

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Arquitectura

Tesis

**Propuesta de refugio científico en el área de
conservación regional Huaytapallana - Huancayo
2018**

Lillian Maryta Garay León

Para optar el Título Profesional de
Arquitecta

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que me apoyaron para realizar esta tesis, gracias al conocimiento compartido se pudo culminar exitosamente este trabajo de investigación y especialmente agradezco al arquitecto asesor Jorge Poma por la guía profesional; así mismo, el inmenso apoyo incondicional de mi madre Maryta León, que siempre me brinda en todos los proyectos de mi vida y también a Libert Contreras por darme el apoyo necesario cuando las cosas se ponían difíciles.

Gracias a todos por guiarme a cumplir este proyecto exitosamente.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Maryta León y Alcides Garay que gracias a su esfuerzo me permitieron ser una mejor persona.

ÍNDICE

Agradecimiento	ii
Dedicatoria	iii
Índice	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	x
Abstract	xi
Introducción	xii
Capítulo I	13
Planteamiento del estudio	13
1.1 Planteamiento y formulación del problema	13
1.1.1 Planteamiento del problema	13
1.1.2 Formulación del problema	14
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Objetivo general	15
1.2.2 Objetivos específicos	15
1.3 Justificación e importancia	15
1.3.1 Aspectos generales del lugar	20
Capítulo II	23
Hipótesis y variables	23
2.1 Hipótesis	23
2.1.1 Hipótesis general	23
2.1.2 Hipótesis específicas	23
2.2 Variable	23
Capítulo III	25
Marco teórico	25
3.1 Bases teóricas	25
3.1.1 Definición de términos básicos	25
3.2 Fundamentos teóricos	28
3.2.1 Confort Térmico	28
3.2.2 Zona de confort	29
3.2.3 Concepción bioclimática	30

3.2.4 Principios básicos de la arquitectura bioclimática _____	33
3.2.5 Indicadores bioclimáticos _____	34
3.2.6 Características de un Ecoedificio _____	38
3.2.7 Energía renovable _____	41
3.2.8 Materiales sostenibles _____	44
3.3 Antecedentes del problema _____	48
3.3.1 Antecedentes nacionales _____	48
3.3.1.1. Cambio climático _____	48
3.3.1.2 Refugio científico _____	52
3.3.1.3 Materialidad y energía renovable _____	54
3.3.2 Antecedentes internacionales _____	65
3.3.1.1 Cambio climático _____	65
3.3.1.2 Refugio científico _____	68
3.3.1.3. Materialidad y energía renovable _____	70
3.4 Resultados de la investigación _____	90
Capítulo IV _____	93
Metodología _____	93
4.1 Métodos y alcances de la investigación _____	93
4.2 Diseño de la investigación _____	94
4.3 Población y muestra _____	94
4.4 Unidad de análisis _____	94
4.5 Indicadores _____	94
4.6 Instrumento de investigación _____	97
Capítulo V _____	98
Desarrollo de la propuesta _____	98
5.1 Datos del lugar _____	98
5.2 Lugar de intervención _____	100
5.2.1. Usos de suelo _____	106
5.2.2. Accesibilidad _____	106
5.3. Datos meteorológicos _____	107
5.4. Desarrollo de instrumentos bioclimáticos _____	109
Capítulo VI _____	116
Desarrollo de la propuesta _____	116
6.1 Resultados de la entrevista _____	116

6.2 Programa arquitectónico _____	117
6.3 Servicios básicos _____	117
6.4 Criterios bioclimáticos _____	122
6.5 Solución a los problemas de pérdida de calor _____	131
6.6 Propuesta arquitectónica _____	131
Conclusiones _____	141
Recomendaciones _____	142
Referencias _____	143
Anexos _____	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de pérdida de superficie glaciar con respecto al año 1970 ...	16
Tabla 2. Cantidad de glaciares y altura que se encuentran	22
Tabla 3. Operacionalización de variables.....	24
Tabla 4. Parámetros que intervienen en el confort térmico	29
Tabla 5. Coeficiente de energía embebida de materiales de construcción	47
Tabla 6. Programa de refugio científico en Catac	54
Tabla 7. Combinación para la mezcla adecuada para el revestimiento	64
Tabla 8. Clasificación fachada del edificio en base a actuaciones clave.....	71
Tabla 9. El uso de vegetación en fachada para reducir ganancia de calor y agregar estética.....	75
Tabla 10. Coeficiente de conducción térmica.....	92
Tabla 11. Criterios de evaluación para el lugar de intervención	95
Tabla 12. Criterios de diseño bioclimático	95
Tabla 13. Criterios de identificación de materiales	95
Tabla 14. Indicadores que debe cumplir el diseño propuesto	96
Tabla 15. Criterios de evaluación para el lugar de intervención	100
Tabla 16. Parámetros meteorológicos.....	108
Tabla 17. Desarrollo de instrumentos climáticos. Mahoney	110
Tabla 18. Desarrollo de instrumentos climáticos. Mahoney [2]	112
Tabla 19. Programa arquitectónico	117
Tabla 20. Dotación de agua para refugio	118
Tabla 21. Cantidad de consumo en watts para el refugio	119
Tabla 22. Criterios de identificación de materiales	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diferencia de la desglaciación del nevado de Huaytapallana	17
Figura 2. Nevado de Huaytapallana plano de fiscalización	21
Figura 3. Síntesis de los principios básicos de la concepción bioclimática	30
Figura 4. Síntesis de los criterios de concepción bioclimática.....	31
Figura 5. Diagrama bioclimático de Olgyay	35
Figura 6. Carta psicométrica de Givoni	37
Figura 7. Qori Kalis, un glaciar que se está derritiendo rápidamente	51
Figura 8. Refugio en la quebrada de Llaca en la ciudad de Huaraz.....	53
Figura 9. Propuesta de refugio científico en Catac.....	53
Figura 10. Movimiento de aire por diferencia de temperatura	57
Figura 11. Sistemas de aportes directos	58
Figura 12. Sistemas de aportes indirectos, muro trombe	58
Figura 13. Sistemas de aportes indirectos, muro trombe	59
Figura 14. Técnicas bioclimáticas	61
Figura 15. Proyecto del instituto Cal-Earth.....	63
Figura 16. Alpes Bávaros	66
Figura 17. Desintegración del glaciar Careser, Italia 1933-2012, glaciar en azul	67
Figura 18. Edificio con fachada totalmente acristalada	73
Figura 19. El uso de la vegetación en la fachada para reducir la ganancia de calor y agregar a la estética.	74
Figura 20. Diseño de refugio desmontable en madera.....	76
Figura 21. Cuadro de diferencia de temperatura con y sin material de cambio de fase.....	78
Figura 22. Taliesin West.....	79
Figura 23. Diseño aerodinámico.....	81
Figura 24. Casa colonial.....	82
Figura 25. Casa húngara.....	83
Figura 26. Casa del pueblo húngaro	83
Figura 27. Diseño de instalación de aire caliente	84
Figura 28. Tipo de ladrillos refractarios	85
Figura 29. Tipo de calefactor eléctrico por convectores	86

Figura 30. Conexiones domésticas de sistema de calefacción geotérmica	87
Figura 31. Esquema de calefacción con energía solar.....	88
Figura 32. Suelo radiante	89
Figura 33. Radio de influencia con consideración regional	97
Figura 34. Ubicación de la estación meteorológica automática Huaytapallana	98
Figura 35. Nevado de Huaytapallana	99
Figura 36. Ubicación de los posibles lugares de intervención	100
Figura 37. Análisis solar	102
Figura 38. Elección del lugar de propuesta	103
Figura 39. Análisis solar, ubicación 1	103
Figura 40. Análisis solar, ubicación 2	104
Figura 41. Comparación fotográfica e incidencia solar.....	105
Figura 42. Dirección del viento	105
Figura 43. Viento medio anual.....	106
Figura 44. Accesibilidad al lugar de intervención	107
Figura 45. Líneas de análisis por meses	114
Figura 46. Análisis de la carta de Olgyay	115
Figura 47. Sistema de captación de agua de lluvia	118
Figura 48. Modelo de panel solar	120
Figura 49. Instalación solar fotovoltaica	120
Figura 50. Panel solar térmico.....	121
Figura 51. Sistema de biodigestor	122
Figura 52. Diseño de refugio de turista	123
Figura 53. Sistema tecknoform Bautec serie ST Sosoares	131
Figura 54. Aporte de calor por sistema de invernadero.....	133

RESUMEN

La finalidad de la presente tesis es generar una propuesta de diseño para el personal científico que necesite realizar diversos estudios al nevado de *Huaytapallana* por estar en riesgo de desaparecer por el aumento de contaminación, incremento de temperatura y efecto invernadero, siendo este quien nos brinda el agua que se utiliza en el valle del Mantaro.

Esta investigación se sustenta en la preocupación global por la disminución de varios glaciares y su futura desaparición, por este motivo se desarrolla la propuesta de diseño de un refugio científico para que estos profesionales tengan un lugar donde quedarse con comodidades y servicios básicos pudiendo estudiar de cerca los glaciares del área de conservación regional *Huaytapallana*, todo esto teniendo en cuenta el menor impacto y contaminación en el medio ambiente en el que se encontrará esta instalación científica, así mismo esta propuesta se desarrolla en un ambiente con temperaturas extremas lo cual se toma en cuenta para el diseño de esta, siendo también un diseño bioclimático.

La muestra tomada para el proyecto se refirió a los especialistas de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) – Huancayo, institución que es parte del Ministerio del Medio Ambiente y, un especialista en estudios científicos con grado de maestro en Ciencias del Medio Ambiente en la rama de Ciencias del Agua, realizado en la Universidad de Ginebra, actualmente docente de la Universidad Continental.

Palabras claves: arquitectura bioclimática, confort térmico, concepción bioclimática

ABSTRACT

The purpose of the present thesis is to generate a design proposal for the scientific personnel that needs to carry out diverse studies to the snowy of Huaytapallana because it is in risk of disappearing by the increase of contamination, increase of temperature and greenhouse effect, being this one who offers us the water that is used in the valley of the Mantaro.

This investigation is based on the global concern for the decrease of several glaciers and their future disappearance, for this reason the proposal of design of a scientific refuge is developed so that these professionals have a place to stay with comforts and basic services being able to study closely the glaciers of the regional conservation area Huaytapallana, all this considering the smaller impact and contamination in the environment in which this scientific installation will be located, also this proposal is developed in an environment with extreme temperatures which is taken into account for the design of this one, being also a bioclimatic design.

The sample taken for the project was referred to the specialists of the National Water Authority (ANA) - Huancayo, an institution part of the Ministry of the Environment and a specialist in scientific studies with a master's degree in environmental sciences in the branch of water sciences at the University of Geneva, currently teaching at the continental university.

Keywords: bioclimatic architecture, thermal comfort, bioclimatic conception

INTRODUCCIÓN

Los glaciares que pertenecen al área de conservación regional *Huaytapallana* es importante por tener creencias y costumbres del mundo andino hasta la importancia científica. En el mundo andino en el que nos encontramos, el nevado de *Huaytapallana* llega a ser un símbolo de divinidad donde todos los años los pobladores van a ser sus pagos, cada 24 de junio estos piden al Apu (Dios) *Huaytapallana* por sus negocios, familias, amor y poder conseguir algunos bienes materiales.

Siendo este el proveedor de agua en un 70% de la población huancaína, siendo importante para preservar a estos glaciares, que por causa del calentamiento global y los gases de efecto invernadero están disminuyendo rápidamente el volumen de la nieve y los glaciares.

En esta área no existe un centro de estudios especializado que genere soluciones y monitoreo necesarios para disminuir las consecuencias de los gases de efecto invernadero, por lo que, esta investigación se basa en diseñar una edificación de uso científico con énfasis en criterios bioclimáticos que genere un confort térmico permisible para la estadía en el lugar.

El diseño de refugio científico propuesto es un ejemplo de construcción para lugares similares cumpliendo con el requerimiento térmico deseado, tomando en cuenta la norma EM 110, la cual brinda mejores condiciones de diseño.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

Siendo analizado en un enfoque científico en el Instituto Geofísico del Perú, el nevado de *Huaytapallana* tiene un papel muy importante para la población por los glaciares que cuenta, este provee de agua a un aproximado de 70% de la población. (1) (2)

El área de conservación regional *Huaytapallana* es considerada como región altoandina según Senamhi en el mapa climático del lugar, lo cual determina que es desde los 3500 a 6000 m s. n. m. y según el geógrafo peruano Javier Pulgar Vidal, quien hizo una investigación sobre las ocho regiones naturales del Perú en el 2003, nos menciona que a más de los 4000 m s. n. m. de altitud es considerada dentro de la región Puna y la que está a más de 4800 a 6768 m s. n. m. está considerada dentro de la región Janca. (3)

Las viviendas que encontramos en esta región probablemente no cuenten con un adecuado confort térmico, el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres nos menciona que estas viviendas son edificaciones precarias y fueron construidas sin direccionamiento arquitectónico y, siendo una arquitectura vernácula, no brinda el confort térmico deseado para los habitantes para las condiciones que se tiene en la región andina; una buena edificación de viviendas

en esta región con materiales que brinden un buen confort térmico ayudaría a disminuir el impacto negativo que se tiene en la época de heladas que se da al finalizar la temporada de lluvias: las heladas meteorológicas generalmente inician en abril y terminan en setiembre, alcanzando su periodo más frío y es más frecuente en los meses de junio y julio, el descenso más intenso se registra en las noches y en las madrugadas antes de salir el sol, con condiciones de cielo despejado o escasa nubosidad. (4)

1.1.2 Formulación del problema

Por todo el efecto del cambio climático y el calentamiento global en la que estamos sumergidos, nace la preocupación de saber ¿cuánto tiempo nos durará el nevado?, ¿cuántos m³ de agua se pierden del nevado?, ¿qué consecuencia traería la desaparición del nevado?, ¿qué riesgo se corre por la desglaciación del nevado?, y muchas más interrogantes surgen entorno a este problema que los científicos y especialistas en el tema deben aclarar y para ello tendrán que tomar muestras para realizar los estudios prudentes; necesitando, para un mejor análisis, una infraestructura adecuada de refugio científico.

Posteriormente, conversando con los especialistas de Senamhi sobre la data histórica obtenida de este lugar, se encuentra que solo se tiene información de la data periódica de cada tres meses y después de este tiempo un especialista debe ir a reparar la estación automática que se encuentra en el nevado de *Huaytapallana*, analizando esta situación se da la necesidad de un refugio científico en el cual se puedan quedar personal especializado en cambio climático y realizar todos los estudios que necesiten para disminuir el impacto de efecto invernadero en el nevado y no disminuya en gran proporción el agua que provee a la población huancaína.

El nevado de *Huaytapallana* tiene una variación de temperatura muy extrema, por ese motivo se requiere realizar construcciones que brinden un confort térmico adecuado y sea ejemplo de cómo construir en lugares similares, para que sean guía en los diseños propuestos de profesionales de la arquitectura, también deben tener en cuenta que la edificación sea confortable aplicando métodos y

técnicas de acondicionamiento necesario, llegando a formular la pregunta de esta investigación de la siguiente manera:

¿De qué manera se deben aplicar los métodos y técnicas de acondicionamiento bioclimático en la propuesta de refugio científico en el área de conservación regional de *Huaytapallana*?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Desarrollar la propuesta de refugio científico en el área de conservación regional de Huaytapallana con métodos y técnicas de acondicionamiento bioclimático.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar el lugar adecuado de intervención del refugio científico que aproveche de mejor manera la captación de energía solar.
- Determinar las principales estrategias de diseño bioclimático para el lugar de intervención.
- Identificar y proponer los materiales adecuados para que la edificación brinde el confort térmico adecuado en la propuesta de refugio científico.

1.3 Justificación e importancia

El Perú tiene 2679 glaciares con una superficie aproximada de 1300 hectáreas según Cryo Perú, estos glaciares se fueron perdiendo en un aproximado de 445 km² de nevado según el Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas, elaborado por el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (Inaigem), esta pérdida se dio a consecuencia del calentamiento global, que se generan por los Gases de Efecto Invernadero (GEI) que se emiten diariamente por las malas costumbres de las personas, también son generados por las industrias, el amplio rubro de la construcción y las empresas mineras que depredan sectores con rica flora y fauna sin pensar en el daño que se hace al planeta y a las futuras generaciones. (5)

Siendo Huancayo una ciudad considerada metropolitana, necesita abastecer de agua a los pobladores, contando con recursos hídricos como el nevado de *Huaytapallana* para abastecer en un aproximado de 70% de la población y, un 30% aproximadamente, se abastece de aguas subterráneas. (1)

Siendo, el mayor proveedor de agua el nevado de *Huaytapallana*, se tiene que idear maneras de controlar y disminuir la desglaciación que está sufriendo y por consecuencia evitar su desaparición; (1) por la contaminación global que va en aumento por la emisión de GEI, se va perdiendo un gran porcentaje de la masa glaciar presente en el *Huaytapallana*, según el Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas realizado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA); el nevado de *Huaytapallana*, en 39 años ha tenido una disminución de un 58.4%, analizado desde 1970 con diferencia al año 2009 como se puede ver en la Tabla 1, por este motivo se debe tener en cuenta posibles estudios y soluciones por hacer, para tratar de mantener al nevado aún vivo. Así como recomienda el investigador Salazar, la solución es reforestar el lugar y hacer bofedales para la retención del agua de los glaciares. (6)

Tabla 1. Análisis de pérdida de superficie glaciar con respecto al año 1970

N°	Cordillera	Superficie glaciar			Pérdida de superficie glaciar	
		HIDRANDINA S.A. (1970)	UGRH		km²	%
		km²	km²	año		
1	Bianca	723,37	527,62	2003	195,75	27,06
2	Huallanca	20,91	7,01	2007	13,90	66,48
3	Huayhuash	84,97	55,27	2007	29,70	34,95
4	Raura	55,2	28,34	2007	26,86	48,66
5	Huagoruncho	23,4	9,71	2009	13,69	58,50
6	La Viuda	28,6	6,03	2007	22,57	78,92
7	Central	116,65	51,91	2007	64,74	55,50
8	Huaytapallana (*)	59,08	24,58	2009	34,50	58,40
9	Chonta	17,85	1,4	2009	16,45	92,16
10	Ampato	146,73	60,96	2010	85,77	58,45
11	Urubamba(*)	41,48	15,89	2009	25,59	61,69
12	Vilcabamba(*)	37,74	15,53	2009	22,21	58,85
13	Huanzo	36,93	4,51	2010	32,42	87,79
14	Chila	33,89	0,93	2010	32,96	97,26
15	La Raya	11,27	3,06	2010	8,21	72,85
16	Vilcanota	418,43	279,4	2009	139,03	33,23
17	Carabaya	104,23	34,53	2009	69,70	66,87
18	Apolobamba (*)	81,12	44,51	2010	36,61	45,13
Total		2041,85	1171,19		870,66	42,64

Fuente: ANA, Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas, 2014

Si se analizan las diferencias fotográficas que se tiene del nevado del año 2000 y cómo está en el año 2018, según *Google Earth*, como se puede ver en la

Figura 1; se ve el cambio que tuvo, el nevado ha retrocedido en un gran porcentaje viendo que los glaciares están en peligro de extinción.

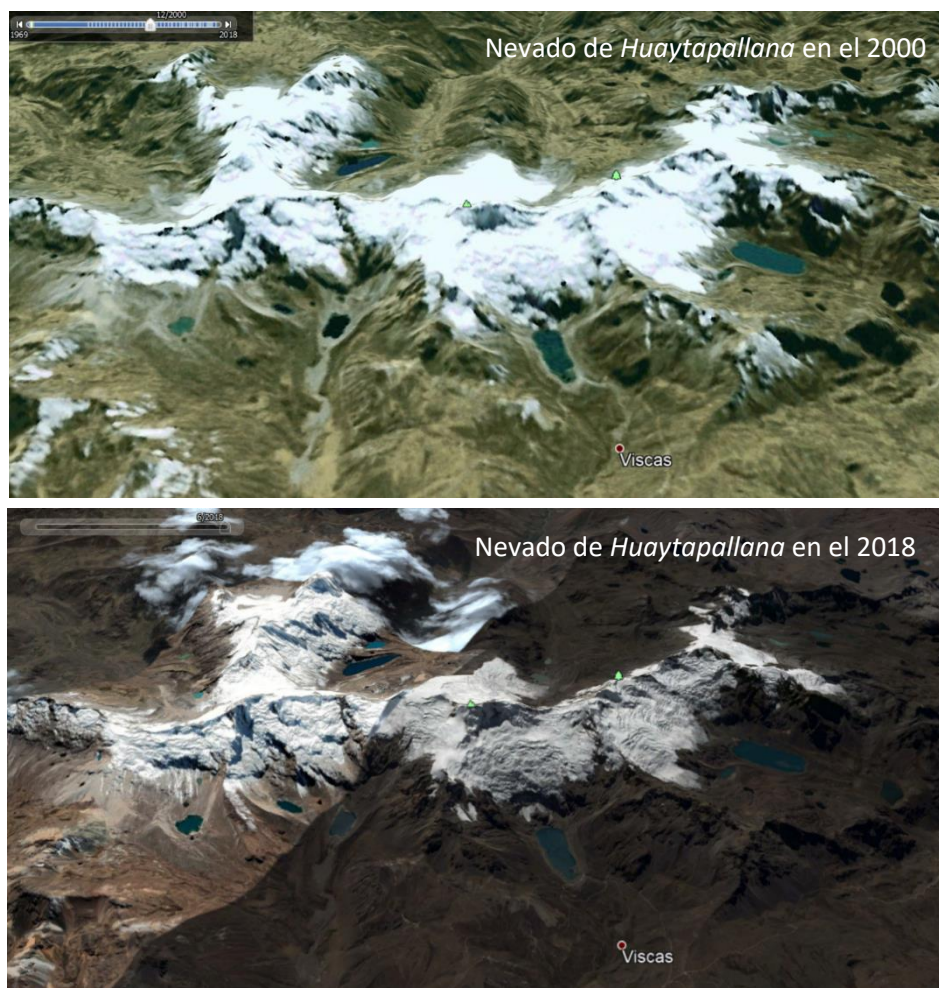


Figura 1. Diferencia de la desglaciación del nevado de Huaytapallana
Fuente: Google Earth, imágenes tomadas de la línea cronológica, 2019

También se tiene indicios de la gran catástrofe que sufrió Huancayo en 1990 cuando se produjo un aluvión por el cauce del río *Sullcas*, debido a las intensas lluvias y granizadas causando que la laguna de *Huacracocha* aumentara el nivel de agua que tenía. El aluvión arrasó con todo lo que encontró a su paso, siendo afectados varios centros poblados asentados en las márgenes del río; el informe completo que fue presentado por el diario *El Comercio* se encuentra en el Anexo 1, este hecho sucedió por consecuencia de un sismo que provocó la caída de dos puentes y un derrumbe producido en la laguna de *Huacracocha*, causando desbordes y ocasionando el aluvión de 1990; por este motivo, se realizó una investigación en el 2016 sobre el “probable desembalse de la laguna *Chuspicocha*, (7) en el nevado de *Huaytapallana* y su impacto en la ciudad de Huancayo, Junín”; esta fue realizada en Lima, teniendo como solución un

proyecto de minimización de daños, realizando protección alrededor del río *Sullcas* para mejorar la infraestructura de la laguna y de los alrededores del río; así también, se hizo un llamado a las entidades correspondientes para mejorar el plan de acción (Anexo 2). También ocurrió un suceso muy parecido en el departamento de Ancash (Anexo 3), en *Yungay*, ocurriendo una gran catástrofe; el glaciar 511 se desprendió a consecuencia de un terremoto de 7.9 grados generando un aluvión que arrasó con todo a su paso dejando un aproximado de 20 mil muertos, este aluvión sepultó a muchas familias en sus propias casas, esta catástrofe ocurrió el 31 de mayo de 1970, según el artículo publicado por El Comercio en 1970.

Existiendo estos indicios, es probable que con toda la desglaciación que está sufriendo el *Huaytapallana* y los pequeños desprendimientos de los glaciares que se están dando; se pueda tener, en algún momento futuro, un gran aluvión ocasionado por este tipo de desprendimientos. El Perú es bastante sísmico, y se podría ocasionar un gran desprendimiento ocasionando, con un pequeño sismo más, un gran aluvión.

Por todo lo analizado, se detectó la necesidad de tener un monitoreo constante en el nevado de *Huaytapallana* que ayude a frenar este gran problema de la desglaciación de nuestro nevado, lo único con lo que se cuenta en el nevado de *Huaytapallana* es una estación automática meteorológica de Senamhi.

Senamhi cuenta con tres estaciones automáticas que monitorean tres cordilleras *Ampato*, *Vilcanota* y *Huaytapallana*, estas estaciones se encuentran situadas sobre una altura de 4700 m s. n. m., siendo los únicos que ayudan a conocer el impacto de la variabilidad del cambio climático y son las únicas que el estado opera, esto es mencionado por Senamhi en el 2016; por este motivo, se ve la necesidad de contar con un refugio científico que se adecue al clima extremo que se encuentra en este lugar, para la obtención de mejores datos para los estudios adecuados y mejores soluciones para disminuir la desglaciación del nevado.

Como toda construcción en un área protegida para evitar que tenga un impacto visual y ambiental negativo para el nevado, se debe tener en cuenta hacer una construcción bioclimática acorde con el espacio y el territorio; es decir, se necesita de una instalación adecuada para soportar las temperaturas extremas teniendo en cuenta los tipos de materiales que se emplearán para tener el menor impacto posible al construir este refugio científico, esto con un único propósito de poder realizar los estudios necesarios y saber cómo preservar mejor este nevado.

El nevado de *Huaytapallana* alberga una biodiversidad en flora y fauna única por las condiciones ambientales en las que se encuentra, y por ese motivo recibe un gran número de turistas semanalmente que, en algunos casos, tienen problemas de salud por la altura en la que se encuentra este nevado y por este hecho se tienen incidentes como bajas de presión, náuseas y hasta desmayos (mal de altura), y por estar a más de una hora de caminata esto se hace preocupante por no tener un centro de auxilio inmediato y controlar la situación, por ese motivo se debería de contar con un lugar destinado a emergencias de salud.

Siendo el objetivo de esta investigación, desarrollar la propuesta de refugio científico en el área de conservación regional de *Huaytapallana* con métodos y técnicas de acondicionamiento bioclimático, confortable para los científicos que habitarán el refugio.

En la sierra altoandina con climas extremos se cuenta con una población aproximada de 3862 habitantes, según la investigación realizada para el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Planagerd 2014–2021), esta población cuenta con viviendas y casi la totalidad de sus construcciones son vernáculas, que en su gran mayoría no brindan confort térmico adecuado para las personas que viven en el lugar, estas construcciones ineficientes tienen mal sentido de orientación que no ayuda a obtener una ganancia de calor, haciendo que estas instalaciones sean muy frías e inhabitables. Las construcciones tienen un gran potencial por ser realizados con recursos del lugar como tierra, paja, madera y piedra; los cuales son en su gran mayoría empleados de forma

ancestral y sin profesionales capacitados, quienes realizarían un estudio previo para la edificación en condiciones extremas como es la sierra altoandina, así se evitaría el gran impacto negativo que tiene en estos lugares el friaje.

En la actualidad, en la sierra altoandina con bajas temperaturas, se tienen problemas de cómo construir bioclimáticamente y que sea totalmente confortable; por ese motivo, en esta investigación se hace una propuesta de refugio científico con acondicionamiento bioclimático en el nevado de Huaytapallana por ser un recurso hídrico de gran importancia para la ciudad de Huancayo.

La gran mayoría de las personas, incluyendo a los profesionales, no tienen las herramientas necesarias para poder realizar una construcción en lugares con temperaturas bajas, tampoco cuentan con información necesaria de qué métodos y técnicas se deben utilizar para hacer las propuestas adecuadas, la intención de esta tesis es contribuir a que las personas y profesionales en este rubro puedan conocer aún más sobre propuestas de edificación con acondicionamiento bioclimático en zonas altoandinas con temperaturas bajas, que no tengan impacto ambiental negativo con la utilización de materiales de la zona, generando edificaciones térmicamente más confortables.

1.3.1 Aspectos generales del lugar

El área de conservación regional de *Huaytapallana* pertenece al Perú, departamento de Junín, distrito de Huancayo como se muestra en la Figura 2. El lugar de estudio, área de conservación regional *Huaytapallana* se encuentra ubicado aproximadamente a 4532 m s. n. m. hasta 5555 m s. n. m. (8) (9), como se puede observar en la Figura 2a que brinda las líneas topográficas y, la Figura 2b brinda información del espacio que ocupa el nevado de *Huaytapallana*.

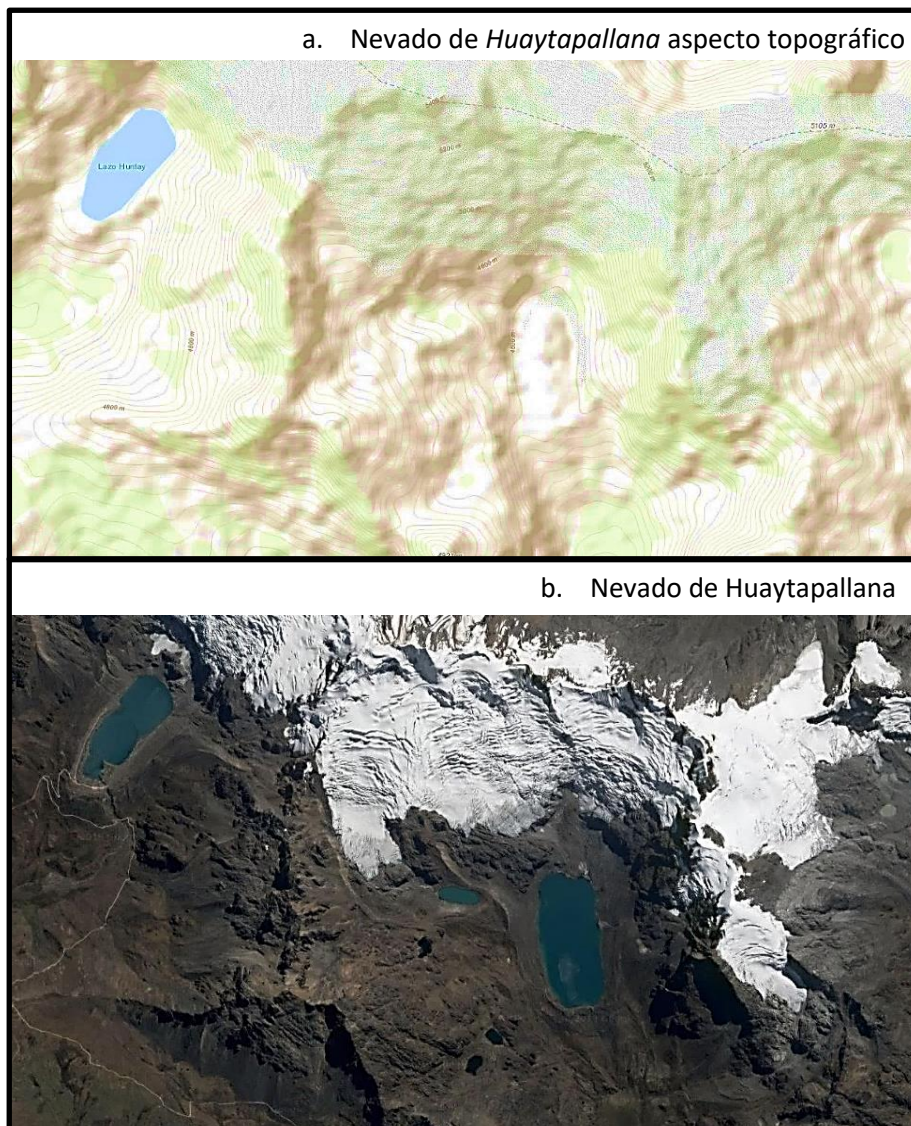


Figura 2. Nevado de Huaytapallana plano de fiscalización
Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), 2019

El nevado cuenta con un aproximado de 26 km² (9), se encuentra en la Cordillera Central o también conocida como centro oriental del Perú, El nevado de *Huaytapallana* contaba con 105 glaciares hasta el año 2014, ver Tabla 2, en la actualidad ha ido disminuyendo esta cantidad, debido al calentamiento global que causa la desglaciación de estos.

Tabla 2. Cantidad de glaciares y altura que se encuentran

Nº	Cordillera	Cantidad	Superficie	Año	Altitud máxima	Altitud mínima
		Nº	Km ²		msnm	msnm
1	Blanca	755	527,62	2003	6701	4249
2	Huallanca	43	7,01	2007	5300	4750
3	Huayhuash	144	55,27	2007	6617	4303
4	Raura	102	28,34	2007	5701	4620
5	Huagoruncho	41	9,71	2009	5719	4624
6	La Viuda	65	6,03	2007	5406	4892
7	Central	174	51,91	2007	5888	4713
8	Huaytapallana	105	26,40	2009	5555	4532
9	Chonta	29	1,40	2009	5272	4923
10	Ampato	65	60,96	2010	6374	5044
11	Urubamba	117	26,39	2009	5800	4413
12	Vilcabamba	355	129,15	2009	6200	4187
13	Huanzo	31	4,51	2010	5445	5065
14	Chila	22	0,93	2010	5855	5224
15	La Raya	25	3,06	2010	5468	5107
16	Vilcanota	374	279,40	2009	6364	4592
17	Carabaya	148	34,53	2009	5804	4676
18	Apolobamba	69	45,25	2010	6000	4835
19	Volcánica	15	0,72	2009	6055	5548
Total		2 679	1 298,59			

Fuente: ANA, Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas, 2014

CAPÍTULO II

HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Hipótesis

2.1.1 Hipótesis general

- Utilizando los métodos y técnicas de acondicionamiento bioclimático de manera adecuada, se realiza la propuesta de refugio científico en el área de conservación regional *Huaytapallana*.

2.1.2 Hipótesis específicas

- El lugar determinado es adecuado para la propuesta del refugio bioclimático en el área natural de conservación regional, *Huaytapallana*.
- Las principales estrategias de diseño bioclimático determinados para la investigación son adecuadas para el lugar de intervención.
- Los materiales propuestos son adecuados para la edificación, brindando un confort térmico adecuado que satisfaga las condiciones de habitabilidad en la propuesta de refugio científico en el área de conservación regional *Huaytapallana*.

2.2 Variable

Propuesta de un refugio científico con métodos y técnicas de acondicionamiento bioclimático

Tabla 3. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSION
<p>propuesta de refugio científico con método y técnicas de acondicionamiento bioclimático</p>	<p>consiste en el diseño de un edificio destinado a alojar y proteger de las inclemencias metereológicas a personal científico para realizar estudios científicos teniendo en cuenta las condiciones climaticas y aprovechando los recursos (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir el consumo de energia mediante los métodos y técnicas de Givoni y Mahoney</p>	ubicación de terreno
		datos metereológicos
		método de Givoni
		técnica de Mahoney
		insidencia solar
		materialidad

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Bases teóricas

3.1.1 Definición de términos básicos

- **Arquitectura bioclimática:**

«La arquitectura Bioclimática se define como un conjunto de elementos arquitectónicos, constructivos y pasivos, capaces de transformar las condiciones del microclima para lograr valores que lo acerquen a las condiciones de Bienestar termo-fisiológico del ser humano, utilizando preferentemente energías pasivas, en pos de la reducción de los consumos de energía y minimización de impactos negativos al medio ambiente». (10)

La arquitectura bioclimática «se da con la investigación que hace el arquitecto Víctor Olgyay, quien acuña este término; indica que no se debe pensar en un Diseño Tipo, sino que, cada diseño arquitectónico es único por el tipo de clima que maneja el emplazamiento, las características de cada entorno y el tipo de procesos constructivos que se utilizan, esto ayuda a que la edificación esté dentro de la zona de confort requerida. El procedimiento deseable será trabajar con y no contra las fuerzas naturales, y hacer uso de sus potencialidades para crear mejores condiciones de vida [...] La expresión debe estar precedida por el estudio de las variables climáticas, biológicas y tecnológicas [...]». (11)

La arquitectura bioclimática, «entendida en términos conceptuales, se fundamenta en la adecuación y utilización positiva de las condiciones medioambientales y materiales, mantenida durante el proceso del proyecto y la obra. Una lógica que parte del estudio de las condiciones climáticas y ambientales y de la adecuación del diseño arquitectónico para protegerse y/o utilizar los distintos procesos naturales». (12)

- **Sistemas activos:**

«Comúnmente conocidos como los sistemas mecánicos de climatización, los cuales necesitan el uso de energía eléctrica para su funcionamiento». (10)

«Los sistemas activos son sistemas que necesitan energía para su funcionamiento. Un sistema activo de climatización consistiría en un dispositivo o conjunto de dispositivos mecánicos que se instalan en un edificio para proporcionar control ambiental en los espacios interiores. Su objetivo es proporcionar confort térmico y buena calidad de aire interior. Las estrategias básicas de climatización son: la ventilación, la calefacción, la refrigeración y el aire acondicionado». (13)

«La eficiencia energética activa se define como la implementación de cambios continuos mediante medición, monitoreo y control del uso de la energía». (14)

- **Sistemas pasivos**

«La eficiencia energética pasiva se refiere a la implementación de medidas correctivas para evitar pérdidas de energía a través de adquisiciones de equipos de bajo consumo». (14)

«Son los sistemas utilizados dentro del diseño arquitectónico de una edificación con el fin de conseguir el confort climático de los usuarios sin tener que recurrir a la energía eléctrica, sino al otro tipo de energías, las conocidas como energías limpias y renovables: energía solar, eólica, sistemas de ventilación natural y dispositivos de protección solar». (10)

«Son los sistemas bioclimáticos, para el logro del confort y su dimensión medioambiental, la innovación en la utilización de energías no convencionales (renovables), para la eficiencia energética». (15)

- **Confort térmico**

«El confort térmico se define como la manifestación subjetiva de conformidad y satisfacción con el ambiente térmico existente. Este confort térmico está directamente relacionado con el balance térmico del cuerpo humano, que depende de una serie de parámetros». (16)

También se describe como «condiciones de bienestar en el individuo, pero desde el punto de vista de su relación de equilibrio con las condiciones de temperatura y humedad de un determinado lugar. No obstante, además de la temperatura y humedad del aire, se ha de evaluar el estado del movimiento del aire y la temperatura de las superficies envolventes del edificio, ya que estas variables no solamente influyen sobre las primeras, sino que además afectan directamente a quienes las habitan». (15)

- **Aislación térmica**

Del mismo modo, se menciona que «es la capacidad de oposición al paso de calor de un material o conjunto de materiales, y que en construcción se refiere esencialmente al intercambio de energía calórica entre el ambiente interior y el exterior». (17)

- **Aislantes térmicos**

La aislación térmica es la capacidad de oposición que se ofrece al paso de calor por un material o un conjunto de materiales, y que, en el caso de la construcción, se refiere al intercambio de energía calórica entre el ambiente interior y el exterior. (16) Por lo que se dice que la aislación térmica tiene como misión dificultar la transferencia de calor desde o hacia el cuerpo aislado, mientras este mismo calor pasa por los materiales de aislación térmica (aquellos materiales con una conductividad térmica inferior a 0,060 W/mK).

Para esta investigación se toma en cuenta estas definiciones:

- **Arquitectura bioclimática:** es un conjunto de aspectos arquitectónicos de elementos constructivos y pasivos que transforman y generan condiciones de microclimas para lograr un bienestar térmico, físico, biológico de la persona; como prioridad se debe utilizar energías pasivas para minimizar el impacto ambiental negativo.
- **Zona bioclimática:** según la norma EM-110, se define como la «clasificación climática que definen los parámetros ambientales de grandes áreas geográficas necesarias para aplicar estrategias de diseño bioclimático de una edificación y obtener confort térmico y lumínico con eficiencia energética».
- **Sistemas activos:** son sistemas que necesitan usar la energía eléctrica para que puedan funcionar correctamente, también conocidos como sistemas mecánicos de climatización.
- **Sistemas pasivos:** son sistemas que se incluye en la edificación para obtener el confort térmico de la persona al interior de esta, sin utilizar la energía eléctrica y utilizando la energía renovable, sistemas de ventilación natural y dispositivos de protección solar.
- **Confort térmico:** es un estado ideal del hombre que produce la sensación térmica de comodidad, satisfacción y bienestar en un ambiente.

Según la norma ISO 7730 Es la condición mental de una persona en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico deseado.

- **Aislación térmica:** es la capacidad que tiene un material o materiales para no permitir el paso de calor, es decir, es el intercambio de energía calorífica entre dos tipos de ambiente: interior y exterior.
- **Aislantes térmicos:** estos materiales son considerados malos conductores de calor, su conductividad térmica debe ser menor a 0.60 w/mK.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Confort térmico

En el artículo «*Análisis de operatividad de una vivienda bioclimática altoandina*» se menciona que, para generar un confort térmico agradable en el interior de algún edificio se necesita saber primero a qué se refiere con este término: el confort se refiere a una sensación que produce bienestar, comodidad,

tranquilidad; es estar en un estado de satisfacción. (18) Para expresar este tipo de satisfacción se tiene que tomar en cuenta ciertos aspectos como se ve en la Tabla 4.

Tabla 4. *Parámetros que intervienen en el confort térmico*

Parámetros personales (subjetivos)	Parámetros climáticos
Nivel de actividad, tasa metabólica	La temperatura del aire La humedad del aire
Nivel de aislación de la ropa	La temperatura de radiante media La velocidad del aire

Fuente: *Análisis de operatividad de una vivienda bioclimática altoandina, XXII SPES, 2015.*

También se menciona que el confort térmico es el resultado del estudio que se realiza previo al diseño para lograr este objetivo; para realizar un proyecto se necesita tener en cuenta ciertos aspectos como la estética del proyecto, el uso que dará el usuario al proyecto y qué comodidades se debe tener al interior de la edificación; por esto, el confort se debe sentir en la persona con un estado de comodidad, sintiéndose cómodo en cualquier época del año. Como se explica en la imagen, cuando afuera haga frío o calor, adentro se debe sentir fresco con temperatura máxima de 2.5 °C por encima o debajo del promedio de la temperatura. (10)

Según la norma ISO 7730, Se define al confort térmico como una «condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico» que depende de distintos parámetros externos como temperatura, humedad, actividades físicas, metabolismo y cantidad de ropa del usuario. (19)

3.2.2 Zona de confort

En el artículo «*Análisis de operatividad de una vivienda bioclimática altoandina*» se menciona que, la zona de confort es la condición en las cuales el cuerpo humano está en un equilibrio. «El estudio del confort térmico ha permitido el desarrollo de diferentes indicadores bioclimáticos que pretenden identificar el modo de incidencia de los diferentes factores y parámetros sobre el equilibrio térmico, entre ellos se tienen a los índices de valoración de Fanger, el diagrama bioclimático de Olgyay, la carta psicométrica de Givoni, triángulos de Evans,

entre otros», para esta investigación se tuvo en consideración algunos de estos diagramas, dependiendo de los resultados que se decidieron obtener. (18)

3.2.3 Concepción bioclimática

La concepción bioclimática es el uso adecuado de los recursos naturales como la temperatura del ambiente, la vegetación, el sol, el viento; y sacar beneficio de estos elementos para implementarlos en ganancias energéticas en la edificación y que los ocupantes del edificio se beneficien, obteniendo una mejor climatización del lugar.

La edificación genera un intercambio térmico con el medio en el que se encuentra como se puede de ver en la Figura 3.

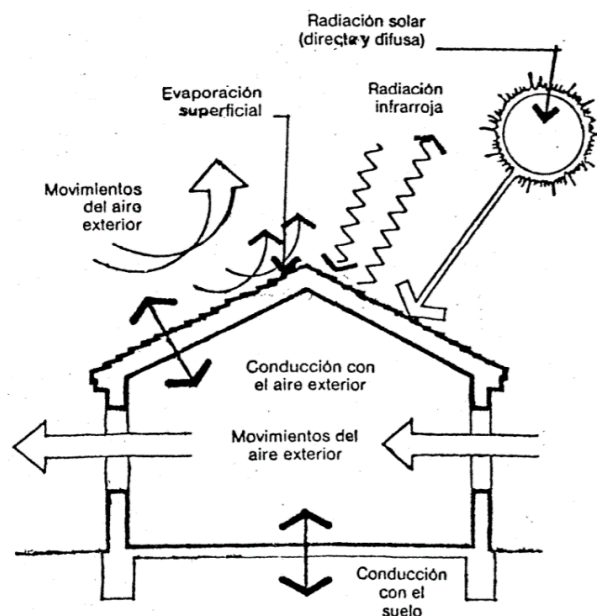


Figura 3. Síntesis de los principios básicos de la concepción bioclimática
Fuente: Criterios bioclimáticos de construcción para viviendas en regiones semidesiertas, 2015.

En el artículo «La Arquitectura Bioclimática» se menciona que el termino **diseño bioclimático** se empezó a utilizar en México en la década de los 80 generando parte de los procesos de diseños arquitectónicos, empezando también con el interés de crear maestrías para esta especialidad. (10)

La arquitectura bioclimática es «un conjunto de elementos arquitectónicos, constructivos y pasivos capaces de transformar las condiciones de microclima

para lograr las condiciones de bienestar termo fisiológico del ser humano» utilizando los sistemas pasivos y minimizando el impacto ambiental.

Para calcular el nivel de confort térmico que se requiere obtener en el diseño de la edificación se puede tomar como modelos al diagrama de Givoni y Olygyay, y la gráfica de Mahoney.

Los criterios de la concepción bioclimática son considerados en el análisis esquemático de todo edificio para calcular la pérdida o ganancia de calor que se produce del interior con el exterior y estas se realizan de distintas maneras, ya sea por convección, conducción, radiación o evaporación.

Se puede tener en cuenta ciertos criterios de los principios básicos de la concepción bioclimática, Figura 4.

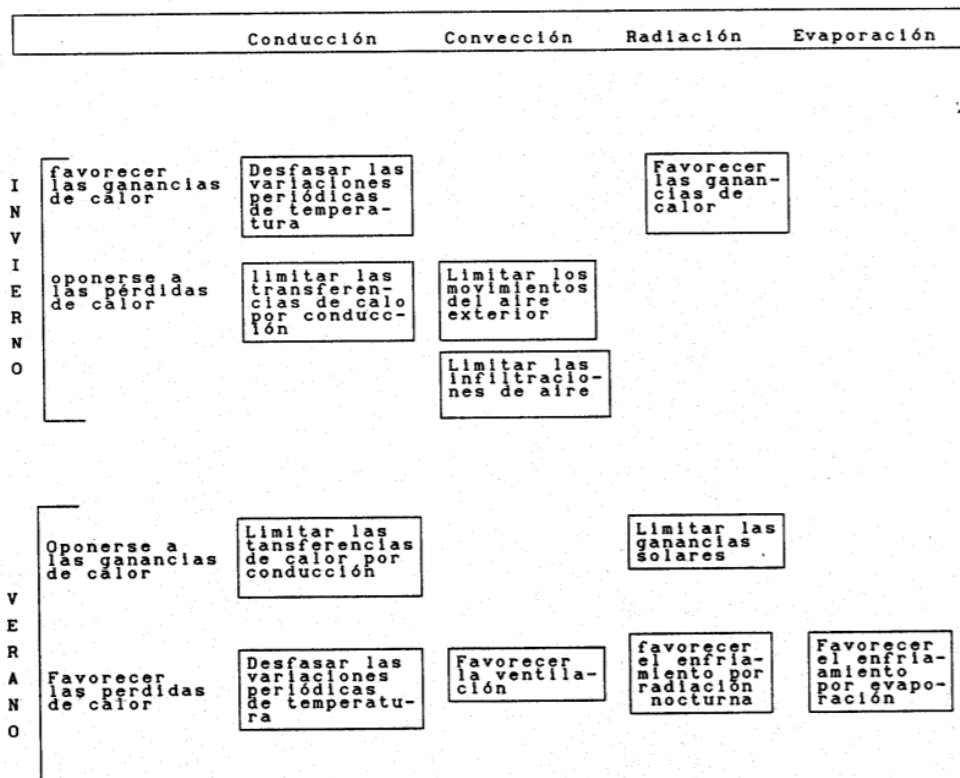


Figura 4. Síntesis de los criterios de concepción bioclimática
Fuente: Criterios bioclimáticos de construcción para viviendas en regiones semidesérticas, 2015.

De igual manera, se menciona que existen modos de transferencia de calor, los cuales son: (20)

- **Conducción:** es la transferencia de energía de las partículas con mayor energía a las que tienen menor energía debido a la interacción de estas mismas.
- **Convección:** es la transferencia de calor que está asociada al movimiento molecular, estas moléculas se trasladan de un lugar que tiene mucho calor a otro que se encuentra más frío, que son inducidos por diferencia de presión y temperatura.
- **Radiación:** es la transferencia de calor por radiación electromagnética, es decir, que todo cuerpo cuya temperatura es mayor a cero absoluto, irradia energía electromagnética sin tener la necesidad de lograr una transferencia de materia.

Esta transferencia de calor también puede ser calculada debido a la conducción que tienen:

- **Ley de Fourier:** también conocida como la ley de la conducción de calor, se utiliza para determinar el calor conducido, utilizando la conductividad térmica del objeto, la superficie involucrada en m², la diferencia de temperatura y el espesor de la superficie, como se indica en la siguiente fórmula.

$$Q_x = -kA \frac{dT}{dx}$$

Dónde: Q_x es el calor transmitido por conducción, k es la conductividad térmica del objeto, A es el área de la superficie, dT es la diferencia de temperaturas del interior menos e exterior y d_x es el espesor del objeto.

- **Flujo de calor (φ):** el flujo de calor es para determinar cuánto calor se está perdiendo, para eso se tiene la siguiente fórmula.

$$\phi = -k \frac{\Delta T}{e}$$

Donde: k es la conductividad térmica del objeto, ΔT es la diferencia de temperaturas del interior menos e exterior, tomado en valor absoluto y e es el espesor del objeto.

- **Conductividad térmica (k):** es la propiedad que tiene un objeto para transmitir el calor por conducción. Es expresado en (W/m.°C; W/mK°), si la variable tiene un valor grande significa que es conductor, pero si el valor es pequeño significa que es aislante.
- **Resistencia térmica (R):** es la capacidad característica para la resistencia de un material al pase de un flujo térmico o calor, esto depende de la conductividad térmica (k) y del espesor del material, se expresa en (m².C°/W o m².k°/W); si R es grande, significa que el material es aislante y, si es pequeño, significa que el material es conductor. Es determinada por la siguiente fórmula.

$$R = e/k$$

- **La conductancia (U):** es la capacidad del material para conducir el flujo térmico o calor, se caracteriza por ser la inversa de R, se expresa en (W/m²°C o W/m².k°), si la conductancia es grande entonces el material es conductor y si es pequeño es aislante, se determina por la siguiente fórmula.

$$U = \frac{1}{R} = \frac{k}{e}$$

3.2.4 Principios básicos de la arquitectura bioclimática

Para llegar a tener una arquitectura bioclimática se requiere tener en cuenta estos principios básicos como:

- **La edificación es respetuosa con su entorno:** para diseñar una edificación bioclimática se debe tener en cuenta el medio natural en el que se encuentra, así como su topografía, flora, fauna, clima, vientos, temperatura, etc., siendo estos los que determinen cómo debe direccionarse el diseño. Se requiere hacer menos daño y aprovechar más lo que nos brinda la naturaleza para hacer una construcción eficiente. (21)
- **Reducir la transferencia de calor por conducción:** esto se realiza usando en la edificación los materiales que cuenten con una gran capacidad de ser aislantes, el aislamiento térmico no solo se da en la envoltura como paredes

y techos, también se da en las ventanas y puertas. Se debe tener la climatización de forma natural empleando materiales aislantes.

- **Captar toda la ganancia solar:** el sol llega a ser un elemento muy importante para la obtención de energía para ser utilizado en el invierno, teniendo como una edificación bien orientada, la energía solar se puede captar mediante elementos destinados en el edificio como la correcta orientación de las ventanas, invernaderos adosados y con la misma fachada orientada al sur, esta técnica es llamada **sistema pasivo**.
- **Reducir los movimientos del aire exterior:** la pérdida de calor de un edificio se da en gran velocidad con los vientos invernales, para reducir esta pérdida es indispensable que el edificio se encuentre ubicado según la topografía y vegetación del entorno y ser protegido de esta manera de estos vientos helados, así también se debe tener en cuenta la forma del edificio.
- **Limitar las infiltraciones del aire:** esto se genera en base a los defectos constructivos y del material que se utiliza en la edificación, la fuga se puede dar por las fisuras, juntas de dilatación, puertas, ventanas y, en consecuencia, el aire caliente hace que el ambiente no sea confortable térmicamente.
- **Aislamiento térmico por materiales:** los materiales poseen un valor de aislamiento, siendo las propiedades físicas las que se pasan por alto como el potencial de almacenar calor que tienen los materiales pesados y así se reduce el consumo energético. Las construcciones enterradas también tienen gran capacidad para mantener el calor en estaciones con temperaturas bajas.

Se recomienda tener en cuenta estas técnicas de concepción bioclimática: control del viento, utilización de la vegetación, utilización de los espacios interiores y exteriores, utilización del suelo, utilización de ventanas y muros acumuladores, concepción térmica de envoltura.

3.2.5 Indicadores bioclimáticos

Como indicadores bioclimáticos se tiene una amplia lista, de los cuales se consideran, el diagrama de Olgyay, carta de Givoni y las gráficas de Mahoney, por ser los más recomendables. Machuca en (19)

3.2.5.1 Diagrama bioclimático de Olgay

Este diagrama brinda las recomendaciones de diseño en base a la relación que hay entre la temperatura y la humedad, las estrategias y recomendaciones que nos brinda son básicas como: control solar o sombreado, ventilación natural, calentamiento y humidificación, Figura 5. En esta gráfica se traza la relación de las “temperaturas máximas con las humedades mínimas, y las temperaturas mínimas con las humedades máximas mensuales; para posteriormente, trazar la línea que une a los dos puntos graficados”. (19)

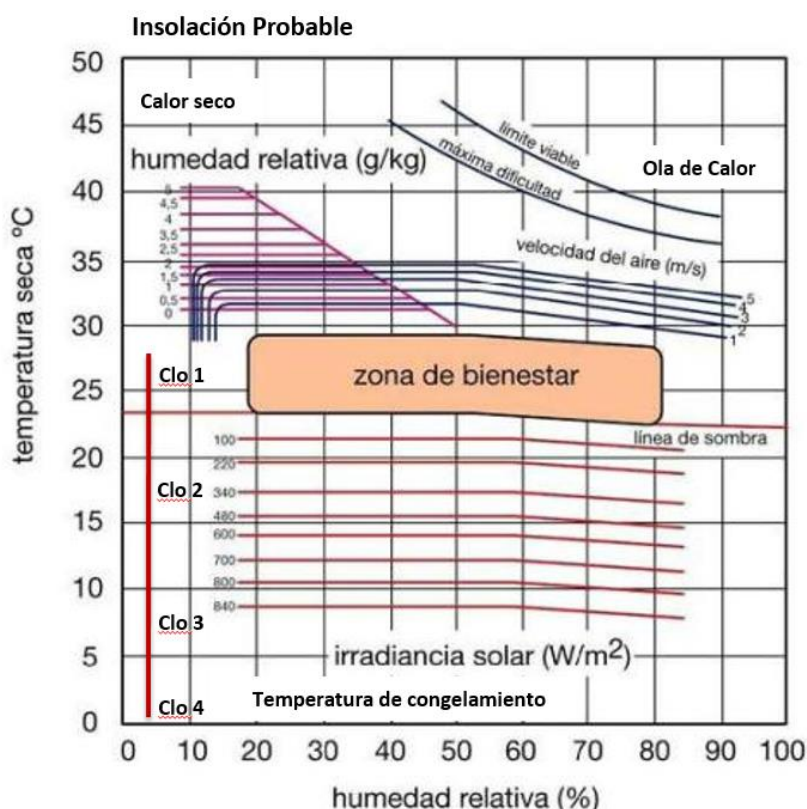


Figura 5. Diagrama bioclimático de Olgay

Fuente: confort ambiental basado en los principios de una arquitectura bioclimática en un centro educativo básico especial para niños de 0-14 años en la provincia de Cajamarca, 2018.

«Es una gráfica que estudia el medio ambiente exterior, teniendo presente directamente al confort térmico: la temperatura del aire y la humedad relativa. Se considera indirectamente como correcciones los otros dos parámetros: radiación y movimiento de aire. Se define una zona de confort muy amplia, valorar los factores del confort, que podrían hacerla cambiar relativamente. Resulta de gran utilidad para el análisis de la variación diaria y anual de la temperatura del clima

tipo de un emplazamiento, ya que se pueden representar las condiciones en esta gráfica». Ver Anexo 4. (20)

3.2.5.2 Carta psicométrica de Givoni

Givoni introduce como variable en su diagrama bioclimático el efecto del edificio en el ambiente interno, este «se interpone entre las condiciones exteriores e interiores, el objetivo fundamental de la carta bioclimática es utilizar los materiales y las estructuras cuya respuesta ante determinadas condiciones exteriores permita crear un ambiente interno con bienestar térmico». (19)

«Este método se aplica para obtener las condiciones de bienestar térmico en edificaciones, definiendo zonas de confort, las que según Givoni, coinciden con aquella zona dentro de la cual se mantienen unos rangos climáticos en los cuales una persona manifiesta estar térmicamente confortable. Está en relación con los parámetros ambientales como temperatura, humedad, velocidad de los vientos, temperatura radiante, influyendo también las características físicas, psicológicas y culturales de los individuos». (20)

Este diagrama nos brinda las estrategias bioclimáticas que debemos tener en cuenta para acondicionar la edificación y alcanzar un bienestar térmico.

La carta de Givoni se realiza sobre el diagrama psicométrico distinguiendo una serie de zonas como:

- La zona de bienestar térmico se determina por la temperatura de la temperatura seca y la húmeda relativa.
- La zona de bienestar se puede ampliar según la masa térmica del edificio, tipo de material de construcción, enfriamiento, ventilación, etc. Ver Figura 6.

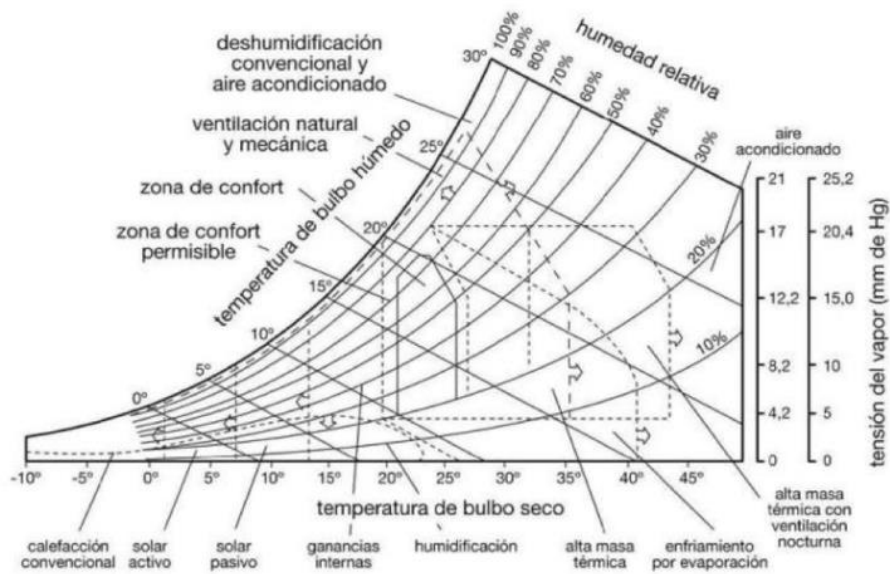


Figura 6. Carta psicométrica de Givoni
Fuente: Diagrama bioclimático de Givoni, 2014.

La carta psicométrica nos muestra la relación que hay entre los parámetros como:

- Temperatura de bulbo húmedo, es la temperatura que tiene un bulbo termométrico permanentemente humedecido.
- Temperatura de bulbo seco, medida por un bulbo termométrico seco y se representa en el eje de las abscisas de la carta.
- Humedad absoluta, se expresa como la presión parcial de vapor de agua (en mm de Hg).
- Humedad relativa, expresada como el porcentaje de humedad respecto al máximo que admite la atmósfera y está representada a través de curvas en la carta, ver Anexo 5. (19)

3.2.5.3 Tabla de Mahoney

Este método de diseño bioclimático tiene como objetivo relacionar los datos climatológicos con límites de confort establecidos para el lugar analizado y tener referencia de recomendaciones de diseño, este método fue realizado por Carl Mahoney como se ve en el Anexo 6.

3.2.6 Características de un Ecoedificio

En la tesis de Susunaga, 2014 se menciona que se crearon organizaciones que brindan ciertos criterios de estándares de calidad ambiental para saber si los profesionales como arquitectos constructores estén ofreciendo ecoedificios. (22)

En la actualidad se tienen diversas herramientas para la evaluación de estos edificios y brindar certificación ambiental, estas proporcionan ciertos criterios para evaluar el nivel de eficiencia con base a parámetros de emplazamiento sostenible, eficiencia del uso energético y del agua, calidad ambiental, diseño, innovación, el material y el recurso utilizado en la edificación, dichos certificados son:

3.2.6.1 BREEAM

Fue creado por *Building Research Establishment*, en 1990, en el Reino Unido, este fue el primer sello de certificación creado después del protocolo de Kyoto (Anexo 7).

Este sello mide la calidad de las edificaciones para determinar si son sostenibles, no solo de las edificaciones nuevas, sino también de las ya existentes, enfocándose en el impacto que el edificio produce en el entorno en el que se encuentra, las versiones que tiene se desarrollan para Reino Unido, algunos países de Europa y del Golfo Pérsico. También se tiene una versión para el desarrollo urbano que se llama *BREEAM Communities*.

3.2.6.2 LEED

La certificación se llama Liderazgo en Energía y Diseño Medio Ambiental, se desarrolló originalmente en 1993 e implementado en 1998 por el Consejo Estadounidense de Construcción Sostenible, tiene versiones para la evaluación de edificaciones nuevas y ya existentes, para el mantenimiento y la construcción de estos, así también para los interiores comerciales y envolventes y otra versión que es una de las principales garantías ambientales del mundo que se llama *Neighborhood Development*.

Este sello «se compone de un conjunto de normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo. Se basa en la incorporación en el proyecto de aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental interior, la eficiencia del consumo de agua, el desarrollo sostenible de los espacios libres de la parcela y la selección de materiales». (22)

El sistema que utiliza LEED para brindar los certificados es a través de acumulación de puntos, según van cumpliendo las edificaciones. Según las categorías de créditos LEED, estas categorías incluyen: sitios sustentables (SS), ahorro de agua (WE), energía y atmósfera (EA), materiales y recursos (MR) y calidad ambiental de los interiores (IEQ). Existe una categoría adicional, innovación en el diseño (ID), (22) la puntuación se da de la siguiente manera:

- **Sitios sustentables:** 24 puntos, dar los criterios de emplazamientos idóneos para el proyecto, la conectividad de transporte público, la protección del hábitat.
- **Eficiencia en el uso del agua:** 11 puntos, utilizar el recurso del agua eficientemente, artefactos sanitarios de bajo consumo y manejar adecuadamente el agua de lluvia.
- **Energía y atmósfera:** 33 puntos, debe mostrar un porcentaje de ahorro energético que va de 12% a 48% o más, y asegurar el adecuado comportamiento de los sistemas del edificio en largo plazo, debiendo cumplirse como requerimientos mínimos.
- **Materiales y recursos:** 13 puntos, describe lo que el edificio debe tener como selección de sus materiales y que estos sean regionales, reciclados, renovables y o certificados con algún sello verde.
- **Calidad del ambiente interior:** 19 puntos, debe tener un adecuado ambiente interior con adecuada ventilación, confort térmico y acústico para los usuarios.
- **Innovación en el diseño:** 6 puntos, créditos a construcción sostenible que tengan medidas de diseño que no estén en las 5 categorías antes mencionadas.

Las certificaciones son de cuatro tipos:

- Certificado LLED de 40 a 49 puntos
- Plata LEED de 50 a 59 puntos
- Oro LEED de 60 a 69 puntos
- Platino LEED de 80 a más puntos

Aunque se conoce muy poco sobre la Certificación LEED en Latinoamérica, se va difundiendo cada vez más por diversas regiones con el tiempo, una edificación certificada por LEED garantiza que el proyecto tiene un diseño con rendimiento ambiental, es económico y orientado para los ocupantes, este tipo de construcciones son menos costosas en su mantenimiento ya que también nos ahorra energía y agua, ya que las tasas de arrendamiento son muy altas por colaborar con el medio ambiente.

En el caso de Perú, se cuenta con una organización sin fines de lucro que tiene como objetivo «promover la reducción de las emisiones de carbono en las edificaciones, a través de la implementación de los edificios ecológicos». (23) Perú GBC es miembro de *World GBC* que es una organización internacional en construcción sostenible que está en más de 100 países.

La asociación Perú GBC otorga certificaciones como el LEED, BREEAM y EDGE.

3.2.6.3 GREEN STAR

Esta certificación fue creada por el consejo Australiano de Construcción Sostenible en el 2003, es la síntesis de LEED Y BREEAM. Esta certificación “evalúa el diseño ambiental, así como la construcción de los edificios y busca establecer un lenguaje común y una medida estándar” este sello solo tiene versiones para Australia, Nueva Zelanda y Sudáfrica.

3.2.6.4 EDGE

Fue creado por el IFC, miembro del Banco Mundial, fue creado para realizar construcciones que sean más eficientes de tipo comercial y residencial.

3.2.7 Energía renovable

Se menciona que las energías renovables son consideradas aquellas que se encuentran en el planeta abundantemente, y que al usarlas no afectan al medio ambiente, entonces este tipo de energía es aquella que se extrae de fuentes que se regeneran sin agotarse y al utilizarlos no producen el gas de efecto invernadero, estas se consideran energías renovables no convencionales. (24)

Como tipos de energía renovable no convencional están consideradas: la energía hidráulica que incluye la energía del oleaje, de las corrientes y mareomotriz, energía eólica, energía solar, energía geotérmica y la energía obtenida por la biomasa o biogás, se tiene entendido que el 5% de electricidad será producida por energía renovable, así anunció el Ministerio de Energía y Minas en el 2015. (25) Como ámbito de definición se aborda el tipo de energía que posiblemente se utilizaría en la investigación:

3.2.7.1 Energía solar

Es energía producida en el sol, en el cual los átomos de hidrógeno se convierten en átomos de helio, transmitiéndose por los rayos solares con ondas electromagnéticas, esta energía es absorbida por la atmósfera, tierra y océanos en un 70% y el otro 30% es devuelta al espacio. «Las principales ventajas de este tipo de energía es su elevada capacidad energética, su escaso impacto ecológico y su largo periodo de duración. Los inconvenientes se deben a que llega a la Tierra de forma dispersa y además no se puede almacenar de forma directa», (26) entre las principales formas de transformar la energía solar tenemos:

- **Energía solar fotovoltaica:** es la que se obtiene con la transformación directa de la energía del sol en energía eléctrica, para esto se necesitan sistemas fotovoltaicos y equipos, para generar esta instalación se necesitan cuatro elementos como el módulo o panel fotovoltaico, regulador de carga, inversor de corriente y baterías. Estos sistemas cumplen con la función principal de transformar directa y eficientemente en energía eléctrica la energía solar, almacena la energía obtenida y provee para el consumo con la utilización eficiente de esta energía. Los componentes sirven para:

- Panel fotovoltaico, este panel tiene unas placas rectangulares que están formadas por celdas fotovoltaicas, que están protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizado, estas placas transforman la energía solar en eléctrica.
- Regulador de carga, es un dispositivo electrónico que controla la carga y descarga del almacenamiento de energía en la batería para poder utilizar esta energía eléctrica.
- Inversor de corriente, convierte la corriente continua en alterna, ya que la mayoría de los dispositivos y electrodomésticos que utilizamos necesitan corriente alterna, también regula la frecuencia y tensión de la red local.
- Baterías, es para almacenar apropiadamente la energía ganada en el día para poder utilizarla cuando necesitemos y no haya energía solar, ya que este tipo de energía solo se obtiene en el día y es baja cuando hay nubes y tormentas.

Este tipo de energía, al estar limitada en la potencia por el punto de vista económico, se puede utilizar en sistemas autónomos como electrificación de viviendas, bombeo de agua, cercos eléctricos, refrigeración de alimentos, iluminación y sistemas conectados a la red. Este sistema dura de 15 a 20 años, dependiendo del mantenimiento que se le brinde.

- **Energía solar térmica:** esta energía aprovecha la radiación solar por medio de transferencia de calor a un fluido y posteriormente aprovecharlo. Este tipo de aprovechamiento se tiene en pasivo (no necesita de ningún sistema para captarla y se utiliza en lugares fríos como sistemas de calefacción) y activo (se capta por medio de un elemento que favorece a su captación denominado colector solar).

Este tipo de energía se aplica para obtener agua caliente sanitaria, secado solar, cocinas solares, deshidratación de alimentos, calefacción solar por aire, desalinización solar. Para lo cual se tiene diversos tipos de colectores:

- Colector sin cubierta, son placas planas absorbentes de energía sin cubierta realizados por tubos que circulan fluidos que comúnmente es agua, este

colector calienta el agua para aplicaciones simples ya que tienen baja temperatura de entre 10 a 40 °C, utilizado para el agua de piscina.

- Colector plano, se utiliza para generar energía térmica, para lograr tener agua caliente sanitaria con un rango de temperatura de 10 a 80 °C, generalmente tienen una capa de vidrio mezclado con incrustaciones de hierro.
- Colector de tubos al vacío, se utiliza para agua caliente sanitaria y procesos térmicos industriales, este sistema absorbe energía por unas placas absorbentes y tubos con fluidos dentro de un tubo al vacío, esto permite un mayor aislamiento térmico, disminuyendo la pérdida de calor.

3.2.7.2 Energía eólica

Este tipo de energía se origina con el movimiento de masas de aire (viento), las zonas más favorables para proyectos eólicos son las zonas costeras, llanuras, valles y zonas montañosas donde existen mucha potencia del viento.

La energía eólica se genera por el cambio de temperatura en diversas áreas, esto provoca cambio de densidad en las masas de aire y por ende de presión.

De toda la energía solar que llega a la Tierra, solo el 0.25% se convierte en corrientes de aire, siendo esto 25 veces mayor al consumo energético mundial.
(26)

La cantidad de energía que se puede generar por una turbina eólica depende del viento en el sitio de instalación. Para la generación de energía eléctrica a partir del viento, se necesita la turbina eólica y el aerogenerador que son «dispositivos que se utilizan para aprovechar la energía contenida en el viento y transformarla en eléctrica. Una turbina obtiene su potencia de entrada convirtiendo la energía cinética del viento en un par (fuerza de giro), el cual actúa sobre las palas o hélices de su rotor. Para la producción de electricidad la energía rotacional es convertida en eléctrica por el generador que posee una turbina; en este caso, llamado aerogenerador». (26)

En el Perú la obtención de energía eléctrica a través de la energía eólica es muy baja, en el año 2007 era menos del 1%, pero para el 2010 y 2011 se decidió realizar subastas para realizar parques eólicos, los cuales son:

- C. E. Cupisnique (80 MW, en construcción, Pacasmayo, POC para el 31/8/2014)
- C. E. Talara (30 MW, en construcción, Piura, POC para el 31/8/2014)
- C. E. Marcona (32 MW, en operación comercial, POC el 25/4/2014)
- C. E. Tres Hermanas (90 MW, en construcción, Ica, POC para el 31/12/2015)

«La empresa Waira Energía SAC, ha tenido en estos últimos años una actividad muy intensa en investigación, desarrollo e implementación de aerogeneradores de baja potencia. Ha logrado con éxito implementar sistemas de 1500 o 1000 W en avícolas de Huacho, Huaura; que abastecen de electricidad a las viviendas de los trabajadores, a sistemas de comunicación y PC, y a un decodificador de satélite». (27)

3.2.7.3 Energía geotérmica

Este tipo de energía procede del calor interno de la tierra, la superficie terrestre y el interno tienen una gran diferencia en temperatura, este calor escapa naturalmente como sucede en los géiseres y también se puede extraer a partir de perforaciones en el subsuelo. La energía geotérmica tiene una gran ventaja a comparación de las demás energías renovables, que esta energía se puede obtener todo el tiempo y producir electricidad continuamente, funcionando como una central convencional de energía eléctrica sin depender de la velocidad del viento o la intensidad de radiación solar según el Instituto Tecnológico de Canarias. (28)

3.2.8 Materiales sostenibles

Se menciona en el artículo de «*Construcciones Sostenibles*» que la adecuada elección de los materiales es muy importante para la obtención de una certificación, se debe considerar que los materiales tienen un gran impacto en el proceso de su producción y cuando se utiliza en la misma construcción. (29) Para

considerar que los materiales son sostenibles se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Materiales locales:** para que estos sean considerados locales deben ser extraídos y producidos dentro de la región, y esto debe ser a 500 millas o 805 kilómetros aproximadamente según el sistema LEED para que se produzca menos emisión de CO₂.
- **Materiales renovables:** son aquellos que se producen de materia prima cultivable y/o de crianza animal, como las fibras vegetales, el cuero, fibras animales y madera; para la producción de estos se debe tener en cuenta que no se debe agotar la tierra y el recurso hídrico, así como el periodo de renovación de estos. La utilización no adecuada de estos recursos produce la extinción de estos.
- **Reciclaje de materiales:** casi la totalidad de los materiales de construcción son reciclados, a excepción de los productos compuestos como son la fibra de vidrio, de acero, etc. Los materiales reciclados van desde el asfalto que se pone en las vías, el concreto, vidrios y metales.

Entre estos tipos de materiales se tienen los paneles de yeso que son utilizados en paredes que necesitan constante cambio, los metales ferrosos y los no ferrosos son fáciles de reciclar, ya que se pueden fundir y se produce un nuevo producto eliminando así el 70% de la energía requerida inicial; el ladrillo y el concreto así como otros materiales pétreos son un poco más difíciles de reciclar pero se pueden utilizar como agregado o bases de relleno de construcción y así se evita extraer de las canteras y ríos.

El origen de materiales reciclables es para reducir el impacto que causa su producción ante el ambiente.

- **Materiales reutilizables:** es tomar algunos elementos de una construcción ya existente y reutilizarlos en otra nueva, incluir los materiales de un edificio que ya cumplió su vida útil y usarlo en otro nuevo edificio es alargar la vida útil de los materiales.

- **Materiales durables:** la vida prolongada de los materiales es importante para una construcción sostenible, ya que esto depende de la durabilidad de la edificación.
- **Materiales de fácil mantenimiento:** el mantenimiento principalmente consiste en el aseo, reparación y reposición de elementos, esto implica el consumo de energía y agua, por tal motivo se debe prever desde el diseño cómo será el mantenimiento que se realizará para que sea menos costosa y de impacto mínimo al ambiente.
- **Características térmicas de los materiales:** es el uso de energía con sistemas pasivos para lograr el confort térmico al interior de la edificación. Se debe disminuir el uso de los equipos eléctricos que utilicen el sistema activo de energía para reducir el impacto ambiental.

Para la disminución de estas energías se pretende utilizar como herramienta de captación de energía los mismos materiales de construcción, estos pueden ser aislantes o materiales conductores según su capacidad de conducción de conductividad de flujo de calor, entre estos tenemos:

- **Energía embebida de los materiales:** también conocida como energía gris, es la energía que cada material utiliza para llegar a ser producido, a mayor energía es mayor la emisión de CO₂, como se ve en la Tabla 5.

Tabla 5. Coeficiente de energía embebida de materiales de construcción

MATERIAL	MJ/m ³
Paja	30,5
Agregados de río	36,0
Agregados de cantera	63,0
Arena	232
Adobe, estabilizado con bituminosa	490
Adobe, estabilizado con cemento	710
Bloque de tierra prensado	810
Piedra local	2.030
Poliestireno expandido	2.340
Concreto, 40 MPa	3.890
Ladrillo cerámico	5.170
Teja cerámica	5.250
Madera contrachapada	5.720
Asfalto	7.140
MDF	8.330
Fibro-cemento	13.550
Ladrillo cerámico vitrificado	14.760
Cemento	15.210
Aluminio reciclado	21.870
Papel	33.670
Acero reciclado	37.210
Vidrio endurecido	37.550
Vidrio laminado	41.080
Poliuretano	44.400
Polipropileno	57.600
Caucho de látex natural	62.100
Vidrio endurecido	66.020
Acero reciclado, reforzado, seccionado	69.790
PVC	93.620
Pisos de vinilo	105.990
Pinturas con base en agua	115.000
Aluminio reciclado, extruido y anodizado	115.830
Caucho sintético	118.800
Pinturas con base en solventes	127.500
Linóleo	150.930
Acero estructural	274.570
Zinc	371.280
Aluminio, extruido, anodizado	612.900
Cobre	631.164

Fuente: construcciones sostenibles: materiales y certificaciones LCA, 2011

En el caso de Perú, se cuenta con una norma legal que permite diseñar con parámetros necesarios para que la edificación propuesta y construida sea eficientemente energética, la EM – 110 es la primera y única norma de edificación eficiente energéticamente, en esta norma se aclara que los materiales de construcción existentes pueden ser utilizados para hacer una edificación sostenible. Esto se puede analizar con mayor detalle en el Anexo 8.

3.3 Antecedentes del problema

3.3.1 Antecedentes nacionales

3.3.1.1. Cambio climático

La pobreza y extrema pobreza en las zonas altoandinas rurales con dispersión geográfica territorial generan una población en vulnerabilidad por no tener los adecuados conocimientos de cómo vivir mejor con los recursos con los que se cuenta en el medio y con el cambio climático que genera friajes y heladas, siendo los más afectados las poblaciones que están a más de 4,000 m s. n. m. (30)

En el estudio hecho en la PUCP se trató de generar un diseño sostenible que sea replicable tomando como estudio el aspecto de energía renovable local y que no contamine, estos pueden ser la radiación solar, el viento y la geotérmica y en el aspecto constructivo se pondrán materiales locales y técnicas vernáculas asociadas a nuevas tecnologías. (31) La metodología de intervención que proponen para el proyecto es a través de mejoras de componentes constructivos, ya que estos cuando no son estudiados correctamente generan más impacto ambiental, se trata de dar un espacio saludable y confortable con elementos de construcción vernaculares, todo lo que tenga el espacio diseñado debe ser adecuado a la actividad y el lugar en que se realiza y esto tiene que ver con los materiales propuestos en los cimientos hasta los acabados.

Los arquitectos tienen ingenio de creación, no solo de espacios, también de objetos, produciendo el cambio que proporciona a las personas la seguridad y confortabilidad de tener un refugio destinado a sus necesidades según sus actividades diarias, dando confortabilidad a su experiencia diaria en estos espacios teniendo en cuenta diversos aspectos como llega a ser el espacio en el que se encuentra en relación con la naturaleza en sí, de cómo generar una concordancia con esta misma sin romper ligamentos siendo parte de esta misma naturaleza.

El arquitecto no debe olvidar las directrices, que siempre han estado presentes desde que se entendió la Arquitectura como una disciplina; que en su tiempo, Vitrubio las estableció como firmitas, utilitas y venustas (estabilidad de la construcción, uso adecuado, proporción y belleza formal), las cuales

determinaron en su momento el manejo de un contexto integral, y que de alguna manera, aún hoy permiten desarrollar diferentes aspectos tanto técnicos, ambientales como socioculturales y que favorecen las diferentes propuestas de manera coherente e integral. (32)

La utilización de los materiales del lugar que son abundantes en la naturaleza es mucho más sostenible, ya que involucra poca energía para conseguirlos teniendo un menor impacto ambiental, dado que se utiliza menos combustible para su traslado, se ahorra el tiempo de transporte utilizado reduciendo en gran parte el impacto ambiental.

Al llevar los materiales de construcción que no son propios del lugar se llega a contribuir con la contaminación ambiental, ya que esos materiales son producidos muy lejos del lugar y no solo se contamina por el transporte que se utiliza, sino también con lo que implica la elaboración de estos materiales, por lo que estas industrias contaminan a un más, estas industrias de materiales de construcción utilizan solventes, polvos y fibras los cuales están presentes en la edificación que, con el tiempo, siguen en el interior del edificio haciendo que algunas personas y animales que viven en el lugar enfermen, por ese motivo los materiales locales son más sensibles al impacto ambiental.

La gran parte del agua dulce que se tiene son gracias a los glaciares con los que se cuenta, los cuales afectan en gran magnitud la reducción de estos, ya que el suministro de agua que se tiene se está reduciendo. En el Perú, el río Santa, uno de los más grandes que fluyen en los Andes altos, ya tiene una disminución de la escorrentía del deshielo de los glaciares. Perú tiene el 71% de los glaciares tropicales del mundo. Los glaciares y las capas de hielo en los Andes se están reduciendo rápidamente. En las últimas tres décadas, los glaciares de Perú se han reducido en un 22%, lo que significa que la seguridad hídrica de Perú está en riesgo. (33). El hielo que no se derritió en miles de años, en la actualidad está sufriendo un cambio abrupto, ya que empezó a derretirse y a mover grandes cantidades de agua de los Andes tropicales a los Andes subtropicales, lo que supone que grandes masas de hielo con los que se cuenta

en el Perú se derretirán en unas pocas décadas más, siendo este un problema muy serio.

«En los últimos años, el gobierno de Perú se ha dado cuenta de la amenaza inminente de un cambio climático abrupto. En 2009, el Ministro de Asuntos Exteriores de Perú, el SE José Antonio García Belaunde, al abordar la crisis financiera mundial en la Asamblea General de las Naciones Unidas, promovió un fondo mundial para mitigar los efectos del calentamiento global». (33) En la actualidad, el Perú está sufriendo y viviendo de cerca los cambios del calentamiento global por la gran contaminación que se genera, lo cual se presencia con mayor amplitud en la pérdida de los glaciares, y esto se debe abordar con soluciones para mitigar estos efectos en los glaciares tropicales que se encuentran en la cordillera de los Andes.

La población tiene como necesidad básica el agua y por ello no se puede seguir observando que desaparezcan los glaciares, se tiene que tomar medidas direccionadas a la conservación de estos.

«En 2008, el Ministerio de Obras Públicas de Perú inició un programa de glaciología con la Dirección General de Aguas (DGA), que produjo la Estrategia Nacional de Glaciares. La estrategia especifica requisitos científicos y técnicos para 5, 10 y 20 años en el futuro, y aborda la necesidad de estudiar y monitorear los glaciares de Perú de manera continua. También en 2008, el Banco Mundial y los gobiernos de Bolivia, Ecuador y Perú iniciaron la Adaptación al Impacto del Retiro Rápido de Glaciares en los Andes Tropicales (PRAA) para contribuir al fortalecimiento de la capacidad de recuperación de los ecosistemas y economías locales ante los impactos del retiro de glaciares en los Andes tropicales». (33).

Las desglaciaciones llegan a ser el problema de todo el mundo ya que no solo los que están cerca de ellos son beneficiados, los glaciares crean corrientes de agua que recorren el mundo brindando agua a las poblaciones y si se quiere tener tierras fértiles y poder seguir teniendo agua para la producción de alimentos se tiene que disminuir progresivamente la utilización del agua y la contaminación que generada en los cauces de los ríos.

Las poblaciones vulnerables en gran parte son las personas que viven en los Andes rurales, un grupo llamado Condesan, consorcio para el desarrollo sostenible, ha estado estudiando recientemente los efectos que genera el calentamiento global en los Andes rurales teniendo como respuesta que no se deben talar árboles, la preservación de los bosques genera cuencas de agua y mitiga en un pequeño porcentaje el calentamiento global. El objetivo de este consorcio es alentar a la toma de políticas adecuadas para promover la mejor gestión sostenible de los recursos naturales como manera de superación para las personas pobres de la región altoandina.

En la llanura volcánica ubicada a aproximadamente 18000 pies sobre el nivel del mar se encuentra la pieza de hielo más grande de los trópicos como se ve en la Figura 7. Esta gran capa de hielo se llama *Quelccaya*. (34)



Figura 7. Qori Kalis, un glaciar que se está derritiendo rápidamente
Fuente: The New York Times. Estudio relacionado con la temperatura con el crecimiento y el retiro de un glaciar peruano, 2008.

El nevado de *Huaytapallana* se ha convertido en un poderoso símbolo de las consecuencias y lo acelerado que va el calentamiento global, en mucho tiempo fueron más que suposiciones la desaparición de glaciares, la caída de nieve por parte del calentamiento global y por ende el cambio de temperatura, que siempre fue una controversia científica, (34) en la actualidad un grupo de científicos está presentando nuevos hallazgos que sugieren que, a lo largo de los siglos, la temperatura es el factor principal que controla el crecimiento y la retirada del

glaciar más grande que emerge de la capa de hielo. Si tienen razón, entonces el reciente derretimiento de *Quelccaya* podría verse como un símbolo del calentamiento planetario vinculado a las emisiones humanas de gases de efecto invernadero.

Suponiendo que se mantenga, es un hallazgo aleccionador, considerando la rapidez con la que el glaciar *Qori Kalis* se está retirando. El Dr. Thompson documentó en el 2019 que una parte del glaciar que aparentemente había tardado 1600 años en crecer se había derretido en apenas 25 años. (35) Él interpretó eso como una señal de que las emisiones humanas y el calentamiento resultante han arrojado al mundo natural fuera de lugar. Sin embargo, *Qori Kalis* no es tan atípico: el hielo terrestre se está derritiendo prácticamente en todo el planeta. Eso ha estado ocurriendo desde un período de 500 años llamado *Little Ice Age* que terminó alrededor de 1850, pero el ritmo parece haberse acelerado sustancialmente en las últimas décadas a medida que las emisiones humanas comenzaron a abrumar los ciclos naturales. Un grupo de científicos está llegando a la conclusión de que incluso en estas condiciones, la temperatura es, sin embargo, el principal factor que controla el flujo y reflujo de los glaciares tropicales durante siglos.

Teniendo en cuenta el gran cambio climático, tenemos que idear maneras de reducir este impacto en nuestros glaciares, ya que el Perú está perdiendo muchos de ellos en estas últimas décadas, el inventario realizado por ANA sobre la pérdida de glaciares en América del Sur se puede ver que el Perú está perdiendo un 71% de sus glaciares.

3.3.1.2 Refugio científico

En la revista del Instituto Nacional de Investigación Glaciar y Ecosistemas de Montañas, (*Inaigem*) (36); se menciona que se estableció un refugio en la quebrada de *Llaca* que se encuentra en la ciudad de Huaraz, que sirve como centro de investigación para glaciares, lagunas y ecosistema de montañas; en el lugar puede estar toda persona que le interese este tipo de investigación haciendo uso del espacio, ver Figura 8; el refugio se identifica mucho con la

arquitectura vernácula con materiales del lugar y acondicionada para la estadía de los científicos.



Figura 8. Refugio en la quebrada de Llaca en la ciudad de Huaraz
Fuente: Instituto Nacional de Investigación Glaciar y Ecosistemas de Montañas, 2016

Inaigem tiene como finalidad difundir y expandir la investigación científica y tecnológica de los glaciares del ecosistema, por ello hicieron una alianza con la comunidad de *Catac* para colocar un refugio científico que el 16 de diciembre de 2016 se inauguró y está ubicado en una expansión de 30 hectáreas para la instalación de sistemas tecnológicos, ver Figura 9, el refugio tiene un emplazamiento horizontal más que vertical para poder adecuarse al espacio y no romper volumétricamente con el lugar, esta propuesta se encuentra a 3870 m s. n. m. en el distrito de *Catac* en la ciudad de Ancash.



Figura 9. Propuesta de refugio científico en Catac
Fuente: Inaigem, 2016

El refugio científico está ubicado a 46.7 km al sur de Huaraz, este refugio cuenta con un programa básico, ver Tabla 6, con un área construida de 5047 m²,

añadiendo el estacionamiento, áreas verdes, canchas deportivas y vías de acceso.

Tabla 6. Programa de refugio científico en Catac

Dormitorios	2,141.40 m ² de dos pisos capacidad para 100 personas
Auditorio	1.068.53 m ² capacidad para 100 personas
Comedor - Administración	1,211.38 m ²
Laboratorios	331.50 m ²
Gimnasio y vestuarios	213.00 m ²
Lavandería y Guardianía	82.02 m ²

Fuente: Inaigem, 2016

3.3.1.3 Materialidad y energía renovable

En el artículo de «Análisis de operatividad de una vivienda bioclimática altoandina» se define que en el Perú se cuenta con zonas altoandinas que tienen un clima característico «con una oscilación térmica de alrededor de 12 °C en promedio y una energía solar incidente promedio de 5 KW/m²», teniendo en cuenta este último dato se puede tomar en cuenta para realizar técnicas necesarias para acumular el calor y calentar el interior de estas viviendas, de manera que se realizaría una vivienda con aspectos bioclimáticos. Tomando las principales estrategias para generar calor dentro de la vivienda en San Francisco de *Raymina*, departamento de Ayacucho, se determina implementar las estrategias como «calentamiento solar pasivo (claraboyas, invernaderos adosados), aislamiento térmico de techos (uso de *ichu*), aislamiento hidrotérmico de pisos (capas de piedra, listones y tablas de madera), disminución de infiltraciones por puertas y ventanas, aislamiento de ventanas y puertas (marcos de madera, ventanas doble vidrio, contraventanas de madera), materiales con elevada masa térmica (adobe de 0.4 m de espesor)». (18)

En el estudio que realizan Molina y Espinoza se analiza la construcción que se realizó en el 2010 de un albergue bioclimático para esta zona, lo cual por el uso que le dan y las actividades que se realizan, en esta vivienda se observó que las personas dejan las puertas y las ventanas abiertas durante toda la mañana y la tarde, lo cual hace que el calor que ingresa no se conserve y tenga una pérdida y no llegue al nivel requerido de confort térmico, es ahí donde se

llegó a la conclusión de realizar un análisis de las actividades que se realiza dentro de la vivienda para generar recomendaciones para generar un buen confort térmico interno.

Para generar un buen análisis, se debe tener en cuenta «la transferencia de calor la conducción, la convección y la radiación. La conducción se considera como la transferencia de energía de las partículas más energéticas a las menos energéticas de una sustancia debido a las interacciones entre las mismas. La cantidad de energía que se transfiere por unidad de tiempo por conducción se calcula con la ecuación siguiente, que se conoce como ley de Fourier», donde k es la conductividad térmica, dT es la diferencia de temperatura y dx es el área del elemento analizado, tomando el signo de cómo se transfiere la temperatura y es gradualmente hacia la mayor. (18)

$$q_x = -k \frac{dT}{dx}$$

El calor transmitido por conductividad térmica se determinada en una pared plana que es el área por el flujo del calor, como se puede ver en la siguiente fórmula.

$$Q_x = q_x \cdot A$$

La transferencia térmica por convección se produce por la diferencia de temperatura de dos fluidos por un coeficiente de transferencia, como se puede ver en la siguiente ecuación.

$$Q = hc (T_s - T_\infty)$$

«La radiación térmica es la energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura finita. La energía del campo de radiación es transportada por ondas electromagnéticas (o fotones). Mientras la transferencia de energía por conducción o por convección requiere la presencia de un medio material, la radiación no lo precisa. El flujo de calor emitido por una superficie real está dado

por la siguiente ecuación. Donde T_s es la temperatura absoluta [K] de la superficie, σ es la constante de Stefan Boltzmann ($\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$) y ε es una propiedad radiactiva de la superficie denominada emisividad». (18)

$$E_b = \varepsilon \sigma T_s^4$$

Para un análisis más profundo se deben analizar los tipos de materiales que se utilizan y cómo influyen en el confort térmico, para esto se analiza la conductividad térmica, la resistencia térmica, la difusividad térmica, la pérdida o ganancia por conducción y convección, renovación de aire y el efecto *stack*:

Conductividad térmica k [W/m°C]: cantidad de energía que atraviesa una superficie de 1m^2 y 1m de espesor cuando las temperaturas a ambos lados difieren en 1°C .

Resistencia térmica R [$\text{m}^2\text{C/W}$]: es la dificultad que encuentra en un material el calor a la hora de transmitirse por el interior del material. Para un material homogéneo, la resistencia térmica se calcula con la siguiente ecuación donde “ e ” es el espesor del material y k la conductividad térmica.

$$R = e/k \quad (5)$$

Difusividad térmica a [m^2/s]: expresa la capacidad de un material para transmitir una variación de temperatura, como se ve en la siguiente ecuación que permite determinar el valor de a , donde k es la conductividad térmica, ρ es la densidad y C_e es la capacidad calorífica del material.

$$a = \frac{k}{\rho C}$$

Pérdidas o ganancias por conducción y convección (Q_c): El calor a través de una superficie plana (muros, pisos, techos, puertas, marcos) se calcula con la siguiente ecuación, donde U es el coeficiente global de transmisión o la transmitancia térmica, A es el área de la superficie y ΔT es la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior.

$$Q_{\text{muro}} = U \cdot A \cdot \Delta T$$

En la siguiente ecuación, e_i y k_i representan el grosor y conductividad térmica de los materiales que componen la superficie, respectivamente, $1/h_e$ y $1/h_i$ son la resistencia superficial externa e interna, respectivamente.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \sum \frac{e_i}{k_i} + \frac{1}{h_i}$$

Renovación de aire (Q_v): el calor perdido por unidad de tiempo por infiltraciones de aire está dado por la Ec. (14), donde \dot{m} es el flujo de masa de aire, N representa el número de cambios de aire por hora, V_{aire} es el volumen de la habitación, C_e es el calor específico del aire $C_{\text{aire}}=1006.5\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C}$ y ρ_{aire} es la densidad del aire, para condiciones de altura (3700 m s. n. m.) $\rho_{\text{aire}}= 0.798\text{ kg/m}^3$.

$$Q_{\text{fil.}} = 0.223 N \times V_{\text{aire}} \times (T_i - T_{\text{amb ext}})$$

Caudal causado solo por diferencia de temperaturas, el efecto *Stack*: el movimiento de aire por efecto *Stack* ocurre cuando las diferencias de temperatura causan diferencias de densidad en el aire y provocan diferencias de presión entre el interior y el exterior. Cuando la temperatura interior del edificio es mayor que la externa, la distribución de presiones sobre el edificio puede tomar las formas mostradas, ver Figura 10. (18)

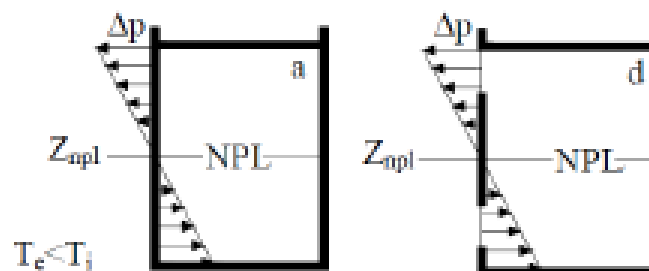


Figura 10. Movimiento de aire por diferencia de temperatura
Fuente: análisis de operatividad de una vivienda bioclimática altoandina, XXII SPES, 2015.

Se tiene un sistema de calefacción para lo cual se utiliza el sistema solar, la cual es transportado por medios naturales como la radiación, conducción y convección natural; teniendo dos tipos de calentamiento solar pasivo como los

aportes directos y aportes indirectos. Cada uno se refiere a la relación del sol, el almacenamiento térmico y el espacio habitable. (18)

- **Aportes directos:** cuando el sol calienta directamente el espacio, convirtiéndose en un espacio de captación solar, depósito térmico y un sistema de flujo de calor, ver Figura 11.

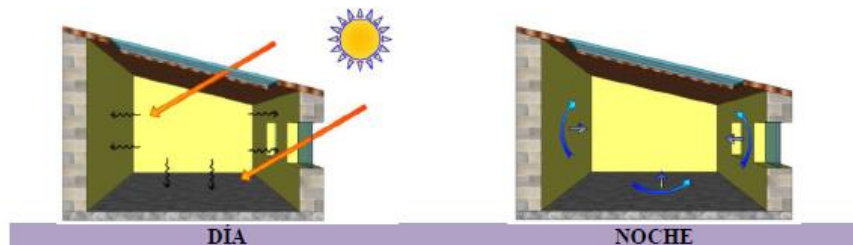


Figura 11. Sistemas de aportes directos

Fuente: análisis de operatividad de una vivienda bioclimática altoandina, XXII SPES, 2015.

En las zonas altoandinas el adobe llega a ser el material que ayuda a acumular el calor del día y redistribuir en el interior del espacio durante la noche, un ejemplo muy claro de este uso es cuando se tiene una ventana en el techo para captación solar llamado claraboyas, esta ventana sirve para que el sol ingrese directamente calentando todo el espacio interno, lo más habitual es que esta claraboya sea de un material transparente para permitir el paso directo del sol.

- **Aportes indirectos:** la radiación incide directamente en una masa térmica que se encuentra en la fachada de la edificación, la cual es absorbida y es convertida en energía térmica o también conocida como el calor, siendo transferida después al espacio habitable por pequeños conductos, ver Figura 12, entre los más conocidos están los muros que almacenan el calor que absorben la radiación por la cara exterior y después se transfiere el calor al interior por conducción, lo más habitual es que se pinte de negro la pared de la cara exterior, un ejemplo de eso es el muro *trombe*.

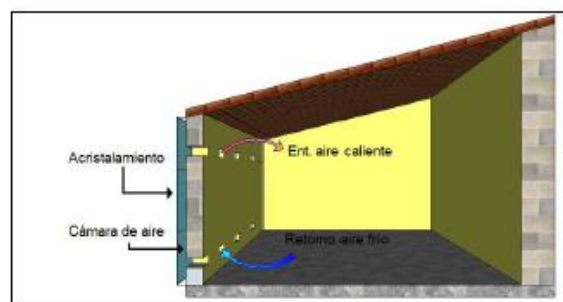


Figura 12. Sistemas de aportes indirectos, muro trombe

Fuente: análisis de operatividad de una vivienda bioclimática altoandina, XXII SPES, 2015

Invernadero adosado: es la combinación de los dos tipos de aportes, directos e indirectos, consiste en generar un invernadero o un espacio por la entrada de la vivienda, separados por una pared pesada y gruesa, como el invernadero está directamente soleado todo el día, este transmite calor hacia las paredes y así llega al espacio interno de la vivienda, también se construyen pequeños orificios en la pared para que el aire circule del invernadero hacia la vivienda (Figura 13).

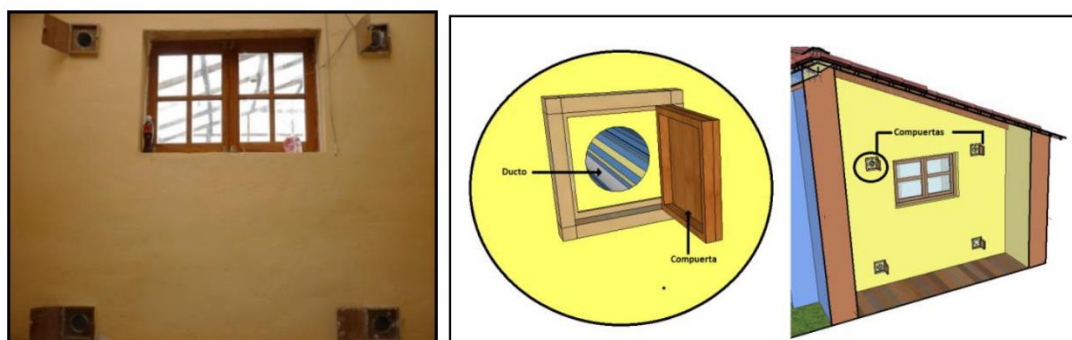


Figura 13. Sistemas de aportes indirectos, muro trombe

Fuente: análisis de operatividad de una vivienda bioclimática altoandina, XXII SPES, 2015

Las principales técnicas bioclimáticas que se emplean en las viviendas altoandinas son:

Los muros son en su totalidad, el elemento que tiene mayor transferencia de calor de la vivienda, tradicionalmente en estas viviendas altoandinas, el material comúnmente utilizado es el adobe el cual es elaborado con paja, tierra y agua; teniendo un espesor de 40 cm y la capacidad de almacenar todo el calor ganado durante el día para transmitirla en la noche a todo el espacio interno de la vivienda tiene un bajo costo de construcción.

Este tipo de viviendas analizadas cuentan con piso apisonado, permitiendo que el calor se escape e ingrese la humedad, por lo cual se tendría que utilizar dos tipos de piso, uno para los dormitorios que serían con una capa de piedra, listones y tablas de madera, ver Figura 14a, hay otro tipo de piso que es de cemento para los ambientes como la cocina, teniendo como primera capa la piedra para evitar que ingrese la humedad, ver Figura 14b.

Los techos son uno de los elementos por donde se pierde el calor rápidamente, ya que el aire caliente asciende, por ese motivo hay técnicas de aislamiento de techos, que se construyen con viguetas de madera de eucalipto apoyadas sobre la viga principal o también llamada viga collar y teniendo una pendiente de caída de 20° para que la lluvia no se acumule y caiga, para realizar los techos se tiene en algunos casos el uso de las planchas de calamina y fibrocemento o tejas puestas en su interior con *ichu* y la lana de las ovejas, en ambos tiene que llevar plástico, ver Figura 14c.

La ventana es el único elemento que permite el ingreso directo de la luz natural y de la radiación solar y poder almacenarla dentro de la habitación, pero también es un punto que ayuda a la pérdida de calor rápidamente por tener vidrio como único elemento que separa el exterior del interior, por eso es recomendable tener una contraventana de madera que permanezca abierta durante el día y cerrada durante la noche, ver Figura 14d.

Las puertas son elementos que se recomienda que sean de madera, las cuales reducen su transmitancia de calor de un 50% de pérdida. Así también se recomienda que sean de este material los marcos de puertas y ventanas. (18)



Figura 14. Técnicas bioclimáticas

Fuente: análisis de operatividad de una vivienda bioclimática altoandina, XXII SPES, 2015

El artículo titulado «*Eco-Domo, un hábitat para reducir la vulnerabilidad frente al friaje en el Perú*», (37) señala que el Perú tiene una gran población que vive en las regiones altoandinas (38); que cada año, en estas zonas rurales, las personas sufren el efecto del friaje, generando una baja extrema de temperatura que va entre $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ que padece la sierra peruana en los meses de junio, julio y agosto, provocando la muerte a las personas más débiles y afecta a sus recursos económicos por la muerte de sus ganados como las alpacas, carneros, entre otros. Esto, y agregando que el no tener buenas viviendas para mantenerse bien de salud y no enfermar, provoca un problema para estos sectores en estas épocas, ya que sus viviendas no cuentan con aspectos bioclimáticos para tener confort térmico interno. Por este motivo, en este artículo se propone implementar viviendas con superadobe lo cual va a mejorar la calidad de vida, tendrá un buen confort térmico interno y es bajo en costos, así como sus viviendas de la comunidad, basando este proceso en rellenar las bolsas costales con tierra.

La investigación se realizó en Puno en viviendas que se encuentran a más de 4000 m s. n. m. los cuales son, viviendas clásicas para el sector rural con bloques separados, unos para almacén, cocina y dormitorios con áreas de 8 a 15m², estas viviendas son construidas con una mezcla de piedra y tierra que son materiales netos de la zona, comprende techos de calamina que no está bien adosada y tiene puntos de fuga de calor, estas viviendas son muy precarias y tiene un costo de aproximado 1000 soles por 12m². Teniendo en cuenta estos aspectos, se desarrolló en los años 80 la técnica del superadobe que consiste en poner unos sacos llenos de tierra uno sobre otro unidos con hilos de alambre de púas, también se pueden poner cemento, cal o emulsión de asfalto, esta técnica lo realizó el instituto *Cal-Earth*, 2015, ver Figura 15a.

Este tipo de construcción tiene la ventaja de no requerir materiales y herramientas costosas, se pueden rellenar los sacos con casi cualquier tipo de tierra y son adaptables para cualquier lugar, son sismorresistentes y no se requiere mano de obra especializada. Hace algunos años se investigó el «comportamiento estructural de este tipo de sistema constructivo, donde se demuestra que la técnica es totalmente válida para resistir las cargas verticales con una gran variedad de tipo de tierra, para los esfuerzos horizontales» generado por sismos y vientos que impactan a la construcción. (37)

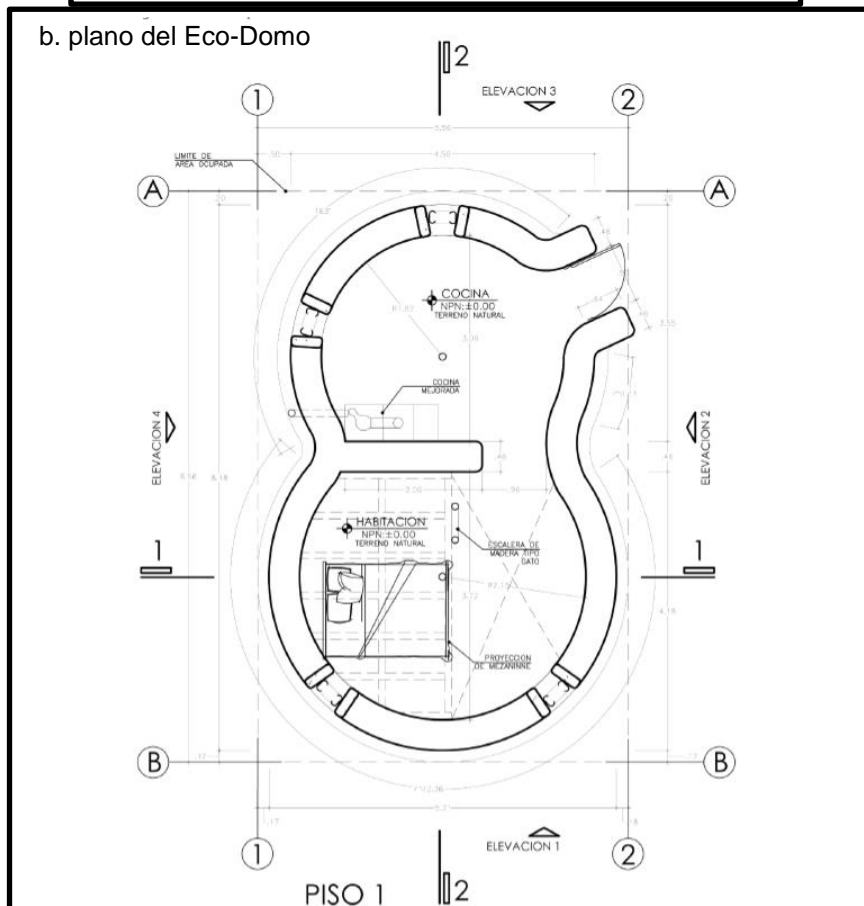


Figura 15. Proyecto del instituto Cal-Earth
Fuente: Eco-Domo, un hábitat para reducir la vulnerabilidad frente al friaje en el Perú,
Revista Campus, 2015.

En el artículo «Eco-Domo» (37) también se menciona que se investigó la resistencia del superadobe sobre el pandeo y corte de paredes, teniendo como resultado que el alambre de púas ayuda a vincular cada saco de tierra y evita roturas, así como también ayuda a reforzar las fuerzas de tensión y fricción que ayudan a soportar los movimientos sísmicos. El equipo de investigación realizó el diseño de un superadobe tipo cabaña que tiene como nombre Eco-Domo, este diseño responde a las necesidades básicas de una familia rural, brindando mejor

calidad de vida y haciendo frente al friaje, para este diseño se tomó como referencia el modelo *Inkawasi Pichqa* que lo realizó la cooperación alemana al desarrollo GTZ.

El diseño del Eco-Domo consta con dos ambientes conectados por una puerta, un espacio para la cocina comedor y un almacén de 10m² y un espacio de dormitorio de 13m² con un mezanine de 6m² para los hijos, como se ve en la Figura 15b, el procedimiento adecuado para la construcción de este Eco-Domo se tiene en el artículo de *Eco-Domo, un hábitat para reducir la vulnerabilidad frente al friaje en el Perú*. (37)

Para realizar el acabado del Eco-Domo se tiene que realizar la mezcla para el revestimiento y protección de los muros de esta construcción, los cuales se recomienda poner lo que señala en la Tabla 7.

Tabla 7. Combinación para la mezcla adecuada para el revestimiento

Proporciones en volumen (volumen de las fibras sin compactación)	Observaciones	Fotografía después de 1 semana de secado
Tierra: 3 / Arena: 1 / Césped: 1	Textura ligeramente fibrosa, con agrietamiento muy leve. Apto para recubrimiento de primera o segunda capa	
Tierra: 4 / Arena: 1 / paja: 1	Textura lisa, con agrietamiento muy leve. Apto para recubrimiento de primera o segunda capa	

Fuente: Eco-Domo, un hábitat para reducir la vulnerabilidad frente al friaje en el Perú, Revista Campus, 2015.

«El análisis de los resultados enseña una diferencia muy notable a favor del Eco-Domo en cuanto a las pérdidas caloríficas con menos del tercio de pérdidas por transmisión de calor. Como era de esperar, el impacto del techo de calamina

influye mucho en las pérdidas caloríficas de la tipología típica. Se nota que el suelo de tierra apisonada representa también un factor importante de pérdida, por lo tanto, sería importante evaluar soluciones de aislamiento del piso que permita mejorar el confort tanto del Eco-Domo como de las viviendas existentes [...] Las primeras mangas colocadas ya cuentan con más de dos años y no han sufrido ninguna deterioración aun si se quedaron más de un año sin revestimiento. Sin embargo, será interesante seguir monitoreando el comportamiento de las paredes de superadobe en el tiempo para poder validar definitivamente la técnica y los materiales utilizados. (37)

3.3.2 Antecedentes internacionales

3.3.1.1 Cambio climático

En el nuevo estudio publicado en la revista *Geophysical Research Letters*, se encuentra que los modelos numéricos utilizados en estudios anteriores han sobreestimado la rapidez con la que el agua del océano puede derretir el glaciar desde abajo, lo que los lleva a sobreestimar la pérdida total de hielo del glaciar en los próximos 50 años. alrededor del 7%. El glaciar *Thwaites* cubre un área casi tan grande como el estado de Washington (70000 millas cuadradas, o 182000 k²). Las mediciones satelitales muestran que su tasa de pérdida de hielo se ha duplicado desde los 90. El glaciar tiene el potencial de agregar varias pulgadas al nivel global del mar. (39)

El paisaje de los Alpes Bávaros es totalmente hermoso, lo cual es apreciado por los amantes del deporte de montaña, pudiendo cambiar esta majestuosa vista en unos años más por la gran contaminación que se genera y por ende la mayor rapidez de desglaciación. El Ministerio de Medio Ambiente informó que las temperaturas están muy cambiantes y en aumento, advirtiendo que solo queda un aproximado de 20 a 30 años para ver desaparecer a este glaciar y a la mayoría de los que se conocen; así también advirtió el estado del sur de Alemania.

Los Alpes Bávaros es en su mayor parte conocido por su majestuosa vista y el hermoso paisaje que tiene, como se puede apreciar en la Figura 16, cambiando esta vista a terrenos desérticos en algunos años más.



Figura 16. Alpes Bávaros

Fuente: Desdémona Desesperación. Los glaciares de Baviera podrían desaparecer en 30 años con una tasa de calentamiento del doble del promedio mundial.

Los glaciares de los Alpes Bávaros en el año de 1820 tenían un aproximado de 4 k² y ha descendido a 0.7 kilómetros cuadrados, siendo este descenso muy preocupante para la conservación de estos glaciares, esta área es conformada por 5 glaciares y 3 miniglaciares que probablemente no sobrevivan a los próximos 90 años, ya que se espera tener un aumento de 3 a 6 °C en este tiempo. (40)

La pérdida de balance de masa acumulada desde 1980 es de 14,9 m, lo que equivale a cortar una rebanada de 16,5 m de espesor en la parte superior del glaciar promedio. La tendencia es notablemente consistente de una región a otra [...]. La tendencia a la baja en el balance de masas durante un período de retroceso indica que los glaciares alpinos no se están acercando al equilibrio y la retirada continuará siendo la respuesta del término dominante. La rápida retirada reciente y los equilibrios negativos prolongados han hecho que algunos glaciares desaparezcan y otros se fragmenten, ver Figura 17. (41)

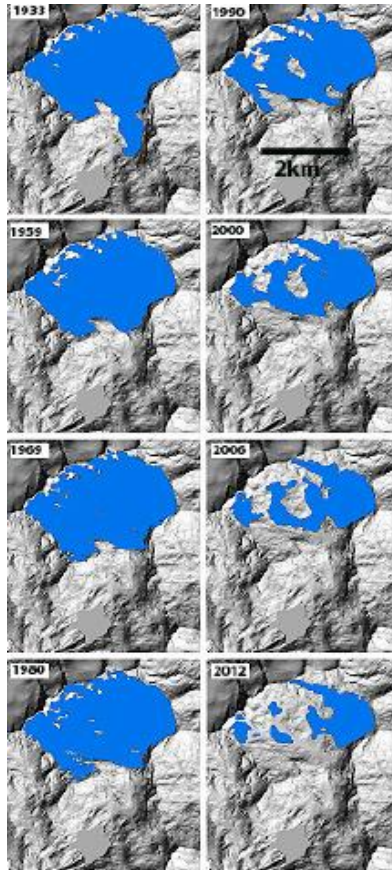


Figura 17. Desintegración del glaciar Careser, Italia 1933-2012, glaciar en azul
Fuente: Glacierchange, Alpine Glaciers-BAMS Estado del Clima 2013

En las Cascadas del Norte, Washington, la temporada de acumulación de invierno 2013, presentó el 93% de la capa media de nieve (1984-2013). La temporada de derretimiento fue excepcional, con la temperatura media de junio a septiembre empatada con la más alta para el período 1989-2013 y tuvo las temperaturas medias diarias mínimas más altas. Teniendo como resultado 1 m de desglaciación en los 10 glaciares analizados en este periodo, en la Columbia Británica al final del verano se obtuvieron niveles bastante representativos, pero fue muy bajo en la conservación de masa anual de estas, en Alaska se evaluaron cuatro glaciares, quienes también tuvieron niveles de masa bastante bajos, lo cual indica que se están perdiendo los glaciares cuanto más va pasando el tiempo, estos glaciares van teniendo menos espesor de nieve y por ende desapareciendo y con la contaminación que se genera, el retroceso de estos grandes glaciares se está acelerando. (42).

3.3.1.2 Refugio científico

El proyecto de refugio científico para la Antártida ya está en marcha siendo el escenario de experimentación el volcán Chimborazo, siendo el más conocido por ser el más alto de Ecuador y uno de los puntos más altos de mundo.

El principal atractivo de este módulo es que tiene características ecológicas siendo construida con paneles de eco-materiales y fibras naturales de caña de guadua (subgénero de bambú), cascara de arroz, abacá (planta herbácea), coco, entre otros, destaca El Expreso de Guayaquil. Su tamaño oscila entre los 2.50 m de lado por 3 m de alto y tiene capacidad para unas cuatro personas. (43)

El proyecto Explora Nunatak Chile lo presentó oficialmente la Universidad Técnica Federico Santa María, siendo un laboratorio natural que estudia la contaminación de Glaciar y el proyecto del Fondo de Protección Ambiental *Nunatak* Chile siendo el laboratorio natural sobre contaminación Glaciar y Cambio Climático. *Nunatak* tiene como objetivo instalar plataformas científicas de monitoreo ambiental en las montañas, quedando este como refugio científico y de equipos de monitoreo ambiental que mediante lo cual se calcularán las variables químicas, físicas y biológicas de hielo y nieve en esta zona. (44)

La primera etapa del proyecto consistía en explorar terrenos que se encontraban cerca de tres glaciares importantes de Chile que son San Francisco, Colgante El Morado y Juncal con la posibilidad de encontrar el lugar idóneo con las condiciones de seguridad, acceso terrestre y aéreo para la instalación del proyecto Nunatak, siendo este un lugar de intervención interesante para el punto de vista científico ambiental sin impacto ambiental al glaciar aledaño, una vez encontrado el terreno de intervención se procede a instalar Nunatak procediendo con el proceso de instalación de instrumentos científicos sofisticados que monitorearán el ambiente al que está expuesto el glaciar, el monitoreo físico y químico se da minuto a minuto vía online. El Centro de Tecnologías Ambientales, instalará una estación de monitoreo en un contenedor –Nunatak–, el cual está preparado con instrumentos, energía y habitabilidad. (44)

El refugio científico chileno Campos de Hielo consta de una mezcla de refugio de montañas y carpas con estructuras metálicas que va con unos 60 m².

Este refugio se diseñó para 8 personas con estructuras de acero galvanizado anclado a una roca, contando todo el refugio con acondicionamiento térmico, siendo el más importante para el confort de las personas que estarán instaladas aquí, el refugio consta con una “distribución interna que considera una sala de estar, laboratorio, dormitorios, baño, cocina y sala de descompresión.

Las principales condicionantes físicas del refugio son 60 m² para 8 personas con períodos de estadía de 2 meses, resistente a los vientos de un aproximado de 200 k/h, tener un aislamiento térmico de 35 °C con energía renovable al máximo como energía eólica y solar conectado a generadores, generando cero residuos con mantenimiento fácil y rápido y que esté aprobado por la Comisión Nacional del medio Ambiente, Conama.

Aledaño a este refugio se instalan 2 domos (carpas circulares con estructura pentagonal de acero inoxidable) de 4 y 6 metros de diámetro respectivamente. Estos domos sirven para la instalación de comedores y almacenaje de equipo y víveres, permitiendo así la descongestión del interior del refugio.

El ICCH estableció una alianza estratégica con el Proyecto Área de la Conservación y el Ambiente (ACCA) y la Dirección General de Aguas del MOP, para implementar y operar estaciones para la caracterización de las condiciones hidrometeorológicas de Campo de Hielo. Esta alianza, [...] tiene por objeto adquirir equipos e instrumentos que permitan ampliar la cobertura de la Red Hidrométrica que opera la Dirección General de Aguas en las provincias de General Carrera y Capitán Prat, incorporando nuevos instrumentos y más parámetros a la red actual que opera en tiempo real con el sistema de registro directo de datos satelitales. Adicionalmente se implementará en el Refugio del Instituto Chileno Campos de Hielo una nueva estación hidrométrica con la misma tecnología satelital. (45)

3.3.1.3. Materialidad y energía renovable

En la actualidad el consumo de energía se ha dado sin control lo cual en un análisis realizado en el *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (46); se menciona que el sector de la construcción es responsable de aproximadamente el 40% del consumo mundial de energía en muchos países desarrollados y en desarrollo, por este motivo, en los países desarrollados se realiza programas que mejoren el sistema de los edificios, haciendo que estos utilicen energía renovable y que, en la actualidad, las ciudades se diseñen teniendo en cuenta la sostenibilidad; desde que se empezó con esta visión, el sector gubernamental vio a este programa clave para mejorar el consumo de energía y hacerla renovable.

Generar una fachada que tenga componentes tecnológicamente bioclimáticos es desafiante, el diseño arquitectónico de una fachada es el más importante a nivel de estética visual ya que exhibe los materiales necesarios para generar un mejor edificio desde la perspectiva de la ingeniería, ya que es importante para la protección de los peraltes manteniendo el confort térmico del edificio interior con rendimiento sostenible y bioclimático, ver Tabla 8, la fachada y el material con la que se realiza influye en el rendimiento térmico interno del edificio.

Tabla 8. Clasificación fachada del edificio en base a actuaciones clave

Mayor categorización	Subcategorías	Rendimiento térmico	Debilidades / limitaciones
fachada de piedra	Ladrillo muro cortina albañilería	1. Poco valor de aislamiento	1. suponen un grave peligro para la seguridad durante el incendio
	muro cortina Marble	1. Con alta masa térmica y el rendimiento térmico se puede mejorar por la falta de homogeneidad mayor	1. suponen un grave peligro para la seguridad durante el incendio
fachada de metal	muro cortina de aluminio	1. El rendimiento térmico depende en gran medida del diseño de la unidad de fijación	1. La resistencia al limite de deformacion
	muro cortina de acero	1. Normalmente tiene un rendimiento de aislamiento limitada 2. La reducción de los puentes térmicos puede lograr una mayor eficiencia energetica	1. La resistencia al limite de deformacion
fachada acristalamiento	muro cortina acristalado sola	1. relación de marco superior puede ser una causa del rendimiento térmico inferior del sistema de muro cortina 2. Pobre rendimiento térmico	1. Contaminación Lumínica 2. Los altos costos de limpieza 3. enfrentar el peligro de explosión
	muro cortina de doble acristalamiento	1. Los sistemas de acristalamiento estructural estudiados proporcionan mejor rendimiento térmico de otro muro cortina acristalamiento	1. Contaminación Lumínica 2. Los altos costos de limpieza 3. Peligro de explosión
fachada con vegetación		1. La alta capacidad para interceptar la radiación solar directa, lo que implica reducciones representativos sobre la pared de la superficie externa y la temperatura interior	1. La apoptosis de la vegetación por errores de administración o instalaciones indebidas
Fachada solar	fachada Semi-transparente y opaco	1. ¿Puede reducir o eliminar la necesidad de combustible fósil para proporcionar 2. Una mayor proporción de la superficie de un edificio para la generación de energía 3. Mejora ambientes interiores para los ocupantes	1. Los mayores costos de construcción 2. baja eficiencia de conversion
material de cambio de fase (PCM) fachada		1. ¿Puede mantener la temperatura interior dentro del rango de confort 2. ¿Puede minimizar las cargas de refrigeración / calefacción de pico y reducir los costos de operación.	1. resistencia insuficiente
fachada cinética		1. Reducir el exceso de iluminación debido al control de la penetración solar directa 1. Los mayores costos de construcción [66] 2. responder automáticamente a las variaciones microclimáticas	2. Los mayores costos de mantenimiento

Fuente: Elsevier, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018

En el *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (46) se clasifican las fachadas en dos categorías, unas fachadas opacas y acristalamiento. Las fachadas opacas están predominantemente hechas de capas sólidas de materiales tales como mampostería, concreto, piedra, etc. Las fachadas acristaladas están hechas principalmente de material de acristalamiento transparente o translúcido.

Los diseños de las fachadas rápidamente han evolucionado con expectativas de diseño arquitectónico geométricos complejos y sofisticados, siendo así que los diseños de las fachadas dependen mucho de la sostenibilidad del edificio y como responde este ante el clima del lugar, teniendo como recomendación los cambios climáticos para mayor adaptabilidad del edificio. Para tener un mejor ambiente interno y confortable se debe tener en cuenta el tipo de material usado, ya que estos influyen en el confort térmico, utilizando el aislamiento térmico en lugares donde los climas son extremos de calor o frío, realizando el adecuado aislamiento térmico se ahorra mucha energía.

El desarrollo del futuro depende de las nuevas opciones que se han implementado en estos últimos años para construir un mundo mejor con sistemas tradicionales y mejorados. Las paredes con vegetación son uno de los sistemas ligeros de revestimiento de fachada, recomendando usar para su renovación, ya que llega a tener una composición adecuada para el aislamiento térmico para el edificio, este tipo de fachada también nos brinda una mejor vista ambiental y ecológica del edificio. El desarrollo de este tipo de fachadas en edificios antiguos o recién construidos llega a ser totalmente eficaz en el ahorro de energía, ya que ayuda a mantener la temperatura confortable al interior de este, retardando el paso de la temperatura exterior e interior. El aislamiento térmico es la opción más sencilla y rentable para el retardo térmico entre el exterior e interior del edificio para todas las condiciones climáticas.

Analizando las fachadas totalmente acristaladas de los edificios, se llega a admitir grandes cantidades de radiación solar en este tipo de fachada lo cual no llega a ser recomendable en lugares tropicales, para poder bajar la emisividad

se utilizan cristales de colores opacos y para ganar calor se recomienda no tener los cristales en lugares donde solo hay sombra como se ve en la Figura 18.

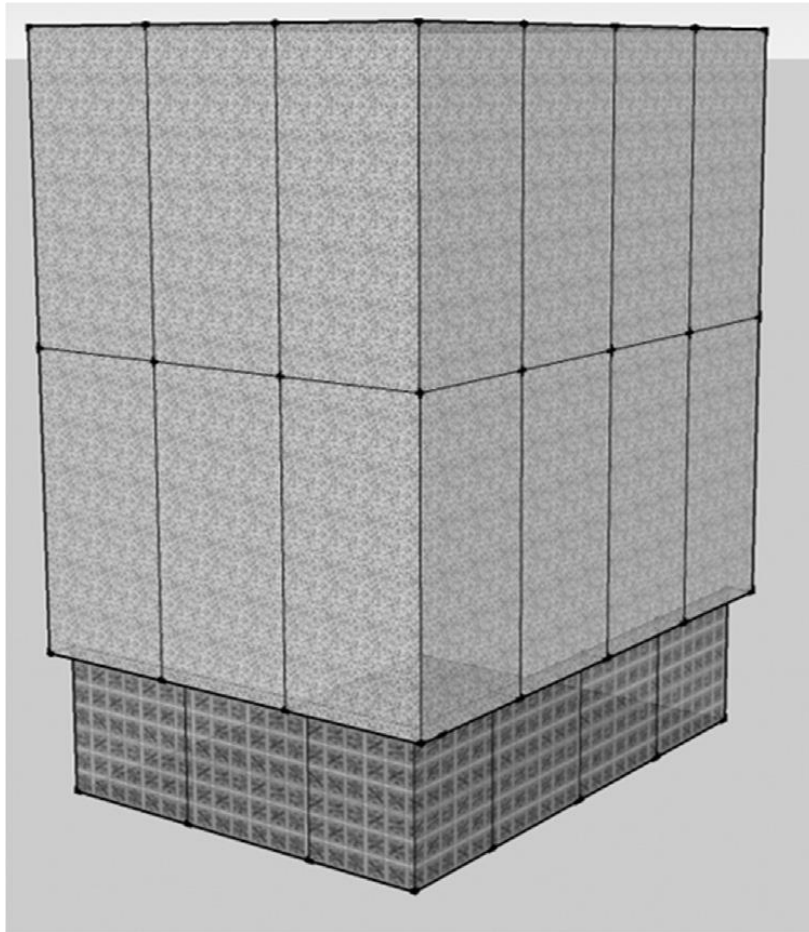


Figura 18. Edificio con fachada totalmente acristalada
Fuente: Elsevier, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018

Se realizó un estudio de simulación en un edificio ubicado en *Hong Kong* subtropical para investigar el impacto del acristalamiento, el tamaño de las ventanas y la orientación en el rendimiento de la fachada, el estudio encontró que la carga de enfriamiento para una fachada orientada al sur para un acristalamiento claro es la más alta, seguida por los sistemas de acristalamiento de control solar y reflectivo. Un edificio con una fachada de doble revestimiento tenía una carga de enfriamiento más baja en comparación con uno con una sola fachada de revestimiento. (46)

El edificio *The Avenue Precinct* fue construido teniendo en cuenta la sostenibilidad con diseño de espacios comercial-residencial, en el edificio se adapta partes de la fachada para tener sistema de vegetación vertical como se ve en la Figura 19, este sistema es utilizado como opción de reducción de la

ganancia de calor al interior del edificio, mejorando la apariencia visual con un gran manto verde. (46)



Figura 19. El uso de la vegetación en la fachada para reducir la ganancia de calor y agregar a la estética.

Fuente: Elsevier, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018

Categoricamente, el desarrollo del diseño de fachadas en *Kuala Lumpur* se puede dividir en cinco grupos distintos, que incluyen proyecciones en la fachada, fachadas proyectadas, fachadas totalmente acristaladas, fachadas completamente revestidas y fachadas protegidas biológicamente. Comúnmente, los diseños de fachada categorizados ayudan a reducir la transmisión de calor a los edificios, pero con métodos distintivamente diferentes, como se detalla en la Tabla 9. Cada categoría ha agregado beneficios y debilidades. (46)

Tabla 9. El uso de vegetación en fachada para reducir ganancia de calor y agregar estética

Tipo de Diseño	Ejemplos	Detalles de diseño de fachadas
Las proyecciones sobre la fachada	a) Menara DBKL 2	1. La medida de protección de la radiación solar más clásico en la región tropical.
	b) Toma de corriente comercial en Jalan Ampang	2. Alineado con el diseño arquitectónico solar pasivo que utiliza salientes / proyecciones profundas para restringir la iluminación directa de la luz solar.
	c) Angkasapuri	3. Permite buenas vistas desde espacios internos. 4. Funcional y decorativo al mismo tiempo.
Fachada apantallada	d) Facultad de Ciencias, Universidad de Malaya	5. Utilización de metal / hormigón armado bloques / brisa como pantallas en frente del edificio fachada como barrera protectora.
		6. Protección completa contra la radiación solar excesiva, pero restringe buenas vistas. 7. Se ha reducido el espacio de suelo alquilable para permitir un espacio de almacenamiento intermedio entre la fachada del edificio y la pantalla protectora.
Totalmente acristalada	e) Menara BSN	8. Utilización de acristalamiento de propiedades térmicas para restringir la transmisión de calor.
	f) Persianas embebidas en doble acristalamiento en el edificio de Malasia GreenTech Corporación	9. Utilización de la película de tintado en el vidrio de acristalamiento / baja emisividad / doble o triple acristalamiento.
		10. Persianas embebidas en doble acristalamiento.
		11. El uso de persianas internas para la protección contra el deslumbramiento y el calor excesivo. 12. Instalación de estantes de luz internos para mejorar la iluminación natural. 13. Menos restricción para tener buenas vistas.
Fachada revestida completamente	g) Torres Petronas	14. Utilización de los de metal / espuma de revestimiento de tablero para la protección y el aislamiento de la radiación solar y precipitación frecuente que causa fugas.
		15. Mejora de la imagen corporativa. 16. El revestimiento de metal completo se suma al efecto de isla de calor urbano al reflejar el calor y el resplandor en otros edificios.
fachada protegida biológicamente	h) de salida Comercial en Jalan Ampang	17. La plantación extensiva en la fachada con una capa de medio de crecimiento de la planta.
		18. La plantación extensiva aísla la fachada de la transmisión de calor.
		19. Sustitución de la ecología perdida en el lugar. 20. Mitigación del efecto isla de calor urbano.

Fuente: Elsevier, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018

A una altitud de 2735 m s. n. m. en Suiza se encuentra la escuela de arquitectura *École Polytechnique Fédérale de Lausanne* (EPFL) unos estudiantes de esta escuela de arquitectura han construido un refugio temporal para el glaciar de *A Neuve*, este refugio se llama *The Bonatti Bivouac* el cual utiliza una arquitectura con la estructura visible, se utiliza la envolvente como estructura del refugio, apoyado por el arquitecto-teórico Semper, su diseño utiliza las juntas para formar una pieza única de arquitectura. *Bonatti Bivouac* se inspiró en la tipología vernácula de los *raccard* suizos, con el objetivo de que el refugio pueda sobrevivir a estas alturas utilizando el aislamiento adecuado. El glaciar entrega dificultades debido a la altitud y a los posibles movimientos glaciares, por lo tanto, la estructura se ha pensado para ser montable y desmontable, y así sobrevivir a las condiciones climáticas. El diseño del refugio se desarrolló utilizando el software paramétrico *Grasshopper*, para generar un sistema aparentemente complejo. Al usar dicho software, los estudiantes podrían adaptar la estructura para dimensionar automáticamente todos los tablones de acuerdo con la forma final, ver Figura 20. (47)



Figura 20. Diseño de refugio desmontable en madera

Fuente: Archdaily, este refugio en los glaciares se construye únicamente con madera

El almacenamiento de energía térmica en los espacios internos se genera con mayor tiempo de almacenamiento al incrementar algún material de cambio de fase con retardo térmico en los lugares donde puede haber cambio térmico como son las paredes, techos y pisos de las habitaciones.

Se realizó en el 2018 una investigación en una habitación típica en *Beijing* para ayudar a la reducción de energía en épocas de invierno, demostrando que poner un material de cambio de fase en las paredes, piso y techo reduce un 10% el uso de energía eléctrica, este material de cambio de fase es estudiado ya desde hace algunas décadas ampliando su uso en muros. (48)

La investigación del desempeño de los materiales de cambio de fase en Australia se realizó a cargo de Alam, Jamil, Sanjayan y Wilson en el 2014, esta investigación se dio en distintas ciudades con distintos climas llegando a la conclusión que este material de cambio de fase puede ayudar a la disminución de energía para climas fríos y cálidos haciendo que el edificio sea más amigable con el ambiente.

Un estudio realizado en Irán para cinco climas distintos, se evalúa el sistema del material de cambio de fase de doble capa y su efectividad para lograr un gran ahorro de energía para generar un confort térmico en el ambiente interior, realizando el análisis para un año. El modelo de confort Fanger se ha utilizado para evaluar el confort térmico interior. Además, se ha introducido un nuevo parámetro para evaluar la influencia del sistema introducido en el confort térmico [...]. El método de simulación y datos de entrada de *EnergyPlus* es un software acreditado riguroso que muchos investigadores estudiaron su capacidad para simular materiales de cambio de fase; puede simular los edificios integrados con material de cambio de fase para la evaluación precisa del rendimiento energético y térmico. (48)

Los materiales de cambio de fase tienen la propiedad de almacenar durante el día la energía captada por el sol llamada energía de calefacción para luego liberarla durante la noche y crear un ambiente más cálido en la habitación, este ciclo de almacenamiento de energía genera una carga térmica en aumento durante el día lo cual disminuye por la noche.

El aumento y disminución de la carga de calentamiento se puede ver en la Figura 21, mostrando resultados donde el material de cambio de fase reduce el pico de carga de calefacción en un 15% (180 W); el uso de un sistema de doble

capa en la habitación puede reducir la amplitud de la carga de calefacción en un 30% durante el día. (48)

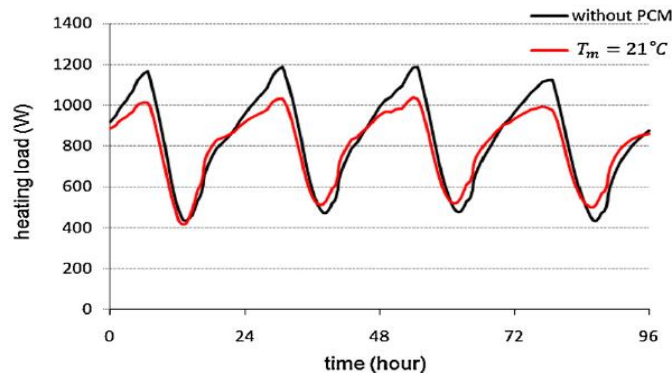


Figura 21. Cuadro de diferencia de temperatura con y sin material de cambio de fase
Fuente: Elsevier, Sustainable Cities and Society, 2019

En la revista Elsevier 1996 se analizan las propuestas arquitectónicas creativas al estilo de Frank Lloyd Wright, se puede ver de cómo en algunos casos el clima llega a ser delimitante y también es indiferente al análisis del diseño, como alternativa a su campamento de invierno, *Taliesen West*, cerca de *Phoenix*, el clima desértico fue un estímulo para su genio, y la experiencia humana del desierto se ve reforzada por esta configuración arquitectónica creativa. Su diseño de 1937 es atractivo debido a sus ricas texturas y perfiles audaces. Pero la pesada masa de mampostería para el piso y algunas paredes, el lienzo inamovible para el techo y algunas paredes, las ardientes chimeneas en la noche son los elementos bioclimáticos de este hito de la arquitectura del siglo 20, ver Figura 22. (49) Cada elemento es considerado del lugar con aspectos bioclimáticos que hace que la edificación sea un hito de la arquitectura conservando el lugar y clima.



Figura 22. Taliesin West
Fuente: *advancing the way we build and live, 2019*

Se puede encontrar una arquitectura vernácula y generosa con el lugar en que se encuentra en las construcciones indígenas que generan una edificación particular teniendo en cuenta el clima y el lugar donde se encuentran, también se debe tener en cuenta que no toda la arquitectura vernácula tiene la característica de ser climáticamente sensible lo cual en algunos aspectos llega a dominar la cultura y tradición sin tener en cuenta el clima y las necesidades que estos generan. Pero muchas culturas prehistóricas, históricas y contemporáneas, brindan abundantes recursos informativos sobre cómo diseñar con el clima, incluidas las condiciones exageradas que se consideran extremas. (49)

Los distintos tipos de climas generan las distintas necesidades de refugio que se requiere, influyendo las costumbres culturales en la construcción y las necesidades para su diseño, así como también el clima influye en el tipo de material a utilizar en las construcciones de los refugios, los aspectos climáticos a tener en cuenta no son los mismos datos que se utilizan para la agricultura y la aeronáutica, la arquitectura y su diseño de los refugios deben ser distintos y

apropiados para su análisis arquitectónico. Así como “la aparición de ciertas tipologías de vegetación, especialmente los bioindicadores, definen las zonas de clima biológico, ciertas estrategias y características arquitectónicas podrían convertirse en la base de un atlas de zonas de diseño arquitectónico bioclimático. (49)

La vegetación y el edificio tienen mucho en común, no cuentan con movimiento para trasladarse de un lugar a otro, lo cual estos deben soportar variantes climáticas en distintos meses del año, por ello deben soportar toda variante natural que pueda amenazar su existencia; en el caso de la edificación, su confortabilidad. En todo caso la vegetación tiene que sobrevivir en este entorno gracias a su ingenio y su adaptabilidad, pero la edificación tiene que hacerlo por los recursos remotos con las que cuenta para sobrevivir a las diversas amenazas del entorno, por ello la arquitectura es sensible al clima más aun en la arquitectura indígena ya que genera el uso de materiales de construcción del mismo entorno haciendo que esta arquitectura sea sensible a las variables externas como el microclima.

Por el lugar donde se encuentra, las viviendas pueden ser identificadas y analizadas por el distinto tipo de techo que tiene, ya que para esto se analiza la precipitación y la zona térmica donde se encuentre, las pendientes más altas del techo se utilizaron en las zonas húmedas-templadas y más frías; los techos planos ocurrieron en zonas cálidas y secas, y los techos ligeramente inclinados se encontraron en climas templados con veranos siempre secos. [...] Hay muchos estudios de casos en los que el clima ha formado una disciplina de diseño de alto rendimiento que se extiende a lo largo del tiempo por las tradiciones de la práctica arquitectónica indígena. (49) Estas disciplinas se consideran que se dan en lugares donde el clima es extremo y los recursos para su construcción de sus viviendas es limitado y, probablemente, las condiciones en las que se encuentran ponga en peligro la vida que llevan en estos lugares, es aquí donde nace la habilidad de diseño en el cual se preserve la cultura en la que se encuentra basándose el diseño indígena en la utilización de los materiales del lugar, lo cual es restringido.

Las flores, las hojas, los tallos de las plantas y los áfidos del biólogo tienen su contraparte en los techos, los porches y las cocinas de arquitectura indígena. Especialmente en las condiciones altamente estresadas o exageradas de climas extremos, tanto la vegetación indígena como la arquitectura indígena pueden ser ricas en información.

Se investigó otro tipo de diseño realizado en noruega por la investigadora Anne Brit Borve, quien vio al iglú de nieve como una forma arquitectónica aerodinámica en un *fiat*, las formas aerodinámicas reducen la erosión de las superficies del edificio y controlan la caída y la deriva de la nieve arrastrada por el viento, especialmente alrededor de la entrada, además de reducir la conducción y la transferencia de calor convencional. También muestra una ventaja térmica de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-4\text{ }^{\circ}\text{F}$) en el exterior a $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($+68\text{ }^{\circ}\text{F}$) en el interior. Una parte vital de esa ventaja proviene de la entrada controlada, con su grupo de almacenamiento auxiliar como se ve en la Figura 23. (49)

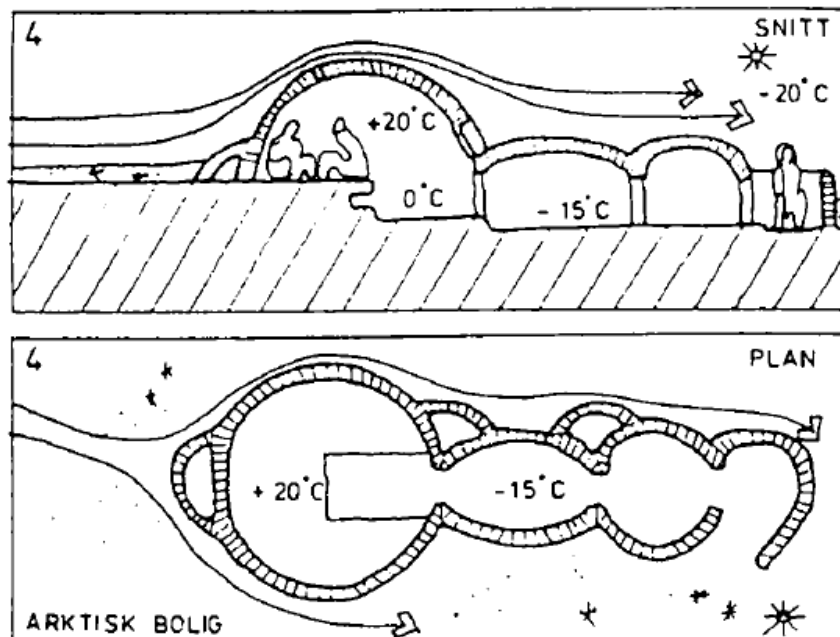


Figura 23. Diseño aerodinámico
Fuente: Architecture indigenous to extreme climates, 1996

En *Architecture indigenous to extreme climates* de 1996, se analiza el caso de las casas coloniales que se construyeron en el siglo XVIII, las chimeneas centrales eran lo más típico para sus construcciones americanas para Nueva Inglaterra. La forma cúbica con la que cuenta es más que eficiente térmicamente, contando con pequeñas ventanas para atraer la luz del día, para no dejar

escapar el calor interno de esta vivienda. La chimenea central es muy eficiente para este tipo de casas ya que va calentando con fuego abierto esta gran mampostería y por ende los espacios alrededor de él, haciendo un espacio interior más agradable para su estadía como se aprecia mejor en la Figura 24.

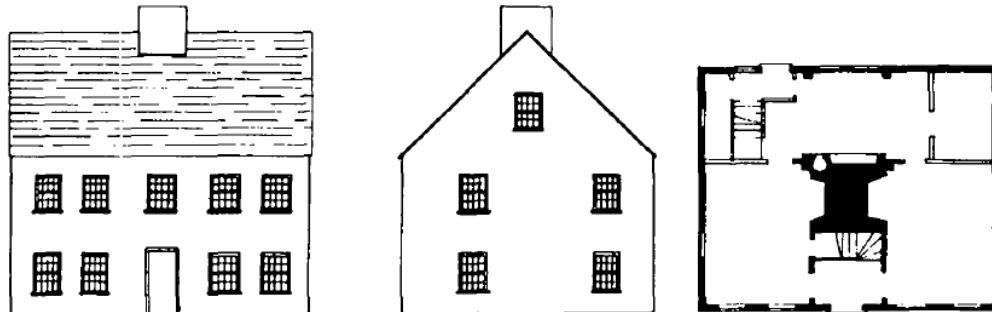


Figura 24. Casa colonial
Fuente: *Architecture indigenous to extreme climates*, 1996

Como ya se conocen, los diseños de las casas de las aldeas húngaras cuentan con diseños integrados que demuestran sus tradiciones y culturas basadas en costumbres sociales y marítimas que provienen del norte y oeste del país, estas viviendas están construidas con materiales nativos lo cual refleja la cultura ancestral que tienen, contando también con una gran caldera central omnidireccional que calienta todos los espacios a través de la más térmica que se genera.

Las casas húngaras se desarrollaron como una de las primeras estrategias bioclimáticas integradas con otras necesidades, como se puede apreciar en la Figura 25, este tipo de casas con muros de adobe, techo de paja, nido de cigüeña y chimenea central, se dan especialmente en las tierras fiduciarias de los húngaros, tanto en la Gran Llanura como en la Llanura Panónica, a lo largo de ambos lados del Danubio. (49)



Figura 25. Casa húngara
Fuente: Architecture indigenous to extreme climates, 1996

Se determinó por las excavaciones arqueológicas que se hicieron, que las casas de los pueblos húngaros son de siglo I y XIII, estas casas tenían funciones compartidas en un mismo espacio, siendo este espacio muy pequeño y hundidas parcialmente en la tierra, “el espacio de la sala se utilizó en un patrón diagonal, en una esquina estaba el hogar abierto y su horno incorporado, el foco del trabajo diario, diagonalmente opuesto estaba el llamado rincón sagrado, como se ve en la Figura 26, dos bancos (d) se enfrentan a una mesa en la esquina (c), frente al gran horno y el horno. Las camas ocupan las otras dos esquinas, originalmente no había casi muebles movibles, la estructura terrestre y el interior en forma de tierra proporcionaron una masa térmica calentada por el fuego continuo. (49)

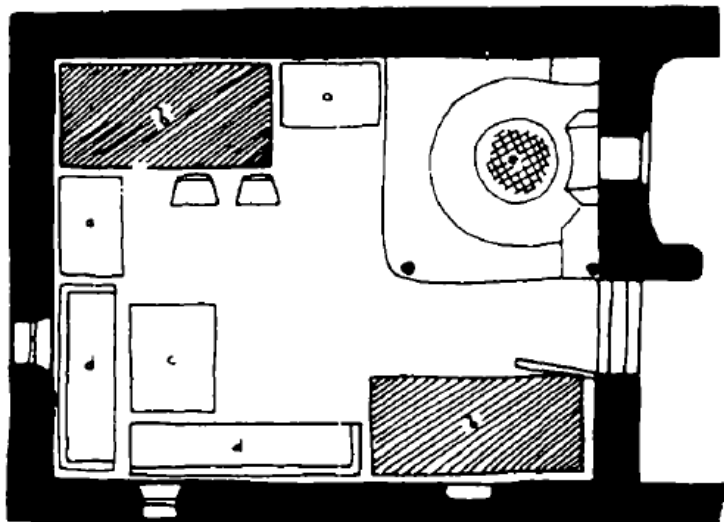


Figura 26. Casa del pueblo húngaro
Fuente: Architecture indigenous to extreme climates, 1996

En la tesis «Diseño de un sistema de climatización para el refugio del Chimborazo» (50) analiza los sistemas de calefacción hidrónica según el lugar donde se encuentre ubicado, la función del espacio y factores que actúan directamente para climatizar el lugar, existiendo así diversos espacios de climatización, siendo estos en algunos casos más difíciles que otros, y esto se

debe al lugar donde se encuentra y que diversos factores lo afecten, en el caso de la calefacción hidrónica se tiene como principal descripción que es económico y muy eficiente, brindando un calor agradable, sano y confortable por toda la vivienda. Lo particular de este sistema es que no necesita de ductos ni cuarto de máquinas para cumplir su labor, y, además, su costo de instalación es mucho más económico que el de otros sistemas.

Se conoce también que el sistema de calefacción por aire caliente, siendo este muy factible, teniendo como diseño la instalación por el techo y resultando más cómodo en el costo de adaptación, los conductos de distribución deben estar o bien provistos de puertas de alivio o con capacidad suficiente para soportar toda la presión del ventilador en precaución a fallas del regulador de presión estática y la caja VAV cerradas, como se aprecia en la Figura 27. (50)

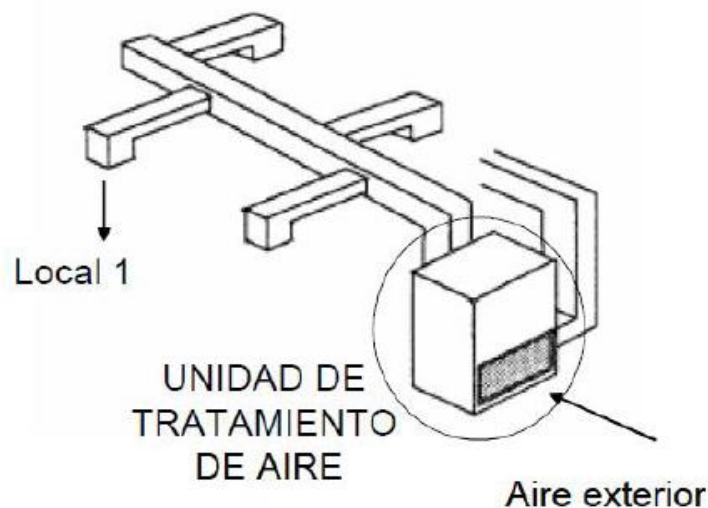


Figura 27. Diseño de instalación de aire caliente

Fuente: diseño de un sistema de climatización para el refugio del Chimborazo, 2012

Así también se menciona que existen sistemas de calefacción eléctrica, los cuales son un tipo de energía limpia que transforma la energía eléctrica en energía calorífica y tenemos dos grandes dimensiones como:

- Calefacción eléctrica por acumuladores, se refiere a elementos cerámicos que almacenan calor y las proporcionan por radiación, también conocidos como acumuladores estáticos, y también mediante turbinas, conocido como acumuladores dinámicos. Este tipo de calefacción son de resistencia de alta calidad que durante la noche puede calentar ladrillos refractarios hasta 650 °C teniendo en la parte externa de estos hasta 90 °C de temperatura

superficial por radiación, teniendo una capacidad para almacenar calor de hasta 8 horas.

La gran mayoría de los ladrillos refractarios son de cerámico con magnesita como se aprecia en la Figura 28.



Figura 28. Tipo de ladrillos refractarios
Fuente: imagen de Google, 2019

Estos ladrillos se regulan por equipos, los cuales tienen reguladores de carga, descarga y almacenamiento automático, en la opción de carga nos indica la cantidad de calor almacenado y la temperatura del núcleo del ladrillo, la opción de descarga ayuda a tener un mejor flujo de aire según el ambiente necesite ser regulado.

La gran desventaja de este sistema es que son muy caros desde su obtención e instalación y que la energía que se gasta es demasiada.

- Calefacción eléctrica por convectores, este sistema tiene una fácil instalación y son económicos desde la obtención del producto hasta en su instalación, generando el confort térmico deseado en pocos minutos. Este sistema tiene como fundamento calentar el aire del espacio por medio de una resistencia situada al interior del aparato, este sistema es barato porque no necesita de mano de obra calificada, pero costosa por el consumo de energía que genera para su perfecto funcionamiento (Figura 29).



Figura 29. Tipo de calefactor eléctrico por convectoros

Fuente: diseño de un sistema de climatización para el refugio del Chimborazo, 2012

- Calefacción con energía geotérmica, este tipo de sistema es la que se obtiene del calor interno de la tierra, este sistema tiene el recurso de ser: (50)
 - Sostenible, ya que ofrece un flujo constante de producción energética sin dependencia de variaciones estacionales como ocurre con gran parte de las energías renovables.
 - “Renovable, porque el calor que emana de la tierra es esencialmente ilimitado.
 - Limpio, debido a que los impactos medioambientales son destacablemente menores.
 - “Abundante, porque el calor está disponible en todas partes y con una gran variedad de aplicaciones, entre ellas la generación de electricidad.

La aplicación de este tipo de energía puede ser por la generación de electricidad para cualquier tipo de sector. La corteza terrestre cuenta con un almacén del recurso geotérmico apropiado de bajas temperaturas menor a 30 °C, este sistema tiene la gran ventaja de poder obtener este tipo de energía de cualquier lugar del planeta, a tan solo 15 metros de profundidad se encuentran temperaturas desde 7,15 y 22 °C, esto ya es utilizado por varios países como Rusia, Hungría, Nueva Zelanda, EE. UU. e Islandia, siendo este último el país con mayor actividad geotérmica del mundo, el 99% de las viviendas utilizan la energía geotérmica para calefacción. (50)

La calefacción con energía geotérmica se utiliza por bombas geotérmicas para generar calefacción en viviendas en el caso de Islandia, esto se obtiene a través

de masas de agua o acuíferos no tan profundos. Los sistemas más comunes son captadores denominados sistemas tierra – agua y se tienen dos tipos:

- Captación horizontal, en este sistema se entierran las sondas a 1,5-2 metros de profundidad para extraer la energía del terreno. Suelen ocupar una superficie bastante grande, en la que no se pueden plantar árboles pues podrían dañar las tuberías con sus raíces.
- Captación vertical, en este sistema se realizan perforaciones en el terreno de unos 150 mm de diámetro en las que se introducen las sondas de captación. Posteriormente, se sellan los pozos con una mezcla de bentonita, arena, cemento y agua de abajo hacia arriba”. (50)

El sistema de captación vertical es el más eficiente por tener unos 15 metros aproximados de profundidad haciendo que el cambio de la temperatura de la atmósfera no afecte, ver Figura 30.

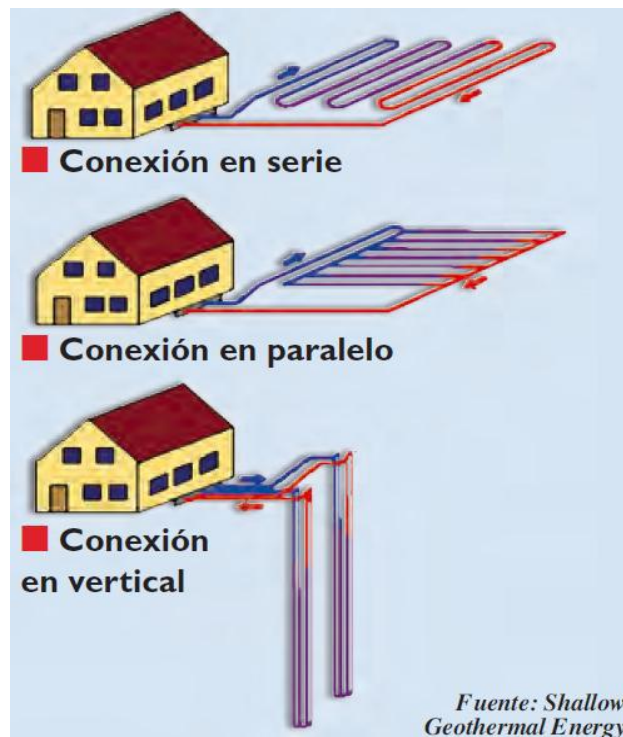


Figura 30. Conexiones domésticas de sistema de calefacción geotérmica
Fuente: Diseño de un sistema de climatización para el refugio del Chimborazo, 2012

- Calentadores solares de agua, este sistema calienta el agua con tan solo la energía que proviene del sol, sin consumir la energía eléctrica, esto es ideal para lugares donde están con temperaturas muy bajas por las noches, es recomendable que se utilice el sistema solar con tubos vacíos, ya que es más

eficiente que el sistema de placas solares; también funciona si el día está nublado o lluvioso.

Estos colectores se componen de un conjunto de tubos de vacío (o evacuados) cada uno de los cuales contiene un absorbedor (generalmente una plancha de metal con tratamiento selectivo o de color negro), que recoge la energía solar y la transfiere a un fluido portador (calor-portador). Gracias a las propiedades aislantes del vacío, las pérdidas de calor son reducidas y pueden alcanzarse temperaturas en el rango de 77 °C a 177 °C. De esta manera, este tipo de colectores resultan particularmente apropiados para aplicaciones de alta temperatura. (50)

Este sistema se hace con las condiciones necesarias para que la congelación no sea un problema, por este motivo se utiliza un anticongelante o la misma utilización del tubo vacío, que dispone el intercambio entre el colector y el depósito de almacenamiento como se explica en la Figura 31.

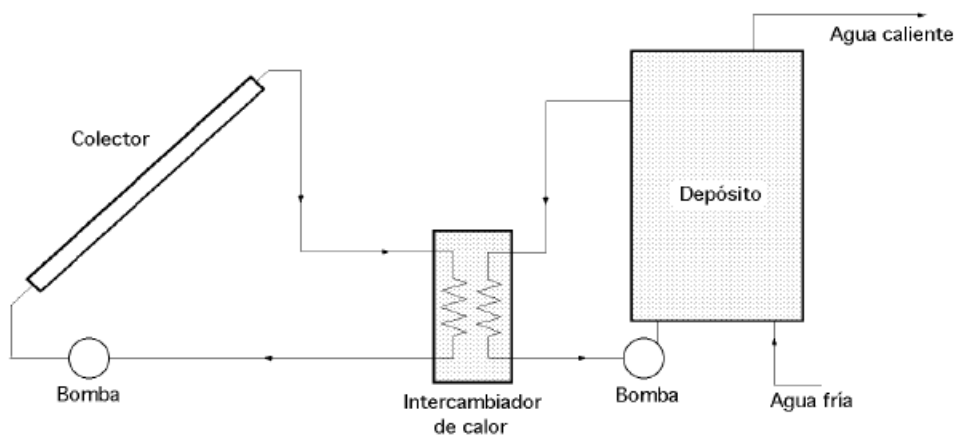


Figura 31. Esquema de calefacción con energía solar

Fuente: Diseño de un sistema de climatización para el refugio del Chimborazo, 2012

- Calefacción por suelo radiante, este sistema impulsa el agua caliente de entre 4 °C a 45 °C por el suelo, mediante un circuito de tuberías, debe tener una mínima distancia entre ellos en la instalación de 20 cm como mínimo y unos 30 mm de grosor, después de esto se tiene que colocar una superficie de fibra de vidrio, luego un piso de madera como se aprecia en la Figura 32a.

La distribución más recomendable es la de espiral por ser un circuito de forma rectangular que empieza en un extremo y avanza de afuera hacia adentro dejando huecos para el retorno, siendo lo más recomendable utilizar el tubo difusor de aluminio como se aprecia en la Figura 32b.

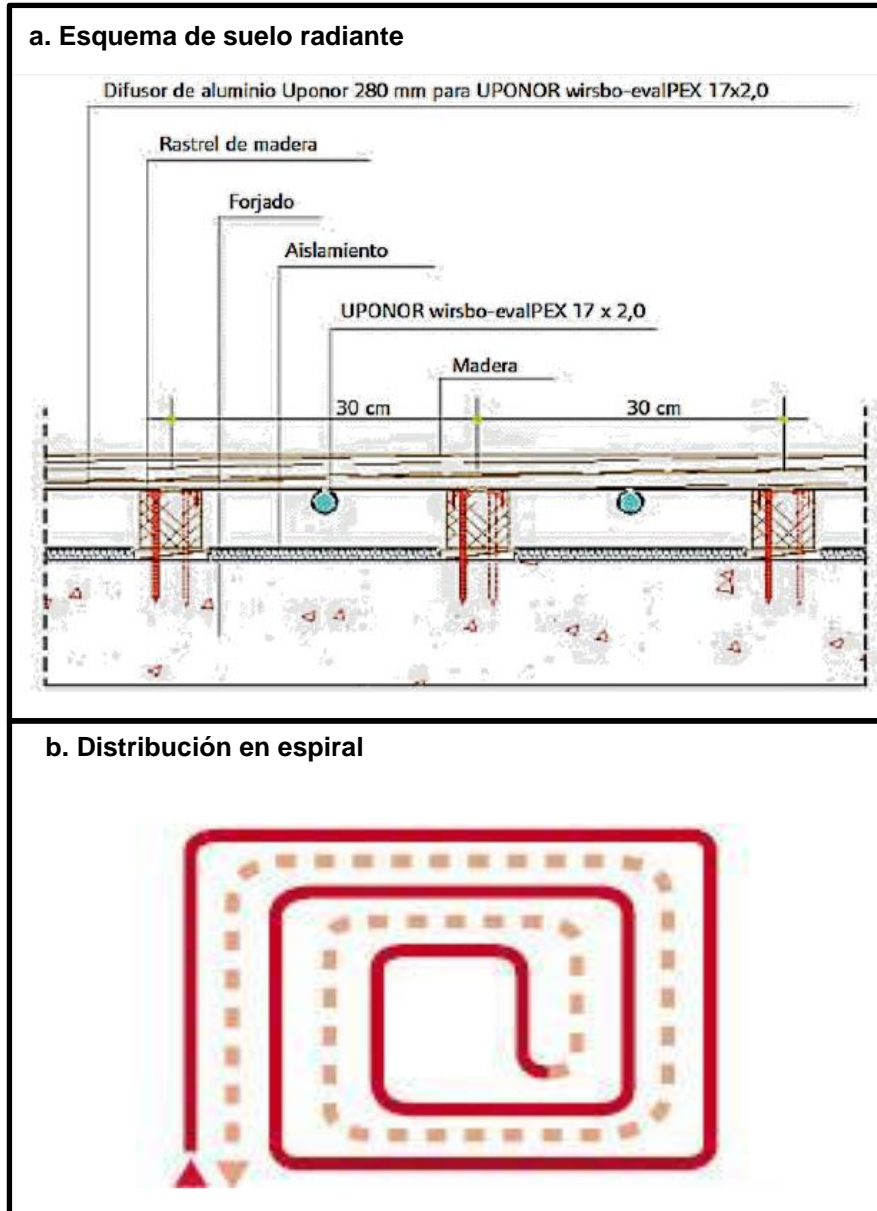


Figura 32. Suelo radiante

Fuente: Diseño de un sistema de climatización para el refugio del Chimborazo, 2012

Se debe tener en cuenta ciertos criterios del lugar para elegir un método de calefacción y sea eficiente para este lugar, para esto se tiene en cuenta la transferencia de calor que se determina con la fórmula: (50)

$$U = \frac{1}{R}$$

$$R = r1 + r2 + r3 + \dots + rn$$

Siendo U el coeficiente de transferencia de calor, R la suma de las resistencias, también se toma en cuenta la pérdida de calor que se tendría en el lugar analizado a través de techo, pared y ventanas teniendo para esto la ecuación:

$$q = U \cdot A \cdot TD$$

Siendo que la carga de calor sensible, A el área involucrada para el análisis y TD es la diferencia de temperatura del exterior y el interior.

3.4 Resultados de la investigación

Estos resultados son los que se aplicaron en la propuesta de diseño de refugio científico en el área de conservación regional *Huaytapallana*.

3.4.1 Energía renovable

La energía que se utiliza en el proyecto es la energía solar térmica y solar fotovoltaica por ser más accesible para su instalación.

3.4.2 Métodos y técnicas de diseño bioclimático

Los métodos y técnicas más completos que brindan las recomendaciones de diseño son la carta psicométrica de Givoni, tabla de Mahoney lo cual se trabajará según los datos meteorológicos del lugar.

3.4.2.1 Criterios de concepción bioclimática

Los criterios de concepción bioclimática son aquellos que ayudan a determinar cómo se transfiere el calor y de qué manera calcularlos para poder retrasar esa pérdida.

Los criterios son por convección, conducción y radiación, lo cual se calcula por:

- La ley de Fourier

$$Q_x = -kA \frac{dT}{dx}$$

- Resistencia térmica

$$R = e/k$$

- Pérdidas y ganancias de calor (flujo de calor)

$$\phi = -k \frac{\Delta T}{e}$$

3.4.2.1 Características de un ecoedificio

Las características tomadas para analizar si es o no un ecoedificio es una síntesis de las características que se piden en las certificaciones Leed y Bream, que hace referencia a estos criterios:

- Sitio sustentable
- Eficiencia en el uso del agua
- Energía y atmósfera
- Materiales y recursos
- Calidad del ambiente interior
- Innovación en el diseño

La propuesta de diseño debe tener en su gran mayoría estas características mencionadas. Para considerarla como una edificación que es amigable con el ambiente en el que se encuentra.

3.4.3 Materialidad

El material se elige según su capacidad de conducción térmica que posee. Teniendo en cuenta que la propuesta se encuentra en un lugar vulnerable por el efecto invernadero, se tienen que elegir materiales que en su gran mayoría sean del lugar para disminuir la contaminación que se realizará, por este motivo se elige la piedra, el adobe, ladrillo, concreto armado, madera y con esto lo subsiguiente para su construcción como cemento, agregados, etc.

3.4.3.1 Coeficiente de conductividad térmica

Según la norma EM110, las conductividades térmicas de estos materiales son:

Tabla 10. Coeficiente de conducción térmica

Material	Coeficiente de transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/mk)
Roca natural porosa	0.55
Concreto armado	1.63
Adobe 0.90	0.9
Ladrillo	0.44
Madera	0.18

Fuente: elaboración propia

Adicionalmente a todos estos resultados aplicables al proyecto, se tiene como punto adicional que toda la propuesta será sostenible y amigable con el medio donde se encuentra.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Métodos y alcances de la investigación

El método seguido para esta investigación consiste en aplicar herramientas y técnicas como las tablas de Mahoney cuyo resultado brinda recomendaciones de diseño, además del análisis de gráficos como la técnica del ábaco psicométrico de Givoni, geometría solar, dirección de vientos; para poder integrarlos en la propuesta de diseño, brindando de esta manera el confort térmico interno requerido.

Para la investigación se utilizaron los datos climatológicos de fuentes oficiales obtenidas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi) que fueron analizados y procesados para obtener recomendaciones de diseño para la propuesta de diseño de refugio científico.

Es necesario tener en cuenta la opinión de las personas visitantes del lugar, para ello se realizó una encuesta para ver si será aceptada la propuesta del refugio científico, esta encuesta se tomó en dos fechas distintas con visitantes diversos.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental de tipo descriptivo y aplicativo, por tener como principal aporte la acumulación de información y describir las condiciones de la propuesta del diseño, así mismo es aplicativo por tener que aplicar las herramientas y técnicas de diseño para determinar las recomendaciones de diseño, también se aplica el instrumento de entrevista para la recolección de datos.

4.3 Población y muestra

La población, son las personas expertas en el tema de desglaciación, estos harán uso de las instalaciones del refugio científico para hacer estudios respectivos ayudando a mitigar los daños causados y no perder el nevado en mención. Este refugio se puede replicar en otros lugares en donde, los expertos, necesiten realizar sus labores científicas.

La muestra, tomada para realizar esta tesis es una entidad que se encarga de hacer estudios de magnitud científica, el 20 de junio de 2019 se dio la primera conferencia internacional sobre *Huaytapallana*, glaciación, agua y cambio climático direccionado por el ANA. Perteneciendo a este organismo los científicos encargados para hacer este estudio, el muestreo y la recolección de datos se realizó en ANA, ubicada en Huancayo.

4.4 Unidad de análisis

La unidad de análisis de esta investigación se basa en proponer el diseño adecuado para el refugio científico confortable y térmicamente, teniendo en cuenta parámetros climáticos que se tiene en el lugar.

4.5 Indicadores

Los indicadores que se desarrollan en la investigación son:

- Para determinar la selección del lugar adecuado.

Tabla 11. Criterios de evaluación para el lugar de intervención

Criterios	Ubicación 1	Ubicación 2	Ubicación 3
Accesibilidad vehicular			
Abastecimiento de agua			
Cercanía al nevado			
Cercanía a la estación meteorológica			

Fuente: elaboración propia

- Para determinar las principales estrategias de diseño según los criterios de diseño bioclimático que recomienda Mahoney, Givoni y adicionalmente Olgyay.

Tabla 12. Criterios de diseño bioclimático

Recomendaciones	Dimensión de vanos	Direccionamiento de la propuesta	Configuración compacta o extensa	Ganancia de calor
Mahoney				
Givoni				
Olgyay				

Fuente: elaboración propia

- Identificar los materiales adecuados.

Tabla 13. Criterios de identificación de materiales

	Material de la zona hasta 500 km
Material 1	
Material 2	
Material 3	
Material 4	

Fuente: elaboración propia

Adicionalmente, la propuesta del refugio científico deberá tener los siguientes indicadores para llegar a ser una edificación bioclimática, con un mínimo de 40 puntos, la propuesta llega a ser bioclimática, ver Tabla 14.

Tabla 14. Indicadores que debe cumplir el diseño propuesto

Indicador	Descripción	Parámetros	puntos
Sitio sustentable	Emplazamiento idóneo para el proyecto, accesibilidad y conectividad con transporte público	Accesibilidad al lugar	24p
		Transporte público	
Eficiencia en el uso del agua	Utilizar adecuadamente los recursos hídricos y artefactos sanitarios con bajo consumo	Adecuada utilización de agua de lluvia	11p
		Artefactos sanitarios de bajo consumo	
		Utilización de recursos de agua eficientemente.	
Energía y atmósfera	Debe tener un ahorro energético del 12% a 48% a mas	Ahorro energético de 12 a 48%	33p
Materiales y recursos	La selección de los materiales debe ser regional, a un radio aproximado de 805 km, reciclados, renovables o certificados con algún sello verde	Los materiales son regionales	13p
		Los materiales son reciclados	
		Los materiales son renovables	
		Los materiales tienen certificación de sello verde	
Calidad del ambiente interior	Los ambientes internos deben tener una adecuada ventilación e iluminación con un confort térmico para el usuario	Adecuada ventilación	19p
		Adecuada iluminación	
		Adecuado confort térmico	
Innovación en el diseño	Innovación en construcción sostenible, que no esté en los ítems antes mencionados	Utiliza un tipo de energía no convencional	6p
		Utiliza elementos sanitarios de segregación no contaminantes	
		Utiliza materiales con ahorro energético	

Fuente: elaboración propia, certificación Leed, certificación Breeam

Para tener en cuenta uno de los aspectos que debe tener la propuesta arquitectónica para ser bioclimática, se tiene en cuenta que los materiales serán regionales a un área de 805 km de distancia como se ve en la Figura 33, esa distancia en el mapa no contempla todo el país, teniendo en consideración que los materiales deben ser producidos en el país.

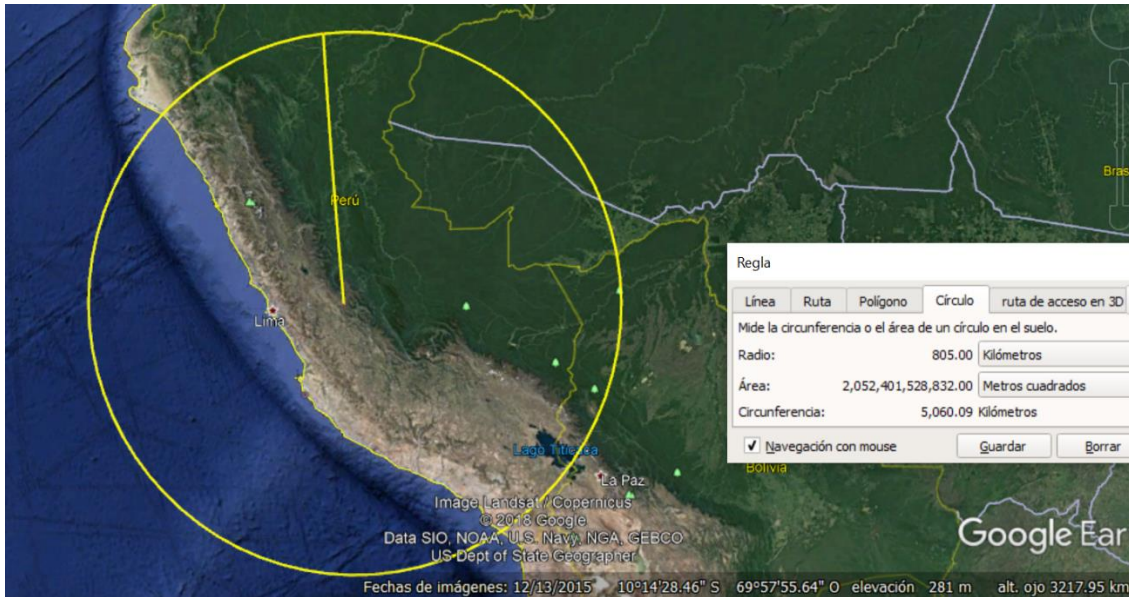


Figura 33. Radio de influencia con consideración regional
Fuente: Google Earth

4.6 Instrumento de investigación

El instrumento para obtener recomendaciones de diseño son Givoni, Olgyay, Mahoney y para la recolección de datos para la propuesta de diseño es la entrevista, este instrumento es una técnica de recolección de datos, donde se hace contacto directo con la persona que es fuente de información, esta se soporta en un cuestionario muy flexible con el fin de tener información más espontánea, obteniendo mejor información para la investigación (51); por lo que se realizó una entrevista que se puede ver en el Anexo 9.

CAPÍTULO V

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

5.1 Datos del lugar

El nevado de *Huaytapallana* se encuentra ubicado en el departamento de Junín, provincia de Huancayo, distrito de Huancayo, entre los 4532 m s. n. m. y 5555 m s. n. m., está considerado como área de conservación regional *Huaytapallana* desde el 1 de febrero del 2011 según la ordenanza regional N.º 106-2011-GRJ/CR (Anexo 10).

Se cuenta con una estación meteorológica automática ubicada cerca del lago *Lasuntay*, esta estación se encuentra en 4684 m s. n. m. y a una latitud de 11°55'36" y longitud de 75°3'42" como se ve en la Figura 34.



Figura 34. Ubicación de la estación meteorológica automática Huaytapallana
Fuente: Google Earth

El nevado de *Huaytapallana* se encuentra aproximadamente a una hora de viaje en auto, a 35 km de Huancayo, llegando a la caseta de guía y consultas del

guardaparques como se ve en la Figura 35a, para después iniciar con el recorrido.

Se tienen tres tipos de recorrido, dos de ellos accesibles para los turistas y uno es zona restringida, ya que por este último se llega a la reserva de agua, a pesar del control que hay, las personas saben cómo evadirlo e ingresar por el lago *Lasuntay*, estos tres caminos se pueden ver en la Figura 35b.

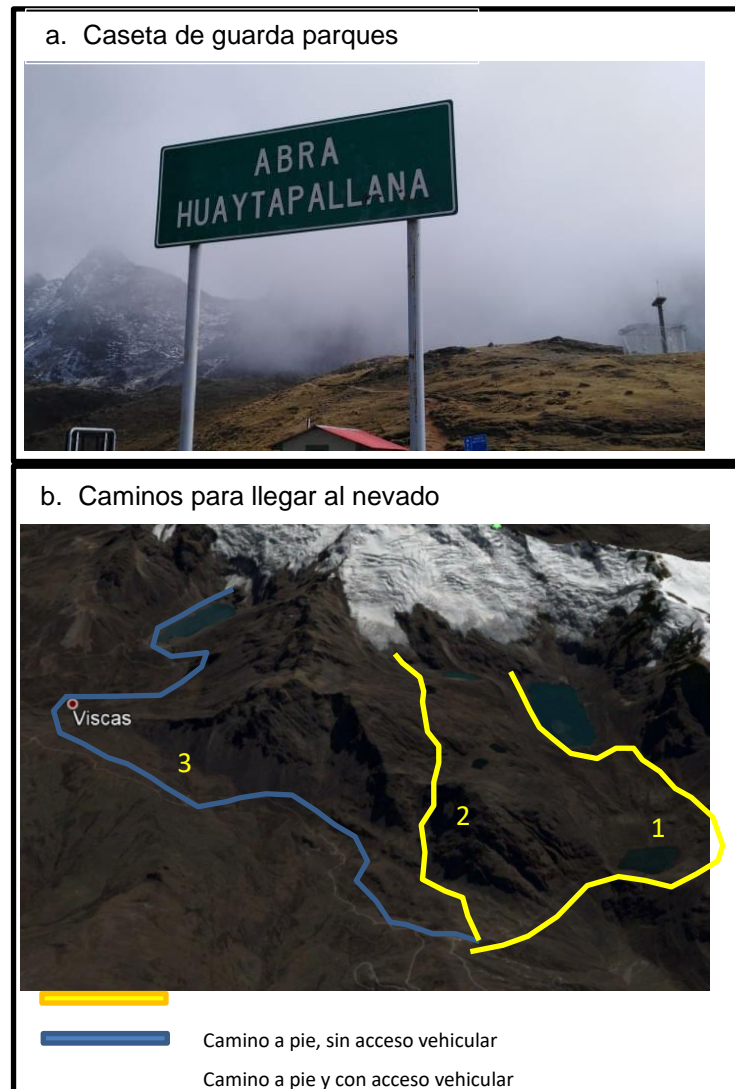


Figura 35. Nevado de Huaytapallana
Fuente: Google Earth

Por el camino 1, el tiempo de llegada al nevado es de 1:20 h, con normalidad, por ser el camino sin muchos cambios de topografía; por el camino 2, el tiempo de llegada es 1:30 h, con dificultades, por ser el camino muy empinado; por el camino 3 con 20 min con transporte vehicular y caminando es aproximadamente 1:40 h.

5.2 Lugar de intervención

Se determinaron tres posibles lugares de intervención, esto debido a la accesibilidad que hay y la cercanía al nevado, ver Figura 36.

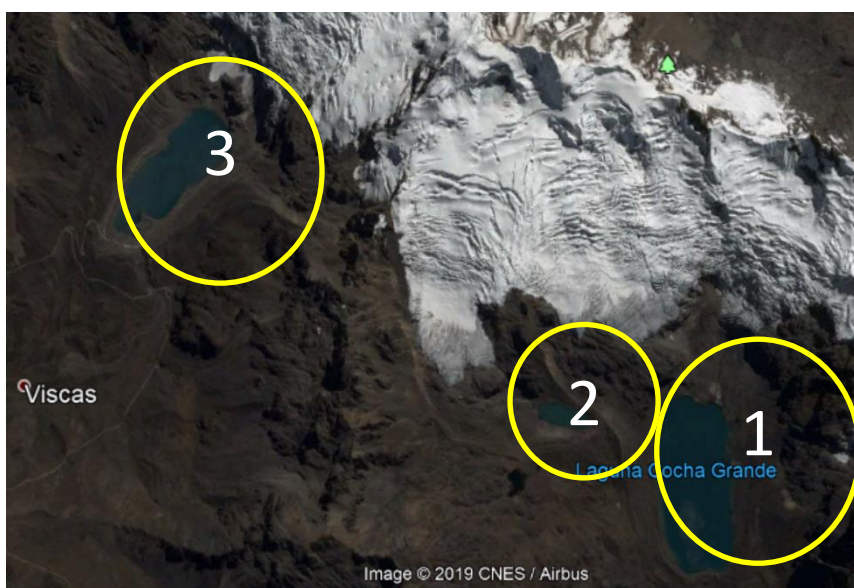


Figura 36. Ubicación de los posibles lugares de intervención
Fuente: Google Earth

La ubicación 1 se encuentra en la laguna *Cocha Grande*, la ubicación 2 cerca de una pequeña laguna que se encuentra cerca de la laguna mencionada, y la ubicación 3 se encuentra en la laguna *Lasuntay*. Estos tres lugares son analizados según estos criterios para elegir el lugar de intervención, Tabla 15.

Tabla 15. Criterios de evaluación para el lugar de intervención

Criterios	Ubicación 1	Ubicación 2	Ubicación 3
Accesibilidad vehicular			x
Abastecimiento de agua	x	x	x
Cercanía al nevado	x	x	x
Cercanía a la estación meteorológica			x

Fuente: elaboración propia

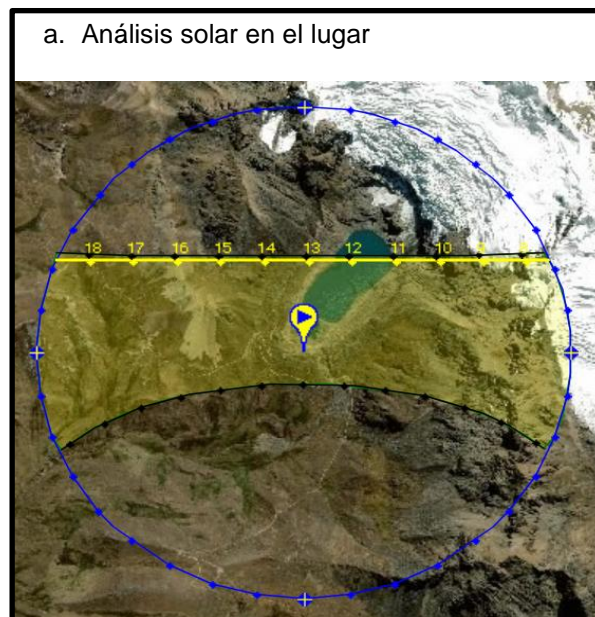
La elección del lugar de intervención que cumple los criterios necesarios para la comodidad de los profesionales que trabajarán en estas instalaciones es la ubicación 3 y para la elección del terreno donde se encontrará la propuesta se hará por estos criterios:

- Captar el mayor tiempo posible el sol.
- Que el terreno se encuentre con protección contra el viento natural.

- Accesibilidad directa, por los equipos de trabajo que deberán llevar los profesionales.
- Deben cumplir mínimamente con los criterios mencionados para poder aprovechar los aspectos climáticos del lugar y lograr un buen diseño bioclimático.

Este análisis solar se hace en la Figura 37, teniendo en cuenta la rotación solar que tiene durante el día en todos los meses del año, este lugar está rodeado por cerros y lomadas, una de estas es el nevado *Lasuntay*, al ver el análisis de rotación solar se nota que la gran mayoría del tiempo tiene incidencia solar en el lugar, esto brinda más amplitud en la elección del terreno de intervención.

El análisis visual que se realizó en las múltiples visitas al lugar como se ve en la Figura 37b, se realiza un análisis visual de elección del lugar para posteriormente hacer un análisis solar en las posibles propuestas.



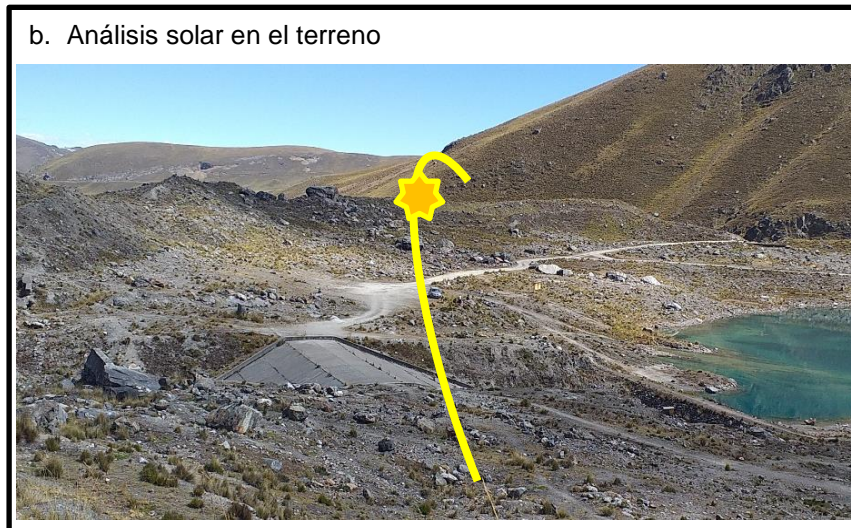


Figura 37. Análisis solar

Fuente: SunEarthTools.com, herramientas para consumidores y diseñadores de energía solar y elaboración propia.

Por el análisis de proyección solar y vista del lugar de intervención, se llega a elegir dos sitios de propuesta, Figura 38a, uno que tiene accesibilidad vehicular directa, Figura 38b; otra que se tiene que caminar unos 5 min para llegar, Figura 38c. La opción óptima sería la ubicación 1 por tener acceso directo vehicular, esto por motivos que los expertos que trabajarán en el lugar necesitan llevar equipos de estudio pesados y frágiles.

Estas dos opciones también serán analizadas sobre la proyección solar para ver qué lugar es el más adecuado.



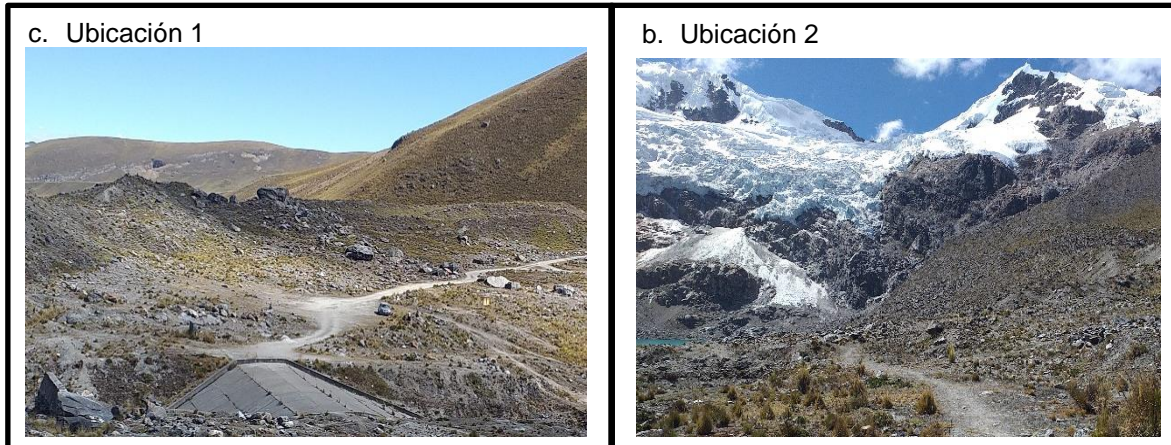


Figura 38. Elección del lugar de propuesta
Fuente: Google Earth

Analizando la primera ubicación se nota que el lugar tiene incidencia solar directa desde un aproximado de las 6:30 a. m. hasta las 6:00 p. m., alrededor del lugar no se encuentra alguna topografía elevada que indique interrupción solar como se puede ver en la Figura 39. La segunda ubicación se encuentra al costado derecho del lago *Lasuntay*, que brinda una visión no directa del nevado.

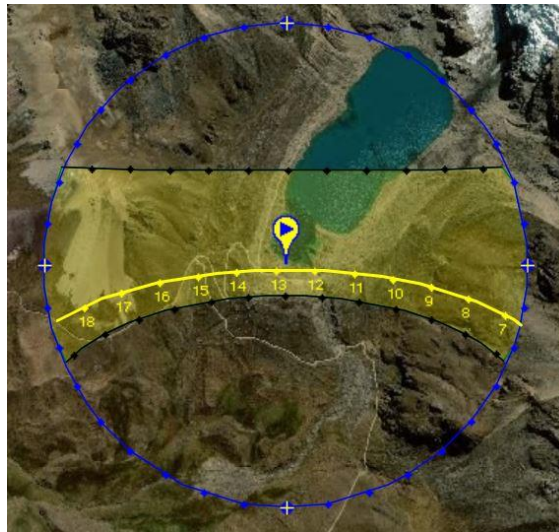


Figura 39. Análisis solar, ubicación 1
Fuente: SunEarthTools.com, herramientas para consumidores y diseñadores de energía solar

Continuando con el análisis se toma la ubicación 2, notándose que el lugar tiene incidencia solar desde las 11:00 a. m. hasta las 6:00 p. m. aproximadamente, por tener frente al lugar una topografía más alta, que no permite más tiempo de incidencia solar, alrededor del lugar se encuentra una topografía elevada por la parte de atrás y el costado derecho, ver Figura 40.



Figura 40. Análisis solar, ubicación 2

Fuente: SunEarthTools.com, herramientas para consumidores y diseñadores de energía solar

Las dos ubicaciones tienen aprovechamiento solar para el terreno de intervención, la diferencia entre la ubicación 1 es que tiene protección del viento y en la ubicación 2 este choca de forma directa haciendo que se ventile rápidamente el lugar.

La mejor elección del lugar de propuesta es la ubicación 1 por lo cual se tomó ciertos criterios adicionales en el lugar para ver la rotación solar y el horario de incidencia que se tiene en el terreno, Figura 41. Se tiene incidencia solar desde las 6:30 a. m. hasta las 6:00 p. m., esto es, si todo el tiempo transcurrido está sin nubes, se tiene de dato como experiencia propia que la nubosidad empieza en un aproximado de las 2:30 p. m., haciéndose más condensada a las 5:00 p. m. aproximadamente.

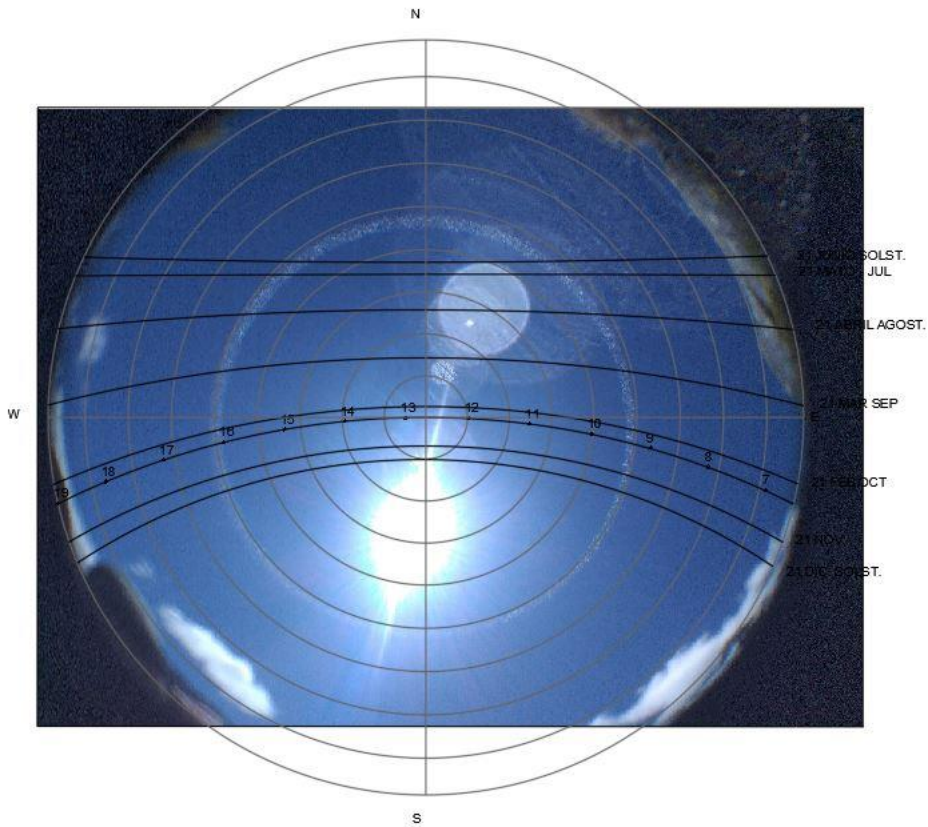


Figura 41. Comparación fotográfica e incidencia solar
Fuente: Sunearth

La dirección del viento es como se ve en la Figura 42, por experiencia propia y análisis directo en el lugar, el viento tiene la siguiente dirección:



Figura 42. Dirección del viento
Fuente: Google Earth

En el análisis de la ubicación del lugar de propuesta se debe tener en cuenta la intensidad del viento para poder aprovecharlo adecuadamente, en este sector el viento tiene una velocidad de 4 m/s, esto es tomado a una distancia de 80 m de altura como se ve en la Figura 43. Esta intensidad incide en la propuesta,

teniendo en cuenta la dirección e intensidad, el diseño tiene que realizarse en la ubicación 1, para mayor detalle ver Anexo 12.

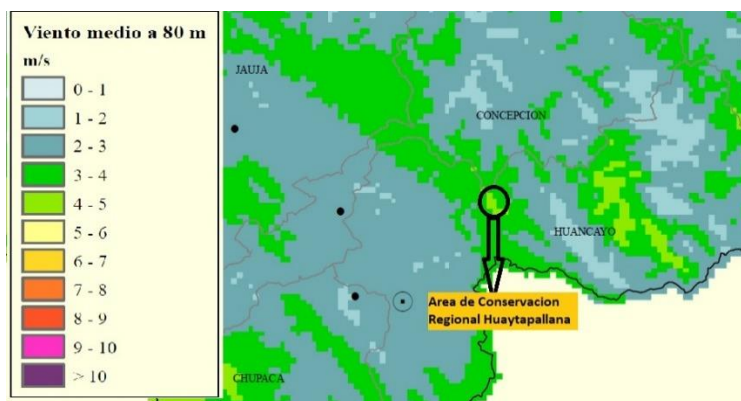


Figura 43. Viento medio anual
Fuente: Atlas Eólico del Perú, 2008

5.2.1. Usos de suelo

Esta área consta de 22 406,52 ha donde se encuentran los distritos de *Quilcas*, El Tambo, Huancayo y *Pariahuanca* en la provincia de Huancayo y el distrito de Comas en la provincia de Concepción en el departamento de Junín. Con el objetivo principal de conservar la diversidad biológica y paisajística presente en ella, garantizando el uso adecuado de sus recursos hídricos en beneficio de la población (Ordenanza que aprueba los Instrumentos de Gestión del Área de Conservación Regional *Huaytapallana*).

En esta área de Conservación Regional *Huaytapallana* el uso de suelo es turístico y recreativo, también se presta para las actividades educativas y de investigación e infraestructura dirigida a este lugar. (Anexo 13)

5.2.2. Accesibilidad

El lugar de intervención cuenta con un solo tipo de accesibilidad que es controlado y solo se puede entrar con auto o camioneta de comisión de investigación, la carretera es trocha sin muchos cambios de desnivel, que permite un fácil acceso y no se necesita un vehículo con mucha potencia.

El acceso se encuentra a unos 100 metros antes de la llegada a la cabaña principal, una vez ingresado a unos 15 min se encuentra otro control en el cual solo se puede pasar si las personas van con fines de investigación, esto es debido a que el nevado se encuentra justo al pie del cerro, justo donde culmina

la carretera (Figura 44) y la laguna *Lasuntay* es el reservorio de agua que va para el valle del Mantaro.

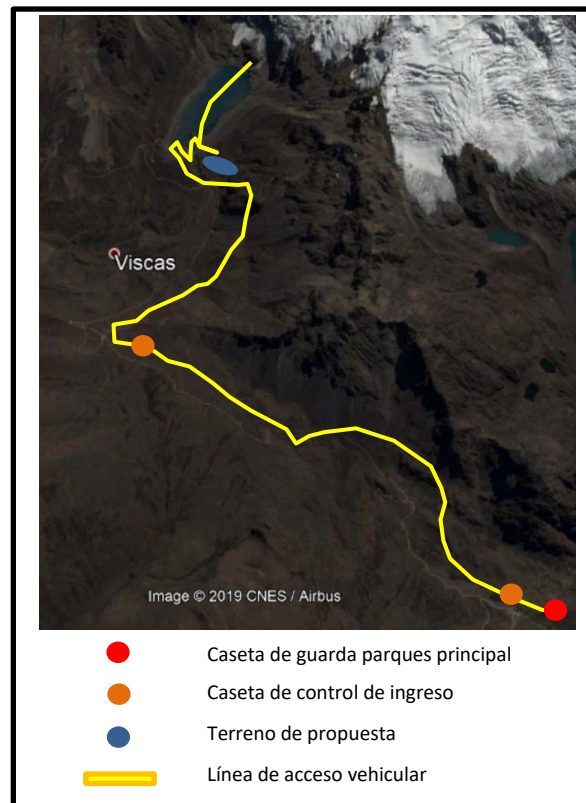


Figura 44. Accesibilidad al lugar de intervención
Fuente: Google Earth

El terreno donde se desarrollará la propuesta tiene acceso directo de vehículo para que puedan tener la facilidad de llevar instrumentos de trabajo, así como equipos especializados.

5.3 Datos meteorológicos

Estos datos se analizan para ver recomendaciones y a qué condiciones se debe someter el diseño para que pueda ser una buena propuesta bioclimática.

Los datos meteorológicos son de Senamhi, es la única institución que tiene este tipo de datos por contar con una estación meteorológica automática por el lago *Lasuntay*, a continuación, se tiene un comprimido de los datos meteorológicos por años, Tabla 16.

Tabla 16. Parámetros meteorológicos

Parámetro: Precipitación Total Mensual (mm)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
2016	3.74	19.79	3.22	2.50	0.70	0.47	0.14	0.61	1.66		1.83	4.01
2017	6.35	5.73	4.89	0.35	2.16	4.45	11.40	11.63	0.39	2.41	2.98	4.15
2018	5.56	6.98	5.65	2.80	0.54	0.56	0.65	10.90	1.10	4.13	1.80	3.26
2019	5.06	21.41	26.16	1.71	47.32	6.93	0.61					

Parámetro: Temperatura Máxima (°C)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
2016	8.57	7.62	7.99	8.12	8.00	7.05	7.32	7.21	7.18	5.40	7.77	7.25
2017	5.56	6.47	6.08	7.07	6.59	5.71	6.79	7.55	6.62	7.39	9.24	7.30
2018	6.19	6.90	6.91	5.98	7.04	5.75	5.77	6.41	7.00	6.12	8.23	6.88
2019	7.09	6.64	6.82	7.08	7.23	7.13	7.59					

Parámetro: Temperatura Mínima (°C)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
2016	1.72	1.79	1.55	1.32	0.81	0.02	-1.10	-1.32	-0.84	3.30	0.66	0.74
2017	0.46	0.57	0.69	0.69	0.55	-0.39	-1.58	-0.81	-0.35	0.25	1.01	0.63
2018	0.26	0.72	0.65	0.05	-0.11	-0.95	-1.29	-1.42	-0.85	0.28	0.14	0.33
2019	0.73	1.07	1.08	0.93	0.89	-0.99	-0.99					

Parámetro: Humedad Relativa Media Mensual (%)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
2016	72.90	83.53	78.57	73.13	64.52	54.65	50.15	62.97	65.80		62.52	75.81
2017	81.24	83.38	85.54	79.87	78.39	68.84	58.30	59.85	76.99	72.79	67.41	77.66
2018	83.66	85.05	87.91	80.49	66.60	60.30	59.34	67.01	68.05	82.79	102.29	76.26
2019	85.01	83.68	87.21	76.84	74.74	47.64	44.53					

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
Precipit.	5.18	13.48	9.98	1.84	12.68	3.10	3.20	7.71	1.05		2.20	3.81
Tem. máx	6.85	6.91	6.95	7.06	7.22	6.41	6.87	7.06	6.93	6.30	8.41	7.14
Tem. mín	0.79	1.04	0.99	0.75	0.54	-0.58	-1.24	-1.18	-0.68	1.28	0.60	0.57
Humedad	80.70	83.91	84.81	77.58	71.06	57.86	53.08	63.28	70.28	77.79	77.41	76.58

Fuente: Data histórica de Senamhi, 2019

5.4 Desarrollo de instrumentos bioclimáticos

5.4.1 Mahoney

Recomendaciones de Mahoney según el promedio desde los años 2016 al 2019; la tabla completa y cómo se desarrolla se encuentra en el Anexo 6. Tablas 17 y 18.

E	Requerimiento térmico diurno		F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
E	Requerimiento térmico nocturno		F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Indicadores de Mahoney															
E	Ventilación esencial	H1													0
E	Ventilación deseable	H2													0
E	Protección contra lluvia	H3													0
E	Inercia térmica	A1													0
E	Espacios exteriores nocturnos	A2													0
E	Protección contra el frío	A3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12

Fuente: elaboración propia

Tabla 18. Desarrollo de instrumentos climáticos. Mahoney [2]

Ciudad:		Huaytapallana								
		Indicadores de Mahoney								
		1	2	3	4	5	6	Núm.	Recomendaciones	
		0	0	0	0	0	12			
Distribución					1			1	1	Orientación Norte-Sur (eje largo E-O)
							1		2	
Espaciamiento									3	
									4	
		1						1	5	Configuración compacta
Ventilación					1				6	
									7	
		1	1					1	8	Ventilación NO requerida
Tamaño de las aberturas					1				9	
							1	1	10	Medianas 30 - 50%
									11	
							1		12	
Posición de las aberturas					1				13	
									14	
		1							15	
Protección de las aberturas									16	
									17	
Muros y pisos					1			1	18	Ligeros -baja capacidad-
									19	

Techumbre				1				20	
							1	21	Ligeros, bien aislados
	1			1				22	
Espacios nocturnos exteriores								23	
								24	

Fuente: elaboración propia

Las recomendaciones de Mahoney al aplicar todos los datos mencionan que se debe tener en cuenta:

- La orientación debe ser Norte-Sur (eje largo E-O)
- Configuración compacta
- La ventilación no es requerida
- Tamaño de aberturas medianas 30 a 50%
- Muros y pisos ligeros de baja capacidad térmica
- Techumbre ligera y bien aislada

Con todas estas recomendaciones se diseña el refugio científico para que sea confortablemente térmico para el personal científico.

5.4.2 Givoni

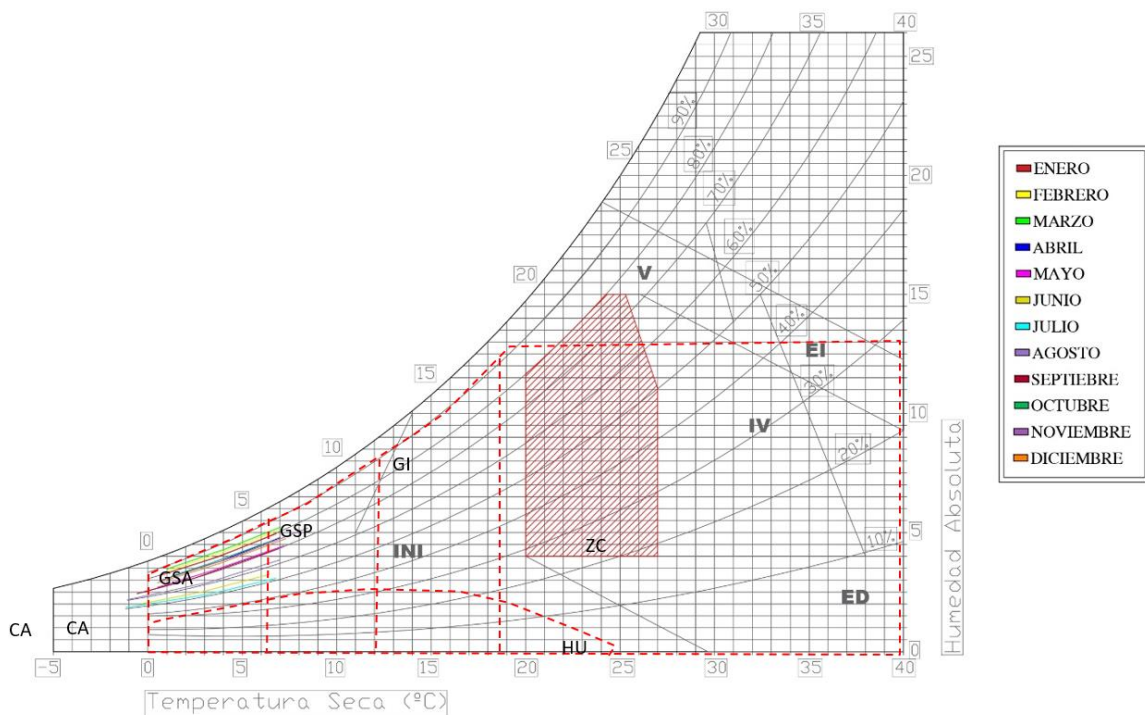


Figura 45. Líneas de análisis por meses
Fuente: elaboración propia

Como se puede ver en la gráfica de Givoni, Figura 45, las líneas de análisis por meses caen en los sectores GSA, CA y GSP los cuales significan:

- Ganancia solar activa
- Calefacción
- Ganancia solar pasiva

5.4.3 Olgay

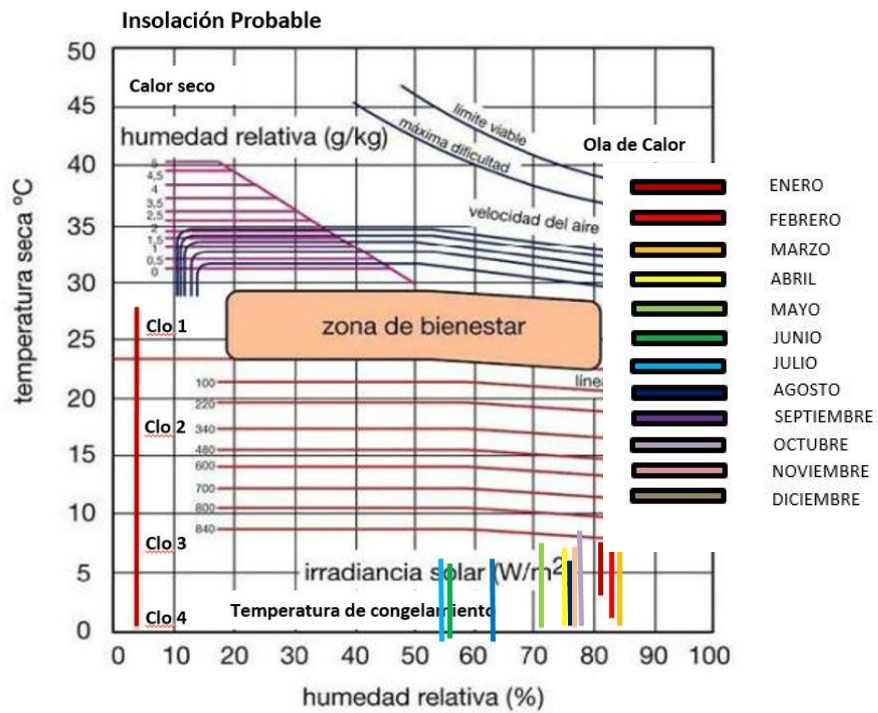


Figura 46. Análisis de la carta de Olgay
 Fuente: elaboración propia

Al analizar la carta de Olgay se percibe que los datos introducidos nos brindan como resultado que la edificación propuesta debe tener irradiancia solar.

CAPÍTULO VI

PROYECTO ARQUITECTÓNICO

6.1 Resultados de la entrevista

La entrevista fue realizada en la entidad ANA, también conocida en el valle del Mantaro como AAA (Autoridad Administrativa de Agua – Mantaro), el entrevistado fue Roger Arias, ingeniero hidráulico que labora en esta entidad.

La entrevista fue realizada el 4 de noviembre del 2019 a las 4:36 de la tarde con un aproximado de 1 hora y 32 segundos de duración, en las cuales se llegó a la siguiente conclusión.

El ingeniero estuvo de acuerdo con la propuesta de un refugio científico en el área de conservación regional *Huaytapallana*, este refugio contará con instalaciones adecuadas para que un aproximado de 10 personas puedan ir a realizar diversos estudios al lugar, los laboratorios no son con áreas especializadas, solo deben tener un lugar donde poner los equipos que en su gran mayoría son equipos de mano, debe tener instalaciones necesarias para la convivencia de este personal científico por un periodo de 3 meses mínimo de estadía, por lo dicho del material recomienda trabajar en adobe o materiales que no dañen el lugar con su contaminación.

Al concluir la entrevista menciona que sería ideal proponer un espacio donde los turistas puedan aclimatarse y mejorar del mal de altura, soroche, y puedan retornar a la ciudad y ser tratados medicamente.

Todos estos detalles son considerados para llegar a obtener un programa arquitectónico adecuado para el lugar.

6.2 Programa arquitectónico

El programa arquitectónico que se propone tiene la dotación de instalaciones que hacen que las personas que estarán en el lugar puedan sentirse cómodos.

Para generar los ambientes para la propuesta se tuvo en cuenta la entrevista realizada en ANA y las recomendaciones del asesor; así también, las recomendaciones de un docente de la Universidad Continental, Carlos Enrique Portilla Castillo quien tiene amplia experiencia en investigación científica, el resultado de su entrevista se encuentra en el Anexo 14.

Tabla 19. Programa arquitectónico

Programa arquitectónico Refugio Científico		
Zona	Descripción	m ²
	Dormitorios 6 personas	46.00
	SS. HH. completo	6.00
Zona social	Cocineta - comedor	12.00
Zona servicio	Patio - tendedero	15.00
	Lavandería	7.00
	Cuarto generador	7.00
	Laboratorio 1	9.00
	Laboratorio 2	9.00
	Almacén	2.00
Zona emergencia	Habitación de emergencia	9.00
	SS. HH. 3/4	2.00
Muros y circulación		24.80
Total m ²		148.8
Cochera		27.00

Fuente: elaboración propia

Para la elaboración del proyecto se tiene en cuenta la franja marginal que se debe respetar por estar cerca de la laguna *Lasuntay*. (Anexo 15)

6.3 Servicios básicos

- **Agua**

La propuesta cuenta con un recolector de agua de lluvia o nieve derretida, que es almacenado y tratado para el uso de los residentes del refugio, el agua es

almacenada en un tanque cisterna para luego ser llevada a un tanque elevado y repartir a todas las zonas donde se necesite la utilización de esta.

La conexión para la utilización del agua de lluvia es simple y sencilla, ver Figura 47.

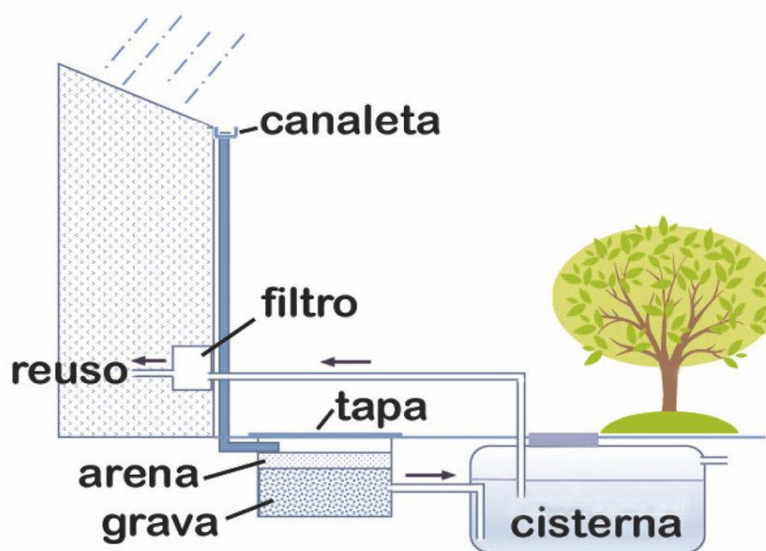


Figura 47. Sistema de captación de agua de lluvia
Fuente: Gutiérrez y Rubio (52)

Para el proyecto también se utilizará el agua del lago Lasuntay que dotará de agua en cualquier tiempo del año, en tiempo de nevada y lluvia se utilizará el agua recolectada de las lluvias.

Para el proyecto propuesto se necesita un aproximado de 1150 L de agua para la convivencia de 6 personas en el refugio científico, esto según el RNE norma IS. 010. Como se ve en la Tabla 20, para más detalle de la norma ver Anexo16.

Tabla 20. Dotación de agua para refugio
c) Los establecimientos de hospedaje deberán tener una dotación de agua, según la siguiente Tabla.

Tipo de establecimiento	Dotación diaria
Hotel, apart-hoteles y hostales.	500 L por dormitorio.
Albergues.	25 L por m ² de área destinado a dormitorio.

Fuente: Reglamento nacional de edificación, norma IS 010

- **Energía eléctrica**

Para la obtención de la energía eléctrica se tiene en consideración obtener energía limpia, sea eólica o solar.

El refugio científico necesita:

- Una cocina
- Un horno microondas
- Una licuadora
- Computadoras o laptop
- Una refrigeradora para muestras de -70 °C
- Ducha térmica
- Luces, interruptores y tomacorrientes

Para esto, se necesitan las siguientes cantidades de energía, todo es obtenido de los aparatos utilizados en un hogar a diferencia de la refrigeradora. En la Tabla 21 se ven las cantidades aproximadas de watts que se usará en el refugio científico. Para ver las referencias de cantidades que se usa en watts, ver Anexo 17.

Tabla 21. Cantidad de consumo en watts para el refugio

	USO		cant. watts
	eléctrico	gas	
Una cocina		x	0
Un horno microondas	x		1200
Una licuadora	x		450
Computadoras o laptop	x		320
Una refrigeradora para muestras de hasta -70 °C	x		700
Ducha térmica	se proveerá por paneles solares		
Carga móvil	x		30
Luz	x		240
Total			2940

Fuente: elaboración propia

Para poder almacenar esta energía de 2940 W para el uso diario, se necesita 8 paneles solares fotovoltaicos como se ve en la Figura 48, de 370 W cada una, estas se ubicarán en los techos del refugio, cada una de estas tiene una medida aproximada de 1 m x 2 m, los detalles se encuentran en la ficha técnica del Anexo 18.

BSP370M



Figura 48. Modelo de panel solar
Fuente: Foro nuclear (53)

Esta captación de energía se tiene que almacenar en una batería para poder utilizarla en cualquier momento, tal como se ve en la Figura 49.



Figura 49. Instalación solar fotovoltaica
Fuente: AC & CC Ingenieros (54)

Para la dotación de agua caliente se requiere poner el panel solar térmico, Figura 50a, ya que esta tiene como función calentar el agua para poder utilizarla en todo el refugio, sea para la ducha o para los grifos, este sistema va directamente conectado con las instalaciones sanitarias como se ve en la Figura 50b.

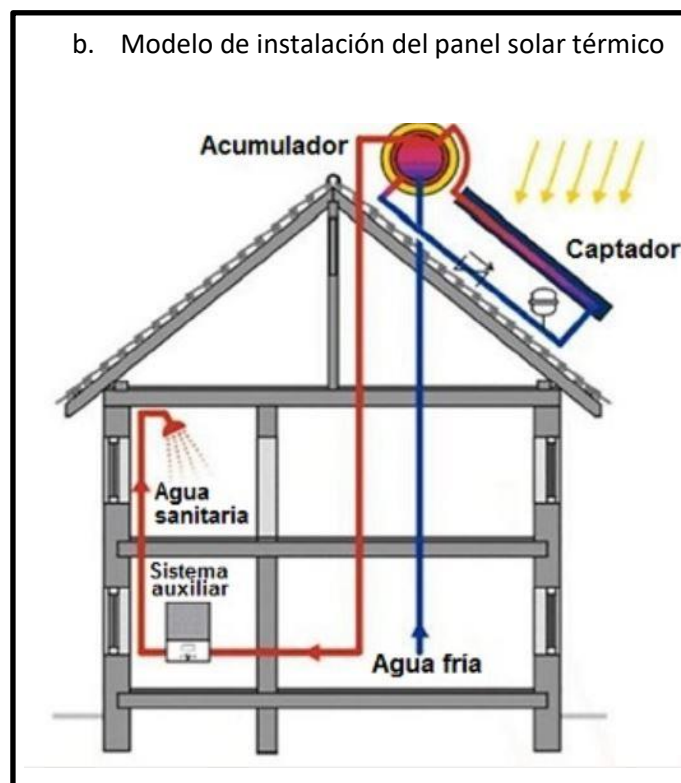


Figura 50. Panel solar térmico

Fuente: instalaciones termosolares para producción de agua caliente sanitaria ACS (55)

- **Desagüe**

El sistema de desagüe que es necesario para el refugio es de biodigestor, tal como se ve en la Figura 51a con capacidad de 1300 L en *Rotoplast*, que es para 5 personas viviendo a diario en la vivienda, en este caso será para 6 personas que vivirán por tiempos cortos y limitados, tal como se muestra en la Figura 51b.

a. Capacidad de biodigestor

CAPACIDADES	600 LITROS	1300 LITROS	3000 LITROS
Solo aguas negras	5 personas	10 personas	25 personas
Aguas negras y jabonosas	2 personas	5 personas	12 personas
Oficinas	20 personas	50 personas	100 personas

b. Sistema de biodigestor

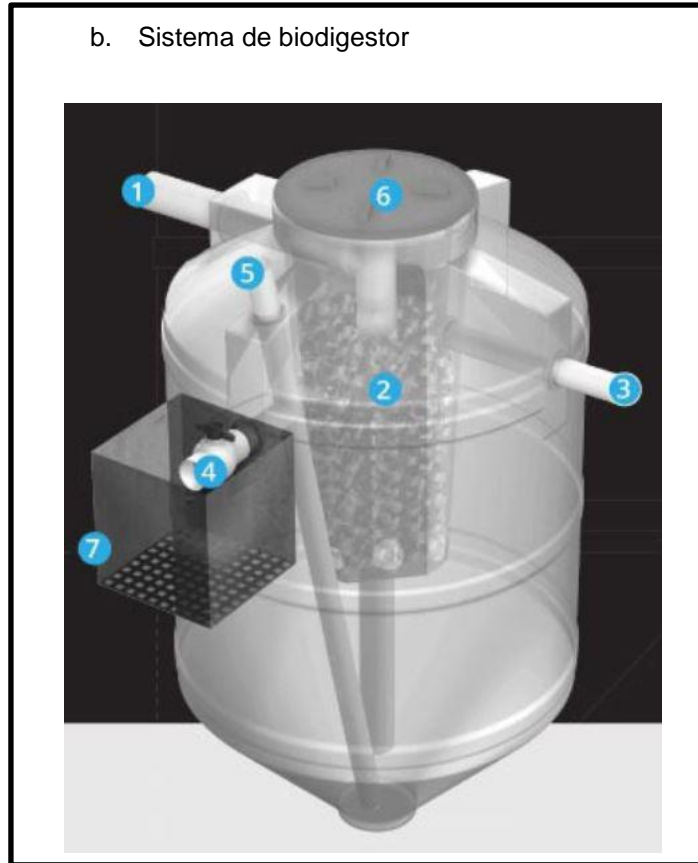


Figura 51. Sistema de biodigestor
Fuente: Rotoplas, biodigestores (56)

6.4 Criterios bioclimáticos

6.4.1 Ley de Fourier (ley de conducción de calor)

Las paredes que interaccionan con el cerro son de adobe y los demás son de ladrillo pandereta y los techos son de concreto armado, con estos datos se procede con el cálculo de conducción de calor.

$$Q_x = -kA \frac{dT}{dx}$$

Datos:

Muro de adobe, $k=0.90 \text{ w/mC}$

Ladrillo pandereta, $k=0.44 \text{ w/mC}$

Concreto armado, $k=1.63 \text{ w/mC}$

Diferencia de tiempo, $dT=12 \text{ h}$

Espesor del techo, $dx=0.25 \text{ m}$

Espesor de muro de ladrillo $dx=0.15 \text{ m}$

Espesor de muro adobe $dx=.040 \text{ m}$

La aplicación de estos criterios se hará en una pequeña parte del diseño del refugio científico, que es el refugio de turistas, como se puede ver en la Figura 52 Para poder obtener los datos deseados se trabajará con las temperaturas más extremas que se da en el mes de julio en el lugar de intervención, $T_{\text{min}} - 1.24$.

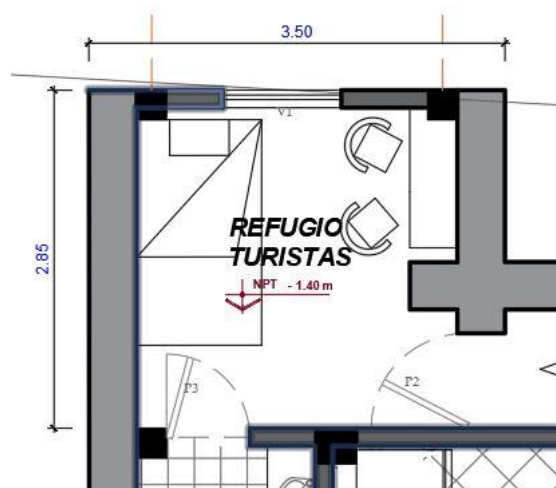


Figura 52. Diseño de refugio de turista
Fuente: elaboración propia

- **Muro de adobe**

Para sacar el área se tiene en cuenta que la propuesta está a 1.40 m bajo tierra y 0.70 m expuesta a la intemperie, por ese motivo la altura a considerar será de 0.70 m.

$$A: 2.85\text{m} \times 0.70\text{m} = 1.99 \text{ m}$$

Para la diferencia de temperatura, por criterio propio y desear que se encuentre el sector de ganancias internas según Givoni se requiere como temperatura interna unos 15 °C, entonces la diferencia de temperatura sería:

$$dT: 15\text{ °C} - (-1.24\text{ °C}) = 16.24\text{ °C}$$

$$Qx = (-0.90\text{ w/m}^{\circ}\text{C})(1.99\text{ m}^2)\left(\frac{16.24\text{ }^{\circ}\text{C}}{0.40\text{ m}}\right)$$

$$\mathbf{Qx = -72.71W}$$

Esto quiere decir que hay una conductancia térmica de 72.71 watts en el área analizada en un periodo de 12 h.

- **Muro de ladrillo**

$$A: 3.25\text{ m} \times 0.65\text{ m} = 2.11\text{ m}^2$$

$$dT: 15\text{ °C} - (-1.24\text{ °C}) = 16.24\text{ °C}$$

$$Qx = (-0.44\text{ w/m}^{\circ}\text{C})(2.11\text{ m}^2)\left(\frac{16.24\text{ }^{\circ}\text{C}}{0.15\text{ m}}\right)$$

$$\mathbf{Qx = -100.51W}$$

Esto quiere decir que hay una conductancia térmica de 100.51 watts en el área analizada en un periodo de 12 h.

- **Techo de concreto**

$$A: 3.50\text{ m} \times 2.85\text{ m} = 9.97\text{ m}^2$$

$$dT: 15\text{ °C} - (-1.24\text{ °C}) = 16.24\text{ °C}$$

$$Qx = (-1.63\text{ w/m}^{\circ}\text{C})(9.97\text{ m}^2)\left(\frac{16.24\text{ }^{\circ}\text{C}}{0.25\text{ m}}\right)$$

$$\mathbf{Qx = -1055.67W}$$

Esto quiere decir que hay una conductancia térmica de 1055.67 watts en el área analizada en un periodo de 12 h por lo que se necesita un aislador.

6.4.2 Flujo de calor (ϕ)

$$\phi = -k \frac{\Delta T}{e}$$

Datos:

Muro de adobe, $k=0.90\text{w/mC}$

Ladrillo pandereta, $k=0.44\text{ w/mC}$

Concreto armado, $k=1.63\text{ w/mC}$

Diferencia de tiempo, $dT=12\text{ h}$

Espesor del techo, $dx=0.25\text{ m}$

Espesor de muro de ladrillo $dx=0.15\text{ m}$

Espesor de muro adobe $dx=.040\text{ m}$

- **Muro de adobe**

$$\phi = -0.90\text{w/mC} \frac{16.24\text{C}}{0.40\text{m}}$$

$$\phi = -36.54\text{ w/m}^2$$

Esto quiere decir que hay una pérdida de temperatura de 36.54 watts por metro cuadrado.

- **Muro de ladrillo**

$$\phi = -0.44\text{w/mC} \frac{16.24\text{C}}{0.15\text{m}}$$

$$\phi = -47.63\text{ w/m}^2$$

Esto quiere decir que hay una pérdida de temperatura de 47.63 watts por metro cuadrado.

- **Techo de concreto**

$$\phi = -1.63\text{w/mC} \frac{16.24\text{C}}{0.25\text{m}}$$

$$\phi = -105.88\text{ w/m}^2$$

Esto quiere decir que hay una pérdida de temperatura de 105.88 watts por metro cuadrado.

6.4.3 Resistencia térmica (R)

$$R = e/k$$

Para disminuir esta pérdida de temperatura se requiere tener un tipo de aislante, madera, este aislante se utilizará en el interior y para el exterior un revestimiento de yeso.

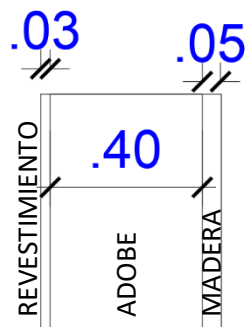
Datos:

Madera, machihembrado cedro, $k=0.18\text{w/mC}$

Enlucido de yeso, $k=0.40\text{w/mC}$

Analizando en el muro de adobe se tiene:

$$R = e/k$$



$$R = 0.03\text{m}/0.40\text{w/mC}$$

$$R = 0.075 \text{ w/m}^2\text{C}$$

$$R = 0.40/0.90\text{w/mC}$$

$$R = 0.44 \text{ w/m}^2\text{C}$$

$$R = 0.05/0.18\text{w/mC}$$

$$R = 0.27 \text{ w/m}^2\text{C}$$

Para determinar que la madera cumple como elemento aislante se reemplazan los valores en la siguiente fórmula:

$$\phi = -U (T_i - T_e)$$

$$U = 1/R$$

Para ello, es deseable que el flujo o pérdida del calor para el muro de adobe sea de 0.

$$0 = -U (T_i - T_e)$$

$$0 = -\left(\frac{1}{0.44} 15 - (-1.24)\right) + \frac{1}{0.075} 15 - (-1.24) + \frac{1}{R} (15 - (-1.24))$$

$$0 = -\frac{1}{0.44} 16.24 - \frac{1}{0.075} 16.24 - \frac{1}{R} 16.24$$

$$\frac{1}{R} 16.24 = -\frac{1}{0.44} 16.24 - \frac{1}{0.075} 16.24$$

$$\frac{1}{R} = -\frac{1}{0.44} - \frac{1}{0.075}$$

$$\frac{1}{R} = -2.27 - 13.33$$

$$\frac{1}{R} = -15.6$$

$$R = -0.064 \text{ w/m}^2\text{C}$$

Entonces:


$$R = e/k$$

$$-0.064 = e/0.18$$

$$e = -0.011\text{m}$$

Esto quiere decir que no necesita un espesor en madera para poder tener una mejor resistencia térmica, que solo basta con la capa de revestimiento que tiene.

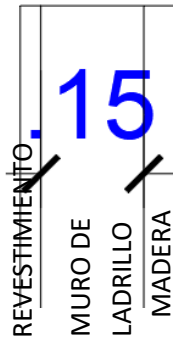
Analizando en el muro de ladrillo se obtiene:

$$.03$$


$$R = e/k$$

$$R = 0.03m/0.40w/mC$$

$$R = 0.075 w/m^2C$$



$$R = 0.15m/0.44w/mC$$

$$R = 0.066 w/m^2C$$

Madera machihembrado propuesta

$$R = 0.05/0.18w/mC$$

$$R = 0.27 w/m^2C$$

Para determinar que la madera cumple como elemento aislante se remplazan los valores en la siguiente fórmula, para ello se determina que debe reducir en un 50% el flujo de calor.

$$-50.25 = -U (T_i - T_e)$$

$$-50.25 = -\left(\frac{1}{0.44} 15 - (-1.24)\right) + \frac{1}{0.075} 15 - (-1.24) + \frac{1}{R} (15 - (-1.24))$$

$$-50.25 = -\frac{1}{0.44} 16.24 - \frac{1}{0.075} 16.24 - \frac{1}{R} 16.24$$

$$-50.25 + \frac{1}{R} 16.24 = -\frac{1}{0.44} 16.24 - \frac{1}{0.075} 16.24$$

$$-50.25 + \frac{1}{R} = -\frac{1}{0.44} - \frac{1}{0.075}$$

$$-50.25 + \frac{1}{R} = -2.27 - 13.33$$

$$\frac{1}{R} = 34.65$$

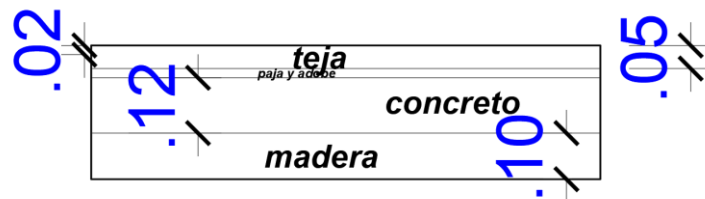
$$R = 0.029 w/m^2C$$

Entonces:

$$R = e/k$$
$$0.029 = e/0.18$$
$$e = 0.005m$$

Para reducir la pérdida de calor a un 50% en el muro de ladrillo, se necesita como mínimo un espesor de 0.005 m, entonces la propuesta de hacer un revestimiento con madera machihembrada de 5 cm de espesor es idónea para generar un buen aislante térmico.

Analizando en el techo de concreto se obtiene:



$$R = e/k$$

Datos:

Madera, machihembrado cedro, $k=0.18w/mC$

Enlucido de yeso, $k=0.40w/mC$

Teja de arcilla, $k=1.00w/mC$

Cama de paja, $k=0.090w/mC$

Concreto, $k=1.63w/mC$

Teja

$$R = 0.05m/1.00w/mC$$

$$R = 0.05 w/m^2C$$

Paja

$$R = 0.02m/0.090w/mC$$

$$R = 0.22 w/m^2C$$

Concreto

$$R = 0.12m/1.63w/mC$$

$$R = 0.073 \text{ w/m}^2\text{C}$$

Madera machihembrada propuesta

$$R = 0.10/0.18 \text{ w/mC}$$

$$R = 0.55 \text{ w/m}^2\text{C}$$

Para determinar que la madera cumple como elemento aislante se reemplazan los valores en la siguiente fórmula, para ello debe reducir a un 70% el flujo de calor.

$$-738.70 = -U (T_i - T_e)$$

$$-738.70 = -\left(\frac{1}{0.05} 16.24 + \frac{1}{0.22} 16.24 + \frac{1}{0.073} 16.24 + \frac{1}{R} 16.24\right)$$

$$-738.70 + \frac{1}{R} 16.24 = -\frac{1}{0.05} 16.24 - \frac{1}{0.22} 16.24 - \frac{1}{0.073} 16.24$$

$$-738.70 + \frac{1}{R} = -\frac{1}{0.05} - \frac{1}{0.22} - \frac{1}{0.073}$$

$$-738.70 + \frac{1}{R} = -20 - 4.54 - 13.69$$

$$\frac{1}{R} = 700.47$$

$$R = 0.0014 \text{ w/m}^2\text{C}$$

Entonces:

$$R = e/k$$

$$0.0014 = e/0.18$$

$$e = 0.007 \text{ m}$$

Para reducir la pérdida de calor a un 70% en el muro de ladrillo, se necesita como mínimo un espesor de 0.007 m, entonces la propuesta de hacer un

revestimiento con madera machihembrada de 10 cm o 5 cm de espesor es idónea para generar un buen aislante térmico.

6.5 Solución a los problemas de pérdida de calor

Las soluciones son diversas según el tipo de aislante que se pueda proponer, en el caso de esta propuesta de refugio se tiene la ventaja que está en una loma, lo que permite introducir un poco el diseño de la propuesta para conservar mejor el calor; por esto, se eligieron los materiales de madera machihembrada para las paredes y techos para obtener como resultado un confort espacial y térmico en el ambiente; a diferencia del piso, este es revestido por cerámico lo cual no permite que la humedad filtre con rapidez, también se toma en cuenta que para evitar una fuga de calor por los vanos-ventanas se propone tener un tipo de vidrio especial que tenga una resistencia térmica, así como los vidrios triples que son conocidos como *technoform Bautec* de serie ST de Sosoares, este tipo de sistema ayuda a conservar el calor, estos son ideales para edificaciones que buscan la certificación Leed, el modelo del sistema se ve en la Figura 53.

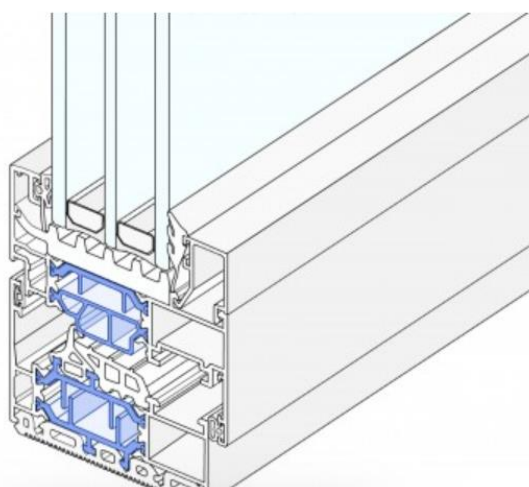


Figura 53. Sistema *technoform Bautec* serie ST Sosoares
Fuente: Aluminio (57)

6.6 Propuesta arquitectónica

La propuesta engloba como idea central a los glaciares, que al formarse llegan a ser imponentes y con el tiempo por el efecto invernadero van desapareciendo, dejando a su paso rastros de su existencia, siendo estos como bloques de hielo olvidados en el paso del retroceso de los nevados. Por esta razón, el diseño de esta propuesta tiene como idea estas huellas, haciendo de este volumen un

bloque de hielo, esta perspectiva se pretende lograr con el diseño de techos inclinados a un agua saliendo de la tierra muy sutilmente.

La propuesta del refugio científico también incluye a un espacio para refugio de turistas, esto se utilizará en casos de salud y emergencias climáticas para que el turista afectado por el clima pueda recuperarse y posteriormente ir a una posta u hospital.

El refugio científico se encuentra ubicado a unos 120 m de distancia aproximada del lago *Lasuntay*, siendo este un elemento significativo y de ayuda científica para los estudios que se necesiten realizar en el lugar por personal científico, cuenta con ambientes destinados a la comodidad de las personas que utilizarán el lugar, así como para las muestras que recolecten del lugar (congeladora de hasta -65 °C), el refugio científico está ubicado a -140 m del nivel de la entrada y a 4648 m s. n. m., cuenta con pequeñas ventanas direccionadas a la trayectoria solar (para su ganancia solar) y al nevado (para admirar al nevado). Este refugio trata de tener el menor impacto posible a la zona donde se ubica, por este motivo, los servicios básicos son ecológicos y reutilizables; el agua de lluvia y de la nieve derretida se recolecta para poder utilizarla, así también cuenta con el sistema de desagüe con biodigestor y la energía se capta de energía solar; su construcción se realiza con adobe, ladrillo mortero y concreto (ver Tabla 22), así como se puede ver en el plano de arquitectura y distribución.

Tabla 22. Criterios de identificación de materiales

	Material de la zona hasta 500 km
Piedra	
Adobe	
Madera	
Ladrillo mortero	
Concreto armado	

Fuente: elaboración propia

El diseño del refugio científico esta introducido en la lomada con distintos niveles de piso terminado, esto se propuso para poder acumular el mayor aire caliente posible, el aire más caliente sube y hace que el ambiente que esté más

alto pueda estar más confortable térmicamente, por esta razón el diseño del dormitorio está como el ambiente más alto.

Para adquirir la mayor temperatura térmica durante el día se recolecta a través del sistema de aporte con invernadero y así direccionar este aire a los ambientes que necesiten temperaturas más cálidas, Figura 54, tomando de referencia el diseño aerodinámico. También se recolecta el calor a través de las piedras que se tiene al interior del refugio científico, siendo este el que transmite calor en el transcurso del horario nocturno, esto se verifica en el diseño del dormitorio.

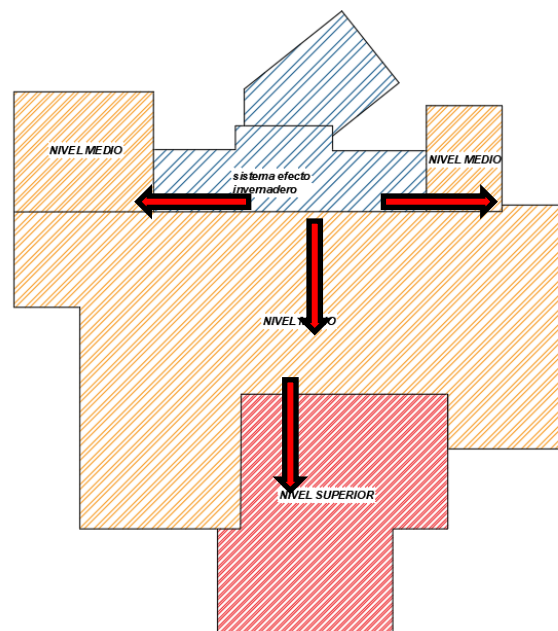


Figura 54. Aporte de calor por sistema de invernadero
Fuente: elaboración propia

La propuesta del refugio científico tiene como base ser una edificación bioclimática por lo cual tiene que ser evaluada según los indicadores referidos en la Tabla 14; al ser evaluados todos estos criterios, el refugio científico tiene como puntaje final de 86 siendo calificado como edificación bioclimática. Para ver el detalle del análisis de los indicadores ver Anexo 19.

Para mayor detalle ver los siguientes planos de ubicación, distribución, elevación y corte.

4638m

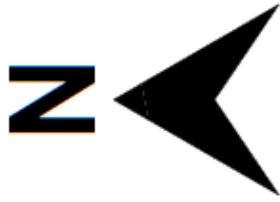
4640m

4645m

4650m

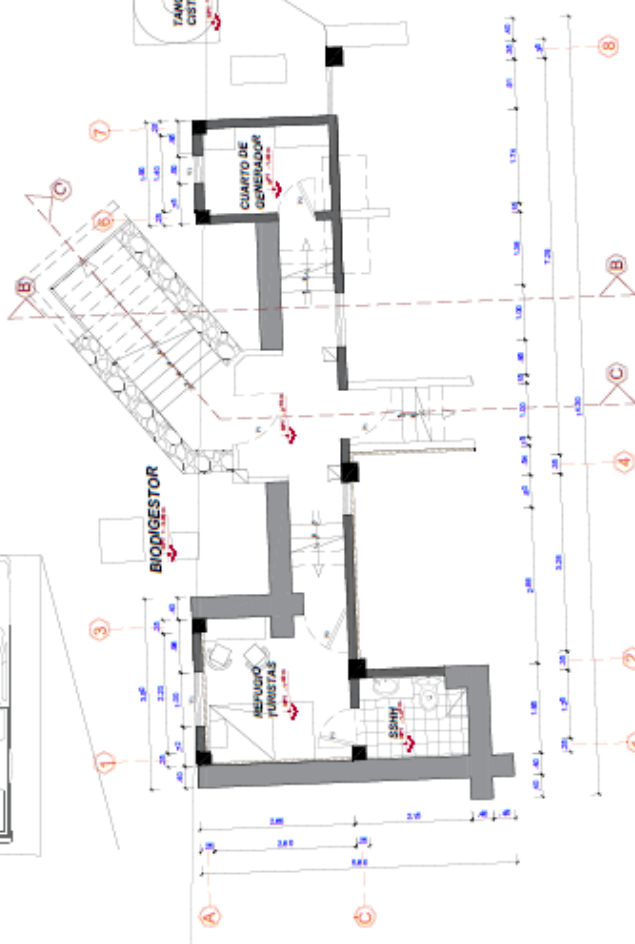
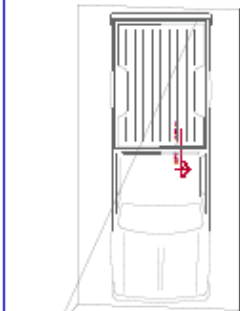


LILIAN MARTHA GABAY LEÓN	
REFUGIO CIENTIFICO	
DISTRIBUCION GENERAL	
AREA DE COMUNICACION PERSONAL MAPA PLANIMETRICOS	
NO. DE DISEÑO	1101
FECHA	A - 02



CUADRO DE VANOS - VENTANAS			MATERIAL	
ALFIZER	ALTIMA	LARGO	CANTIDAD	VANO
1.40	1.70	1.70	1	VISO
1.40	1.70	1.70	1	VISO
1.40	1.70	1.70	1	VISO
1.40	1.70	1.70	1	VISO
1.40	1.70	1.70	1	VISO
1.40	1.70	1.70	1	VISO
1.40	1.70	1.70	1	VISO
1.40	1.70	1.70	1	VISO
1.40	1.70	1.70	1	VISO
1.40	1.70	1.70	1	VISO

CUADRO DE VANOS - PUERTAS			MATERIAL	
ALTIMA	ANCHO	CANTIDAD	PUERTA	PUERTA
1.90	0.80	2	Madera Chiricahua	PU-02
1.90	0.70	2	Madera Chiricahua	PU-02
1.90	0.80	2	Madera Chiricahua	PU-02
1.90	0.80	2	Madera Chiricahua	PU-02



Nivel 1

Esc: 1/50



Nivel 2

Esc: 1/50

LEGENDA	
DETALLE	DESCRIPCION
	VANO DE VENTANA
	PUERTA
	MUR
	PILAR

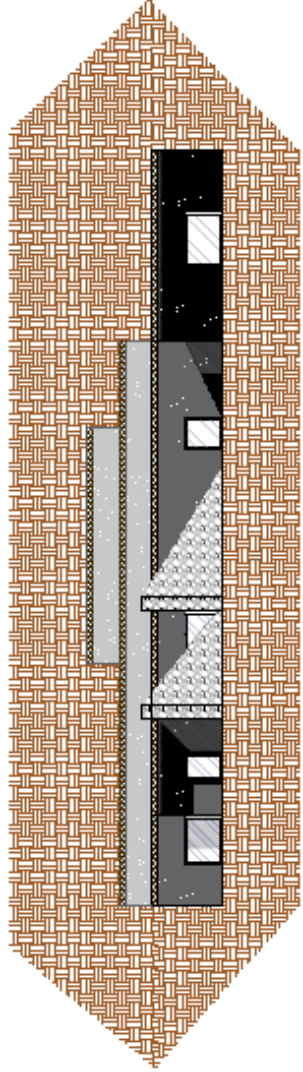
PROPUESTA	
DETALLE	DESCRIPCION
	MUR
	MUR
	MUR
	MUR
	MUR



LILLIAN MARYTA GARAY LEÓN
REFUGIO CIENTIFICO
ARQUITECTURA - DISTRIBUCION
UNIVERSIDAD CONTINENTAL
SEMP ANTIQUESTRUM

nivel 3

Esc: 1/50



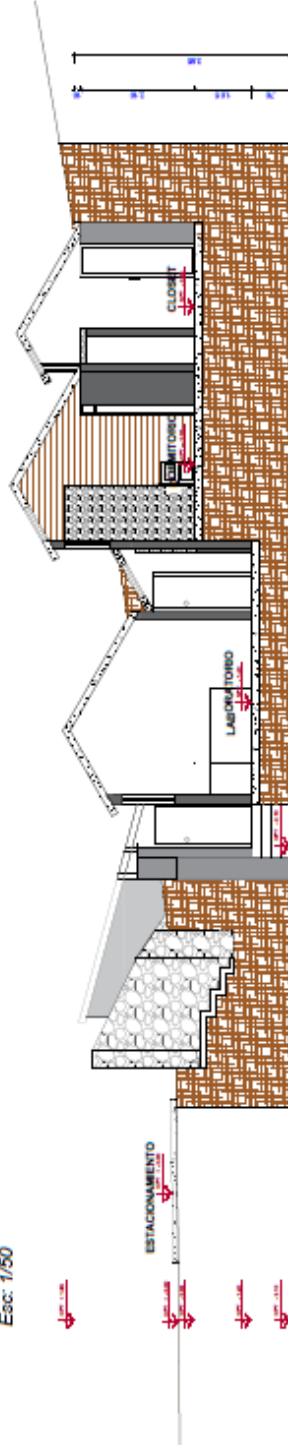
ELEVACION

Esc: 1/50



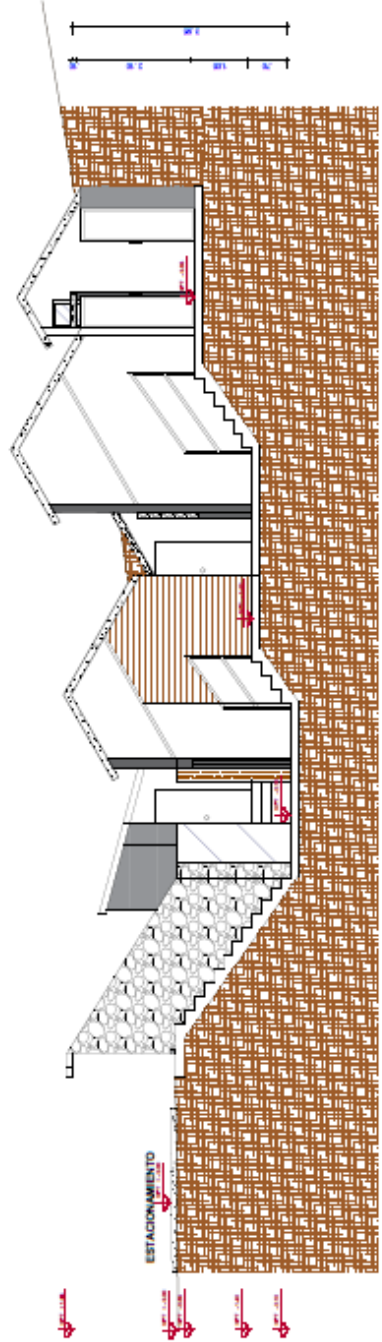
CORTE A-A'

Esc: 1/50



CORTE B-B'

Esc: 1/50



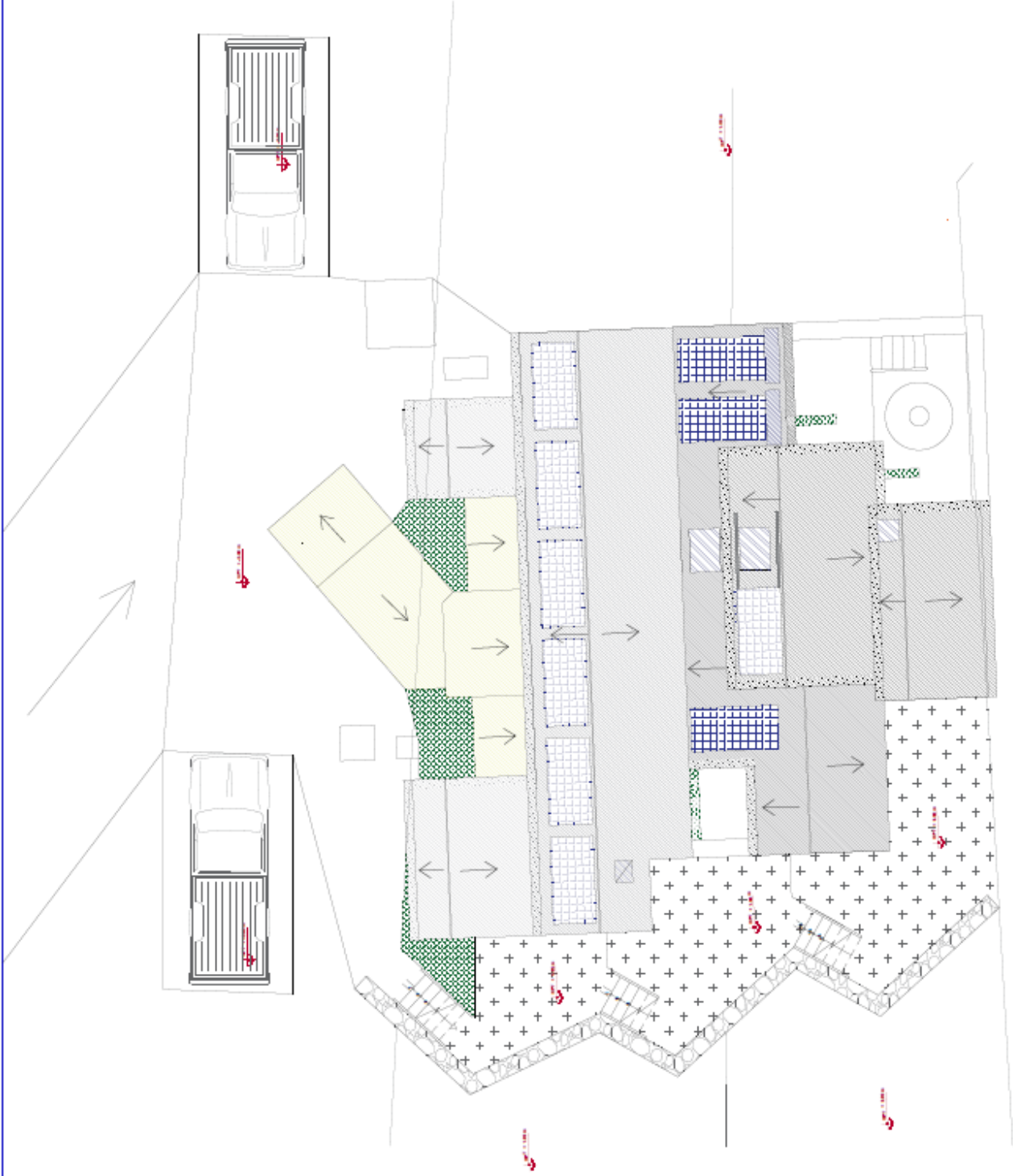
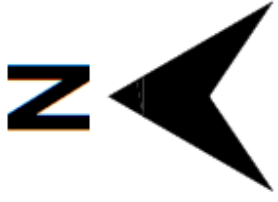
CORTE C-C'

Esc: 1/50

DETALLE	DESCRIPCION
	Muro de Pared
	Columna
	Suelo
	Escalera
	Cubierta de Techumbre

UNIVERSIDAD CONTINENTAL
SECTOR ADMINISTRATIVO

LILLIAN MARYTTA GARAY LEÓN	
REFUGIO CIENTIFICO	
ELEVACION Y CORTES	
ÁREA DE COMERCIALIZACIÓN	FECHA
PROFESOR ENCARGADO DEL CURSO	FECHA
A-01	



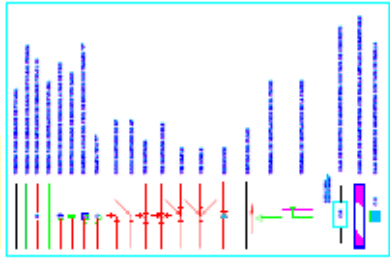
PLANO DE TECHOS

Esc: 1/50

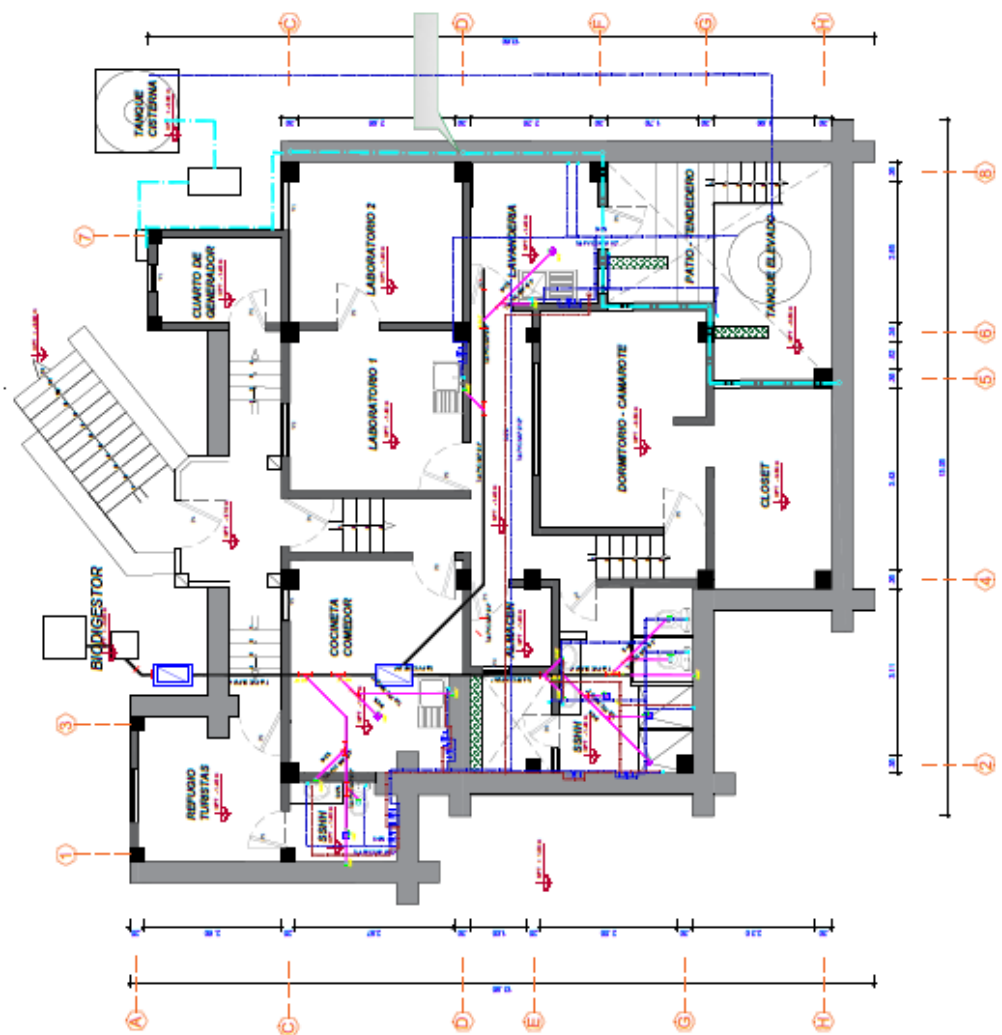
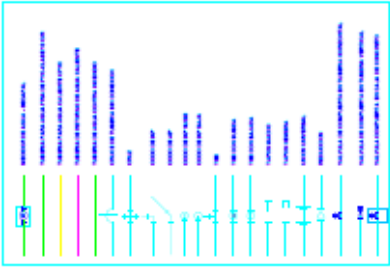


PROYECTISTA	LILIAN MARYTA GARAY LEON
PROYECTO	REFUGIO CENTRICO
DISCIPLINA	ARQUITECTURA - DISTRIBUCION
AREA DE CONSERVACION PERSONAL	PLANOS
FECHA	2023
NO. PLAN	A - 02

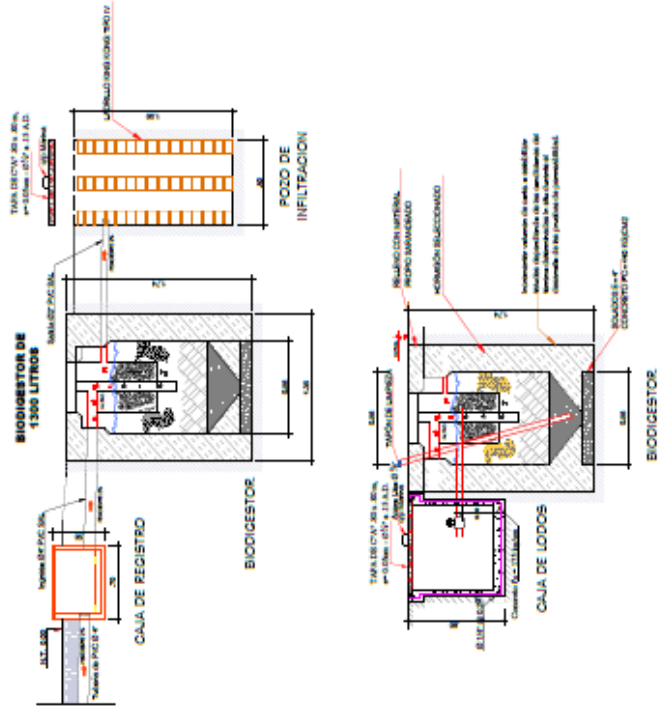
LEYENDA DRENAJE



LEYENDA AGUA POTABLE



1° Planta



PROYECTISTA	LILLIAN MARYTA GARAY LEÓN
PROYECTO	REFUGIO CENTRICO
PROYECTO	INSTALACIONES SANITARIAS
AREA DE COORDINACION GENERAL	INSTRUMENTACION
PROYECTO	PROYECTO 2018
PROYECTO	PROYECTO 2018
PROYECTO	S - 01

CONCLUSIONES

- Debido a que las condiciones climáticas son extremas se opta por enterrar la propuesta de diseño para tener mayor inercia térmica.
- La propuesta de diseño está enterrada aproximadamente entre un 70 a 80% de la edificación, por este motivo se trabaja con vanos altos y en el techo.
- Mientras sea más compacto el diseño de la propuesta, este podrá contener con mayor tiempo el calor interno adquirido durante el día.
- El área de conservación regional de *Huaytapallana* en los meses de verano cuenta con un aproximado de 3 a 5 horas de energía solar por día, por esa razón se requiere ganar la mayor incidencia de los rayos solares en los techos para así transmitirlos a la propuesta y paneles solares térmicos y fotovoltaicos.
- Si bien es cierto que Mahoney te recomienda tener un 30% de aberturas para el caso del nevado, esto se debe a que Senamhi cuenta con data histórica de precipitaciones de lluvia y el lugar tiene la característica de tener pocas precipitaciones de lluvias y mayor precipitación en nieve y granizo.
- Para que la nevada no influya en la pérdida rápida del calor en el proyecto, se deben tener capas de aislantes térmicos como se explica en la propuesta.
- Los desniveles ayudan a ganar calor en lugares específicos de la propuesta, por direccionar el calor adquirido a las zonas más altas.
- El sistema de invernadero ayuda a que la siguiente habitación sea más cálida térmicamente, por intercambio de calor por ductos pequeños.
- Este tipo de diseño se puede utilizar para lugares con similar temperatura, siendo accesible para cualquier persona que desee construirlo con materiales de la zona.

RECOMENDACIONES

- Para tener un buen análisis y propuesta de proyecto se recomienda ir al lugar de intervención reiteradas veces, para poder estar en distintos escenarios del tiempo climático, así mismo para reconocer el lugar donde se va a intervenir y reconocer los magníficos paisajes que se debe rescatar del lugar, ver Anexo 20.
- Los instrumentos bioclimáticos son en algunos casos erróneos por no tener concordancia con las recomendaciones de diseño y el lugar donde está la propuesta, esto es debido a que se realizaron para climas cálidos y no extremos fríos como tenemos en la sierra altoandina, por eso se recomienda tener en cuenta algunos criterios de diseño que te brindan estos instrumentos y también tener en cuenta nuestra propia perspectiva de diseño.
- Se recomienda tratar de utilizar en su mayoría materiales del lugar para tener el menor impacto posible en el medio ambiente.

REFERENCIAS

1. **ARROYO, Jacinto.** *Investigación para la prevención de desastres en variabilidad en cambio climático del Ministerio del Ambiente.* Lima : Nat. Soc., 2018. 1.
2. **J., SALAZAR J. y ARROYO.** El nevado de Huaytapallana, el gigante blanco se desvanece. *RPP.* [En línea] 2016. [Citado el: 23 de noviembre de 2018.] <https://rpp.pe/peru/junin/reportaje-el-nevado-huaytapallana-el-gigante-blanco-se-desvanece-noticia-1012272..>
3. **BENITES, C.** *Regiones naturales del Perú. Tesis de grado inédita.* Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2019.
4. **SENAMHI.** *Advertencia de mayor aceleración de retroceso de glaciares.* SENAMHI. [En línea] 16 de marzo de 2016. [Citado el: 14 de mayo de 2019.] <https://www.senamhi.gob.pe/?p=heladas-y-friajes-preguntas>.
5. **CRYOPERU.** *Criósfera y cambio climático. Cryoperu.* [En línea] [Citado el: 22 de marzo de 2019.] <https://cryoperu.pe/>.
6. **SALAZAR, Julio.** *Coordinador del Proyecto Territorios Climaticamente Inteligentes del CATIE.* RPP. RPP. [En línea] 10 de diciembre de 2016. [Citado el: 23 de noviembre de 2018.] <https://rpp.pe/peru/junin/reportaje-el-nevado-huaytapallana-el-gigante-blanco-se-desvanece-noticia-1012272.> 2.
7. **INDECI. Instituto Nacional de Defensa Civil.** *Probable desembalse de la laguna Chuspicocha, en el nevado de Huaytapallana y su probable impacto en la ciudad de Huancayo - Junín.* 1, Lima : En: Indeci, CEPIG, 2016. pp. 1.
8. **OEFA, Organismo de evaluación y fiscalización ambiental.** OEFA. [En línea] 2019. [Citado el: 9 de abril de 2019.] <http://fiscamb.oefa.gob.pe/mfiscamb/index.html#>.
9. **ANA.** *Inventario de glaciares del Perú - Huaraz.* Lima : Ministerio de Agricultura y Riego, unidad de Glaciología y Recursos Hídricos UGRH., 2014.
10. **BARRANCO ARÉVALO, Omar.** *La arquitectura bioclimática.* s.l. : Módulo Arquitectura CUC, 2015. Vol.14 N°2 31-40..
11. **ROJAS, K.** *Confort ambiental basado en los principios de una arquitectura bioclimática en un centro educativo básico especial para niños de 0-14 años en la provincia de Cajamarca. Tesis de grado inédita.* Cajamarca : UPN - Facultad de Arquitectura y Diseño, 2018.

12. **CELIS, F.** *Arquitectura bioclimática, conceptos básicos y panorama actual.* s.l. : En: boletín CF+S 14 hacia una arquitectura y un urbanismo basado en criterios bioclimáticos., 2000, Vol. 14.
13. **RUIZ, A.** Sistemas activos en arquitectura. [En línea] 2019. [Citado el: 31 de octubre de 2019.] <https://www.alvaroruizarquitectura.com/sistemas-activos-en-arquitectura-n-34-es>.
14. **MURILLO, C.** *Certificación de eficiencia energética en edificios no residenciales. Tesis de grado inédita.* México D. F. : Universidad Nacional Autónoma de México, facultad de Ingeniería., 2015.
15. **USAQUI, D.** *Uso de sistemas bioclimáticos para el confort térmico de las edificaciones de instituciones de Huancayo – caso pabellón de las facultades de Economía, Administración y Contabilidad de la UNCP. Tesis de grado inédita.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú., 2010.
16. **ROQUE CRUZ, E.** *Confort térmico en el centro educacional para el deficiente visual – CEBE nuestra Sra. de Copacabana de la ciudad de Puno. Tesis de grado inédita.* Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2018.
17. **PALMA VALDIVIA, P.** *Análisis y propuesta de solución para las características constructivas de la envolvente térmica en viviendas progresivas de la población Santa Teresa de la ciudad de Nueva Imperial, con construcción previa al año 2000. Tesis de grado inédita.* Chile : Universidad Austral de Chile., 2012.
18. **MOLINA, J. y ESPINOZA, R.** *Análisis de operatividad de una vivienda bioclimática altoandina.* s.l. : En: XXII SPES, 2015, Vol. 17.
19. **HERNÁNDEZ, P.** Diagrama bioclimático de Givoni. [En línea] 2014. [Citado el: 22 de mayo de 2019.] <https://pedrojhernandez.com/2014/03/03/diagrama-bioclimatico-de-givoni-2/>.
20. **DELGADO, M.** *Prototipo de vivienda rural bioclimática en la reserva ecológica de Chaparrí – Chongayape.* Chiclayo, Perú : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo., 2014.
21. **CORRAL, P.** *La incidencia del diseño bioclimático en el diseño interior.* 12, Guanajuato : En: Interior gráfico de la división de la arquitectura arte y diseño de la Universidad de Guanajuato., 2012.

22. **SUSUNAGA MONROY, J. M.** *Construcción sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario. Tesis de grado inédita.* Bogotá : Universidad Católica de Colombia., 2014.
23. **PERU, GBC.** Peru Green Building Council. [En línea] 2014. [Citado el: 24 de mayo de 2019.] <https://www.perugbc.org.pe/site/certificaciones>.
24. **PEREIRA BLANCO, M. J.** *Las energías renovables: ¿es posible hablar de un derecho energético ambiental? Elementos para una discusión.* 11, s.l. : En: Jurídicas CUC., 2015, Vol. 1. pp. 233-254.
25. **GESTIÓN.** El 5% de electricidad del Perú sería producida por energías renovables el 2015, según el MEM. *Gestión.* [En línea] 2015. [Citado el: 5 de julio de 2019.] <https://gestion.pe/economia/5-electricidad-peru-seria-producida-energias-renovables-2015-mem-69502>.
26. **GONZÁLES, P.** *Energías renovables no convencionales para uso domiciliario. Tesis de grado inédita.* Santiago : Universidad de Chile, 2013.
27. **CHERCCA RAMÍREZ, J. A.** *Aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones de CO2 en el poblado rural La Gramita de Casma. Tesis de grado inédita.* . Lima : Universidad Nacional de Ingeniería., 2014.
28. **CANARIAS, Instituto Tecnológico de.** *Energías renovables y eficiencia energética.* s.l. : Instituto Tecnológico de Canarias, 2008.
29. **ROCHA, E.** *Construcciones sostenibles: materiales, certificaciones y LCA.* 11, s.l. : En: revista Nodo, 2011, Vol. 66. pp. 66-116.
30. **PEREA, A.** *Informe de investigación: el friaje y las heladas: diagnóstico en el Perú y legislación comparada.* Lima : Departamento de investigación y documentación parlamentaria (DIDP), 2018.
31. **LARRAIN RODRÍGUEZ, S.** *Transferencia tecnológica para la mejora de la salud, confort térmico y seguridad (gestión de riesgos) en la vivienda de zonas de clima frío intertropical de altura, aplicada al hábitat altoandino de la región Puno.* Lima : PUCP, 2015. 4.
32. **TEJADA IPIÑA, Hairo Vladimir.** *Recomendaciones técnicas elementales para el diseño integral. Tesis para obtener el título de Arquitecto.* San Salvador de Chile : Universidad de El Salvador de Ingeniería y Arquitectura, 2013. 6.
33. **GALASYN, Jim.** Cusco Running Club. *Cusco Running Club.* [En línea] 18 de agosto de 2014. [Citado el: 27 de noviembre de 2018.]

<http://www.cuscorunningclub.com/2014/08/guest-note-jim-galasin-global-warming.html>. 8.

34. **GILLIS, Justin**. Estudio relacionado con la temperatura con el crecimiento y el retiro de un glaciar peruano. *The New York Times*. [En línea] 25 de febrero de 2014. [Citado el: 29 de noviembre de 2018.]

<https://www.nytimes.com/2014/02/26/science/study-links-melting-peruvian-ice-cap-to-higher-temperatures.html>.

35. **IGP, Instituto Geofísico del Perú**. IGP. [En línea] 2016. [Citado el: 4 de abril de 2019.] https://issuu.com/impetu/docs/impetu_31_de_mayo_de_2016_c/11.

36. **INAIGEM**. *Centro de investigación científica y tecnológica en ecosistemas de montañas*. . Perú : Ministerio del Ambiente, 2016.

37. **BARNET, Y. y JABRANE, F**. *Eco-domo, un hábitat para reducir la vulnerabilidad frente al friaje en el Perú*. 20, s.l. : USMP, 2015. pp. 69-100. ISSN 1812-6049.

38. **BRITTO, B**. *Actualización de las Ecorregiones Terrestres de Perú propuestas en el Libro Rojo de Plantas Endémicas del Perú*. 74, Perú : En: Guyana Botánica., 2017. pp. 15-29..

39. **RASMUSSEN, Carol**. Global Climate Change. *Global Climate Change*. [En línea] 31 de mayo de 2017. [Citado el: 28 de noviembre de 2018.] <https://climate.nasa.gov/news/2592/new-light-on-the-future-of-a-key-antarctic-glacier/>. 11.

40. **SPIEGEL**. Los glaciares de Baviera podrían desaparecer en 30 años con una tasa de calentamiento del doble del promedio mundial. *Desdémona Desesperación*. [En línea] 2012. [Citado el: 29 de noviembre de 2018.] <Shttp://www.desdemonadespair.net/2012/07/bavaria-glaciers-could-disappear-in-30.html>..

41. **PELTO, Mauri**. BAMS. *Estado del clima*. [En línea] 2014. [Citado el: 29 de noviembre de 2018.] <https://glacierchange.wordpress.com/2014/07/19/alpine-glaciers-bams-state-of-the-climate-2013/>.

42. —. Glacierchange. *Glacierchange*. [En línea] 19 de julio de 2014. [Citado el: 29 de noviembre de 2018.]

<https://glacierchange.wordpress.com/2014/07/19/alpine-glaciers-bams-state-of-the-climate-2013/>. 14.

43. **CESIO, Pablo.** Aleteia. *Aleteia*. [En línea] Pablo Cesio, 7 de mayo de 2017. [Citado el: 23 de noviembre de 2018.] <https://es.aleteia.org/2017/05/07/un-refugio-antartico-ecologico-al-servicio-de-cientificos-y-expedicionarios/>.
44. **USM.** Noticias, Universidad Técnica Federico Santa María. *Noticias, Universidad Técnica Federico Santa María*. [En línea] 24 de junio de 2014. [Citado el: 23 de noviembre de 2018.] <http://www.noticias.usm.cl/2014/06/24/investigadores-usm-presentan-refugio-cientifico-para-el-estudio-de-glaciares/>.
45. **SILVA, Hans.** Villa O'Higgins expediciones. *Villa O'Higgins expediciones*. [En línea] 27 de noviembre de 2016. [Citado el: 2018 de noviembre de 27.] <http://www.villaohiggins.com/Lectores/Refugio.htm>. 7.
46. **HALAWA, Edward, GHAFARIANHOSEINI, Amirhosein, GHAFARIANHOSEINI, Ali, TROMBLEY, Jeremy, HASSAN, Norhaslina, BAIG, Mirza, YUSMAH YUSOFF, Safiah & ISMAIL, Muhammad Azzam.** *A review on energy conscious designs of building façades in hot and humid climates: Lessons for (and from) Kuala Lumpur and Darwin*. 82, s.l. : En: Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier., 2018. pp. 2147-2161..
47. **THORNS, Ella.** Los refugios en los glaciares se construyen únicamente con madera. *Archdaily*. [En línea] 16 de enero de 2018. [Citado el: 28 de noviembre de 2018.] <https://www.archdaily.pe/pe/887037/este-refugio-en-los-glaciares-se-construye-unicamente-con-madera>. 9.
48. **AHANGARI, Maerefat.** *Sustainable Cities and Society*. 44, s.l. : En: Elsevier., 2019. pp. 120-129.
49. **COOK, J.** *Architecture indigenous to extreme climates*. 23, s.l. : En: Elsevier., 1996. pp. 277-291..
50. **AMANGANDI AGUILAR, A. R.** *Diseño de un sistema de climatización para el refugio del Chimborazo. Tesis de grado inédita*. Riobamba-Ecuador : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2012.
51. **BERNAL, C.** *Metodología de la investigación*. . s.l. : Pearson., 2006.
52. **H., GUTIÉRREZ M. y RUBIO.** *Captación pluvial en Chihuahua, una alternativa sustentable*. 1, Chihuahua : En: Tecnociencia Chihuahua , 2014, Vol. VIII. pp. 1-3.

53. **NUCLEAR, Foro.** Foro de la industria nuclear española. [En línea] 2016. [Citado el: 10 de enero de 2020.] <http://www.rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/tipos-de-energia-solar>.
54. **AC & CC. Ingenieros.** [En línea] 2018. [Citado el: 15 de enero de 2020.] <https://www.ac-cc.com/blog/que-se-necesita-para-usar-la-energia-solar>.
55. **INGEMECÁNICA.** *Ingeniería, consultoría y formación, Instalaciones Termosolares para la Producción de Agua Caliente Sanitaria A.C.S.* [En línea] [Citado el: 15 de enero de 2020.] <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html>.
56. **ROTOPLAS.** *Biodigestores.* [En línea] [Citado el: 20 de enero de 2020.] <https://www.rotoplas.com.ar/biodigestores/>.
57. **ALUMINIO, Revista.** [En línea] 2014. [Citado el: 20 de enero de 2020.] 20 de enero de 2020]. <http://revistaaluminio.com/technoform-bautec-en-la-nueva-serie-st-de-sosoares/>.
58. **CLIMÁTICO, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio.** *Global climate change.* [En línea] [Citado el: 28 de noviembre de 2018.] <https://climate.nasa.gov/evidence/>. 10.
59. **SPIEGEL.** *Desdemona Desesperacion. Desdemona Desesperacion.* [En línea] 06 de julio de 2012. [Citado el: 29 de noviembre de 2018.] <http://www.desdemonadespair.net/2012/07/bavaria-glaciers-could-disappear-in-30.html>. 12.
60. **IMPETU,** 2016 [En línea][fecha de consulta: 4 de abril de 2019]. Disponible en: https://issuu.com/impetu/docs/impetu_31_de_mayo_de_2016_c/11
61. **SUNEARTH TOOLS.** *Herramientas para consumidores y diseñadores de energía solar,* 2019 [En línea][fecha de consulta: 8 de noviembre de 2019]. Disponible en: https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php#chartC

ANEXOS