	2.151
Tablero OSB	2.639
Metales	
Acero galvanizado	9.722
Acero inoxidable	4.722
Aluminio	56.944
Zinc	11.944
Vidrio	
Vidrio	4.417
Fibra de vidrio	8.417
Textiles	
Algodón	39.722
Lana mineral	4.056
Poliéster	41.111

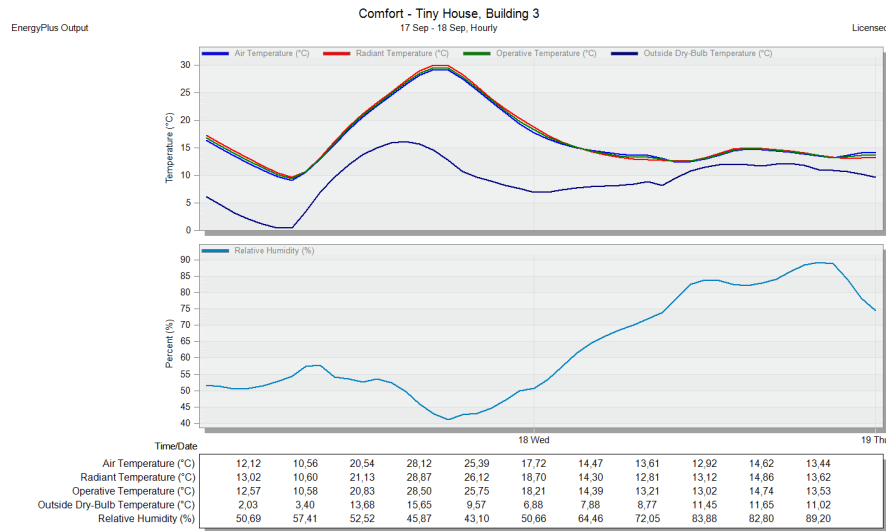
Fuente: Astudillo & Orellana, 2022.
Elaboración: Propia, 2023.

Anexo E: Tabla nacional de pesos y dimensiones.

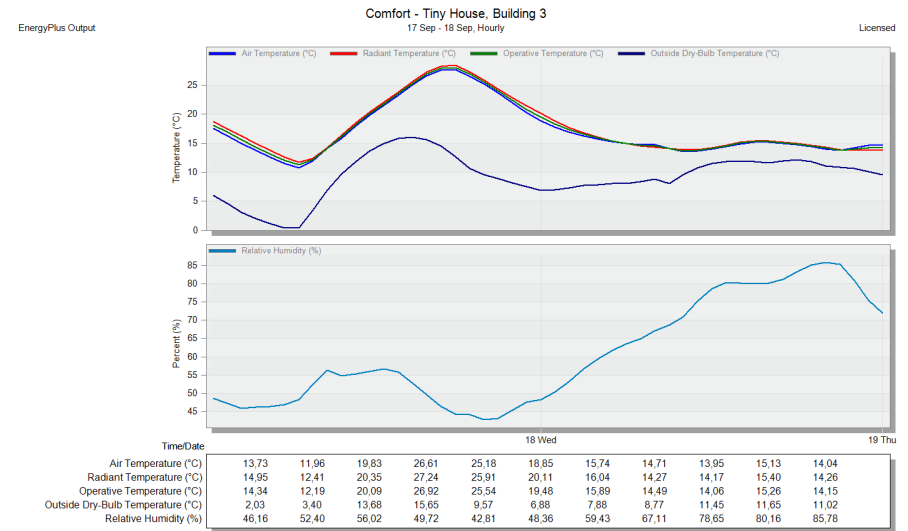
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,10
3-A			27	12,20	2,60	4,10
4-C			31	12,20	2,60	4,10
4-0			32	12,20	2,60	4,10
V2DB			18	12,20	2,60	4,10
V3A			27	12,20	2,60	4,10
VZS			27	12,20	2,60	4,10
T2			18	8,50	2,60	4,10
T3			27	8,50	2,60	4,10
S3			24	13,00	2,60	4,10
S2			20	13,00	2,60	4,10
S1			11	13,00	2,60	4,10
R2			22	10,00	2,60	4,10
R3			31	10,00	2,60	4,10
B1			11	10,00	2,60	4,10
B2			20	10,00	2,60	4,10
B3			24	10,00	2,60	4,10

Fuente: Normas de aplicación para el control de pesos y dimensiones a los vehículos cuyo peso bruto vehicular sea igual o superior a 3.5 toneladas. Segundo Suplemento del Registro Oficial No.103, 2022.

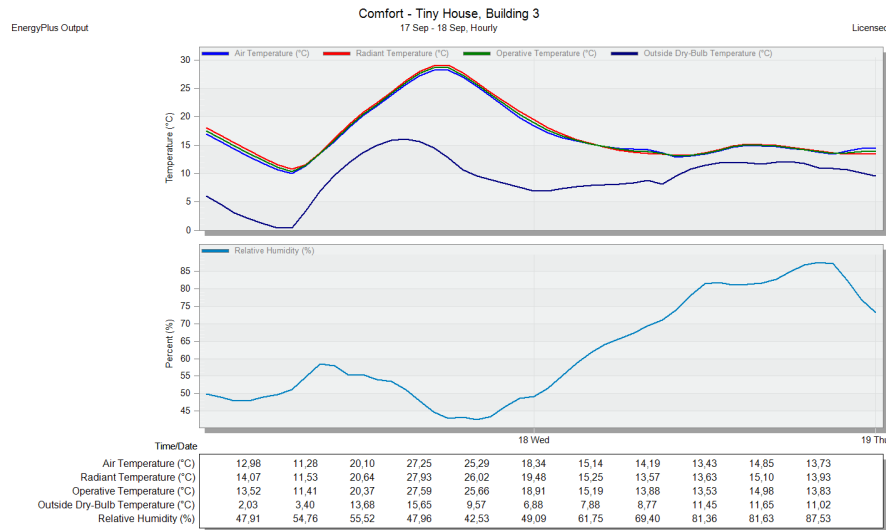
Anexo F: Análisis térmico de la envolvente según el espesor del aislamiento.



60 mm espesor de Lana mineral

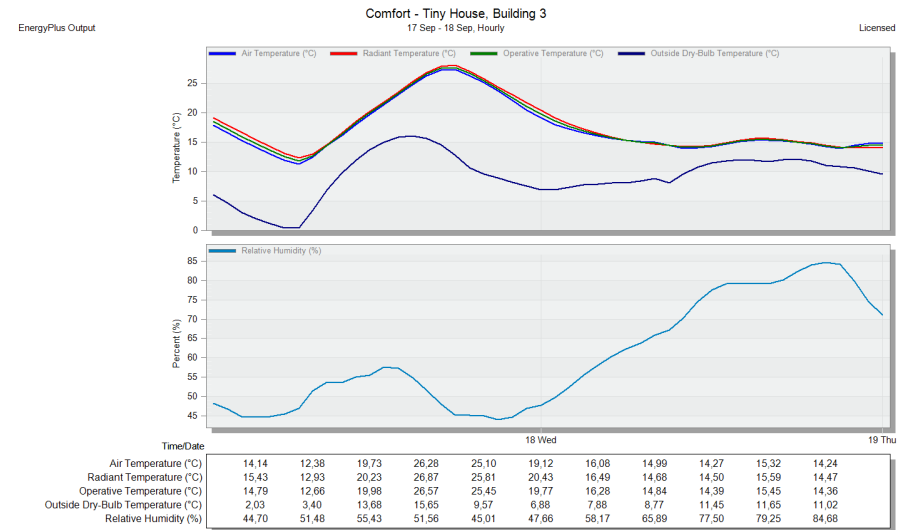


90 mm espesor de Lana mineral



75 mm espesor de Lana mineral

Fuente y elaboración: Propia, 2023.



100 mm espesor de Lana mineral

Anexo G: Modelo Vertex S (panel solar bifacial).

Vertex S+

MÓDULO BIFACIAL DE DOBLE VIDRIO tipo N i-TOPCon

PRODUCTO: TSM-NEG9RC.27
RANGO DE POTENCIA: 410-440 W

440 W

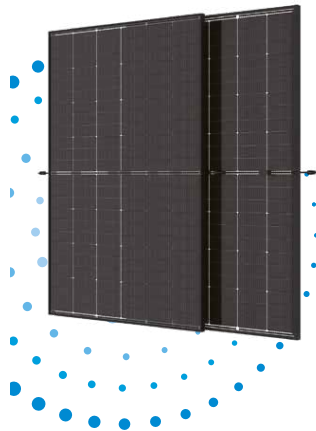
POTENCIA MÁXIMA DE SALIDA

0/+5 W

TOLERANCIA POSITIVA

22,0 %

EFICIENCIA MÁXIMA



Pequeño en tamaño, grande en potencia

- Genera hasta 440 W, 22,0 % de eficiencia del módulo con tecnología de interconexión de alta densidad
- Aumenta el rendimiento en entornos de alta temperatura mediante un mejor comportamiento térmico



Diseño transparente de doble vidrio

- Diseñado pensando en la estética
- Excelente resistencia al fuego y a las condiciones ambientales adversas
- Cargas mecánicas de testeo probadas hasta +5400 Pa y -4000 Pa



Maximiza la captación de energía

- Mayor bifacialidad hasta el 85 %
- Hasta 25 años de garantía de producto y 30 años de garantía de potencia
- 1 % de degradación en el primer año y 0,4 % de degradación anual gracias a la tecnología de tipo N

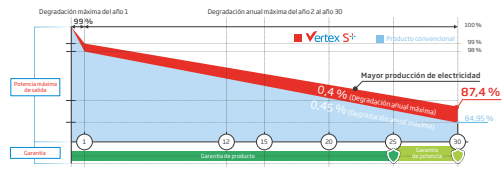


Solución universal para cubiertas residenciales, comerciales e industriales

- Diseñado para asegurar una gran compatibilidad con inversores, optimizadores y sistemas de montaje convencionales
- El tamaño y peso perfectos para un fácil manejo

Garantía ampliada del Vertex S+

- 1 %**
Degradación máxima del año 1
- 0,4 %**
Degradación anual máxima del año 2 al 30
- 25 Años**
Garantía de producto



Certificados de productos y sistemas



IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716/UL1730
ISO 9001: Sistema de Gestión de la Calidad
ISO 14001: Sistema de Gestión Ambiental
ISO14064: Verificación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
ISO45001: Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo



Fuente: Trinasolar, 2023.