

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y ARTES
Sección de Post Grado y Segunda Especialización

**SISTEMA SOLAR PASIVO MÁS EFICAZ PARA CALENTAR
VIVIENDAS DE DENSIDAD MEDIA EN HUARAZ**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO MAESTRO EN CIENCIAS
CON MENCIÓN EN ARQUITECTURA - SISTEMAS
CONSTRUCTIVOS**

MIGUEL RONALD CORRALES PICARDO

ASESOR: MG. ARQ. MARIO SEGAMI SALAZAR

Lima, Perú

2012

DEDICATORIA

A mis padres Miguel y Riol

AGRADECIMIENTO

Al Arq. Mario Segami Salazar el que me asesoró en forma desinteresada.

RESUMEN

La ciudad de Huaraz – Perú – a una latitud Sur 9.5° y a 3100 msnm, tiene un clima frígido durante todo el año y las viviendas no tienen el confort térmico adecuado. Generalmente los cierres envolventes tienen un mal aislamiento térmico y existe un inadecuado uso de la energía solar para el calentamiento de las viviendas, el mismo que es abundante en la zona

El objetivo de la presente investigación fue “determinar el sistema solar pasivo más eficaz para calentar viviendas de densidad media que se adapte a las condiciones ambientales y a los aspectos culturales de la ciudad de Huaraz”. Para tal efecto, se examina los diferentes sistemas solares pasivos para aplicarlos en calentar viviendas de densidad media sobre un terreno normativo mínimo que se encuentran dentro la ciudad, de tal manera, que sean concordantes con las condiciones culturales y climatológicas de Huaraz. El método ha consistido en diseñar 5 viviendas solares pasivas similares, pero con diferente sistema de calentamiento solar pasivo y relacionarlas con una construcción típica existente. Para evaluarlas energéticamente, se utilizó dos métodos de análisis de simulación correlativa.

Como la trayectoria del sol en su recorrido del este al oeste, es casi perpendicular a la zona de estudio y éste se inclina levemente en diciembre al Sur y un poco más en junio al Norte; se ha obtenido el resultado de que las edificaciones, para captar mejor la radiación solar, deben orientar sus aperturas en fachadas opuestas con orientación Este-Oeste, donde se obtiene un mejor rendimiento térmico, que cuando se orienta al Norte-Sur. Así mismo, para las condiciones ambientales de Huaraz, todas las viviendas solares pasivas en cualquier orientación, con pérdidas térmicas globales de 1.3 a 1.7 $W/m^3h^\circ C$, para los habitantes, son confortables o semi confortables. La vivienda que tiene el mejor comportamiento térmico, en relación a los aspectos ambientales y culturales de los habitantes de Huaraz, es la vivienda con sistema solar pasivo directo que utiliza ventanas y claraboyas; en segundo orden se ubican las viviendas de patio cubierto.

Palabras clave: energía solar, viviendas solares pasivas, confort térmico, inercia térmica, método correlativo de análisis, comportamiento térmico.

ABSTRACT

Huaraz's city – Peru - to Southern latitude 9.5° and 3100 m above sea level, he has a frigid climate all year round. Generally the encircling closings have a bad thermic isolation and an inadequate use of the solar energy in order to the heating of the housings, the same one that is abundant in the zone exists.

The objective of this investigation was “to determine the passive solar system more efficacious to warm up halfway- density housings that he become adapted to the environmental conditions and to the cultural aspects urban of Huaraz”. In order to such effect, he examines different passive solar systems stop to apply them in warming up halfway- density housings on an earthly minimal set of rules that find inside the city, in such a way, that they be agreeing with Huaraz's cultural and climatological conditions. The method has consisted in designing 5 solar passive similar housings, but with different system of solar passive heating, relating them to a typical existent construction. In order to evaluate them energetically, two methods of analysis of correlative simulation were utilized.

Like the trajectory of the sun in his journey of the East-West, he is approximately perpendicular to the survey area and this has a liking towards lightly in December the South and a little more in June to the North; the result that edifications, to gain the solar radiation better, must guide his openings in facades opposed with orientation has obtained East-West itself, where a better thermal efficiency is obtained, than when he gets his bearings to the Norte-Sur. Likewise, for environmental Huaraz's conditions, all the solar passive housings in any orientation, with thermic global losses of 1,3 to 1,7 $W/m^3 h^{\circ}C$ they are comfortable or half-way comfortable for inhabitants. The housing that has the best thermic behavior, in relation to Huaraz's inhabitants' environmental and cultural aspects, is the housing with solar system direct liability that utilizes windows and skylights; in second order they locate the housings of covered courtyard.

Key words: Solar energy, solar passive housings, thermic comfort, thermic inertia, correlative method of analysis, thermic compoment.

ÍNDICE

INTRODUCCION	1
Objetivos	3
Hipótesis	3
Estructura de la investigación	5
CAPITULO I	
MARCO TEÓRICO	6
1.1 Antecedentes	6
1.1.1 Senamhi	6
1.1.2. Beltrán	6
1.1.3 Hertz	11
1.1.4 Rozis	15
1.1.5 Salvador y otros	16
1.1.6 Valera	16
1.1.7 Junta de Acuerdo de Cartagena	16
1.2 Bases teóricas	19
1.2.1 La vivienda solar pasiva.	19
La arquitectura bioclimática	19
Forma y distribución de la vivienda	22
Los sistemas solares pasivos.	24
1.2.2 Aspectos socio culturales	48
1.2.3 Aspectos geográficos.	54
La geografía del lugar.	55
Cálculo del sol en el cielo.	55
1.2.4 Aspectos climáticos.	57

La radiación solar.	57
La temperatura del aire.	60
La humedad relativa.	61
El viento.	62
Las precipitaciones.	63
1.2.4 El confort térmico	64
La confortabilidad.	64
Métodos de análisis del confort climático.	67
1.2.5 La transferencia del calor	73
Coeficientes de transmisión.	73
Intercambio superficial por convección y conducción.	74
Renovación del aire ambiente o infiltración.	76
Pérdidas de calor.	79
Capacidad e inercia térmica.	80
Aislamiento térmico en superficies envolventes.	84
Propiedades termofísicas de los materiales de construcción	90
Aporte de calor por acristalamientos	99
Aporte de calor por paredes opacas	101
Aporte de calor por la ocupación del edificio	103
1.2.6 Métodos de evaluación térmica en edificaciones	104
Métodos correlativos.	106
Métodos simplificados suplementarios.	116
Otros métodos.	118
Métodos dinámicos.	121

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS	123
2.1 Enfoque de la investigación	123
2.2 Contexto de la investigación.	123
2.3 Diseño de la investigación.	123
2.4 Universo y muestra	124
2.5 Recolección de datos.	125
2.6 Procedimiento y análisis de datos	126

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DEL CONTEXTO, VIVIENDAS TIPO Y COMPORTAMIENTO TÉRMICO	132
3.1 Factores geográficos de la ciudad de Huaraz.	132
3.1.1 Coordenadas geográficas	132
3.1.2 Relieve y topografía	132
3.1.3 Discusión	133
3.2 Factores culturales de la vivienda en Huaraz	134
3.2.1 Periodo prehispánico	134
3.2.2 Periodo hispánico a al año 1968	137
3.2.3 Periodo año 1963 a la actualidad	141
3.2.4 Discusión	148
3.3 Aspectos climatológicos en Huaraz.	150
3.3.1 Temperatura del aire.	151
3.3.2 Temperatura del suelo.	152
3.3.3 Humedad relativa.	153
3.3.4 Viento.	154
3.3.5 Precipitaciones.	154
3.3.6 Posición del sol y asolamiento	155
3.3.7 Radiación solar.	158
3.3.8 Discusión	164
3.4 Confort térmico en Huaraz.	167
3.4.1 Clima de Huaraz dentro en diagrama psicométrico.	167
3.4.2 Rangos de temperatura interior en las viviendas de Huaraz.	168
3.4.3 Discusión	171
3.5 Coeficientes de transmisión de calor en cierres envolventes	171
3.5.1 Pisos	172
3.5.2 Muros	173
3.5.3 Techos	175
3.5.4 Vidriados	176
3.5.5 Discusión	179
3.6 Sistemas solares pasivos en Huaraz.	180
3.6.1 Sistema solar pasivo directo	180

3.6.2	Sistema solar pasivo indirecto-Muro Trombe	185
3.6.3	Sistema solar independiente-Invernadero	189
3.6.4	Sistema solar pasivo de patio cubierto	194
3.6.5	Sistema solar pasivo mixto	203
3.6.6	Discusión	203
3.7	Estudio de viviendas tipo.	205
3.7.1	Condiciones exteriores	205
3.7.2	La forma de la edificación	208
3.7.3	Localización y distribución de ambientes	210
3.7.4	Concepción	212
3.7.5	Propuestas	217
3.7.6	Especificaciones técnicas	227
3.7.7	Discusión	229
3.8	Transferencia de calor, aportes e infiltración	230
3.8.1	Transmisión de la radiación solar por ventanas	230
3.8.2	Flujo de calor que ingresa por cierres opacos	231
3.8.3	Aportes por ocupación de la vivienda e infiltración	237
3.8.4	Discusión	239
3.9	Balances energéticos de viviendas tipo	241
3.9.1	Supuestos en el cálculo térmico	241
3.9.2	Balances energéticos en viviendas tipo	242
3.9.3	Resultados de los balances energéticos	246
3.9.4	Discusión	254
3.10	Determinación del mejor comportamiento térmico entre viviendas.	257
3.10.1	Comparación de rendimientos térmicos entre viviendas	257
3.10.2	Comprobación con el método Programa Grant-Ciclo 5	262
3.10.3	Discusión	262

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	267
4.1 Conclusiones	267
4.2 Recomendaciones	269

FUENTES DE INFORMACIÓN	272
ANEXOS	274
Anexo 1	Calculo térmico de viviendas V1, V2, V3, V4, V5 y V6 orientadas al Este-Oeste en el mes de Junio y Diciembre.
Anexo 2:	Cálculo de temperatura al interior del invernadero Ts - Vivienda V4 en los meses de junio y diciembre orientados al Este-Oeste
Anexo 3	Cálculo de la temperatura interior del Muro Trombe (Ts) de la Vivienda V3 en los meses de junio y diciembre orientado al Este-Oeste
Anexo 4	Cálculo térmico de viviendas V1, V2, V3, V4, V5 y V6 con fachadas orientadas al Norte-Sur en junio
Anexo 5	Calculo Térmico con el Programa Grant-Ciclo 5, de las viviendas V1, V2, V3 y V6 en el mes de junio orientadas al Este-Oeste.
Anexo 6	Radiación solar sobre una cubierta a 60° (V4) en marzo, junio, setiembre y diciembre.
Anexo 7	Planos de las viviendas tipo.

INTRODUCCIÓN

Huaraz es una ciudad ubicada en el Norte del Perú, a una distancia de 380 Km al norte de la ciudad de Lima y está sobre la Cordillera de los Andes, en medio del Callejón de Huaylas, con coordenadas geográficas de 9°31' de latitud Sur y de 77°31' longitud Oeste y está a una altitud de 3050 a 3100 m.s.n.m. Tiene un clima de altura, donde la temperatura ambiente promedio permanece constante durante el año con un valor de $14,3\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, con una mínima de $3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante las noches y una máxima de $23,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el día, que influenciados, por una humedad relativa promedio anual de 55% al mediodía y de 89% por las madrugadas, esto implica una suave temperatura durante los días al sol e inviernos por las noches. Cosa que es totalmente diferente a lo que sucede en las latitudes entre 25° y 50° cuyos climas son radicales en cada estación climatológica, calor en todo el verano y frío intenso durante el invierno.

Durante el día, en Huaraz, la transmisión de la temperatura del exterior soleado al interior sombreado - debido a la baja humedad - no es muy buena; existe una diferencia de alrededor de 5 a $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, esto hace que el habitante esté continuamente buscando el sol fuera de la vivienda; pero, como la radiación solar es fuerte, volverá luego a la vivienda, donde sentirá nuevamente frío, retornando luego al Sol y así sucesivamente, lo que trae consigo la contracción de enfermedades respiratorias. Por el contrario, durante las noches, por la excesiva humedad, se transmite mucho más el frío desde el exterior al interior.

Pese a que las exigencias actuales internacionales de calor al interior de las viviendas oscila entre los 19°C y 25°C , los pobladores de Huaraz no utilizan ningún tipo de energía para calentar sus viviendas; pues el bienestar se ha reducido a un problema de tener una cobertura donde vivir, no importa su calidad en torno a la temperatura interna de sus moradas. Las viviendas edificadas generalmente son de densidad media con dos niveles, se hacen en forma empírica y tradicional, más mirando a la ciudad de Lima que a las condiciones geográficas y climatológicas que impone el lugar. En latitudes entre los 0° a 15° , como en el caso de la ciudad de Huaraz, el recorrido del Sol durante el invierno es de Este a Oeste, con un ángulo de

inclinación orientado ligeramente al Norte (al mediodía: 58° en junio y 65° en mayo y julio), hace que ingrese muy poca radiación solar al interior de las edificaciones por el Norte. Por el contrario, en verano, el sol recorre el firmamento de Este a Oeste con una pequeña inclinación hacia el Sur (al mediodía: 76° en diciembre y 85° en octubre y enero), prácticamente no ingresa el sol a las viviendas por el Sur. Sin embargo, algunos hacedores de forma, continúan pensando en orientar las viviendas hacia el Norte solar, tomando como referencia la bibliografía de otras latitudes y por consiguiente, no logran obtener el confort térmico adecuado al interior de los espacios habitables.

El confort es el parámetro más importante dentro del diseño arquitectónico bioclimático; lograr bienestar físico y psicológico es el objetivo primordial al diseñar y construir cualquier espacio, pues cuando no se cuentan con las condiciones térmicas, de humedad, acústicas y lumínicas, nuestra eficiencia y productividad se reducen considerablemente. La falta de confort puede ocasionar graves trastornos físicos psicológicos y amenazan seriamente la salud. La Organización Mundial de la Salud señala que más del 70% de las enfermedades del aparato respiratorio se deben a los diseños inadecuados de las edificaciones.

El confort térmico adecuado se puede lograr construyendo viviendas solares pasivas, que son aquellas que se calientan utilizando medios sencillos para captar, almacenar, controlar y distribuir el calor solar en una edificación. Generalmente existen estudios y proyectos de viviendas solares pasivas en latitudes bajas entre los 25° y 50° de latitud Norte, muy poco se ha hecho en latitudes altas entre los 0° y 15° de latitud. Las investigaciones efectuadas en los países andinos y en especial en el Perú, son escasas, revelando que sólo se orientan a estudios teóricos y no prácticos.

Es necesario incentivar a la población a calentar las viviendas con el uso de un adecuado sistema solar pasivo, aprovechando la radiación solar abundante y sin costo, ya que calentar las viviendas, con energía eléctrica u otros combustibles, resulta caro. La vivienda bioclimática cuesta algo más de dinero que la vivienda convencional, al incorpora materiales de mayor calidad y una puesta en obra más cuidadosa; sin embargo, ahorra energía y proporciona mucho mayor bienestar.

La investigación brinda aportes metodológicos, teóricos y prácticos que permiten contribuir a mejorar la capacidad de abordaje para casos similares acordes a la realidad geográfica y climatológica. Los conceptos utilizados pueden aplicarse a

diseños de edificaciones nuevas y algunos de ellos podrán ser aplicados a construcciones ya existentes, ayudando a generalizar los resultados a principios más amplios. La investigación busca beneficiar a profesionales y a la población interesada en calentar las viviendas con el uso pasivo de la energía solar de la sierra norte peruana, de modo que se pueda construir y/o adecuar sus viviendas bajo éstos parámetros. Sirve como un elemento de divulgación de la utilización de la energía solar pasiva.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el sistema solar pasivo más eficaz para calentar viviendas de densidad media que se adapte a las condiciones ambientales y a los aspectos culturales de la ciudad de Huaraz”.

Objetivos específicos

Analizar los aspectos culturales relevantes en la construcción de viviendas de densidad media en la ciudad de Huaraz.

Describir y analizar los factores ambientales locales; analizar los sistemas solares pasivos que pueden ser aplicados en Huaraz.

Proponer y comparar viviendas tipo de densidad media calentada con diferente sistema solar pasivo.

HIPÓTESIS

Hipótesis central

El sistema solar pasivo más eficaz para calentar viviendas de densidad media en Huaraz es el sistema directo, que tiene el mejor comportamiento térmico en relación a los factores ambientales y culturales.

Hipótesis específicas

Los aspectos culturales relevantes en la construcción de viviendas de densidad media en la ciudad de Huaraz surgen del entorno histórico.

La descripción y el análisis de los factores ambientales locales condicionan la forma de la vivienda y dependen de los aspectos geográficos y climatológicos.

Para proponer y comparar energéticamente las viviendas tipo calentadas con diferente sistema solar pasivo, es requisito que tengan condiciones similares en su diseño.

Todos los sistemas solares pasivos pueden ser aplicados en Huaraz.

Variables

Variable independiente Está dada por “los factores ambientales locales”, que son los elementos geográficos y climatológicos que caracterizan a la ciudad de Huaraz, los mismos que inciden en las variables dependientes.

Los indicadores son los aspectos geográficos y climatológicos. Los Geográficos son: la latitud, la longitud, la altitud y el relieve. Los climatológicos son: la posición del sol en el cielo, el asoleamiento, la radiación solar, las precipitaciones, los vientos, la humedad relativa y la temperatura ambiente.

Variable dependiente Es el “mejor comportamiento térmico”, que es la contribución solar más óptima para calentar una vivienda expuesta a los efectos de la radiación solar en diferentes orientaciones.

Los indicadores son: el rango de confort térmico de los habitantes en Huaraz, los sistemas solares pasivos en Huaraz, el diseño de viviendas tipo, el balance energético, la contribución solar neta y la comparación energética entre las viviendas.

El diseño de vivienda tipo, tiene elementos similares de ubicación, distribución, área de piso, volumen de aire y de aislamiento térmico; contiene un sistema solar diferente que puede ser directo, indirecto, independiente y mixto.

Variable interviniente Es “los aspectos culturales”, que es el conjunto de manifestaciones que expresan la forma de edificar viviendas en la ciudad de Huaraz en su entorno histórico. Se operó para incluir aspectos culturales en el diseño de las viviendas tipo a proponer.

Los indicadores fueron: antecedentes tipológicos; sistemas y materiales empleados; usos y formas asociadas; cambios introducidos por tradiciones y costumbres; influencia de modelos externos y efectos de la normatividad.

ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio tiene IV capítulos. El capítulo I describe los antecedentes de estudios efectuados en el Perú y la revisión bibliográfica para abordar entre otros el contexto, los factores culturales, los sistemas solares pasivos, el confort térmico y los métodos de evaluación térmica en las edificaciones.

En el II capítulo, indica los materiales y métodos que se emplearon en la investigación. Se propone dos diseños de investigación: en la primer etapa un tipo de investigación “no experimental de tipo cualitativa” y en una segunda etapa del tipo “cuasi experimental” de tratamiento múltiple de varios grupos.

En el III capítulo, que es la parte medular, se analiza el contexto en relación a los sistemas solares pasivos, las viviendas tipo y su comportamiento térmico. Aquí se efectuó la concepción y el diseño de 5 viviendas tipo de densidad media con similares características pero con diferente sistema solar pasivo para relacionarlas con una vivienda típica existente. Se analizó la transferencia de calor por la superficie envolvente, los aportes interiores de calor e infiltraciones del aire exterior. Las viviendas tipo, se somete a dos diferentes métodos de balances energéticos y se determina por comparación, qué vivienda tiene el mejor comportamiento térmico en relación a los aspectos locales. Para procesar la información y obtener los resultados, se elaboró dos programas de cómputo en Microsoft Excel que permitieron efectuar las simulaciones energéticas por métodos correlativos diferentes.

En el IV capítulo se da las conclusiones del presente estudio así como las recomendaciones pertinentes.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Senamhi

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, utilizando modelos de estimación de la irradiación solar confeccionó el Atlas de Energía Solar del Perú¹, que contiene mapas promedio de energía solar incidente diario a nivel mensual sobre la energía solar incidente horizontal en el territorio peruano en base a un período comprendido entre los años 1975 a 1999. En el mapa de Energía Solar Incidente diario, el promedio diario anual para Huaraz es de 5500 KWdía/m² y para cada mes, se presentan en la tabla 1:

Tabla 1: Energía solar incidente diaria en Huaraz en KWdía/m²

VALOR	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIO
Mínimo	5000	5500	5500	5500	5000	4500	5000	5000	5500	6000	6000	4500	5250
Máximo	5500	6000	6000	6000	5500	5000	5500	5500	6000	6500	6500	5000	5750
Medio	5250	5750	5750	5750	5250	4750	5250	5250	5750	6250	6250	4750	5500

Fuente: SENAMHI. Atlas de Energía Solar del Perú

1.1.2 Beltrán²

Efectuó un trabajo de investigación en Puno, una ciudad típica con clima y geografía de muchas ciudades andinas. La hipótesis³ planteada fue: “El patio cubierto es el sistema solar pasivo que tiene mejor performance en las ciudades andinas”.

El estudio tiene seis capítulos⁴. El capítulo II y III analiza las consideraciones esenciales para proponer el sistema solar pasivo más adecuado. El IV capítulo

¹ SENAMHI. 2003. Atlas de Energía Solar en el Perú. Lima 2003.p.11.

² BELTRAN LILIANA. 1985. Hacia una Respuesta Arquitectónica de Tecnologías Ambientales en Puno, Perú”. Tesis de Master en Arquitectura. Universidad de Oregón. p.1. (Traducción)

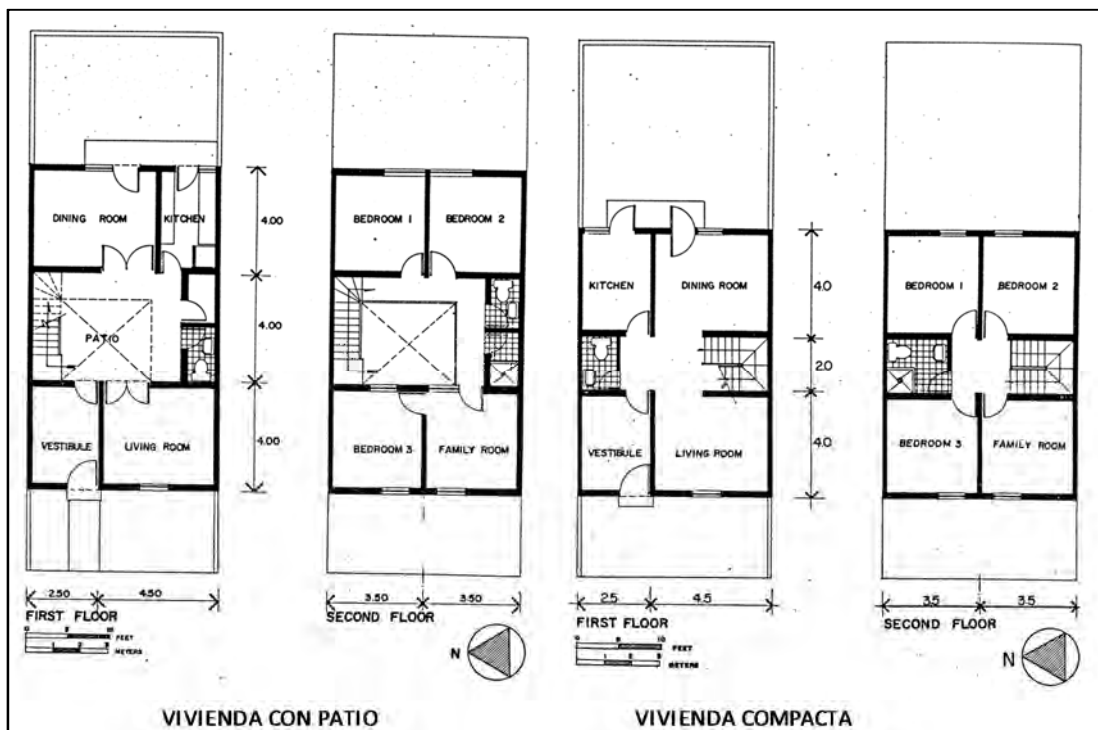
³ Ibíd.p.2

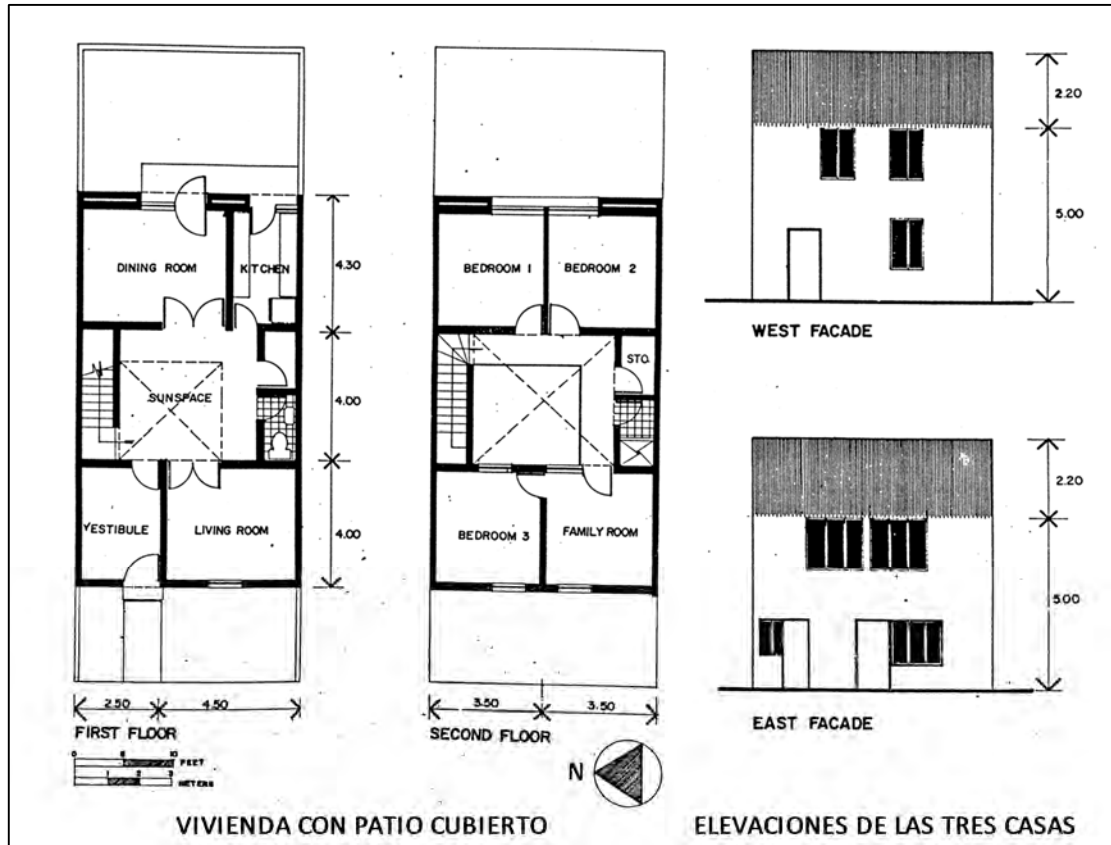
⁴ Ibíd.p.4

desarrolla este sistema solar pasivo y el V describe las aplicaciones de éste sistema para residencias de grupos de gente. El II capítulo analiza dos casas típicas existentes: la tradicional casa de patio abierto y la casa compacta contemporánea y determina los elementos arquitectónicos disponibles, para formular el sistema solar pasivo que no cambie las configuraciones de las casas existentes. El III capítulo, describe las relaciones entre el sol y la tierra, en particular las principales características climáticas que actúan sobre Puno, Perú. El IV capítulo, que es la parte principal del estudio, tiene dos partes. En la primera parte, los sistemas solares pasivos de los Estados Unidos son adaptados a las condiciones climáticas de los Andes y a los métodos locales de construcción. Esto determinó que el sistema de patio cubierto tuviese la más alta ganancia solar neta. La segunda parte evalúa térmicamente tres tipos de casas: la casa de patio descubierto, la casa compacta y la casa de patio cubierto (Fig.1).

Con la evaluación térmica basada en el cálculo de la perdida y ganancia de calor diario, se determina que el patio cubierto tiene el mejor performance térmico. El V capítulo - analiza el acceso solar para patios cubiertos y propone su uso en otros tipos de edificios.

Fig. 1: Viviendas analizadas en Puno





Fuente: BELTRÁN, p.84 a 87

El análisis para evaluar el performance del patio solar cubierto⁵, fue basado en el principio de balance de energía. Todo lo que se gana en el invernadero (dado por la radiación solar), luego se pierde (transferido) dentro y fuera o dentro de la casa (cuarto adyacente). Durante las horas de la luz del día (7 am-5 pm) el fluido de calor del invernadero es más caliente que la temperatura del cuarto adyacente (caliente al frío) debido a que la temperatura en el invernadero es más caliente que la temperatura del cuarto adyacente, el fluido de calor pasa del cuarto adyacente al invernadero (Fig.2). La fórmula usada para evaluar el rendimiento térmico del invernadero se basa en:

$$\text{Ganancia de Calor} = \text{Pérdida de Calor}$$

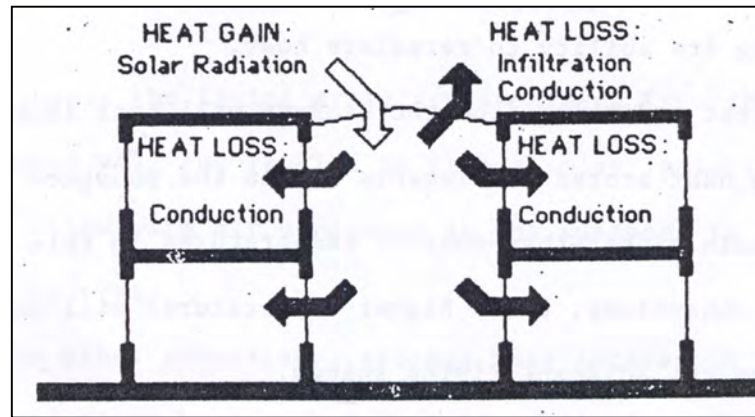
La Ganancia de Calor (dada por la radiación solar) = Pérdida de Calor (hacia afuera y dentro de la casa) dada por la conducción e infiltración.

$$R \cdot Ar = U_w \cdot Aw \cdot (T_{sa} - T_a) + U_r \cdot Ar \cdot (T_s - T_o) + ACH \cdot V \cdot (T_s - T_o) \quad \text{Ecuación 1}$$

⁵ Ibíd.p.126

R= radiación solar.	U= valor de U	Ts=temperatura invernadero
Ar= área de colector.	Aw= área de muros.	Ta=Temp. cuarto adyacente
To= Temp. exterior	ACH=cambio aire/ hora	V= volumen del invernadero

Fig. 2: Balance de energía en invernadero



Fuente: BELTRAN.p.127

La ganancia neta de flujo de calor puede ser expresada en “ganancia de calor” menos “pérdidas calor”, como sigue:

$$Q \text{ (ganancia)} - Q \text{ (pérdidas)}$$

Ecuación 2

Para calcular las ganancias y pérdidas de calor se procede⁶:

- Para la casa tradicional de patio:
 - Ganancia total de calor:
 - Ventanas: fachadas exteriores y del patio= shgf x AV
 - Muros: fachadas exteriores y del patio=FCM x AM
 - Techos= FCT x AT
 - Ganancia interna: gente, iluminación y equipamiento.
 - Pérdidas de calor:
 - Infiltración: PI x Δt
 - Ventanas: fachadas y patio= AV x UV x Δt
 - Muros: fachadas y patio = FC muros x Δt
 - Techos: A techos x U x Δt
 - Borde de piso: fachadas y patio= BP x factor de pérdida.
- Para las casa compacta:

⁶ Ibíd.p.184

Ganancia de calor:

- Ventanas: fachadas= $shgf \times A$ ventanas
- Muros: fachadas= FC muros $\times A$ muros
- Techos= $FC \times A$ techos
- Ganancia interna: gente, iluminación y equipamiento.

Pérdidas de calor:

- Infiltración: $CI \times \Delta t$
- Ventanas: fachadas= A ventanas $\times U$ ventanas $\times \Delta t$
- Puertas: fachadas y patio = A puertas $\times U$ puertas $\times \Delta t$
- Muros: fachadas = FC muros $\times \Delta t$
- Techos: A techo $\times U$ techo $\times \Delta t$
- Borde de piso: fachadas = perímetro \times factor de pérdida.

- Para la casa con patio cubierto:

Ganancia de calor:

- Ventanas: fachadas = $shgf \times A$ ventanas
- Patio = 16 m², 50% apertura, 0.20 m de muro de ladrillo
- Muros: fachadas = FC muros $\times A$ muros
- Techos= FC techos $\times A$ techos
- Ganancia interna: gente, iluminación y equipamiento.

Pérdidas de calor:

- Infiltración: $CI \times \Delta t$.
- Ventanas: fachadas = A ventanas $\times U$ ventanas $\times \Delta t$
- Patio: infiltración y conducción por área colector techo.
- Puertas: fachadas = A puertas $\times U$ puertas $\times \Delta t$
- Muros: fachadas = A muros $\times U$ muros $\times \Delta t$
- Techos: A techo $\times U$ techo $\times \Delta t$
- Borde de piso: fachadas= perímetro \times factor de pérdida.

Donde: A = área; $shgf$ = factor de transmisión de radiación solar del vidrio; FC = flujo de calor transmitido por elementos opacos; Δt = diferencia de temperatura entre ambiente interior y exterior); CI = cálculo de infiltración: volumen \times renovación del aire por hora $\times 0.335$. U = coeficiente de transferencia de calor de la superficie envolvente.

En su estudio, Beltrán llega a las siguientes conclusiones⁷: La edificación debe ser diseñada fuertemente en relación al sitio y clima. Un recurso mayormente inexplorado es el sol, que debe tener en cuenta cuando diseñamos edificaciones, especialmente en los lugares menos calientes pero con un gran potencial solar.

Al formular un sistema solar pasivo no se debe cambiar las configuraciones de las casas existentes. Las características climáticas tienen que analizarse para formular las estrategias para producir confort térmico. Se ha demostrado que en latitudes entre 16°N y 16°S, un colector horizontal, es más eficiente que un colector típico vertical.

El diseño de un invernadero (patio cubierto) ofrece gran flexibilidad y potencial para la máxima ganancia solar usando una superficie horizontal y usando modelos existentes. No es deseable la orientación de Norte a Sur de las casas en una manzana de la ciudad. En la orientación de Norte a Sur en las casas no es aconsejable tener ventanas, en cambio, en fachadas Este y Oeste se tiene la ventaja de ganancia solar durante las mañanas y tardes. Demuestra que el patio cubierto produce más ganancia solar que el patio tradicional o la casa compacta; el patio cubierto es el diseño solar pasivo con el cual se maximiza el performance solar en Puno, Perú.

El Reglamento de Construcciones del Perú debe regular el acondicionamiento térmico de cada edificación, especialmente en los climas más fríos. El cálculo de la ganancia y pérdida de calor, debe ser efectuado antes de construir las edificaciones. Se debe entrenar arquitectos, estudiantes y constructores con seminarios y trabajos demostrativos en forma útil en técnicas para calcular ganancias y pérdidas de calor. Conjuntamente con los beneficios de la calefacción, el espacio central facilita la interacción entre los miembros de la familia.

1.1.3 Hertz⁸

Opina que la temperatura de la atmosfera baja con la altura, en una relación aproximada de 1.8°C por cada 100 m de altura en el verano y ese mismo valor cada 120 m en el invierno. Este fenómeno es causa importante en las diferencias entre los climas del Perú. En la sierra también las pequeñas diferencias en altura del terreno crean modificaciones grandes en el microclima.

⁷ Ibíd.p.214 a 216.

⁸ HERTZ JOHN.1981. Diseño Bioclimático en la Arquitectura. Lima.p.9

Las desventajas de cada elemento climático son las siguientes⁹: (1) la temperatura sería una desventaja en los climas de calor o de frío, especialmente si es constantemente caluroso o frío; (2) el viento es una desventaja en los climas fríos, porque disminuye el calor más rápidamente que lo usual, especialmente por infiltración, que es la entrada del aire frío por las rendijas en construcción; (3) también en un clima caluroso y seco, el viento causa deshidratación en el cuerpo humano y eso no es saludable; (4) la humedad sería una desventaja especialmente con el calor; (5) la precipitación sería una desventaja cuando cae en grandes cantidades o con fuerza; (6) el Sol es una desventaja en climas calurosos y presenta un problema muy significativo.

Las ventajas de cada elemento climático son las siguientes¹⁰: (1) la temperatura sería una ventaja cuando se encuentra en la “zona de confort” o tiene suficiente variación durante el día y la noche como para permitir la nivelación de ésta fluctuación diurna para enfriar o calentar; (2) el viento es una ventaja en climas calurosos y húmedos y cuando existe suficiente humedad en climas calurosos y secos; (3) el Sol es una ventaja en climas fríos y frescos para proveer calefacción pasiva; (4) la humedad o la falta de humedad en climas calurosos, sería una ventaja, porque con el aumento del nivel de humedad bajará la temperatura significativamente; (5) la precipitación o falta de precipitación sería una ventaja en la simplificación de detalles de entrada de agua; y (6) la utilización de estas ventajas y la disminución de las desventajas climáticas es la base del diseño bioclimático. Cada ventaja puede ser acomodada en el diseño, como por ejemplo, el sitio, la orientación, la ventanearía, la construcción y los materiales.

Existe, básicamente, cinco zonas de calidad de comodidad definidas por la temperatura¹¹: (1) zona fría - menor de 5 grados - la mejor solución es la separación del ambiente externo. (2) zona fresca - cinco grados hasta quince - con mucho potencial para calefacción solar pasiva; (3) zona confortable - condiciones de comodidad - que indican sólo la necesidad de nivelar temperaturas del interior con el exterior para confort. (4) zona caliente - 27 a 35°C - se puede enfriar con sistemas pasivos; (5) zona calurosa - más de 35°C - y especialmente en combinación con alta

⁹ Ibíd.p.14

¹⁰ Ibíd.p.15

¹¹ Ibíd.p.16

humedad, una condición muy difícil de combatir; en este caso la mejor solución es la separación.

Si hay una necesidad predominante de calefacción¹², a causa de condiciones frías o frescas, lo que se debe hacer es calentar y reducir al mínimo la pérdida de calor. Si hay condiciones calientes o calurosas hay una necesidad predominante de enfriamiento; en este caso se debe de reducir al mínimo la ganancia de calor y aumentar la ventilación natural. Para condiciones de confort, la solución consiste en nivelar las condiciones exteriores e interiores.

Existen¹³ dos causas en la pérdida de calor en edificaciones de climas fríos, pérdida de calor por transmisión y pérdidas por infiltración. En tiempos fríos¹⁴, existe la posibilidad de ganar calor por medio de la energía solar para compensar las pérdidas de ganancia de calor. Con un buen diseño se puede aumentar la temperatura interna sin necesidad del uso de combustible. Para calcular la ganancia de calor, es necesario determinar la orientación de las ventanas y tragaluces, sus superficies y la ganancia promedio de cada orientación. La siguiente fórmula es usada para por cada orientación:

$$W = Sv \cdot Rs * T \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde: W=ganancia; Sv superficie del vidrio en m²; Rs= Radiación solar en W/m2 (orientación), T=% de transmisividad (coef.)

En climas calientes, para la cubierta¹⁵ el cálculo es un poco más complicado, porque depende de una temperatura equivalente.

$$W = Sv \cdot U \cdot Teq \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde: W ganancia; U= valor del coeficiente global de transferencia de calor; Teq=temperatura equivalente en vez de Δt .

Para un diseño bioclimático, aplicado en la ciudad de Huancayo, situada en una latitud 12°Sur y a una altitud de 3 550 m. efectúa las siguientes recomendaciones

¹² Ibid.p.16

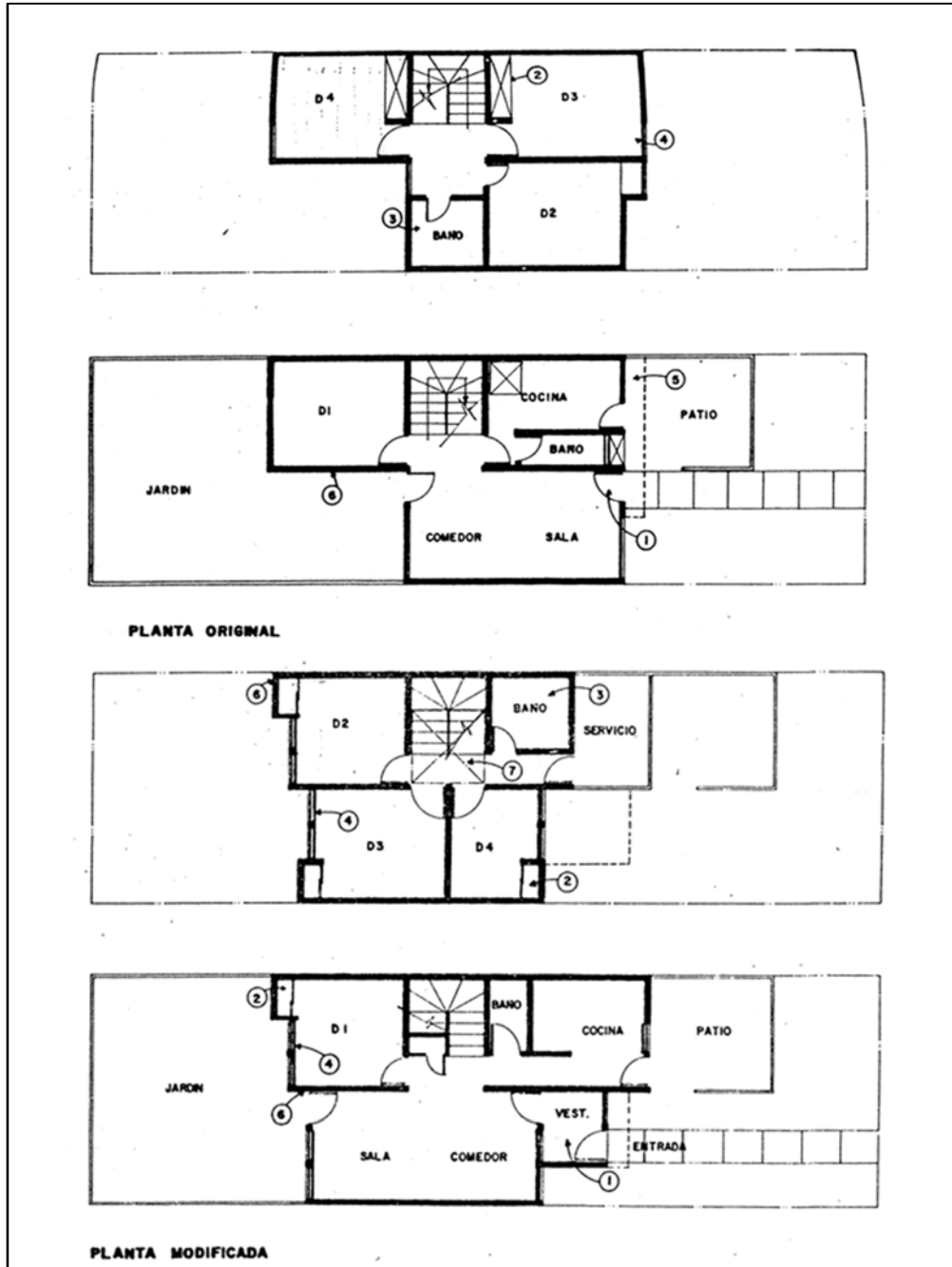
¹³ Ibid.p.41

¹⁴ Ibid.p.45

¹⁵ Ibid.p.49

climáticas¹⁶: (1) mantener el calor adentro y el frío afuera – aislamiento; (2) permitir y facilitar la entrada del Sol – ganancia; (3) proveer un sistema para almacenar calor – almacenar; (4) nivelar la oscilación diurna de las temperaturas interiores - masa térmica.

Fig. 3: Plantas de viviendas analizadas



Fuente: HERTZ p.83-84

¹⁶ Ibid.p.80

Este desarrollo es de casas unifamiliares en lotes individuales¹⁷. Los lotes son alargados y ubicados uno junto al otro. La construcción abarca la parte central con espacios para jardín al fondo y una entrada al frente. Las casas son de dos pisos y están diseñadas para una construcción por partes. Para una máxima ganancia de energía solar por las lunas de las ventanas al interior, los lotes deben de estar orientados en la dirección Este-Oeste.

Analiza un diseño de vivienda (planta original) y propone otra (planta modificada) tal como lo muestra la Fig.3 indicando que, los siguientes cambios mejorarán el nivel de confort para los ocupantes¹⁸: (1) vestíbulo - para bajar radicalmente la pérdida de calor cuando se abre la puerta principal; (2) closets - reubicación al exterior para aumentar el valor aislante y reducir las pérdidas de calor; (3) baño - reubicación encima de la cocina para formar un centro de servicios y minimizar la tubería; (4) vidrio - el uso de contraventanas para bajar la pérdida de calor durante la noche por transmisión y también por infiltración; (5) voladizo - la eliminación de superficie excesiva para bajar la pérdida de calor por transmisión del piso; (6) paredes - el uso de bloques de arcilla con huecos en vez de ladrillos sólidos, porque la cámara de aire atrapada en la pared, aumenta la resistencia contra la pérdida de calor por transmisión; (7) tragaluz - el uso de un tragaluz en la escalera para admitir la energía solar al piso bajo, este vidrio necesitará también una contraventana para reducir la pérdida de calor durante la noche.

Con estos cambios, realizó el balance energético sin considerar la ganancia de calor que se puede obtener por la transmisión de los muros opacos y los generados por la ocupación de la edificación; dando como resultado, que en el mes de junio, obtuvo para la vivienda del diseño original una pérdida de 9664 W/h y una ganancia máxima de 3030 W/h; en el diseño modificado, suponiendo que las contraventanas estén cerradas durante 16 horas, arroja pérdidas por 5111 W/h y una ganancia máxima de 4276 W/h.

1.1.4 Rozis¹⁹

Explica 9 casos de instalaciones solares; pero ninguna de vivienda, entre ellas el criadero de aves de Ancopaccha en el Perú en una latitud de 12°S. Expone la teoría

¹⁷ *Ibíd.*p.81

¹⁸ *Ibíd.*p.82

¹⁹ ROZIS JEAN-FRANCOIS.1997. "Calefacción Solar para Regiones Frías", Edic. GERES, Lima.

de los fenómenos físicos involucrados en el calentamiento solar. Propone para diferentes latitudes, diagramas solares cilíndricos con indicadores de radiación, que sirven para efectuar cálculos térmicos de edificaciones. Propone un método simplificado manual de cálculo de instalaciones solares pasivas mes a mes, que consiste en: (1) calcular las pérdidas de calor a través de los cerramientos exteriores; (2) calcular las pérdidas de calor por renovación del aire; (3) calcular los aportes solares directos e indirectos que pueden hacerse por medios gráficos o directo en función a los datos climáticos, donde se introduce un factor de rendimiento; (4) determinar la temperatura interior promedio; (5) determinar las variaciones diarias de la temperatura interior; y (6) determinación de las necesidades de calefacción complementaria.

1.1.5 Salvador y otros²⁰

Proponen una vivienda campestre de un solo nivel para estudiantes, ubicada en el valle del Mantaro a una latitud de 12°S. La forma es octogonal con un invernadero central para captar y almacenar la energía solar. El rendimiento de la calefacción solar llega a cubrir el 76.55% de la necesidad.

1.1.6 Valera²¹

Aporta un diagrama psicométrico para la Sierra Norte peruana, así como conceptos helio técnicos y de transferencia del calor.

1.1.7 Junta de Acuerdo de Cartagena²²

Hace presente que en la zona tropical las condiciones atmosféricas no son constantes, lluvia en temporadas y cambios diarios. En cambio en zonas templadas las estaciones son marcadas (Fig. 4 y 5).

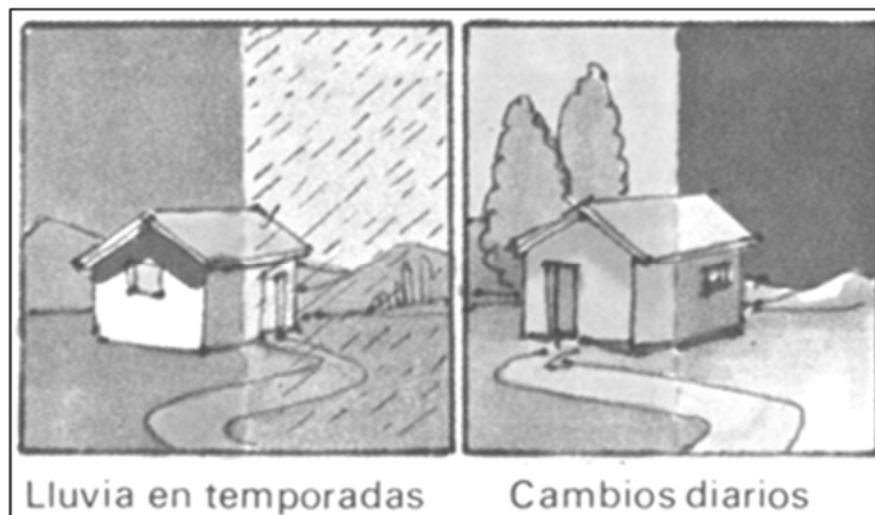
²⁰ SALVADOR V. CARMEN y otros. 1982. Diseño Bioclimático – Vivienda de Estudiantes del Instituto Sierra de la Universidad Nacional La Molina"-Lima.

²¹ VALERA ANÍBAL. 1993. "Energía Solar I", Editor V. Guzmán, Lima.

²² JUNTA DE ACUERDO DE CARTAGENA.1980. Cartilla de construcción en madera, Edit. Colina, Colombia p.9.3

La cartilla de la Junta de Acuerdo de Cartagena, recomienda que la construcción de viviendas, en climas fríos de altura, deben ser de plantas cerradas y compactas, los techos sean inclinados y protegidos contra las intensas lluvias, que las viviendas estén juntas para protegerse evitando la acción del viento y ayuda a mantener una temperatura interior superior a la del medio ambiente, que las aperturas permitan el máximo ingreso del sol las que deben ser cerrables y aislantes en las noches; espacios externos e internos asoleados con la máxima protección del viento; que los vanos se orienten al Este y Oeste evitando el Norte o Sur para utilizar la radiación solar, incrementando la temperatura ambiental interna y un aislamiento térmico de los cerramientos absorbentes de calor.

Fig. 4: Diferencia del clima en la zona tropical en alturas



Fuente: Junta de Acuerdo de Cartagena.p.9.3

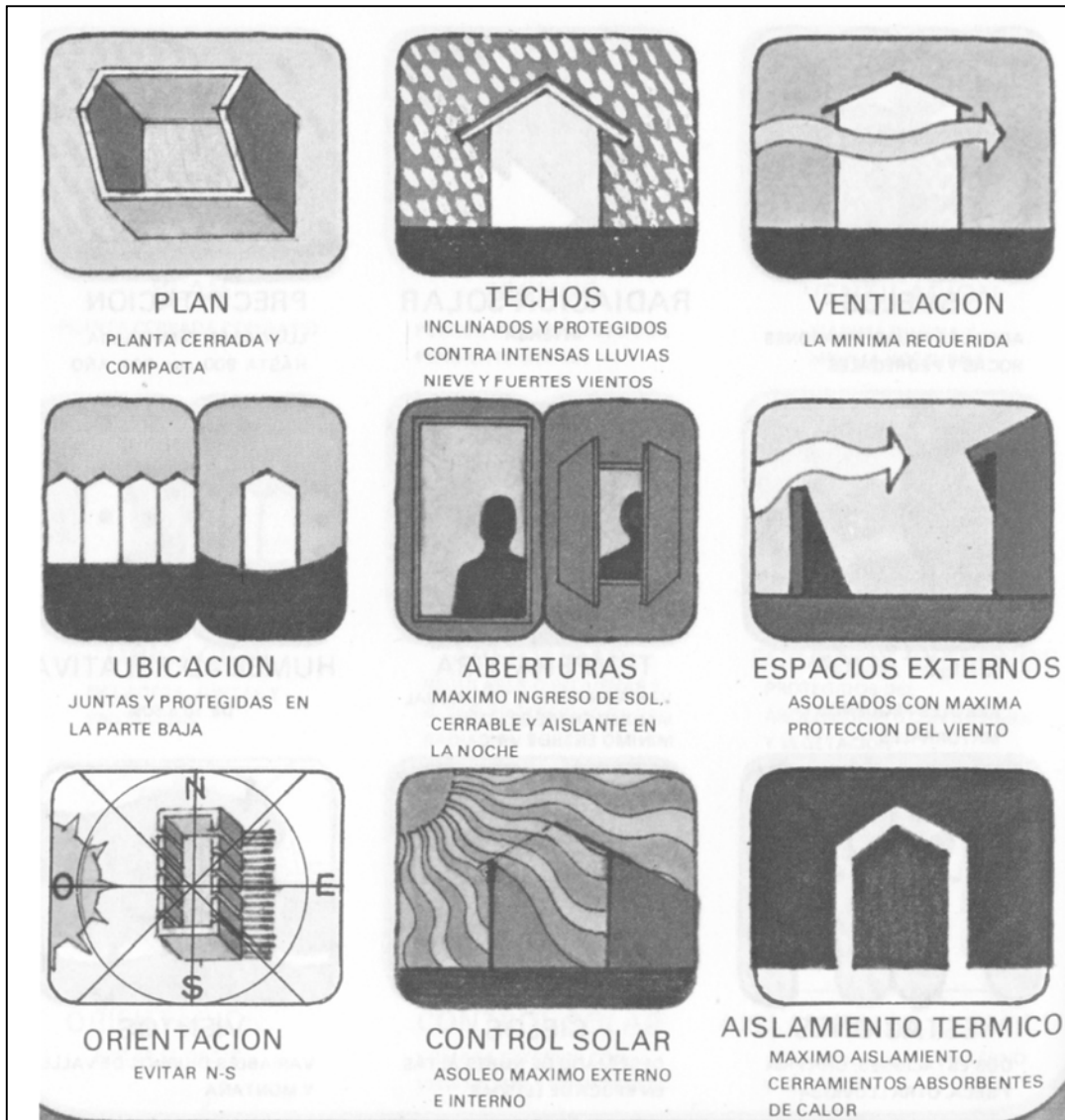
Fig. 5: Diferencia del clima de zonas templadas



Fuente: Junta de Acuerdo de Cartagena.p.9.3

En la Fig.6, se establece criterios sobre la protección del clima para lugares fríos en países andinos.

Fig. 6: Protección en climas fríos de altura



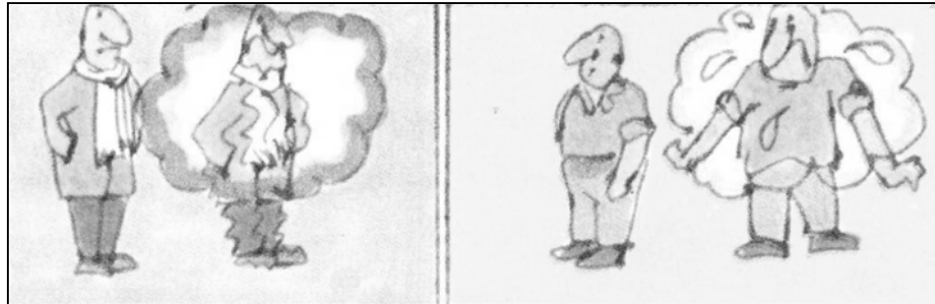
Fuente: PRDT-REFORT.JUNAC .p.9.25

La humedad²³ del aire exagera las condiciones de comodidad del ser humano para temperaturas altas y bajas (Fig.7). Cuando existe demasiada humedad se

²³ Ibid.p.9.8

incrementa la sensación de frío en invierno y en verano aumenta la sensación de calor.

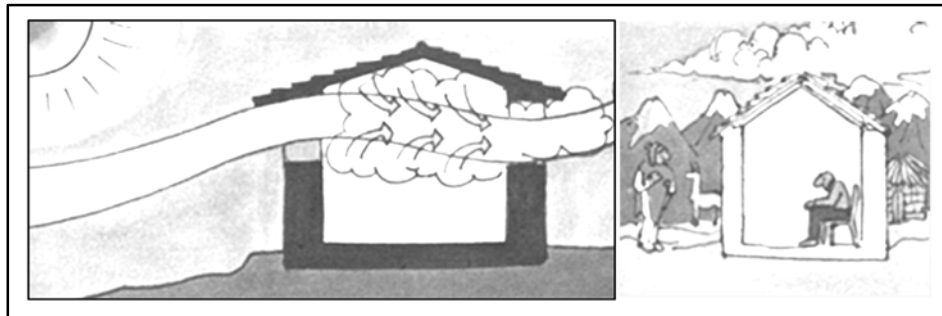
Fig. 7: Exageración de las condiciones de comodidad por la humedad en temperaturas bajas y altas en invierno y verano



Fuente: PRDT-REFORT.JUNAC .p.9.8

En climas húmedos en que se quiera liberar la humedad ambiental interna debe existir un gran aislamiento que no impida la ventilación, a la vez que aisle el interior del exterior de una edificación. El máximo aislamiento, se obtiene con empleo de cerramientos aislantes y absorbentes de calor en climas secos, también en climas cálidos como fríos (Fig. 8).

Fig. 8: Gran aislamiento en climas húmedos que no impida la ventilación



Fuente: PRDT-REFORT.JUNAC .p.9.8

1.2 BASES TEÓRICAS

1.2.1 La vivienda solar pasiva

1.2.1.1 La arquitectura bioclimática

La arquitectura bioclimática o arquitectura solar pasiva es la fusión de los conocimientos adquiridos por la arquitectura tradicional a lo largo de los siglos, con las técnicas más avanzadas en el confort y en el ahorro energético. El objetivo de la

misma es cubrir las necesidades de sus habitantes con el menor gasto energético, independientemente de la temperatura exterior, para lo cual se diseña la edificación con un doble fin: de ganar todo el calor solar posible en invierno y evitar el calor en verano. Para ello, se trata de estudiar a conciencia tanto el diseño de la edificación como los materiales a utilizar con miras a dar origen a una edificación ahorradora y muy confortable. Esto se consigue mediante el aislamiento, dimensiones razonables, orientación y aberturas adecuadas, aprovechamiento de los recursos y de la energía del entorno. Una casa bien aislada pierde la mitad de calor y si está bien orientada y con aberturas convenientes, gana 3 veces más energía que una casa convencional, con lo que sumados ambos conceptos es posible gastar 6 veces menos energía que una casa convencional.

Steadman²⁴ hace presente, que no son las regiones ecuatoriales las más favorables para utilizar la energía solar; son regiones húmedas y con el cielo generalmente cubierto. Las bandas situadas entre latitudes 15° y 35° son bastante adecuadas, tanto en el hemisferio Norte como en el Sur, en términos generales, el clima más apropiado para tener calefacción solar es aquel que tenga temperaturas frías en invierno, pero con abundante Sol al mismo tiempo, condiciones que se dan generalmente en las latitudes altas; pero no siempre ni de una manera regular. Indica que cuando menor sea el factor U (coeficiente de transmisión calórico), mayor será el aislamiento. Para que el área de la superficie exterior sea lo menor posible, deberá tener una forma compacta.

El efecto invernadero, consiste en que la temperatura interior se eleva por encima de la exterior con el sol como única fuente de calor. Que en latitudes altas, en invierno la pared orientada al medio día al Sur, es la que recibe más radiación solar debido a que existe bastante inclinación del Sol y en verano es la ubicada al Oeste; la orientación Este, está en segundo lugar, por lo que, en plantas rectangulares sencillas, la forma más conveniente, es la alargada en dirección Este - Oeste. Debe tenerse en cuenta, no sólo el calor del sol, sino también el efecto de sombra, vistas y la mejor orientación con respecto a los vientos de la zona.

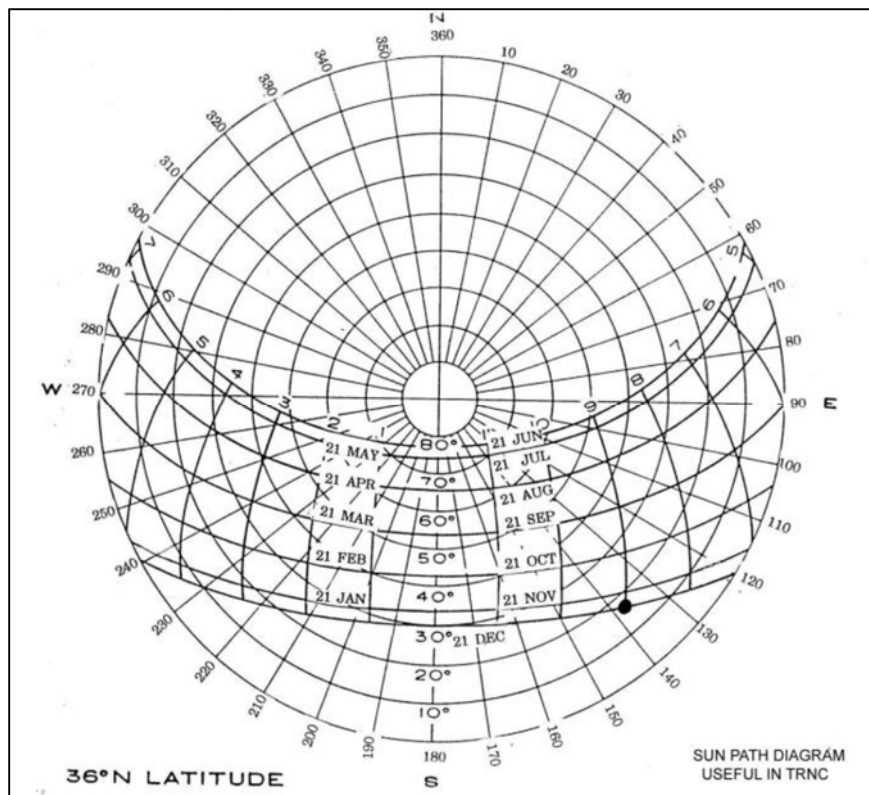
La absorción o reflexión del calor está relacionado con el color de las superficies; el almacenamiento del calor solar, es una de las características más importantes de

²⁴ STEADMAN PHILIP. 1988. Energía, medio ambiente, y edificación". Edit. Grefol S.A. 3ª edición Madrid.

estos sistemas, de tal manera que durante el día absorban el calor y lo expulsan por la noche. En términos generales, se puede almacenar el calor de dos maneras: 1) calentando grandes masas de material de alta "inercia térmica" como el concreto, piedras, metales, etc.; y 2) utilizando grandes depósitos de agua. El tamaño del edificio, clima y demanda del calor a abastecer, son los tres factores que determinan en gran medida la superficie del colector y la capacidad térmica del almacenamiento del calor.

La utilización de la energía solar para calentar viviendas, no es cosa nueva, sin embargo, las investigaciones y experimentaciones llevadas a cabo con viviendas que utilizan los sistemas solares pasivos y activos, se dan en las latitudes cerca de los polos, entre los 30° y 50° (generalmente al Norte), casi no existe en latitudes entre los 0° a los 15°. Si analizamos el globo terráqueo, los únicos países que están cerca al Ecuador terrestre y tienen montañas altas con fríos de tipo polar son Perú, Ecuador y Colombia - países que casi no han desarrollado este tipo de viviendas, ni tienen normas incorporadas a sus reglamentos de construcciones. Es mucho más fácil aplicar los principios helio técnicos para viviendas en latitudes cercanas a los polos que las cercanas al Ecuador Terrestre.

Fig. 9 Carta Solar Estereográfica 36°N



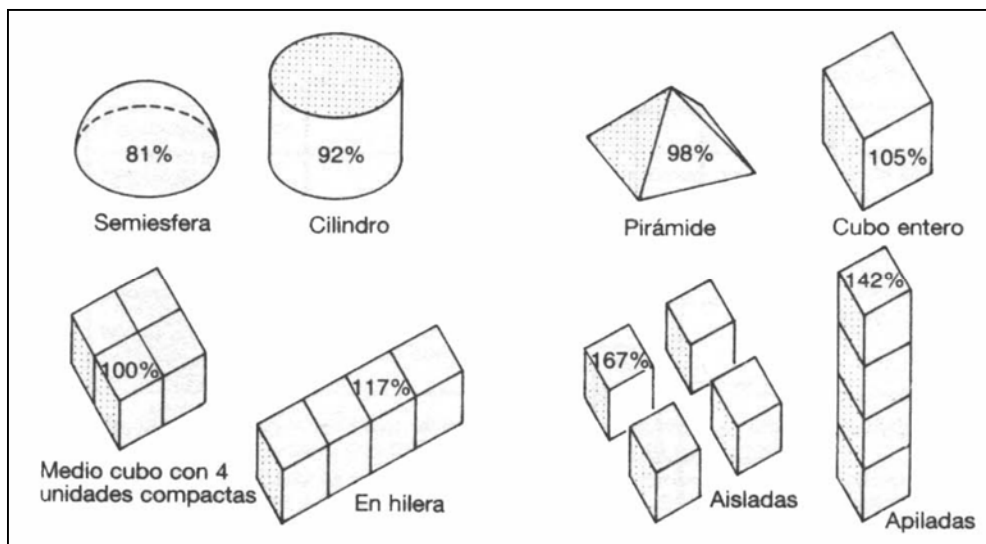
Fuente: Balcons.p.61

Una vivienda solar pasiva entre los 25° y 50° de latitud Norte, es aquella en la que se ha diseñado el edificio para que pueda satisfacer por sí mismo sus propias necesidades de calefacción y refrigeración. En invierno, el calor del Sol se capta a través de grandes superficies vidriadas orientadas al Sur por donde recorre el Sol en forma bastante inclinada de Este a Oeste (entre 15° y 40° al mediodía) tal como se aprecia en el diagrama solar de la Fig. 9. Se absorbe y almacena la energía solar en gruesas paredes o suelos de albañilería o en depósitos llenos de agua. Entonces el calor se distribuye por todo el edificio, mediante la convección natural siguiendo las leyes propias de la circulación del aire. En verano, cuando el Sol recorre de Este a Oeste en forma más vertical, se aprovecha para reducir la entrada de la luz y calor del Sol a la vivienda, ayudado con la ventilación continua de los espacios habitables, para refrigerar los ambientes.

1.2.1.2 Forma y la distribución en la vivienda

Neufert²⁵, indica que la optimización de superficies, la pérdida de calor es proporcional a la reducción de la superficie envolvente. Al proyectarse un edificio deberá intentarse que la relación entre la superficie exterior y el volumen total construido fuera lo menor posible. Se debe tender a la forma cúbica o al caso ideal de una semiesfera. En la Fig. 10 se muestra diferentes formas relacionadas a un medio cubo con 4 unidades compactas que representa el 100%.

Fig. 10: Optimización de superficies



Fuente: NEUFERT 1995, p.38

²⁵ NEUFERT ERNST. 1995. Arte de Proyectar en Arquitectura. México. Edic. G.Gili.14ªedición, p.101

Absolutamente²⁶, todos los parámetros que definen geoméricamente a un edificio tienen influencia, en mayor o menor grado, en su comportamiento energético y la superficie que va a ser ocupada por la construcción es un condicionante importante. La forma de la planta, desde un punto de vista geométrico es un parámetro difícil de manejar si no se limita de alguna manera. Por lo tanto, la forma al margen de su altura y sus dimensiones se puede definir simplificada por la forma de su planta.

Para obtener el número óptimo (N^*) en función de la superficie total construida²⁷ (S_T) para una planta rectangular es la siguiente:

$$N^* = \sqrt{\frac{4 \cdot S_T}{9 \cdot \pi}} = 0.38 \cdot S_T^{1/2} \quad \text{Ecuación 5}$$

La superficie de la planta óptima (S_p) se obtiene en función de la altura óptima obtenida anteriormente redondeada a un valor entero:

$$S_p^* = \frac{9 \cdot \pi \cdot N^2}{4} = 7.07 \cdot N^2 \quad \text{Ecuación 6}$$

Dado que una mayor parte de edificios no responde a formas tan simplificadas geoméricamente, es necesario crear una nueva figura que permita generalizar el problema. Esta figura es el factor de perímetro (F_p) que queda definido como la relación entre la longitud del perímetro de la figura (p) y la superficie encerrada (S).

$$F_p = P / S \quad \text{Ecuación 7}$$

Está claro que la vivienda bioclimática busca ser la que dé mejor respuesta al clima del lugar, proporcionando un mayor confort con un menor gasto de energía. La forma de un edificio interviene de manera directa en el aprovechamiento climático del entorno a través de dos criterios básicos: la optimización de las fachadas y la distribución de espacios habitables.

La optimización en la orientación de las fachadas²⁸, considera como óptima la orientación en que se consiguen las máximas captaciones en los meses fríos y las mínimas en los cálidos. En el hemisferio Norte, en latitudes bajas, lógicamente las

²⁶ BEDOYA CESAR –NEYLA Javier.1982. Acondicionamiento y Energía Solar en Arquitectura. Edic. COAM- Madrid, p.55

²⁷ *Ibíd.*p.63-64

²⁸ *Ibíd.*p.73

orientaciones más favorables son la Norte, la Noreste y la Noroeste. Por su parte las más desfavorables son la Este u Oeste, la cubierta plana y la Sureste o Suroeste, en este orden, quedando la fachada orientada al Sur en un lugar intermedio. Por otro lado, la fachada a través de la cual pueden producirse algunas captaciones, aunque de muy pequeña cuantía, en los meses de octubre a noviembre, es la del Sur, que ayuda a mejorar el cómputo general. El edificio óptimo es el que tiene poca superficie exterior, aspecto que, si se consigue sin disminuir el volumen, esa reducción de fachada se obtiene en los edificios entre medianeros, que son en ese sentido los mejores y la medianerías deben de estar en los lugares más desfavorables.

La distribución de espacios habitables²⁹, debe favorecer la función conservadora de energía del edificio, mientras esto no perjudique a las ventanas directas de los aportes solares y la circulación natural. Un importante logro en la distribución consiste en colocar todas las zonas de poco uso y los locales no calefaccionados a lo largo de la fachada Norte (en latitudes nórdicas bajas), donde pueden servir como barrera entre esta fachada y los principales espacios habitables. Estos locales incluyen zonas de almacenamiento, despensas, armarios, vestíbulos y cuartos de servicio. Los espacios habitables en las viviendas, en países de latitudes bajas se orientan hacia el Norte.

1.2.1.3 Los sistemas solares pasivos

Los sistemas solares pasivos³⁰ más utilizados para calentar edificaciones son: directos, indirectos, independientes y mixtos; los cuales tienen 5 elementos determinantes en el manejo de la energía solar: el captador, el adsorbedor, el almacenamiento, la distribución y los mecanismos de control o regulación.

En un sistema solar directo, el calor solar se puede acumular en las paredes y pisos a través sólo del acristalamiento del edificio (Fig.11 A). Los sistemas semidirectos se configuran con un invernadero adosado, que sirve de intermediario entre el interior y el exterior (Fig. 11 B). En los sistemas indirectos, detrás del cristal se dispone un elemento de almacenamiento del calor que cede luego al ambiente para calentarlo (Fig.11 C). Un sistema mixto utiliza dos o los tres sistemas anteriores.

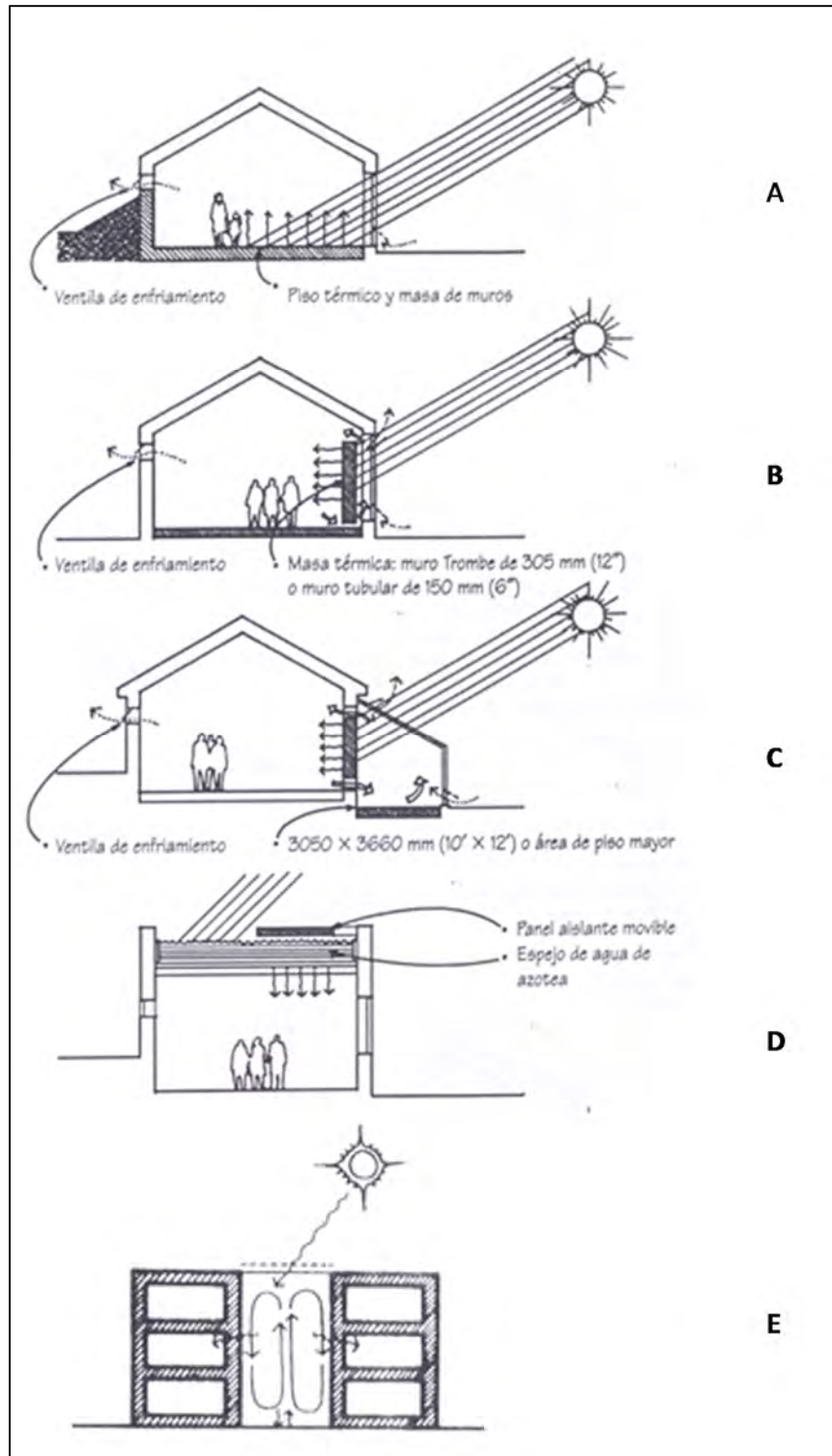
Existen dos sistemas derivados de los anteriores. El sistema del techo estanque (Rof Ponds) que es una variante del sistema indirecto, donde la masa térmica de agua

²⁹ PHILLIPS, Ob.cit.p.126

³⁰ Ibíd.p.11

está ubicada en el techo del edificio, tal como se ve en Fig. 11 D. El sistema del patio central, es una variante del sistema independiente, donde el espacio calefactor similar al invernadero, se sitúa al centro de la edificación, tal como se aprecia en la Fig. 11 E.

Fig. 11: Sistemas solares pasivos

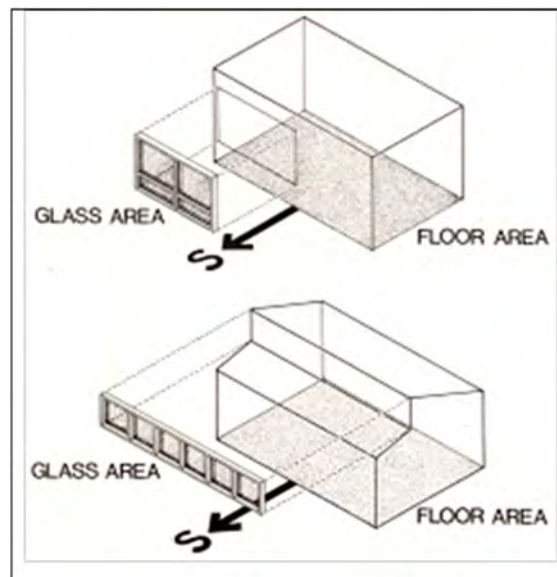


Fuente: CHING-ADANS

Sistema directo Mazria³¹ recomienda, que para sistemas de ganancia directa de la Fig. 12, en climas de temperaturas de invierno, se debe proveer de 0,11 a 0,25 m² de vidrio con orientación al Sur (trayectoria del Sol) por cada metro cuadrado del área del piso del espacio. Esta cantidad de vidriado admitirá bastante luz del Sol para conservar la temperatura de 18 a 21°C del espacio común. Un vidrio receptor bien orientado, gana aproximadamente 60 a 75 % de la energía solar incidente. Estos porcentajes son mayormente determinados por pérdidas de la radiación por reflexión y absorción a través del vidriado durante el invierno.

En la obra de mampostería en un edificio, el problema principal a tener en cuenta en el diseño de un sistema de ganancia directa, es el almacenamiento y el control del calor³². Una masa localizada demasiado lejos de la ventana, no recibirá ni absorberá la radiación solar. La posición, la cantidad, la distribución y el color de la superficie de la mampostería de un espacio, determinarán la fluctuación interior de la temperatura en el día. Para minimizar las fluctuaciones interiores de la temperatura, se debe construir los pisos y paredes interiores con un espesor mínimo de 10 cm.

Fig. 12: Sistema de Ganancia Directa



Fuente: MAZRIA.p.120

Aproximadamente el 65% de la pérdida total del calor del espacio, ocurre en la noche y 35% durante el día³³. Entonces, apenas un 65% de ésta energía puede

³¹ MAZRIA EDWARD. The passive Solar Energy Book. Edit .Rodale Prsess. USA 1979. p.119.

³² Ibíd.p.135

³³ Ibíd.p.136

guardarse para el uso nocturno. El resultado es que sólo una pequeña porción de ésta energía se guarda, existiendo una abundancia de calor durante el día y lo suficiente para la noche. La ganancia solar a través de un vidrio, que mira al Sur, es fácil de calcular. Sin embargo, predecir la cantidad de calor almacenada en la obra de mampostería o las fluctuaciones diarias de la temperatura de un espacio, están actualmente más allá de la capacidad de la mayoría de diseñadores de edificaciones. El porcentaje de calor almacenado en una masa termal, depende de la posición, tamaño y la distribución de la masa y del color de la superficie.

Para que un espacio permanezca confortable durante el día, cada metro cuadrado de la luz directa del Sol debe ser esparcido a por lo menos 10 m² de superficie de la obra de mampostería. Puede usarse para almacenar calor, pero una mampostería gruesa no puede almacenar y absorber bastante calor cuando se expone durante todo el día a la radiación solar. La mayoría de materiales de la obra transfieren el calor de su superficie al interior en forma lenta. Si se aplica demasiado calor, entonces la capa superficial del material se sobrecalienta demasiado y cede mucho aire caliente al espacio.

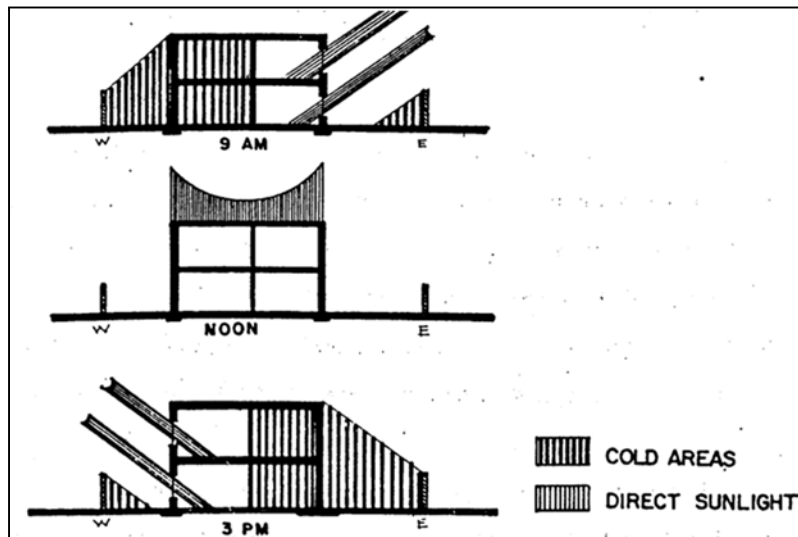
Para almacenar el calor en la mampostería y asegurar que el calor sea absorbido y almacenado, los pisos deben ser de colores oscuros a medios; sobre el piso no se debe utilizar alfombras; las paredes interiores pueden ser de cualquier color y de preferencia utilizar colores claros, que por rebote permita diseminar la luz del Sol. Se debe evitar la exposición del Sol durante mucho tiempo en las superficies oscuras.

En las ciudades de los Andes³⁴ (o lugares de latitudes bajas) el sistema de ganancia directa debe ser concebido como un sistema complementario de calor y no como una principal fuente de calor. En un lado del edificio no hay Sol durante todo el año, esto ocurre con la cara Sur durante la estación caliente de los Estados Unidos.

La ganancia directa será eficiente durante la mañana en el lado Este del edificio y en la tarde por el lado Oeste del edificio. No existe mucha ganancia solar al medio día por ningún lado. Durante la tarde, cuando el lado Oeste de la vivienda permanece frío, el lado Oeste es calentado (Fig.13).

³⁴ BELTRAN, Ob.cit.p.83

Fig. 13: Operación de ganancias directas diurnas



Fuente: BELTRÁN,p.83

Durante la mañana y en horas de la tarde, la luz solar ingresa a los espacios habitables a través de la exposición de las caras del colector al Este u Oeste (generalmente vidrio). Esta radiación solar es absorbida por elementos del espacio (pisos, muros, paredes y mobiliario), también se calienta el aire o se guarda en elementos interiores de almacenamiento para su uso posterior.

Estos elementos de almacenaje³⁵ son generalmente hechos de un material masivo alto, típicamente en obras de mampostería, lo cual puede servir de componentes estructurales básicos (pisos o paredes). La masa de almacenamiento interior debe ser tan uniformemente distribuida como sea posible a todo lo largo del espacio para ser calentada y debe estar concentrada en una sola área. Es recomendable, colocar la mayor cantidad posible de masa, a fin de que la luz del Sol la impacte directamente. Sin embargo, es a menudo difícil, distribuir a todo lo largo de un espacio de ganancia directa, la radiación solar directa sobre la superficie entera. La masa no localizada al Sol directo, absorberá el calor del aire calentado; pero no absorberá y almacenará tanto calor como la masa al Sol directo (Fig. 14).

Las ventajas del sistema de ganancia directa son³⁶: (1) conceptualmente, la ganancia es la más franca y la más fuerte, es también la más fácil de construir con materiales y métodos estándar; (2) el sistema no altera la apariencia de lo doméstico

³⁵ Ibíd.p.84

³⁶ Ibíd.p.85

radicalmente; (3) las consideraciones de privacidad hacen que sea el preferido, debido a que el aislador móvil es utilizado por las noches y que los espacios habitables de ganancia directa, son a menudo visibles directamente desde el exterior; (4) además del ahorro energía, provee vista y luz natural, por consiguiente, puede ahorrar alumbrado y consumo de energía; (5) puede tener un costo adicional muy bajo en relación a edificios idénticos sin características solares y en relación a otros sistemas pasivos.

Las desventajas son³⁷: (1) Un espacio con vidriado grande orientado al Este u Oeste, puede causar problemas de resplandor y de privacidad; (2) la radiación ultravioleta en luz del sol puede desvanecer y degradar las telas; (3) la operación manual de aislador móvil, para la operación efectiva de sistema, es requerida a menudo y debe ser efectuada por el propietario de la casa (en la mayor parte de las ciudades andinas, se tienen contraventanas de madera que se emplean por la noche como aislador móvil).

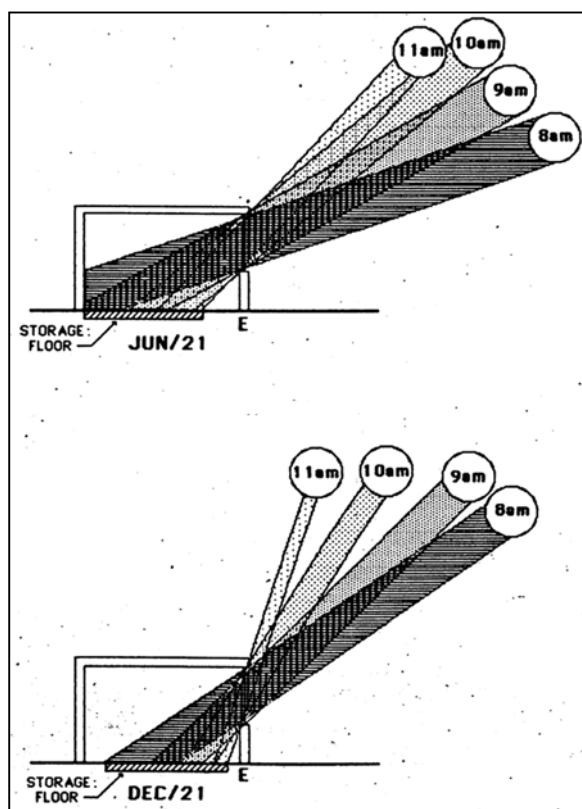
Hay tres tipos básicos de colectores de ganancia directa: (1) las ventanas solares, tragaluces y clerestories - la ventana solar - será simplemente una ventana estándar o puerta de patio instalada hacia la cara Este u Oeste del muro usadas en los métodos convencionales; (2) la doble ventana es recomendada para la mayoría de clima; y (3) el triple vidriado debe ser usado, cuando no es previsto el aislador móvil - el vidrio de una hoja - cuando es previsto un aislador móvil.

Los tragaluces³⁸ prestan la misma función de servicio que las ventanas solares; pero pueden tener problemas con la privacidad, resplandor y desvanecimiento de las telas. Cuando la luz directa del Sol golpea el interior, también permiten que la luz penetre a lo más profundo de un espacio al igual que las ventanas aisladas al Este u Oeste de la pared de la casa (Fig.15). Los tragaluces pueden ser usados cuando la casa es de un solo piso o para pisos altos. Debemos tener en mente, que la mayor parte de las casas peruanas son de dos pisos debido a las dimensiones reducidas del lote. Los tragaluces tienen las mismas funciones que los otros colectores de ganancia directa y pueden ser ubicados en el plano del techo. El tragaluz es el receptor más efectivo durante el año. En su posición horizontal recibe la mayor parte de luz del sol.

³⁷ Loc.cit.p.85

³⁸ Ibid.p.87

Fig. 14: Cara Este de la ventana solar



Fuente: BELTRAN.p.85

Los tragaluces, como teatinas, pueden servir para las habitaciones en pisos superiores; pero no para los pisos inferiores (Fig. 48). Es recomendable en tragaluces, debido a sus características ópticas y de manipulación utilizar materiales translúcidos ligeros como "burbuja" plástica en vez de vidrio. Si el vidrio se usa en un tragaluz debe ser templado.

Tabla 2 : Mínima area de vidriado para Puno, Perú

MATERIAL MURO	VIDRIADO/AREA MURO	RECOMENDACIÓN
Adobe + Espacio de aire U=1.58	0.14	Para muro Este
Adobe 12" U=2.92	0.23	Para muro Oeste
Ladrillo 10" U=3.45	0.26	
a Simple vidrio con contraventanas.		
b Basado en el balance de energía para el Este y Oeste en Junio 21.		

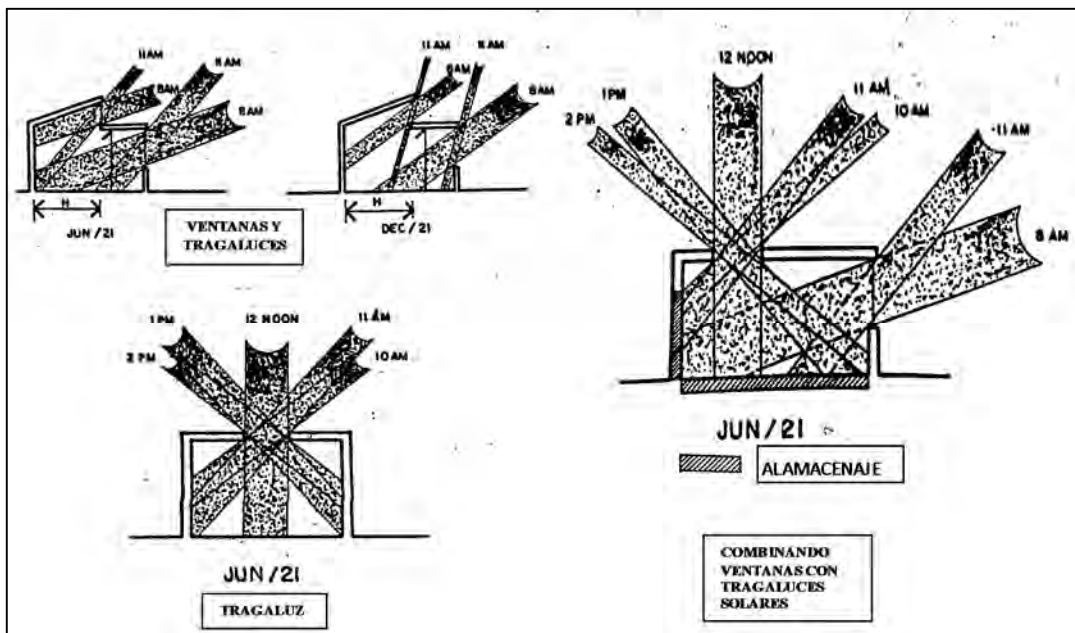
Fuente: BELTRAN.p.89

Con respecto a la orientación³⁹ la pared receptora debe dar cara al Este y/u Oeste. Las variaciones hasta 22°30´ Norte aumentará la actuación termal. Suele gustar una orientación leve al Noreste para permitir al sol “despertar” el espacio vital por las mañanas, con brillante luz y calor temprano. El tamaño preliminar del área por metro cuadrado de área, expuesta a la pared, puede determinarse en la tabla 2.

En las teatinas⁴⁰, el cielo raso adyacente debe ser de color claro para reflejar la luz del sol dentro del espacio de ganancia directa y por encima de los elementos de almacenaje interiores. Las teatinas deben ser ubicadas al frente de una pared de almacenamiento de ganancia directa, a una distancia de apenas igual a la altura de la pared (Fig. 15).

Cuando no se provee ninguna otra fuente de ganancia directa, el tragaluz se debe localizar en el centro del cuarto. Al Este, Oeste y al muro Sur, los pisos recibirán la luz directa del Sol. Combinado con una vertical Este o ventana Oeste solar, el tragaluz admitirá la luz del Sol directa cuando la ventana solar no lo haga. Por ejemplo en una ventana orientada hacia el Este, la luz del Sol directo golpeará la pared del Oeste del cuarto durante las horas matutinas y de mediodía hasta la puesta de Sol el tragaluz admitirá luz del Sol a la habitación.

Fig. 15: Recomendación para ganancia directa



Fuente: BETRAN.p.90

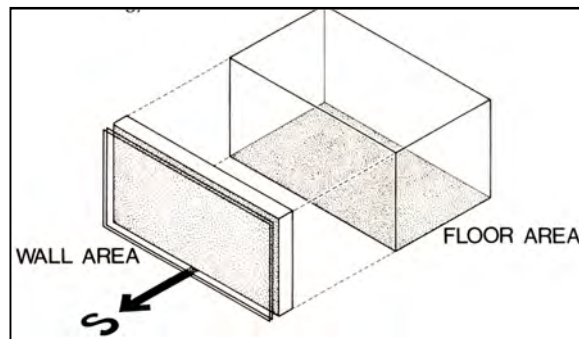
³⁹ Ibíd.p.88

⁴⁰ Ibíd.p.89

Sistema indirecto-muros de almacenamiento de calor Mazria⁴¹ recomienda que el espesor óptimo de una pared de almacenamiento termal, está bajo la dependencia de la conductividad del material usado para construir la pared (Fig.16). Pues, la eficiencia de un pared aumenta cuando la conductibilidad de la pared aumenta, mientras mayor es la conductibilidad, mayor es el calor transferido por la pared. Cuando la conductibilidad aumenta, el espesor óptimo de la pared aumenta. La pared más gruesa absorbe y almacena más calor al final de día para el uso nocturno.

Como regla general, mientras mayor es el espesor de la pared, menos fluctuaciones interiores de temperatura habrá. Mientras mayor sea la absorción de la energía solar en la superficie exterior de una pared termal, más será la transmisión del calor a través de la pared hacia el espacio interior. El exterior debe ser pintado de negro, pues absorbe hasta el 95% de la radiación solar, la superficie interior puede ser de cualquier color.

Fig. 16: Muro de almacenamiento de calor



Fuente: MAZRIA.p.154

En un edificio calentado pasivamente⁴², donde la masa térmica es el espacio habitable, cualquier calor adicional acumulado afectará la temperatura común del espacio. Para almacenar el calor en días nublados, el área receptora y la masa de almacenamiento deben aumentarse. Sin embargo, como el sistema se vuelve más grande, la temperatura común en el espacio aumenta y en días soleados puede ocurrir un sobrecalentamiento. Por regla general, para proveer el almacenamiento de calor para 1 o 2 días nublados, el vidriado y el área receptora (no su espesor) deben ser incrementados en un 10 al 20%. En la tabla 3 se dan los espesores recomendados para muros de principales materiales utilizados.

⁴¹ Ob.cit.p.153

⁴² Ob.cit.p.155

Tabla 3: Espesor de muros recomendados y propiedades térmicas

Material	Espesor recomendado	Conductividad (K)	Densidad (ρ)	Capacidad calorífica(Cp)
	cm	W/Kg°C	Kg/m3	W / Kg °C
Adobe	20-30	0,52	1700	0,28
Ladrillo común	25-45	0,73	1860	0,23
Concreto denso	30-45	1,73	2240	0,23
Ladrillo magnesico	40-60	3,81	1860	0,23
Agua	15 a más	0,60	1000	1,16

Fuente: Mazria,p.163

Después de un periodo de 1 a 3 días de condiciones atmosféricas similares, un espacio calentado pasivamente se estabiliza. Esto quiere decir que la energía de entrada del calor en el espacio, corresponderá a la salida del calor y la temperatura interior común será la misma aproximadamente día a día, mientras estas condiciones existan. Esto no quiere decir, que el sistema no esté trabajando en los días nublados. Al contrario, los sistemas pasivos están siempre en marcha. En los días nublados, sin embargo, el espacio no cogerá bastante energía difusa del sol para conservar temperaturas interiores a 21°C.

El resultado de un muro de almacenamiento térmico bien dimensionado, es que la temperatura del espacio interior permanezca confortable durante todo el largo del invierno, sin utilizar otra fuente adicional de calentamiento. Si la pared es demasiado grande, transmitirá más calor al interior que el necesario, entonces habrá sobrecalentamiento y reducirá la eficiencia del sistema. Si el muro es demasiado pequeño de lo normal, entonces no habrá suficiente transmisión de calor a través de la pared y será necesaria una calefacción suplementaria.

En los climas fríos⁴³ se debe usar de 0,43 a 1,0 m² de ventanas con vidrio doble orientadas al Sur con paredes de almacenamiento térmico por cada m² de piso. En climas atemperados se debe usar de 0,22 a 0,60 m² de pared térmica por cada m².

La pared exterior debe cubrirse de color negro⁴⁴. En los climas fríos se debe agregar orificios de termo circulación para desahogar el calor y aumentar la actuación del sistema, ubicados arriba y debajo de la pared de mampostería. (Fig.17). El área

⁴³ Ibíd.p.156

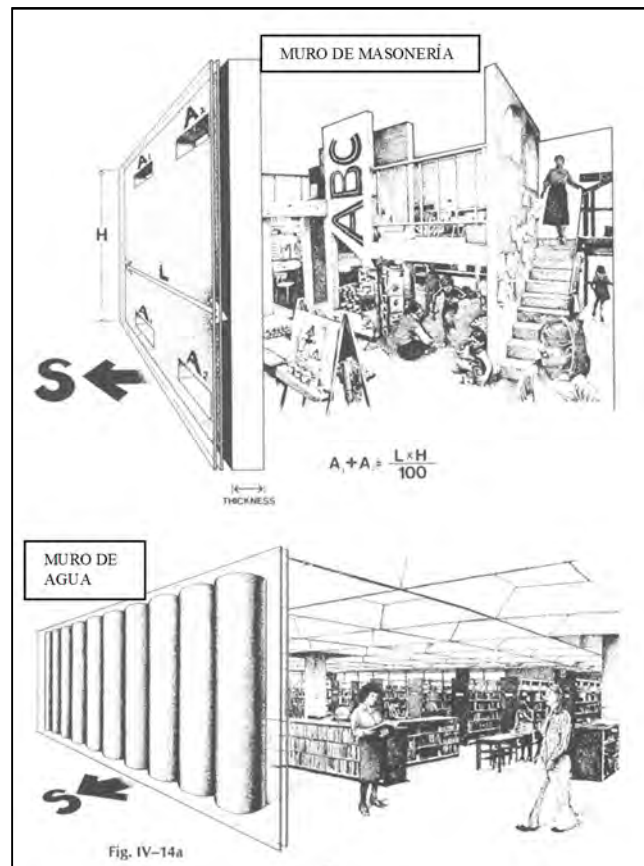
⁴⁴ Ibíd.p.157

total de cada fila de respiraderos es aproximadamente igual a 10 cm^2 por cada m^2 de muro. Para impedir el flujo inverso del aire en la noche, se coloca un panel operable, conectado sobre la cara interior de los respiraderos superiores. Colocando un aislamiento móvil encima del vidriado en la noche, aumenta la actuación del sistema. En climas suaves los respiraderos son innecesarios debido a que las temperaturas de invierno son soportables.

Una pared de almacenamiento térmico traslada cerca del 30 al 45 % de la energía incidente colectada en el espacio. La eficiencia de este sistema es determinada no sólo por las pérdidas reflectoras y absorbentes del vidriado, sino también, por las altas temperaturas generadas por el calor perdido en la superficie exterior de la pared.

En la pared Trombe, en un día expuesto al Sol de invierno, la temperatura del aire en el espacio de la pared y el vidriado es muy caliente ($\pm 60^\circ\text{C}$). Los orificios arriba y debajo de la pared, inducen la circulación natural de este aire calentado en el edificio. El aire caliente entra en la habitación por las aperturas altas de la pared y reingresan el aire frío de la habitación a través de los orificios del fondo de la pared.

Fig. 17: Muros de almacenamiento de calor



La convección natural del aire caliente continúa eficazmente entre 2 a 3 horas después de la puesta del Sol, resultando que también la superficie de la pared se pone también fría para inducir una corriente de aire caliente. En la noche, el aire entre el espacio de la pared y el vidriado se enfría. Como el aire se enfría, se pone más pesado y se reacomoda. Este aire fresco entra en el espacio a través de los respiraderos abiertos en el fondo de la pared, mientras simultáneamente, ingresa el aire caliente a la habitación por los orificios superiores. Para impedir corrientes de aire a la inversa durante la noche, se debe pegar un panel operable o un amortiguador sobre la cara interior de los respiraderos superiores.

El control de la temperatura en el espacio, se puede efectuar mediante cortinas, paneles y puertas, colocados encima de la cara interior de la pared termal, pues desactiva el sistema calentador. Esta es una forma muy simple y efectiva de controlar las temperaturas interiores. La ventilación es otro método de control interior de temperatura, sin embargo algo menos eficiente. Abriendo ventanas o activándose un ventilador, el aire puede ser removido del espacio.

Un muro térmico de mampostería, en todos los climas, por las temperaturas altas de la superficie que genera adyacente al vidrio, debe ser de doble vidriado, para impedir la pérdida excesiva del calor. Existen tres muros térmicos que se pueden emplear⁴⁵: (1) muro sólido sin ventanas de termo circulación; (2) muro Trombe con ventanas de termo circulación con fluido de aire durante el día solamente y termo circulación en reversa que ocurre por la noche, que normalmente es prohibido; (3) muro Trombe con ventanas de termo circulación con control no reverso donde el flujo de aire ocurre en la noche.

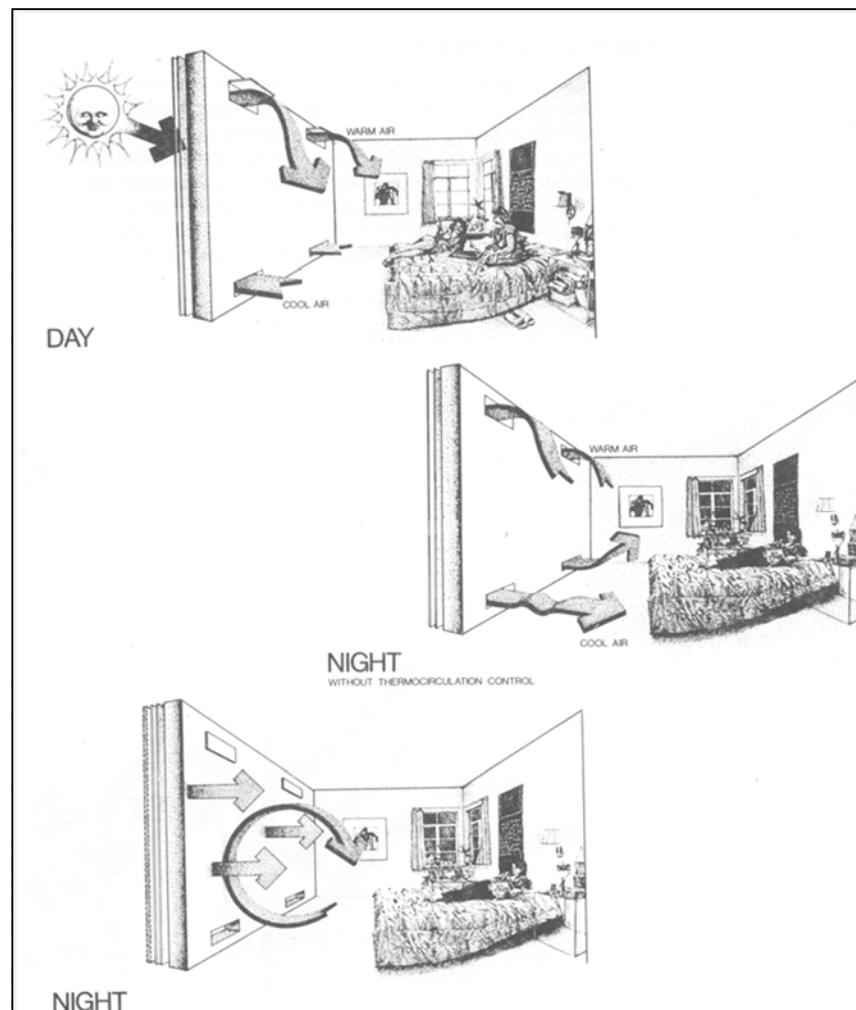
En climas fríos⁴⁶ la adición de ventanas de termo circulación en los muros de masonería incrementa el rendimiento significativamente (Fig.18). En climas templados, las ventanas son innecesarias debido a que las temperaturas de los días de invierno son confortables y el calor generalmente no es necesario todo el tiempo. Cuando se provee ventanas de ventilación sin control de reversa del fluido, se reduce la eficiencia del muro. En muchos casos, la adición de ventanas con un control termo estático genera poco incremento en el rendimiento anual. Las ventanas deben tener igual espacio a lo largo y ancho del muro.

⁴⁵ Ibíd.p.167

⁴⁶ Ibíd.p.158

Jones Robert⁴⁷, aduce que los sistemas de pared de almacenamiento termal incluyen paredes Trombe, en los cuales la masa de almacenamiento termal es obra de mampostería de concreto u otros materiales pesados similares o de muralla de agua, en el cual la masa de almacenamiento termal es agua en envases. Las paredes Trombe pueden ser con desahogo o sin desahogo. Balcomb y McFarland (1977) simularon una pared Trombe con y sin respiraderos de termocirculación en varios climas y compararon los resultados. Si los amortiguadores impiden que se ponga flujo al revés, entonces en climas severos los respiraderos mejoran la actuación sobre una pared sólida en el 10 al 20%; pero no son una ventaja significativa en climas suaves expuestos al sol.

Fig. 18: Muro Trombe con ventanas de ventilación

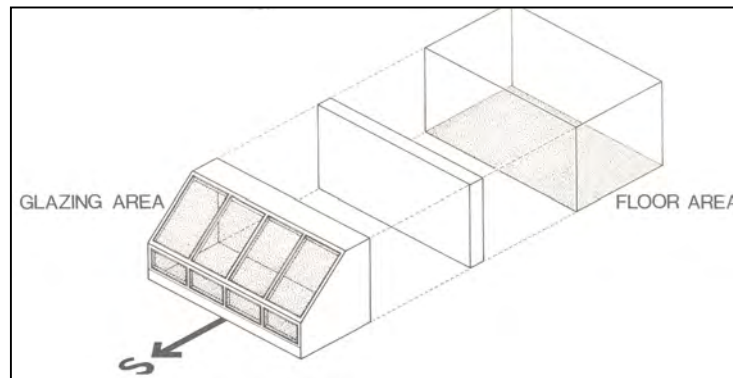


Fuente: MAZRIA.p.169

⁴⁷ BALCOMB DOUGLAS. 1992. Passive Solar Building. Edic. Balcomb, Massachusetts,p.285

Sistema independiente-invernadero adjunto La naturaleza complicada de la energía térmica que fluye de un invernadero adjunto a un edificio⁴⁸, dificulta dimensionar exactamente un invernadero y predecir su actuación como un sistema calentador. Si es correctamente dimensionado, el invernadero adjunto no sólo se calienta así mismo, también calienta los espacios adyacentes. Sin embargo, la cantidad de calefacción prevista depende de muchas variables como la latitud, clima, masa de almacenamiento termal y de los espacios a calentar.

Fig. 19. Sistema de aportes independientes



Fuente: MAZRIA.p.174

En los climas fríos, se debe usar entre 0,65 a 1,5 m² de vidrio doble que se oriente y mire al Sur por cada m² cuadrado de piso. En climas templados, recomienda usar de 0,33 a 0,90 m² de vidrio por cada m² de piso. Esta área de vidrio, colectará en un día claro de invierno bastante calor para conservar a una temperatura de 15 a 21°C, tanto en el invernadero como en el espacio contiguo. El invernadero, es esencialmente un sistema de pared de almacenamiento termal conforme a la Fig.19. Sin embargo, el porcentaje de energía incidente que se transfiere a través del muro común entre el invernadero y el edificio, está sólo entre el 15 al 30% del muro térmico. Simplemente la razón es que un invernadero tiene más área de superficie y consecuentemente, más pérdida de calor que hace un vidrio sobre algunos centímetros delante de una pared. Esto no significa que este sistema sea ineficiente, al contrario, la energía colectada por el invernadero es cedida al edificio.

La tabla 3 da los promedios diarios de temperatura al interior de un invernadero que puede alcanzar el interior en días claros. Al construir la pared masiva entre el edificio y el invernadero, a fin de que tenga en cuenta el reembarque eficiente de calor

⁴⁸ Mazria, Ob.cit.p.173

entre los dos espacios, es necesario localizar bastante masa térmica en el invernadero⁴⁹ de tal manera que absorba la radiación solar directa y desaliente las fluctuaciones interiores de temperatura. La eficiencia del sistema es principalmente determinada por el área de la superficie de la pared, su espesor, material y color de la superficie. Para seleccionar el grosor de la pared se puede utilizar la tabla N° 4. El invernadero debe contener una masa térmica adicional (agua en envases) para ayudar a desalentar fluctuaciones.

Tabla 4: Promedio diario de la temperatura en un invernadero en un día claro

°C	GD	VIDRIO SIMPLE		DOBLE VIDRIO	
-1,1	1050	12,8	18,3	18,3	23,9
1,7	900	15,6	21,1	21,1	26,7
4,4	750	18,3	23,9	23,9	29,4
7,2	600	21,1	26,7	26,7	32,2
13,0	300	23,9	29,5	29,4	35,0

Fuente: MAZRIA, p. 80

Jones⁵⁰ indica que en los sistemas del espacio solar, las ganancias solares se producen primero en un espacio de ganancia directa, mayormente dominado por la temperatura y que éste espacio sólo es ocupado ocasionalmente. El calor solar producido en el espacio solar es pasado al espacio ocupado a través de una pared común que divide el espacio solar del cuarto contiguo. En el sistema de muros de almacenamiento termal, la masa de almacenamiento termal está colocada entre la ventana y el espacio ocupado.

Sistema de techo estanque Está constituido⁵¹ por un estanque de agua almacenada por bolsas plásticas planas, que se colocan sobre la cubierta, generalmente metálica en una edificación (ver Fig. 20). En el invierno los estanques están descubiertos a la luz durante el día y cubiertos con paneles por la noche; en verano las posiciones se invierten.

Para el calentamiento adecuado de techos estanques, Mazria recomienda los índices de la tabla 5 dados en función del área del piso. Para las latitudes inferiores se usa los valores inferiores, mientras para las altas valores superiores. En latitudes de

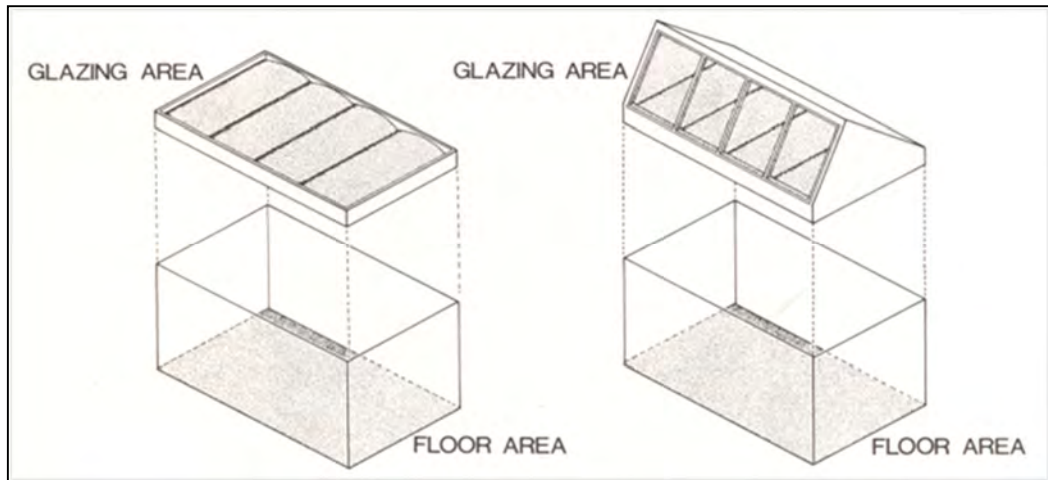
⁴⁹ Ibíd. p.175

⁵⁰ BALCOMB, Ob. cit. p. 253

⁵¹ MAZRIA, Ob.cit.p.194

más de 36° se precisan utilizar reflectores (el aislador móvil puede actuar como un reflector). Los estanques no son generalmente aplicables para regiones con temperaturas mensuales comunes más abajo de 10° C.

Fig.20: Sistema de techo estanque (Roof pond)



Fuente: MAZRIA.p.188

Tabla 5: Proporciones recomendadas del área de recolección del techo estanque por cada m² del área del piso de la edificación

Temperatura promedio exterior de invierno (°C)	de -9° a -4°	de -4° a 2°	de 2° a 7°
Doble vidrio para estanque con aislamiento nocturno	-	0,85-1,0	0,60-0,90
Vidrio simple para estanque con aislamiento nocturno y reflector	-	-	0,33-0,60
Doble vidrio para estanque con aislamiento nocturno y reflector	-	0,50-1,0	0,25-0,45
Cubierta receptora que se inclina al sur con aislamiento nocturno	0,60-1,0	0,40-0,60	0,20-0,40

Fuente: Adaptado de MAZRIA ,p.187

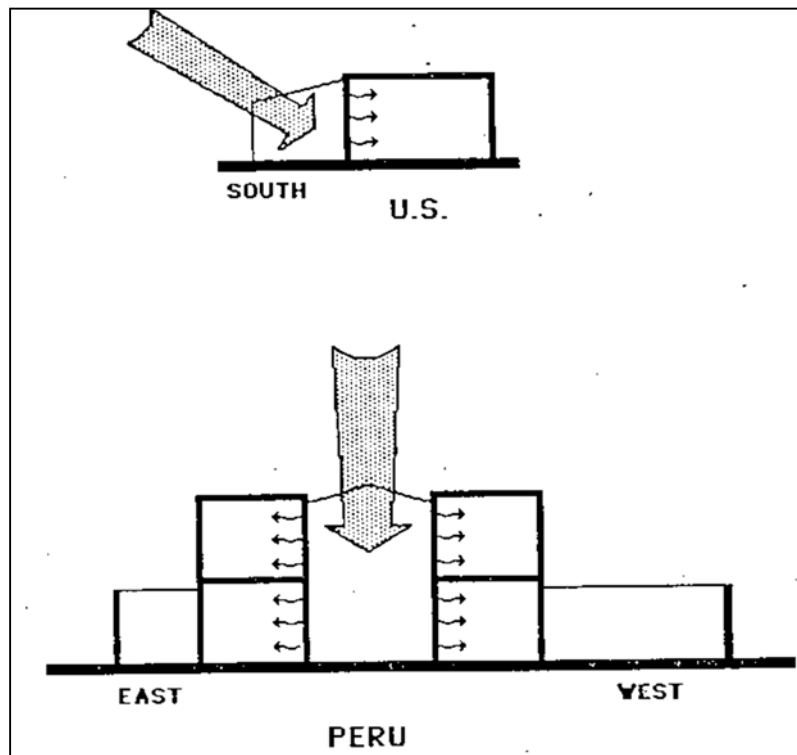
Sistema de patio cubierto Los patios exteriores o atrios, se han usado durante siglos por diferentes culturas y en varias regiones del mundo. El concepto contemporáneo del atrio⁵² es el de una máquina térmica como elemento de ganancia de calor y como recurso de enfriamiento. Su uso se generaliza durante todo el año en regiones áridas sobrecalentadas, mientras que en condiciones cálidas húmedas, su optimización sólo ocurre en periodos sin lluvias. Cuanto más se expone una superficie al clima ambiental, en condiciones de bajo calentamiento, las pérdidas térmicas se

⁵² GARCÍA JOSÉ Y FUENTES VÍCTOR. 1995. Viento y Arquitectura. Edit. Trillas. México. p 78 a 81

incrementan, por lo que generalmente, los patios en localidades de bajo calentamiento, se diseñan para iluminación natural y ventilación de espacios interiores de los edificios.

Los atrios permanentemente cerrados se usan para el calentamiento de edificios; también pueden usarse como dispositivo para enfriarlo. El atrio de techo ajustable permite gran flexibilidad en la promoción de calefacción y enfriamiento, sobre todo en climas templados donde existen estaciones extremas de frío y calor. Generalmente el atrio incrementa el contenido de humedad del espacio interior, lo que es una ventaja en regiones secas y una desventaja en regiones húmedas.

Fig. 21: Invernadero U.S. vs. Perú



Fuente: BELTRAN.p.96

El invernadero o patio cubierto para posiciones de baja latitud⁵³ tiene el mismo concepto que tiene el invernadero adjunto en los Estados Unidos, son diseñados para ser usados primordialmente para la calefacción solar pasiva. En los Estados Unidos el invernadero está pegado al lado Sur del edificio ya que la calefacción es necesaria durante la estación de invierno, cuando el sol está hacia el Sur (Fig. 21). En el Perú y en países de baja de latitud, el mismo principio se aplica; pero, debido a que el Sol

⁵³ BELTRÁN. Ob. Cit. p.95

permanece muy alto durante el año y la calefacción es necesaria también durante ese período, el invernadero se ubica al centro de la casa. Por eso la superficie horizontal (el vidriado en el techo) es el mejor colector utilizable durante todo el año.

La casa es diseñada para "enrollarse" alrededor del invernadero⁵⁴ o la casa es organizada alrededor de este espacio solar. Esta configuración tiene las siguientes ventajas: (1) reduce la pérdida de calor del invernadero; (2) transfiriere el calor fácilmente para un gran área de la casa circundante; y (3) tiene en cuenta la inclusión de una gran cantidad de material de almacenamiento termal.

En los Estados Unidos⁵⁵, los invernaderos adjuntos a menudo sirven de invernaderos en funciones. En Perú el invernadero tendrá la misma función como el patio o el patio que tuviese en la casa peruana tradicional antigua. El patio continuará siendo el corazón de la casa, una luz de día natural y ahora un espacio interior. La energía solar colectada y absorbida por un patio cubierto se usa para calentar ambos, el invernadero mismo y las áreas adyacentes de vida. Las vías de entrada de esta energía es almacenada y distribuida; distinguiéndose los siguientes subsistemas separados, los que difieren significativamente en términos de operación y construcción:

- 1 Pared abierta.
- 2 Ganancia directa.
- 3 Renovación del cambio de aire.
- 4 Almacenamiento termal.

Hay dos modalidades de operaciones básicas para cualquier subsistema de invernadero. En la primera, el invernadero sirve de una extensión del área viva, no es térmicamente aislado del espacio vital y su temperatura no está permitida para fluctuar fuera del rango de comodidad. En el segundo modo, el invernadero es separado, el área es distinta y térmicamente aislada del espacio vital, no es una extensión directa del espacio vital y su temperatura puede estar permitida para fluctuar fuera del rango de comodidad.

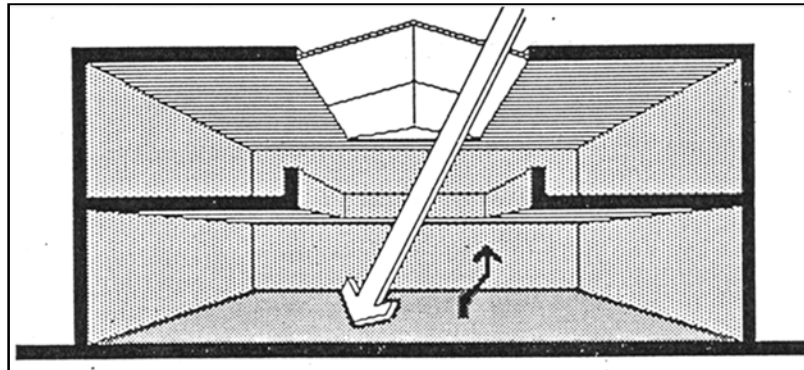
⁵⁴ Ibid.p.96

⁵⁵ Ibid.p.97

Cada uno de los cuatro subsistemas, en su forma pura, maneja, en uno u otro, estos dos modos. Debe notarse, sin embargo, que a menudo dos o más sistemas están combinados. Durante el período para calentar, la luz del sol entra en el invernadero a través de un colector en el techo (un área de vidrio o plástico), es absorbido por elementos contenidos dentro del invernadero y se convierte en calor. En las siguientes etapas de operación, estos subsistemas difieren significativamente cada uno del otro (almacenamiento, distribución y control). Las siguientes descripciones resumen las características operativas para cada uno de los subsistemas durante el período de calentamiento.

Subsistema de muro abierto⁵⁶ En este subsistema, el invernadero se abre directamente hacia los espacios vitales y es básicamente una extensión de estas áreas. Existe un reembarque directo y sin impedimentos de aire caliente entre los dos espacios. Mientras el Sol brilla, el calor es generado en el invernadero y el aire caliente resultante se muda libremente a los espacios vitales adyacentes. Una parte de este calor se guarda también en componentes de almacenamiento (piso de concreto) localizado en el invernadero y / o en espacio de la vivienda (Fig. 22).

Fig. 22: Subsistema de muro abierto



Fuente: BELTRÁN.p.99

Es importante notar que en este subsistema, a diferencia de los otros tres, se entienda, es esencialmente una extensión del área de la vivienda y su temperatura es mantenida al nivel de los otros espacios vitales. La provisión del invernadero descampado de la pared de almacenamiento ayudará a desalentar fluctuaciones de temperatura; pero el invernadero de este subsistema, todavía necesitará ser calentado con calefacción convencional en la noche y durante períodos prolongados de clima

⁵⁶ Ibid.p.98

nublado. En estas veces, la dirección de transferencia de calor es a la inversa, el invernadero recibirá calor del área adyacente de vida, así como también de los componentes de almacenamiento localizados en el invernadero mismo.

Para evitar la pérdida excesiva de calor durante estos períodos, alguna forma de aislador móvil debe ser provista en el colector del invernadero (techo vidriado). El piso del invernadero, también, necesita ser aislado con el mismo nivel que el de un piso estándar de un espacio vital

Subsistema de ganancia directa Aunque este subsistema⁵⁷ es similar al sistema de construcción de pared abierta, es operado generalmente como un espacio aislado y no provisto del respaldo de un sistema típico auxiliar de energía para calentamiento. La conexión abierta entre el invernadero y las áreas vivas, es reemplazada por una pared vidriada compartida de separación térmica.

Debido a que esta pared de separación termal es provista, puede permitir que las temperaturas en el invernadero fluctúen sin afectar seriamente la cantidad de calor perdida del espacio vital. Sin embargo, puede ser aconsejable todavía, poner doble vidriado en la pared compartida.

El uso de aislador movable localizado en la pared compartida que el vidriado tiene, hace más pequeña la pérdida de calor de las áreas vivas. El invernadero actuará como un intermediario entre el aire exterior y las áreas vivas, reduciendo la tasa de pérdida de calor. Sin embargo, el aislador móvil será efectivo si es colocado en el colector del invernadero. Tal aislador, si es correctamente operado, realzará la efectividad del invernadero como un generador de calor y prolongará el período sobre el cual, las temperaturas confortables son mantenidas en el invernadero (Fig.23).

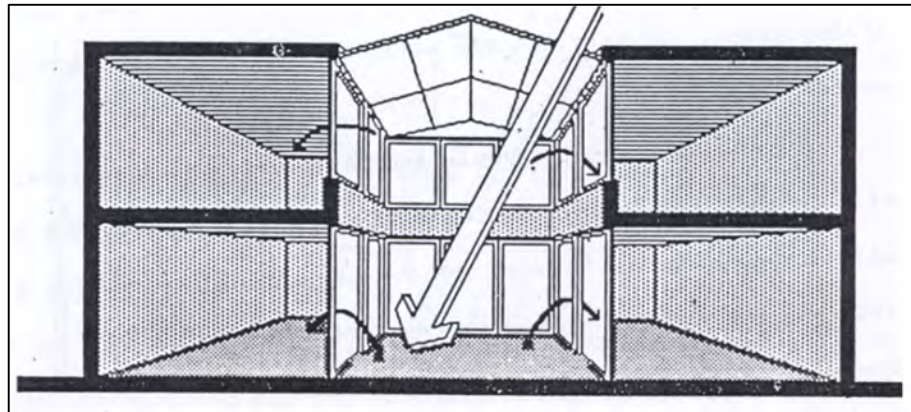
El calor generado puede ser usado para calentar el invernadero mismo y suministrar calor a las áreas adyacentes de vida. Cuando provee solamente calor para sí mismo, el invernadero actúa simplemente como un intermediario climático para los espacios vitales contiguos. Alguna radiación directa de la ganancia alcanza los espacios vitales a través del vidriado de la pared compartida. Sin embargo, si el vidriado es compartido, entonces la pared puede ser abierta (puertas del patio y

⁵⁷ Ibíd.p.99

ventanas), el invernadero puede proveer aire caliente, adicionando la radiación solar, cuando el espacio de vida lo requiera.

Cuando este calor no es deseado o cuándo el invernadero ya no recibe la radiación solar, el propietario de casa simplemente puede cerrar la pared vidriada.

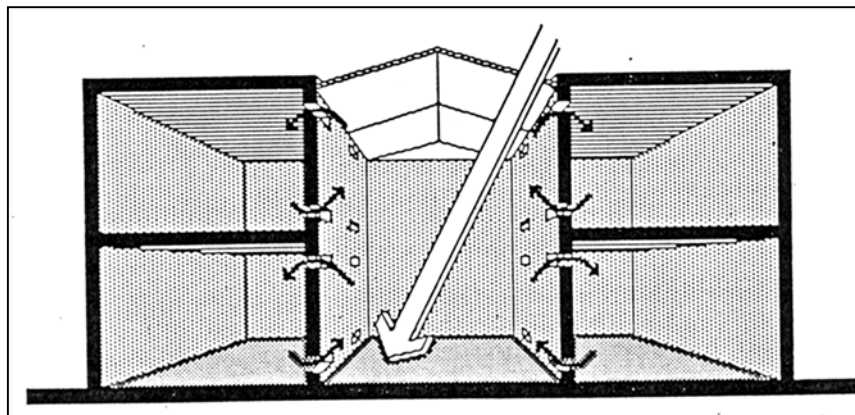
Fig. 23: Subsistema de Ganancia Directa



Fuente: BELTRÁN. p.101

Subsistema de intercambio de aire En este subsistema⁵⁸, las áreas habitables y el invernadero son separadas por un muro opaco conteniendo respiraderos operables. Estos respiraderos tienen en cuenta el reembarque de aire caliente del invernadero directamente hacia las áreas vivas durante los períodos de ganancia de calor. Los respiraderos pueden ser manualmente manejados por el propietario de casa, pueden ser cerrados si el calor no es necesario o cuando la temperatura del invernadero está por debajo del espacio vital.

Fig. 24: Subsistema de Intercambio de Aire



Fuente: BELTRÁN. p.102.

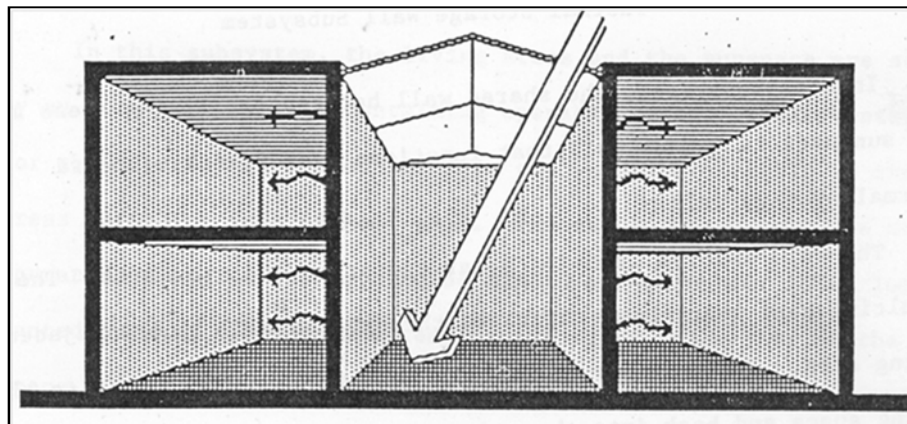
⁵⁸ *Ibíd.*p.102

Cerrar los respiraderos eficazmente convierte el invernadero en una zona separada, reduciendo la pérdida global de calor de los espacios vitales. Debido a que la diferencia de temperaturas es reducida, puede no ser necesaria aislar la pared compartida opaca (Fig.24).

Subsistema de muro de almacenamiento termal En este subsistema⁵⁹, la pared compartida entre las áreas vivas y el invernadero, es masiva, que funciona como una pared estándar de almacenamiento termal.

La pared absorbe la radiación solar entrante y la almacena. El calor resultante entonces lentamente emigra a través de la pared al área adyacente de vida. La pared irradia el calor que ha almacenado hacia el espacio vital y vuelve al invernadero mismo. Al hacer eso, no sólo calienta el área viva, también ayuda a mantener una temperatura relativamente constante en el invernadero.

Fig. 25: Subsistema de Muro térmico de Almacenamiento



Fuente: BELTRÁN. p.103

Debido a que este invernadero es más caliente que el aire exterior circundante, el invernadero actúa como un separador de zonas termales, reduciendo la cantidad de calor perdido del espacio vital en la noche y durante períodos nublados prolongados (Fig.25).

El aislador móvil acomodado en el colector, mejora significativamente la eficiencia global del sistema, reduciendo el escape de la cantidad de calor almacenado, este aislador mantendrá las temperaturas más altas en el invernadero, especialmente en la

⁵⁹ Ibíd.p.103

noche. Debido a estas temperaturas superiores, la pared masiva compartida tendrá la tendencia de transferir en menor grado su calor al invernadero y así proveer una porción mayor de su calor para las áreas adyacentes de vida.

Puede ser notable que la barrera de almacenamiento también puede funcionar como una pared de almacenamiento termal despresurizada. En este caso, el invernadero es de hecho una combinación híbrida de la pared de almacenamiento termal y del subsistema de cambio de aire.

Las ventajas son: (1) el invernadero puede ser utilizado como un patio y como un espacio exterior-interior; (2) servir más que una función, incluyendo ser una extensión del espacio vital; (3) puede convertirse en un activo estético para una casa; y (4) el invernadero aumentará la cantidad de luz de día en la casa y actuará como un área separadora de dos tipos de zonificación, reduciendo la pérdida de calor de los espacios vitales adyacentes.

Las desventajas son: (1) la actuación térmica puede significativamente diferir de un diseño a otro y exactamente es difícil predecir su actuación; (2) los costos pueden ser mantenidos bajos usando material menos caro; pero estos se degeneran rápidamente y la instalación como un todo, será menos durable; y (3) por otra parte, la construcción de calidad, puede costar caro.

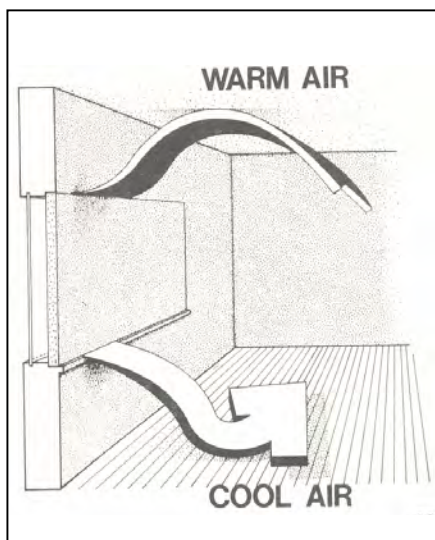
Sistema mixto-combinación de sistemas Mazria⁶⁰ recomienda, que al dimensionar una combinación de sistemas, se deberá ajustar los patrones previos según las siguientes proporciones: para la misma cantidad de calefacción, de cada 1 m² de vidriado de ganancia directa, 2 m² de pared de almacenamiento termal o 3 m² de invernadero de área común de la pared. Según estas proporciones, 5 m² de vidriado de ganancia directa, producirán apenas la misma cantidad de calefacción solar que la combinación de 2.5 m² de vidriado de ganancia directa y 5 m² de pared de almacenamiento termal ó 2.5 m² de vidriado de ganancia directa y 7,5 m² de área común de la pared del invernadero adjunto.

Cuando el calor es activamente tomado del invernadero adjunto y almacenado en el edificio (en la conexión del invernadero), el porcentaje de energía incidente que suministra para un espacio aumenta. En este caso la proporción de ganancia directa para el área receptora del invernadero está 1 para 2.

⁶⁰ Ob.cit.p.220 a 222

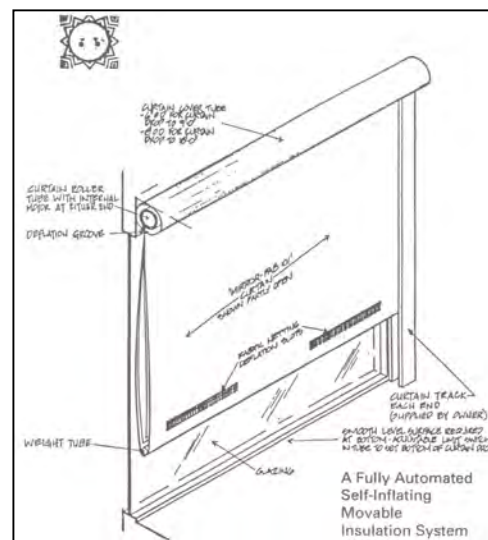
Aislamiento móvil y vidriado Aunque el vidrio y plástico claro o translúcido⁶¹, tienen el potencial de admitir grandes cantidades de radiación solar y dejarlo almacenado en un espacio durante el día, sus propiedades aislantes pobres, dejan un porcentaje grande de ésta energía en pérdidas fuera del vidrio, hacia atrás, especialmente durante la noche. Recomienda en lo posible, usar aislamiento móvil en todo vidriado abierto para prevenir que el calor ganado durante el día escape rápidamente por la noche. Cuando se usa vidriado simple en climas moderados fríos, siempre se debe usar aislante movable.

Fig. 26. Panel aislador nocturno



Fuente: BALCOMB.p.222

Fig. 27. Sistema de cortina enrollable



Fuente: MAZRIA.p.233

Jones⁶² propugna que la actuación de los sistemas solares pasivos está seriamente deteriorada, especialmente en climas fríos, por pérdida de calor a través del vidriado del ambiente. Esta pérdida de calor puede controlarse a medias con el uso de un aislador móvil que se coloca en el vidriado durante la noche y que es removido durante el día (Fig. 26 y 27). Si no hay aislador nocturno, para mejorar la actuación del clima, los estratos del vidriado son aumentados de uno hasta cuatro; hay muy poca mejora más allá del doble vidriado. Si hay aislador nocturno, el triple vidriado entonces no es una mejora sustancial sobre doble vidriado; y en los climas expuestos al sol suaves, el doble vidriado no es una mejora sobre vidriado simple. Aumentando el número de vidriado, ayuda a los incrementos de la resistencia termal; pero disminuye la transmitancia. Para un espesor dado del material, el agua es el artista superior,

⁶¹ Ibíd.p.231

⁶² BALCOM, Ob.cit.p.251

seguido por el concreto armado y luego por el adobe. La superficie exterior de una pared de almacenamiento termal tiene un fuerte efecto en la actuación de la calefacción solar pasiva; dos características son importantes: la absorbancia solar y la longitud de emitancia. El área de la superficie masiva es el parámetro más importante de almacenamiento termal.

Mazria⁶³ hace presente que aproximadamente las dos terceras partes de ésta pérdida de calor ocurre en las noches y que pueden ser disminuidas grandemente con el uso de un aislador móvil. Es posible utilizar un aislador móvil en toda la apertura vidriada para impedir que el calor ganado durante el día escape rápidamente por la noche. Para hacer efecto, el aislador debe ser una cubierta apretada y bien hermética en la apertura vidriada. Un beneficio adicional, es que al reducirse las pérdidas nocturnas, será necesaria menor área receptora.

El aislador móvil puede ser accionado: (1) manualmente; 2) termo sensitivamente; y (3) con motor conducido. Los dispositivos manejados a mano incluyen paneles corredizos, cortinas y postigos conectados; el costo inicial es bajo y los materiales se pagan usualmente con los ahorros de energía dentro de pocos años.

Los dispositivos termo sensitivos son activados por calor convertido en movimiento mecánico, funcionan automáticamente y pueden ser colocados en áreas difíciles para el alcance, como tragaluces y ventanas altas, su costo es más alto que los manejados a mano.

Las aplicaciones accionadas por motor, pueden ser accionadas manualmente o con cronometradores automáticos, termostatos y dispositivos sensitivos ligeros. El problema es el uso de equipo complicado y el costo es demasiado alto. En el presente estudio se plantea utilizar porticones aislantes y cortinas enrollables, accionados manualmente con dispositivos mecánicos sencillos.

1.2.2 Aspectos socio culturales

La cultura, es entendida como: "El conjunto de modos de vida y costumbres, conocimientos y grado de desarrollo artístico, científico, industrial, en una época, grupo social, etc.⁶⁴. Geertz⁶⁵, antropólogo inglés, señala: "La cultura es una serie de

⁶³ Ob.cit.p.236-239

⁶⁴ Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española. 2001. XXII edición.

dispositivos simbólicos para controlar la conducta, como una serie de fuentes extra somáticas de información y constituye el vínculo entre lo que los hombres son intrínsecamente capaces de llegar a ser y lo que realmente llegan a ser, no por uno". Según esto, la cultura subyace entre dos esferas: una inicial en la vida de una persona, potenciada por las capacidades, aptitudes e impulsos de orden genético y representando las múltiples posibilidades de lo que el individuo podría llegar a ser; y otra conformada hasta el presente por lo que el hombre es, según sus experiencias, educación, oportunidades, desafíos, circunstancias y otros.

Rapoport⁶⁶ indica tres tipos de definiciones sobre la cultura. El primer tipo de definiciones, la describe como un modo de vida de las personas que incluye sus ideales, normas, reglas, comportamientos habituales, etc. La segunda clase de definiciones, define la cultura como un sistema de esquemas transmitidos simbólicamente de generación en generación mediante enculturación (o socialización) de niños y aculturización de inmigrantes. Esta transmisión se realiza a través del lenguaje, pero también por medio del entorno construido – el modo de utilizar los lugares. El tercer tipo de definiciones caracteriza la cultura como un medio de la adaptación ecológica y el uso de recursos, atributo principal que permite a los humanos viva explotando varios ecosistemas.

Los valores se expresan frecuentemente a través de los ideales, las imágenes, los esquemas, los significados y similares⁶⁷; ellos, a su vez, conducen a ciertas normas, estándares, expectativas, reglas, etc., que juegan un importante papel en la evaluación de entornos y, al igual que los valores, determinan los estilos de vida.

La visión del mundo⁶⁸ o la forma de ver el mundo por miembros de una cultura tiene cierta utilidad; pero sin embargo, el concepto permanece bastante abstracto. Uno de los aspectos de la visión del mundo son los valores, que son más específicos y también más útiles. Los valores se expresan frecuentemente a través de los ideales, las imágenes, los esquemas, los significados y similares; ellos a su vez, conducen a ciertas normas, estándares, expectativas, regla, etc., que juegan un importante papel en la evaluación de entornos.

⁶⁵ GEERTZ, CLIFFORD. 2005. La interpretación de las culturas. Editorial Gedisa. Barcelona, p.87.

⁶⁶ RAPOPORT AMOS. 2003. Cultura, arquitectura y diseño. Edic. UPC. Barcelona. p.152

⁶⁷ *Ibíd.* p.164

⁶⁸ *Ibíd.* p.163

El concepto de estilo de vida⁶⁹ ha demostrado ser especialmente útil para estudiar una gran variedad de interacciones entre el entorno y la conducta humana, diseño de entornos y para el marketing. El estilo de vida es el fruto de elecciones acerca de la forma de distribución de recursos, y no solo económicos, sino también los recursos como el tiempo, el esfuerzo, la participación, etc. El estilo de vida⁷⁰, a su vez conduce a la actividad y los sistemas de actividad. Son una expresión más concreta de la cultura y los arquitectos y urbanistas, están relativamente bien familiarizados con el uso y análisis de la actividad.

El vínculo entre reglas⁷¹, comportamiento y cultura consiste en que, al cambiar las normas culturales, cambian también las actividades apropiadas para diferentes ambientes y las correspondientes señas. Es importante tanto para comprender las diferencias culturales como para las situaciones del cambio cultural (especialmente un cambio brusco) tan común hoy día y; por consiguiente, para el diseño. Cambio de reglas pueden ser temporales o definitivas.

La cultura en forma integrada comprende no solamente las actividades de carácter simbólico, sino también técnicas, tecnologías y formas organizativas⁷².

Además ninguna es totalmente estable, inamovible⁷³. Todas las culturas producen innovaciones culturales que se traducen en nuevos artefactos y técnicas que emergen en los diferentes entornos materiales, simbólicos, sociales o naturales. Existen varios procesos de innovación: pueden surgir dentro de una misma cultura como el resultado de la producción interna de algunos agentes o de la apropiación de innovaciones ajenas y pertenecientes a otras culturas, o más bien de la imposición de técnicas debida a otros agentes externos; después vienen los procesos de aceptación, apropiación o rechazo. Los "cambios culturales" implican la producción de innovaciones en la forma de nuevas técnicas y artefactos. Estas nuevas técnicas y artefactos pueden transformar el medio cultural e impactar en el sistema cultural establecido. También pueden desestabilizar sistemas culturales tradicionales.

⁶⁹ *Ibid.*, p.164

⁷⁰ *Ibid.*, p.165

⁷¹ *Ibid.*, p.47

⁷² AUDEFROY A JOËL. 2007. Desastres y cultura / Revista INVI . Santiago de Chile.p.26

⁷³ *Loc cit.*

La cultura responde a distintas visiones, reconociendo su incidencia en la definición habitacional, ya sea como refinamiento intelectual y estético, como estilo de vida o como creación de un destino personal y colectivo⁷⁴. El primero como posesión individual de saberes y gustos, el segundo como formas de ser, hábitos y maneras de pensar heredados, mientras que la tercera alude al patrimonio que se va creando, abierto a la creación de futuro, siguiendo normas y valores compartidos por un determinado grupo.

La vivienda urbana⁷⁵, hoy está condicionada por la cultura, en su sentido antropológico más amplio de producción social del medio ambiente y que incluye como motivador de la acción transformadora, el andamiaje simbólico-ideológico de los diversos actores intervinientes y en particular de los hogares y familias que viven en la vivienda.

Los nuevos desarrollos surgen como enclaves individualizados y se caracterizan por estar definidos por envolventes físicos que los separan y diferencian del resto de la ciudad⁷⁶ y por expresar la asimilación de códigos y significados ajenos a nuestra cultura, propios de modelos urbanos diferentes al modelo vernáculo, que han propiciado en forma sucesiva nuevos procesos de segregación respecto al todo urbano e integración como conjunto habitacional, a la luz de postulados opuestos en el debate del urbanismo contemporáneo: integración vs desintegración.

Los aspectos sociales, culturales y físicos deben considerarse en su conjunto⁷⁷. Más aún a priori (y arbitrariamente) no se puede asumir que cualquier cambio producido en el entorno (todo diseño, inevitablemente, o un cambio) sea para mejor. Dentro del ámbito específico de la arquitectura surge una exploración que se puede lograr con el diseño propuesto, que tiene que ver con dos principales variables: el lugar o contexto (medio ambiente y territorio) y la cultura. El diseño arquitectónico en zonas aisladas y extremas, climática y geográficamente supone un desafío mayor. Por otro lado, el diseño acorde a patrones culturales distintivos como son las culturas indígenas y la relación entre vivienda y cultura, conjetura un nuevo panorama en el

⁷⁴ GIDDENS ANTHONY, Sociología. 2003. Alianza Editorial. Barcelona.

⁷⁵ DI PAULA JORGE. 2007. Viviendo la vivienda: cambio de normas y valores transformadores en el entorno construido / Revista INVI N° 60. Santiago de Chile. p.22.

⁷⁶ BRACHO D, FARÍA C, PAREDES M. Dos realidades: dos maneras de habitar conviven hoy en la ciudad. / Revista INVI N° 60 / Santiago de Chile. p. 39

⁷⁷ RAPPORT, Ob.cit.p.20

cual la arquitectura sea capaz de rescatar y denotar la identidad cultural propia de un pueblo, en este caso originario o indígena. La pertinencia étnica es esencial en un proyecto de esta índole, como lo es también la pertinencia territorial y ambiental.

La vivienda es habitada por las personas; pero también la vivienda habita en las personas, forma parte de su identidad⁷⁸, no es sólo el escenario donde transcurren sus vidas, sino que es asumida como su propio cuerpo ampliado. Las normas y valores orientados a la convivencia y coexistencia con la sociedad y la naturaleza⁷⁹, van moldeando a las personas y su entorno, del cual la vivienda constituye un componente activo de primera magnitud. Dichas normas y valores no son previas ni abstractas ni eternas, sino que nacen, crecen y caen en desuso, con las dinámicas socioeconómicas en que las personas están insertas. En consecuencia⁸⁰, la vivienda será impactada por los cambios en la forma y en el uso de la ciudad y por los cambios y la articulación de las habitaciones que la conforman, y a su vez la familia será impactada por los procesos de individuación y por las dinámicas de la organización social, sin desconocer, además, las interrelaciones socio-espaciales: ciudad-sociedad, vivienda-familia y habitación-individuo.

En la categoría de las estructuras físico espaciales⁸¹, existe una opinión generalizada de preservar las estructuras espaciales, porque constituyen la expresión de identidad cultural y simbólica del patrimonio arquitectónico y arqueológico con su tradición tecnológica de materiales naturales; pero también existe la opinión de la necesidad de realizar cambios en las condiciones materiales de las viviendas que demuestran mucha precariedad de los sistemas constructivos y realizar cambios en mejorar las técnicas constructivas y el acceso a los servicios básicos. Los resultados, muestran la tendencia de preservar la ritualidad, el reconocimiento de los símbolos formales e ideológicos, las costumbres y la identidad cultural, como recursos endógenos.

Rapoport⁸² afirma que el concepto de cultura no sea especialmente útil, ni para los estudios EBS (estudio de relaciones entre el comportamiento humano y el entorno), ni

⁷⁸ DI PAULA, Ob.cit.p.13

⁷⁹ Loc. cit.

⁸⁰ Loc. cit.

⁸¹ CALLA ALBERTO. 2006. Vigencia de recursos endógenos en la producción social de la vivienda rural. Revista INVI. Santiago de Chile. p.148

⁸² RAPOPORT, Ob.cit.p.159

para el diseño- en realidad es esencialmente inútil “Diseñar para la Cultura” diría yo⁸³, es una tarea imposible. Igualmente imposible sería diseñar un entorno para una cultura concreta (digamos, grupo A) o la tarea de diseñar un lugar más específico (por ejemplo una vivienda) para el grupo A. Es así porque, la “cultura” es un concepto definicional, una etiqueta que sirve para un amplio abanico de fenómenos humanos. De ahí que sea demasiado abstracta y demasiado general (o global) para que sea útil.

Debemos entender que existe una estrecha relación entre formas de vivienda y cultura⁸⁴. En la medida en que los estilos de vida son diferentes para cada cultura, la arquitectura no puede pretender modelos de validez universal. Del mismo modo, en la medida que los valores e ideales socioculturales son variables en el tiempo, la arquitectura de la vivienda ha ido cambiando y tendrá que estar siempre atenta y dispuesta a ofrecer respuestas adecuadas en cada momento. Frente a la universalización de las propuestas de la vivienda existe una riqueza cultural en la arquitectura de la casa de la que no es sensato prescindir.

La implantación de casas urbanas o pisos en todas las culturas que viven procesos de crecimiento económico rápido parece imparable⁸⁵. Esta situación comporta la aplicación a la ligera de modelos extraños con el surgimiento de los correspondientes conflictos. Es bueno conocer y aprender formas de vida y arquitecturas residenciales de otros lugares; pero también hay que tener en cuenta que la vivienda tiene una gran peculiaridad micro cultural. Tanto los estudios tipológicos sobre la arquitectura residencial, importados a la ligera, como el excesivo pragmatismo de los agentes económicos que actúan en la construcción de viviendas, tienden a empobrecer y simplificar la amplia cultura arquitectónica de la casa. Es notable la pobreza de tipos residenciales que tenemos en nuestro país y al mismo tiempo, la escases de soluciones propias que sean tanto fruto de la imaginación proyectual como procedentes de la tradición, en tanto adecuadas a las condiciones climáticas y a las formas de construir que le son lógicas.

Un breve repaso de las maneras de vivir primitivas⁸⁶, puede ilustrar esta dependencia entre cultura y arquitectura del hábitat. También una breve mirada a las

⁸³ Ibíb.p.160

⁸⁴ DE SOLA MORALES IGNASI y otros. 2002. Introducción a la arquitectura. Edic. UPC. México. p.129

⁸⁵ Loc. cit.

⁸⁶ Ibíd.p.130

formas de la vivienda de nuestra cultura, centradas especialmente en los momentos de formación del hábitat urbano masivo, puede ser aleccionadora de cara a entender que no siempre las casas han sido como son actualmente. De hecho, los pisos, la forma normal de vivienda en nuestras ciudades densificadas, son ya de por sí una degeneración del hábitat natural, debida a la voluntad mayoritaria de vivir en un mismo lugar, en concentraciones urbanas.

Para estudiar la relación entre la cultura y el entorno se precisan cuatro pasos⁸⁷. El primer paso sería reunir todos los tipos posibles de entornos, incluyendo los de las sociedades prehistóricas, antiguas, pre literatas o tribales; entornos vernaculares, entorno en su conjunto o populares; asentamientos de ocupación espontánea, etc., que se añadirán a los mejor conocidos entornos creados por profesionales. El segundo paso consiste en incluir toda la gama de culturas, tanto las del presente como del pasado. El tercer paso supondría abarcar toda la historia pasada. El cuarto paso tratará el entorno en su conjunto y no solamente la construcción en sí.

Hay que tener en cuenta que los primeros tres pasos claramente implican aspectos culturales, mientras el cuarto subraya que no se puede estudiar las construcciones sin incluir a los habitantes con sus correspondientes posesiones y mobiliario, o sea elementos de cultura material.

El entorno, puede ser comprendido como⁸⁸: (1) organización del espacio, tiempo, significado y comunicación; (2) sistema de lugares; (3) paisaje natural; (4) entidad compuesta por elementos fijos, semifijos y no fijos.

1.2.3 Aspectos geográficos

Por su influencia directa con el confort térmico, se convierte en uno de los factores más importante que debe tenerse en cuenta para diseñar viviendas; pues debe conocerse la latitud, longitud y altitud del lugar, así como la orografía y los obstáculos urbanos o naturales que impiden la captación del Sol. También es necesario conocer la posición del Sol en el cielo y la información por hora, día y mes de la radiación solar. Todos estos datos inciden en el diseño interno de las viviendas.

⁸⁷ RAPOPORT, Ob.cit.p.38

⁸⁸ *Ibíd.* p. 44

1.2.3.1 La geografía del lugar

Una región plana no presenta más dificultades que aquellas debidas a obstáculos tales como edificios y vegetación entre otros. Los lugares con relieve acusado pueden ocasionar pérdidas de aportaciones solares.

Latitud (θ) de un lugar: es el ángulo que forma el radio terrestre que va a ese lugar con el plano ecuatorial. La latitud varía de 0° a 90° en cada hemisferio. Es positiva al Norte y negativa al Sur.

Longitud (L): es la distancia angular de un punto terrestre con respecto al meridiano "0" denominado Greenwich, existen 23 meridianos separados cada 15° que dan origen a los diferentes usos horarios. Los puntos al Este del meridiano "0" son positivos y al Oeste negativos.

Altitud (a): es un punto de la superficie terrestre medido en la dirección de la vertical del lugar, a la que se encuentra sobre el nivel medio del mar.

1.2.3.2 Cálculo del sol en el cielo

Para determinar la posición del Sol en el cielo, es necesario conocer la declinación terrestre y el ángulo horario, a partir de los cuales se determina el azimut y la altura del Sol hora a hora en un mes típico.

Declinación terrestre (δ): es el ángulo variable que forma el plano de la elíptica de la rotación de la tierra y el eje de rotación de la tierra.

Se ha demostrado⁸⁹ que se puede obtener el valor medio del mes de la radiación solar, determinando el día de cada mes en el cual la radiación exterior de la atmósfera tiene un valor próximo al valor medio. Este valor se conoce como el *día medio del mes* y adopta los siguientes valores: 17, 47, 75, 105, 135, 162, 198, 228, 258, 288, 318 y 344, tomados correlativamente desde el 01 de enero en adelante hasta el último día de diciembre. La declinación terrestre se mide⁹⁰:

$$\delta = 23.45 \cdot \text{Sen} (360 \times 284 + n) / 365$$

Ecuación 8

⁸⁹ DE JUANA JOSÉ. "Energías Renovables". 2002. Ediciones Paraninfo. Madrid. p.58.

⁹⁰ *Ibíd.*p.37

Donde n = número de días transcurridos desde principio de año

Angulo horario (ah): está determinado por la rotación regular de la Tierra alrededor de su eje⁹¹ y se encuentra ligado a la hora solar verdadera. El mediodía solar verdadero, es cuando el Sol pasa por el meridiano del lugar y el ángulo es 0. A cada hora, el ángulo solar es de 15°. Antes del mediodía se consideran negativos y después de mediodía positivos.

$$H = \text{ángulo horario (1 hora} = 15^\circ) \quad \text{Ecuación 9}$$

Azimut (α), es el ángulo formado por la proyección sobre el plano horizontal de la línea Sol-Tierra con la línea Norte Sur. En el hemisferio Norte se mide desde la dirección Sur y es positivo hacia el Oeste y en el hemisferio Sur se mide desde la dirección Norte y es positivo hacia el Este. Para hallar el azimut se emplea la ecuación siguiente⁹²:

$$\text{Sen.}a = (\text{Cos.}\delta \cdot \text{Sen AH}) / \text{Cos.h} \quad \text{Ecuación 10}$$

Altura solar (h): es el ángulo formado por la dirección Sol-Tierra con la vertical del lugar. Para hallar la altura solar se emplea la fórmula siguiente⁹³:

$$\text{Sen.h} = \text{Sen}\Phi \text{ Sen } \delta + \text{Cos}\Phi \text{ Cos AH} \quad \text{Ecuación 11}$$

Para la salida y puesta del Sol se emplea la ecuación:

$$\text{AH}_0 = - \text{tg } \Phi \text{ tg } \delta \quad \text{Ecuación 12}$$

El diagrama solar: en función a los datos obtenidos de la posición del Sol con referencia al azimut y la altura del Sol, hora a hora, se puede graficar la trayectoria del Sol en una proyección estereográfica sobre la esfera celeste, según el método indicado en la Fig. 28.

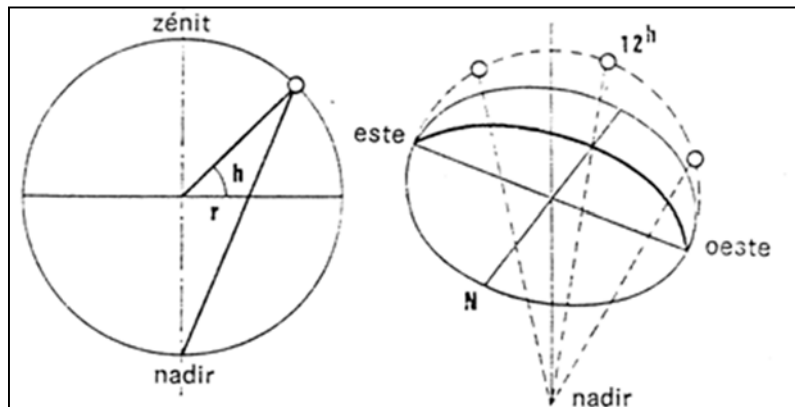
⁹¹ BATELLIER J.P. 1984. La energía Solar en la Edificación. GERSA Edit. Gráficos. Barcelona, 4ªedic., p.39

⁹² Ibíd.p.42

⁹³ Loc. cit.

Sobre el plano horizontal, se trazan para cada hora del día las rectas que se juntan con el Sol en el nadir, punto de la esfera celeste que se encuentra en la vertical del observador, por debajo de los pies del mismo, el nadir está diametralmente opuesto al zenit. Se aplica para conocer rápidamente la posición del Sol en el cielo, para la adaptación de la geografía del lugar y para la determinación de las sombras de otras construcciones u obstáculos.

Fig. 28 Proyección Estereográfica aplicada a la curva del sol



Fuente: BATELLIER p, 43

1.2.4 Aspectos climáticos

1.2.4.1 La radiación solar

La energía del Sol⁹⁴ viaja en ondas electromagnéticas y la energía que nos llega a la capa extraterrestre de la atmósfera, lo hace distribuida en diferente longitud de onda, lo que constituye el espectro solar extraterrestre. La cantidad de energía que llega por unidad de tiempo fuera de la atmósfera se llama constante solar; la NASA en base a mediciones satelitales estableció el valor de $G_c = 1,353 \text{ W/m}^2$ con un error estimado del 1,5%; La Word Radiación Center, en base a mediciones satelitales últimas ha adoptado el valor de $G_c = 1,367 \text{ W/m}^2$ con un error estimado del 1%.

La masa atmosférica atravesada por la radiación solar tiene un espectro aproximado de 9 Km, en las condiciones de presión y temperatura a nivel del mar. La radiación solar que es difundida y absorbida por las moléculas gaseosas y por las partículas atmosféricas, sufre una extinción cuya magnitud depende del número de moléculas y de partículas interceptadas por cada rayo.

⁹⁴ DE JUANA, Ob.cit.p.28.

La radiación global (G_{oh}) que llega a nivel del suelo sobre una superficie horizontal se descompone en radiación directa (I^*) y difusa (D_o). La radiación directa es la corregida por la influencia de los factores atmosféricos y la radiación difusa es la que proviene de la bóveda celeste. Las estaciones meteorológicas, por lo común recogen la información de la radiación horizontal global llegada a la superficie terrestre, a partir de éste dato se puede conocer las radiaciones en otras direcciones para ser utilizados en los cálculos térmicos en las edificaciones.

Para efectuar los cálculos de la aportación solar sobre una superficie cualquiera, es necesario poder separar la parte debida a la radiación difusa, la que tiene diferentes valores.

El coeficiente⁹⁵ de albedo α depende de la naturaleza de los suelos y representa la fracción de la radiación global reflejada hacia la superficie tomada en consideración. Los valores que toma el coeficiente de albedo α son generalmente: 0,18 a 0,23 para prados y césped, 0,55 para el concreto, 0,18 para el marcadán y de 0,80 a 0,90 para la nieve recién caída.

La fracción de insolación, está en función a las condiciones de nubosidad del cielo $\sigma = SS/SSo$, donde: SS =duración de la insolación y SSo = duración máxima de la insolación.

Para conocer la radiación global horaria en una dirección vertical (G_{ov}) o inclinada (G_{oi}) para un día típico de cada mes del año es necesario medir la radiación extraterrestre horaria (H_o) y el coeficiente de radiación difusa (H_d). Mediante la radiación solar global horizontal diaria (G_{oH}) conocida y los valores obtenidos, se obtiene la radiación vertical difusa (D_{ov}) y radiación directa horizontal (S_{oH}).

Para encontrar la radiación global extraterrestre⁹⁶ (G_{on}) en función a cada día medio del mes hallado (n).

$$G_{on} = 1353 \left[1 + 0,034 \cos \left(\frac{360n}{365,25} \right) \right]$$

Ecuación 13

⁹⁵ BATELLIER, Ob.cit.p.33.

⁹⁶ DE JUANA, Ob.cit.p.30

donde 1353 es la constante solar determinada por satélites en W/m^2C y 365.25 es la cantidad de días al año.

La radiación horaria extraterrestre horizontal (H_o) se encuentra⁹⁷:

$$H_o = G_o n [\text{sen } \delta \cdot \text{sen } \theta + \text{cos } \delta \cdot \text{cos } \theta \cdot \text{cos } AH] \quad \text{Ecuación 14}$$

Para hallar la radiación global horizontal horaria ($G_{oh_{hora}}$).

$$G_{oh_{hora}} = K \cdot H_o \quad \text{y} \quad K = \frac{G_{oh_{día}}}{\sum H_o} \quad \text{Ecuación 15}$$

donde $G_{oh_{día}}$ es la radiación global horizontal terrestre

Para encontrar la radiación difusa horizontal horaria⁹⁸ ($D_{oh_{hora}}$)

$$D_{oh_{hora}} = G_{oh_{hora}} \cdot H_d \quad \text{Ecuación 16}$$

Para calcular el coeficiente de incidencia de la radiación difusa (H_d) se toma la correlación de Liu y Jordan⁹⁹.

$$H_d = 1,3090 - 4,0273 \cdot K + 5,541 \cdot K^2 - 3,108 \cdot K^3 \quad \text{Ecuación 17}$$

Para encontrar la radiación directa horizontal¹⁰⁰ (S_{oh})

$$S_{oh} = G_{oh} - D_{oh} \quad \text{Ecuación 18}$$

Para hallar la radiación difusa horaria vertical¹⁰¹ (D_{ov}):

$$D_{ov} = 0,5 \cdot [D_{oh} + (\sigma \times G_{oh})] \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde σ es el coeficiente del albedo:

0,18 a 0,25 en césped y prados - 0,55 en concreto - 0,20 en campos

⁹⁷ Ibíd.p.41

⁹⁸ DE FRANCICO ADOLFO –CASTILLO 1985. Manuel. "Energía Solar-diseño y Dimensionamiento de Instalaciones". Publicaciones de Monte Piedad. Córdoba. p.37

⁹⁹ Ibíd.p.39

¹⁰⁰ BATTELLIER, Ob.cit.p.48

¹⁰¹ Ibíd.p.33

0,80 a 0,90 nieve recién caída.

Se toma un albedo de 0,15 a 0,20 para un plano vertical.

Para hallar la radiación directa vertical ¹⁰²(Sov):

$$Sov = Soh \cdot \frac{\cos .h \times \cos .a}{\text{sen}.h} \quad \text{Ecuación 20}$$

Para hallar la radiación global vertical (Gov):

$$Gov = Sov + Soh \quad \text{Ecuación 21}$$

Para hallar la radiación en un plano vertical orientado indistintamente¹⁰³

$$Soi = Soh(\cos .h \times \text{sen. } i \times \cos(a - \alpha) + \text{sen. } h \times \cos .i) \quad \text{Ecuación 22}$$

1.2.4.2 La temperatura del aire

Temperatura¹⁰⁴ es la propiedad de los sistemas que determina si están en equilibrio térmico. El concepto de temperatura se deriva de la idea de medir el calor o frialdad relativos y de la observación de que el suministro de calor a un cuerpo conlleva un aumento de su temperatura mientras no se produzca la fusión o ebullición. En el caso de dos cuerpos con temperaturas diferentes, el calor fluye del más caliente al más frío hasta que sus temperaturas sean idénticas y se alcance el equilibrio térmico. Por tanto, los términos de temperatura y calor, aunque relacionados entre sí, se refieren a conceptos diferentes: la temperatura es una propiedad de un cuerpo y el calor es un flujo de energía entre dos cuerpos de diferentes temperaturas. Los cambios periódicos de temperatura se deben básicamente al calentamiento por la radiación del Sol de las zonas terrestres del planeta, que a su vez calientan el aire situado por encima. Como resultado de este fenómeno, la temperatura disminuye con la altura, desde un nivel de referencia de 15 °C en el nivel del mar (en latitudes templadas) hasta unos -55 °C a 11.000 m aproximadamente. Por encima de esta altura, la temperatura permanece casi constante hasta unos 34.000 m. (En cuanto al índice de temperatura-humedad, véase Humedad).

¹⁰² Ibíd.p.45

¹⁰³ Ibíd.p.47

¹⁰⁴ FERNANDEZ G. FELIPE. 1994. Clima y confortabilidad humana, aspectos metodológicos. Serie Geográfica, vol. 4. Madrid. p.12

La temperatura del aire¹⁰⁵ es el factor que influye de manera más directa sobre el bienestar humano en los interiores de un espacio. La temperatura efectiva representa el efecto combinado de la temperatura ambiente, la humedad relativa y el movimiento del aire sobre la sensación de calidez o de frío que siente el cuerpo humano, equivalente a la temperatura del bulbo seco del aire estático a 50% de humedad relativa que induce una sensación idéntica.

Algunos estudios recientes sugieren que es más significativa la temperatura radiante del entorno que la del aire. Se mide por el termómetro de esfera o de globo. La temperatura media de radiación (TMR) es importante para la comodidad térmica, ya que el cuerpo humano recibe calor de radiación de las superficies circundantes si su TR es significativamente mayor o más baja que la temperatura del aire. Entre mayor sea la TRM de las superficies circundantes, la temperatura del aire es más fría. La TMR tiene aproximadamente un efecto 40% mayor en la comodidad de la temperatura del aire. En clima frío, la TMR de las superficies interiores de los paramentos exteriores no debe de descender más de 9°C por debajo de la temperatura interior del aire. La TRM es la suma de las temperaturas de los muros, pisos y techos circundantes de una habitación, ponderadas de acuerdo al ángulo sólido subtendido por cada una de ellas en el punto de medición. La diferencia de la temperatura del suelo y del edificio que se superpone produce un gradiente térmico considerable de ahí que es necesario tener en cuenta este efecto.

1.2.4.3 La humedad relativa

La humedad absoluta¹⁰⁶ (mv) es la masa del vapor de agua por unidad de volumen de aire en Kg/m³. La Humedad específica (r) es el contenido de vapor de agua por unidad de masa de aire seco; se expresa en Kg/Kg o en g/Kg. Se denomina punto de rocío (tr) a la temperatura a la cual el vapor de agua se condensa al enfriarse el aire, manteniendo constante la presión y la humedad absoluta.

La humedad relativa (HR) es la relación entre la cantidad de vapor contenida en el aire (mv) y la cantidad de aire saturado a la misma temperatura (ms).

$$HR = mv / ms$$

Ecuación 23

¹⁰⁵ Ibíd.p.14

¹⁰⁶ Ibíd.p.15

La humedad relativa (HR) es la relación de cantidad de vapor de agua presente realmente en el aire entre la cantidad máxima que el aire puede contener a la misma temperatura, expresada como porcentaje. La humedad relativa regula la evaporación, por lo que desempeña un importante papel en las altas temperaturas, en las que la sudoración es uno de los mecanismos más importantes de enfriamiento. Mientras mayor sea la humedad relativa de un espacio, debe ser menor la temperatura del aire.

Tabla 6: Sensación térmica en función de la humedad relativa del aire

Temp. °C	Humedad relativa en %					
	30	50	70	80	90	100
20	20	21.1	22.2	22.8	23.4	23.9
25	25	26.7	27.8	28.9	30.0	31.1
30	30	32.2	35.0	37.2	37.8	39.4
35	35	38.8	42.2	44.4	46.7	48.9
40	40	45.0	50.0			

Fuente. HERNANDEZ, p.,111

La humedad relativa es más crítica a altas temperaturas que dentro del intervalo normal de temperatura. La humedad baja (<20%) puede tener efectos indeseables, como la acumulación estática y el desecado de la madera; la humedad elevada puede causar problemas de condensación. En climas cálidos¹⁰⁷, cuando la humedad sobrepasa el 60% y sobre todo el 80%, la sensación de calor aumenta, ya que se produce el sudor; pero no evaporación, dando lugar al clásico bochorno o calor húmedo, bastante más inconfortable que el calor seco (tabla 6).

1.2.4.4 El viento

El viento¹⁰⁸ es un elemento de suma importancia en la arquitectura, aparte de su incidencia en la estabilidad de los edificios, debe de tenerse en cuenta por su influencia en el aislamiento térmico de los edificios y las infiltraciones. Los intercambios caloríficos en las paredes expuestas al viento se reflejan por el aumento de los coeficientes superficiales de transmisión de calor de muros y cubiertas. Su repercusión es mucho mayor en muros poco aislados y especialmente en los huecos acristalados.

¹⁰⁷ ibíd. p.65

¹⁰⁸ GARCÍA JOSÉ –FUENTES VÍCTOR. 1995. Viento y Arquitectura. Edit.Trillas,México. p.11

El viento¹⁰⁹ es el aire en movimiento que se genera cuando existe una diferencia de presiones entre dos puntos de la superficie terrestre y es el resultado de la acción de cuatro fuerzas: de las gradientes de presión atmosférica, la fuerza centrífuga, la desviación de Coriolis y de las fuerzas de rozamiento. La energía que lo produce proviene del Sol ya sea en forma directa o indirecta. Se caracteriza por su velocidad y dirección. Es preciso tener en cuenta las cantidades de aire intercambiadas entre el edificio y el exterior, puesto que la energía asociada a estas masas gaseosas es una carga muy significativa, quizás la más importante, en las necesidades de calefacción y refrigeración. La ventilación¹¹⁰ se interpreta como un conjunto de intercambios del aire entre zonas homogéneas de temperatura y presión separado por aperturas que producen una pérdida de carga en el camino que sigue el aire en movimiento.

El movimiento del aire aumenta la disipación de energía por evaporación o convección, siempre que la temperatura de la piel sea inferior a la del aire. No obstante, cuando las temperaturas son superiores a 40°C, el viento aumenta la sensación de calor. Mientras más fría sea la corriente de aire en movimiento, en relación con la temperatura del aire en la habitación, su velocidad debe ser menor. La velocidad del aire debe de estar en un intervalo de 3 a 15 m/min; velocidades más elevadas puede causar condiciones de corriente de aire.

1.2.4.5 Las precipitaciones

Las precipitaciones pluviales¹¹¹, es un fenómeno por el cual la nubosidad atmosférica se transforma en agua, formando la lluvia. La precipitación pluvial se mide en milímetros. Una pluviosidad menor de 500 mm anuales es considerada insuficiente para el crecimiento de la vegetación. Sin duda, la posibilidad de mantener la vegetación, depende también de la temperatura y la distribución de las lluvias durante todo el año y de su no variación en años. Normalmente, las lluvias están relacionadas con los vientos provenientes de ciertas direcciones, siendo importante para un proyecto habitacional.

¹⁰⁹ Ibíd. p.16

¹¹⁰ Ibíd.p.48.

¹¹¹ FERNANDEZ,Ob.cit.p.99

1.2.4 El confort térmico

1.2.4.1 La confortabilidad

Puede ser definida¹¹², como el conjunto de condiciones en las que los mecanismos de autorregulación son mínimos o como la zona delimitada por unos umbrales térmicos en la que el mayor número de personas manifiesten sentirse bien¹¹³. Para Givoni, es la ausencia de irritación o malestar térmico. Según la ASHRAE¹¹⁴, el confort es definido como aquellas condiciones de la mente, que expresan satisfacción del ambiente térmico.

El concepto de confort, por tanto, admite varias definiciones; pero en todas se halla presente el concepto de equilibrio energético entre el cuerpo humano y su entorno. La existencia de un equilibrio térmico, sin embargo, no necesariamente indica confortabilidad, puesto que puede alcanzarse bajo condiciones de malestar por efecto de los mecanismos autorreguladores. En efecto, el hombre, para garantizar su salud física, debe mantener la temperatura interna de su cuerpo dentro de unos límites bastante estrechos, independientemente de las variaciones de la temperatura del aire.

El cuerpo humano¹¹⁵ tiene internamente una temperatura que varía entre 36.5° y 37°C. El equilibrio térmico del cuerpo consiste en mantener la temperatura dentro de esos rangos: si la temperatura aumenta o disminuye puede provocar lesiones graves, de tal modo que entre 40 y 45 grados se producen complicaciones de circulación y por encima de 41 a 42 puede llegar al estado de coma o colapso total. El cuerpo para mantener este balance realiza una serie de procesos por los cuales gana o pierde calor, según la siguiente ecuación:

$$O = M \pm R \pm Conv \pm Cond \pm E$$

Ecuación 24

Siendo: **M**, el calor producido por procesos metabólicos; **R**, el intercambio de calor por radiación; **Conv**, el intercambio de calor por convección; **Cond**, el intercambio de calor por conducción y **E**, pérdidas de calor por evaporación.

¹¹² Ibíd.p.109.

¹¹³ Loc. cit.

¹¹⁴ Ibíd.p.110

¹¹⁵ Loc. cit.

Cuando la sumatoria es cero, el cuerpo está en equilibrio y si esto no ocurre, actúan un conjunto de mecanismos autorreguladores como el aumento en el flujo sanguíneo y dilatación de los vasos capilares; cuando las ganancias son superiores a las pérdidas o disminuye el flujo sanguíneo, mediante la contracción de los vasos capilares, cuando el ambiente es más frío que el cuerpo; si esto es insuficiente, se producen contracciones o escalofríos que aumentan la producción de calor metabólico.

El intercambio con el exterior está controlado por tres factores¹¹⁶: el metabolismo, que supone ganancias por la ingestión de alimentos y su combustión; el intercambio térmico entre el cuerpo y el ambiente que le rodea, por conducción, convección y radiación y las pérdidas por evaporación del agua de los pulmones o de la piel (sudoración). La energía producida por el metabolismo está directamente relacionada con la actividad desarrollada, ya que el proceso metabólico produce un exceso de energía al realizar un determinado trabajo, en proporciones mayores a las requeridas al disminuir la eficiencia del cuerpo. El exceso se transforma en calor, denominado calor metabólico.

Tabla 7: Relación entre las diferentes actividades y sus niveles metabólicos según Belding y Hatch

actividad	energía (w)
durmiendo	75
sentado tranquilamente	120
trabajo ligero	
oficina	130-160
conduciendo	160-190
de pie trabajo ligero	160-190
Trabajo moderado	
sentado, movimiento intenso manos, tronco y piernas	190-230
de pie con algun desplazamiento levantamiento y transporte	230-290
moderado de pesos	290-400
Trabajo intenso	430-600

Fuente: FERNÁNDEZ. p, 111

¹¹⁶ Loc. cit.

En reposo absoluto el gasto de energía es el mínimo necesario para mantener las funciones vegetativas y se denomina metabolismo basal. Pero incluso en esta situación el calor generado es del orden de 70 w/h (tabla 7).

El Intercambio térmico entre el cuerpo y el ambiente se produce por las diferencias de calor con el entorno, aunque la vestimenta desempeña un importante papel como factor de modificación. Experimentalmente¹¹⁷ se ha establecido la equivalencia entre diferentes tipos de vestimenta y esta unidad de aislamiento, tal y como aparecen en la tabla 7.

Existen tres procesos de intercambio que actúan simultáneamente: entre la ropa y el exterior, entre el cuerpo y la ropa y entre las partes descubiertas y el exterior; por ello, para un hombre desnudo la estimación del balance es más simple, ya que sólo intervienen la temperatura de la superficie del cuerpo, la temperatura y velocidad del aire y la temperatura radiante de las superficies que rodean al individuo. La integración de la vestimenta en el proceso de intercambio se realiza mediante la definición de una unidad de aislamiento, denominada “cío”, cuyo valor es 0.6 m²°C/W.

Tabla 8: Clasificación y cuantificación de arropamiento

<i>Magnitud de medida del arropamiento (clo)</i>	<i>Tipo de arropamiento</i>	<i>Resistencia térmica del arropamiento (m²·°C/W)</i>
0	Desnudo	0
0,5	Ropa ligera (pantalón corto)	0,08
0,7	Ropa de verano	0,11
0,8-1,0	Ropa de entretiempo	0,12-0,15
1,0	Ropa con chaqueta	0,15
1,25	Ropa con chaqueta y chaleco	0,19
1,5-2,0	Ropa con abrigo	0,23-0,31
3,0-4,0	Ropa para tiempo muy frío	0,46-0,62

Fuente: BEDOYA.p.90

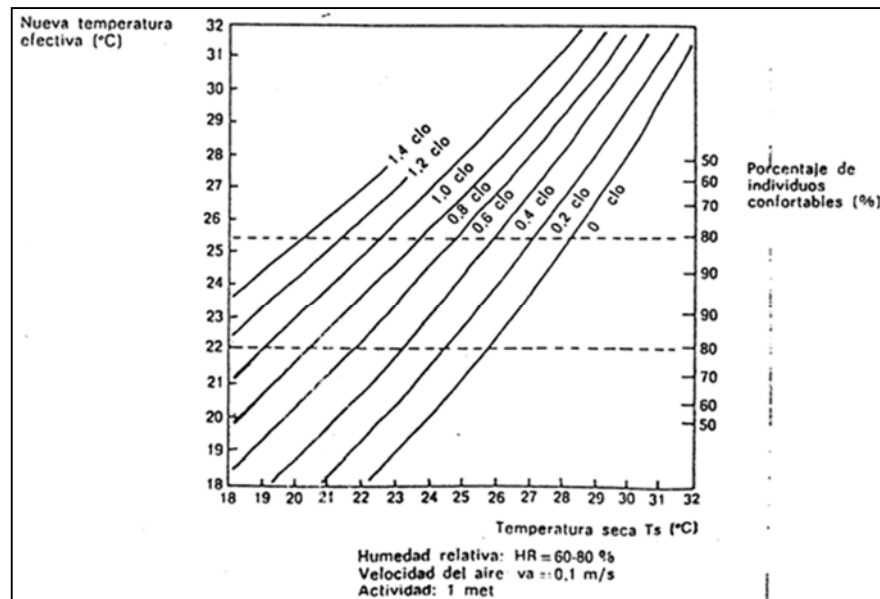
La influencia de la vestimenta en el confort, que muestra valores intermedios¹¹⁸, se aprecia en la tabla 8 y Fig. 29, que corresponde a un caso concreto. En la tabla 8 se muestra la magnitud del arropamiento según la actividad en “clo” y la resistencia térmica del arropamiento. En la Fig. 29; se muestra el porcentaje de individuos

¹¹⁷ Ibíd.p.111

¹¹⁸ BEDOYA C, NEYLA J. 1992. Las técnicas de acondicionamiento ambiental. Fundamentos arquitectónicos. Edic. G.Gilli - Madrid. p.90

confortables, con una actividad de 1 met, aire aproximado a la calma (0.1 m/seg) y humedad relativa entre el 60 y 80%.

/Fig. 29: Porcentaje de individuos confortables en función de la temperatura y del grado de arropamiento



Fuente: BEDOYA, p.93

1.2.4.2 Métodos de análisis del confort climático

El objetivo final de las investigaciones en el campo bioclimatológico es el de cuantificar las sensaciones térmicas y establecer escalas, que permitan determinar las respuestas de la persona ante unas condiciones climáticas específicas. Todos los investigadores utilizan una metodología similar, consistente en el análisis combinado de las diversas variables climáticas, que condicionan la sensación térmica, aunque varía su número y la importancia dada a cada una de ellas.

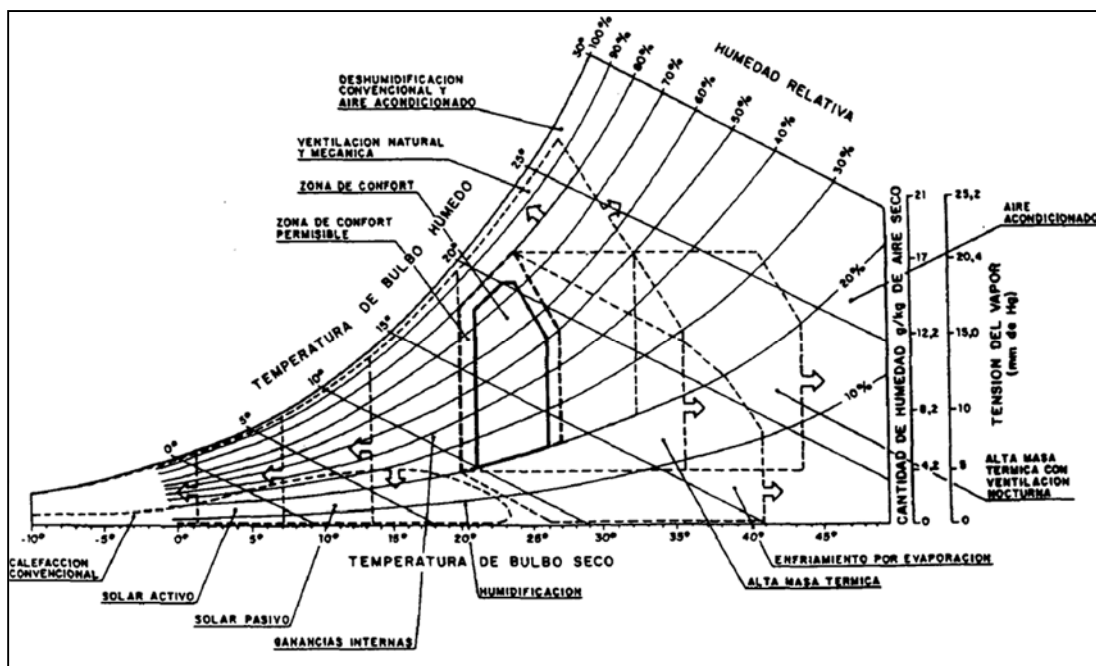
En los denominados diagramas o cartas bioclimáticas, los resultados se expresan en forma de índices o mediante la definición de áreas de confort. La utilización de estos índices son herramientas de gran utilidad y deberían ser incorporados a los estudios climáticos regionales, a pesar de las dificultades derivadas de la escasez de información de muchos de los parámetros requeridos para su elaboración.

El número cada vez mayor de estudios dedicados al clima de las áreas urbanas es, sin lugar a dudas, un factor favorable para el empleo generalizado de estos índices, que, en definitiva, permiten evaluar un aspecto del clima de gran utilidad para la planificación y el uso racional de los espacios habitados. Los más conocidos son de

Givoni, Olyay, Szokolay y de la ASRAHE que se emplean para establecer la temperatura óptima para los interiores de las edificaciones.

Diagrama bioclimático de Givoni Está diseñado para determinar las condiciones micro climáticas del interior de los edificios a partir de las condiciones exteriores¹¹⁹- Fig. 30 - lo que permite evaluar las necesidades energéticas de calentamiento o ventilación necesarias para mantener las condiciones adecuadas de confort. Establece una zona de confort permisible entre los 20° C y 21° C y una zona de confort entre los 21° C a 26° C.

Fig. 30: Diagrama de Givoni para edificación



Fuente: JIMÉNEZ ÁLVAREZ 1984

ASRAHE Standard 55¹²⁰ Es exclusivo para el uso del confort térmico del medio ambiente interior¹²¹. No es limitado a ningún tipo de edificio típico, entonces puede ser también usado para residencias y edificios comerciales y para nuevos o edificios existentes. La condición aceptable específica estándar para la mayoría de un grupo de ocupantes expuestos a alguna condición dentro del espacio basado en un 80% de aceptabilidad. Se lo muestra en la Fig. 31.

¹¹⁹ FERNANDEZ, Ob.cit.p.123.

¹²⁰ NEW ASHRAE STANDAR 55-2004. Center for the BUILT Enviroment. University of California. p.24

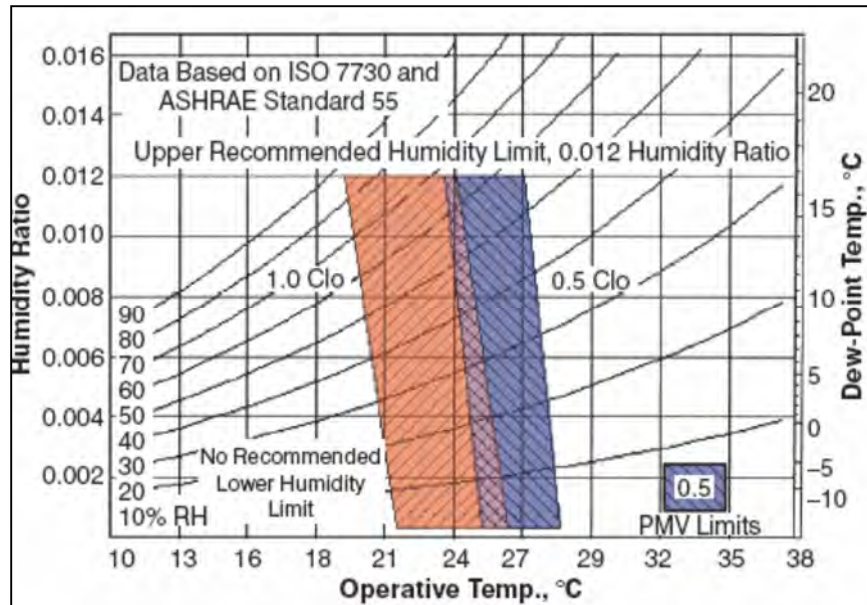
¹²¹ Ibíd. P.25

Los dos tipos de ropa:

0,5 CLO = Típico para veranos o estaciones frescas.

1,0 CLO = Típico para inviernos o estación para calentar.

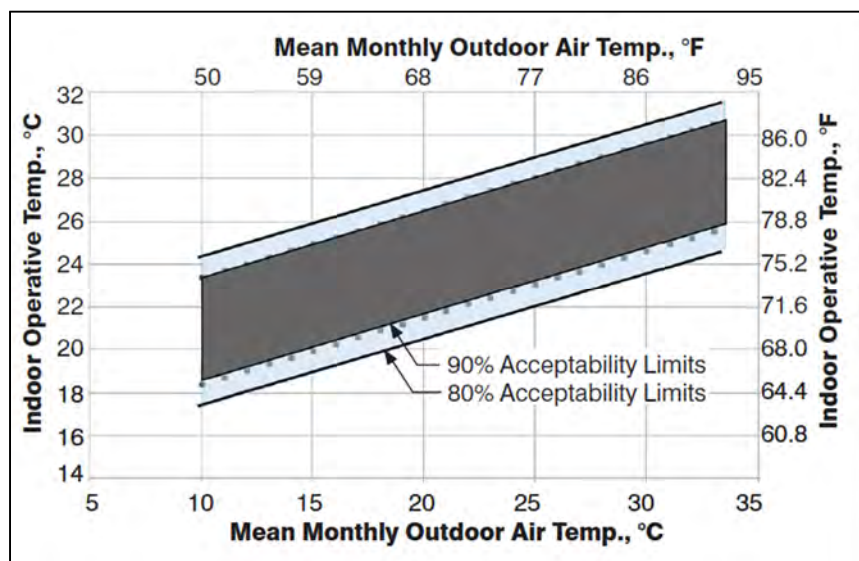
Fig. 31: Rango aceptable de temperaturas operativas y humedad



Fuente: ASRAHE Standard 55-2004,p.22

En la Fig. 32, al ingresar la temperatura exterior promedio del mes de cálculo se obtiene la temperatura interior con una aceptabilidad del 80% y 90%.

Fig. 32: Rango de temperaturas operativas aceptables para condiciones del espacio

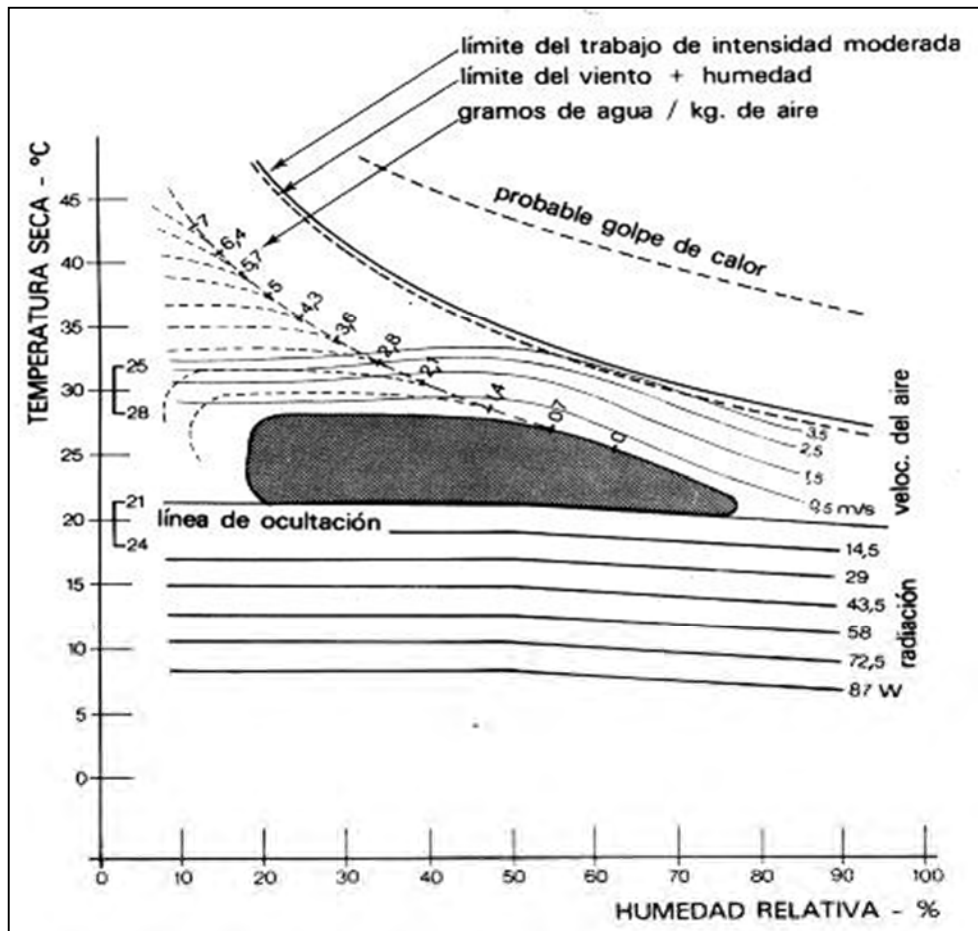


Fuente: ASHRAE-55

Diagrama bioclimático de Olgay¹²² Permite determinar las características climáticas de espacios abiertos y es de gran utilidad para la elección de emplazamiento y orientación de los edificios. También se utiliza para interiores cuando las condiciones no son muy severas.

El diagrama de la Fig.33, establece las condiciones para exteriores y tiene como límite máximo de confort 27°C y el mínimo de 21°C para localidades frías, donde establece un nivel de arropamiento de 1.0 clo para una época de primavera; una persona con actividad ligera vestida con ropa de entretiempo, sin viento y a la sombra (1,5 clo para invierno y 0,50 clo para verano). Teniendo en cuenta los datos meteorológicos, se determina la temperatura máxima media, se suma y resta a ésta, el 50% del rango sobre la H.R.

Fig. 33. Diagramas de Olgay con medidas correctivas del medio ambiente



Fuente: FERNANDEZ,p.121 (Fariña 1990)

¹²² SHALDER, Ob.cit.p.64

Zona de confort de Szokolay (1995)¹²³ Resulta de una formulación de una zona de confort, denominada “Zona Potencial de Control-CPZ”¹²⁴. El rango varía de 18.5°C a 28°C de temperatura del bulbo seco y la zona de confort de invierno es construida calculando la temperatura neutra (Tn):

$$T_n = 17,1 + 0,31 T_{mf}$$

Ecuación 25

Dónde:

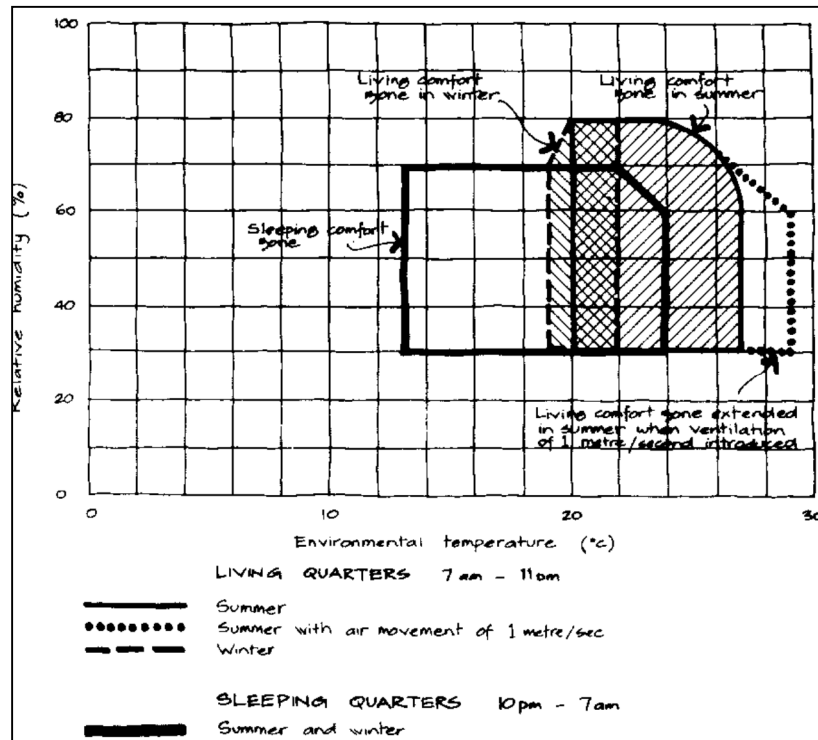
T_n = temperatura neutra.

T_{mf} = Temperatura media del mes más frío.

Los límites para la temperatura del bulbo seco son: t_n -2 y t_n +2.

United Nations Centre for Human Settlements (habitant) Banlinger¹²⁵ en colaboración con la organización de las Naciones Unidas, elabora un diagrama de confort (Fig.34)

Fig. 34: Zonas de confort doméstico



Fuente: BALLINGER, p.30

¹²³ FERNANDEZ, Ob.cit.p.122

¹²⁴ Ibid.p.54

¹²⁵ BALLINGER JHON. 1990. National Design Handbook Prototype on Passive Solar Heating and Natural Cooling of Buildings. United Nations Centre for Human Settlements (Habitant) Nairobi. p.30.

El diagrama establece: (1) las temperaturas de confort para dormir (Sleeping confort zone); (2) zona de confort para vivir en invierno (Living confort zone in Winter); (3) zona de confort en verano (Living confort zone in summer); y (4) una zona extendida para vivir en confort en verano con ventilación introducida de 1 m/seg. (Living confort zone extended in summer when ventilation of 1 metre/second introduced). La zona para vivir en confort en invierno está entre 19 a 22 °C y para dormir entre los 13 a 24 °C.

Es el límite de las condiciones climáticas confortables¹²⁶. Esos límites difieren para el día y la noche, invierno y verano y en diferentes climas. Estos están determinados por el voto de confort y representa límites fuera del 70% de sujetos encuestados que están en desacuerdo con el discomfort. Se ingresa al rango AMT en la tabla 9 y se toma en la tabla 10 la humedad del grupo (HG).

Tabla 9: Límites de confort

Prom.RH %	HG	AMT sobre 20°C		AMT 15-20°C		AMT debajo 15°C		HG
		Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche	
0-30	1	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12-21	1
30-50	2	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12-20	2
50-70	3	23-29	17-23	21-28	14-21	19-26	12-19	3
70-100	4	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18	4

Fuente: UNITED NATIONS, Climate and House Desing, New York, 1971.

AMT= La temperatura media anual significa que es la más alta del mes y la menor del mes, dividida entre dos.

Tabla 10: Promedio y grupo de humedad relativa

Promedio de humedad relativa	Grupo de Humedad
Debajo del 30%	1
30 al 50 %	2
50 al 70 %	3
Encima del 70%	4

Fuente: UNITED NATIONS, Climate and House Desing, New York, 1971

¹²⁶ BELTRÁN, Ob.cit.p.176

1.2.5 La transferencia del calor

La transferencia de calor a través de los materiales se puede realizar mediante los mecanismos de conducción, convección y radiación; el efecto conjunto de los tres mecanismos de transferencia de calor se expresa mediante el coeficiente global de pérdidas de cierre (K), que expresa la cantidad de energía calorífica disipada de un cierre por segundo, en un metro cuadrado de superficie y por cada grado centígrado de diferencia entre la temperatura exterior y la interior, cuanto más pequeña, más aislado estará el material. La masa de un edificio tiene la capacidad de almacenar energía en forma de calor, ésta puede ser liberada nuevamente al ambiente, cuando la temperatura del entorno es menor a la temperatura de los materiales. Así se consigue evitar las variaciones de temperatura dentro del ambiente. Combinando un buen diseño de sistemas de iluminación natural, con las formas de aprovechar el calor solar, las posibilidades reguladoras de muchos materiales y el adecuado aislamiento de todo el espacio, conseguiremos edificios y casas energéticamente autónomas, y de éste modo no devolver la energía calorífica a la tierra ni a la atmósfera.

En todo diseño arquitectónico se fusionan datos cualitativos y cualitativos y para enfrentarlo con éxito, se debe interrelacionar los aspectos geográficos, culturales, climatológicos, de confort y de materiales constructivos. Para lograr un resultado adecuado, se debe efectuar lo siguiente:

Procesar toda la información obtenida y efectuar el análisis mediante un conocimiento profundo de la información. En seguida, se sintetiza y jerarquiza los datos de la información obtenida. En base al análisis y la síntesis de la información se establece el concepto arquitectónico a utilizar y la forma plástico técnica que responda a la idea de solución formada.

Subsiguientemente, se efectúa la composición y estructuración, ordenando los espacios y elementos a utilizar de acuerdo con los valores plásticos. Finalmente, se propone alternativas, las que son sometidas a retroalimentación, mediante balances térmicos de pérdidas y ganancias en diferentes direcciones, se escoge la alternativa más eficiente, la misma que determina el modelo final.

1.2.5.1 Coeficientes de transmisión

El coeficiente térmico de transmisión "U" en W/m^2c se aplica para analizar las propiedades más adecuadas de los materiales a utilizar de cierre opaco y

transparente, hallando su coeficiente térmico, que es la propiedad por la se establece el intercambio de calor a través de un material entre el ambiente exterior e interior. Se utiliza las siguientes fórmulas¹²⁷:

$$U = \sum 1/k \quad \text{Ecuación 26}$$

$$1/K = 1/h_i + \sum e_i / \lambda_i + 1/h_e \quad \text{Ecuación 27}$$

K = coeficiente de intercambio térmico

λ_i = coeficiente de conducción del material.

e_i = espesor del elemento.

h_i = coeficiente de intercambio superficial interno

h_e = coeficiente de intercambio superficial externo

1.2.5.2 Intercambio superficial por convección y conducción

La transferencia del calor de una pared o techo también se ven afectadas por los coeficientes de transferencia de calor por convección y radiación en las superficies expuestas. La cantidad de calor transmitida¹²⁸ depende de las diversas condiciones, tales como, la naturaleza de la superficie, el movimiento del aire en contacto con ella y la diferencia de temperatura. Por lo tanto pueden haber variaciones en los coeficientes de transmisión superficial exterior “ h_e ” e interior “ h_i ”. Estos efectos¹²⁹, son consecuencia de estudios y ensayos; suelen combinarse en “los coeficientes combinados de transferencia del calor por convección y conducción” (llamados también conductancias superficiales). En la tabla 11, se dan los valores de $1/h_i$ y $1/h_e$, que utiliza una velocidad del viento en superficies exteriores entre 2.8 a 3.3 m/seg.

Croiset¹³⁰, propone un coeficiente para superficies internas de 6.9, 8.6 y 4.3 W/m²°C para un flujo de pared vertical, horizontal con flujo ascendente y flujo descendente respectivamente. Para el intercambio superficial externo, para una

¹²⁷ BATELLIER.Ob.cit.p.87.




¹²⁸ GAY, Ob.cit.p.136

¹²⁹ NBE-CT-79. 2004. Norma básica sobre condiciones térmicas en los edificios. Isover, Madrid. p.49

¹³⁰ CROISET MAURICE. 1985. Humedad y Temperatura en los Edificios. 3° Edic. Editores Técnicos Asociados. Barcelona .p.180

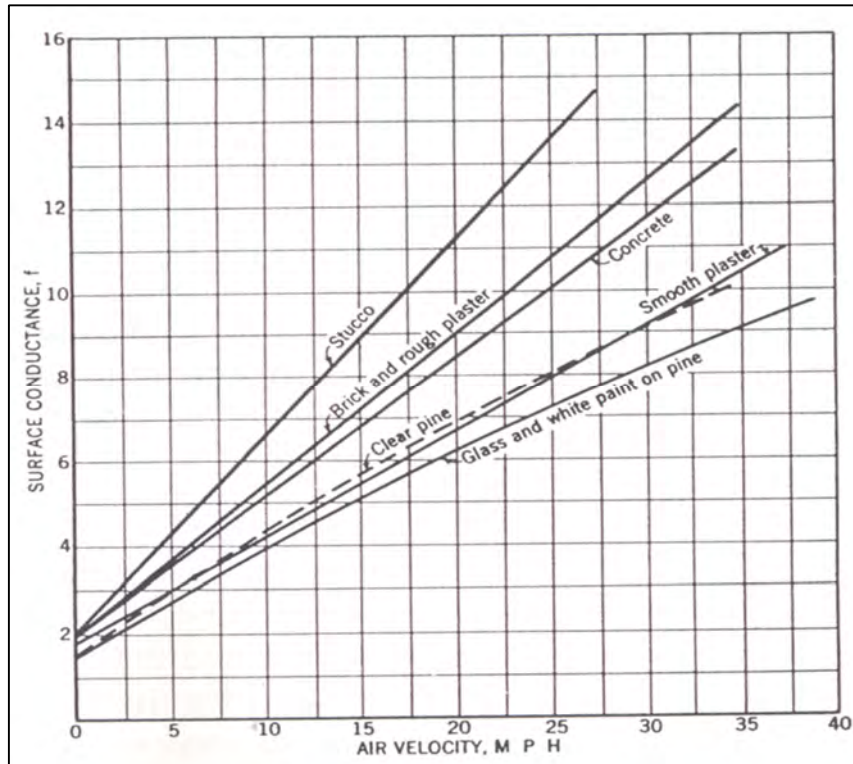
velocidad del aire aproximada de 3 m/seg, es de 12.5 W/m²°C en pared vertical y de 14.2 W/m²°C en pared horizontal.

Tabla 11 Resistencias térmicas superficiales de 1/h_i+1/h_e en m² h°C/ kcal (m² °C/ w)

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Situación del cerramiento					
	De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal > 60° y flujo horizontal. 	0,13 (0,11)	0,07 (0,06)	0,20 (0,17)	0,13 (0,11)	0,13 (0,11)	0,26 (0,22)
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤ 60° y flujo ascendente. 	0,11 (0,09)	0,06 (0,05)	0,17 (0,14)	0,11 (0,09)	0,11 (0,09)	0,22 (0,18)
Cerramientos horizontales y flujo descendente. 	0,20 (0,17)	0,06 (0,05)	0,26 (0,22)	0,20 (0,17)	0,20 (0,17)	0,40 (0,34)

Fuente: NBE CT-79,p.23

Fig. 35:Conductancia exterior de diferentes superficies como efecto del movimiento del aire



Fuente: ASHRAE 1982¹³¹

¹³¹ Ibíd.p.145

ASHRAE¹³², sugiere una conductancia mostrada en la figura 35; ella incluye un coeficiente de radiación aumentada en una porción de 4 W/m²°C. Recomienda los valores medios consistentes para invierno y verano para el diseño de la conductancia de 23 y 34 W/m²°C para velocidades de 12 y 24 Km/h. Para superficies interiores¹³³ con una emisividad de 0.90 a 0.92, sugiere: para verticales 3.08 w /m²°C; para horizontales con flujo hacia arriba 4.04 W/m²°C y horizontales con flujo hacia abajo 0.95 W/m² (a los que debe incrementarse también 4 W/m²°C de coeficiente de radiación).

1.2.5.3 Renovación del aire ambiente o infiltración

El volumen o cantidad de aire que penetra en los locales calefaccionados por la acción del viento y por el efecto chimenea que se crea en el interior de los edificios, depende de la hermeticidad de los edificios, de la velocidad y dirección del viento. Sobre la parte que el viento cae perpendicularmente, se origina una sobrepresión que obliga al aire penetrar por las rendijas y otros huecos. A su vez, en el interior se genera una presión que está relacionada con la facilidad que tiene el aire al salir. En la fachada se produce una depresión que posibilita la salida del aire infiltrado. Por esta razón, las casas aisladas tienen condiciones más desfavorables que aquellas que están agrupadas.

García¹³⁴ indica que se puede determinar el requerimiento de renovación de aire en base al contenido de dióxido de carbono, ya que éste es la principal fuente de contaminación. El aire puro contiene aproximadamente una proporción de 0.03% de CO₂; en zonas urbanas, esta concentración se eleva frecuentemente de 0.07 a 0.1%. Los efectos nocivos se presentan cuando se rebasa esta última cifra. En una situación de régimen estacionario de producción de un gas contaminante y con una tasa fija de ventilación, se puede usar la siguiente ecuación para calcular en forma bastante aproximada la intensidad de ventilación que se requiere:

$$V = \frac{g}{C_i - C_e}$$

Ecuación 28

¹³² BALCOMB, Ob.cit.p.145

¹³³ Ibíd.p.140.

¹³⁴ Ob.cit.p.89

dónde: V=Tasa de ventilación (m³/h), g=Tasa de emisión de gas contaminante, Ci y Ce=Concentraciones de gas (en %) en la mezcla interior que se introduce para ventilar.

Para efectos del cálculo, puede adoptarse para cada adulto en reposo: g=0.015 m³/h si se desea que la concentración de CO₂ no sobrepase el umbral de 0.1 %, y la ventilación se realiza introduciendo aire bastante puro con un Ce=0.03%; la tasa de ventilación sería:

$$V = \frac{0.015}{0.001-0.0003} = \frac{21.4m^3}{h} / \text{persona} \quad \text{Ecuación 29}$$

Si se introduce aire normal con 0.05% de CO₂, se requiere una ventilación de 30 m³/h/persona; pero si el aire es urbano, con una concentración de 0.07% de CO₂, la tasa de ventilación requerida para una persona asciende a 50 m³/h, aún en ausencia de viento. La ventilación¹³⁵ puede considerarse separadamente en dos formas: como reemplazo o renovación de aire interno y como el movimiento de aire que sienten los ocupantes.

Se establecen, respectivamente, dos funciones higrotérmicas: (1) crear pérdidas de calor en el interior del espacio, al reemplazar el aire caliente y viciado con aire fresco y puro del exterior; y (2) reducir la temperatura efectiva sobre el cuerpo, al incrementar el enfriamiento convectivo y evaporativo.

La capacidad calorífica del aire varía ligeramente con la humedad; pero puede expresarse con razonable precisión por medio de la siguiente ecuación:

$$Wv = 0.33N.Vo.(t_i - t_e) \quad \text{Ecuación 30}$$

Dónde: *Wv=capacidad calorífica del aire (Watts) (pérdida de calor)*

N =Número de cambios de aire/hora

Vo =Volumen del local.

ti = Temperatura interior (de salida en °C)

te = Temperatura exterior (de entrada en °C)

¹³⁵ Ibíd.p.88

Por lo tanto, el número de cambios de aire/hora necesarios para disipar una cierta cantidad de calor excesivo es:

$$N = \frac{Wv}{0.33Vo(ti-te)} \quad \text{Ecuación 31}$$

Y la cantidad de aire que debe pasar cada segundo para garantizar ese número de cambios es igual a:

$$Q = Vo \cdot \frac{N}{3600} \quad \text{en m}^3/\text{s} \quad \text{Ecuación 32}$$

De tal forma, las pérdidas (o ganancias) de calor por ventilación también pueden expresarse por:

$$Wv = 1200Q\Delta t \quad \text{Ecuación 33}$$

Dónde: Q= Cantidad de ventilación (m³/s) y Δt= Diferencia de temperaturas (ti-te)

Phillips¹³⁶ hace referencia que el valor mínimo de renovación/hora es de 0.5, valor que sólo se consigue si el edificio está bien sellado contra los vientos invernales, si la construcción es estanca y no tiene grandes superficies de ventanas practicables, lo que causa corrientes de aire. Un valor correcto del número de renovaciones en una vivienda aislada es de 0.5 a 0.75 renovaciones/hora.

Gay¹³⁷ aduce que en ciertos cálculos aproximados se emplea a veces el método de las renovaciones de aire para calcular las pérdidas de infiltración (tabla 12). Por éste método se supone un determinado número de renovaciones completas de aire por hora, por infiltración, para cada pieza, dependiendo el número de renovaciones del tipo y exposición de la habitación. La cantidad de calor para compensar las pérdidas de calor por infiltración se evalúa mediante la siguiente fórmula:

$$Q = V \cdot Ce \cdot Pe \cdot N \cdot (ti - te) \quad \text{Ecuación 34}$$

Dónde:

- V = Volumen del espacio en m³
- Ce=Calor específico del aire
- Pe=Peso específico del aire
- N= Número de renovaciones de aire/hora.
- Ti= Temperatura interior del local.

¹³⁶ Ibíd.p.139

¹³⁷ GAY, Ob.cit.p.145

Te=Temperatura exterior del local.

Tabla 12: Renovaciones del aire por hora

Clase de locales	renovaciones
Habitaciones sin puertas ni ventanas al exterior	½ a ¾
Habitaciones con fachada al exterior	1
Habitaciones con dos fachadas al exterior	1 ½
Habitaciones con tres fachadas al exterior	2
Habitaciones con cuatro fachadas al exterior	2 a 3
Vestíbulos de entrada	2 a 3
Salas de estar	2
Cuartos de baño	2
Almacenes	1 a 3

Fuente: GAY p.145

1.2.5.4 Pérdidas de calor

Para el cálculo total de las pérdidas de calor de una edificación, se utiliza la fórmula siguiente¹³⁸:

$$Q_p = \Sigma S_{op}K_{op} \cdot (T_i - T_e) + \Sigma S_{vi}K_v(T_i - T_e) + \Sigma L_p K_p(t_i - t_e) + \Sigma S_p C + 0.34NV(t_i + T_e) \quad \text{Ecuación 35}$$

Dónde:

S_{op}= superficies de paredes y techos

K_{op}= Coeficiente transmisión de paredes y techos.

S_{vi} =superficies vidriadas.

K_v = coeficiente de transmisión se vidriados

L_p= Longitud del perímetro.

K_p=coeficiente de transmisión del perímetro

S_p =Superficie del piso.

C =conductación del terreno.

N = número de veces que se renueva el aire por hora.

V = volumen de aire interior.

t_i=Temperatura interior.

T_e=temperatura exterior.

¹³⁸ BATELLIER, Ob.cit.p.88

1.2.5.5 La capacidad e inercia térmica

Las aportaciones solares a través de las partes acristaladas provocan una elevación de temperatura de las paredes interiores, del suelo y de los muebles. Por medio de la envoltura de la vivienda se transmite el 85% de la energía incidental y algo menos de la energía difusa, en función al ángulo de incidencia. La acumulación de una cantidad de valor depende de la capacidad calorífica de los materiales. La capacidad térmica de un elemento homogéneo se puede expresar como¹³⁹:

$$C = m.c_1 = (Vp).c_1 = S(ep).c_1 \quad \text{Ecuación 36}$$

Dónde:

- C representa el calor almacenado por grado de diferencia de temperatura
- m es la masa
- c_1 es el calor específico.
- V volumen
- p densidad
- S superficie
- e espesor.

En el caso de materiales heterogéneos se considera la aportación de cada elemento en forma sumatoria.

La inercia térmica representa la capacidad de un material para almacenar y devolver la energía calorífica, esta característica depende de las propiedades conductivas y capacitativas de los materiales constitutivos, de sus cantidades y de distribución. La energía acumulada es restituida al ambiente con cierto retraso, que depende de las propiedades de los materiales empleados.

Solamente se comprueba la inercia térmica¹⁴⁰ de los elementos exteriores mediante su resistencia a la variación diaria de temperatura. Su control tiene importancia para cargas de verano; pero solamente cuando el porcentaje de ventanas no es mayor en 50% de las fachadas. No es necesario calcular la inercia térmica de

¹³⁹ ZARZALEJO LUIS. 1999. Energía Solar y Edificación. Edit. Ciemat. Madrid. p.2.30

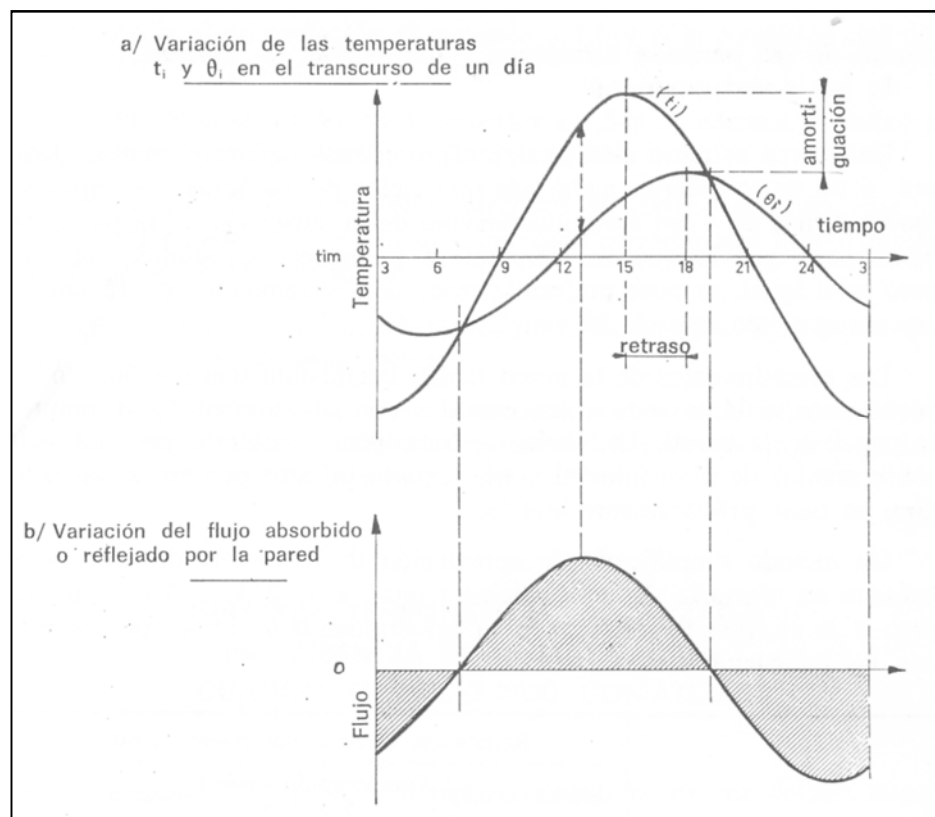
¹⁴⁰ EICHLER Friedrich. 1978. Patología de la construcción. Editorial Blume, Barcelona. p. 55

todas las habitaciones de un edificio, sino solamente aquellas más expuesta al exterior, por ejemplo, las esquinas y la última planta.

El modo como el calor es restituído depende de la pared y de la posición de aislante (interior, exterior o dentro la pared). La posición del aislante en el exterior es mejor para acumular el calor -proveniente de las aportaciones solares a través de las partes acristaladas, limitando además las pérdidas al exterior. El aislamiento interno limita la absorción de calor.

En la Fig. 36, θ_i es la temperatura de superficie de una pared interior de un local, en el que la temperatura es t_i . Cuando t_i varía, θ_i varía. Desde las 7 a 19 horas, θ_i es inferior a t_i ; entonces, la pared absorbe el calor. Durante las otras horas, θ_i es superior a t_i y la pared cede calor. El flujo absorbido o rechazado en un instante dado, por un metro cuadrado de pared es igual a: $h_i.(t_i - \theta_i)$, siendo h_i el coeficiente de cambios superficiales interiores. La amplitud de las oscilaciones de t_i es tanto más pequeña cuando la superficie de las paredes interiores es mayor y a medida que son más inertes.

Fig. 36. Flujo adsorbido y rechazado por m² de pared



Fuente: CROISSET, p. 178

Una pared interior¹⁴¹ es más inerte cuando es más pesada y gruesa. Considerando ciclos de 24 horas, las capas situadas a más de 8 cm de la pared no intervienen, por lo que la temperatura permanece constante. Para un peso total igual, es preferible tener dos cerramientos de a 15 cm de espesor que uno de 30.

Se podría definir también la inercia térmica como la superficie pesada equivalente, que es igual a la suma de las superficies de cada una de las paredes interiores, afectada por los coeficientes de la tabla 13.

La inercia será muy pequeña si la relación es inferior a 0,5. Es pequeña si la relación está comprendida entre 0,5 a 1,5. Es media si la relación es superior a 1,5 y si la relación siguiente no se cumple. Es grande si es superior a 1,5 y si además, la mitad de las paredes pesan.

Tabla 13: Resistencia térmica del revestimiento

	Resistencia térmica del revestimiento		
	inferior a 0,15	Comprendido entre 0,15 y 0,50	superior a 0,50
Pared que pesa más de 200 kg/m ²	1	2/3	0
Pared que pesa entre 200 y 100 kg/m ² . .	2/3	1/3	0
Pared que pesa entre 100 y 50 kg/m ² . . .	1/3	0	0
Pared que pesa menos de 50 kg/m ²	0	0	0

Fuente: CROISET.p.180

Para calcular el retardo del número de horas (Φ) en los muros exteriores, cuando las paredes están constituidas por materiales diversos pero de igual resistencia térmica (k) se utiliza las expresiones siguientes¹⁴²:

$$\mu = \exp\left(-\frac{e}{\lambda} \sqrt{\frac{\pi k c p}{T}}\right) \quad \text{Ecuación 37}$$

¹⁴¹ CROISET, Ob.cit,p.80

¹⁴² Ibíd.p.231

$$\varphi = \frac{T}{2} \cdot \frac{e}{k} \sqrt{\frac{kcp}{\pi.T}} \quad \text{Ecuación 38}$$

En caso de paredes heterogéneas¹⁴³, se pueden sustituir por las siguientes fórmulas:

$$\varphi = \frac{T}{2} \cdot A \sqrt{\frac{B}{\pi.T}} \quad \text{Ecuación 39}$$

Dónde:

$$B = \frac{1,1 \sum_1^n (k_i \cdot c_i \cdot p_i) + k_1 \cdot c_1 \cdot p_1 \left[\frac{e_1}{k_1} - 0,1 \sum \left(\frac{e_1}{k_1} \right) \right]}{\sum_1^n \left(\frac{e_i}{k_i} \right)} \quad \text{Ecuación 40}$$

$$A = \sum_1^n \left(\frac{e_i}{k_i} \right) \quad \text{Ecuación 41}$$

μ = amortiguación

φ = retraso en horas.

e = espesor de la pared.

T = tiempo 24 horas y/o 2350

Si $T = 24$ h, entonces:

$$B = \frac{\varphi}{(1.382.A)^2} \quad \text{Ecuación 42}$$

Se puede calcular en función de “ φ ” y “ e ” la velocidad (v) de transferencia de conducción del calor del muro¹⁴⁴:

$$v = \frac{e}{\phi} \quad \text{Ecuación 43}$$

La circulación de aire se efectúa con caudales que alcanza los 19 l/seg en los orificios separados verticalmente a 2.00 m:

$$\frac{l}{\text{seg}} = \frac{Q_{\text{extraído}}}{w_{TS} \cdot Cp \cdot (t_s - t_e) \cdot 3600} \quad \text{Ecuación 44}$$

¹⁴³ Ibídem. p.232

¹⁴⁴ BATELLIER, Ob.cit.p.163

El peso volumétrico w_{TS} en Kg/m³ se calcula:

$$w_{TS} = 1,293 \cdot \frac{273}{273 + t_s} \quad \text{Ecuación 45}$$

Donde T_s = temperatura de insuflación y t_e = temperatura de entrada.

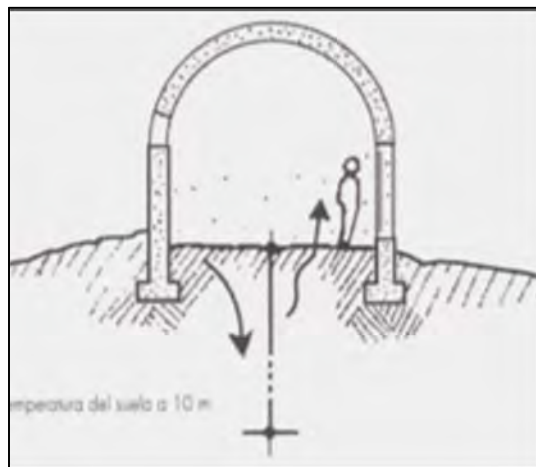
Aplicando estas fórmulas, para obtener un retardo de 12 horas en la restitución del calor, un muro de concreto tendría 45 cm de espesor, con una velocidad de conducción de 3.7 cm/h y una circulación del aire de 18 l/seg. Para un retado de 9 horas, se requiere un espesor de 30 cm para que tenga un caudal de aire de 12 l/seg.

1.2.5.6 Aislamiento térmico en superficies envolventes

Para analizar el flujo de calor que pasa por los pisos, las paredes, los techos y superficies vidriadas es necesario conocer los siguientes conceptos:

Aislamiento térmico en suelos Por convención¹⁴⁵, un intercambio con el suelo se define teniendo como temperatura a 10 metros de profundidad, la temperatura promedio anual del lugar considerado (Fig. 37). Con una conductividad γ de la tierra del orden de los 2 W/m²/°C, tenemos:

Fig. 37. Conductibilidad del terreno



Fuente: ROZIZ.p.82

$K_{\text{suelo tierra}} = 0,5 \text{ W/m}^2/\text{°C}$ para una capa de 10 m de profundidad.

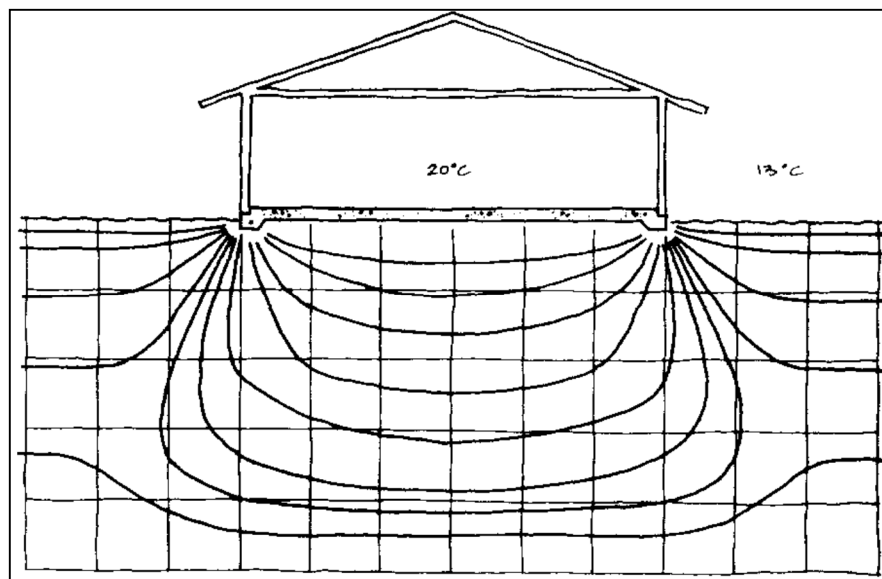
¹⁴⁵ ROZIS, Ob.cit.p.82.

La transmisión en suelos fríos¹⁴⁶ es la siguiente:

$$\theta_i = \frac{K}{h_i} (t_i - t_e) \quad \text{Ecuación 46}$$

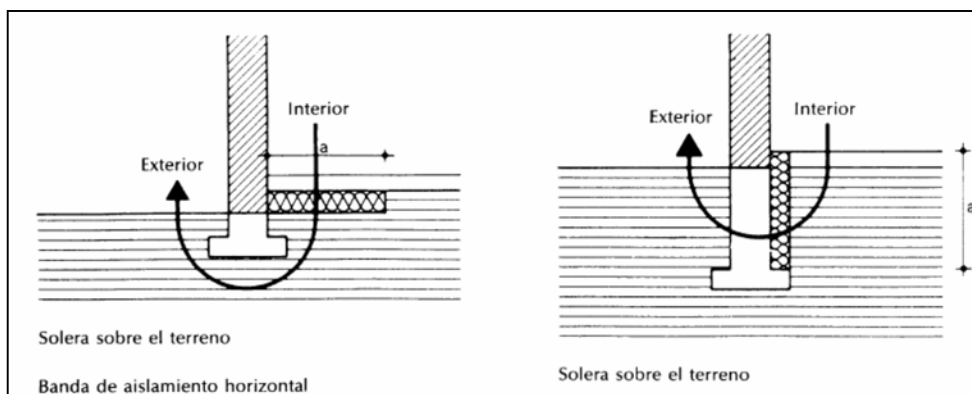
Donde t_i =temperatura del terreno, t_e =temperatura ambiente, K =coeficiente de transmisión del piso, h_i = coeficiente de convección. Como existe un poco de convección en el contacto con el suelo frío, el coeficiente h_i es pequeño. Su valor es de $5.8 \text{ W/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$.

Fig. 38: Diagrama esquemático de la temperatura del suelo de un edificio ligero con piso de losa de concreto



Fuente: BALLINGER, p., 53

Fig. 39: Flujo de calor y posible aislamiento en el perímetro del piso



Fuente: NBE-CT-79.p.27

¹⁴⁶ BATELLIER, Ob.cit.p.71

Las líneas de flujo en el interior del suelo alrededor de un edificio son semicirculares¹⁴⁷ en las que el centro único está situado en la intersección de la superficie del suelo y la pared vertical (Fig.38). El radio de las líneas de flujo r se toma igual a 0,20 m de la superficie interior de la pared más la mitad del muro (Fig.39). La resistencia térmica del terraplén es igual a:

$$U = \pi r / \lambda s \quad \text{Ecuación 47}$$

Dónde: U =resistencia térmica. r =radio del flujo. λs = conductibilidad del terraplén, solado, concreto.

Para sobrecimientos (o losas en el borde de la edificación) Hertz¹⁴⁸ propone los datos de la tabla 14.

Tabla 14: Pérdidas de calor por sobrecimientos (filo de piso)

Con una temperatura de: (La peor condición durante el invierno)	Pérdida en W/m (Solo el largo del sobrecimiento)
-35° a -29 °C	72
-29° a -24 °C	62
-24° a -18 °C	58
-18° a -13 °C	52
-13° a - 8 °C	46
-8° a -	40

Fuente: HERTZ p.67

Para las pérdidas de calor hacia el terreno a través de pavimentos como aproximación puede tomarse¹⁴⁹ $C=0.27$ ($0.31 \text{ W/m}^2\text{°C}$) para pavimentos sobre terreno y 0.54 ($0,62 \text{ W/m}^2\text{°C}$) para muros enterrados.

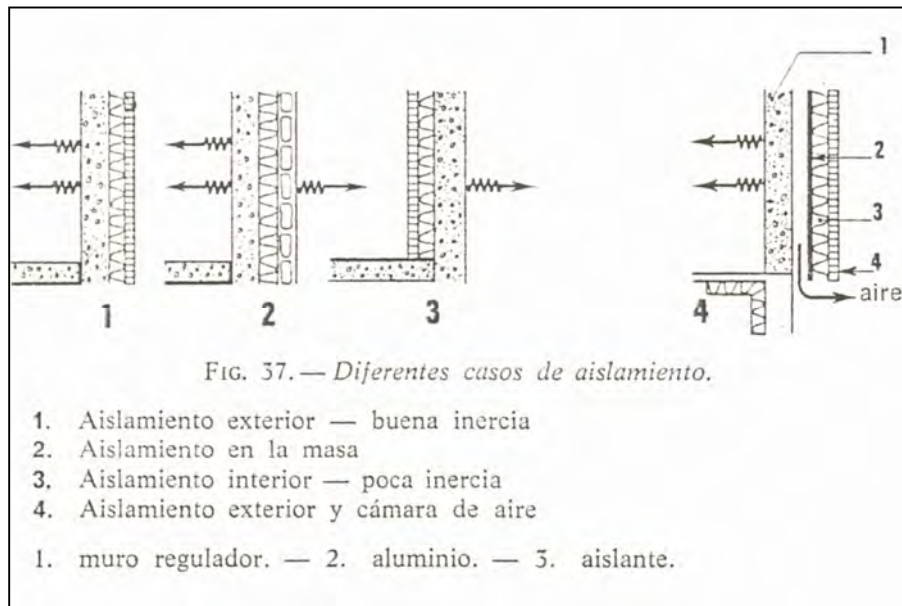
Aislamiento térmico en paredes Los paramentos pueden aislarse con las técnicas de cámara de aire, con relleno de material aislante o utilizando los dos anteriores. El aislante puede estar al exterior, interior a al medio del muro. Tal como se muestra en la Fig. 40.

¹⁴⁷ CROISET, Ob.cit.p.227

¹⁴⁸ Ob.cit.p.67

¹⁴⁹ PHILLIPS, Ob.cit.p.45

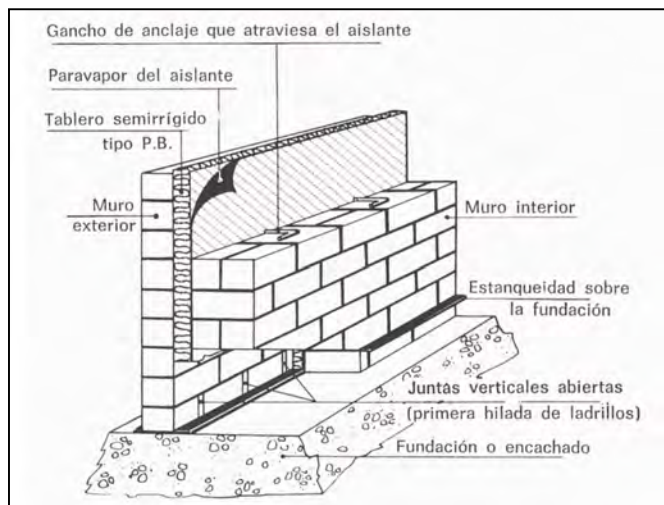
Fig. 40. Diferentes casos de aislamiento en muros



Fuente: BATELLIER,p.87

El doble muro, es una técnica utilizada comúnmente en otros países- ver Fig. 41 - donde el muro portante es al interior, la losa de techos sólo se apoya en estos, logrando así, las siguientes ventajas: disminución de puentes térmicos, supresión de riesgos de condensación, mejor utilización de la inercia interna de los muros que aseguran una mayor regularidad en la temperatura, protección del sobrecalentamiento solar externo.

Fig. 41. Corte típico de pared maciza con aislamiento intermedio



Ref.: ROUGERON. "Aislamiento acústico y térmico en la construcción".

Barcelona 1977

Aislamiento en superficies vidriadas Para aislar las superficies de vidrio, se recomienda protegerlos durante la noche con porticones aislantes, contraventanas,

cortinas enrollables aislantes. Abajo en la tabla 15, se muestran las características de los diferentes tipos de vidrio¹⁵⁰:

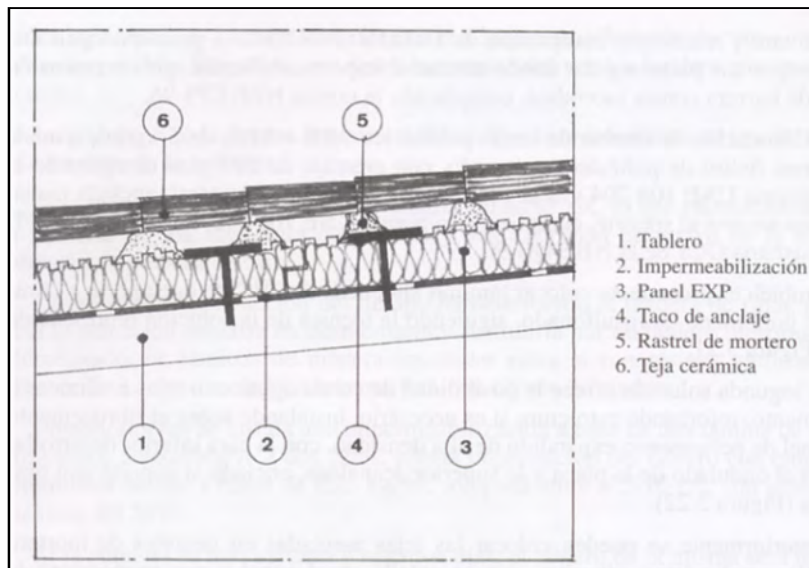
Tabla 15: Factor solar y transmisión térmica de vidrios más comunes

Grupo	Tipo	Espesor	Espesor Cámara	Gas	Factor Solar	U W/m ² K
Simple	Claro	4 mm			0.88	5.7
Simple	Claro	6 mm			0.85	5.7
Simple	Absorbente	4 mm			0.70	5.7
Simple	Absorbente	6 mm			0.60	5.7
Simple	Reflectante Claro	6 mm			0.52	5.7
Simple	Reflectante Gris	6 mm			0.42	5.7
Doble	Claro-Claro	4 mm	6 mm	Aire	0.76	3.1
Doble	Claro-Claro	6 mm	6 mm	Aire	0.72	3.1
Doble	Absorbente-Claro	4 mm	6 mm	Aire	0.58	3.1
Doble	Absorbente-Claro	6 mm	6 mm	Aire	0.49	3.1
Doble	Reflectante Claro-Claro	6 mm	6 mm	Aire	0.45	2.7

Fuente: CTE-HE.2002.p.62

Aislamiento térmico en cubierta o techos Cuando se efectúan en cámaras perdidas, se recomienda colocar aislante por encima del piso previa instalación de un para vapor. Es necesario que la cámara tenga una ventilación que asegure la evacuación del vapor en invierno y de las calorías en exceso durante el verano. En cubiertas onduladas de amianto cemento, el aislamiento puede hacerse entre correas o bajo correas-Ver Fig. 42.

Fig. 42 Aislamiento en techos livianos

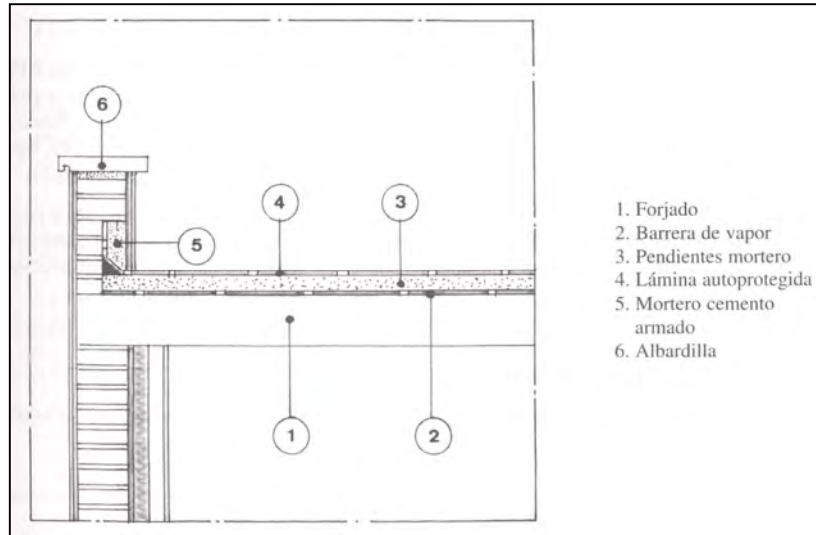


Fuente: COSCOLLANO. p.24

¹⁵⁰ CTE-HE.2002-Código Técnico de Construcción Ministerio de Fomento. España 2002.p.

En el caso de terrazas o techos transitables, el aislante debe de colocarse sobre la parte superior de la losa de la estructura sobre una pantalla de vapor. El piso o cubierta final se colocará sobre el aislante dándole la pendiente adecuada.- Ver Fig.43

Fig. 43. Aislamiento en cubiertas planas



Fuente: COSCOLLANO.p.25

Puentes térmicos Se consideran puentes térmicos¹⁵¹ a las zonas de la envuelta del edificio en las que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio de la geometría o de los materiales empleados, lo que conlleva necesariamente un cambio de la resistencia térmica en una parte de la construcción. Así, por ejemplo, se engloban bajo este nombre detalles como los frentes de forjado, esquinas, uniones entre cubiertas y cerramientos verticales exteriores, antepechos de ventanas, etc.


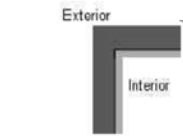
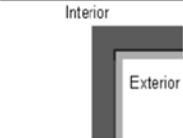

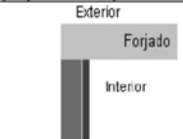

El puente térmico se evalúa a través de un coeficiente corrector del flujo de calor denominado Transmitancia Térmica Lineal asociada a la longitud de cerramiento en el cual existe. Los puentes térmicos más comunes en la edificación, que se tendrán en cuenta en el análisis, se clasifican en: pilares, soleras, techos, esquinas y en huecos de ventanas y puertas.

A estos puentes térmicos hay que añadir los que tienen como origen el encuentro entre cerramientos en contacto con el terreno y otros cerramientos exteriores de la

¹⁵¹ CTE-HE-2002, Ob.cit.p.83

construcción. En la Fig. 44 se muestran los diferentes tipos de puentes térmicos que deben considerarse.

Fig. 44: Diferentes tipos de puentes térmicos

Tipologías de puentes térmicos	
 <p>Exterior</p> <p>Forjado</p> <p>Interior</p> <p>Esquina convexa de cerramiento con forjado. (Forjado)</p>	<p>Consiste en el homólogo convexo al anterior, en el cual un cerramiento vertical de obra está unido a un forjado, por ejemplo, de hormigón armado, con un ángulo entre planos comprendido entre 225° y 360°. Incluye también las uniones en las que participan un número indeterminado de cerramientos interiores.</p>
 <p>Exterior</p> <p>Interior</p> <p>Esquina cóncava en cerramiento (Esquina saliente)</p>	<p>Este tipo incluye a todos los encuentros entre dos muros exteriores verticales y cualquier número de muros interiores en esquinas cóncavas. Considera como tales aquellas en que los ángulos entre planos de elementos en el intervalo están entre 0 y 135°. Se considera como parte de un cerramiento exterior vertical construido típicamente de fábrica de ladrillo y con el aislamiento correspondiente.</p>
 <p>Interior</p> <p>Exterior</p> <p>Esquina convexa en cerramiento. (Esquina entrante)</p>	<p>Este tipo es análogo al anterior, y engloba a los puentes térmicos entre dos cerramientos exteriores verticales y cualquier número de cerramientos interiores, cuando el ángulo que forman los planos de los elementos está comprendido entre 225° y 360°.</p>
 <p>Exterior</p> <p>Interior</p> <p>Hueco de ventana / marco</p>	<p>Este tipo de puentes térmicos se forma en los huecos existentes en los cerramientos necesarios para albergar ventanas y puertas. Para todo el edificio se considerará un único puente térmico</p>
 <p>Exterior</p> <p>Forjado</p> <p>Interior</p> <p>Uniones de cubiertas con paramentos. (Cubiertas)</p>	<p>Considera los puentes térmicos que se forman en las uniones de cerramientos exteriores verticales y cubiertas horizontales por ejemplo de hormigón armado (forjados). El ángulo entre los planos de los elementos debe estar comprendido entre 0° y 135°, e incluye también uniones en las que haya cerramientos interiores en contacto con los exteriores</p>
 <p>Exterior</p> <p>Interior</p> <p>Unión entre cerramiento vertical exterior y cerramiento vertical enterrado.</p>	<p>Presente en uniones entre cerramientos verticales en soluciones constructivas tales como sótanos y vacíos sanitarios. Considera que el ángulo entre cerramientos está comprendido entre 135° y 225° (Aislamiento de la pared no conectado con el aislamiento de la solera)</p>

Fuente: CTE-HE.2002.p.84

1.2.5.7 Propiedades termofísicas de los materiales de construcción

El conocimiento de las características físicas de los principales materiales de construcción y de aislamiento son imprescindibles para un buen diseño de una vivienda. Por sus propiedades físicas, son más o menos capaces de reflejar la radiación solar o de acumularla, de transmitir o no las variaciones térmicas¹⁵².

Se pueden medir estas propiedades físicas y en consecuencia clasificarlas. A continuación se describe someramente las características de los materiales más importantes.

El yeso Sus características como elemento regulador del clima son muy importantes en la construcción¹⁵³. En casos extremos absorben humedad y sin embargo, muestran

¹⁵² EICHLER. Ob.cit. p. 242

¹⁵³ Ibíd.p.243

una superficie seca, pues tienen gran facilidad para disipar la humedad y secarse completamente.

Tabla 16. Absorción y disipación de la humedad del mortero de yeso, cal y cemento

material	absorción de humedad	disipación de la humedad
YESO	40%	100%
MORTERO DE CAL	25%	70-80%
MORTERO CEMENTO ARENA	15%	50%

Fuente: EICHLER.p.242

Es muy conveniente revestir las paredes interiores con yeso para mejorar en forma apreciable las condiciones de bienestar. La velocidad de absorción y evaporación del yeso es mucho mayor que los revoques de cemento arena y de cal como se muestra en la tabla 16 y tiene una baja transmitividad tal como se evidencia en la tabla 17.

Tabla 17. Acabados interiores de yeso, cal y mortero de cemento

Nombre	λ W / m·K	ρ kg / m ³	c_b J / kg·K	Fuente de los datos:
Yeso poco denso	0.18	600	1000	UNE EN 12524:2000
Yeso densidad media	0.30	900	1000	UNE EN 12524:2000
Yeso denso	0.43	1200	1000	UNE EN 12524:2000
Yeso muy denso	0.56	1500	1000	UNE EN 12524:2000
Placa de yeso	0.25	900	1000	UNE EN 12524:2000
Placa de cartón – yeso	0.18	900	920	UNE EN 12524:2000
Placa de escayola	0.30	800	920	NBE CT-79
Enlucido de yeso con perita	0.18	570	920	NBE CT-79
Enlucido de yeso	0.30	800	920	NBE CT-79
Enlucido de yeso aislante	0.18	600	1000	UNE EN 12524:2000
Enlucido de yeso I	0.40	1000	1000	UNE EN 12524:2000

Fuente: CTE-HE.2002.p.50

El ladrillo Las propiedades del ladrillo pueden verse en la tabla 18; la capacidad del ladrillo para retener la humedad y su inercia térmica son muy grandes¹⁵⁴. Una de sus características es la de absorber la humedad del ambiente con más presión de agua, trasladarla mediante su red capilar y disiparla en el ambiente con menos presión, por lo que es recomendable su uso en lugares húmedos. Su inercia térmica es muy grande y su resistencia térmica es muy baja.

¹⁵⁴ *Ibíd.*p.23

Tabla 18. Propiedades de los ladrillos

REF(ENV0)	Nombre	λ W / m·K	ρ kg / m ³	c_p J / kg·K	Fuente de los datos:
LADR-001	Ladrillo hueco (Fabrica)	0.49	1200	920	NBE CT-79
LADR-002	Ladrillo macizo (Fabrica)	0.87	1800	1380	NBE CT-79
LADR-003	Ladrillo perforado (Fabrica)	0.76	1600	1000	NBE CT-79
LADR-004	Plaquetas	1.05	2000	1200	NBE CT-79

Fuente: CTE-HE.2002.p.57

El concreto Suficientemente¹⁵⁵ vibrado tiene un porcentaje pequeño de poros y por lo tanto, su capacidad de absorber humedad es muy baja. Tiene una gran masa y capacidad de conducción térmica, pudiendo almacenar gran cantidad de calor.

Cuando una pared tiene 16.5 °C, el cuerpo irradia calor a estos elementos, dejándose sentir como una corriente de aire, y es uno de los principales causante de puentes térmicos. Debe tenerse en cuenta que tanto el concreto como el mortero, por la retracción sufre de agrietamiento. Ver sus características en la tabla 19.

Tabla 19: Propiedades del concreto y bloques de concreto

		W / m·K	kg / m ³	J / kg·K	
HORM-001	Bloque hormigón celular curado aire 1	0.44	800	1050	NBE CT-79
HORM-002	Bloque hormigón celular curado aire 2	0.56	1000	1050	NBE CT-79
HORM-003	Bloque hormigón celular curado aire 3	0.70	1200	1050	NBE CT-79
HORM-004	Bloque hormigón celular curado vapor 1	0.35	600	1050	NBE CT-79
HORM-005	Bloque hormigón celular curado vapor 2	0.41	800	1050	NBE CT-79
HORM-006	Bloque hormigón celular curado vapor 3	0.47	1000	1050	NBE CT-79
HORM-007	Bloque de hormigón con ladrillo silicocalcáreo macizo	0.79	1600	1050	NBE CT-79
HORM-008	Bloque de hormigón con ladrillo silicocalcáreo perforado	0.56	2500	1050	NBE CT-79
HORM-009	Bloque hueco de hormigón 1	0.44	1000	1050	NBE CT-79
HORM-010	Bloque hueco de hormigón 2	0.49	1200	1050	NBE CT-79
HORM-011	Bloque hueco de hormigón 3	0.56	1400	1050	NBE CT-79
HORM-012	Hormigón celular con áridos silíceos 1	0.34	600	1050	NBE CT-79
HORM-013	Hormigón celular con áridos silíceos 2	0.67	1000	1050	NBE CT-79
HORM-014	Hormigón celular con áridos silíceos 3	1.09	1400	1050	NBE CT-79
HORM-015	Hormigón en masa con arcilla expandida 1	0.12	500	1050	NBE CT-79
HORM-016	Hormigón en masa con arcilla expandida 2	0.55	1500	1050	NBE CT-79
HORM-017	Hormigón en masa con áridos ordinarios sin vibrar	1.16	2000	1050	NBE CT-79
HORM-018	Hormigón en masa con áridos ordinarios vibrado	1.63	2400	1050	NBE CT-79
HORM-019	Hormigón armado 1%acero	2.3	2300	1000	UNE EN 12524:2000
HORM-020	Hormigón armado 2%acero	2.5	2400	1000	UNE EN 12524:2000
HORM-021	Hormigón celular sin áridos	0.09	305	1050	NBE CT-79
HORM-022	Hormigón con áridos ligeros 1	0.17	600	1050	NBE CT-79
HORM-023	Hormigón con áridos ligeros 2	0.33	1000	1050	NBE CT-79
HORM-024	Hormigón con áridos ligeros 3	0.55	1400	1050	NBE CT-79
HORM-025	Hormigón en masa con áridos ligeros	0.73	1600	1050	NBE CT-79
HORM-026	Mortero de cemento	1.40	2000	1050	NBE CT-79
HORM-027	Morteros de cal y bastardos	0.87	1600	1050	NBE CT-79
HORM-028	Placa de hormigón con fibra de madera	0.08	450	1900	NBE CT-79

Fuente: CTE-HE.2002.p.57

¹⁵⁵ EICHLER, Ob.cit.p.23

Suelos y rocas La temperatura del suelo varía de mes a mes en función de la radiación solar incidente¹⁵⁶, las precipitaciones, las fluctuaciones estacionales en la temperatura del aire superpuesto, locales, cubierta vegetal, tipo de suelo, y la profundidad en la tierra. En suelos a profundidades mayores de 9 m por debajo de la superficie, la temperatura del suelo es relativamente constante.

Las propiedades se ven en la tabla 20. La tierra se usa como adobe y tapial en la construcción, tienen gran masa térmica, son buenos conductores del calor, pero poco aislantes. Absorben bastante la humedad, la misma que los deteriora y demoran demasiado en restituirla al medio ambiente. La ventaja es su alta capacidad térmica, de baja conductibilidad y economía. El problema es su baja resistencia mecánica, excesiva porosidad, lo que limita las construcciones a un solo nivel y ocupa demasiada área del terreno por el espesor del muro que está entre 40 a 50 cm.

Tabla 20. Propiedades de suelos y rocas

REF(ENV0)	Nombre	λ W / m·K	ρ kg / m ³	c_p J / kg·K	Fuente de los datos:
SNAT-001	Arcilla	1.5	1800	2000	UNE EN 12524:2000
SNAT-002	Arena	2	2000	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-003	Roca natural cristalina	3.5	2800	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-004	Roca natural sedimentaria	2.3	2600	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-005	Roca natural sedimentaria ligera	0.85	1500	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-006	Roca natural porosa	0.55	1600	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-007	Basalto	3.5	2900	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-008	Gneis	3.5	2500	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-009	Granito	2.8	2600	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-010	Mármol	3.5	2800	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-011	Pizarra	2.2	2400	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-012	Piedra caliza muy blanda	0.85	1600	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-013	Piedra caliza blanda	1.1	1800	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-014	Piedra caliza dureza media	1.4	2000	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-015	Piedra caliza dura	1.7	2200	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-016	Piedra caliza muy dura	2.3	2600	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-017	Gres(sílice)	2.3	2600	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-018	Piedra pómez natural	0.12	400	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-019	Piedra artificial	1.3	1750	1000	UNE EN 12524:2000
SNAT-020	Terrazo(Hormigón densidad media)	1.15	1800	1000	(*)UNE EN 12524:2000
SNAT-021	Arenas con humedad natural	1.40	1700	920	NBE CT-79
SNAT-022	Cascote de ladrillo	0.41	1300	1200	NBE CT-79
SNAT-023	Escoria de carbón	0.19	1200	1260	NBE CT-79
SNAT-024	Grava rodada o de machaqueo	0.81	1700	920	NBE CT-79
SNAT-025	Rocas compactas	3.50	2750	920	NBE CT-79
SNAT-026	Rocas porosas	2.33	2100	920	NBE CT-79
SNAT-027	Suelo coherente con humedad natural	2.10	1800	920	NBE CT-79

Fuente: CTE-HE.2002.p.59

Emplear la piedra para efectuar muros para cerramiento de viviendas en nuestro medio, es demasiado costoso. El canto rodado y la piedra chancada, se emplea en la calefacción solar pasiva para almacenar el calor solar y restituirlo al medio ambiente.

¹⁵⁶ Ibíd.p.24

El almacenamiento de calor es más fácil que el agua; pero requiere más volumen que ésta.

Los materiales aislantes Se clasifican en¹⁵⁷: (1) materiales fibrosos, como las fibras minerales (lana de vidrio, lana de roca, fibra de amanto) y fibras vegetales (tableros de madera y paja); y (2) aislantes con estructura celular, como el concreto ligero, el corcho, el vidrio celular y las espumas plásticas aislante como las de polietureano, poliestireno, fenólicas, de cloruro vinilo, de poliéster, de urea formol, y de ebonita. Las propiedades de los poliestirenos pueden verse en la tabla 21.

En nuestro medio, el más conocido y utilizado es el poliestireno expandido, conocido como “Teknopor” cuya masa oscila entre los 8 a 30 K/m³, se puede emplear entre temperaturas -200°C y + 85°C, tienen una buena permeabilidad y en aplicaciones normales puede utilizarse como barreras estancas, pues la absorción de la humedad es del orden del 2 % al 3% del volumen. Su coeficiente de transferencia del calor es bastante baja comprendida entre los 0,028 a 0,046 W/m²°C; pero con una alta resistencia a la compresión de 0.80 a 2.7 Kg/cm².

Tabla 21. Propiedades de los aislantes

REF(ENV0)	Nombre	λ W / m·K	ρ kg / m ³	c_p J / kg·K	Fuente de los datos:
AISL-001	Poliestireno Expandido tipo I	0.046	10	1450	UNE 92110:1997
AISL-002	Poliestireno Expandido tipo II	0.043	12	1450	UNE 92110:1997
AISL-003	Poliestireno Expandido tipo III	0.039	15	1450	UNE 92110:1997
AISL-004	Poliestireno Expandido tipo IV	0.036	20	1450	UNE 92110:1997
AISL-005	Poliestireno Expandido tipo V	0.035	25	1450	UNE 92110:1997
AISL-006	Poliestireno Expandido tipo VI	0.034	30	1450	UNE 92110:1997
AISL-007	Poliestireno Expandido tipo VII	0.033	35	1450	UNE 92110:1997
AISL-008	Poliestireno Extruído clase 0.028	0.028	25	1450	UNE 92115:1997
AISL-009	Poliestireno Extruído clase 0.031	0.031	25	1450	UNE 92115:1997
AISL-010	Poliestireno Extruído clase 0.034	0.034	25	1450	UNE 92115:1997
AISL-011	Poliestireno Extruído clase 0.037	0.037	25	1450	UNE 92115:1997
AISL-012	Poliestireno Extruído clase 0.040	0.040	25	1450	UNE 92115:1997

Fuente: CTE-HE.2002.p.55

La madera Su porosidad oscila entre el 46 al 81% por lo que es un buen aislante térmico; pero su problema es la contracción, el hinchamiento, abarquillamiento por efectos de la absorción de la humedad; además, favorece el desarrollo de hongos y es combustible. Ver propiedades en la tabla 22.

¹⁵⁷Ibíd.p.26

Tabla 22: Propiedades de las maderas

REF(ENV0)	Nombre	λ W/m·K	ρ kg/m ³	c_p J/kg·K	Fuente de los datos:
MAD-001	Contrachapado 1	0.09	300	1600	UNE EN 12524:2000
MAD-002	Contrachapado 2	0.13	500	1600	UNE EN 12524:2000
MAD-003	Contrachapado 3	0.17	700	1600	UNE EN 12524:2000
MAD-004	Contrachapado 4	0.24	1000	1600	UNE EN 12524:2000
MAD-005	Panel de partículas con cemento	0.23	1200	1500	UNE EN 12524:2000
MAD-006	Panel de partículas (aglomerado) 1	0.1	300	1700	UNE EN 12524:2000
MAD-007	Panel de partículas (aglomerado) 2	0.14	600	1700	UNE EN 12524:2000
MAD-008	Panel de partículas (aglomerado) 3	0.18	900	1700	UNE EN 12524:2000
MAD-009	Panel de fibras orientadas (OSB)	0.13	650	1700	UNE EN 12524:2000
MAD-010	Panel de fibras 1(MDF)	0.07	250	1700	UNE EN 12524:2000
MAD-011	Panel de fibras 2(MDF)	0.1	400	1700	UNE EN 12524:2000
MAD-012	Panel de fibras 3(MDF)	0.14	600	1700	UNE EN 12524:2000
MAD-013	Panel de fibras 4(MDF)	0.18	800	1700	UNE EN 12524:2000
MAD-014	Maderas de coníferas	0.14	600	2810	UNE EN 12524:2000
MAD-015	Maderas frondosas-Parquet(****)	0.21	800	2810	UNE EN 12524:2000

Fuente: CTE-HE.2002.p.58

Los metales Su densidad es bastante alta que está entre los 2.700 a 11.500 Kg/m³, siendo el más liviano el aluminio y el más pesado el plomo. Tienen alta conductividad térmica que superan los 200 W/m²°C tal como se aprecia en la tabla 23.

Tabla 23. Propiedades de los metales

REF(ENV0)	Nombre	λ W/m·K	ρ kg/m ³	c_p J/kg·K	Fuente de los datos:
MET-001	Aluminio	160.00	2800	880	UNE EN 12524:2000
MET-002	Bronce	65.00	8700	380	UNE EN 12524:2000
MET-003	Cobre	380.00	8900	380	UNE EN 12524:2000
MET-004	Fundición – Hierro	50.00	7500	450	UNE EN 12524:2000
MET-005	Acero	50.00	7800	450	UNE EN 12524:2000
MET-006	Acero Inoxidable	17.00	7900	460	UNE EN 12524:2000
MET-007	Plomo	35.00	11300	130	UNE EN 12524:2000
MET-008	Latón	120.00	8400	380	UNE EN 12524:2000
MET-009	Zinc	110.00	7200	380	UNE EN 12524:2000

.Fuente: CTE-HE.2002.p.58

El agua Constituye un material muy bueno por sus condiciones térmicas, sobre todo para almacenar el calor en forma eficiente y barata. A baja temperatura se puede almacenar en recipientes galvanizados, fibra de vidrio y depósitos de concreto, que convenientemente aislados se colocarán en un lugar accesible. Ver las propiedades en la tabla 24.

Tabla 24. Propiedades del agua

TEMPERATURA	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	CALOR ESPECIFICO
	<i>p</i>	<i>k</i>	<i>cp</i>
	kg/m ³	W/hm.°C	W/Kg°C
a 0°C	1000,0	0,552	1,171
a 5°C	999,9	0,561	1,168
a 10°C	999,7	0,571	1,165
a 15°C	999,1	0,580	1,163
a 20°C	998,0	0,589	1,162
a 25°C	997,0	0,598	1,161
a 30°C	996,0	0,607	1,161
a 40°C	992,1	0,631	1,161
a 50°C	988,1	0,644	1,161

Fuente : YANUS.310

El aire Interviene en la transmisión de calor por medio del fenómeno de la convección y constituye un elemento que bien manejado, abre grandes posibilidades en la calefacción solar pasiva. Ver sus propiedades en la tabla 25 Y 26 y su conductibilidad en la Fig. 45.

Tabla 25. Propiedades del aire a 3200 m.s.n.m.

DESCRIPCIÓN	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	CALOR ESPECIFICO	CAPACIDAD CALORÍFICA
	<i>p</i>	<i>k</i>	<i>cp</i>	<i>S</i>
	kg/m ³	W/hm.°C	W/Kg°C	W/hm ² °C
Aire (a 1 atm)				
a 0°C	1,292	0,02364	0,2794	0,02364
a 5°C	1,269	0,02401	0,2794	0,02401
a 10°C	1,246	0,02439	0,2794	0,02439
a 15°C	1,225	0,02476	0,2797	0,02476
a 20°C	1,204	0,02514	0,2797	0,02514
a 25°C	1,184	0,02551	0,2797	0,02551
a 30°C	1,164	0,02588	0,2797	0,02589
Aire (a 3200 msnm)				
a 0°C	1,1628	0,021276	0,279444	0,021276
a 5°C	1,1421	0,021609	0,279444	0,021609
a 10°C	1,1214	0,021951	0,279444	0,021951
a 15°C	1,1025	0,022284	0,279722	0,022284
a 20°C	1,0836	0,022626	0,279722	0,022626
a 25°C	1,0656	0,022959	0,279722	0,022959
a 30°C	1,0476	0,023292	0,279722	0,023297

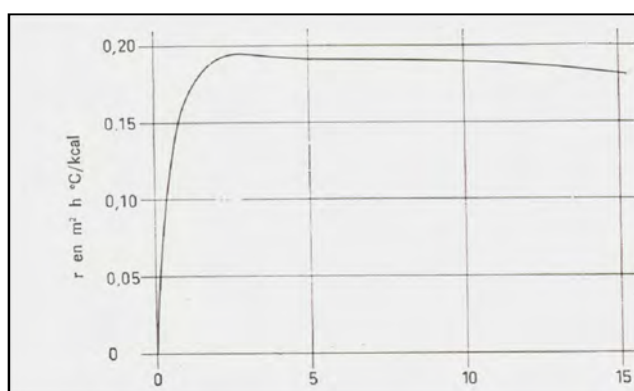
Fuente : YANUS.p.312

Tabla 26. Propiedades de cámaras de aire en $m^2hC/Kcal (m^2C/W)$

Situación de la cámara y dirección del flujo de calor	Espesor de la cámara, en mm				
	10	20	50	100	≥150
Cámara de aire vertical y flujo horizontal	0,16 (0,14)	0,19 (0,16)	0,21 (0,18)	0,20 (0,17)	0,19 (0,16)
Cámara de aire horizontal y flujo ascendente	0,16 (0,14)	0,17 (0,15)	0,19 (0,16)	0,19 (0,16)	0,19 (0,16)
Cámara de aire horizontal y flujo descendente	0,17 (0,15)	0,21 (0,18)	0,24 (0,21)	0,24 (0,21)	0,24 (0,21)

Fuente : NBE-C7-79 p.24

Fig. 45 Conductibilidad de las cámaras de aire



Fuente: CROISSET.p.94

El color Es uno de los paramentos, juega un papel muy importante, debido a que ayuda a absorber la radiación solar o a evitarla mediante su reflexión. Ver sus propiedades en la tabla 27.

Tabla 27. Coeficiente de absorción y emisión de los colores

COLORES	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN	COEFICIENTE DE EMISIÓN
Blanco	0,30	0,90
Gris al claro obscuro	0,60	0,90
Verde, rojo, marrón	0,70	0,95
Marrón a Azul obscuro	0,75	0,95
Azul obscuro a negro	0,98	0,98
Cuerpo negro teórico	1,00	1,00

Fuente : YANUS.p.313

Los materiales de poca absorción térmica y alta emisividad son muy buenos para las caras exteriores. Los materiales que tienen baja emisividad son muy buenos para revestimientos de interiores.

El vidrio Tanto el vidrio como el plástico dejan pasar la radiación solar incidente¹⁵⁸, con un factor de transmisión τ muy elevado (0,85); pero son opacos a la radiación infrarroja emitida por el elemento absorbedor cuando alcanza la temperatura de 35 °C a 100 °C. Es lo que se llama efecto invernadero. La cara interior de la cubierta absorbe la radiación infrarroja, sufre un aumento de temperatura y a su vez radia la mitad hacia el exterior y la otra hacia el elemento absorbedor. La cubierta transparente limita igualmente las pérdidas por convección.

Tabla 28. Propiedades del vidrio

REF(ENV0)	Nombre	λ W / m·K	ρ kg / m ³	c_p J / kg·K	Fuente de los datos:
VIDR-001	Vidrio plano monocapa(Vidrio para acristalar)	0.95	2500	750	(*)NBE CT-79
VIDR-002	Vidrio sodocálcico (inc vidrio flotado)	1.00	2500	750	UNE EN 12524:2000
VIDR-003	Cuarzo	1.40	2200	750	UNE EN 12524:2000
VIDR-004	Vidrio prensado	1.20	2000	750	UNE EN 12524:2000

Fuente: NBE-CT-79.p.60

Las propiedades del vidrio están en la tabla 28. El aislamiento térmico en vidrieras aislantes, está conformado por lunas pulidas, vidrios de acristalamiento u otros, montados de 2 a o más hojas, selladas por una junta plástica, que encierran un espacio de aire deshidratado, el conjunto está encajado en un marco de acero inoxidable, esto permite atenuar el factor de transmisión τ en 0.65. En el Perú ya se encuentran en el mercado; pero en forma muy limitada y a un precio bastante alto.

El asbesto cemento Es un material de composición constituido por cemento reforzado con fibras de amianto o algodón mineral de basalto.

Tabla 29. Propiedades del asbesto cemento

NOMBRE	W/m ² °C (γ)	Kg/m ³ (p)
Asbesto cemento normal	0,67	1400-1800
Asbesto cemento normal	0,93	1800-2200
Asbesto cemento normal	1,28	Más de 2200
Asbesto cemento celulósico	0,35	1000-1400
Asbesto cemento celulósico	0,47	1400-1800

Fuente: YANUS.p.313

¹⁵⁸ BATELIER, Ob.cit.p.100

Su resistencia mecánica y de flexión es de 3 a 5 y de 2 a 3 veces la del concreto respectivamente. Tiene alta capacidad de absorción y de conductividad térmica (tabla 29), con elevada capacidad de expansión que supera en 6 a 10 veces la del concreto.

1.2.5.8 Aporte de calor por acristalamientos

La expresión general de considerar los intercambios energéticos a través de un acristalamiento es la siguiente:¹⁵⁹

$$C = K_v \cdot S_v \cdot \Delta T + I_{WD} \cdot S_{vs} \cdot \tau_1 + I_{wa} \cdot S_v \cdot \tau_2 \quad \text{Ecuación 48}$$

C: Flujo de calor a través del acristalamiento.

K_v : Coeficiente de transmisión de calor aire-aire del acristalamiento ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

S_v : Superficie del acristalamiento (m^2)

ΔT : Diferencia de temperatura de los ambientes exterior e interior ($^\circ C$)

I_{WD} : Promedio diario de irradiación directa media mensual sobre la superficie acristalada (W/m^2)

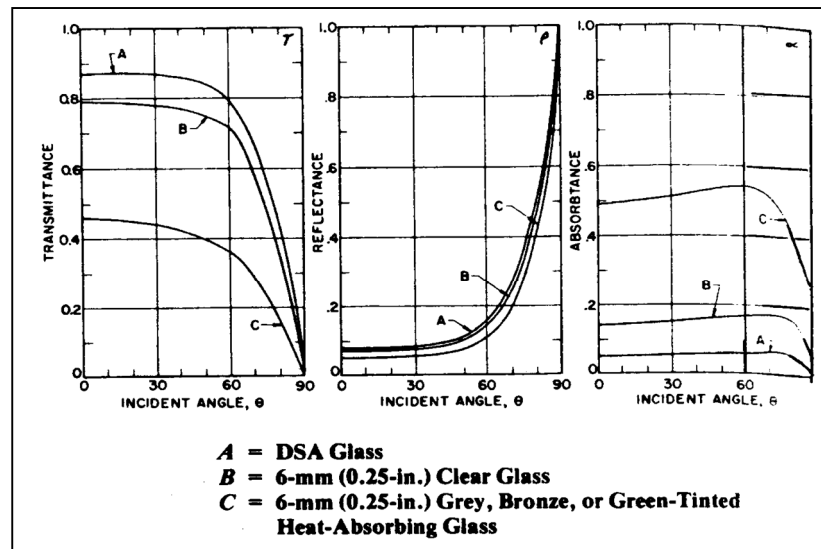
S_{vs} = Superficie de acristalamiento afectada por la radiación solar directa (m^2).

T_1 = Transmitancia del acristalamiento para radiación solar directa.

I_{wa} = Promedio diario de irradiancia difusa media mensual sobre la superficie acristalada (W/m^2)

T_2 = Transmitancia del acristalamiento para radiación solar difusa.

Fig. 46: Propiedades direccionales del vidrio (ASHRAE 1981)



Fuente: BALCOMB.p.74

¹⁵⁹ BEDOYA, Ob. cit. p.76

La transmitancia del acristalamiento para radiación solar directa depende del ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie acristalada y del número de vidrios que conforman dicho acristalamiento, y su valor se obtiene de la Fig.46 como un porcentaje de la transmitancia total del asoleamiento o factor solar. El vidrio tipo A, es el estándar de ASHRAE de 3 mm (Fig.46) porque actualmente tiene muchas aplicaciones.

El ángulo de incidencia de los rayos del sol sobre el acristalamiento se calcula mediante la expresión:

$$J = \arctg \sqrt{tg^2(A - Ap) + tg^2 \cdot h} \quad \text{Ecuación 49}$$

En la que:

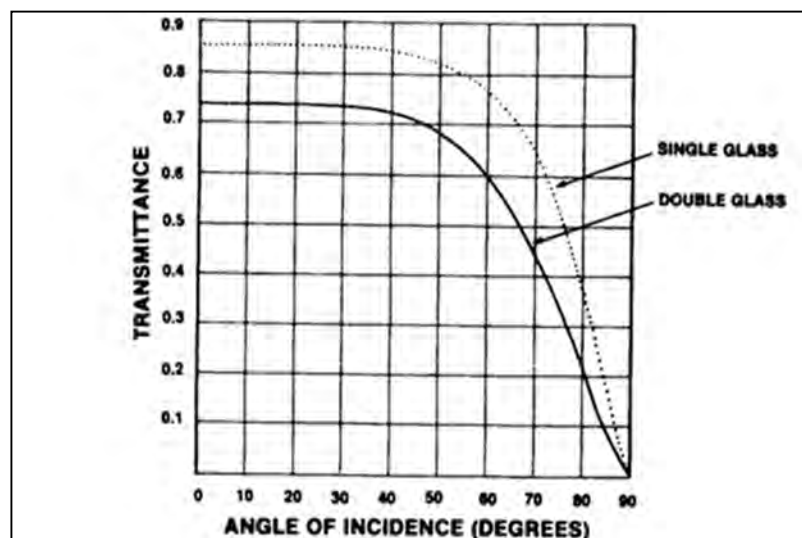
A = Acimut del Sol (°)

Ap = Acimut de la pared (°)

h = altura solar

Una vez obtenida la transmitancia del acristalamiento para radiación solar directa (τ_1), a partir de la transmitancia energética total propia de cada acristalamiento (τ_n), es posible obtener, igualmente en función de τ_n la transmitancia de dicho acristalamiento para la radiación solar difusa (τ_2), que depende exclusivamente del número de vidrios que conforman el acristalamiento (Fig.47) y que generalmente se considera coincidente con el valor obtenido para τ_1 correspondiente al ángulo de incidencia de 58°.

Fig. 47: Transmitancia de vidrio simple y doble capa



Fuente: MAZRIA.p.20

Croiset¹⁶⁰ indica que la aportación a través de las paredes transparentes será:

$$q = \left(\frac{\alpha \cdot K}{h_e} + \tau \right) I_w + K(t_e - t_i) \quad \text{Ecuación 50}$$

1.2.5.9 Aportes de calor por paredes opacas

Bedoya¹⁶¹, para la captación en cerramientos opacos y simplificar los cálculos complejos que son precisos realizar se ideó un parámetro ficticio que permitiera englobar todos los efectos climáticos exteriores, temperatura, radiación y movimiento del aire en un solo valor y que se le denominó temperatura sol aire (Tsa). Con éste parámetro se puede calcular la captación de la energía mediante un simple cálculo por transmisión.

La expresión válida para una cubierta plana¹⁶² es la siguiente:

$$Tsa = \frac{1}{h_e} (\alpha \cdot I_w + 100 \cdot \epsilon) + T_e \quad \text{Ecuación 51}$$

Y para los cerramientos verticales:

$$Tsa = \frac{1}{h_e} \cdot \alpha \cdot I_w + T_e \quad \text{Ecuación 52}$$

Ambas para días despejados. Para el valor $1/h_e$, se puede tomar el valor recomendado en la NBE-CT-79, que es de $0.06 \text{ m}^2\text{C/W}$ para las superficies verticales y de $0.05 \text{ m}^2\text{C/W}$ para las cubiertas.

Tabla 30: Absortancia de los cerramientos

Color de la superficie de cerramiento	Absortancia
Muy claro	0.10-0.20
Claro	0.50
Medio	0.80
Obscuro	0.90
Muy obscuro	0.92-0.95

Fuente: BEDOYA.p.72

¹⁶⁰ Ibíd.p.168

¹⁶¹ Ob.cit.p.71

¹⁶² Ibíd.p.72

La absorptancia depende del material del cerramiento, hay una relación de valores aproximados en función del color del cerramiento como se aprecia en la tabla 30.

Para la emitancia se puede tomar un valor de 0.90 en todas las superficies exteriores. El flujo energético medio mensual a través de una unidad de superficie se puede obtener por la expresión:

$$Q=K (Tsa-Ti) \quad \text{Ecuación 53}$$

El momento de máxima entrada de calor por la superficie exterior de una pared o techo¹⁶³ se encuentra sumando el tiempo empleado en la transmisión a la hora de máxima entrada de calor por la superficie exterior. El correspondiente valor máximo de la cantidad de calor que ha penetrado en el local, teniendo en cuenta el retardo, se calcula mediante la ecuación:

$$\frac{Q}{A} = U(t_m - t_i) + \lambda(t_e - t_m) \quad \text{Ecuación 54}$$

$$\theta_i = t_i - \frac{K}{h_i} (t_i - t_e) \quad \text{Ecuación 55}$$

Donde Q= cantidad de calor que ha entrado en una hora
A=superficie en m²
t_m=promedio de la temperatura sol-aire en las 24 horas
t_e=temperatura sol-aire en el instante que precede al instante considerado en un intervalo de tiempo igual al retardo en la transmisión.
λ = coeficiente de amortiguamiento global de la pared.

Croiset¹⁶⁴, indica que las aportaciones por paredes opacas se expresa:

$$q = K(t_e + \frac{\alpha I_w}{h_e}) - t_i \quad \text{Ecuación 56}$$

Dónde: $t_e + \frac{\alpha I_w}{h_e}$ es la temperatura ficticia equivalente al sol y la transmisión en suelos fríos¹⁶⁵ es la siguiente:

¹⁶³ GAY-FAWCETT y otros. 1988. Instalaciones en los Edificios. Edit. G.Gili. Barcelona. p. 273

¹⁶⁴ Ob.cit.p.164

Como existe un poco de convección en el contacto con el suelo frío, el coeficiente h_i es pequeño. Su valor es de $5.8 \text{ W/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$. Batellier¹⁶⁶, para aportaciones en paredes opacas establece:

$$\frac{K \cdot I_w}{h_e} + K(t_e - t_i) \quad \text{Ecuación 57}$$

1.2.5.10 Aportes de calor por la ocupación del edificio

Las fuentes térmicas interiores tienen más o menos importancia en la relación con el destino del local. Se descompone en calor aportado por los ocupantes, la iluminación, los aparatos electrodomésticos y por la cocina.

La energía aportada por los ocupantes¹⁶⁷: proviene de los propios ocupantes y su actividad. En función de las actividades desarrolladas y de las horas de permanencia en la vivienda, dedicadas a cada una de ellas se elabora un cuadro de consumo diario.

Tabla 31: Energía aportada por las personas

<i>Individuo</i>	<i>Actividad</i>	<i>Dispersión metabólica según actividad (tabla 4.1.1) (W)</i>
Padre	Durmiente	70
	Sentado-paseando	150
Madre	Durmiente	70
	Sentado-paseando	150
	Trabajo de hogar	250
Hijos (3)	Durmiente	$0,7 \times 70$
	Sentado-paseando	$0,7 \times 150$

Fuente: BEDOYA. p. 276

Dado que los valores de la dispersión metabólica, que aparecen en la tabla corresponden a individuos adultos, de altura y tamaño normal; a los niños se aplica un coeficiente reductor de 0.70 (tabla 31). La energía aportada por el alumbrado: una

¹⁶⁵ Ob.cit.p.71

¹⁶⁶ Ob.cit.p.40.

¹⁶⁷ BEDOYA, Ob.cit.p.276

generación de energía térmica en el interior de las viviendas es la transformación de la energía luminosa de las lámparas. Las cantidades aportadas por este concepto, que son función de la potencia de la lámpara y del número de horas del uso de cada una de ellas. La cantidad de calor equivalente es de 1 W x hora se multiplica por un coeficiente de uso.

La energía aportada por electrodomésticos (tabla 32): son en función a las diferentes potencias y a las horas de uso diario o semanal de cada uno de ellos. Para calcular la energía aportada en el cocinado de alimentos, parte de la potencia máxima de la cocina de 2 KW y del número aproximado de horas de uso del aparato en cada una de las comidas. Al resultado total de ese modo se le aplica un coeficiente de 0.85, correspondiente a la fracción de potencia máxima que se va a emplear normalmente.

Tabla 32: Energía aportada por electrodomésticos

<i>Aparato</i>	<i>Potencia</i> (W)	<i>Núm. de horas</i> <i>uso al día</i> (h/d)	<i>Ganancia</i> <i>diaria</i> <i>de energía</i> (W·h/d)
Frigorífico-congelador	500	24	1.200
Lavadora	2.500	(7 h/semana) 1	2.500
Plancha	1.000	(8 h/semana) 1,143	1.143
Aspiradora	350	(4 h/semana) 0,571	200
Lavaplatos	3.500	1	3.500
Televisión	200	4	800
Otros electrodomésticos	—	—	200

Fuente: BEDOYA.p.277

Beltrán¹⁶⁸ asume 0.66 W por ocupante. Para viviendas un consumo estándar de 350 W de calor sensible producido por aparatos de cocina. Para el calor de las luces puede calcularse tomando 1.2 x total del vatios de las lámparas.

1.2.6 Métodos de evaluación térmica en edificaciones

Un edificio¹⁶⁹ es un sistema complejo compuesto de diferentes componentes que tienen que relacionarse con el medio exterior para conseguir adecuadas características térmicas. El problema que se plantea, es reducir este sistema complejo real a un modelo abstracto que permita de manera sencilla la manipulación de sus

¹⁶⁸ BELTRÁN, Ob.cit.p.175

¹⁶⁹ SAN ISIDRO MARIA. 2004. Energía solar en la edificación. CIEMAT-DER, Madrid .p.14.8

componentes y propiedades, con el fin de controlar y predecir lo que ocurrirá el sistema real de la manera más fiable posible. Este modelo tendrá una representación formal en base a sistemas de ecuaciones acopladas, así como la definición de las condiciones del contorno. Los modelos se diferencian entre sí, básicamente, en el modo de resolver estos sistemas de ecuaciones, empleando diferentes formas de definición del sistema y usando diferentes métodos numéricos de resolución de ecuaciones.

La resolución de las ecuaciones¹⁷⁰ es en la mayoría de los casos imposible y en el proceso de modelización, se adoptan decisiones acerca de la simplificación de los procesos.

El primer paso, en el estudio de un sistema determinado, es la construcción de un modelo que es la abstracción de un sistema real que se usa para predecir y controlar. Es útil cuando es realista y a la vez simplifique la realidad, de tal manera, que exista una alta correlación entre la predicción del modelo y lo que realmente sucede. Existen diferentes modos de juzgar la validez del modelo, determinando si todas las expresiones matemáticas son consistentes para predecir la realidad y variando los parámetros de entrada y salida si se comporta inadecuadamente.

El uso de modelos es bastante útil en la fase del diseño del edificio, ya que permite realizar los estudios básicos de su concepción, permitiendo: (1) el análisis de la sensibilidad de los diferentes parámetros que definen a un edificio, que permite conseguir un adecuado confort térmico; y (2) la optimización de la respuesta térmica de un edificio en base a la modificación de los diferentes materiales, componentes y sistemas de un edificio. Los métodos de simulación energética en forma general se clasifican en simplificados y dinámicos.

Jhons¹⁷¹, hace presente, que generalmente la evaluación de rendimiento de un sistema pasivo de calefacción, se basa en una simulación validada por computadora de los flujos de calor entre las diversas partes de un edificio y su entorno exterior. Debido a la complejidad de simulación y el nivel técnico de soporte especializado necesitado para eso, las simulaciones no son siempre prácticas. Los métodos

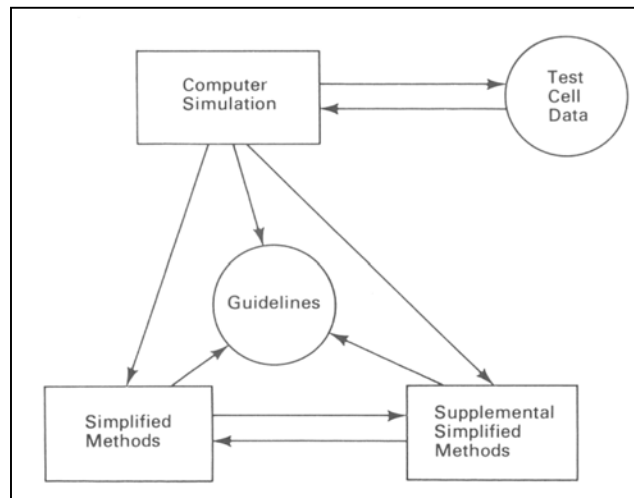
¹⁷⁰ Ibid.p.14

¹⁷¹ JONES G.F –WRAY WILLIAM. 1992. Simplified Methods. Passive Solar Buildig. Edited by Douglas Balcomb, Massachussets .p. 181

simplificados de análisis son desarrollados para proveer predicciones de actuación pasiva del edificio sin recurso de simulación por computadora.

Los métodos de evaluación¹⁷², como los métodos simplificados, se derivaron de la simulación por computadora -Fig.48- producidos al fortalecer la actuación de los resultados basados en la información detallada acerca del edificio pre descrito a principios del método. Pues los datos requeridos del edificio no están disponibles hasta que el diseño esté adelantado, estos métodos de evaluación pueden ser considerados como métodos "retrógrados". Inversamente, las guías directivas (guidelines) son ayudas del diseño que están disponibles a principios del procedimiento del diseño y se pensó por esta razón, en una manera "de enfoque al futuro".

Fig. 48. Relaciones entre los métodos de análisis técnicos



Fuente: JONES.p.182

La Figura 48 describe las relaciones entre los diferentes análisis técnicos. Los métodos simplificados se clasifican en: correlativos, suplementarios y en otros; que a continuación se describen.

1.2.6.1 Métodos correlativos

Los métodos de correlación¹⁷³ se basan en simplificaciones obtenidas a partir del estudio sistemático de diversos fenómenos basándose generalmente en métodos detallados de simulación energética de edificios (métodos dinámicos), asimismo,

¹⁷² Loc.cit.

¹⁷³ Ibíd.p.182

hacen uso de leyes empíricas sencillas que tienen un carácter general. A través de un análisis de sensibilidad del efecto de una variable sobre la respuesta térmica de un edificio, se llega a establecer una correlación, generalmente lineal, aunque no siempre, es usada para evaluar la respuesta térmica de un edificio. La aplicabilidad suele estar limitada a cálculos sobre períodos de tiempos largos (cargas mensuales), aunque pueden tener en consideración los efectos dinámicos del edificio definido. Un análisis de correlación es un procedimiento por medio del cual una relación entre las variables de un problema, es determinado numéricamente desde el principio. Un análisis de correlación es realizado cuando esta relación es necesaria y cuándo ninguna de las formas analíticas simples de la relación están ya disponibles.

Método de Grados Día – DG La manera de valorar la pérdida de calor es central para los métodos simplificados de temperatura para estimar las pérdidas y el calor de apoyo. El método de día grado¹⁷⁴, es un método simplificado esencial para otros métodos.

El número de GD de días grado, es la diferencia entre la temperatura bajo T_b del edificio y la temperatura ambiente término medio T_m para ese día. La temperatura baja es una temperatura fija (T_b), tradicionalmente 65 ° F (18 °C), aunque otras temperaturas bajas pueden ser usadas. La temperatura término medio está tradicionalmente definida como:

$$T_m = (T_{\max} + T_{\min}) / 2 \quad \text{Ecuación 58}$$

Donde T_{\min} y T_{\max} son las temperaturas mínimo y máximo que ocurren durante el día. Si la temperatura ambiente término medio está por encima de la temperatura baja, entonces ninguno de los días grado para calentamiento será acumulado para el día. El número de días grado para un mes (n) es la suma de días grado de cada día del mes.

$$GD = n(T_b - T_m) \quad \text{Ecuación 59}$$

La carga edificadora de calor sobre un período prescrito, es el producto del coeficiente total edificador (TLC) de carga y el número de días grado GD para ese lapso de tiempo. TLC es definido como la tasa de pérdida de calor a través de la

¹⁷⁴ Ibíd.p.183

cubierta entera del edificio, incluyendo el vidriado solar, al día por unidad de diferencia de temperatura entre el edificio y el exterior. Así, la falta de ganancias solares la ecuación es:

$$Q_{aux} + Q_{in} = TLC(T_{set} - T_m) \quad \text{Ecuación 60}$$

Dónde Q_{aux} es el calor auxiliar diariamente requerido para mantener el termostato caliente en el punto deseado, T_{set} y Q_{in} es la ganancia diaria interna de calor en el edificio debido a aparatos, luces y personas. Un valor residencial típico de Q_{in} es 20,000 Btu/día (244 W /día) por ocupante.

La temperatura base del edificio puede ser modificada por razones de dar ganancias internas de calor colocado diariamente.

$$T_b = T_{set} - Q_{in} / TLC \quad \text{Ecuación 61}$$

Entonces la ecuación deviene:

$$Q_{aux} = TLC (T_b - T_m). \quad \text{Ecuación 62}$$

La temperatura base¹⁷⁵ T_b es el punto modificado determinado en el termostato, sustrayendo el calor diariamente interno de las ganancias divididas por el coeficiente total edificador de carga. Modificando de ese modo la temperatura baja, el crédito es tomado por una carga media reducida del edificio, contrarrestando el efecto de las ganancias internas de calor. La ecuación puede estar escrita en términos de los grados días GD:

$$Q_{aux} = TLC \cdot GD \quad \text{Ecuación 63}$$

La ecuación 64 se aplica a un edificio donde no hay ganancia solar. Para un edificio con ganancia solar será:

$$Q_{aux} = Q_{net} - Q_{sol} \quad \text{Ecuación 64}$$

$$\text{Dónde: } Q_{net} = NLC \cdot GD \quad \text{Ecuación 65}$$

La carga remisiva neta, Q_{net} , es la pérdida de calor de las partes poco solares del edificio y Q_{sol} son los ahorros solares, el calor útil en exceso previsto en la pared solar es requerido para contrarrestar las pérdidas solares de la pared.

¹⁷⁵ Ibíd.p.184

En la ecuación 65, NLC es la carga neta edificadora del coeficiente de la tasa de pérdida de calor de las partes poco solares del edificio. Por definición, los ahorros solares se fraccionan; SSF es la proporción de los ahorros solares para la carga neta remisiva:

$$SSF = Q_{sol} / Q_{net}. \quad \text{Ecuación 66}$$

Se entiende eso

$$Q_{aux} = (1 - SSF) NCL GD. \quad \text{Ecuación 67}$$

Método del coeficiente solar SLR El método solar de proporción de carga¹⁷⁶ (SLR), provee estimaciones del mes por el mes de calor de apoyo edificador. En el método SLR, la fracción de ahorros solares mensuales (SSF) está correlacionado con la proporción de carga solar mensual (SLR), lo cual es genéricamente la proporción entre la ganancia solar mensual y la carga mensual del edificio. La definición exacta de SLR ha cambiado algo desde que fue introducida; pero la definición actual es:

$$SLR = (S / GD - LCR_s H) / LCR \quad \text{Ecuación 68}$$

Dónde la S es la tasa mensual de radiación solar absorbida en el espacio solar por unidad de área de la ventana solar en proyecto en un plano vertical (Ap) y H es un parámetro de correlación. La proporción del coeficiente de carga (LCR) es el la relación de NLC/Ap. LCRS es la proporción del coeficiente de carga del espacio solar. La correlación para ahorros de fracción solar puede estar escrita en la forma

$$SSF = 1 - C \exp (- DSLR). \quad \text{Ecuación 69}$$

Los parámetros de correlación C, D, y H son dependientes del sistema y de las tablas extensivas de estos parámetros, han sido compiladas para referencias de diseños específicos del sistema. La energía auxiliar requerida para el edificio, se calcula utilizando la ecuación citada anteriormente para establecer el SSF.

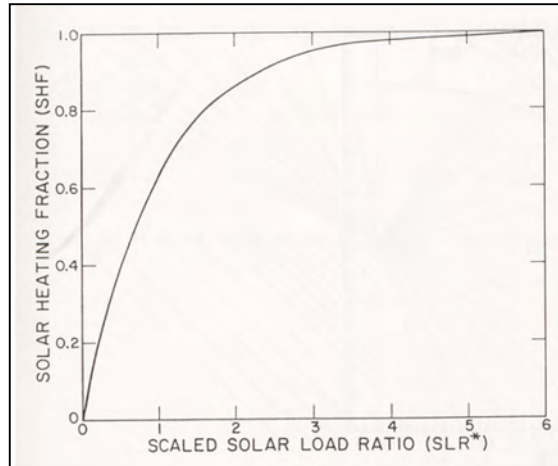
Método del Coeficiente Solar Rápido Este método¹⁷⁷ combina dos simplificaciones relativas al método original SLR: (1) la fracción de calefacción mensual solar (SHF) está correlacionada con una proporción mensual solar (SLR *) de carga en escalas, donde el factor escalador en vez de la forma de correlación, contiene la adición de

¹⁷⁶ Ibíd.p.185

¹⁷⁷ Ibíd.p.185

sistema y (2) la fracción solar anual de calefacción, está correlacionada con la calefacción solar mensual menor fraccionada, a fin de que el calor auxiliar anual pueda ser estimado justamente desde un sólo mes de cálculo.

Fig. 49. Determinación de SHF en función de SLR



Fuente: JONES. p.187

Así, los requisitos auxiliares anuales de calor son obtenidos directamente de una expresión simple desde la proporción solar de carga para un solo mes. En lugar de una correlación para SSF, el método usa una correlación para la fracción solar anual de calefacción:

$$SHF_a = [1 - e^{-SLR_M}] \times [1 + ae^{-SLR_M}] \quad \text{Ecuación 70}$$

donde SHF_a es definido por:

$$SHF_a = 1 - Q_{\text{máx},a} / TLC_{GD,a} \quad \text{Ecuación 71}$$

y SLR_M, es una proporción solar de carga en escalada.

$$SLR_M = F \cdot SLM. \quad \text{Ecuación 72}$$

Dónde SLR_M es la proporción solar mensual mínima de carga para el año y F es un factor de escala dependiente en sistema. En la ecuación, uno es un parámetro dependiente en la posición de correlación, el subíndice 1 en la ecuación refiere a los valores anuales. Los valores del parámetro de correlación, uno, han sido tabulados para 209 ciudades de USA, y el factor de escala, F, para 109 diseños de referencia.

Una gráfica de SHF como una función de la proporción solar mensual (SLR *) de carga en escalas es mostrada en Fig. 49.

Programa Grant-Ciclo 5 Este programa¹⁷⁸ consta de los siguientes pasos para evaluar energéticamente una vivienda:

Pérdidas de calor en muros/cubiertas al aire:

$$Q_m = \sum KS \Delta T \text{ en W/mes} \quad \text{Ecuación 73}$$

Pérdidas de calor del perímetro:

$$Q_p = F P \Delta T \text{ en W/mes.} \quad \text{Ecuación 74}$$

Donde F es el factor de conducción.

Pérdidas de calor hacia el terreno por pavimentos:

$$Q_t = \sum CS \text{ en W/mes.} \quad \text{Ecuación 75}$$

C es la conductibilidad del terreno.

Pérdidas por infiltración del aire:

$$Q_i = 0,34^\circ V.N \text{ en W/mes.} \quad \text{Ecuación 76}$$

Dónde: V es el volumen y

N número de renovaciones de aire por hora.

Pérdida de calor total: suma de las pérdidas anteriores por cada mes $\sum Q_p$:

$$\sum Q_p = Q_p + Q_t + Q_i + V \quad \text{Ecuación 77}$$

Ganancias solares por los elementos vidriados:

$$Q_g = KSAbs. \quad \text{Ecuación 78}$$

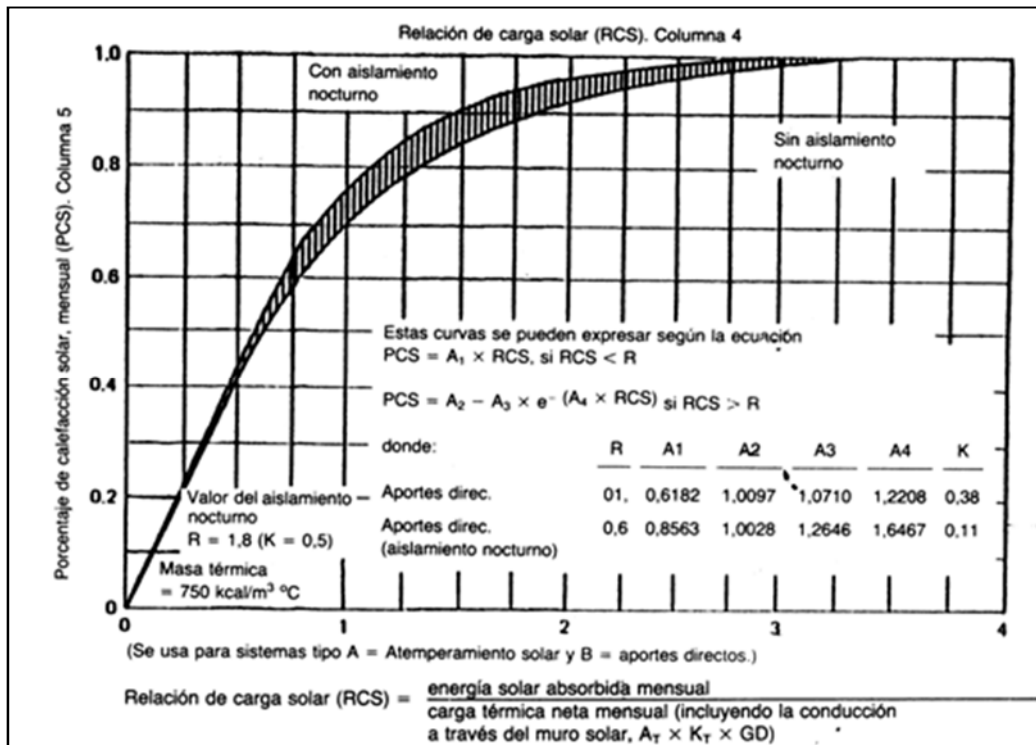
Hallar la relación de carga solar $RCS = Q_g / Q_p$:

Ecuación 79

Hallar el PCS que es el porcentaje de calor solar efectiva por mes en función al RCS según coeficientes dados para cada tipo de sistema solar pasivo con o sin aislamiento nocturno utilizando las tablas (Fig. 50 y 51). En caso de utilizarse diferentes sistemas, debe hallarse primero la contribución particular de cada uno.

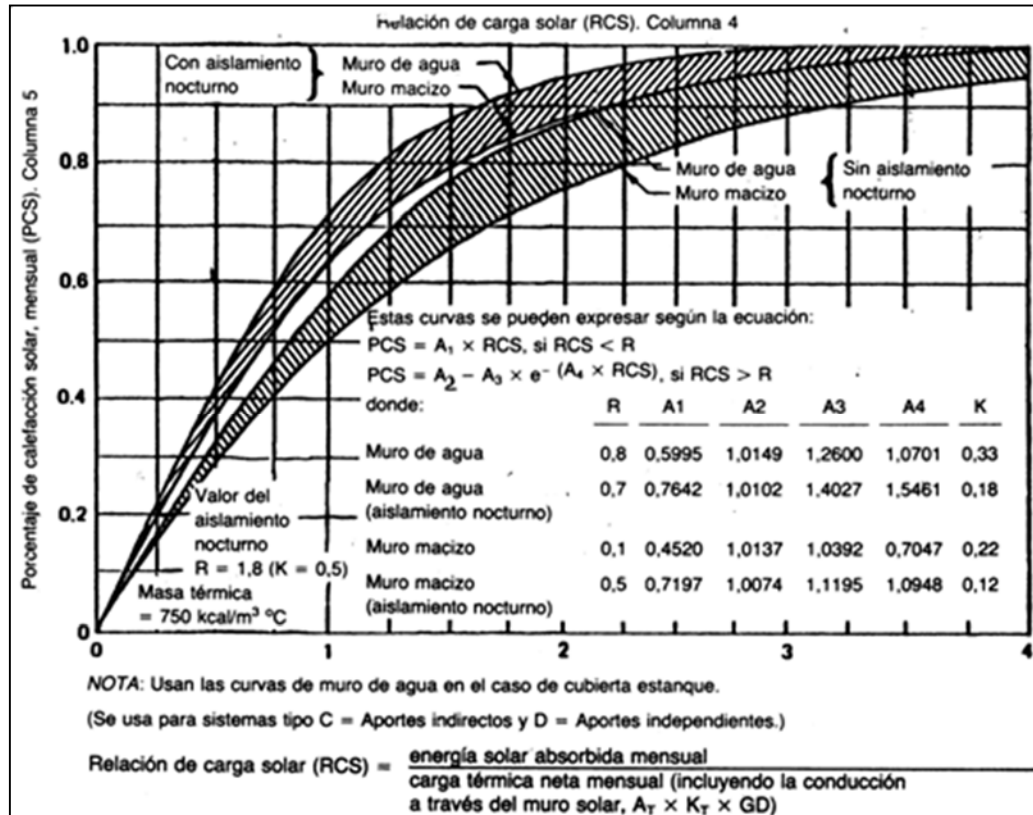
¹⁷⁸ MC PHILLIPS, Ob.cit.p.138 a 143.

Fig. 50. Relación de carga (RCS) para aportes directos



Fuente: PHILLIPS p.141

Fig. 51. Relación de carga solar (RCS) para aportes de muros térmicos



Fuente: PHILLIPS p.141

Método Mazria Propone los siguientes pasos para calcular el calor en el espacio en invierno¹⁷⁹:

El cálculo de pérdidas USP, es la relación de la suma de las pérdidas por conducción HLTOTAL (de pisos, paredes, muros, ventanas y techos) más la suma de pérdidas por infiltración del aire durante 24 horas dividida entre el área del piso (A_{piso}).

$$U_{SP} = \frac{HL_{TOTAL}}{A_{PISO}} \times 24horas \quad \text{Ecuación 80}$$

$$HG_{SOL} = A_{gl} \times I_t \quad \text{Ecuación 81}$$

El cálculo de ganancias solares directas (HGSOL).

Dónde: A_{gl} = superficie del área vidriada

I_t = calor solar ganado por radiación solar.

Para el cálculo de ganancias de muros termales e invernaderos (HGtm):

$$HG_{tm} = A_{gi} \times I_t \times P \quad \text{Ecuación 82}$$

A_{gi} = área de la superficie debajo del vidriado

P = porcentaje de incidencia de la energía solar en la cara del muro y la cantidad transmitida al interior.

Cálculo de la ganancia del calor (HGsol) por ventanales.

$$HG_{sol} = I_t \cdot A_{gi} \quad \text{Ecuación 83}$$

Cálculo de la ganancia de calor por muros termales e invernaderos.

$$HG_{tm} = I_t \cdot A_{gi} \cdot P \quad \text{Ecuación 84}$$

P se encuentra en tablas de rendimiento.

Para convertir a incidencia de energía W/m

¹⁷⁹ Ob.cit.p.309 a 328.

$$HG_{SP} = \frac{HG_{sol}}{A_{piso}} + \frac{HG_{tm}}{A_{piso}}$$

Ecuación 85

Para determinar la temperatura interior resultante (ti):

to es la temperatura media exterior

$$t_i = \frac{HG_{sp}}{U_{sp}} + t_o$$

Ecuación 86

La energía auxiliar requerida (Qaux) al año se calcula:

$$Q_{aux} = Q_r \text{ año} - Q_c \text{ año} \quad \text{ó}$$

Ecuación 87

$$Q_{c \text{ año}} = Q_{r \text{ año}} \times SHF$$

Ecuación 89

$$LCR = \frac{U_{SP} \times A_{piso}}{SHF}$$

Ecuación 90

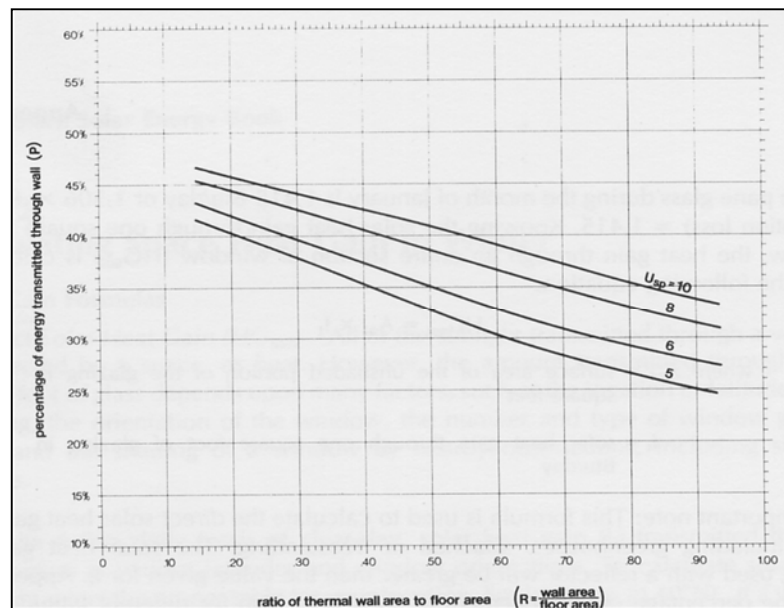
$$Q_r \text{ año} = U_{sp} \cdot A_{piso} \cdot G_{Daño}$$

Ecuación 88

Para calcular la contribución anual de calor Q_{calor} es necesario tres valores:

SHF=es la fracción de contribución de calor, que se obtiene de tabla y/o gráficas por ganancias directas y muros termales en función al LCR. (Fig. 52)

Fig. 52: Muro de concreto térmico de 30 cm. de espesor



Fuente: MAZRIA.p.314

Método 5000 Es un método correlativo¹⁸⁰, donde, para el cálculo de cargas mensuales se actúa en forma secuencial siguiendo las siguientes etapas:

- a. Cálculo de pérdidas de calor en W/k: (1) pérdidas de calor a través de muros y cubiertas exteriores; (2) pérdidas por ventanas exteriores, separando los casos de día y de noche; (3) idéntico para el suelo; (4) Ídem., para los espacios tampón como invernaderos y espacios no calefaccionados; (5) pérdidas por infiltración; (6) suma de las pérdidas; y (7) conversión de las pérdidas totales en carga de calefacción mensual en Kwh/mes.
- b. Cálculo de ganancias de calor totales en Kwh/día: (1) ganancias solares directas; (2) ganancias casuales; y (3) la suma de todas las ganancias.
- c. Cálculo de las ganancias útiles, a través de la estimación del coeficiente η del rendimiento-o de cada una de las ganancias en Kwh/mes.
- d. Demanda neta de calefacción. Restando el valor obtenido en a-7 al valor obtenido en "c".

Método Bedoya-Neyla Al efectuar un ejemplo de casa solar autosuficiente¹⁸¹, realiza los siguientes pasos:

- (1) Justificación del diseño: programa de ocupación de uso, la forma del edificio, los cerramientos y la masa del edificio, los sistemas solares.
- (2) Balance energético global: a) pérdidas y consumos de energía del edificio - pérdidas por transmisión, por renovación del aire y por consumo de agua caliente.

(b) aportes de energía pasivos - energía aportada por los ocupantes, aportada por el alumbrado, por los electrodomésticos, por la cocina, la captada a través de los vidrios y colectores planos.
- (3) Balance térmico anual: es la suma de todas las cantidades anteriores; la fluctuación la temperatura que se produce se obtiene mediante las expresiones siguientes¹⁸²:

¹⁸⁰ SAN ISIDRO MARÍA. 2001. Evaluación energética en edificios. Edit. CIEMAT, Madrid .p. 25

¹⁸¹ Ob.cit.p.265

¹⁸² Ibíd.p.106

$$\Delta t = \frac{G_E - P_E}{M_T} \quad \text{Ecuación 91}$$

$$T_E = T_i + \Delta t \quad \text{Ecuación 92}$$

Donde G_E = Ganancias de calor en W/h, P_E = Pérdidas de calor, M_T =Masa térmica del edificio, que es la masa edificio por el calor específico, T_E =Temperatura al final de la hora, T_i = Temperatura al inicio de la hora, Δt =Variación de temperatura interior.

1.2.6.2 Métodos Simplificados Suplementarios

Un método simplificado suplementario¹⁸³ es un procedimiento, derivado directamente de otros métodos simplificados. En los casos seleccionados de debajo, los métodos suplementarios están relacionados con el método SLR.

El método de Relación de Recolección de Carga El método de proporción de recolección de carga¹⁸⁴ (LCR) se basa en el uso de LCR que se calcularon en las tablas de las ecuaciones de correlación SLR. Las tablas contienen los valores anuales del SSF asociado con un set particular de ocho valores LCR que se extienden a lo largo del rango de interés práctico y para cada uno de 94 diseños remisivos funcionando en las temperaturas bajo 55 ° o 65 ° F (13° o 18 ° C). Hay una tabla para cada una de las posiciones 223 listadas en los Estados Unidos y Canadá. Por el uso de las tablas LCR, el SSF anual es fácil de encontrar y el requisito auxiliar anual de calor del edificio puede calcularse de la Ecuación 67.

Porque el método LCR duplica la actuación anual y resulta directamente de valores tabulados, es aplicado mucho más rápidamente que el método mensual SLR. Sin embargo, la velocidad de aplicación es obtenida a expensas de alguna pérdida de generalidad. En particular, las definiciones de sistema y las posiciones están limitadas para esas tablas.

Punto del termostato constante equivalente Es la tasa en la cual un edificio responde al cambio de los termostatos colocados, depende de la cantidad de la masa

¹⁸³ Ibíd.p.189

¹⁸⁴ Loc. cit.

de almacenamiento térmico en el edificio y de la tasa de pérdida de calor¹⁸⁵. Para cuantificar estas relaciones, una constante de tiempo, τ , es definida como:

$$\tau = 24 \text{ DHC} / \text{TLC} \quad \text{Ecuación 93}$$

Dónde DHC es la aptitud diurna de calor y TLC es el coeficiente total edificador de carga. Note que los DHCs insinúan grandes constantes en tiempos grandes, mientras que los TLCs grandes insinúan constantes de tiempo pequeñas. Los edificios con constantes de tiempo de la parte pequeña, responden a los cambios en el termostato, sedimentándose más rápidamente en edificios con constantes de tiempo grande.

Si una estrategia de contratiempo de la noche es utilizada en un edificio, entonces el termostato común cuando traspasa un período “P” de 24 horas, es dado por la siguiente expresión:

$$T_{ave} = T_1 (h_1 / P + T_2 (h_2 / P)) \quad \text{Ecuación 94}$$

Donde T1 y T2 son durante el día y la noche respectivamente. La duración del día es de h1 (horas) y el período de contratiempo es h2 (horas). Para dar razón del efecto del contratiempo en el consumo auxiliar de calor, uno puede realizar un análisis SLR, usando un equivalente y una constante determinada por el punto del termostato, dado por la siguiente ecuación:

$$te = T_1 - e^{-0,1\tau/p} (T_1 - T_{ave}) \quad \text{Ecuación 95}$$

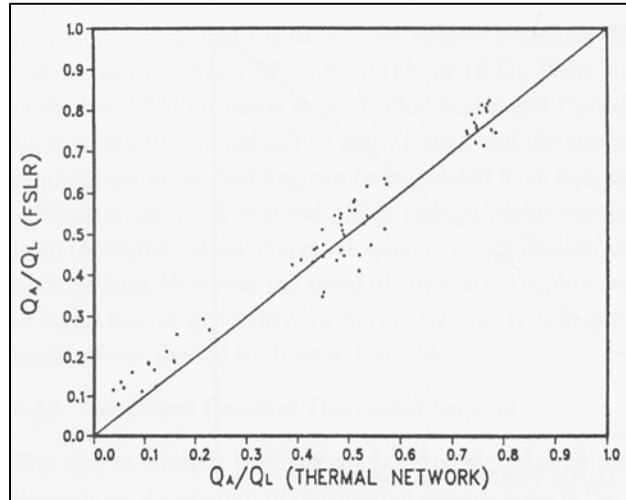
Para ilustrar la utilidad de la Ecuación 95, se considera las repercusiones de ignorar el contratiempo de la noche en un análisis FSLR. El contratiempo es ignorado llevando a T_i a ser la constante sedimentada del termostato, el cual es el equivalente de utilizar una constante de tiempo infinita en la ecuación 95. Las repercusiones de tal acercamiento son exteriorizadas en la Fig. 53, donde la proporción de calor auxiliar para cargas edificadoras es urdida en contra de los resultados obtenidos de cálculos de la red termal que modelaron una variedad de carga edificadora y parámetros de estrategia de control.

La lista de variación de las 64 combinaciones está por encima del rendimiento; claramente, da razón de un error sistemático grande referente a pistas de

¹⁸⁵ *Ibíd.*p.190

contratiempo de la noche, en el cual los requisitos auxiliares de calor se estimaron en demasía. Se nota que los datos también exhiben considerable dispersión. El efecto del utilizador T_e en el mismo conjunto de cálculos es exteriorizado en la Fig. 53. El error sistemático y la dispersión o el error aleatorio son en ambos muy reducidos.

Fig. 53. Coeficiente de correlación vs pérdida de calor



Fuente: JONES.p.191

1.2.6.3 Otros Métodos

Optima Combinación de Conservación Solar Balcomb¹⁸⁶ (1979, 1980) ha desarrollado una metodología para determinar la aplicación de recursos óptimos para la conservación y las estrategias solares pasivas al asumir que la inversión inicial está limitada. Los resultados generales son:

$$NLC_0 = \sqrt{bLCR / (a'R)} \quad \text{Ecuación 96}$$

$$A_0 = NLC_0 / LCR \quad \text{Ecuación 97}$$

Donde:

$$R = 1 + LCR (1 - SSF) / (d(SSF) / d(LCR - 1)) \quad \text{Ecuación 98}$$

En las ecuaciones 96 y 97, NLC_0 y A_0 son los coeficientes optimizados de carga de la red del edificio y la ventana solar proyectada en área, respectivamente, "a" y "b"

¹⁸⁶ *Ibíd.*p.192

son parámetros asociados con el sistema solar y conservación, respectivamente (Balcomb 1980). Las ecuaciones 97 y 98 definen el lugar geométrico de proposiciones que representan una mezcla óptima entre la conservación y las estrategias solares. El resultado de estas ecuaciones se replantea en términos de mapas de actuación, mostrando los ahorros de energía que se esperaron para gastos iniciales diferentes.

Guías directrices de conservación solar pasiva Balcomb¹⁸⁷, presenta un conjunto de guías directivas para niveles (niveles de la infiltración edificadora y valores R de aislamiento) de la apertura del área colectora solar pasiva y de conservación. Las guías directivas se basan en la mezcla óptima de conservación particular y de estrategias solares pasivas, que también los vincula con un ciclo biológico mínimo del costo del edificio y del combustible calentador. Una aparición en un mapa del contorno de variaciones regionales, es exteriorizada en figuras mediante una mezcla óptima.

Método de capacidad diaria de calor (DHC) La aptitud diaria (dhc) de calor de un material, es la cantidad de calor diaria, por unidad de área de la superficie y por el grado de oscilación de la temperatura de la superficie, que se guarda y luego se transmite el aire para atrás a la habitación durante un período de 24 horas. La aptitud diaria total (DHC) de calor en un edificio solar pasivo, $\sum dhc_i A_i$ provee una medida conveniente de las oscilaciones diarias de temperatura que podrían esperarse en una zona de la ganancia directa. Ciertamente:

$$\Delta T \text{ (la oscilación)} = 0.61 Q_s / DHC \quad \text{Ecuación 99}$$

$$F_1 = \sqrt{\frac{\cos.h.2x - \cos.2x}{\cos.h.2x - \cos.sx}} \quad \text{Ecuación 100}$$

$$S = \sqrt{\frac{Pkpc}{2\pi}} \quad \text{Ecuación 101}$$

$$x = \sqrt{\frac{Pkpc}{2\pi}} \quad \text{Ecuación 102}$$

Donde Q_s es la energía solar total diariamente amortiguada en la zona. Para un estrato homogéneo: $Dhc = F_1 s$ La k es la conductividad térmica (Btu Ft H ° F, W / m °

¹⁸⁷ Ibíd.p.193

C), p es la densidad (lbm/ft³, kg/m³), c es la aptitud de calor (Btu / lbm ° F, Wh/kg ° C), P es la periodicidad (24 h), y L es el espesor material (ft, m).

El dhc para varios materiales de construcción, se representó gráficamente como una función de espesor de la pared en Figura 54. Note que los materiales de densidad más alta tienen valores mayores para el espesor comparable del dhc. También note que cada material, dhc se maximiza en algún espesor y luego asintóticamente acomete un valor reducido. Este comportamiento refleja el hecho de que si un estrato material se vuelve también grueso, una parte del calor transferido para la superficie se perderá hacia el interior en vez que de vuelta para la habitación durante un período de 24 horas. Un método para calcular dhc para materiales del multiestrato es dado en Balcomb y Wray (1988).

Rozis¹⁸⁸, al determinar las variables diarias de la temperatura interior, para dar la idea de la manera como la construcción responde a condicione dinámicas y saber en qué momento un proceso semejante contribuye de modo más significativo a la calefacción del local, jugando sobre la temperatura ambiente; la ecuación directriz para un local calentado al 100% con energía solar es como sigue:

$$\Delta T = 0,61 Q_s / DHC$$

ΔT = amplitud de la variación interior sobre 24 horas.

Q_s = calor transmitido por los métodos solares.

DHC = suma de $A_i \cdot dhc_i$

A_i = es el área de las paredes y pisos de almacenamiento y

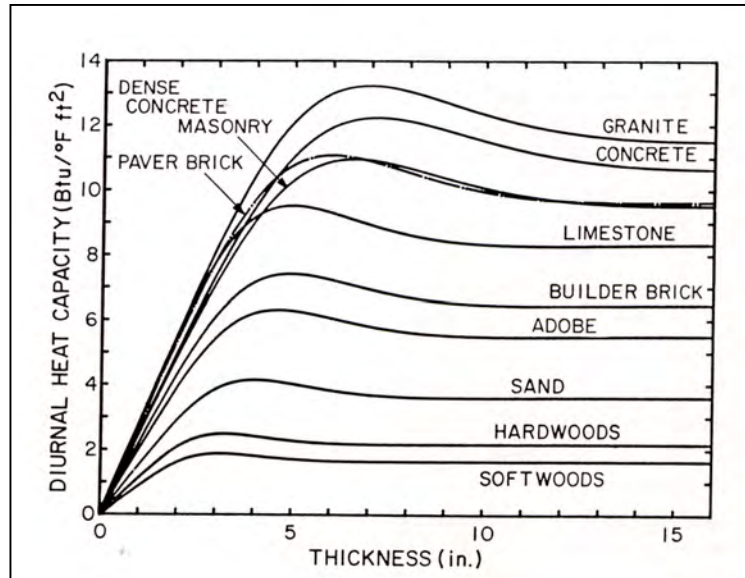
Dhc = su respectiva capacidad térmica diaria.

Balcomb¹⁸⁹ indica que la variable fundamental del edificio que determina el cambio diurno de temperatura, es la aptitud diurna de calor del edificio relativo al área de ganancia directa del vidriado. La capacidad diurna de calor es directamente proporcional a la superficie del área de la masa y depende del espesor. Es claro que la capacidad diurna de calor depende fuertemente del espesor cerca de 4" a 6" (10-15 cm) para materiales densos, como el concreto, pero el espesor mayor de 4-6 in (10-15 cm) no contribuyen significativamente a la capacidad diurna de calor.

¹⁸⁸ Ob.cit.p.84.

¹⁸⁹ Ob.cit.p.284.

Fig. 54: Capacidad diurna de calor (DHC) para varios materiales como función del espesor del material



Fuente: BALCOMB.p.284

Por el método DHC se conoce las diferencias de temperatura que se suma o resta a la temperatura al inicio del día y así sucesivamente en las otra horas resultantes.

1.2.6.4 Métodos Dinámicos

Son los que mayor complejidad presentan¹⁹⁰, ya que requieren de una definición exhaustiva del edificio y además de la resolución a tiempos de pasos cortos (usualmente de una hora) del sistema de ecuaciones planteadas.

Existen varios métodos que están ampliamente difundidos dependiendo de la zona geográfica; en EEUU se utiliza el DOE, que es un programa de simulación desarrollado por el Department of Energy que requiere una certificación de códigos de simulación para ser homologados. En Europa, existe el método ESP desarrollado por la Comunidad Económica Europea. También existen otros modelos detallados como: S-PAS, SUNCODE, APACHE+, TRNSYS, M2M y otros. Todos ellos, presentan ventajas e inconvenientes, pero lo común de todos, es que presentan un manejo demasiado dificultoso y enredado tanto de entradas como de salidas por la considerable información que necesitan. En forma general, estos utilizan los métodos de balance de energía y los métodos de ponderación.

¹⁹⁰ DE MARÍA, Ob.cit.p.14 a 18.

En el método de balance de energía, se discretiza el volumen total del edificio a volumen total del edificio a volúmenes pequeños. En cada una de las superficies del contorno de ese volumen se plantea y resuelve la ecuación de conservación de energía que se acopla a los otros cálculos.

El método de factores de ponderación es el más complejo. Se basa en la resolución de ecuaciones diferenciales discretas. Estas funciones proporcionan para cada ecuación planteada una resolución en función de unos factores de peso. Como entrada tiene la descripción del edificio, las condiciones meteorológicas y los perfiles de ganancia interna. Se usan dos grupos de ponderación: en temperaturas y en flujos de calor.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es “explicativa”, el propósito es analizar las causas y efectos de las relaciones entre las variables para determinar cuál de los sistemas solares pasivos es el más adecuado para utilizarlo en viviendas de densidad media unifamiliar en la ciudad de Huaraz.

2.2 CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

El contexto de la investigación, es la ciudad de Huaraz de la república del Perú, cuya ubicación geográfica es de 9.525° de latitud (Ø) Sur y a -77.525° de longitud (L) Oeste, está a una altitud (h) media de 3050 m.s.n.m. Con una población de alrededor de 90,000 habitantes. Se accede por carretera desde la capital-Lima- rumbo al Norte a una distancia de 380 Km.

2.3 DISEÑO UTILIZADO EN LA INVESTIGACIÓN.

Por ser el estudio dirigido a la propuesta de viviendas tipo con diferente sistema de aporte solar pasivo y evaluar cuál es el más eficaz, se ha seleccionado el diseño de investigación en dos etapas:

Primera etapa: Es una investigación “no experimental de tipo cualitativa”, que consiste en analizar y relacionar las variables independientes, dependientes e intervinientes que conlleven al diseño de viviendas tipo de densidad media a proponer con diferente sistema solar pasivo pero con características similares.

Segunda etapa: Es de diseño “cuasi experimental”, donde las viviendas tipo se someterán a simulaciones de evaluaciones térmicas por métodos correlacionales, para determinar en función a diferentes orientaciones cardinales, el sistema solar pasivo

más eficaz para la ciudad de Huaraz. Se utilizará el método de “*diseño con tratamientos múltiples de varios grupos*”:

G_1	X_1	O_1	X_2	O_2	X_3	O_3	X_4	O_4
G_2	X_1	O_5	X_2	O_6	X_3	O_7	X_4	O_8
G_3	X_1	O_9	X_2	O_{10}	X_3	O_{11}	X_4	O_{12}
G_4	X_1	O_{13}	X_2	O_{14}	X_3	O_{15}	X_4	O_{16}
G_5	X_1	O_{17}	X_2	O_{18}	X_3	O_{19}	X_4	O_{20}
G_6	X_1	O_{21}	X_2	O_{22}	X_3	O_{23}	X_4	O_{24}

Donde G_2 al G_6 son las viviendas similares a proponer con diferente sistema solar pasivo y G_1 la vivienda de control sin calefacción solar pasiva; X_1 a X_4 son los diferentes estímulos hacia la radiación solar en las principales direcciones cardinales y O_1 al O_{24} son las mediciones térmicas.

2.4 UNIVERSO Y MUESTRA

El universo es toda la ciudad de Huaraz. La muestra es del tipo “no probabilística”, pues son casos típicos de viviendas que serán propuestos por el investigador. Se trata de diseñar y evaluar 5 tipos de viviendas de densidad media unifamiliar para 5 miembros con diferente sistema solar pasivo para compararlas con una existente; todo dentro un terreno de 160 m², con características comunes en su configuración, de área de piso, volumen de aire a calentar, de aislamiento térmico, con las mismas condiciones geográficas y climatológicas. Además, una vivienda, será una existente que tenga las características de área similares a las anteriores.

Las viviendas a diseñar para las muestras serán las siguientes:

- La primera vivienda, es una existente que tenga las características similares a las siguientes, pero con cierres envolventes normalmente usados en Huaraz.
- La segunda con un sistema de calentamiento directo a través de vitrales.
- La tercera con un sistema de calentamiento indirecto o muros Trombe.
- La cuarta con un sistema de calentamiento independiente e invernadero.
- La quinta con un sistema mixto que integre a las anteriores.
- La sexta con un sistema de patio central.

2.5 RECOLECCIÓN DE DATOS

2.5.1 Instrumento de medición y aplicación

Datos censales Se aplican para conocer la manera de construir, el grado de instrucción e ingreso familiar de los habitantes de Huaraz, el instrumento que se utiliza es el Censo Nacional de Población y Vivienda del 2005.

Datos meteorológicos Para obtener la ubicación geográfica se utilizará la Carta Nacional del Instituto Geográfico del Perú de Huaraz. Para conocer la radiación solar se usará el Atlas de Energía solar del Perú. Los datos meteorológicos se obtendrán de la estación del SHENAMI de Huaraz. Los diagramas de confort térmico se obtendrán de la bibliografía existente.

Reglamentos El reglamento Nacional de Edificaciones se emplea para obtener los aspectos normativos de diseño para viviendas unifamiliares de densidad media: tamaño del terreno, área y frente mínimo, coeficiente de edificación, número de pisos; también se usa para obtener criterios térmicos. Se aplicará el Código Técnico de Edificación-HE de ahorro energético español, para relacionarlo con la realidad de Huaraz por tener similitud geográfica.

Bibliográficos Se emplea para obtener información sobre los sistemas solares pasivos directos, indirectos e independientes y sobre diseños análogos realizados en otras latitudes. También se obtendrá las propiedades de los materiales y fórmulas de cálculo.

Cálculos matemáticos y correlaciones Se obtiene de la bibliografía existente y se aplican para medir y diseñar los cierres y los elementos de almacenaje de calor en función a las propiedades de los materiales. Las correlaciones se aplican para evaluar el rendimiento de las viviendas solares pasivas.

Observaciones Se examinará atentamente el contexto para establecer criterios lógicos a tener en cuenta en el diseño de las viviendas.

Resúmenes Se aplica para reducir a términos breves y precisos lo esencial de todos los conceptos y observaciones para ser luego utilizados.

Diseño Herramienta intelectual que sirve para concebir y materializar la forma de las viviendas tipo en función a las demás variables.

Planos Se aplican para materializar el diseño de las viviendas.

2.5.2 Validez y confiabilidad del instrumento de medición

Datos documentales La validez y confiabilidad de los instrumentos de medición de las estaciones meteorológicas son buenos y se utilizará la media de los datos obtenidos. Las tablas de propiedades y diagramas, también son producto de investigaciones cuya validez y confiabilidad es universal. El Censo Nacional de Población y Vivienda, es de validez y confiabilidad buena. Los resúmenes darán la consistencia lógica y validez a los conceptos que se utilizarán en el diseño de la vivienda solar pasiva a proponer. Las matrices, gráficas y planos dan consistencia al diseño.

Datos matemáticos y ecuaciones de correlación Los instrumentos de medición son datos matemáticos y ecuaciones de correlación que se obtienen de la bibliografía existente, tienen un grado de validez y confiabilidad muy bueno, resultante de construcciones teóricas y experimentos llevados a cabo.

Observaciones Las observaciones del contexto son confiables al realizarse en el lugar de los hechos.

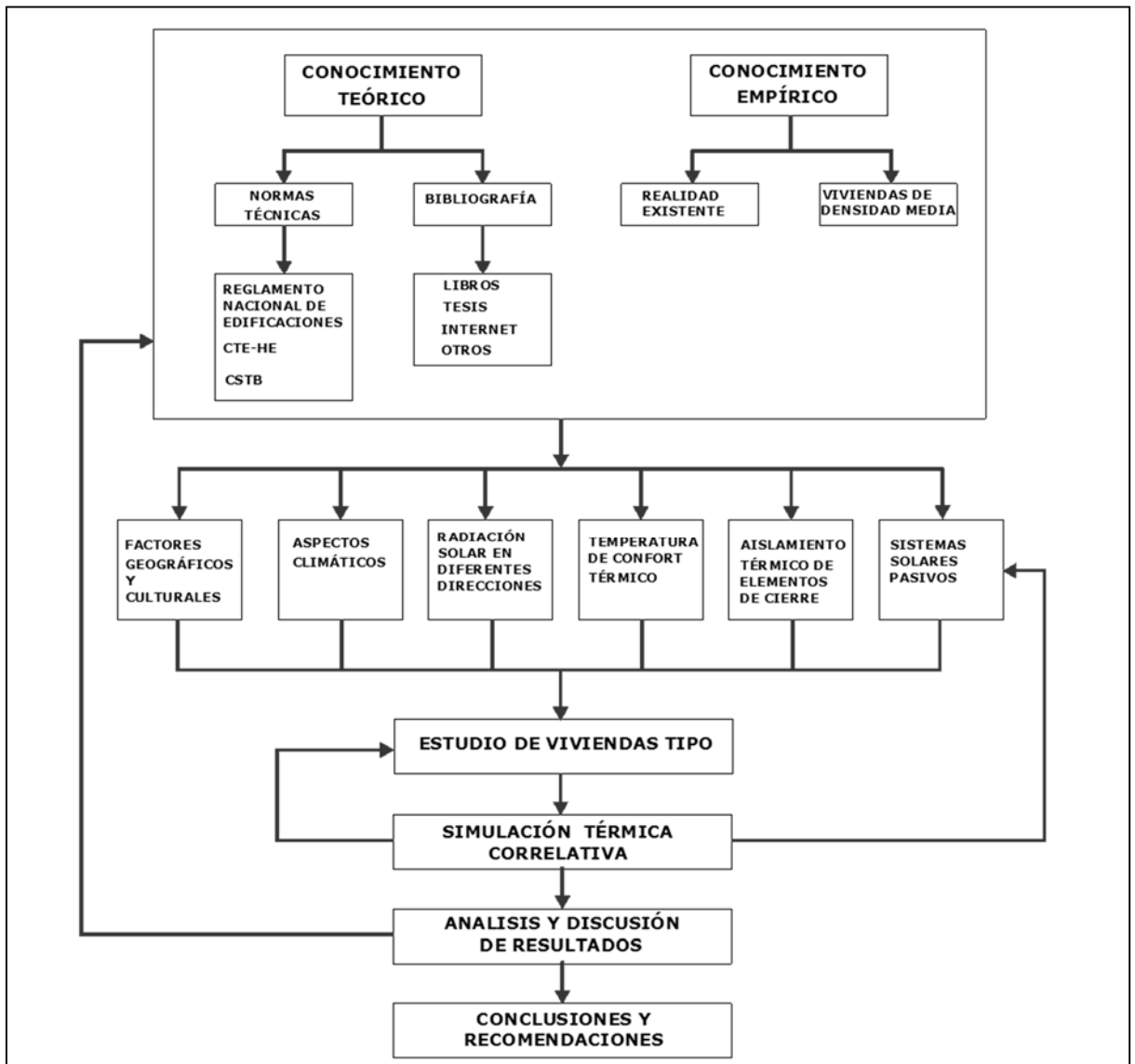
2.6 PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS

2.6.1 Procesamiento de datos

El procedimiento general fue el indicado en el gráfico de la Fig. 55, que a continuación se explica paso a paso:

- Se obtuvo del marco teórico del conocimiento de la bibliografía especializada y de las normas técnicas así como del conocimiento empírico.
- Se estudió los factores geográficos de Huaraz: relieve y topografía.
- Los factores culturales de Huaraz se obtuvieron de la relación de la forma de construir, la historia y observaciones. Se apoya con datos del Censo Nacional de Población y Vivienda. Se analiza los materiales de construcción, altura de edificación, nivel de instrucción e ingreso familiar. Las tendencias culturales de las viviendas.

Fig. 55: ESQUEMA METODOLÓGICO EMPLEADO



Fuente: Elaboración propia

- Los aspectos climatológicos de Huaraz: temperatura, humedad relativa, viento y precipitaciones; se obtuvieron de la estación meteorológica de Shancayán del SHENAMI ubicada en la ciudad de Huaraz los cuales se tabulan en tablas, se calcula la media mes a mes de los años 2003 a 2006; al analizarse permiten sacar conclusiones del comportamiento climático. Con las coordenadas geográficas UTM de ubicación, mediante ecuaciones de correlación, se halla la posición del Sol en el cielo. Se utilizan las ecuaciones 8 a 12. En base a los datos de posesión, se dibuja la Gráfica Solar en función a la proyección Estereográfica de la Fig. 28. Tomando en cuenta la posición del sol en el cielo y la radiación horizontal para Huaraz de la tabla 1, se halla la radiación solar en diferentes direcciones; se utiliza las ecuaciones 13 a 22.

- Se analizó el confort térmico en Huaraz. Se utiliza los diagramas de las figuras 29 a 34 y las tablas 7 a 10. Se labora los rangos de confort para viviendas de Huaraz.
- Se analizó las condiciones de diseño para las viviendas solares pasivas para Huaraz: forma de edificación, asoleamiento, relación con el entorno, localización de ambientes y los sistemas solares pasivos a utilizar.
- Se diseñó los tipos de viviendas, para lo cual se tuvo en cuenta los principios de las viviendas solares pasivas indicadas en el marco teórico, considerando los aspectos culturales de los habitantes de Huaraz, con elementos de cierre con un adecuado aislamiento. Se labora las especificaciones técnicas.
- Se efectuó los metrados de los elementos de la envolvente de las viviendas, según posición: fachada anterior, fachada posterior, colindancia lateral y colindancia izquierda.
- Se analizó el coeficiente de transmisión energética “U” de los elementos de cierres envolventes de las viviendas: para paredes, pisos, ventanas y techos. Para calcular el coeficiente de transmisión térmica U, se recurre a la ecuación 26 y 27; la conductibilidad térmica de los materiales λ_i se toman de las propiedades de los materiales de la tabla 15 a 29, las resistencias térmicas superficiales $1/h_e$ y $1/h_i$ se toman de la tabla 11.
- Se calculó de los flujos de calor de los diferentes elementos de cierre en Huaraz, se procedió de la manera siguiente: Para acristalamientos de una sola hoja se utiliza las ecuaciones 48 a 50. Para cierres opacos (paredes y techo) se calcula la temperatura sol aire por medio de la ecuación 51 a 52 y con ella, se halla el flujo de calor con la ecuación 53 tomando en cuenta el retraso térmico en horas hallado anteriormente. Para invernaderos, patios cubiertos y muros Trombe para Huaraz, se utiliza la ecuación 2. Para el invernadero y patio cubierto, se elabora diferentes alternativas en función al tipo de materiales, tamaño del colector, % de muros y % de aperturas de puertas y ventanas. Para muro Trombe se analiza diferentes tamaños para ver la cantidad de Flujo de calor.
- Para la simulación energética de las viviendas diseñadas, en direcciones Este y Oeste, Norte, Sur; se empleó el método del balance de energía utilizado por Beltrán, mostrado en los antecedentes. Para calcular las ganancias y pérdidas para cada vivienda se procedió:

- Se calculó de la “transmisión de calor” ($Q_t=A.U$) por hora de cada elemento: infiltración, ventanas, muros, techos, pisos; cuando sea el caso: claraboyas, muros Trombe, invernadero. Para el borde de piso ($Q_t=L_{LONGITUD}.U$). En caso de muros y bordes de piso, por seguridad se toma en cuenta sólo el 50% del metrado, que corresponde a una casa en esquina. Esta transmisión de calor, se calcula para horario diurno y horario nocturno de cada elemento; el primero de 6.30 AM a 5.30 PM (11 horas), el segundo de 5.30 PM a 6.30 AM (13 horas). En el horario nocturno se considera la incorporación de aislamiento que reduce las pérdidas. Sumar la transmisión hallada y multiplicarla por 24 horas para hallar la transmisión de calor diaria.
- Se halló la “pérdida de calor horaria” por mes de cálculo (marzo, junio, setiembre y diciembre), multiplicando la “transmisión de calor “de cada elemento. (en horario diurno y nocturno) por la diferencia de temperatura exterior e interior ($Q_p=A.U.\Delta t$). Para $\Delta t=t_e-t_i$, la temperatura externa horaria (t_e) se extrae de la tabla 39 y la temperatura interior (T_i) asumida de cálculo es 21°C. Sumar las pérdidas de calor para hallar la pérdida de transmisión diaria.
- Se calculó de las ganancias de calor por hora de cada elemento según orientación y tipo de caso. Para ventanas y claraboyas multiplicar el área por la transmitancia de calor del vidriado en Huaraz. Para el caso de invernadero, patio techado y muro Trombe, se escoge el flujo de calor horario de una alternativa que se adapte a las condiciones exigidas. En muros y paredes multiplicar el flujo de calor por el área. Añadir el calor ganado por la ocupación de la vivienda (calor cedido por las personas, iluminación y equipamiento). Sumar todas las ganancias horarias y hallar la ganancia total diaria.
- Se calculó la “temperatura promedio diaria” (TPD) alcanzada por cada vivienda según ecuación 86.
- Se calculó de la “variación de temperatura horaria”, según ecuación 99. Para hallar la temperatura total, se supone una temperatura al comenzar el día (7 AM) y se le añade la variación de temperatura hallada. A esta temperatura interior hallada, se le suma la variación de temperatura de la hora siguiente para hallar la temperatura final de esta hora y así sucesivamente, hasta completar las 24 horas. Se halla el promedio de las temperatura halladas y debe coincidir con la temperatura promedio hallada en el punto anterior, si no coincide se corregirá la temperatura inicial hasta que coincidan ambas.

- Se analizó el comportamiento térmico de cada vivienda según cada orientación y mes de cálculo (marzo, junio, setiembre y diciembre). Se compara las viviendas entre sí para determinar cuál de ellas tiene el mejor comportamiento térmico en función al rango de temperatura interior alcanzado según las calificaciones de inconfortable, semiconfortable y confortable tomando los índices de la tabla 48.
- Se comprobó los cálculos anteriores, utilizando el método correlativo del Programa Grant-Ciclo 5 utilizado por Phillips¹⁹¹. manejando las ecuaciones 73 a la 79 y para obtener la temperatura final interna por la ecuación 86. La oscilación de temperatura horaria se obtiene de la ecuación 91, 92 y/o 99. Los rendimientos de cada sistema solar se obtienen de las correlaciones dadas por la tabla 33.

Tabla 33. Valores del factor A

SISTEMA	AISLAMIENTO	R	K	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
DIRECTO	NOCTURNO	0,1	0,38	0,6182	1,0097	1,0710	1,2208
ATEMPERAMIENTO	SIN AISL.	0,6	0,11	0,8563	1,0028	1,2656	1,6467
INDIRECTO	NOCTURNO	0,1	0,22	0,4520	1,0137	1,0392	0,7047
INDEPENDIENTE	SIN AISL.	0,5	0,12	0,7197	1,0074	1,1195	1,0948

Fuente: PHILLIPS

$$PCS = A_1 \times RCS \quad \text{si} \quad RCS < R$$

$$PCS = A_2 - A_3 \times e^{-(A_4 \times RCS)} \quad \text{si} \quad RCS > R$$

- Se obtuvieron los resultados, se compararon y se discutieron para obtener las conclusiones finales.

2.6.2 Análisis de los datos

Para procesar toda la información y efectuar los cálculos pertinentes se ha elaborado en base a las ecuaciones del marco teórico, cuatro programas en Microsoft Word Excel que permiten procesar y analizar los datos:

El primero, para determinar la posición del Sol en el cielo, ingresando el día, la latitud y longitud del lugar.

El segundo, para calcular la radiación vertical en las principales direcciones, ingresando datos de la latitud y longitud del lugar, el coeficiente de albedo, el día de cálculo y la radiación solar horizontal promedio mensual.

¹⁹¹ Ob.cit.p.138 a

El tercero, para calcular la ganancia de calor en invernaderos, patios cubiertos y muros Trombe.

El cuarto, para efectuar la simulación energética de las viviendas, que permite al ingresar los datos de temperatura interior deseada, la temperatura exterior promedio al día, los metrados y el factor de transmisión "U" correspondiente, obtener por cada hora y día del mes la temperatura interior de las viviendas y su variabilidad.

Se utiliza la estadística descriptiva de la media y porcentual para el análisis e interpretación de los resultados finales.

CAPITULO III

ANÁLISIS DEL CONTEXTO, VIVIENDAS TIPO Y COMPORTAMIENTO TÉRMICO

3.1 FACTORES GEOGRÁFICOS DE LA CIUDAD DE HUARAZ

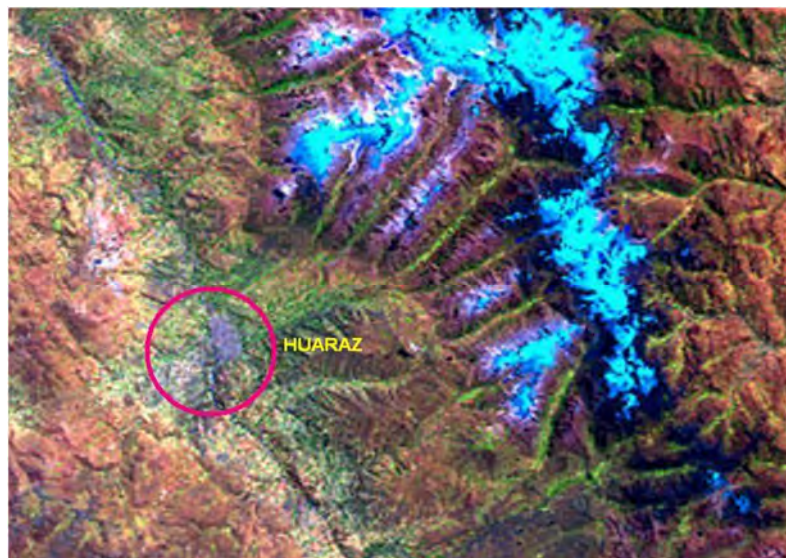
3.1.1 Coordenadas geográficas

La ciudad de Huaraz está ubicada a una latitud (\emptyset) Sur $-9,525$, a -77.617° de longitud Oeste y a 3051 msnm.

3.1.2 Relieve y topografía

Huaraz se encuentra al interior del Callejón de Huaylas, entre las Cordillera Negra, sin nevados a la izquierda, que es la más baja y la Cordillera Blanca, con nevados, a la derecha que es la más alta; es un valle andino que se ensancha donde se sienta la ciudad, tal como se aprecia en la Fig. 56.

Fig. 56: Foto satelital de Huaraz



Fuente: Lansat K646 J369-1998/09/01

En la figura 57 se muestra una foto aérea de la ciudad de Huaraz, donde se nota que la trama urbana se desarrolla de Norte a Sur y de Este a Oeste.

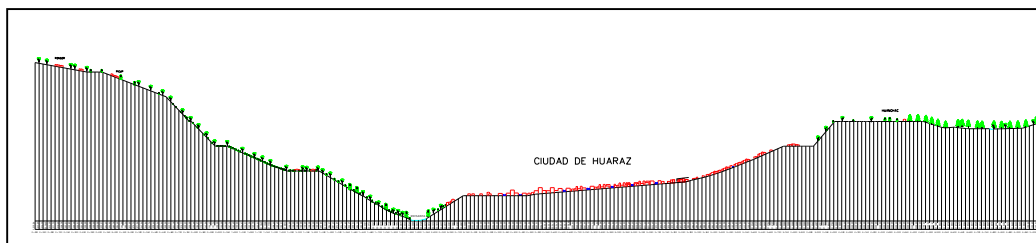
Fig. 57: Foto satelital de la ciudad de Huaraz



Fuente: Digital Globe-Google

En el corte transversal de la ciudad (Fig. 58) se aprecia que la ciudad se desarrolla en una planicie entre las dos cordilleras.

Fig. 58 Corte transversal de la ciudad de Huaraz



Fuente: Plan Urbano de Huaraz 2003

3.1.3 Discusión

La latitud es alta por estar cercana al Ecuador terrestre y los factores geográficos hacen posible que entre las cordilleras pueda ingresar el Sol por las mañanas y tardes entre las 6.30 AM a 5.30 PM, con un ángulo aproximado de 10° aprovechando al máximo la radiación solar.

3.2 FACTORES CULTURALES DE LA VIVIENDA EN HUARAZ

3.2.1 Periodo prehispánico

De las viviendas en el período arcaico peruano se tienen pocos datos; pero es notorio que existen dos tradiciones, una en la costa y la otra en la sierra. En la costa se utiliza el adobe para las paredes y la caña para los techos; en la sierra la piedra y la paja. El Sol tuvo una importancia decisiva en la vida de los pobladores y existen una serie de monumentos que muestran que los vanos se orientan hacia el saliente y poniente¹⁹².

En la época preincaica los principales ejemplos de ciudades están sobre todo en Puno, Huaraz, Canta¹⁹³; están elevadas sobre campos de cultivo y fortificadas por murallas. Las piedras chicas, menudas intercaladas y acuñadas entre gruesos bloques de los muros, son reemplazadas por un aparejo uniforme, compacto y sólido, aunque siempre de ejecución audaz y libre.

Aisladamente o en conjunto, se encuentran un tipo abundante de casas tumba en pircas de piedra¹⁹⁴, cuya forma de torre perdurara en la época incaica como una nota de variedad y movimiento. Estos pequeños edificios son característicos de la época y se llaman Kulpis. Su forma y distribución son notables. El aspecto es cilíndrico o prismático, tienen un pequeño acceso adintelado y son cubiertos por losas de piedra que forman una fuerte cornisa. Los muros están fuera de plomo, el espesor es menor en la base y mayor en la parte superior. Un pilar o columna interior y central sostiene generalmente las losas del techo. La sección de estos puntales es de cono invertido.

Los recintos interiores se adaptaban en forma perfecta a la vida y creencias de sus ocupantes, quedando todo al alcance de ellos de manera fácil y directa, sala, comedor, cocina, chimenea, los innumerables nichos para objetos y comestibles, la escalera a la cripta subterránea y la capilla de ofrendas. El racionalismo estructural prevalece una vez más sobre la exaltación decorativa.

¹⁹² BELTRAN. Ob.cit.p.2.

¹⁹³ VELARDE Héctor. 1956. Arquitectura peruana. México. p.19

¹⁹⁴ Ibíd.p.20-21

Entre 200 a.c. 600 d.c. Larco Hoyle¹⁹⁵ descubre que la cultura llamada Recuay o Callejón de Huaylas tuvo su sede en el valle de Santa¹⁹⁶. La arquitectura en la cultura Recuay, conlleva pequeñas ruinas en forma de chulpas con habitaciones bajo tierra y dispersadas en todo el área. Se caracteriza por el uso de sótanos o subterráneos, tanto para los templos como para las casas. En el caso de los templos, construidos con piedra labrada, contaban con un gran patio abierto, y los subterráneos funcionaban como cámaras funerarias. En el caso de las casas, éstas fueron construidas con piedras parcialmente labradas.

Un estudio realizado a las ruinas ha logrado identificar tres tipos de viviendas: la primera con dos habitaciones comunicadas por un vano y con acceso al exterior, techadas con piedra y barro; la segunda, relacionada con la primera; pero con más habitaciones; la tercera con habitaciones alargadas subterráneas comunicadas con el exterior por un vano a manera de tragaluz.

Fig. 59 Construcciones de la época preincaica en Huaraz



Fuente: Elaboración propia.

Los Recuay tienen un trabajo lítico muy importante, es considerado uno de los mayores logros de esta cultura. En lo religioso tuvieron dioses: una Diosa femenina,

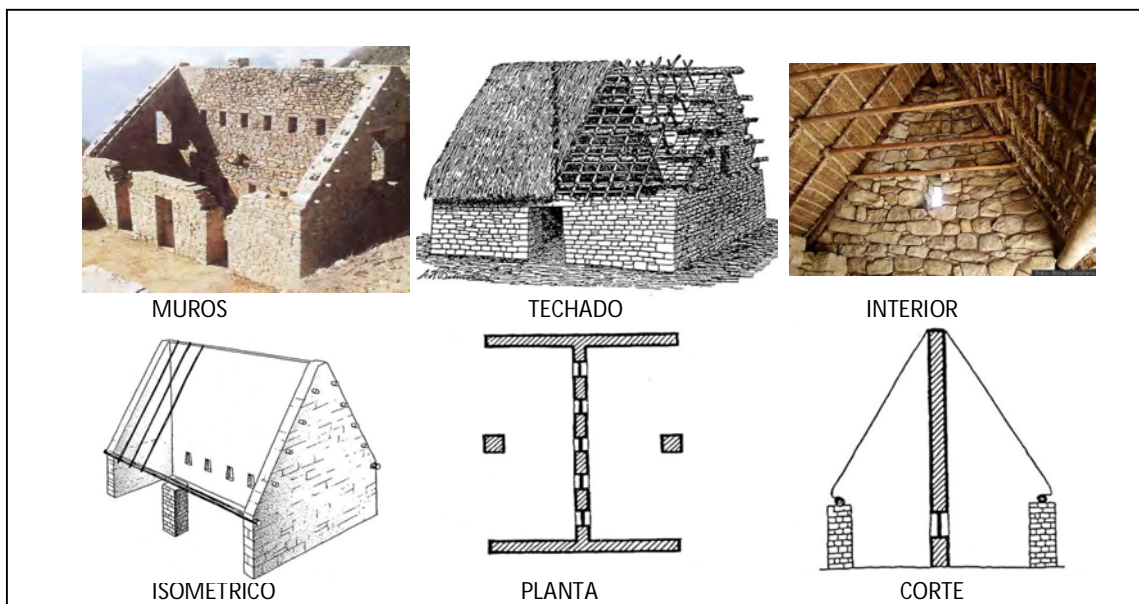
¹⁹⁵ JOSÉ SOTELO MEJÍA. 2009. Impactos de la reforma agraria y el terremoto del 70 en la cultura huaracina actual. INC.

¹⁹⁶ WIKI SUMAC PERÚ. 2010. La cultura Recuay. lahistoriacultural@gmail.com.

símbolo de la Luna o Tierra y un Dios masculino, símbolo del Sol. Los rituales como el culto a los ancestros, era necesaria para demostrar la relación con el pasado. En la Fig. 59, se muestran edificaciones preincaicas en los alrededores de la ciudad de Huaraz, nótese que son de paredes y techados de piedra, sin aleros; pero sí con una pequeña cornisa. Las ventanas se orientan preferentemente al Este y al Oeste.

Durante el incanato, los modelos arquitectónicos se repiten, los mismos tipos de distribución se multiplican en todos los lugares. Rara vez se evidencia casas de dos pisos (Fig. 60). Sus construcciones muestran sencillez en sus formas, así como una gran sobriedad en la decoración. La belleza de sus muros estaba centrada en el magistral trabajo de sus bloques. La rusticidad de los techos de paja. Las casas son compactas de forma rectangular hechas de piedra labrada o pircada con techado de madera cubierta con paja, ubicándose al interior de las canchas¹⁹⁷ - cerco rectangular que encierra varias estructuras – templos, palacios o viviendas – alrededor de un patio. Este tipo de Manzana amurallada según lo sugiere Gasparini y Margolles, encontraría su origen en la tradición arquitectónica Chimú. Las construcciones en Machu Picchu son orientadas con cara al Este, para obtener la ventaja de que la radiación solar caliente el espacio durante las mañanas cuando se necesita más¹⁹⁸.

Fig. 60 Sistema constructivo de una vivienda Inca



Fuente: <http://infodev.upc.edu.pe/taller-virtual/2004-1/img/tipologia-inca-viv005peq.jpg>

¹⁹⁷ ROSTWOROSWKI María. 2004. La Historia de los Incas. Edit. El Comercio, Lima. P. 173.

¹⁹⁸ BELTRAN. Ob.cit.p.7

La vivienda se adapta al clima, es mucho más pequeña, sin o con poquísimas ventanas y puertas diminutas en el frío altiplano¹⁹⁹. En cambio en los valles y yungas tiene mayor tamaño y ventilación, con más ventanas, escalera externa y a veces incluso porches. En lugares fríos es más probable que todos duerman en el mismo cuarto y que allí mismo se cocine para mantener más caliente el ambiente. En casi todas las partes el complejo familiar distingue una parte habitacional para vivir, dormir y otras rutinas domésticas y otra más directamente reservada a depósitos de toda índole. En la parte habitacional se guarda la ropa y los principales artículos de consumo; hay también diversos signos religiosos. El mobiliario es escaso: algunas camas o mejor tarimas de adobe compartidas por varias personas, quizás una mesa y a veces alguna silla o taburete. La ropa suele colgarse en los travesaños del techo o en estacas. No lejos de la casa están los diversos corrales de los animales salvo los conejos andinos que suelen instalarse debajo de la tarima-cama.

3.2.2 Periodo Hispánico al año 1968

Con la conquista española, se introdujo una nueva cultura y se fusionó con la indígena y se diversificaron las clases sociales. Los nativos fueron despojados de sus tierras y obligados a vivir en la Reducción de San Sebastián de Huaraz en 1574 en 14 barrios²⁰⁰, donde construyeron viviendas de adobe en lotes pequeños, dando origen a una ciudad prácticamente de indios y mestizos, dominada por un pequeño grupo de élite español; en Huaraz no se construyeron casas señoriales.

Hasta 1968²⁰¹, la sociedad huaracina no tuvo mayores cambios y estaba compuesta por tres estamentos claramente definidos:

- La clase alta compuesta por los propietarios de fundos importantes, comerciantes acaudalados y profesionales de alto nivel.
- Propietarios de fundos pequeños que llevaban una vida modesta; pero libre de preocupaciones mayores, tenían cómodas viviendas en la ciudad y vivían de lo que sus fundos producían; también empleados de oficinas públicas y profesores de colegios. A este segundo estamento, le podríamos añadir un subgrupo, el de los artesanos: carpinteros, herreros, zapateros, etc., con un nivel más bajo de

¹⁹⁹ BERINE Cesare. 2005. El pueblo Quechua. Edic. Navarrete. Lima. p. 5

²⁰⁰ <http://educasitios.educ.ar/grupo276/?q=node/77>

²⁰¹ SOTELO, Ob. Cit. p.1

educación y medios de subsistencia; pero eran bien vistos y tolerados con afecto y bonhomía por las familias huaracinas, todas ellas herederas de antigua raigambre, de costumbres sencillas y amables.

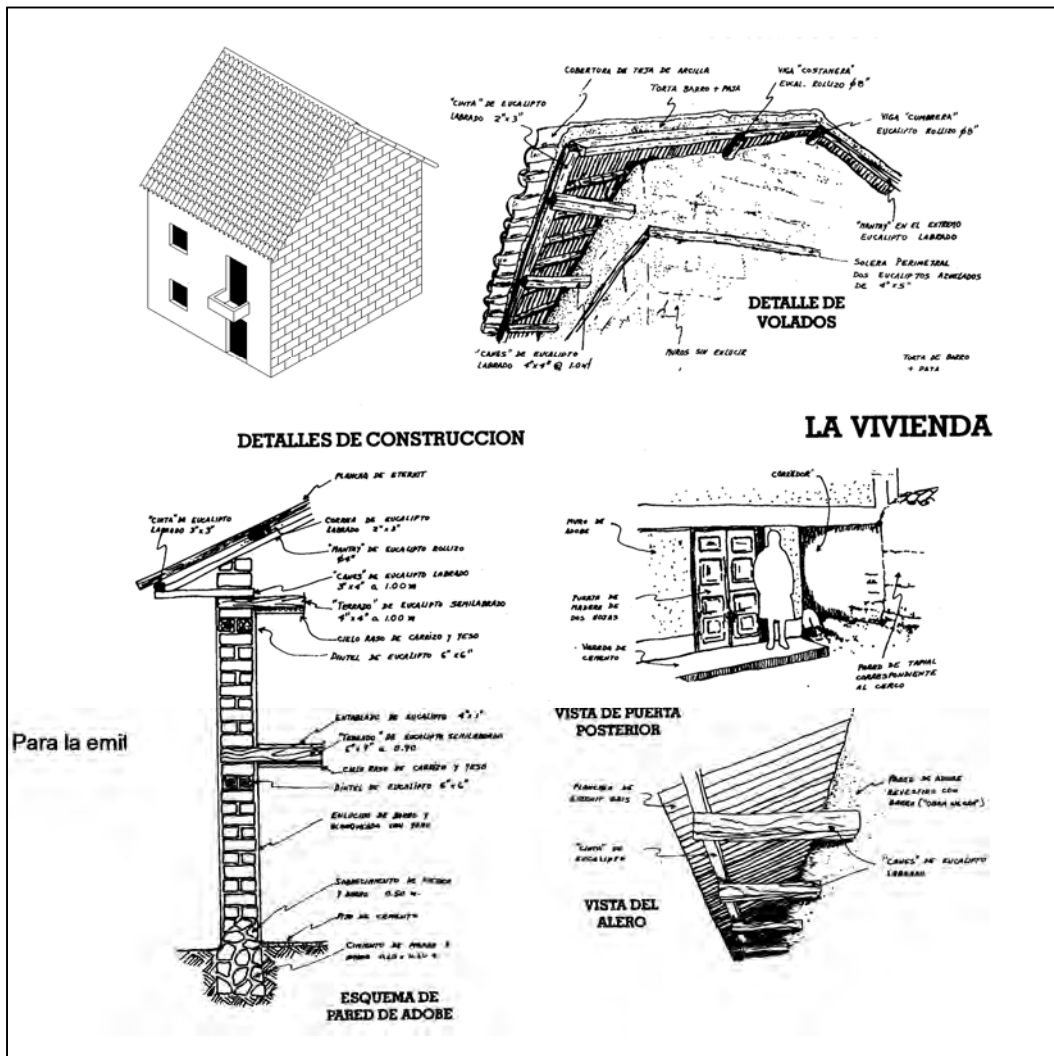
- El gran estamento campesino, mal llamado en forma despectiva "el indio", que vivía en el campo, en chozas o en viviendas precarias sin los elementales servicios y que cumplían las más elementales tareas. No tenían la propiedad de la tierra y trabajaban con mano de obra a favor de las clases anteriores.

La ciudad de Huaraz de costumbres conservadoras y tradicionales mantenía rígidas sus actividades de relación en sociedad y sus celebraciones se llevaban sin variaciones desde tiempos remotos. Durante la colonia y los primeros años de la etapa republicana, la orientación de las viviendas hacia el Sol no fue importante, por cuanto los modelos de vivienda eran importados de la península ibérica sin tener en cuenta la adaptación al medio geográfico y cultural.

La casa con atrio central se introdujo en las diferentes regiones del país sobre todo en las clases sociales privilegiadas. Las casas en Huaraz eran generalmente levantadas por el campesinado u otros de estrato popular que habitaban en la ciudad, eran edificaciones compactas en lotes pequeños; se impuso el adobe como elemento principal para los muros de la construcción de viviendas de uno o dos pisos, con entresijos de madera y coberturas de madera con tejas de barro cocido con un cielo raso de caña con yeso. El yeso era ampliamente usado para los recubrimientos de los muros tanto al exterior como al interior de la vivienda, confiriéndole mejores condiciones térmicas a los ambiente.

Para proteger los muros de adobe y ventanas de madera de las precipitaciones, los techos se construían con aleros que impedían el ingreso del Sol por las fachadas exteriores e interiores (Fig. 61 y 62). Las puertas y ventanas eran de madera; se utilizaba contraventanas de madera en las ventanas detrás del vidrio para evitar que ingrese el frío; tenían un balcón pequeño hacia la calle en el segundo nivel.

Fig. 61 Vivienda tradicional popular en Huaraz (tipología Inca adaptada)



Fuente: SILVA LINDO Marco. Viviendas de tierra. Edit. Salesiana. Lima 1995

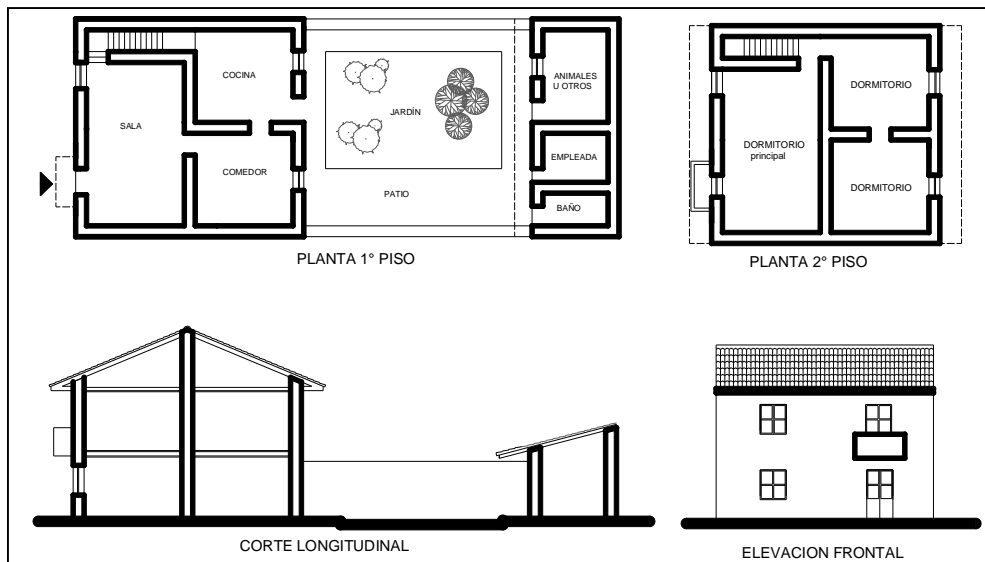
Fig. 62 Viviendas compactas populares Huaracinas que perduran desde antes del sismo de 1970



Fuente: Elaboración propia

La zonificación de la vivienda compacta se desarrollaba de la siguiente manera: la zona social frente a la calle (sala y comedor), la zona de servicios (cocina en la parte posterior) y la zona íntima en el segundo nivel (dormitorios). Existía la costumbre de construir los servicios higiénicos al final del lote, en muchos casos también, se construía edificaciones para el personal de servicio y para la crianza de animales menores. La sala debía ser amplia para cobijar a los invitados en las diferentes festividades, sobre todo las patronales que eran de carácter rotativo, inclusive usando otros ambientes incluido el patio (Fig. 63).

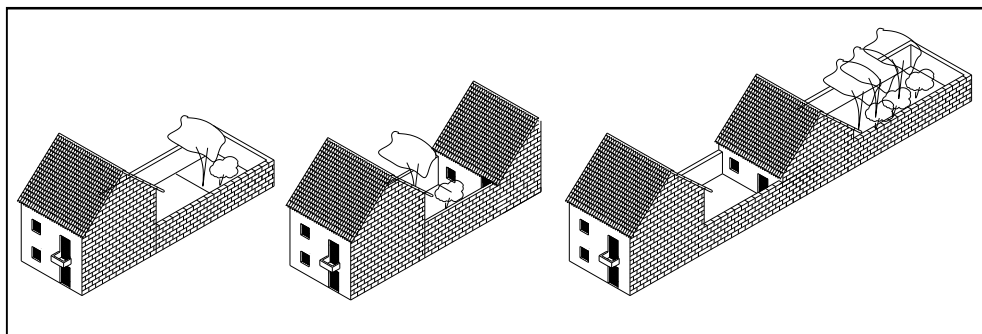
Fig. 63 Vivienda compacta popular tipo predominante en Huaraz antes de 1970



Fuente: Elaboración propia

Algunas viviendas compactas crecían en la parte posterior del terreno, incrementando construcciones similares para diversos usos, dejando un patio interior intermedio y detrás de las nuevas construcciones sí había espacio destinado para huerto, Surgiendo así una vivienda con patio central (Fig. 64).

Fig. 64: Posibilidades de viviendas compactas típicas de adobe en Huaraz



Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Periodo desde 1968 a la actualidad

Sotelo²⁰² dice que la Reforma Agraria de 1968 y el sismo de 1970 precipitaron un cambio en las estructuras socio-económicas en la región de Ancash y en el ordenamiento urbano de algunas ciudades como Huaraz y Yungay, de tal magnitud, que fácilmente podría calificarse del fin de un sistema colonial, subsistente en algunos aspectos desde el siglo XIX, y el inicio de un periodo de improvisaciones, tentativas y experimentos de un nuevo orden urbano, social, político y administrativo.

La ley de Reforma Agraria²⁰³ cambió radicalmente el sistema de tenencia y manejo de la tierra. Sin embargo, este debió ser un cambio con proceso de largo aliento y no lo que fue, una violenta confiscación de tierras mayormente bien trabajadas, a favor de una población desapoderada a lo largo de los últimos cinco siglos sin las capacidades requeridas para manejar la nueva situación. El aspecto más positivo fue que el hombre del campo tomó conciencia de que era un ciudadano peruano con los mismos derechos que sus antiguos patrones, de ese modo incentivaron la educación para sus hijos.

En el sismo de 1970²⁰⁴, en Huaraz, de los 30,000 habitantes, murieron 10 mil. Ese mismo día y durante los subsiguientes el éxodo de la población sobreviviente hacia Lima, Trujillo y otras ciudades no ha podido calcularse con seguridad; hoy luego de 35 años, las antiguas familias huaracinas se han reducido a un mínimo porcentaje.

Fig. 65: Huaraz antes y después del sismo del 31 de mayo de 1970

Centro urbano de Huaraz antes del sismo de 1970

Centro urbano después del sismo 1971



Fuente: www.huaraz.com.

²⁰² SOTELO. Ob.cit.p.1

²⁰³ Ibít.p.3

²⁰⁴ SOTELO. Ob.cit.p.4

Luego del sismo arribaron desde distintos lugares del país, de los pueblos pequeños y del campo gran cantidad de personas y familias. Encargados de la planificación y reconstrucción, estos y aquellos ocuparon las viviendas, los puestos de trabajo, el comercio y el manejo integral de la ciudad. Estructuras socio-económicas piramidales y jerárquicas se transformaron en otras más horizontales y democráticas.

Si bien es cierto que, hoy la nueva ciudad con más de 100 mil habitantes propicia un desarrollo acelerado²⁰⁵, el gran limitante de ese desarrollo es la variada cultura, en su sentido amplio, del gran porcentaje de la población con una falta de identidad, desafecto a la tradición y a los valores. Sin embargo, la inmigración posterior de personas provenientes de otras partes del país y el extranjero, convirtieron la ciudad en cosmopolita, aportando valores y conductas positivas que sirven de modelo a los nuevos huaracinos para conducir sus vidas y negocios de una manera más sustentable. Proceso que se repite y se ha repetido en otras partes del país en menor grado.

Fig. 66: Huaraz año 2011

El centro de la ciudad

Jr. 28 de Julio



Fuente: elaboración propia

El gobierno, a raíz del sismo de 1970, expropió los terrenos de la ciudad, efectuó un nuevo planeamiento urbano y se generó lotes pequeños con áreas entre 160 y 240 m² que se otorgó a los damnificados²⁰⁶.

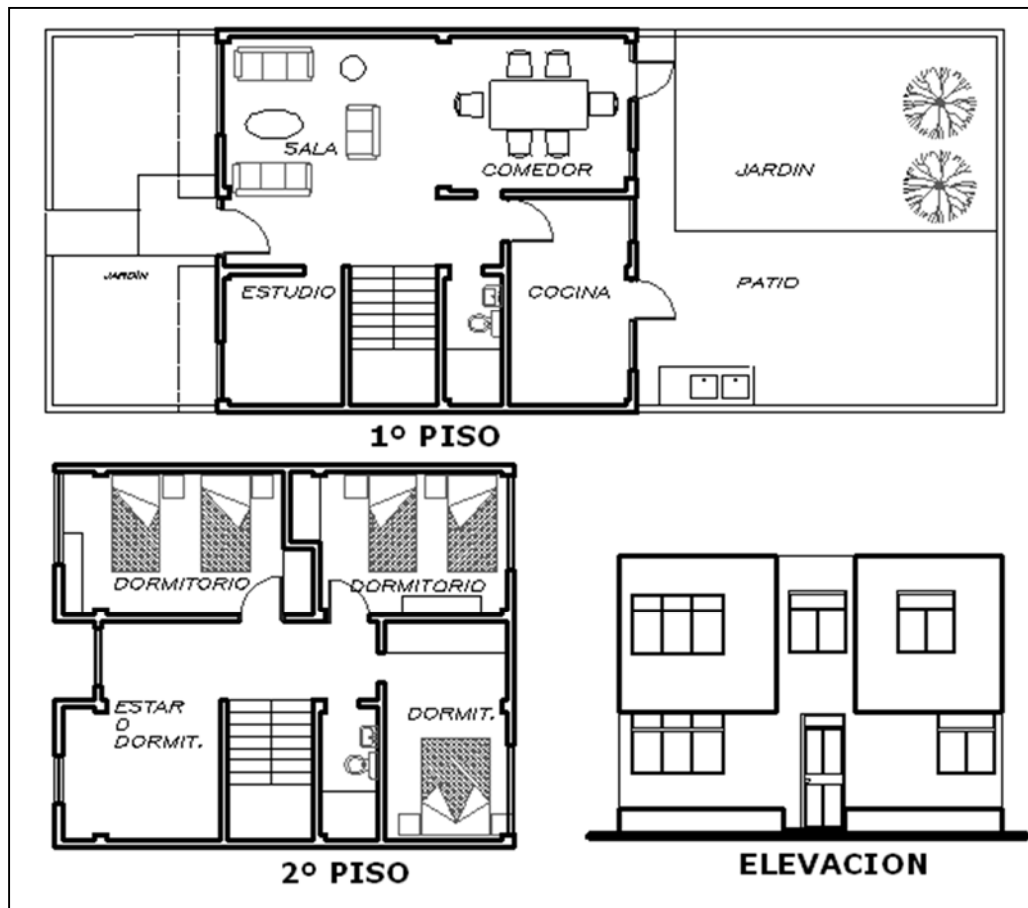
La ciudad de adobe con recubrimiento de yeso y cobertura de tejas, es progresivamente reemplazada por edificaciones de ladrillo y concreto, de techos

²⁰⁵ Ibíd.p.5

²⁰⁶ Plan de Desarrollo Urbano de Huaraz 1995-2010.

planos sin tejas ni aleros; modificándose los aspectos culturales de los habitantes; se prefirió el mortero de cemento para recubrir las paredes en vez del yeso (Fig.66, 67 y 68). Ante el temor de los sismos, el sistema preferido en las edificaciones en Huaraz es el porticado, se aprecia en muchos casos el sobredimensionamiento de los elementos estructurales de concreto armado. Se utilizan muros de ladrillo de 15 cm de espesor que no aíslan adecuadamente al frío.

Fig. 67: Distribución de viviendas compactas recientes



Fuente: Elaboración propia

Algunos inmigrantes del campo tienen la costumbre de criar animales domésticos en sus patios como cuyes y gallinas, incluyendo gatos y perros. El número de miembros de cada familia se ha reducido de 8 en el año 1970 a 5 el año 2008. La educación superior se ha generalizado, de no tener ninguna universidad antes del sismo; actualmente se cuenta con 4 centros superiores. Aspectos que están modificando la cultura de los habitantes de Huaraz.

El costo de los terrenos urbanos en la ciudad de Huaraz es uno de los más altos en el país, esto se debe a que existen muy pocos terrenos aptos para la expansión

urbana, lo que genera que las viviendas se construyan en forma compacta y se tuguicen sin tener el adecuado acceso al Sol, donde importa construir lo máximo posible, con voladizos hacia la calle y sin patios interiores y en muchos casos abriendo ventanas al lote vecino. Las viviendas también se convierten en lugares de trabajo al abrirse en ella tiendas y talleres.

Fig. 68 : Viviendas recientemente edificadas en diferentes lugares de Huaraz



Fuente: Elaboración propia

Existen algunos esfuerzos por construir viviendas que tengan una imagen serrana, como las edificadas por el gobierno después del sismo en diferentes sectores de la ciudad que actualmente están siendo modificadas. La Urbanización el Pinar efectuada recientemente por la empresa Antamina para sus trabajadores en la parte Este de Huaraz (Fig.69). Son viviendas compactas de dos niveles de albañilería confinada con cobertura de teja andina, con muro de 15 cm de espesor.

Fig. 69: Programas de Vivienda efectuados en Huaraz

Viviendas de interés social década del 70- CRYRSA

Urbanización El Pinar-última década – Antamina.



Fuente: elaboración propia

Generalmente la vivienda predominante en Huaraz tiene actualmente las siguientes características culturales:

- Los terrenos urbanos para vivienda, generalmente, son lotes con áreas entre 120 a 240 m² con frentes de 8 a 10 m, los que se orientan de Norte a Sur y de Este a Oeste. Son calificados como R3 y R4 en el Plan de Desarrollo de Huaraz, permitiendo la construcción de viviendas de densidad media hasta tres niveles, dejando un área libre del 30%.

La vivienda de densidad media según el Reglamento Nacional de Edificaciones²⁰⁷ y el Plan Urbano de Huaraz, es tipificada como R3 y R4. La R3 tiene una densidad de 160 habitantes por hectárea bruta, con lote normativo de 160 m² como mínimo y con frente de 8.00 m. La R4 con una densidad de 330 habitantes por hectárea bruta, con lotes normativos mínimos de 90 m² de área y con frentes 6 m. La tabla 34, muestra que la altura predominante de las edificaciones en la zona urbana de Huaraz es de dos niveles.

- Las casas son compactas de dos niveles y los ambientes se distribuyen de la manera siguiente: el primer nivel se destina para la sala comedor, estudio, cocina, baño de visitas y escalera, en la parte posterior existe un patio con jardín, que puede ser usado para reuniones sociales; en el segundo nivel se ubica la zona íntima, generalmente de tres dormitorios, estar y un baño completo (ver Fig.67). En muchos casos se construye el total del terreno y se abre ventanas a los lotes vecinos con condiciones de habitabilidad inadecuadas.

Tabla 34: Altura de edificación en la ciudad de Huaraz

Nº DE PISOS	URBANO		RURAL		TOTAL	
	CANT.	%	CANT.	%	CANT.	%
1	4751	29,3	9268	92,6	17788	67,8905
2	8520	52,6	720	7,2	5471	20,8809
3	2750	17,0	25	0,2	2775	10,5912
4 A MÁS	167	1,0	0	0,0	167	0,63738
TOTAL	16188	100,0	10013	100,0	26201	100

Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda 2005

²⁰⁷ Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma TH 0.10-Art. 9

- En la tabla 35, de acuerdo al Censo Nacional de Vivienda y Población del 2005, se aprecia, que en la parte urbana del distrito de Huaraz e Independencia, la mayoría de construcciones son de paredes de ladrillo, con techos de concreto armado y pisos de cemento.

Tabla 35. Materiales predominantes de construcción en la ciudad de Huaraz

DESCRIPCIÓN	URBANO		RURAL		TOTAL	
	CANT.	%	CANT.	%	CANT.	%
MATERIAL DE PAREDES						
Ladrillo o Bloque de cemento	8725	53,90	178	1,78	8903	33,98
Adobe o tapia	7442	45,97	9503	94,91	16945	64,67
Piedra,quincha, madera y otros	21	0,13	332	3,32	353	1,35
Total	16188	100,00	10013	100,00	26201	100,00
MATERIAL DE TECHOS						
Concreto armado	7313	45,18	175	1,75	7488	28,58
Tejas	5560	34,35	1390	13,88	6950	26,53
Planchas de calamina, fibra de cemento.	3172	19,59	8243	82,32	11415	43,57
Caña, estera, paja y otros	143	0,88	205	2,05	348	1,33
Total	16188	100,00	10013	100,00	26201	100,00
MATERIAL DE LOS PISOS						
Cemento	10854	67,05	1056	10,55	11910	45,46
Tierra	2120	13,10	8890	88,78	11010	42,02
Losetas, terrazos o similares	1793	11,08	55	0,55	1848	7,05
Parquet o madera.	740	4,57	7	0,07	747	2,85
Láminas asfálticas, vinílicos u otros	681	4,21	5	0,05	686	2,62
Total	16188	100,00	10013	100,00	26201	100,00

Fuente: Censo Nacional de población y vivienda 2005

- El sistema constructivo es de albañilería confinada con muros de 15 cm, con techos de losas aligeradas planas con relleno de polietileno expandido, en otros casos con planchas corrugadas con cielo raso de caña con yeso. Los aleros se han suprimido, en muchos casos, solamente se efectúa voladizos en el primer nivel para ganar espacio sobre la calle (Fig. 70). Los muros y cielos rasos son cubiertos con mortero cemento arena, los pisos son generalmente de cemento, las puertas y ventanas exteriores son metálicas con vidrio transparente.

Fig. 70. Sistema constructivo empleado en viviendas en Huaraz actualmente



Fuente: elaboración propia

En la ciudad de Huaraz, del total de población de 108,621 habitantes, de acuerdo con la tabla 36, el 53,8% tienen instrucción superior y secundaria, el 28.19% con primaria y 12,39% de analfabetos.

Tabla 36: Nivel de educación en la ciudad de Huaraz

SEXO	Sin nivel	Inicial	Primaria	Secundaria	Superior.	TOTAL
Hombre	4467	1594	14726	17582	14899	53268
Mujer	8988	1624	15889	15154	13698	55353
Total	13455	3218	30615	32736	28597	108621
%	12,39	2,96	28,19	30,14	26,33	100,00

Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda 2005

De conformidad al Censo Nacional de Población y Vivienda de 1991 que se resume en la tabla 37, se determinó que el estrato de ingresos que predomina en la ciudad de Huaraz es el más bajo y que representa actualmente un monto alrededor de S/. 800.00 a S/.1,500.00 mensuales por familia.

Tabla 37: Ingreso promedio por hogar

TOTAL	ESTRATOS DE INGRESO %		
	BAJO	MEDIO	ALTO
100	90,3	7,8	1,9

Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda 1991

Si bien los aspectos culturales edificatorios han cambiado, las fiestas religiosas constituyen el aspecto cultural más importante en el pueblo huaracino que aún perdura (Fig.71), alrededor de ellas se reúnen las familias y establecen vínculos entre ellas.

Fig. 71: Fiestas religiosas tradicionales de Huaraz

Fiesta de las cruces

Semana Santa



Fuente: Elaboración propia

Cada familia o grupos de familia tienen un “Santo patrón” que es festejado anualmente en forma rotativa en la vivienda del mayordomo u oferente, donde todos

participan. Muchas familias participan también en diferentes fiestas durante el año. Para esto, requieren tener espacio suficiente en sus viviendas, tanto al interior y exterior para albergar a sus invitados.

3.2.4. Discusión

En el periodo prehispánico, las construcciones eran de piedra, las edificaciones se orientaban de Este a Oeste y la mayoría de vanos se exponían a esas direcciones para captar el Sol de las mañanas y el de las tardes, las construcciones no tenían aleros para la lluvia. Las preincaicas solamente tenían un pequeño friso para que evacuen el agua pluvial del techo sin resbalar por las paredes. Los muros de las casas, durante el incanato eran de piedra, con techado de paja bastante inclinado, con aleros muy pequeños que se adaptaba a los usos y costumbres del habitante, con dos habitaciones multifuncionales.

Durante el periodo hispánico, predominó en Huaraz hasta 1970 las casas compactas de adobe de dos niveles con cobertura de tejas, que resulta ser una adaptación de la tipología inca a las nuevas necesidades, Surgen los balcones y los aleros se agrandan, más para proteger los muros de adobe de la lluvia que a las personas, pero impiden el ingreso de la radiación solar para calentar las viviendas (Fig.62).

Después del sismo de 1970, la ciudad es reconstruida, se trazan lotes urbanos pequeños y el trazo de la ciudad se orienta de Norte a Sur. Se introducen nuevas tecnologías y las viviendas se hacen más mirando a la ciudad de Lima que a su contexto.

La tradición y la modernidad están presentes en las preferencias espaciales y formales de la vivienda. La estructura espacial de habitaciones agrupadas en forma compacta con un patio posterior, es la tipología de vivienda preferida en la ciudad de Huaraz. Existe influencia de la modernidad, especialmente en el uso de materiales como el ladrillo, el concreto y polietileno expandido; las tejas se utilizan más como material decorativo que como funcional, las chapas de zinc y asbesto cemento forman parte del paisaje urbano. La seguridad de la vivienda y los materiales industrializados forman parte de la cultura.

El sistema constructivo de las viviendas, expresado principalmente por el uso de la tierra como material básico de construcción ha sido dejado, representaba uno de los

símbolos formales de la identidad cultural de la región andina. Las viviendas sufren deterioro en su calidad térmica, los muros, antes de 40 a 50 cm de espesor, se hacen delgados, con ladrillos de 15 cm de espesor. Se deja de utilizar el yeso que es térmicamente más óptimo para recubrir las paredes y cielo raso por el mortero de cemento-arena, olvidando que el yeso tiene propiedades excelentes para atemperar un espacio interior y es necesario rescatar su uso (tabla 16).

Para mantener en cierta medida la tradición serrana, las edificaciones deben ser compactas de dos niveles, cuyo diseño permita utilizar la primera planta al máximo en caso de reuniones sociales o religiosas. Los techos deben tener cobertura de teja andina para darle cierta identidad, si bien los aleros son importantes para proteger las paredes de adobe del efecto de las lluvias, cuando se utiliza materiales como los ladrillos de arcilla cocida o de concreto estos pueden obviarse para permitir un mayor ingreso del Sol por los vanos.

La cosmovisión y la ritualidad influyen en el ordenamiento espacial de la vivienda; la flexibilidad funcional de la vivienda permite la ocupación de los espacios, tanto para la práctica de la ritualidad, como para el uso doméstico. La costumbre de criar animales en los patios, hace que estos deban ubicarse en la parte posterior de la vivienda, un patio central no coadyuva a esta práctica. La vivienda ya no cumple solamente la función de la reproducción biológica de la sociedad sino que interviene en la esfera de la producción de bienes y servicios de uso y de cambio. La funcionalidad interna de la vivienda es de influencia cultural de la casa "latina", con una sala de estar como vínculo del mundo público al íntimo y control patriarcal.

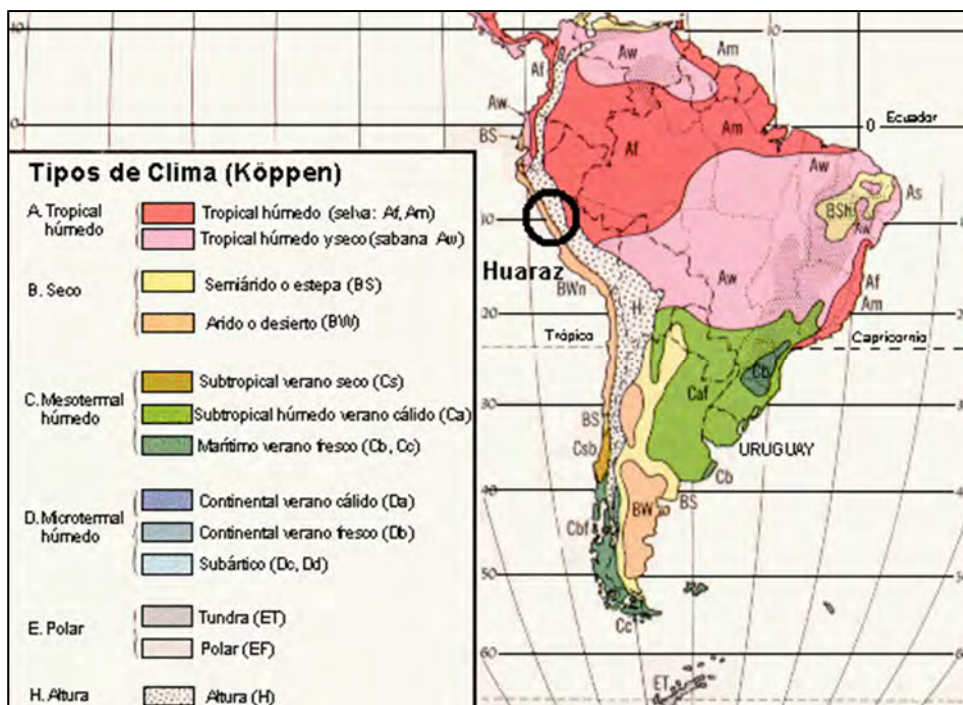
Un aspecto a considerar son las dificultades de las familias para obtener una vivienda adecuada, el grado de vigencia del principio cultural de que "el casado casa quiere", frente a las demandas socioculturales de atender necesidades de los progenitores y de los hijos antes que las propias de los padres, relegando de este modo sus aspiraciones de realización personal, asegurando la supervivencia familiar a través de la ayuda mutua interfamiliar e intergeneracional. Las nuevas urbanizaciones tienden a generar lotes pequeños, impidiendo de tal forma albergar varios hogares. Pese al ingreso bajo de los pobladores de la ciudad que representa el 93 % del total (tabla 37), éstos vienen construyendo masivamente sus viviendas, densificando el casco urbano y sobre las zonas de expansión en lotes de terrenos pequeños.

La educación se ha incrementado, existe por lo tanto, la suficiente capacidad educativa para introducir las viviendas solares pasivas en el medio. El grado de instrucción mayoritaria de los pobladores se sitúa en el rango de secundaria y superior, que sumados llegan al 56.5% (tabla 36).

3.3 ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS EN HUARAZ

El clima de Huaraz está tipificado²⁰⁸ como Semi-frío a frío, de terreno Semi-seco a lluvioso con Otoño, Invierno y Primavera seco (de los valles mesoandinos), que es equivalente a la clasificación de Köppen.

Fig. 72: Ubicación de Huaraz y clasificación climática de Köppen



Fuente: www.meteorologia.com.uy/img/map_koeppenB2.gif

Este clima es típico de parte de nuestra serranía, se extiende por lo general entre los 3000 y 4000 msnm (Fig.72). Representa el 14.6% de la superficie total del país. Se caracteriza por sus precipitaciones anuales promedio de 700 milímetros con temperaturas medias anuales de 12°C. Presenta veranos lluviosos e inviernos secos con fuertes heladas.

²⁰⁸MINISTERIO DE EDUCACIÓN. 2008. Guía de aplicación de Arquitectura Bioclimática en Locales Educativos. Lima-Perú.

3.3.1 Temperatura del aire (°C)

La temperatura del aire de acuerdo a la tabla 38 permanece casi constante durante el año con un promedio de 14.14°C y con una desviación estándar baja de 0.58. El mes más frío es junio y el mes más caliente es febrero. La temperatura máxima (promedio mínimo y alto) se da en agosto.

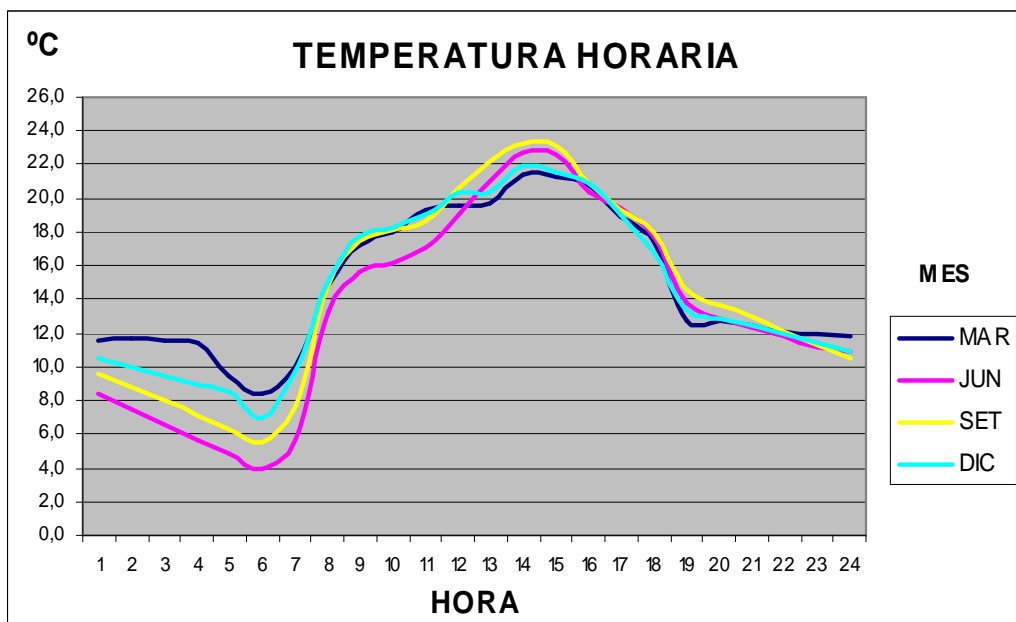
Tabla 38: Temperaturas del aire en la ciudad de Huaraz-Años 2002-2006

MES	TEMPERATURA DEL AIRE °C										
	EXTREMAS			TERMÓM SECO (horas)				TERMÓM. HÚMEDO (h)			
	max	mín	media	7	13	19	media	7	13	19	media
ENE	22,5	6,8	14,6	9,3	21,2	13,7	14,7	8,3	15,0	11,6	11,6
FEB	21,7	8,4	15,0	9,8	18,6	13,1	13,8	9,2	14,4	11,0	11,5
MAR	21,4	8,4	14,9	10,0	19,7	12,8	14,2	9,5	15,5	11,7	12,2
ABR	21,8	7,1	14,4	8,7	20,4	13,3	14,1	8,1	16,7	11,7	12,1
MAY	23,0	5,6	14,3	7,7	21,5	14,1	14,4	6,3	14,6	11,4	10,8
JUN	22,7	3,9	13,3	5,6	21,0	13,8	13,5	4,4	13,8	10,9	9,7
JUL	22,9	3,9	13,4	5,8	21,5	13,5	13,6	4,3	13,5	10,5	9,5
AGO	23,4	3,8	13,6	5,6	21,9	14,9	14,2	4,2	14,5	10,8	9,8
SEP	23,2	5,5	14,4	7,6	22,2	14,6	14,8	6,5	14,0	11,0	10,5
OCT	22,9	6,8	14,9	9,5	21,0	13,5	14,7	8,4	14,6	11,1	11,3
NOV	22,4	6,4	14,4	9,8	21,1	13,8	14,9	8,6	14,9	11,3	11,6
DIC	21,9	7,0	14,5	9,7	20,4	13,4	14,5	9,0	14,5	11,0	11,5
PROMED	22,5	6,1	14,3	8,3	20,9	13,7	14,3	7,2	14,7	11,2	11,0
DESVEST	0,65	1,62	0,58	1,75	0,99	0,60	0,47	2,01	0,82	0,38	0,95
MEDIANA	22,6	6,6	14,4	9,0	21,1	13,6	14,3	8,2	14,5	11,0	11,4

Fuente: SENAMHI-Estación Meteorológica de Huaraz

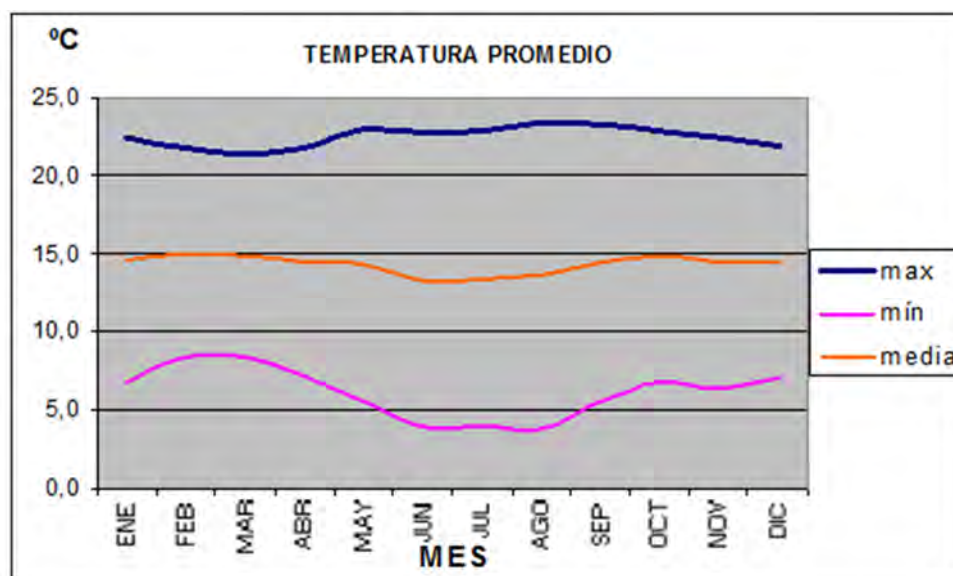
En la Fig. 73 es notorio que entre las 12 a 16 horas la temperatura del aire está sobre los 20°C como promedio durante el año.

Fig. 73 Temperatura horaria promedio por mes en Huaraz



Fuente: SENAMHI-Estación Meteorológica de Huaraz

Fig. 74 Temperatura promedio, máximas y mínimas en Huaraz años 2002-2006



Fuente: SENAMHI-Estación Meteorológica de Huaraz

Tabla 39: Temperatura horaria promedio por diario al mes y año

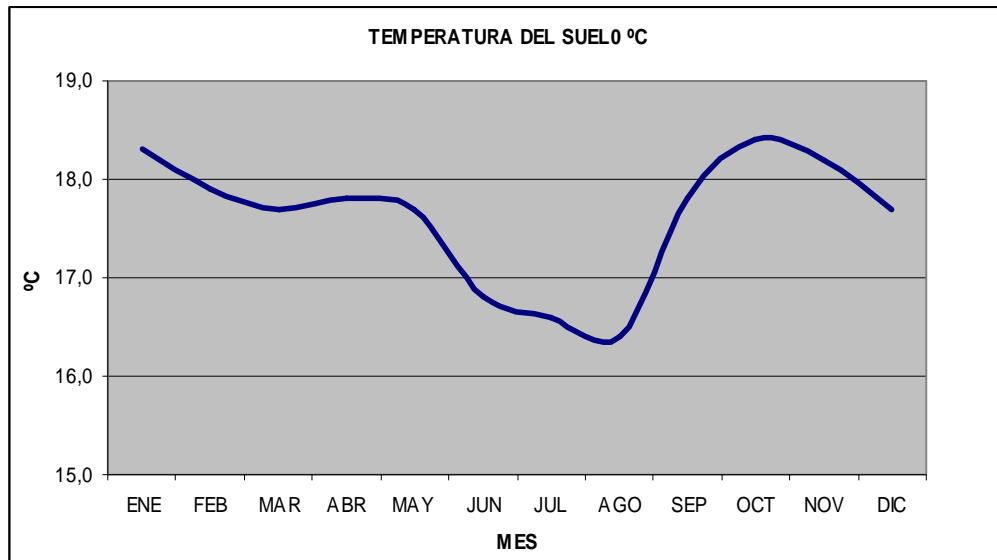
HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
1	10.2	12.1	11.7	10.1	9.9	8.4	8.9	8.8	9.6	10.9	9.8	11.0	10.1
2	9.5	11.9	11.6	9.6	9.1	7.5	8.2	7.8	8.8	10.5	9.1	10.5	9.5
3	8.8	11.7	11.5	9.0	8.8	6.6	7.9	6.8	8.0	9.9	8.4	8.7	8.8
4	8.2	11.0	11.4	8.7	8.1	5.7	6.6	5.8	7.2	8.0	7.7	8.2	8.1
5	7.5	9.9	9.5	8.4	6.4	4.8	4.8	4.8	6.3	7.4	7.1	7.6	7.0
6	6.8	8.4	8.4	7.1	5.6	3.9	3.9	3.8	5.5	6.8	6.4	7.0	6.1
7	9.3	9.8	10.0	8.7	7.7	5.6	5.8	5.6	7.6	9.5	9.8	9.7	8.3
8	15.3	15.0	14.9	14.6	14.6	13.3	13.7	13.8	14.9	15.3	15.5	15.1	14.6
9	17.7	17.8	17.2	17.1	17.2	15.6	16.1	16.2	17.5	17.9	18.2	17.7	17.2
10	18.0	18.3	18.0	17.6	17.7	16.1	16.5	16.9	18.1	18.5	18.7	18.2	17.7
11	18.8	18.4	19.3	18.2	18.3	17.1	17.1	17.4	18.6	19.1	19.3	19.0	18.4
12	20.9	18.5	19.6	19.6	19.7	19.0	19.1	19.5	20.6	20.5	19.9	20.3	19.8
13	21.2	18.6	19.7	20.4	21.5	21.0	21.5	21.9	22.2	21.0	21.1	21.4	20.9
14	22.5	21.6	21.4	21.8	23.0	22.5	22.7	23.2	23.2	22.9	22.4	21.9	22.4
15	22.3	21.6	21.3	21.7	22.8	22.4	21.7	23.2	23.1	22.8	22.3	21.6	22.3
16	20.3	21.2	20.8	20.4	20.3	20.4	20.2	20.8	20.9	20.7	20.8	20.9	20.6
17	19.1	19.4	18.9	19.1	19.2	19.5	19.6	19.4	19.3	19.9	19.1	19.0	19.3
18	17.2	17.3	17.5	17.5	17.7	17.7	17.2	18.1	18.0	17.9	17.2	16.8	17.5
19	13.7	13.1	12.8	13.3	14.1	13.8	13.5	14.9	14.6	13.5	13.8	13.4	13.7
20	13.5	13.0	12.7	13.0	13.7	12.9	12.6	14.1	13.6	13.2	13.0	13.0	13.2
21	13.1	12.9	12.5	12.9	13.1	12.4	11.9	13.9	12.9	12.9	12.3	12.8	12.8
22	12.8	12.7	12.1	12.5	12.6	11.8	11.2	11.0	12.1	12.5	12.3	12.2	12.2
23	11.9	12.5	12.0	11.9	11.2	11.1	10.0	10.0	11.3	11.8	11.7	11.7	11.4
24	11.5	12.3	11.8	11.6	10.4	10.9	9.8	9.0	10.5	11.3	11.0	11.5	11.0
PROM	14.6	15.0	14.9	14.4	14.3	13.3	13.4	13.6	14.4	14.8	14.5	14.6	14.3

Fuente: SENAMHI año 2002 a 2006

3.3.2 La temperatura del suelo

En la Fig. 75 se aprecia que la temperatura del suelo, baja de los 17 °C entre junio a agosto, siendo el más frío agosto con 16.4 °C.

Fig. 75 Temperatura del suelo en Huaraz



Fuente: SENAMHI-Estación de Meteorológica de Huaraz

3.3.3 Humedad relativa (HR)

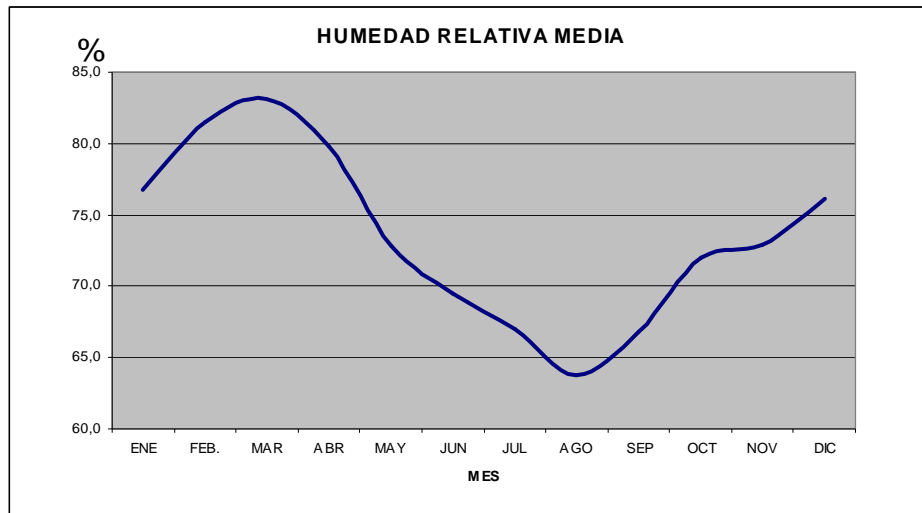
La humedad relativa en Huaraz es alta, tal como se aprecia en la tabla 40 y en la Fig. 76. Es más alta de enero a abril y más baja de mayo a diciembre. Junio y agosto son los meses menos húmedos.

Tabla 40 Humedad relativa, precipitaciones, heliofanía, temperatura del suelo y viento en la ciudad de Huaraz. Años 2002-2006

MES	HUMEDAD RELATIVA (%)				PRECIPITACION mm	HELIOFANIA		TEMP. SUELO °C	VIENTO		
	Horas					horas	%		V m/seg	DIRECCION	
	7	13	19	media						Grad.	Orient.
ENE	90,0	59,2	81,3	76,8	3,3	8,1	68,4	18,3	1,0	353,2	NNE
FEB	93,9	63,9	86,8	81,5	2,7	5,8	46,9	17,9	1,1	350,1	NNE
MAR	94,4	66,6	88,4	83,1	4,3	5,6	45,3	17,7	1,1	347,0	NNE
ABR	92,9	62,0	84,4	79,8	2,8	6,4	54,6	17,8	0,9	351,1	NNE
MAY	88,8	52,8	76,9	72,8	0,8	8,3	69,3	17,7	1,2	12,0	NNE
JUN	85,3	51,0	72,4	69,5	0,1	8,5	72,3	16,8	1,3	37,2	NNE
JUL	83,8	45,9	71,4	67,0	0,0	9,0	76,5	16,6	1,4	35,7	NNE
AGO	82,5	47,7	61,3	63,8	0,1	9,4	78,3	16,4	1,6	182,0	S
SEP	86,8	44,9	68,8	66,8	0,8	8,0	65,5	17,8	1,5	328,3	NNW
OCT	88,6	50,5	77,0	72,0	2,7	6,4	52,8	18,4	1,6	317,8	NNW
NOV	88,1	55,4	75,1	72,9	3,8	7,2	58,3	18,2	1,8	333,3	NNW
DIC	90,6	56,0	81,8	76,1	3,9	5,6	45,0	17,7	1,2	359,4	NNE
PROMED	88,8	54,7	77,1	73,5	2,1	7,4	61,1	17,6	1,3	250,6	NNE
DESVEST	3,8	7,1	7,9	6,1	1,6	1,4	12,2	0,7	0,3	142,2	
MEDIANA	88,7	54,1	77,0	72,9	2,7	7,6	61,9	17,8	1,3	330,8	

Fuente: SENAMHI-Estación Meteorológica de Huaraz

Fig. 76 Humedad relativa en Huaraz

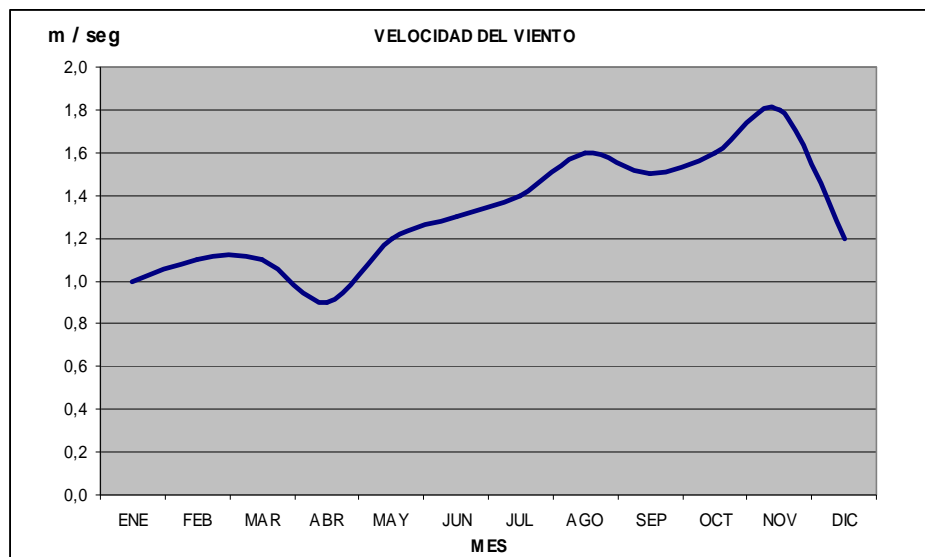


Fuente: SENAMHI-Estación Meterológica de Huaraz

3.3.4 Viento

El promedio diario de la velocidad del viento es bajo y la dirección predominante es hacia el Nornordeste (NNE) o al Nornoroeste (NNO) tal como se aprecia en la tabla 40.

Fig. 77 Promedio diario de velocidad del viento en Huaraz en m/seg

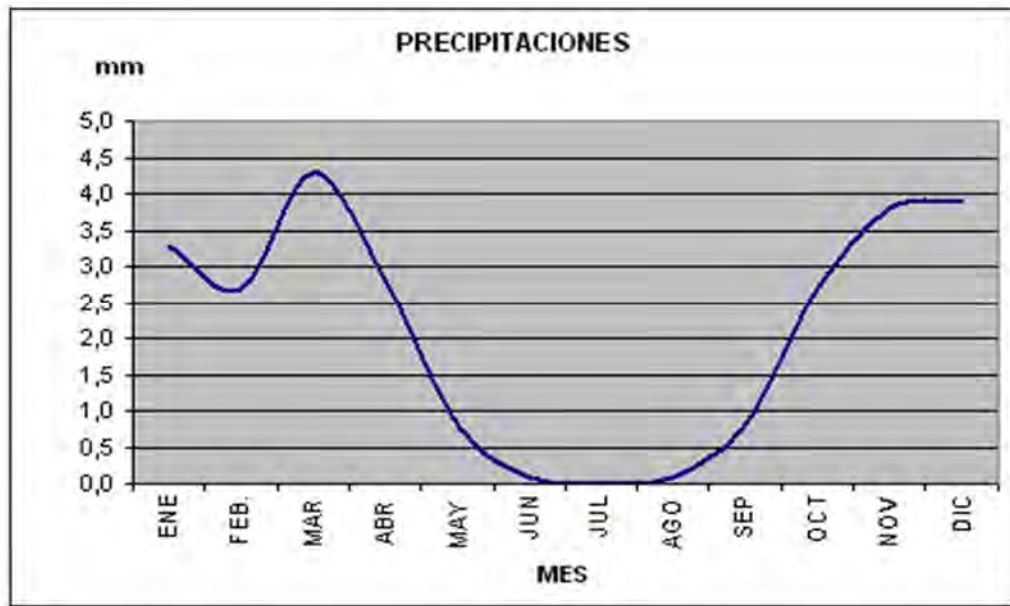


Fuente: estación Meterológica de Huaraz-SENAMHI

3.3.5 Precipitaciones

El período de abril a octubre son los meses con menos lluvia, siendo los más secos junio y julio.

Fig. 78 Precipitaciones en la ciudad de Huaraz en mm



Fuente : SENAMHI-Estación Meterológica de Huaraz

3.3.6 Posición del Sol y asolamiento

Para el cálculo del Sol en el cielo, se tuvo en cuenta las ecuaciones 8 a 12 y se elaboró el diagrama de radiación solar teniendo en cuenta la Fig.28. Se tomó como base los días en que las coordenadas son similares en dos meses cuando el Sol vuelve nuevamente: el 20 de enero y 21 de noviembre con declinación de -20.34° . El 20 de febrero y 19 de octubre, cuando la declinación es -10.58 . El 20 de marzo y 23 de setiembre cuando la declinación es -0.87 donde los días tienen una duración de 12 horas (equinoccios). El 16 de abril y 26 de agosto cuando la declinación es 9.78 . El 20 de mayo y 24 de julio, cuando la declinación es 19.93 . El 21 de junio con la declinación positiva máxima de 23.45 cuando el Sol se acerca más a la tierra que es el solsticio de verano. El 21 de diciembre con una declinación negativa máxima de -23.45 cuando el Sol se aleja más de la tierra que es el solsticio de invierno.

Los resultados de los valores de declinación terrestre, aplicando la ecuación 8 y los días antes indicados, se indican en la tabla 41.

Tabla 41 : Declinación terrestre en Huaraz

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DIA	20	20	20	16	20	21	24	26	23	19	21	21
<i>d</i>	-20,342	-11,579	-0,807	9,783	19,928	23,450	19,821	9,966	-1,009	-11,049	-20,442	-23,450

Fuente: Elaboración propia

Aplicando la ecuación 8, también se calculó la declinación con el valor medio del mes indicado en el punto 2.2.2.2 del marco teórico.

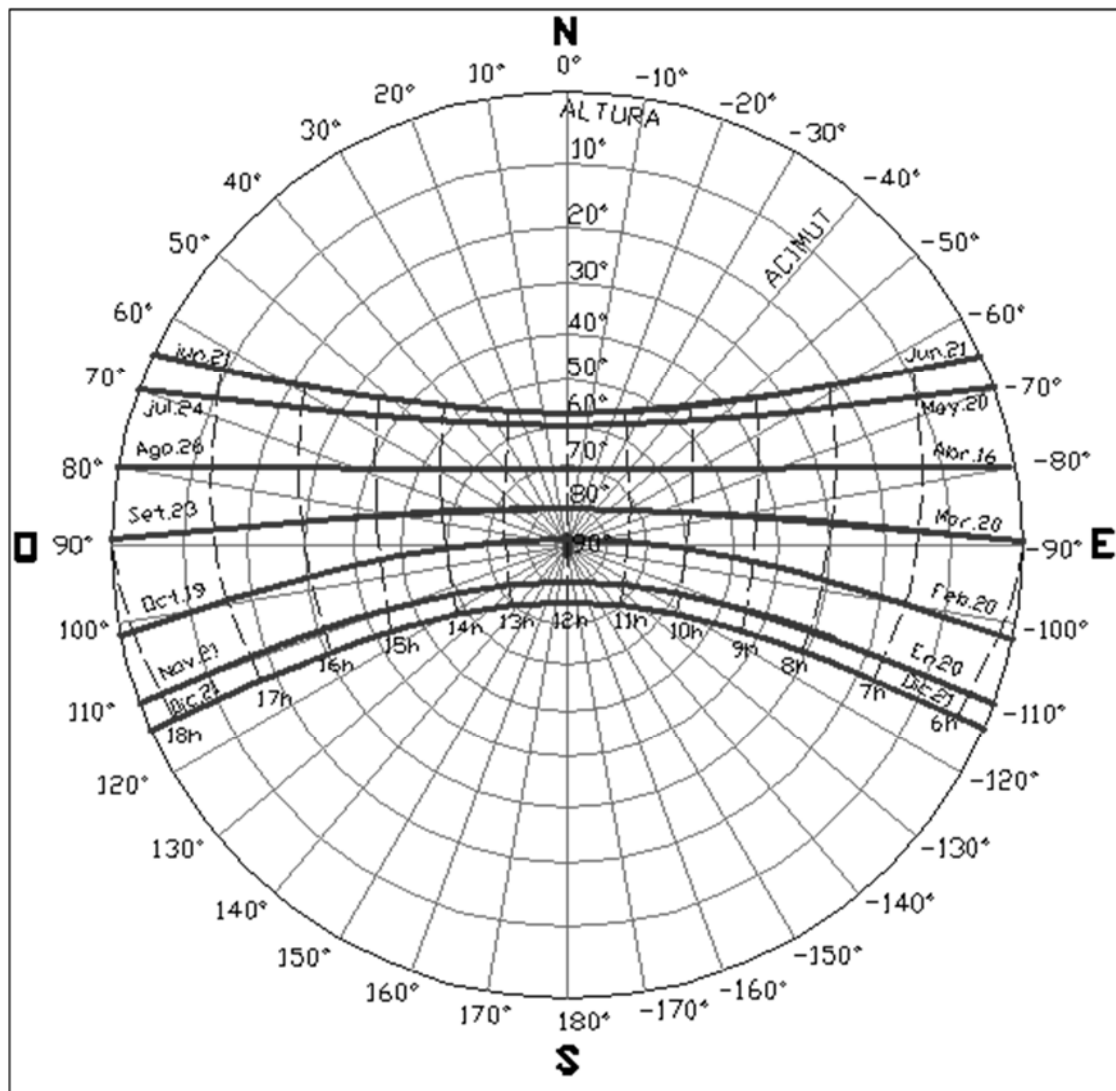
Tabla 42: Declinación solar en el día medio del mes en Huaraz

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DIA	17	16	16	15	15	11	17	16	15	15	14	10
n	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344
d	-20,917	-12,955	-2,418	9,415	18,792	23,086	21,184	13,455	2,217	-9,599	-18,912	-23,050

Fuente: Elaboración propia

Con las declinaciones, la latitud del lugar y azimut, se efectuaron los cálculos pertinentes con las ecuaciones 9 a 12, se hallaron las coordenadas angulares de la posición del Sol en el cielo hora a hora durante el día medio del mes.

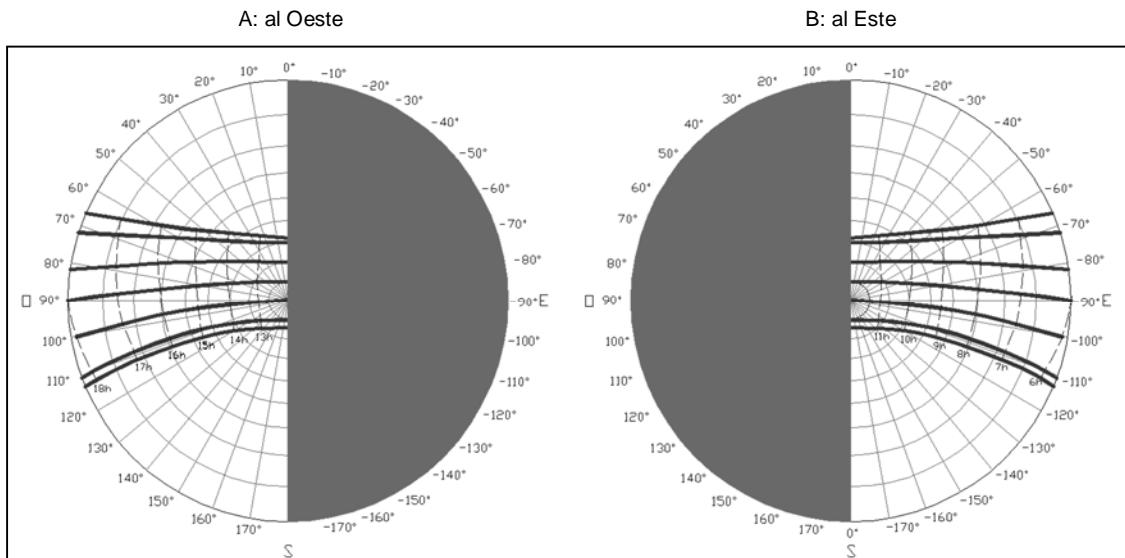
Fig. 79 Diagrama solar para la ciudad de Huaraz -9.525° LS



Fuente: Elaboración propia

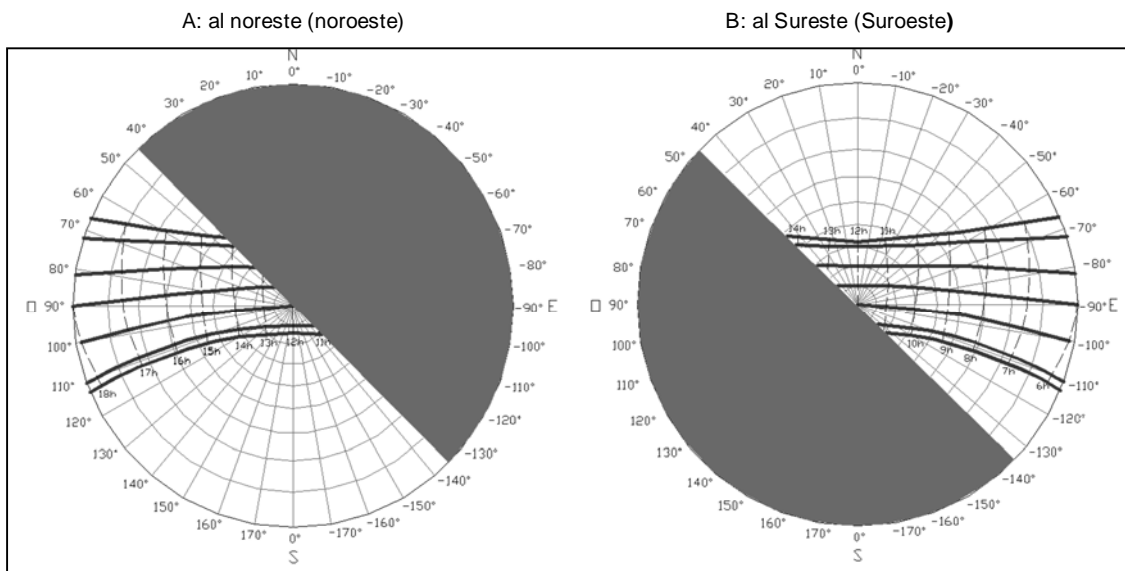
En función a los datos obtenidos, teniendo en cuenta la Fig. 28 y la declinación de tabla 42, se confeccionó el diagrama solar de la Fig. 79. En él se aprecia que prácticamente el Sol en su recorrido de Este a Oeste, se inclina al Norte durante los meses de junio, julio, agosto, setiembre, marzo, abril y mayo. Se inclina al Sur los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero. El mes de febrero y octubre, el Sol casi pasa en forma perpendicular. El 24 de junio a medio día se inclina al Norte con 58,5 y en diciembre con respecto al Sur con 76°.

Fig. 80 Asolamiento de superficies verticales orientadas al Este y Oeste en Huaraz



Fuente: elaboración propia

Fig. 81: Asolamiento de superficies verticales orientadas al noreste y Suroeste (Noroeste y Sureste) en Huaraz



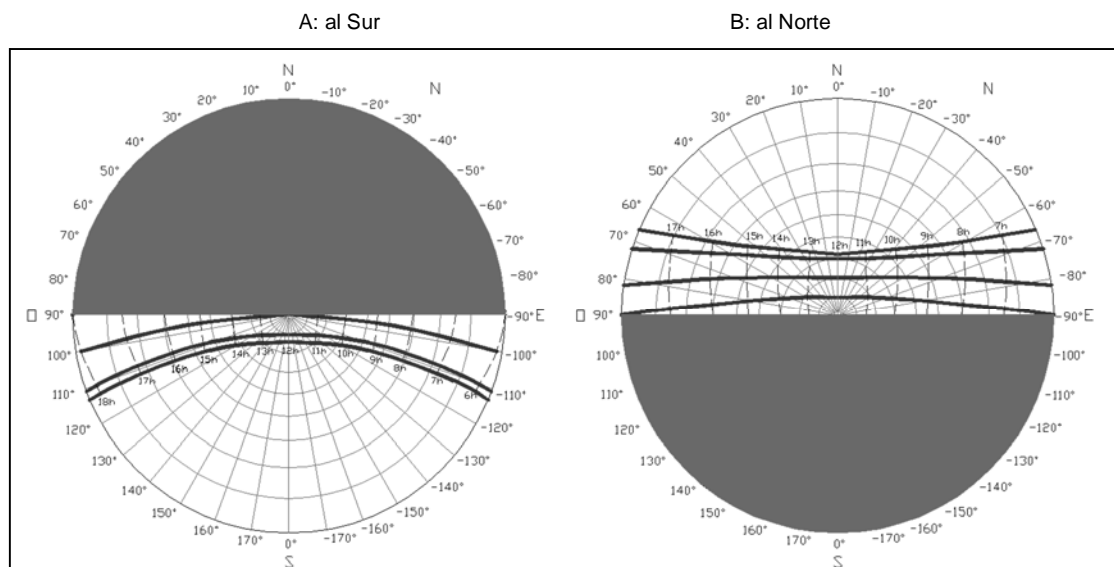
Fuente: elaboración propia

La orientación al Este u Oeste para las viviendas en Huaraz, es una buena orientación - Fig. 80 - ya que capta al Sol por las mañanas y/o por las tardes respectivamente durante todo el año.

Después de la orientación Este-Oeste, sigue en importancia las orientaciones Noreste y Sureste -Fig. 81 A – luego con menos asolamiento, está la Noroeste y Suroeste-Fig. 81 B. Estas orientaciones captan radiación durante todo el año un poco menos que el Este u Oeste debido a que llega con mayor inclinación.

Los paramentos orientados al Norte y Sur son las más deficitarias para captar la radiación solar, por el Norte -Fig. 82 B- se capta durante los meses de abril, junio, julio, agosto, abril y mayo; pero con inclinaciones del Sol al medio día entre 58° a 90° , lo cierto es que prácticamente ingresa Sol sólo en mayo, junio y julio. La orientación Sur - Fig. 82 A - es la más negativa, pues apenas ingresa Sol los meses de noviembre, diciembre y enero con un ángulo demasiado alto al medio día entre 75° a 90° .

Fig. 82: Asolamiento de superficies verticales orientadas al Norte y Sur en Huaraz



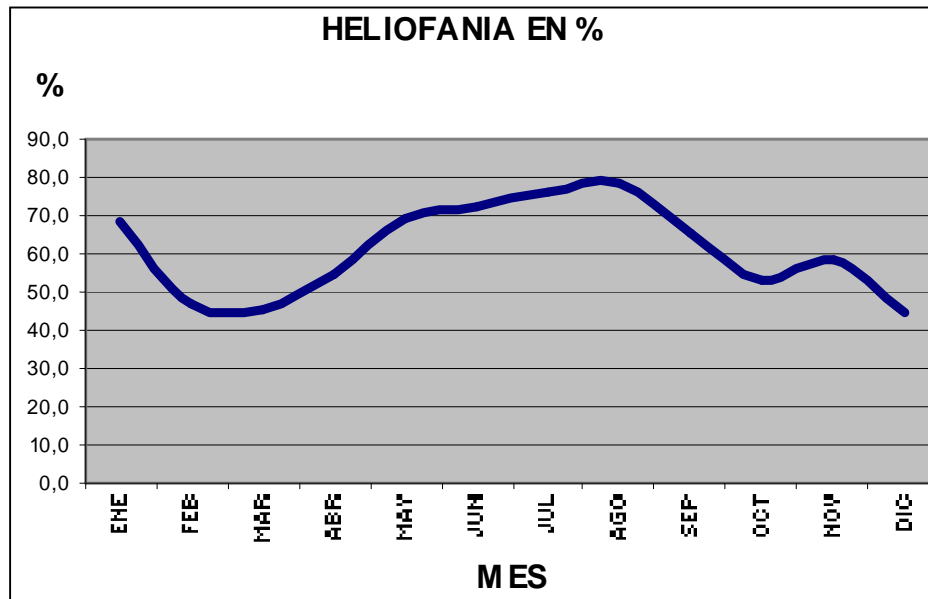
Fuente: elaboración propia

3.3.7 Radiación solar

3.3.7.1 Horas de Sol o heliofanía

Los meses de mayo a septiembre son los días que tienen mayor cantidad de asolamiento -Fig.83- en un rango del 60% al 80% siendo los meses de menor soleamiento febrero y marzo con un rango del 50% al 45% que coincide con el periodo de lluvias.

Fig. 83: Número de horas de sol promedio por día típico del mes



Fuente: SENAMHI-Estación Meteorológica de Huaraz

3.3.7.2 Radiación global horizontal terrestre (GOH)

Con la información de la radiación solar media obtenida de la tabla 1 de valores máximos y mínimos recibida por una superficie horizontal en Huaraz, se calculó la radiación solar recibida por otras superficies orientadas en otras direcciones. Con los valores de la declinación de la tabla 42 y empleando las Ecuaciones 13 a 18, se halló la radiación solar extraterrestre, la radiación global y difusa a nivel horizontal, los resultados se aprecian en la tabla 43.

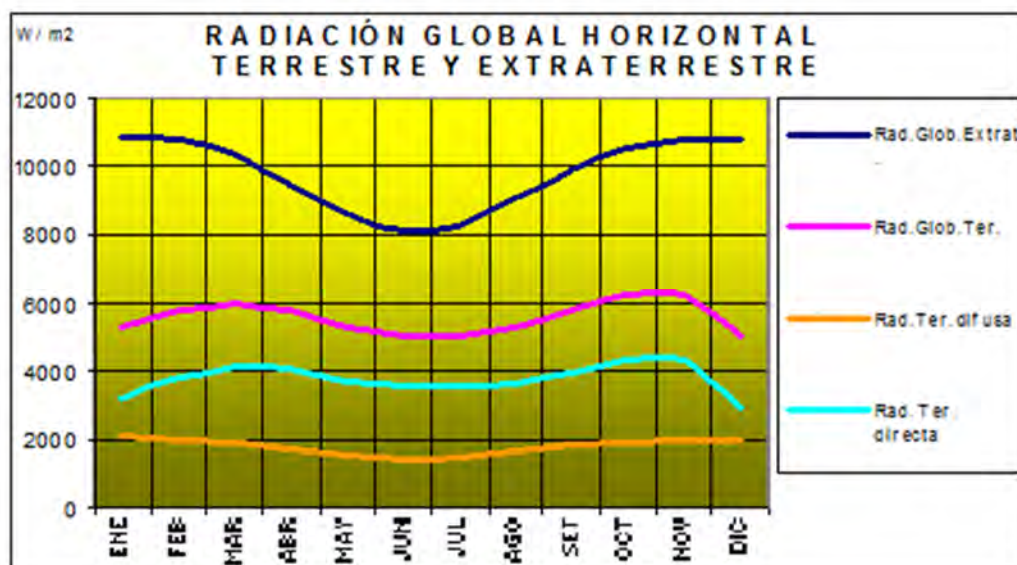
Tabla 43: Radiación diaria terrestre (Ho), radiación directa terrestre horizontal (Soh) y difusa terrestre horizontal (Doh)

Radiación Horizontal Terrestres y Extraterrestre (W/ m ² día)														
TIPOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	media	%
Rad.Glob.Extrat.	10848,6	10777,1	10345,6	9519,9	8597,4	8091,5	8279,6	9059,9	9940,2	10564,2	10777,8	10798,1	9799,99	100,00
Rad.Glob.Ter.	5250,00	5750,00	6000,00	5750,00	5250,00	5000,0	5000,00	5250,00	5750,0	6250,00	6250,00	5000,00	5541,67	56,55
Rad.Ter.difusa	2030,55	1994,45	1872,50	1692,87	1519,97	1420,7	1472,45	1640,28	1800,8	1896,91	1950,79	2024,81	1776,43	18,13
Rad. Ter. directa	3219,45	3755,55	4127,50	4057,13	3730,03	3579,3	3527,55	3609,72	3949,2	4353,09	4299,21	2975,19	3765,24	38,42

Fuente: elaboración propia

En la Fig. 84 muestra que hay menor radiación solar los meses de mayo a agosto, siendo el de menor rango el mes de junio con 8091 W/m² de radiación extraterrestre y con 5000 W / m² de radiación terrestre.

Fig. 84 Radiación global horizontal terrestre y extraterrestre en W / m^2



Fuente: Elaboración propia

3.3.7.3 Radiación solar en las principales direcciones

En sujeción a las ecuaciones 19 a 22 se halló la radiación solar en las principales direcciones verticales en día medio de cada mes de todos los meses del año: al Norte, al Sur, al Este, al Oeste, Noreste, Noroeste, Sureste y Suroeste. En la tabla 44 se muestran los valores obtenidos por día medio del mes. En el Anexo 6, se muestra la radiación recibida por un paramento inclinado a 60° respecto a la horizontal.

Tabla 44: Radiación solar recibida en el día medio del mes en parámetros verticales orientados a diferentes direcciones

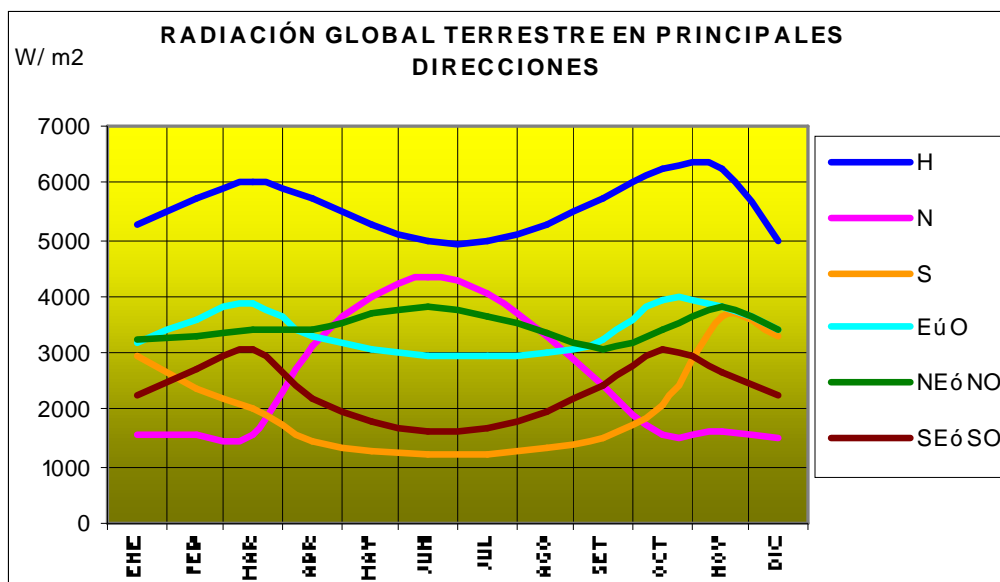
Radiación Global Terrestre principales direcciones (W / m^2 día)														
ORIENT.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	media	%
H	5250,0	5750,0	6000,0	5750,0	5250,0	5000,0	5000,0	5250,0	5750,0	6250,0	6250,0	5000,0	5541,7	100,0
N	1540,3	1572,2	1536,3	3145,9	3971,0	4345,0	4075,3	3316,1	2409,6	1573,5	1600,4	1512,4	2549,8	46,0
S	2951,2	2368,1	2016,5	1421,4	1285,0	1210,4	1236,2	1345,1	1475,4	2078,5	3618,3	3303,7	2025,8	36,6
E u O	3204,7	3593,4	3876,0	3282,5	3075,1	2968,2	2950,7	3032,4	3230,5	3955,3	3846,1	3386,5	3366,8	60,8
NE ó NO	3245,0	3293,0	3384,3	3438,5	3687,4	3817,1	3666,4	3357,2	3070,3	3436,5	3799,4	3416,8	3467,7	62,6
SE ó SO	2247,3	2730,2	3044,7	2219,1	1788,1	1600,6	1658,9	1963,5	2439,3	3079,4	2640,9	2236,4	2304,0	41,6

Fuente: Elaboración propia

En la Fig. 85, se puede analizar que después de la radiación horizontal, la que mejor comportamiento tienen son las orientadas al Este u Oeste, luego las orientadas al Noreste o Noroeste. La orientación vertical Norte sólo tiene buen comportamiento durante dos meses. La orientación Sur es pésima. La radiación en muros verticales

orientados al Este - Oeste y de Noreste - Noroeste son los que se comportan anualmente con una tendencia horizontal, no así la ubicada al Norte - Sur.

Fig. 85 Radiación global Gov: directa Sov y difusa Dov en Paramentos en diferentes direcciones



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 45, se muestra la radiación solar horaria global y difusa recibida en Wh/m°C por diferentes superficies orientadas a las principales direcciones, en el día medio, de los meses de marzo, junio, setiembre y diciembre.

Tabla 45: Radiación solar global y difusa horaria, recibida por superficies en diferentes posiciones para los meses de marzo, junio, setiembre y diciembre

MARZO		Día= 16		Albedo= 0.20		Goh= 6000		W / m2 día		θ= -9.525		L= 77.52		n = 75		d= -2.418		Gon= 1366		W/m²		Hd= 0.311				
HORA		DATOS SOLARES			RADIACIÓN HORIZONTAL				VERT. NORTE			VERT. SUR			VERT. ESTE			VERT. OESTE			VERT. NE-NO			VERT. SE-SO		
TL	TSV	AH	h	a	Ho	Goh	Doh	Soh	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov			
6.30	5.97	-90.4	0.0	-87.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
6.32	6.00	-90.0	0.4	-87.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
7.32	7.00	-75.0	15.2	-89.9	358	208	65	143	53	1	54	53	0	53	53	527	581	53	0	53	53	373	427			
8.32	8.00	-60.0	30.0	-87.3	682	396	123	273	101	22	124	101	0	101	101	473	574	101	0	101	101	350	452			
9.32	9.00	-45.0	44.7	-83.9	961	558	174	385	143	41	184	143	0	143	143	386	529	143	0	143	143	302	445			
10.32	10.00	-30.0	59.4	-78.5	1175	683	213	470	175	56	230	175	0	175	175	273	448	175	0	175	175	232	407			
11.32	11.00	-15.0	73.5	-65.5	1309	761	237	524	194	65	259	194	0	194	194	141	336	194	0	194	194	146	340			
12.32	12.00	0.0	82.9	0.0	1355	787	245	542	201	68	269	201	0	201	201	0	201	201	0	201	201	48	249			
13.32	13.00	15.0	73.5	65.5	1309	761	237	524	194	65	259	194	0	194	194	0	194	194	141	336	194	0	194			
14.32	14.00	30.0	59.4	78.5	1175	683	213	470	175	56	230	175	0	175	175	0	175	175	273	448	175	0	175			
15.32	15.00	45.0	44.7	83.9	961	558	174	385	143	41	184	143	0	143	143	0	143	143	386	529	143	0	143			
16.32	16.00	60.0	30.0	87.3	682	396	123	273	101	22	124	101	0	101	101	0	101	101	473	574	101	0	101			
17.32	17.00	75.0	15.2	89.9	358	208	65	143	53	1	54	53	0	53	53	0	53	53	527	581	53	0	53			
18.32	18.00	90.0	0.4	87.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
18.35	18.03	-90.4	0.0	-87.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
TOTAL 12.05					10327	6000	1868	4132	1534	436	1970	1534	0	1534	1534	1801	3335	1534	1801	3335	1534	1451	2985	1534		

JUNIO																										
Día= 11		Albedo 0.20		Goh= 5000		W /m2 día		θ= -9.525		L= 77.52		n= 162		d= 23.09		Gon= 1310		W/m²		Hd= 0.284						
HORA		DATOS SOLARES			RADIACIÓN HORIZONTAL				VERT. NORTE			VERT. SUR			VERT. ESTE			VERT. OESTE			VERT. NE-NO			VERT. SE-SO		
TL	TSV	AH	h	a	Ho	Goh	Doh	Soh	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov			
6.43	6.27	-85.9	0.0	-66.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
7.16	7.00	-75.0	9.8	-64.4	223	138	39	98	33	247	280	33	0	33	33	515	548	33	0	33	33	539	572	33	0	33
8.16	8.00	-60.0	22.9	-59.8	509	315	89	225	76	268	344	76	0	76	76	462	538	76	0	76	76	516	592	76	0	76
9.16	9.00	-45.0	35.2	-52.8	755	467	133	334	113	286	399	113	0	113	113	377	490	113	0	113	113	469	582	113	0	113
10.16	10.00	-30.0	46.1	-41.6	944	583	166	418	141	300	442	141	0	141	141	267	408	141	0	141	141	401	542	141	0	141
11.16	11.00	-15.0	54.2	-24.0	1063	657	187	470	159	309	468	159	0	159	159	138	297	159	0	159	159	316	475	159	0	159
12.16	12.00	0.0	57.4	0.0	1103	682	194	488	165	312	477	165	0	165	165	0	165	165	0	165	165	221	386	165	0	165
13.16	13.00	15.0	54.2	24.0	1063	657	187	470	159	309	468	159	0	159	159	138	297	159	138	297	159	121	280	159	0	159
14.16	14.00	30.0	46.1	41.6	944	583	166	418	141	300	442	141	0	141	141	267	408	141	267	408	141	24	165	141	0	141
15.16	15.00	45.0	35.2	52.8	755	467	133	334	113	286	399	113	0	113	113	377	490	113	377	490	113	0	113	113	64	177
16.16	16.00	60.0	22.9	59.8	509	315	89	225	76	268	344	76	0	76	76	462	538	76	462	538	76	0	76	76	137	213
17.16	17.00	75.0	9.8	64.4	223	138	39	98	33	247	280	33	0	33	33	515	548	33	0	33	33	515	548	33	0	33
17.88	17.73	85.9	0.0	66.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL 11.45					8092	5000	1421	3579	1210	3135	4345	1210	0	1210	1210	1758	2968	1210	1758	2968	1210	2607	3817	1210	390	1601

SETIEMBRE																										
Día= 15		Albedo 0.20		Goh= 5750		W/m2 día		θ= -9.525		L= 77.52		n= 258		d= 2.217		Gon= 1341		W/m²		Hd= 0.313						
HORA		DATOS SOLARES			RADIACIÓN HORIZONTAL				VERT. NORTE			VERT. SUR			VERT. ESTE			VERT. OESTE			VERT. NE-NO			VERT. SE-SO		
TL	TSV	AH	h	a	Ho	Goh	Doh	Soh	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov
6.10	6.02	-89.6	0.0	-87.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.07	7.00	-75.0	14.4	-85.2	333	193	60	132	49	43	93	49	0	49	49	514	564	49	0	49	49	394	443	49	0	49
8.07	8.00	-60.0	29.1	-82.1	652	377	118	259	97	64	161	97	0	97	97	461	558	97	0	97	97	371	468	97	0	97
9.07	9.00	-45.0	43.7	-77.6	926	535	168	368	137	83	220	137	0	137	137	376	514	137	0	137	137	324	462	137	0	137
10.07	10.00	-30.0	57.9	-70.1	1136	657	206	451	169	97	265	169	0	169	169	266	435	169	0	169	169	256	425	169	0	169
11.07	11.00	-15.0	71.0	-52.6	1267	733	230	504	188	105	294	188	0	188	188	138	326	188	0	188	188	172	360	188	0	188
12.07	12.00	0.0	78.3	0.0	1312	759	238	521	195	108	303	195	0	195	195	0	195	195	0	195	195	77	271	195	0	195
13.07	13.00	15.0	71.0	52.6	1267	733	230	504	188	105	294	188	0	188	188	138	326	188	138	326	188	0	188	188	23	211
14.07	14.00	30.0	57.9	70.1	1136	657	206	451	169	97	265	169	0	169	169	266	435	169	266	435	169	0	169	169	120	288
15.07	15.00	45.0	43.7	77.6	926	535	168	368	137	83	220	137	0	137	137	376	514	137	376	514	137	0	137	137	208	345
16.07	16.00	60.0	29.1	82.1	652	377	118	259	97	64	161	97	0	97	97	461	558	97	461	558	97	0	97	97	280	377
17.07	17.00	75.0	14.4	85.2	333	193	60	132	49	43	93	49	0	49	49	514	564	49	514	564	49	0	49	49	333	382
18.05	17.98	89.6	0.0	87.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL 11.95					9940	5750	1801	3949	1475	892	2368	1475	0	1475	1475	1755	3231	1475	1755	3231	1475	1595	3070	1475	964	2439

DICIEMBRE																										
Día= 10		Albedo= 0.20		5000		m2 día		θ= -9.525		L= 77.52		344		d= -23.05		Gon= 1396		W/m2		Hd= 0.405						
HORA		DATOS SOLARES			RADIACIÓN HORIZONTAL				VERT. NORTE			VERT. SUR			VERT. ESTE			VERT. OESTE			VERT. NE-NO			VERT. SE-SO		
TL	TSV	AH	h	a	Ho	Goh	Doh	Soh	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov
5.79	5.73	-94.1	0.0	-66.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.07	6.00	-90.0	3.7	-67.2	90	42	17	25	13	0	13	13	149	161	13	354	367	13	0	13	13	356	369	13	0	13
7.07	7.00	-75.0	17.4	-68.7	418	194	78	115	59	0	59	59	133	192	59	342	400	59	0	59	59	351	410	59	0	59
8.07	8.00	-60.0	31.2	-68.7	724	335	136	199	101	0	101	101	119	221	101	307	408	101	0	101	101	336	437	101	0	101
9.07	9.00	-45.0	44.9	-66.8	986	457	185	272	138	0	138	138	107	245	138	250	388	138	0	138	138	305	443	138	0	138
10.07	10.00	-30.0	58.3	-61.1	1188	550	223	327	166	0	166	166	98	264	166	177	343	166	0	166	166	262	428	166	0	166
11.07	11.00	-15.0	70.3	-44.9	1314	608	246	362	184	0	184	184	92	276	184	92	276	184	0	184	184	202	386	184	0	184
12.07	12.00	0.0	76.5	0.0	1357	628	255	374	190	0	190	190	90	280	190	0	190	190	0	190	190	92	282	190	0	190
13.07	13.00	15.0	70.3	44.9	1314	608	246	362	184	0	184	184	92	276	184	92	276	184	92	276	184	0	184	184	0	184
14.07	14.00	30.0	58.3	61.1	1188	550	223	327	166	0	166	166	98	264	166	177	343	166	177	343	166	0	166	166	56	222
15.07	15.00	45.0	44.9	66.8	986	457	185	272	138	0	138	138	107	245	138	250	388	138	250	388	138	0	138	138	101	239
16.07	16.00	60.0	31.2	68.7	724	335	136	199	101	0	101	101	119	221	101	307	408	101	307	408	101	0	101	101	132	234
17.07	17.00	75.0	17.4	68.7	418	194	78	115	59	0	59	59	133	192	59	342	400	59	342	400	59	0	59	59	147	206
18.07	18.00	90.0	3.7	67.2	90	42	17	25	13	0	13	13	149	161	13	354	367	13	354	367	13	0	13	13	145	158
18.34	18.27	94.1	0.0	66.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL 12.55					10798	5000	2025	2975	1512	0	1512	1512	1486	2998	1512	1521	3034	1512	1521	3034	1512	1904	3417	1512	582	2095

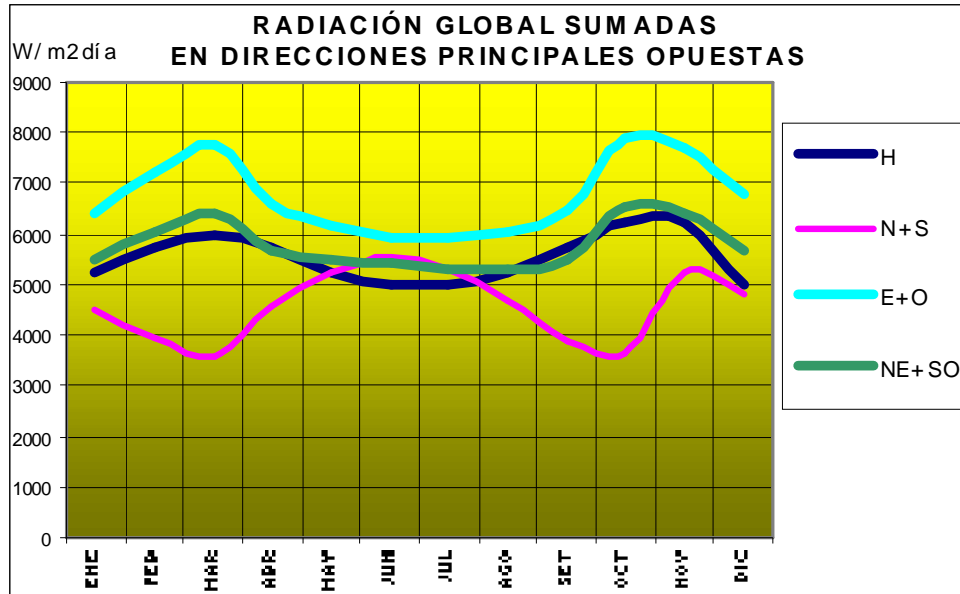
Fuente: elaboración propia a partir de la Tabla 44

Tabla 46 Radiación global Go sumadas: Norte + Sur, Este + Oeste, noreste + Suroeste

Radiación Global sumada en direcciones principales opuestas (W/ m2 día)														
ORIENT.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	media	%
H	5250,00	5750,00	6000,00	5750,00	5250,00	5000,00	5000,00	5250,00	5750,00	6250,00	6250,00	5000,00	5541,7	100,0
N+S	4491,45	3940,29	3552,75	4567,34	5255,98	5555,38	5311,5	4661,21	3885,02	3652,0	5218,69	4816,06	4575,6	82,6
E+O	6409,41	7186,8	7751,95	6565,09	6150,24	5936,36	5901,3	6064,76	6461,04	7910,6	7692,12	6773,06	6733,6	121,5
NE+SO	5492,32	6023,24	6429,04	5657,68	5475,55	5417,72	5325,3	5320,73	5509,55	6515,9	6440,34	5653,15	5771,7	104,2

Fuente: elaboración propia

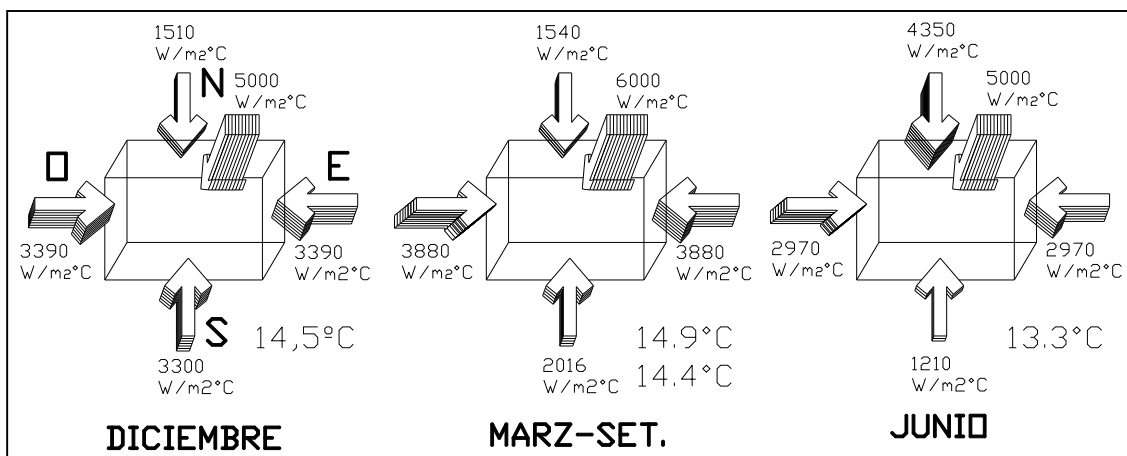
Fig. 86 Radiación solar en diferentes direcciones cuando incide la sumatoria de radiaciones en direcciones opuestas



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta, que en el caso de Huaraz, por estar cerca al Ecuador Terrestre, existe la posibilidad de soleamiento por dos frentes, se analiza la suma de la radiación solar incidente en dos frentes opuestos, dando por resultado que la mejor orientación sumada Este + Oeste supera a la horizontal en el 122 %, seguida por la ubicada en la vertical Noreste + Suroeste con 104 %. Siendo la más baja la suma de las radiaciones Norte + Sur con apenas 83 % de la horizontal, tal como se aprecia en la tabla 46 y figura 86.

Fig. 87: Incidencia de la radiación solar sobre superficies expuestas a las principales orientaciones en la latitud 9.5° Sur con temperaturas diarias promedio



Fuente: elaboración propia

En la Fig. 87 se muestra la radiación que incide en cada superficie de la vivienda y la temperatura promedio externa de la ciudad de Huaraz para los meses de diciembre, marzo, setiembre y diciembre.

3.3.8 Discusión

Los factores ambientales de Huaraz, hacen posible la utilización de energía solar pasiva para el calentamiento de viviendas.

La temperatura del aire según tabla 38 varía de 3.9°C a 23.4 °C. La temperatura promedio del aire anual en Huaraz es de 14.4°C, siendo la media máxima de 15°C en febrero y la mínima media de 13.3 en junio y julio. Prácticamente la temperatura es constante durante el año y es necesario calentar las viviendas (Fig. 74). En la Fig. 73 se muestra que la temperatura del aire alcanza los 20 °C a 22°C entre las 11 y 16 horas. Entre las 8 y 11 horas el rango es de 12°C a 20 °C y entre las 16 a 19 horas es el mismo rango. Entre las 19 a 8 horas el rango es de 4 °C a 12°C, por tanto el clima de Huaraz es frígido casi durante todo el día a excepción de 3 a 4 horas al medio día.

La temperatura anual del suelo es 17.8 °C medida a 1 m de profundidad con una desviación estándar baja de 0,70, por lo que el suelo no transmite demasiado frío, tal como se puede ver en la Fig. 75.

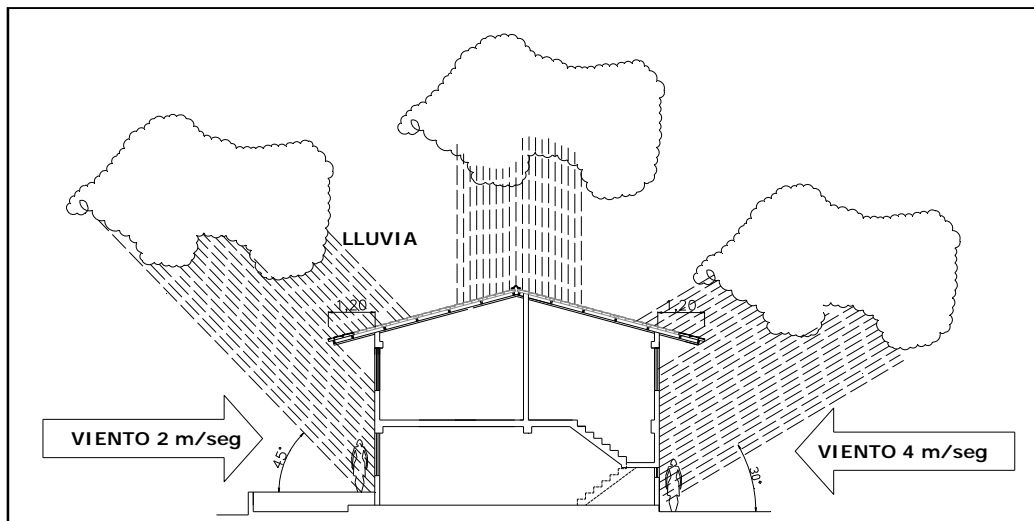
La humedad relativa es mayor en la época de lluvias que va de octubre a abril (ver Fig. 76). En la tabla 40, se aprecia que la humedad relativa promedio anual es alta del 73,5 % con una desviación estándar elevada de 6.1, siendo el mes más húmedo febrero y marzo con el 81.5 y 83.1 % como promedio mensual respectivamente. En la noche entre las 7 PM a 7 AM la humedad es alta entre el 77,1 al 88.8% de promedio, en consecuencia la transmisión del frío es alta. Durante el día, entre las 7 AM a 7 PM, la humedad desciende hasta el 54.7% por consiguiente, la transmisión del aire caliente exterior a los interiores de las edificaciones es baja y no se calientan mucho los ambientes. Los meses más secos son junio y agosto con el 68.5%. En conclusión, debe de tratarse de disminuir la humedad al interior de las habitaciones para lograr un mejor confort térmico.

Como se puede apreciar en la tabla 40, la velocidad promedio anual del viento es baja, alcanza los 1.3 m/seg con una desviación estándar bastante pequeña de 0.3, el mes de mayor viento es noviembre con 1,8 m/seg. La dirección predominante durante todo el año es con dirección de Sur a Norte salvo el mes de agosto que se invierte, por

lo que es recomendable abrir los vanos de la vivienda al Este y Oeste, evitando el Sur. En la Fig. 77 se nota que los meses de mayor viento son de agosto a noviembre con velocidades entre 1,4 y 1,8 m /seg. Los meses de velocidades menores entre 0,80 a 1,20 m / seg son de diciembre a mayo.

Los meses de mayor precipitación se da entre los meses de noviembre a abril con un rango de 2.7 a 4.3 mm siendo el mes de mayor incidencia marzo tal como se puede ver en la tabla 40. Generalmente cuando llueve fuerte, existe vientos con velocidades entre 2 a 4 m/seg y los aleros de las edificaciones sirven muy poco (Fig.88).

Fig. 88 Aleros y luvias



Fuente: elaboración propia

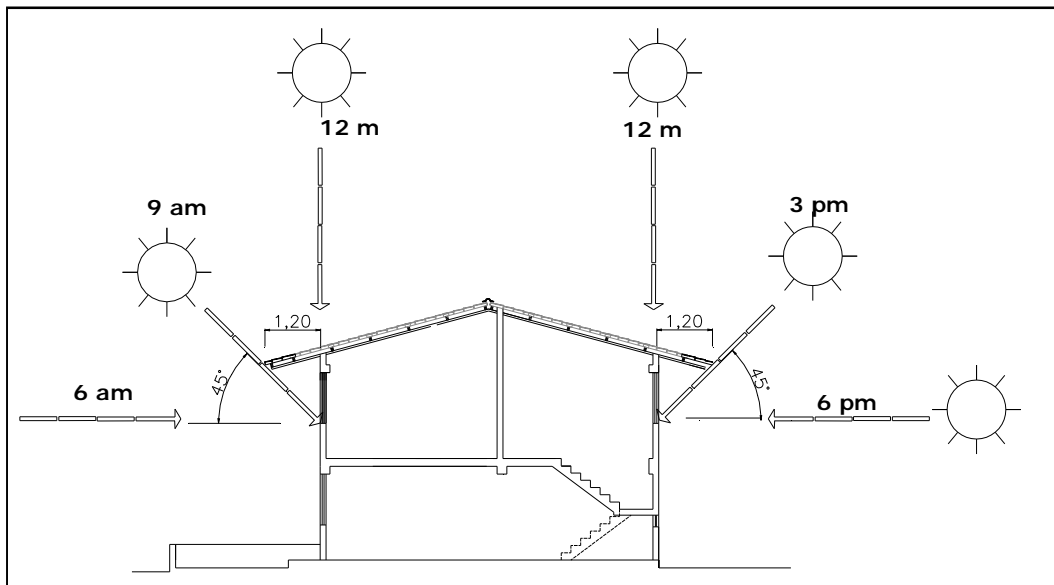
La mayor cantidad de asoleamiento en Huaraz se da entre abril a setiembre (Fig.83) y coincide con la menor humedad del medio ambiente (Fig. 76). La Fig. 80 al 82 muestran el asoleamiento en diferentes direcciones. En cualquier dirección, cuando se orientan fachadas en dos frentes opuestos se asolean en forma alterna. En dirección Este-Oeste, uno lo hace por la mañana y el otro por la tarde. En orientación Norte-Sur, 7 meses están cara al Norte y 5 al Sur. Cuando es en diagonal, del Noreste-Suroeste o Noroeste-Sureste, se comportan en forma mixta. De todas, el mejor asoleamiento es Este-Oeste.

En la Fig. 85, al año, la mayor cantidad de energía solar la recibe las superficies horizontales, seguidas por las superficies orientadas al Este u Oeste y en casi igual medida las ubicadas al Noreste o Suroeste. Las peores superficies para recibir energía solar son las orientadas al Sureste, Suroeste y al Sur.

Si una vivienda abre sus ventanas por ambos frentes, duplicando los huecos, es posible obtener una buena radiación solar para calentar las viviendas. En la Fig. 86 se aprecia que la radiación sumada, que mejor se comporta durante el año, es la del Este más Oeste que es 121.5% mayor que la horizontal; le sigue la Noreste más Suroeste o Noroeste más Sureste, con el 104.2 % sobre la horizontal. La Norte más Sur llega al 82.6 % de la Horizontal; pero debe hacerse presente que la mayor cantidad de energía en ésta dirección es difusa como lo muestra la tabla 46.

En la Fig. 87 muestra que la temperatura promedio anual es casi constante de $14.1^{\circ}\text{C} \pm 0.80^{\circ}\text{C}$. La orientación con más radiación global constante durante el año es la horizontal. La radiación orientada a superficies verticales al Este y Oeste es también constante durante todo el año, y representa aproximadamente la mitad de la radiación horizontal; pero si se suma ambas la superan levemente. La radiación orientada al paramento Norte es elevada en el mes de junio decrece en los otros meses conforme el Sol declina al Sur. Los parámetros orientados al Sur reciben poca radiación solar.

Fig. 89 Aleros y asoleamiento al Este-Oeste



Fuente: elaboración propia

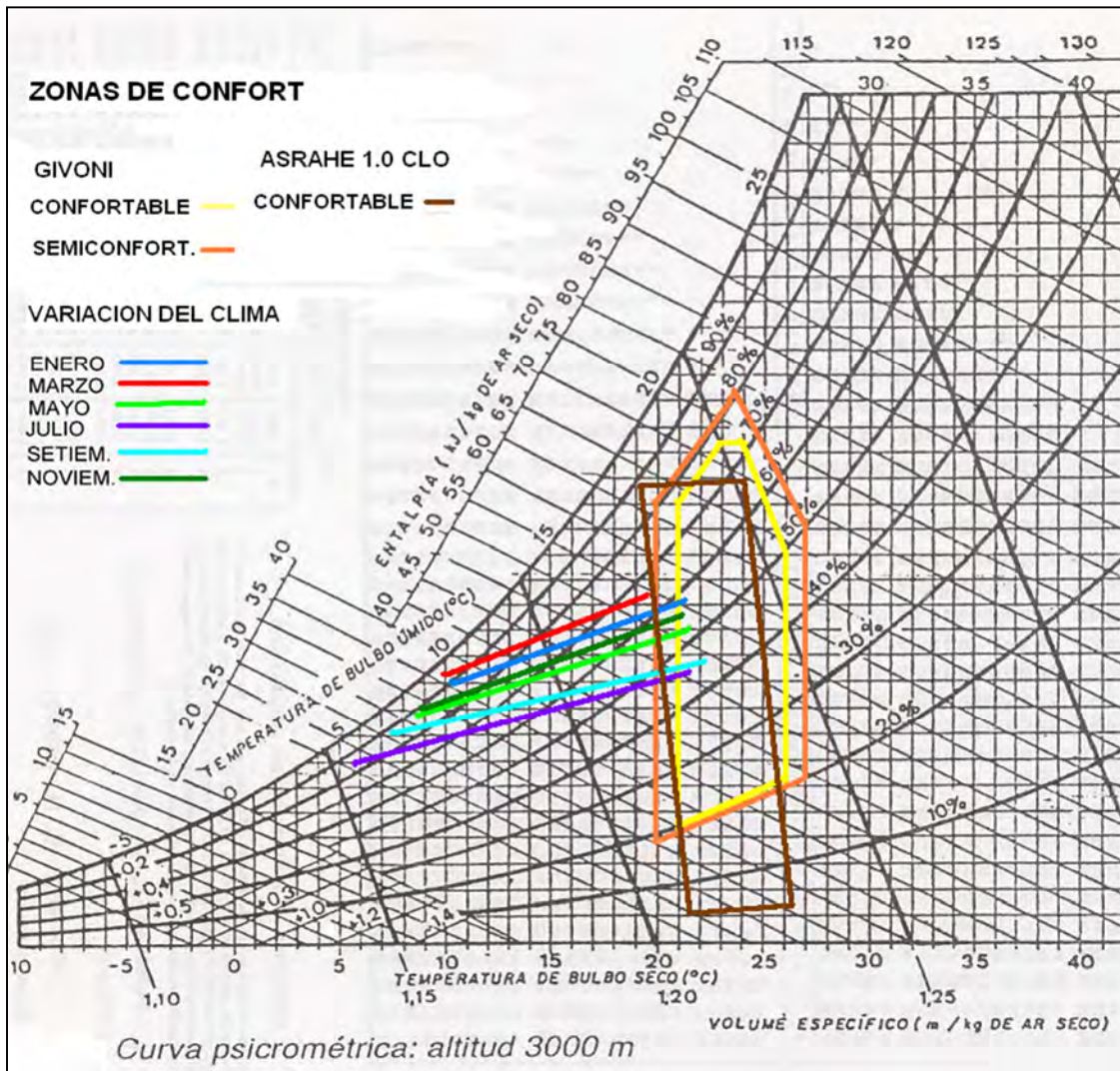
Los aleros, restringen demasiado el ingreso del Sol por las ventanas, si se orienta al Este y Oeste, el Sol ingresa un promedio de 2.5 horas por la mañana el Este y 2.5 horas por el Oeste (Fig. 89).

3.4 CONFORT TÉRMICO EN HUARAZ

3.4.1 El clima de Huaraz dentro del diagrama psicrométrico

Se ha graficado los límites de confort dados por Givoni y de la ASRAHE dentro del Diagrama Psicrométrico propuesto por Valera²⁰⁹ para una altitud de 3,000 m.s.n.m. como se puede ver en la Fig. 90.

Fig. 90 El clima de la ciudad de Huaraz dentro el diagrama psicrométrico a 3000 m.s.n.m.



Fuente: Elaboración propia a partir de Valera – Energía solar I – Estación Meteorológica de Huaraz-SENAMHI

²⁰⁹ VALERA Aníbal. 1993. Energía Solar I – Editor V. Guzmán, Lima.

3.4.2 Rangos de temperatura interior en viviendas de Huaraz

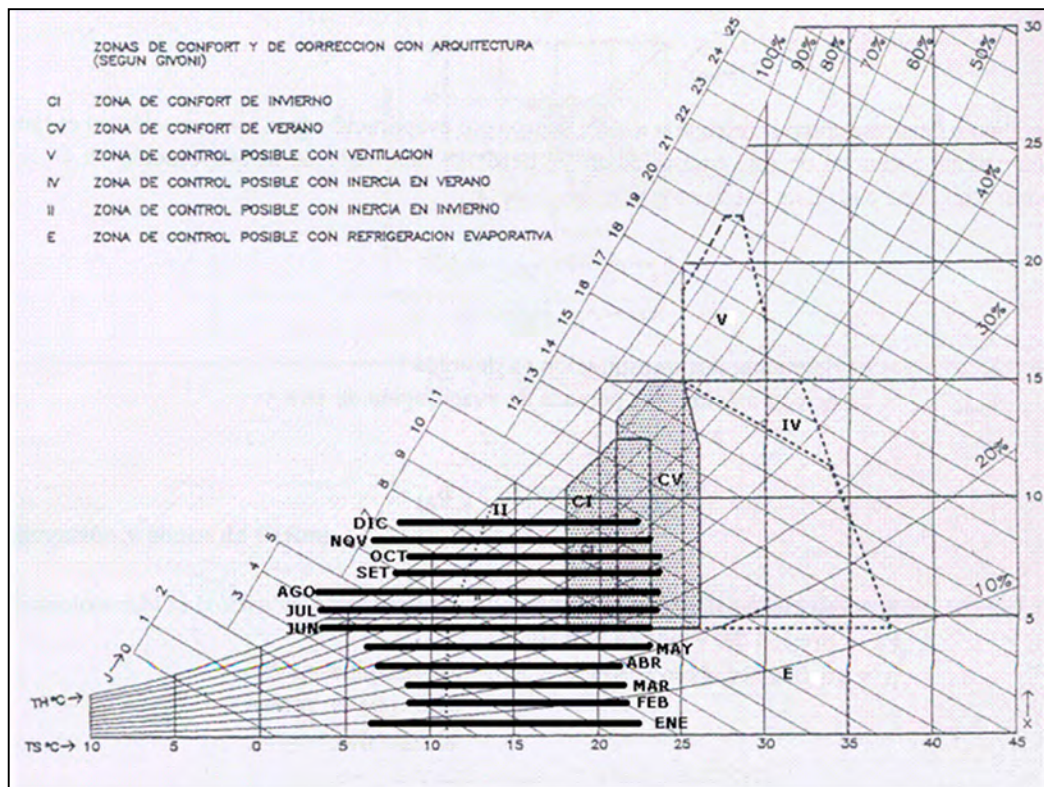
3.4.2.1 El Reglamento Nacional de Edificaciones

En la norma A.010, Art. 54, establece que los sistemas de aire acondicionado proveerán aire a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ medida en el bulbo seco y a una humedad relativa del $50\% \pm 5\%$.

3.4.2.2 El diagrama de Givoni

En la Fig. 91, muestra la temperatura máxima y mínima de los diferentes meses del año y las zonas de confort y de corrección con la arquitectura. Durante casi todo el año la temperatura de Huaraz está en disconfort - se halla en la zona II - es posible un control con inercia de invierno.

Fig. 91: Temperaturas mensuales de Huaraz en el diagrama de Givoni



Fuente: Elaboración propia

Con 73,5 % de humedad promedio anual de Huaraz e ingresando a la Fig. 30, se determina:

Zona de confort	21°C a 23°C.
Zona de confort permisible	20°C a 21,4°C.

Ganancias Internas
Pasivo solar

20°C a 13,5°C
13,5°C a 7°C

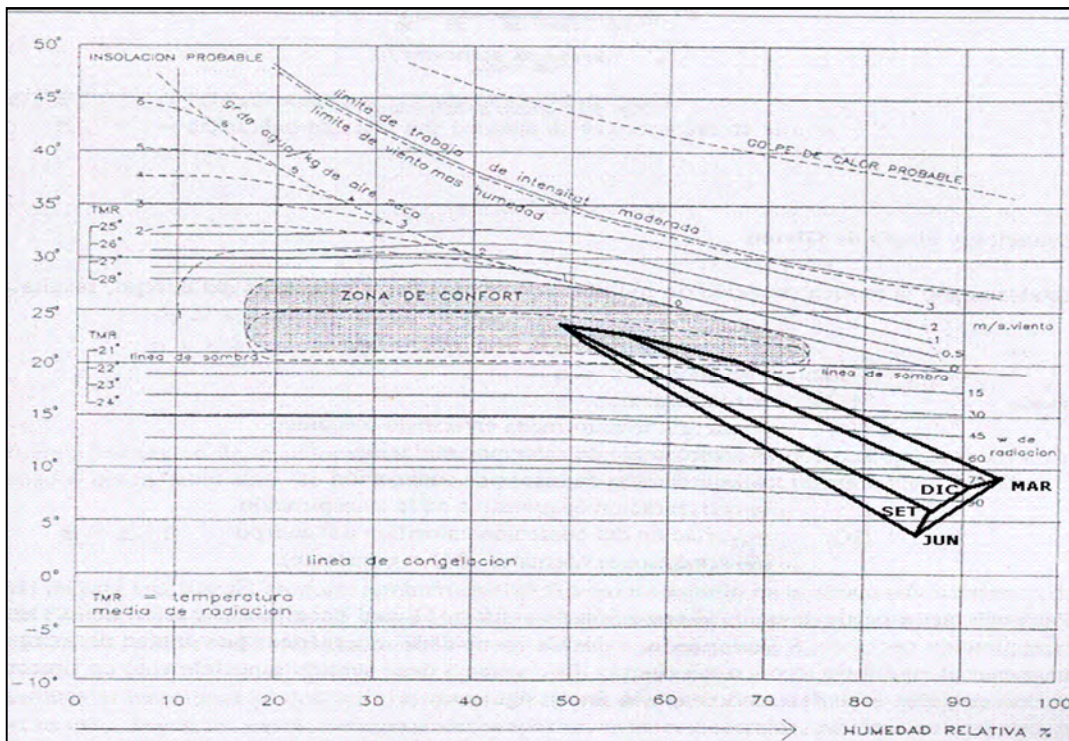
3.4.2.3 El diagrama de la ASRAHE

En la Fig. 31, para el caso de Huaraz, para una H.R. promedio anual del 73,5 %, le corresponde una temperatura mínima de 20° C y una máxima de 22,5°C. Considerando el diagrama de la Fig.32 para el mes de junio a 13.3 °C de temperatura promedio, con un 90% de aceptabilidad la temperatura operativa interior está entre 19 a 24 °C.

3.4.2.4 El diagrama de Olyay

En la Fig. 92, con 73,5% de humedad relativa que es la media anual de Huaraz, la zona de confort está entre 21° C y 22,5° C, con un rango de 1,5° de diferencia, efectuando el ajuste con el 50% del rango de ± 0.75 sobre la temperatura máxima media del mes más frío resulta: si en junio la temperatura máxima media es de 22,7° C (ver tabla 45), entonces el límite máximo será de $22,7 + 0,75 = 23,45$ y el límite mínimo de $22,7 - 0,75 = 21,95$ ° C.

Fig. 92: Temperaturas al interior del diagrama de Olyay



Fuente: Elaboración propia

3.4.2.5 Ecuación 24 de Szokolay

Ingresando en la ecuación 25, la temperatura media para Huaraz en el mes de junio que es el más frío con 13.3° C, resulta para el rango inferior 19,2° C y para el superior 23,2° C, donde se desprende que el rango de 19.2°C a 21°C es de semiconfort y de 21°C a 23.2°C es de confort:

$$T_n = 17,1 + 0,31(13,3^\circ\text{C}) = 21,2^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$$

3.4.2.6 Limites de confort de las Naciones Unidas

En la tabla 9, con un ATM debajo de 15°C con un grupo 3 de HG, a Huaraz corresponde de día un rango de 19 a 26°C y de noche 12 a 19°C. Entrando al diagrama de la Fig. 34, durante el día el rango está entre los 19 a 21 °C y durante la noche entre los 13 a 22 °C.

3.4.2.7 Rangos de confort

La metodología para la clasificación de los rangos de temperatura para ser aplicados, se hará en función de obtener la media de las propuestas por Givoni, la ASRAHE Olgay y Szokolay. En la tabla 47 se indican los rangos de temperatura de 5 metodologías estudiadas para la ciudad de Huaraz.

Tabla 47: Rangos de temperatura de confort para evaluar la temperatura en Huaraz

TEMP.	GIVONI	ASRAHE	OLGYAY	SZOKOLAY	UN	PROM.
Mínima	21	20,0	21,95	19,2	19	20.2
Máxima	23	22,5	23,45	23,2	26	23.6

Fuente: deducidas de Givoni, Asrahe, Olgay, Szokolay y la UN.

Tomando los resultados de la tabla 47 se establece 20 °C como temperatura mínima y de 24 °C como temperatura máxima. Tomando las consideraciones de Givoni, entre este rango, se establece una zona de semiconfort entre los 19 °C a los 20.9 °C y una de confort entre los 21°C a los 23°C.

En conclusión, los rangos a aplicar para evaluar las viviendas solares pasivas, serán las indicadas en la tabla 48 y la temperatura interior (ti) de cálculo será de 21 °C, que es 2°C menor que la establecida en el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

Tabla 48: Rangos de temperatura para evaluar la temperatura interior de las viviendas de Huaraz

EVALUACIÓN	RANGOS DE TEMPERATURA
Confortable.	De 19.5°C a 24.0 °C
Semiconfortable	De 18.0 °C a 19.4 °C
Inconfortable	Menos de 18.0 °C

Fuente: elaboración propia

3.4.3. Discusión

El clima de Huaraz, está prácticamente fuera de la zona de confort durante casi todo el día, tal como se aprecia en la Fig. 90, 91 y 92, donde el 80 % del trascurso del día, la temperatura no está en el rango adecuado de confort térmico. En la Fig. 91, se nota que durante el año el rango de temperaturas son casi constantes, existiendo mayor descenso de temperatura en los meses de junio, julio y agosto. El confort térmico en las viviendas de Huaraz, tomando la media de diferentes metodologías mostradas en la tabla 48, se alcanza cuando la temperatura interior es entre los 20°C a 24°C.

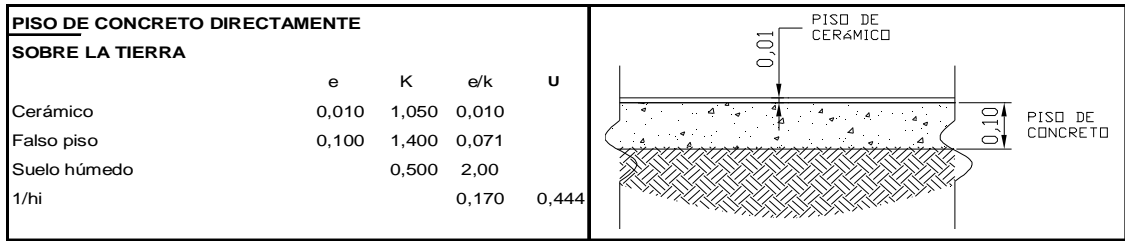
De acuerdo a la Fig. 29, con una temperatura interior de 20 °C y con ropa de un Clo, se alcanza una temperatura efectiva de 23°C que es bastante adecuada para el confort térmico humano. ASRAHE en la Fig. 31, establece para una humedad del 60% (junio en Huaraz) y con un Clo, el rango de confort se logra con una temperatura efectiva de 20°C a 24 °C; y por la Fig. 32 con un 90 % de aceptabilidad, para una temperatura externa media de 13.3 °C que es la de junio en Huaraz, le corresponde una temperatura interna de 19.5 a 24°C. Por las consideraciones anteriores, se recomienda una temperatura de 21° para el cálculo térmico de las viviendas.

3.5 COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN DE CALOR EN CIERRES ENVOLVENTES

Es necesario evaluar la conductibilidad térmica de los cerramientos para utilizar los más adecuados con buena inercia térmica y un buen aislamiento. Para conductancias h_i y h_e se utilizan los valores de la tabla 11 y para los valores K de la tabla 17 a 29.

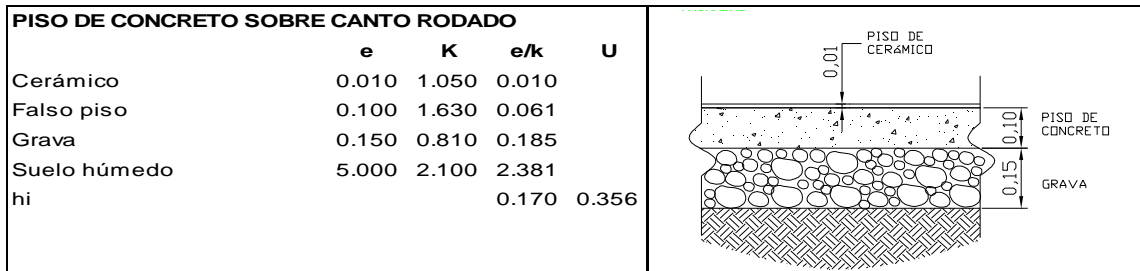
3.5.1 Pisos

Fig. 93: Coeficiente de transmisión U de losa apoyada directamente sobre el terreno en W / m °C



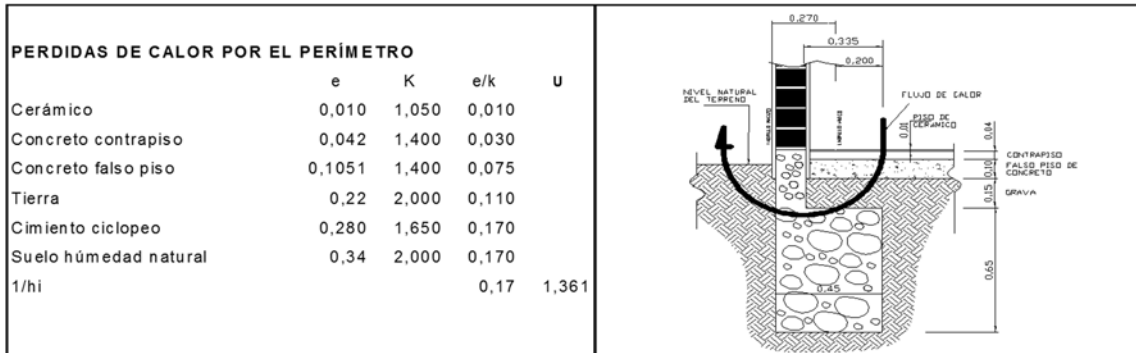
Fuente: elaboración propia

Fig. 94: Coeficiente de transmisión U de losa apoyada directamente sobre el terreno en W / m °C



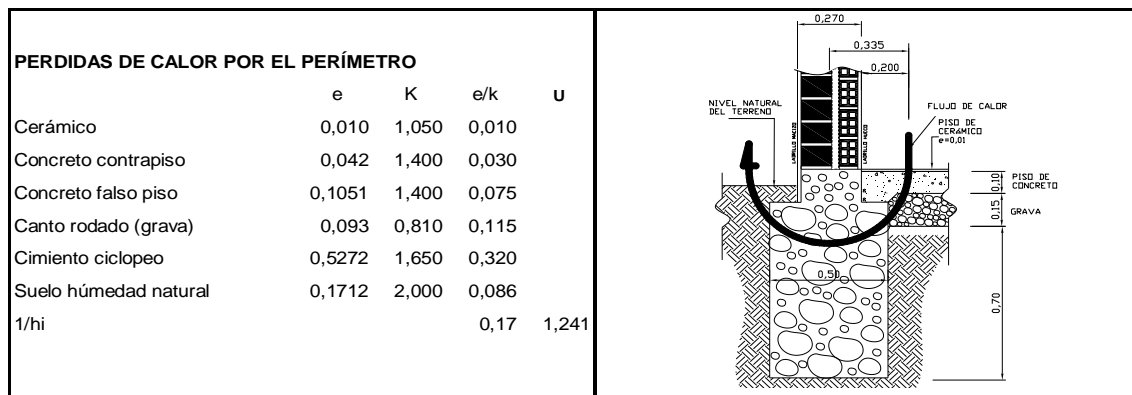
Fuente: elaboración propia

Fig. 95: Transmisión térmica del piso al perímetro en W / m °C de un piso tradicional en Huaraz



Fuente: elaboración propia

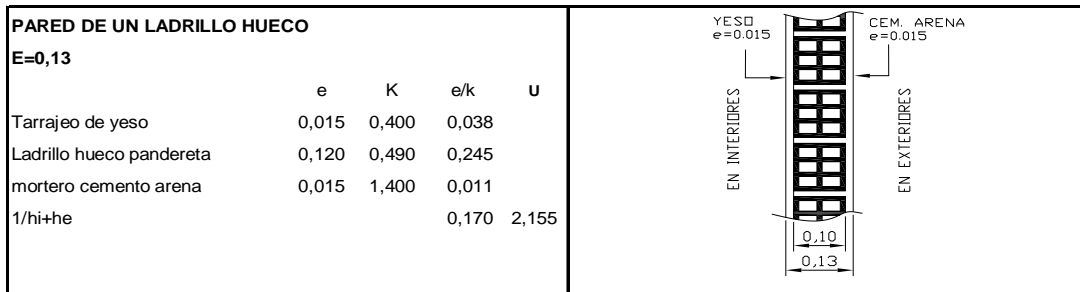
Fig. 96: Transmisión térmica del pisotro cuando se utiliza mayor ensanche y grava de asiento



Fuente: elaboración propia

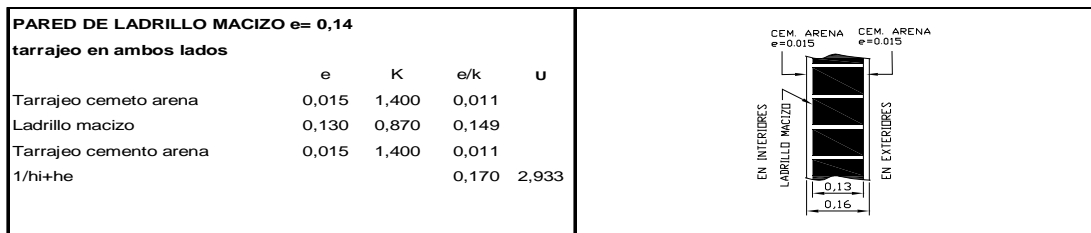
3.5.2 Muros

Fig. 97: Transmisión térmica U de muro ladrillo hueco de 15 cm revestido con mortero de cemento arena



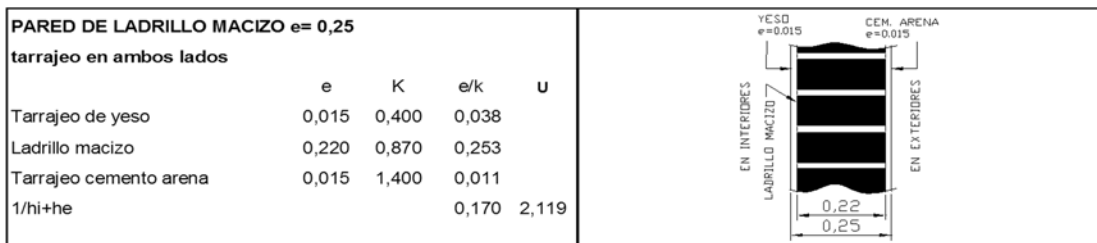
Fuente: elaboración propia

Fig. 98 Transmisión térmica de un muro macizo de ladrillo de 13 cm de espesor revestido con mortero de cemento arena en ambos lados



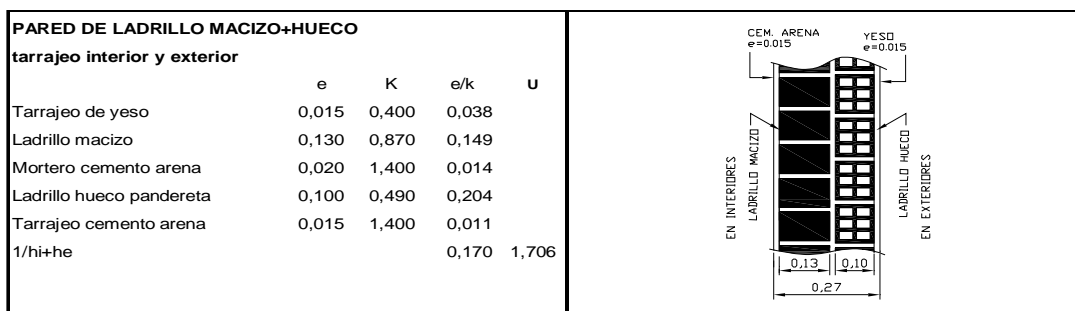
Fuente: elaboración propia

Fig. 99 Transmisión térmica U de una pared de ladrillo macizo de 0,25 m con revestimiento de mortero de cemento al exterior y yeso al interior



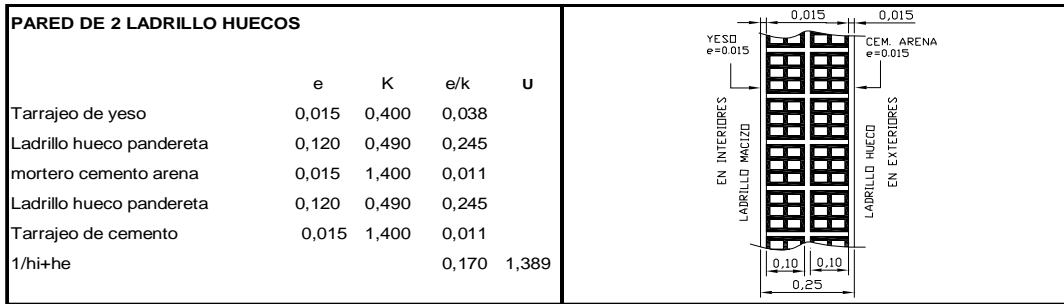
Fuente: elaboración propia

Fig. 100 Transmisión térmica U de una pared de ladrillo macizo adjunto a un ladrillo hueco de 0,27 m con revestimiento de mortero de cemento al exterior y yeso al interior



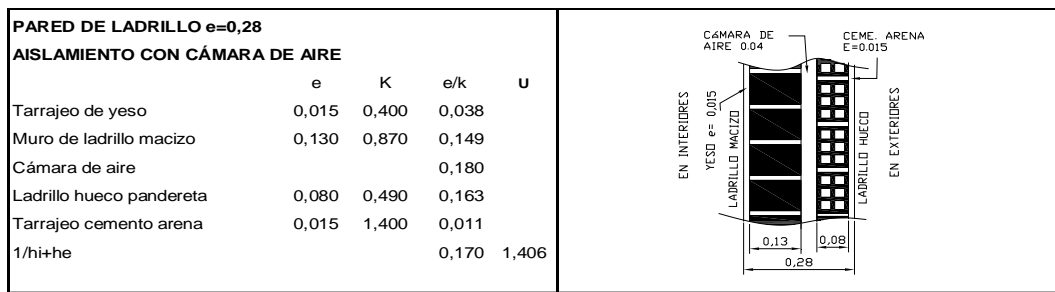
Fuente: elaboración propia

Fig. 101 Transmisión térmica U de una pared de dos ladrillos hueco 0,25 m con revestimiento de mortero de cemento al exterior y yeso al interior



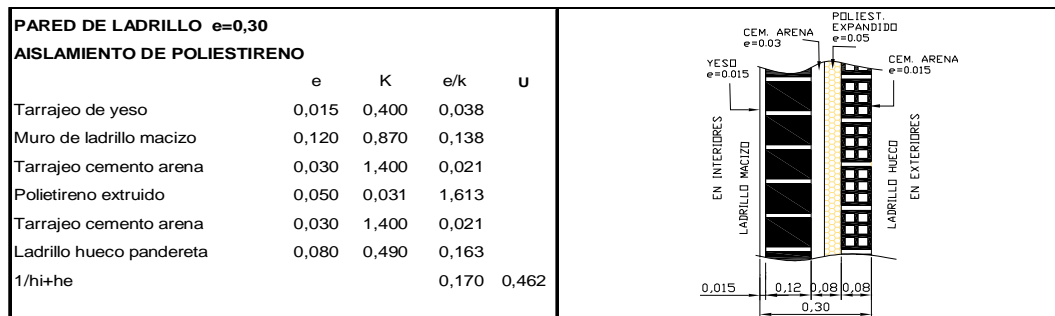
Fuente: elaboración propia

Fig. 102 Transmisión térmica U de un muro de con cámara de aire de 0,28 m tarrajeado al interior con yeso y al exterior con cemento arena



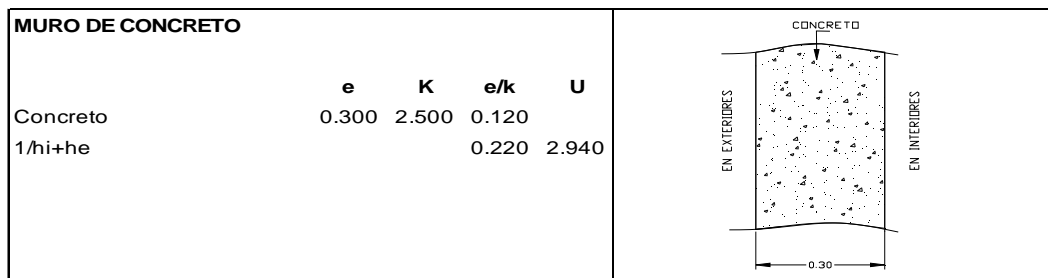
Fuente: elaboración propia

Fig. 103 Transmisión térmica U de un muro de ladrillo con aislante intermedio de poliestireno expandido



Fuente: elaboración propia

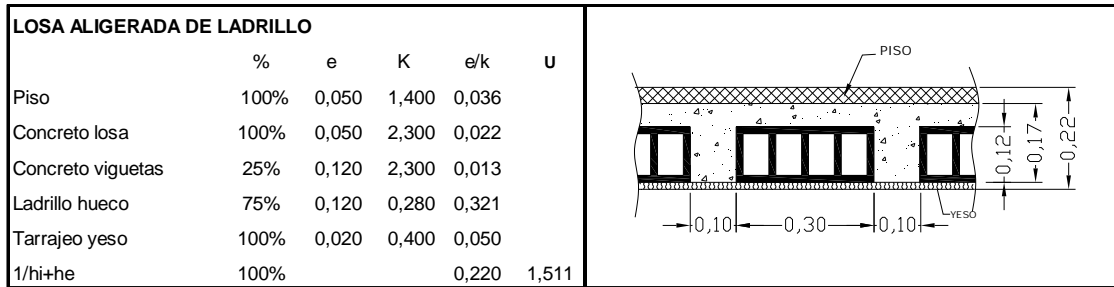
Fig. 104: Muro de concreto armado de 0.30 m



Fuente: elaboración propia

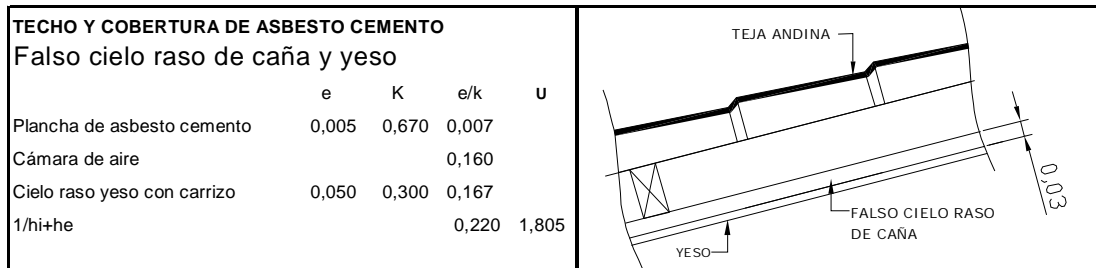
3.5.3 Techos

Fig. 105: Transmisión térmica U de losa aligerada con ladrillos huecos



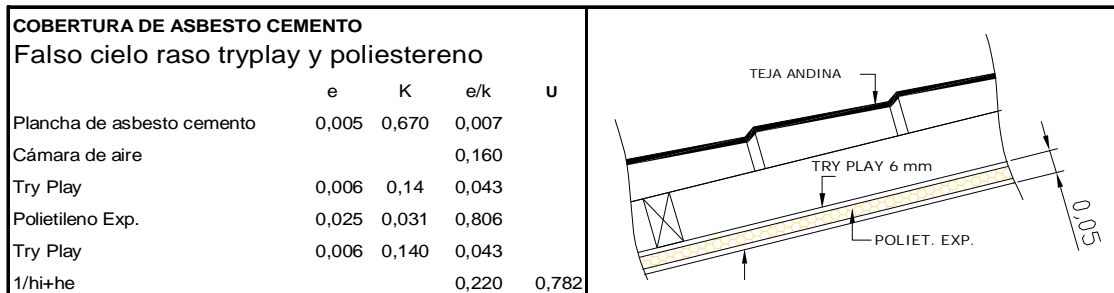
Fuente: elaboración propia

Fig. 106: Transmisión térmica U en techo liviano de asbesto cemento y cielo raso de caña



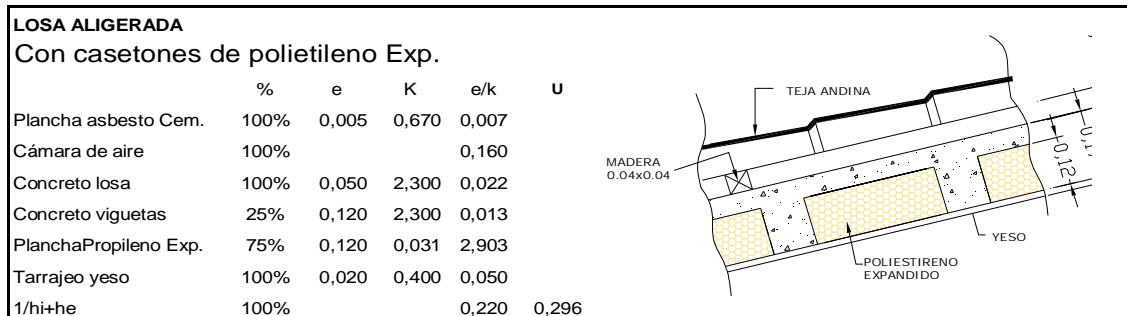
Fuente: elaboración propia

Fig. 107: Transmisión térmica U de techo liviano de asbesto cemento con cielo raso de tryplay y poliestireno



Fuente: elaboración propia

Fig. 108: Transmisión térmica U de losa aligerada con casetones de poliestireno expandido y cobertura de planchas de asbesto cemento

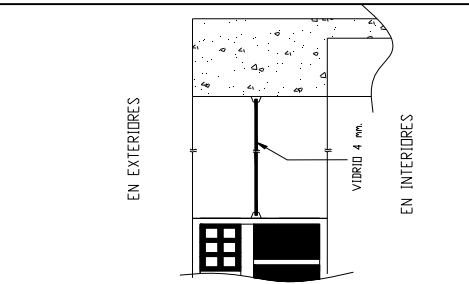


Fuente: elaboración propia

3.5.4 Vidriados

Fig. 109: Transmisión térmica de una sola capa de vidrio transparente

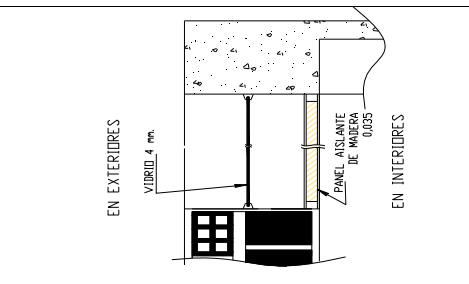
Vidrio vertical en una capa				
	e	K	e/k	U
Vidrio 3 mm	0.003	0.95	0.003	
1/hi+he			0.170	5.78



Fuente: elaboración propia

Fig. 110: vidrio transparente de una hoja de vidrio con contraventana

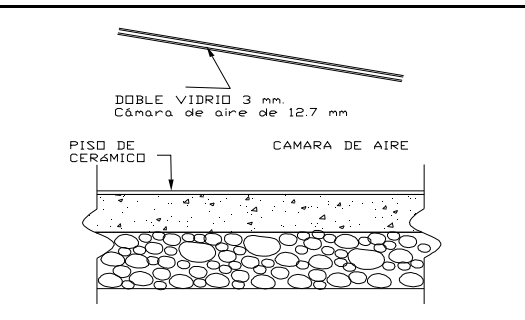
Un vidrio vertical + contraventana				
	e	K	e/k	U
Vidrio	0.003	0.95	0.003	
Camara de aire			0.160	
Madera	0.030	0.140	0.214	
1/hi+he			0.170	1.827



Fuente: elaboración propia

Fig. 111: Coeficiente de transferencia U del vidrio simple en el patio interior

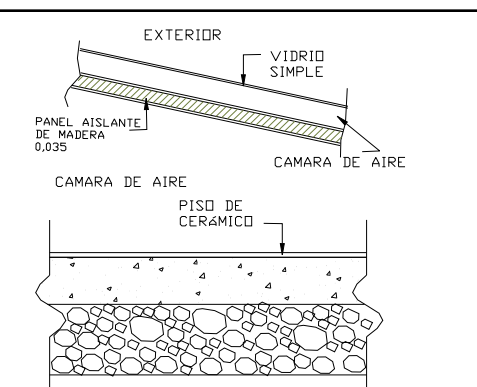
PATIO TECHADO				
Doble vidrio				
	e	K	e/k	U
Vidrio	0,003	0,920	0,003	
Cámara entre vidrios			0,140	
Vidrio doble			0,003	
1/hi+he			0,220	2,730



Fuente: elaboración propia

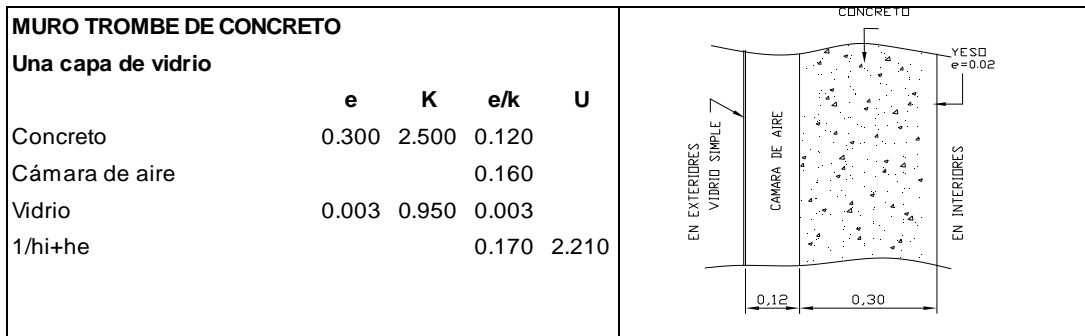
Fig. 112: Coeficiente de transferencia U en de un solo vidrio horizontal con contraventana

Patio de vivienda + contraventana				
Un solo vidrio				
	e	K	e/k	U
Vidrio	0.003	0.95	0.003	
Camara de aire			0.170	
Tryplay	0.006	0.950	0.006	
Poliestireno exp.	0.012	0.031	0.387	
Tryplay	0.006	0.950	0.006	
1/hi+he			0.220	1.261



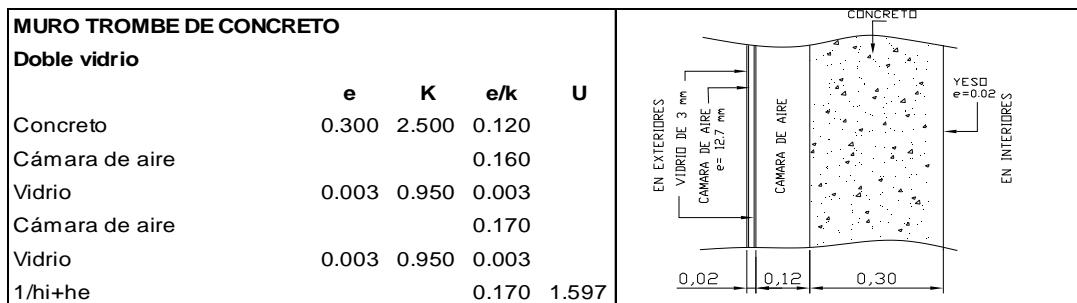
Fuente: elaboración propia

Fig. 113: Muro Trombe de concreto con una capa de vidrio



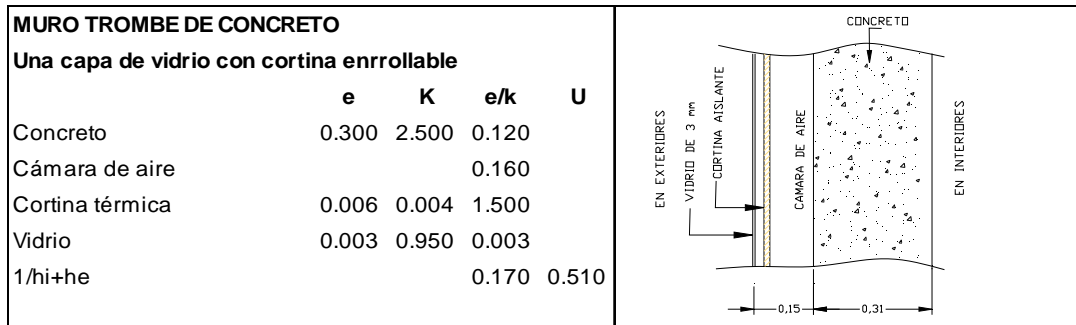
Fuente: elaboración propia

Fig. 114: Muro Trombe con doble vidrioado



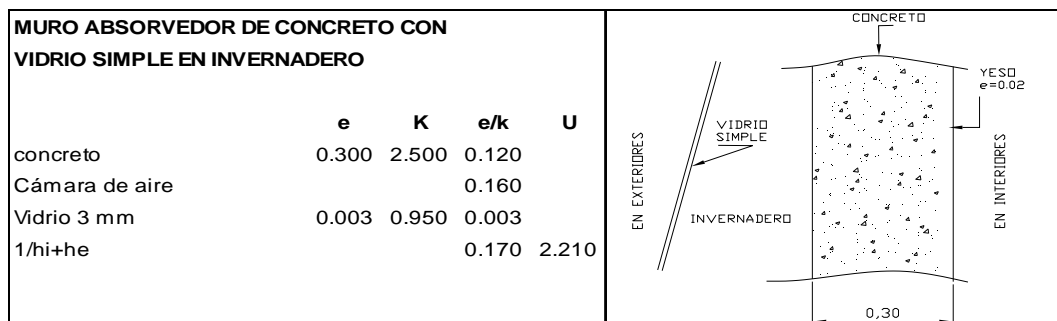
Fuente: elaboración propia

Fig. 115: Muro Trombe con cortina aislante



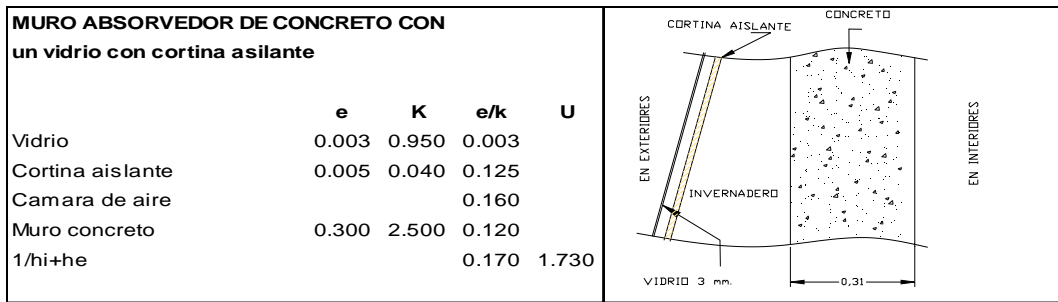
Fuente: elaboración propia

Fig. 116: Muro térmico absorbedor de invernadero



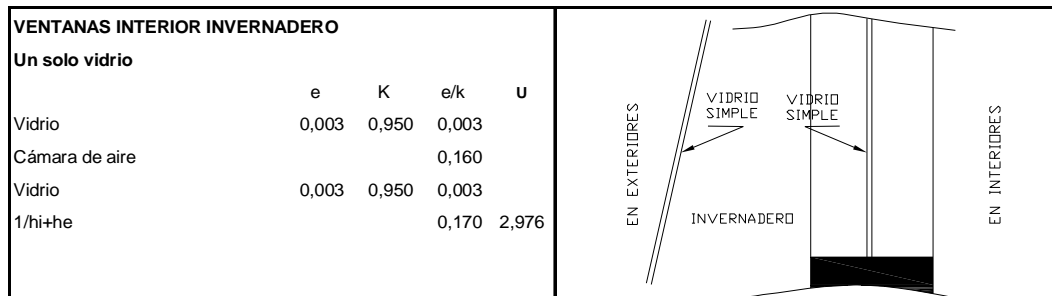
Fuente: elaboración propia

Fig. 117: Muro térmico absorbedor de invernadero con cortina aislante



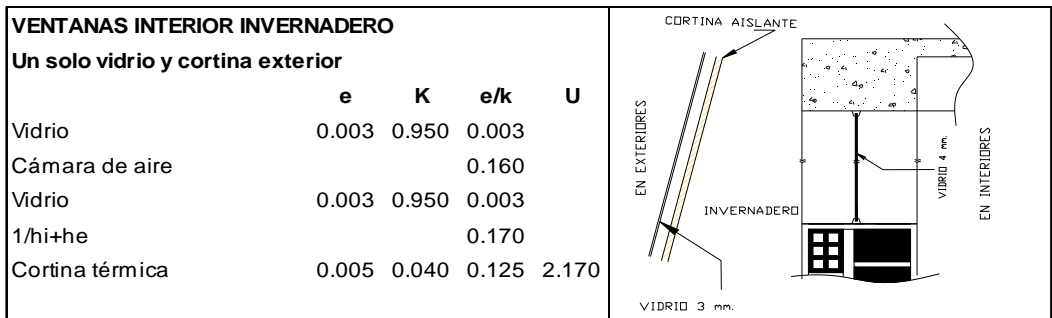
Fuente: elaboración propia

Fig. 118: Coeficiente de transferencia U de ventanas detrás del invernadero



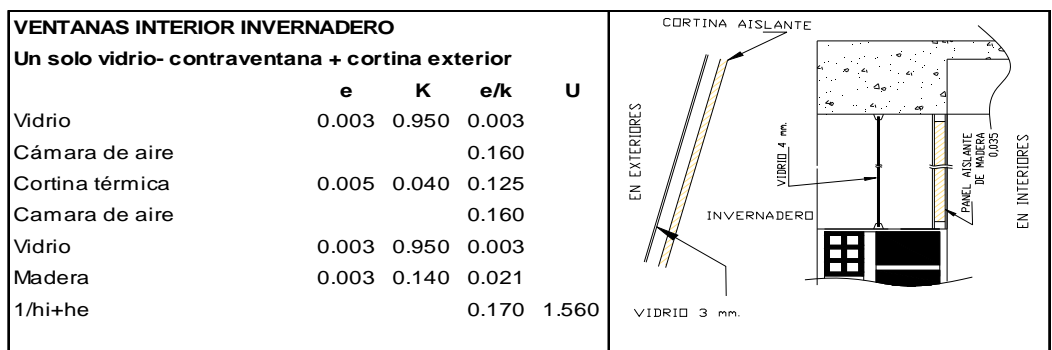
Fuente: elaboración propia

Fig. 119: Ventana al interior del invernadero con cortina aislante exterior



Fuente: elaboración propia

Fig. 120: Ventana de invernadero con contraventana y cortina aislante exterior



Fuente: elaboración propia

3.3.5 Discusión

Con respecto a la transferencia de calor de las figuras 93 a 120 de las superficies envolventes se argumenta: la temperatura de conductancia exterior $h_e=33.41 \text{ W/m}^2$ tomadas por Beltrán y Hertz, son demasiadas altas para Huaraz, son temperaturas para vientos promedio de 7 m/seg (ver Fig.35); en Huaraz el promedio de viento anual es de 1.3 m/seg y no pasa de 1.8 m/seg (ver tabla 40), por consiguiente, con la seguridad del caso, por ser más conservadores se toma los valores de la tabla 11 que son para vientos de 2.8 a 3.3 m/seg con un $h_e=12.5$ y 14.2 W/m^2 para superficies verticales y horizontales respectivamente.

La pérdida por conducción de los bordes del piso (sobrecimientos del perímetro) que Hertz da en la tabla 14 de 40 W/m y que Beltrán²¹⁰ utiliza en los cálculos son exagerados. La norma española indica que para soleras sin aislamiento térmico²¹¹ (a nivel del terreno o como máximo 0,50 m debajo de éste) se tomará el valor de 1.75 W/m^2 . Phillips²¹², recomienda tomar para las pérdidas de calor al perímetro al aire factor F de $1.2 \text{ Kcal/m}^2\text{C}$ ($1.39 \text{ W/m}^2\text{C}$) sin aislamiento, $0.83 \text{ Kcal/m}^2\text{C}$ ($0.96 \text{ W/m}^2\text{C}$).

El resultado de la Fig. 96, de 1.24 W/m , son en función a la Ecuación 47 y se aproxima al valor dado por Phillips; lo mismo sucede con el valor de la Fig. 94 de 0.36 W/m^2 que es similar al sugerido por Phillips de 0.31 W/m^2 . Para el cálculo de la transmisión por los pisos se recurrió a la ecuación 56, tomándose como temperatura interior 21°C y como exterior la temperatura ambiente por no tener mucha diferencia con la temperatura del suelo mostrada en la Fig.74.

El muro de la Fig. 100 tiene un coeficiente de transferencia menor que los muros de la Fig. 97, 98, 99 y 104; pero mayor que los de la Fig. 101, 102 y 103.

El muro de la Fig. 101, no es adecuado porque le falta densidad para una adecuada inercia térmica. Los de la Fig. 102 y 103 la tecnología es desconocida en Huaraz y el costo es elevado. Por tanto es mejor utilizar el de la Fig. 100 con $U=1.706 \text{ W/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$, similar al índice de la norma española de 1.80 ²¹³ y francesa²¹⁴ de 1,7 para

²¹⁰ Ob.cit.pag.147

²¹¹ Norma Básica NBE-CT-79.p.27

²¹² McPHILLIPS.Ob.cit.p.139

²¹³ NBE-CT-7, Ob cit.p.8 (Parte I-Articulado)

²¹⁴ Croiset, Ob.cit.p.83.

las zonas más templada. La Fig. 104 muestra el coeficiente de un muro de concreto que tiene buena conductividad y una masa densa para ser utilizado como muro térmico.

En coberturas, la Fig. 108 con $U= 0.30 \text{ W/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$, demuestra que al incluir casetones de propileno en vez de ladrillo hueco y cubrirlo con teja andina, el coeficiente de transmisión se reduce considerablemente en comparación con los mostrados en las figuras 105, 106 y 107; inclusive es menor que la norma española que establece como máximo 1.4 y la francesa de $1.2 \text{ W/m}^2\text{C}$.

Los coeficientes hallados para las superficies vidriadas de las figuras 109 y 111 son similares a las mostradas en la tabla 15. Cuando se usa contraventanas para aislamiento nocturno en las superficies vidriadas tal como lo muestra la Fig. 115, 117, 119 y 120 el coeficiente de transmisión se reduce considerablemente y por lo tanto también las pérdidas de calor.

3.6 SISTEMAS SOLARES PASIVOS EN HUARAZ

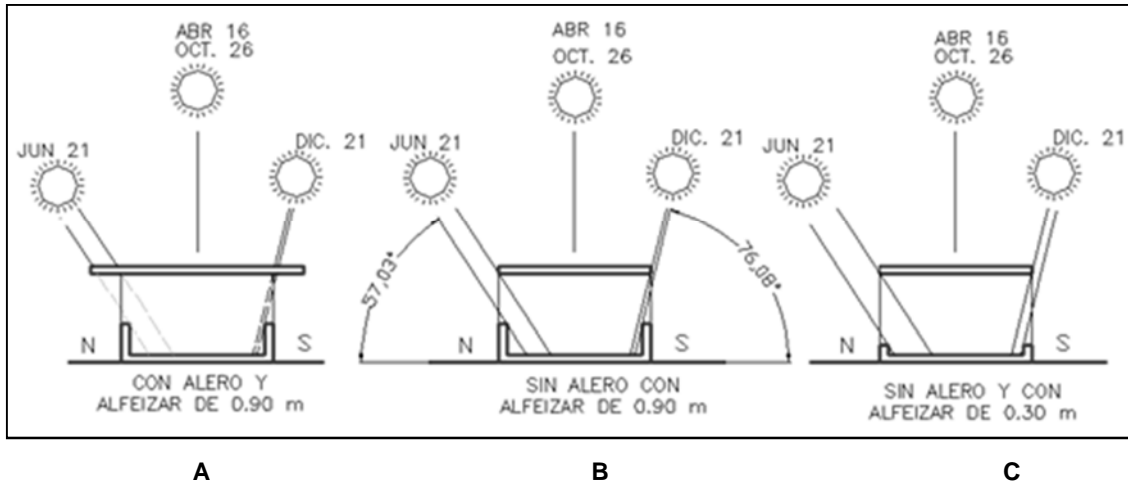
3.6.1 Sistema solar pasivo directo

El largo de los aleros y el alto de la ventana reducen el ingreso del Sol a las viviendas en Huaraz así como el desfaseamiento de bloques, por lo que es recomendable, incrementar el alto de las ventanas, eliminar los aleros y en lo posible diseñar fachadas más o menos rectas sin quiebres excesivos.

Para el caso en estudio, el asolamiento por ventanas orientadas al Norte y Sur es bastante bajo, con alero de 1.00 m prácticamente no ingresa Sol a los ambientes durante todo el año (Fig. 121 A). Cuando no se tiene alero y la ventana tiene un alfeizar de 0.90 metros, en junio ingresa algo de Sol (Fig. 121 B), que se incrementa si se reduce el alfeizar (Fig. 221 C). Realmente por el Norte, en el mes de junio, que es el más favorable, ingresa un poco de Sol a las habitaciones y en el mes de diciembre, prácticamente no ingresa nada.

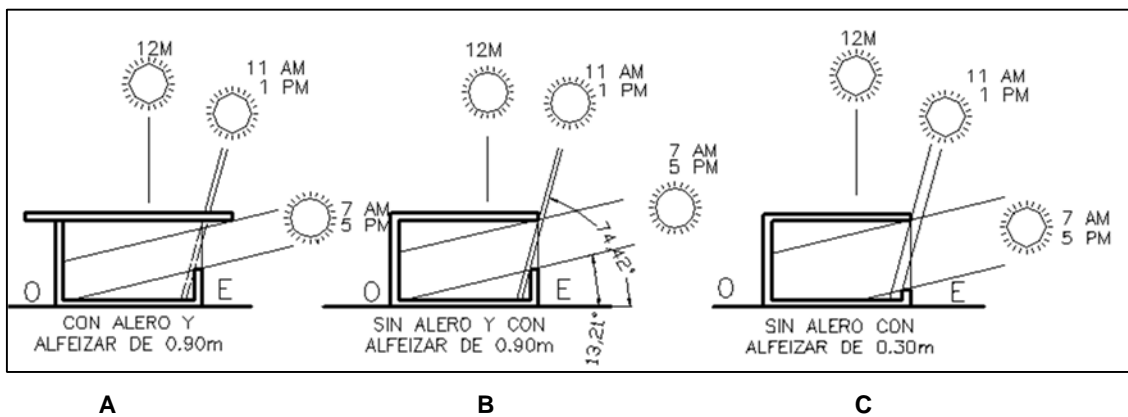
También si se orientan las ventanas al Este u Oeste, cuando existen aleros, se restringe el ingreso del Sol (Fig. 122 A), que se incrementa cuando no se utiliza éste y se reduce la altura del alfeizar, pudiendo ingresar el Sol desde las 6 AM a 11 AM por las mañanas y de 1 PM a 5 PM por las tardes; a medio día no ingresa los rayos solares (Fig. 122 A, B y C).

Fig. 121: Ingreso del sol por ventanas orientadas al Norte y Sur al medio día en los meses de diciembre, junio, abril y octubre en Huaraz.



Fuente: elaboración propia

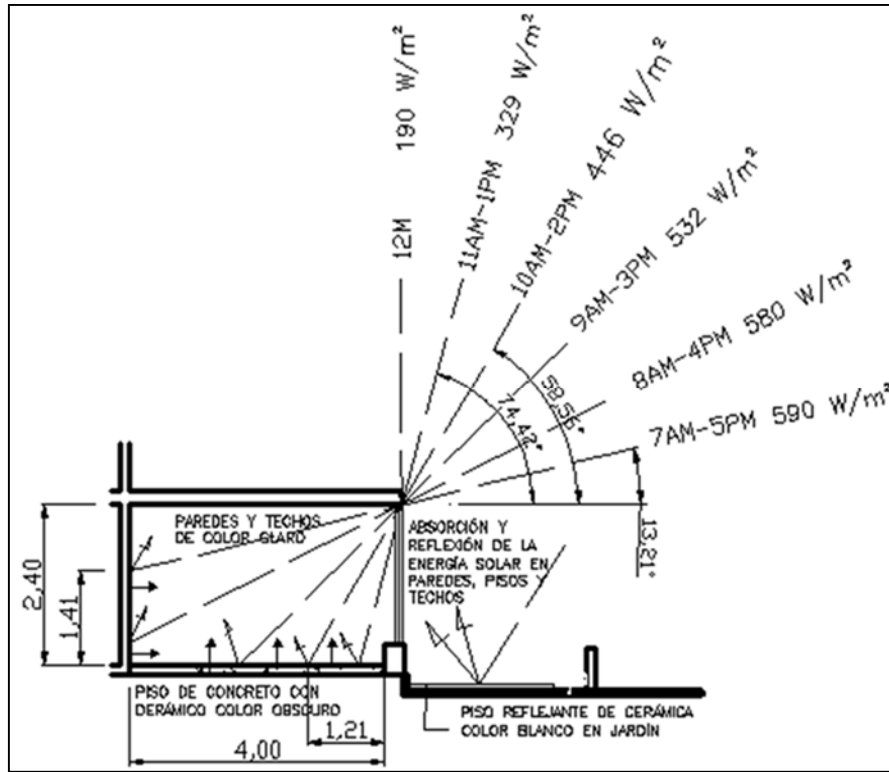
Fig. 122: Ingreso del sol por ventanas orientadas al Este y Oeste en abril o agosto en Huaraz



Fuente: elaboración propia

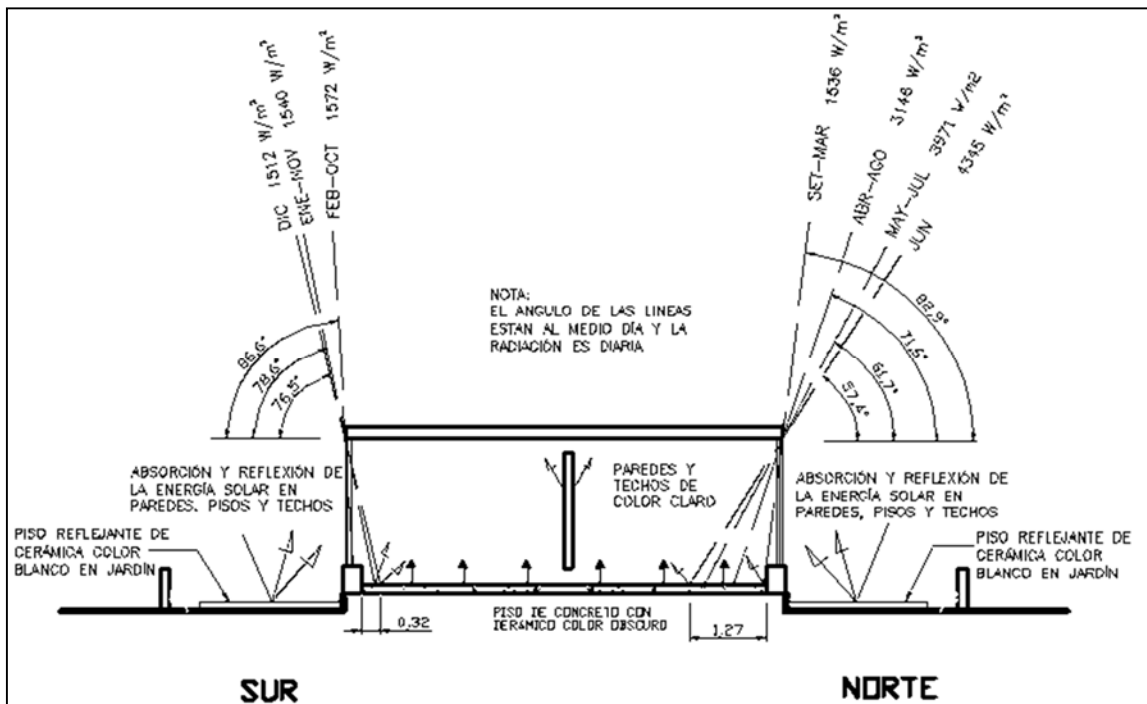
En la Fig. 123, se muestra el ingreso del Sol al interior de una habitación orientada al Este o al Oeste en la ciudad de Huaraz. Se percibe que la radiación solar ingresa por el Este a las habitaciones desde la 7 AM hasta las 11 AM y por el Oeste desde las 2 PM, ingresando muy poco entre las 11 a 2 PM. Existe un mayor rendimiento en el mes de Diciembre. El Sol ingresa por el Este al interior de un ambiente por las mañanas muy bien entre las 7 AM a la 11 A.M con ángulos de altura solar entre los 13.8° a 74.5°. El sol ingresa a la 7 AM hasta el fondo del muro en una habitación de 4 m de largo por 2.40 m de alto, asoleando el muro del fondo hasta una altura de 1.41 m. Por tanto esta orientación es bastante recomendable. Se puede incrementar la radiación utilizando el piso como superficie reflejante al cubrirlo con cerámicas claras.

Fig. 123: Ingreso de la radiación solar por ventanas orientadas al Este u Oeste en el mes de abril en Huaraz.



Fuente: elaboración propia

Fig. 124: Ingreso de la radiación solar en ventanas orientadas al Sur y Norte al medio día durante todos los meses del año en Huaraz

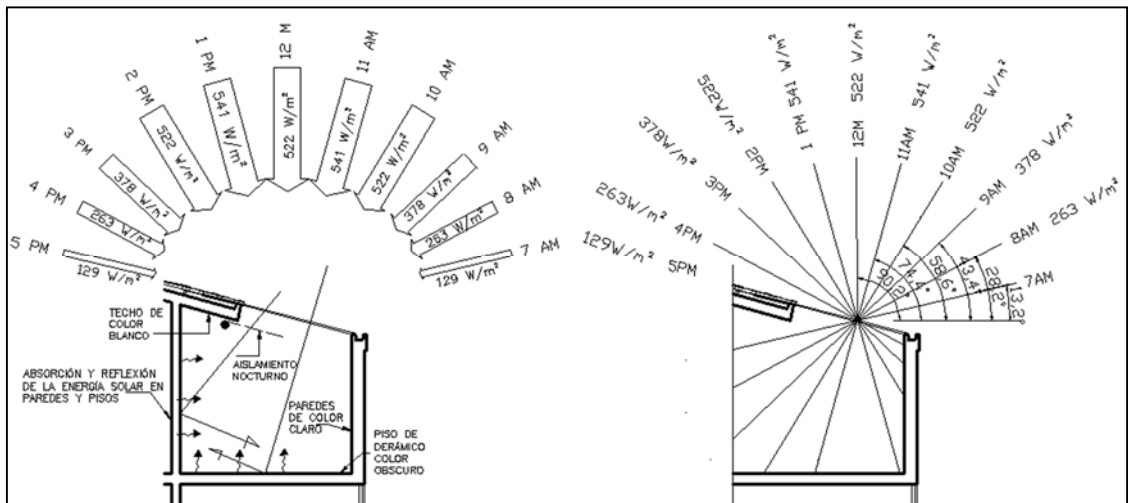


Fuente: elaboración propia

En la Fig. 124 se analiza las ventanas orientadas al Norte y Sur en el medio día por cada mes y la radiación promedio diario que recibe la fachada en una habitación de 2.40 m de alto que contiene una ventana de 2 m de alto. Se desprende que durante siete meses, entre abril a setiembre, el Sol incide por el Norte, con ángulos entre 57.4° a 82.9°, muy poca radiación ingresa por esta orientación, salvo el mes de mayo, junio y julio, en que el Sol recorre el firmamento inclinado más por el Norte; en junio, apenas el Sol ingresa al piso hasta 1.27 m desde el borde de la ventana al interior de la habitación, no llegando a calentar los muros más alejados. Por el Sur, la radiación solar incide durante 5 meses, de octubre a febrero, con ángulos entre 76.5° a 86.6°, ingresando muy poco Sol por la ventana, siendo la posición más negativa.

Los lucernarios o teatinas, para la localidad de Huaraz no son recomendables, porque impiden el ingreso del Sol, por el contrario los tragaluces (claraboyas) tienen mejor performance térmico al dejar ingresar los rayos solares al interior. La Fig. 125 muestra el ingreso de la radiación horizontal por medio de una claraboya, donde la mayor incidencia del Sol es entre las 9 AM a 3 PM, ingresando profundamente. El problema es que no se puede utilizar en espacios habitables por el excesivo deslumbramiento que provocan, se recomienda utilizarlos en espacios no habitables como corredores, servicios higiénicos, vestíbulos, depósitos, escaleras y otros. Para no perder calor durante las noches se recomienda utilizar aislamiento móvil.

Fig. 125: Ingreso de la radiación solar horizontal por tragaluces y ángulos de incidencia en el mes de abril en Huaraz

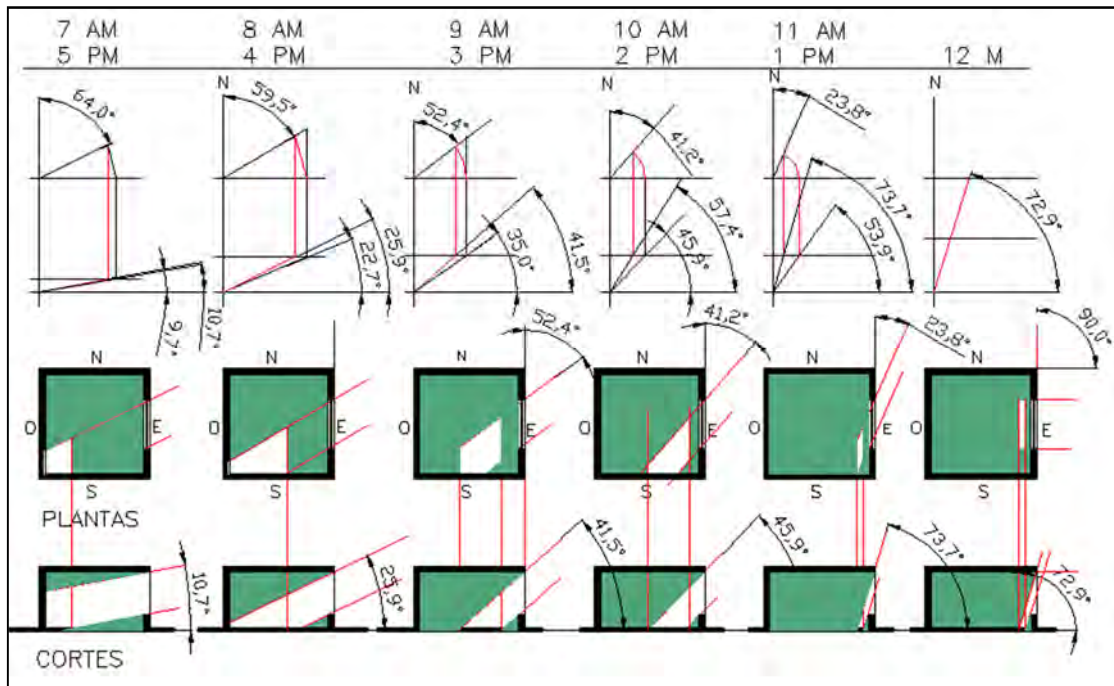


Fuente: elaboración propia

En la Fig. 126 y 127, se percibe el ingreso de la radiación solar en una habitación en el mes de junio y diciembre cuando con orientación al Este (u Oeste). La habitación

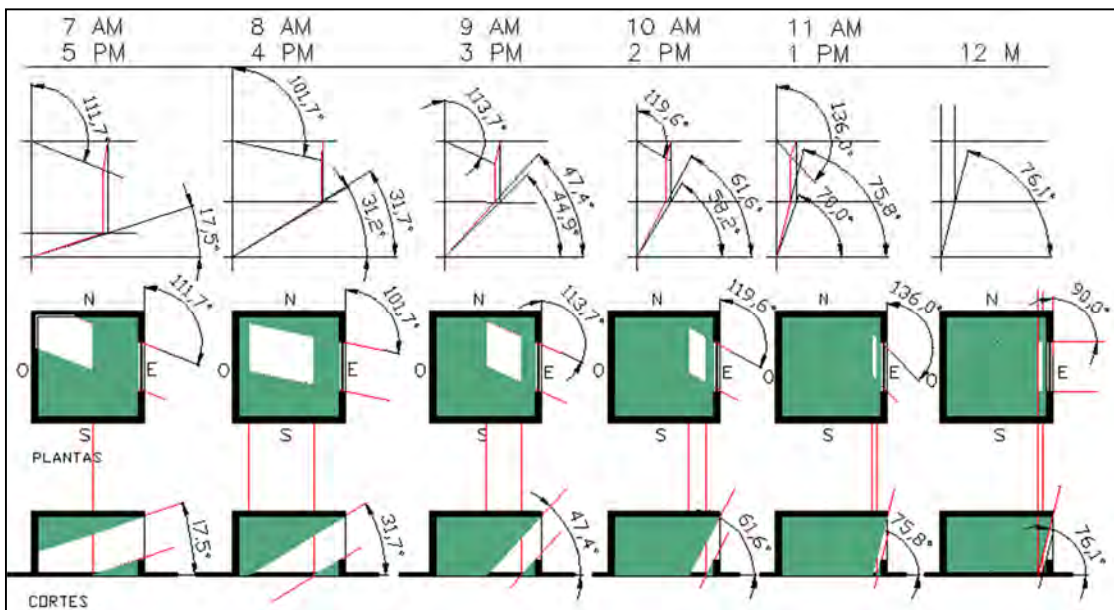
es de 4 x 4 m. de piso x 2.40 m. de alto, con una ventana de 2 x 2 m, que representa el 25% del área del piso. De 7 A.M. a 10 AM y de 2 PM a 5 P.M. ingresa más cantidad de radiación solar y de 10 A.M. a 2 PM penetra muy poco. En diciembre penetra mejor la radiación solar que en junio.

Fig. 126: Ingreso de la radiación solar por ventanas de las viviendas orientadas al Este u Oeste en el mes de junio en una habitación de 4x4 m



Fuente: elaboración propia

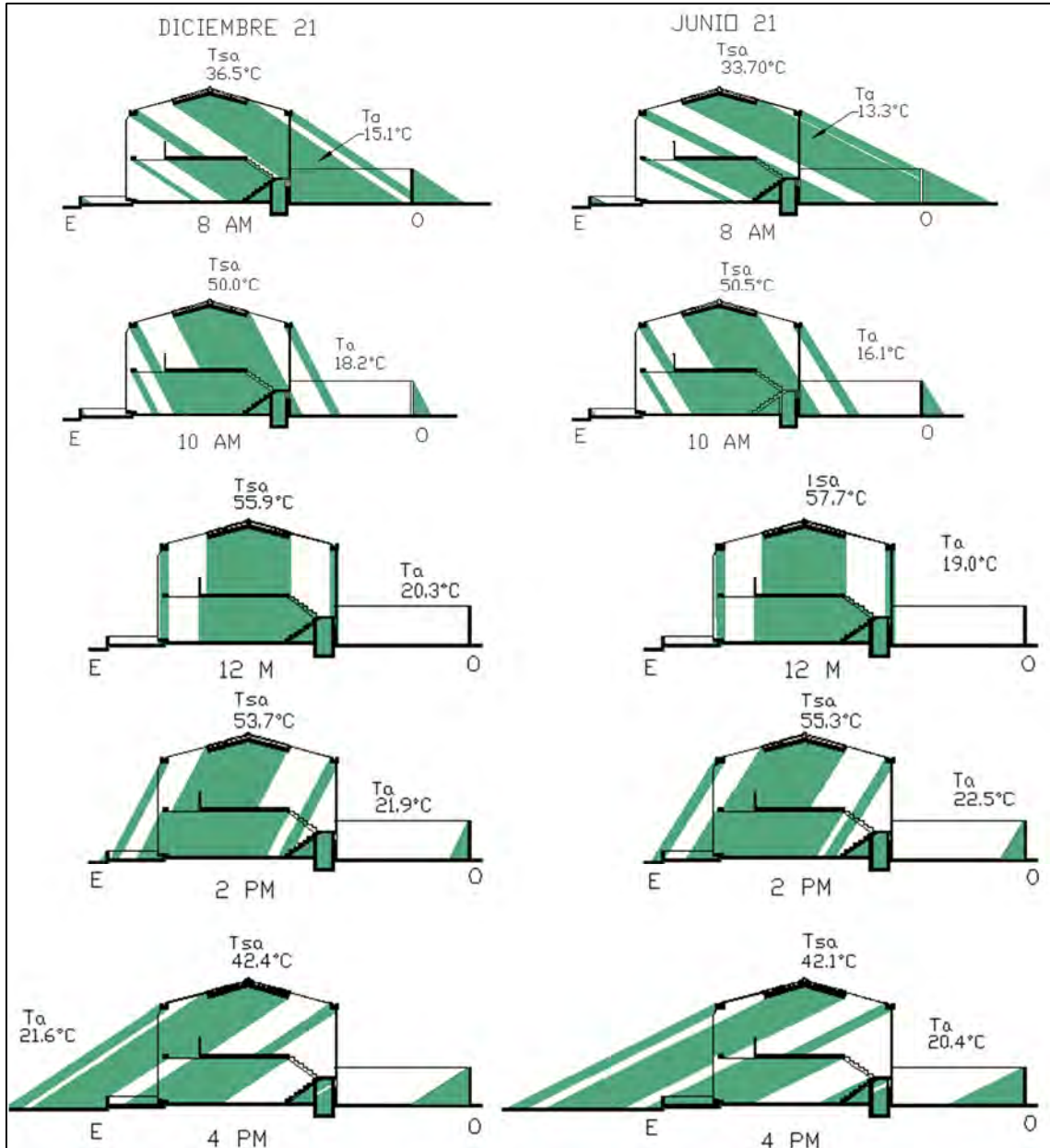
Fig. 127: Ingreso de la radiación solar por ventanas de las viviendas orientadas al Este u Oeste en el mes de diciembre en una habitación de 4x4 m



Fuente: elaboración propia

Para calentar mejor una vivienda por radiación directa, es conveniente utilizar simultáneamente ventanas y claraboyas, de tal manera que exista un espacio distribuidor de calor horizontal y vertical en ambos extremos de las fachadas (Fig.128)

Fig. 128: Ingreso de la radiación solar por ventanas y claraboyas, indicando temperaturas exteriores en una vivienda orientada al Este u Oeste en junio y diciembre



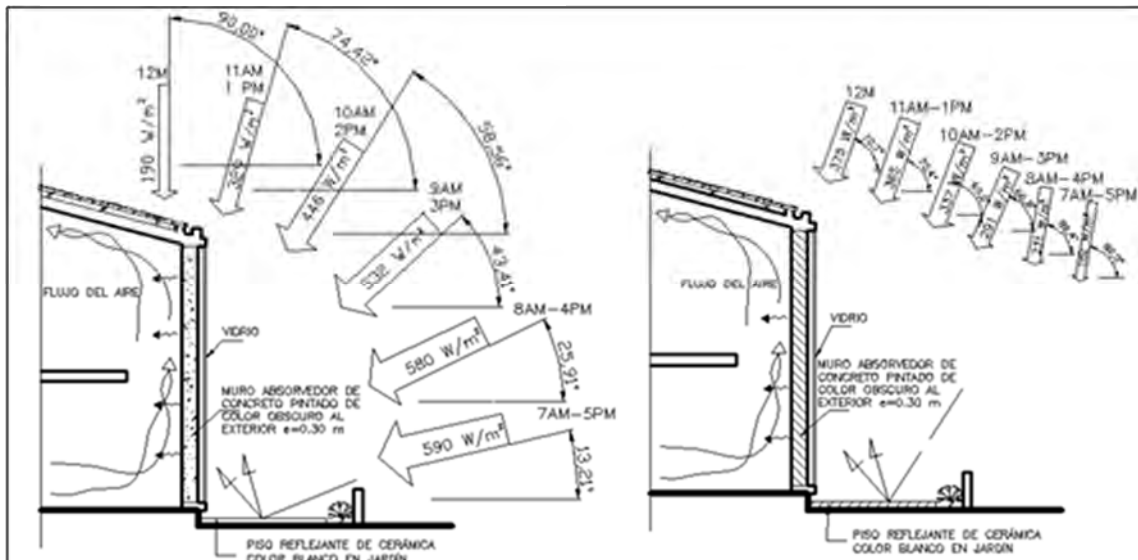
Fuente: elaboración propia

3.6.2 Sistema solar pasivo indirecto – Muro Trombe

En Huaraz, es indudable, que un sistema directo calienta un espacio interior cuando la superficie de captación se orienta al Este u Oeste; entonces, también un muro Trombe puede trabajar adecuadamente por las mañanas o tardes.

Fig. 130: Radiación solar incidente sobre un muro térmico no ventilado orientado al Este-Oeste en el mes de abril o agosto

Fig. 129: Radiación solar incidente sobre un muro térmico no ventilado orientado al Norte en el mes de abril o agosto.

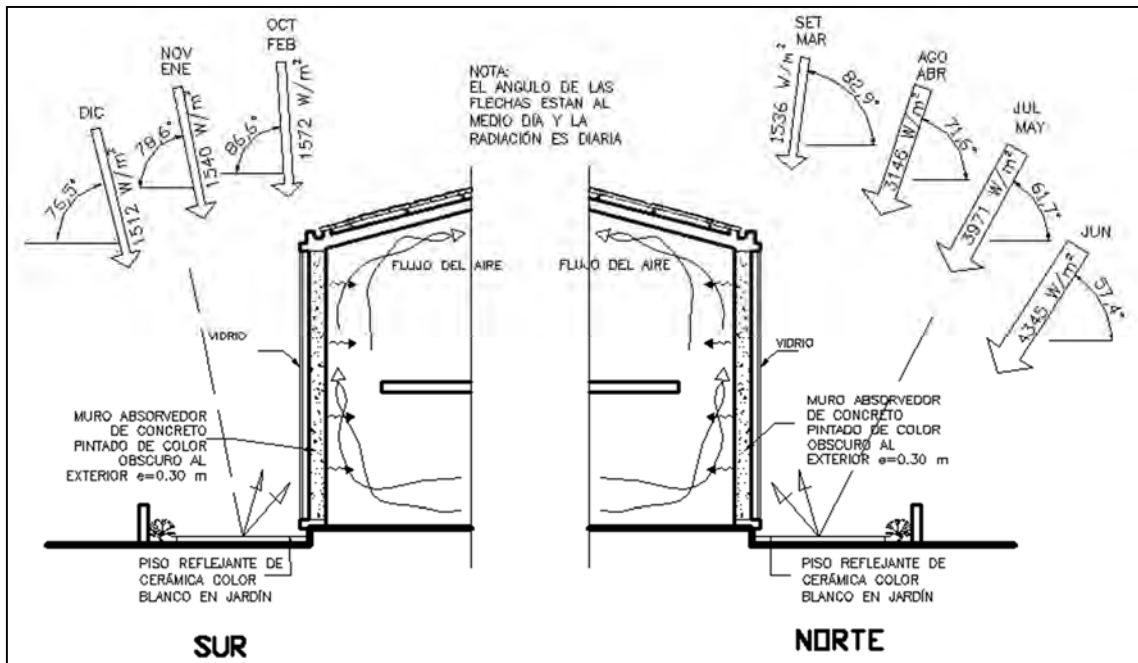


Fuente: elaboración propia

En la Fig. 129, cuando un muro térmico, se orienta al Este-Oeste, los rayos solares inciden por la mañana entre las 7 AM a 11 AM y por las tardes desde la 1 a las 5 PM, en un promedio de 5 horas diarias el Este u Oeste durante todo el año con una radiación de alrededor de 2650 W/m² por día, energía suficiente para elevar la temperatura del muro a más de 50°C durante ese lapso. Nótese, que en las horas de 7 a 9 AM incide la mayor cantidad de energía con el 1702 W/m² por día, que representa el 67% del total; para coadyuvar a ingresar la radiación solar, debe añadirse en el retiro delantero un piso de cerámica blanca como superficie reflejante de los rayos solares.

La Fig. 130, muestra que cuando el muro se orienta al Norte en el mes de abril o agosto, prácticamente la radiación es casi vertical y el sistema actúa muy poco. En la Fig. 131 se percibe que el mes de junio, en un muro al Norte, incide mejor la energía solar, con 4345 w/m² día, decreciendo en mayo-julio a 3971, en abril-agosto a 3146 y en marzo-septiembre a 1536, no ingresando casi el Sol en esa orientación el resto de meses. Sin embargo, los meses de diciembre, enero, febrero, octubre y noviembre reciben energía solar por el Sur; pero en cantidades reducidas entre 1572 y 1590 W/m² °C día, siendo una orientación no recomendada.

Fig. 131: Radiación solar promedio diario que llega a un muro térmico por el Norte y/o Sur durante todos los meses del año (Las flechas están con el ángulo al medio día)



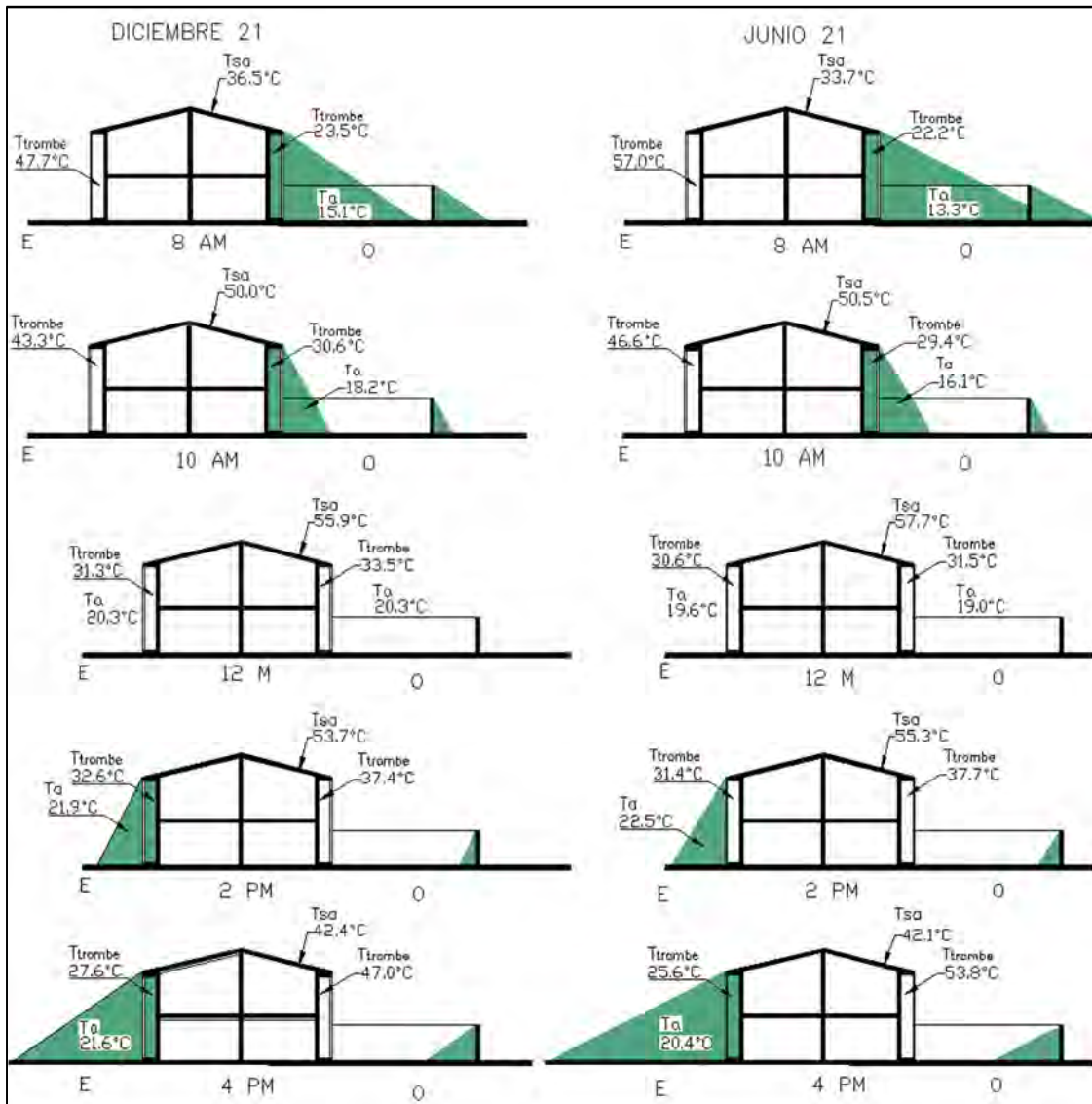
Fuente: elaboración propia

En la Fig. 132 se analiza el asoleamiento y las temperaturas que alcanza un muro Trombe orientado al Este y Oeste en los meses de junio y diciembre; es notorio que las temperaturas interiores entre el muro y vidriado son superiores que la temperatura ambiente, aun cuando está sombreado.

Cuando los muros térmicos se disponen en orientación Norte-Sur, sólo se recibe regular radiación vertical al día durante 5 meses, de abril a agosto, con máxima incidencia en junio; pero, al no haber obstrucciones de muros, parapetos y techos como sucede en las ventanas, se capta mejor la energía solar que éstas. Por tanto, puede ser un buen complemento para un sistema solar pasivo directo.

El marco teórico indica que debe colocarse en muros térmicos, doble vidriado en cualquier clima y que no es necesario elementos de control nocturno en climas templados como cortinas enrollables o contra ventanas aislantes. El muro más adecuado es el de concreto armado por sus características térmicas de densidad y conducción.

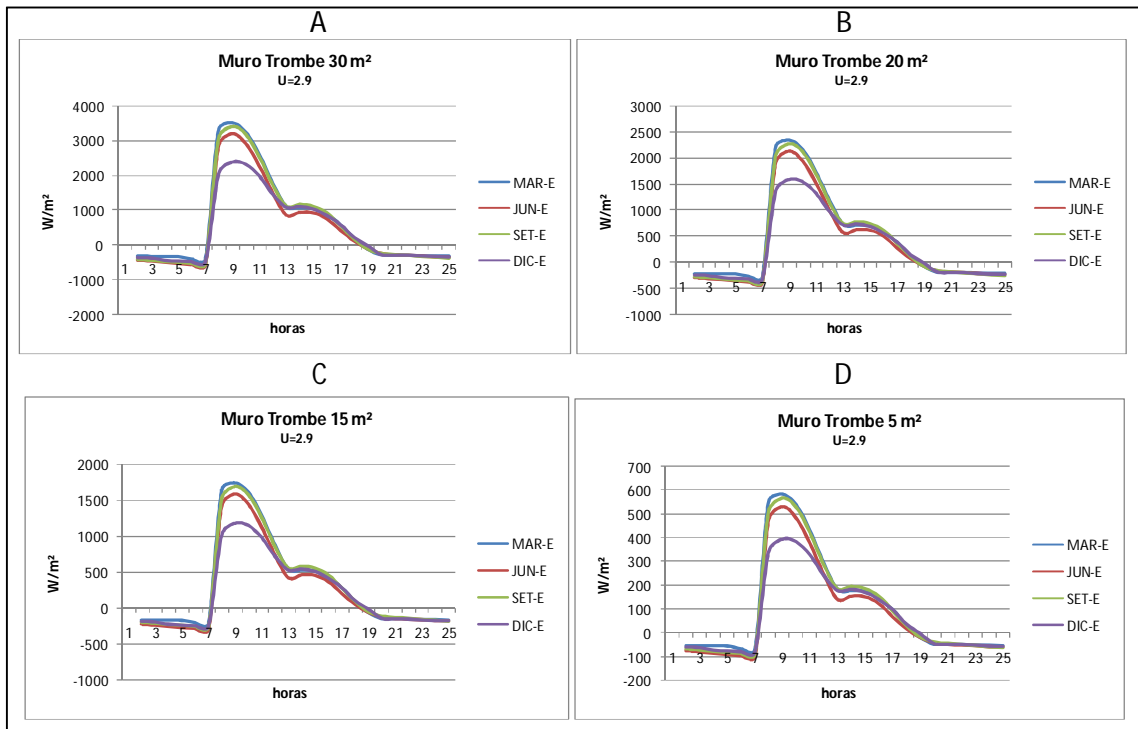
Fig. 132: Sombras y temperaturas exteriores en una vivienda con muro Trombe al E-O



Fuente: elaboración propia

Para el cálculo del flujo de calor de muros Trombe orientados al Este u Oeste en la ciudad de Huaraz que se muestra en la Fig. 133, se ha utilizado la Ecuación 2, para todos los casos los muros térmicos son concreto armado de gran densidad, con $U=2.90$ para un espesor de 0.30 m, con alternativas tamaño de 30, 20, 15 y 5 m². Se utiliza un sólo vidriado. En cada tamaño se ha calculado el flujo de calor para los meses de marzo, junio, setiembre y diciembre.

Fig. 133: Flujo de calor por muros Trombe orientados el Este u Oeste



Fuente: Elaboración propia

3.6.3 Sistema solar pasivo independiente (Invernadero)

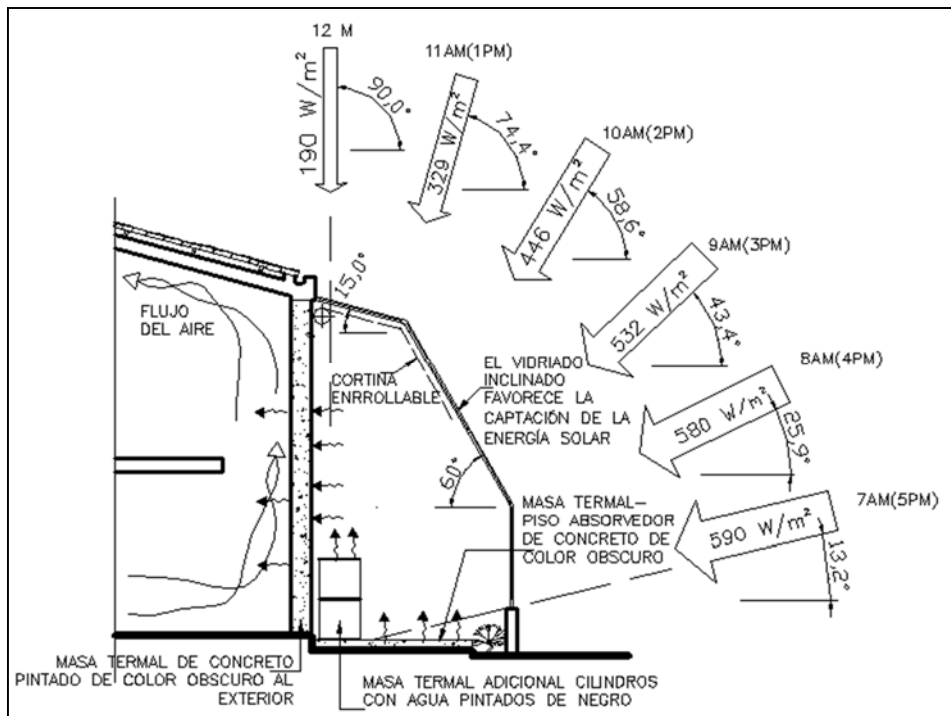
Básicamente, la luz del Sol se absorbe en la pared de atrás del invernadero, la que es calentada y una porción de ese calor es cedido al interior del edificio. En este sentido, el invernadero adjunto es simplemente un sistema de pared de almacenamiento termal expandido con algunos metros de ancho, lo suficiente para cultivar plantas.

En la Fig. 134, se demuestra que la masa vertical del muro del invernadero orientado al Este u Oeste tiene un buen comportamiento térmico durante todo el año, puede captar más de 2667 W / m² por día, si se suma la cantidad de energía recibida tanto al Este y Oeste en el día por muros colocados en ambos frentes, este valor se duplica llegando a 5334 W/m²°C día. La ventaja que tiene un invernadero sobre las ventanas y muros térmicos, es que cuenta con una masa térmica adicional en el piso que capta un promedio de 2250 W/m²°C al día ya sea la del Este u Oeste, que es el 50% del total de la radiación Horizontal.

La forma del vidriado (inclinación), permite captar mejor la energía solar incidente sobre el muro térmico adyacente que absorbe, almacena y transmite por conducción el calor a los espacios habitables. Se suma una masa adicional térmica en base a

cilindros de agua pintados de negro para compensar las áreas de ventanas que se abren hacia el invernadero. El piso debe ser de concreto revestidos con cerámicas de color negro. Para evitar las pérdidas nocturnas es adecuado que exista una cortina enrollable de control accionada por los usuarios. Generalmente, los aportes solares e interiores, elevan la temperatura del invernadero por encima de la media exterior, según el momento puede subir entre 5 a 20°C sobre el exterior.

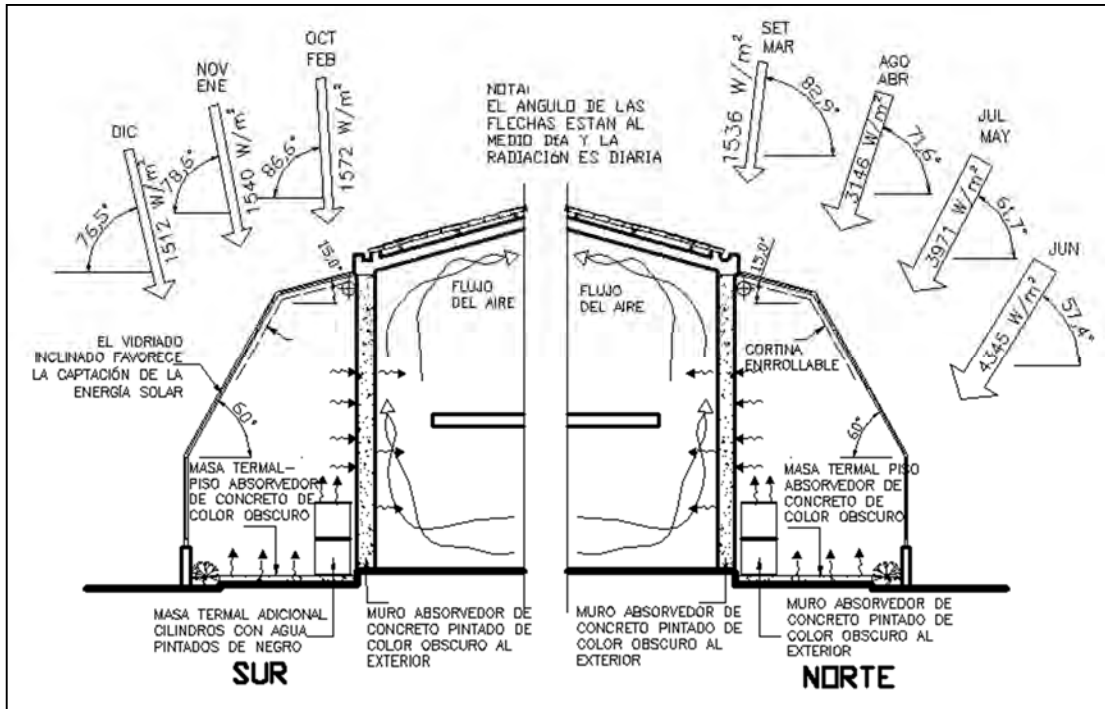
Fig. 134: Radiación solar recibida por el captador vertical de un invernadero el mes de abril o agosto orientado al Este (Oeste)



Fuente: elaboración propia

De acuerdo con la Fig. 135, cuando el invernadero se orienta la Norte, el vidrioado capta mejor la energía solar que cuando se orienta al Sur, sobre todo en los meses de abril a agosto con valores entre 3140 a 4345 W/m²°C por día; pero en forma casi vertical que hace perder bastante radiación por reflexión; el resto de meses del año tanto al Norte como al Sur se capta entre 1512 a 1572 W/m²°C/día, cantidad de radiación bastante baja y casi perpendicular que no calienta prácticamente los muros interiores. La masa de los pisos en la orientación Norte capta la radiación en forma horizontal con un promedio de 5500 W/m²°C al día durante los meses de marzo a septiembre y al Sur entre octubre a febrero.

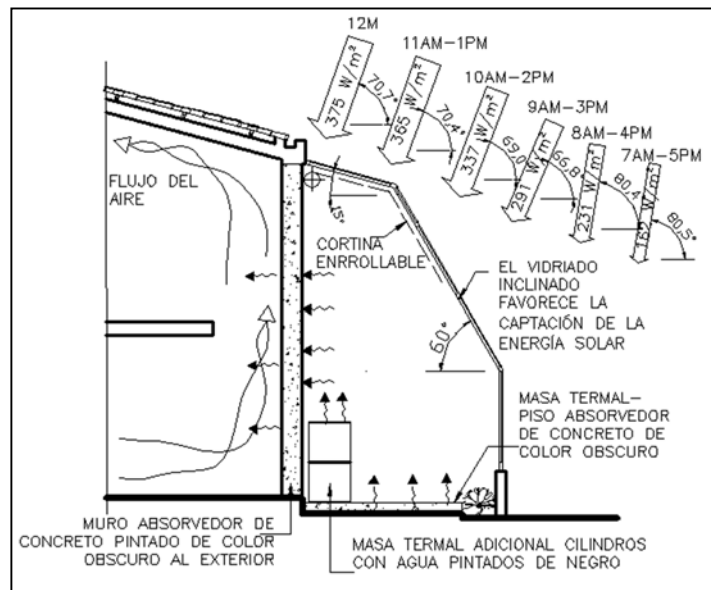
Fig. 135. Radiación solar diaria mensual recibida por muros orientados al Norte y Sur (El ángulo de las flechas están referidas al medio día)



Fuente: elaboración propia

El problema en general es que por la incidencia casi perpendicular de los rayos solares, no calienta mucho el muro térmico adyacente, el que por radiación transmite el calor a los ambientes, que es el fundamento de este tipo de sistema solar pasivo; por tanto, el rendimiento del invernadero decrece.

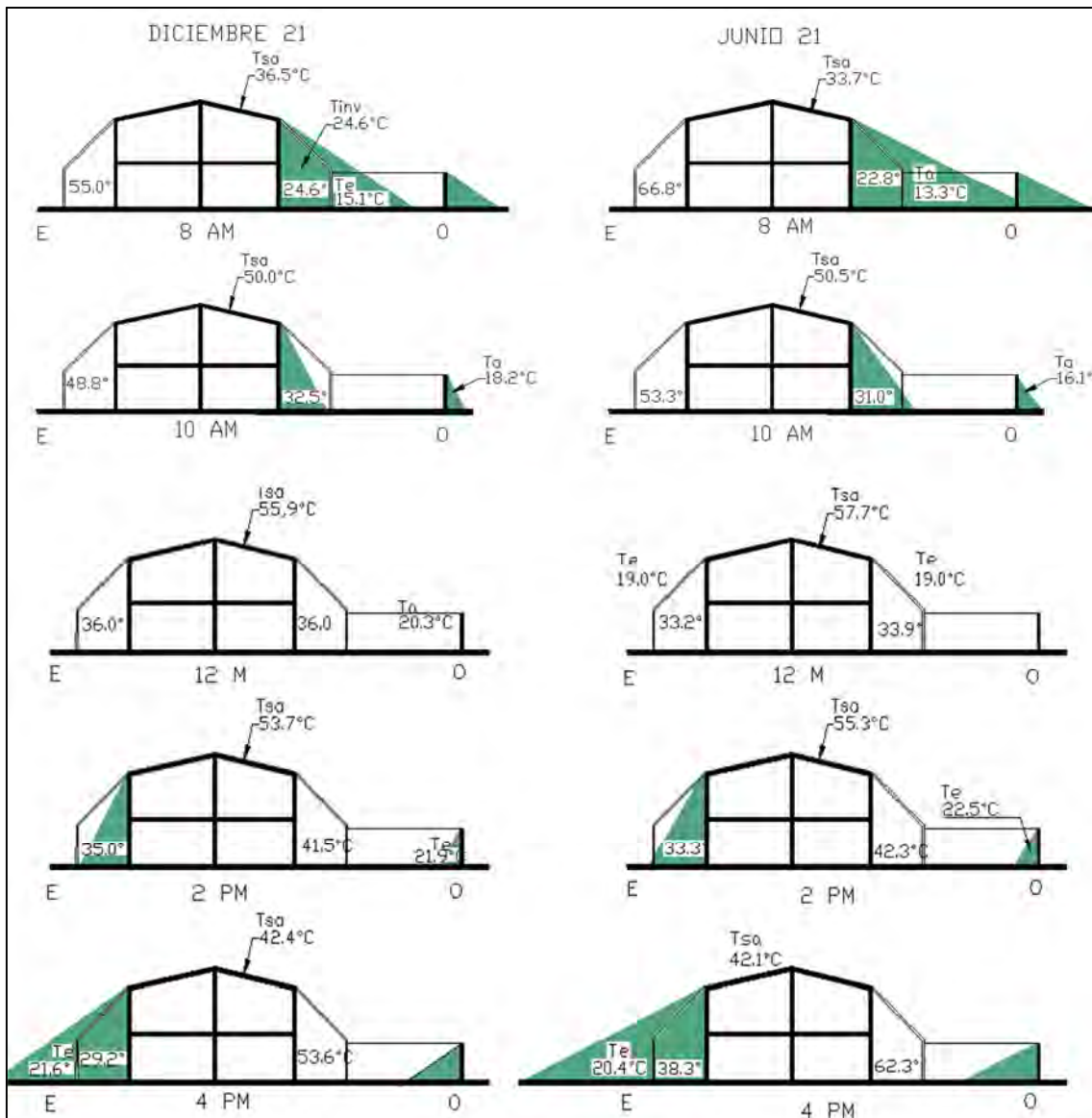
Fig. 136: Radiación solar por hora recibida por un muro absorbedor vertical de un invernadero, en día en del mes de abril o agosto orientado al Norte



Fuente: elaboración propia

En la Fig. 136, se aprecia que el invernadero orientado al Norte en el mes de abril como en los meses de mayo, junio, julio y agosto, es factible que el invernadero también funcione, toda vez que la radiación horizontal que incide en los pisos y la masa térmica de los cilindros son calentadas y ceden el calor absorbido y almacenado al invernadero por convección, que a su vez cede el calor por las ventanas a los ambientes interiores, la energía solar que llega al piso es de 3147 W/m² al día.

Fig. 137: Sombras y temperaturas exteriores en una vivienda con invernaderos en ambas fachadas en junio y diciembre orientada al Este u Oeste

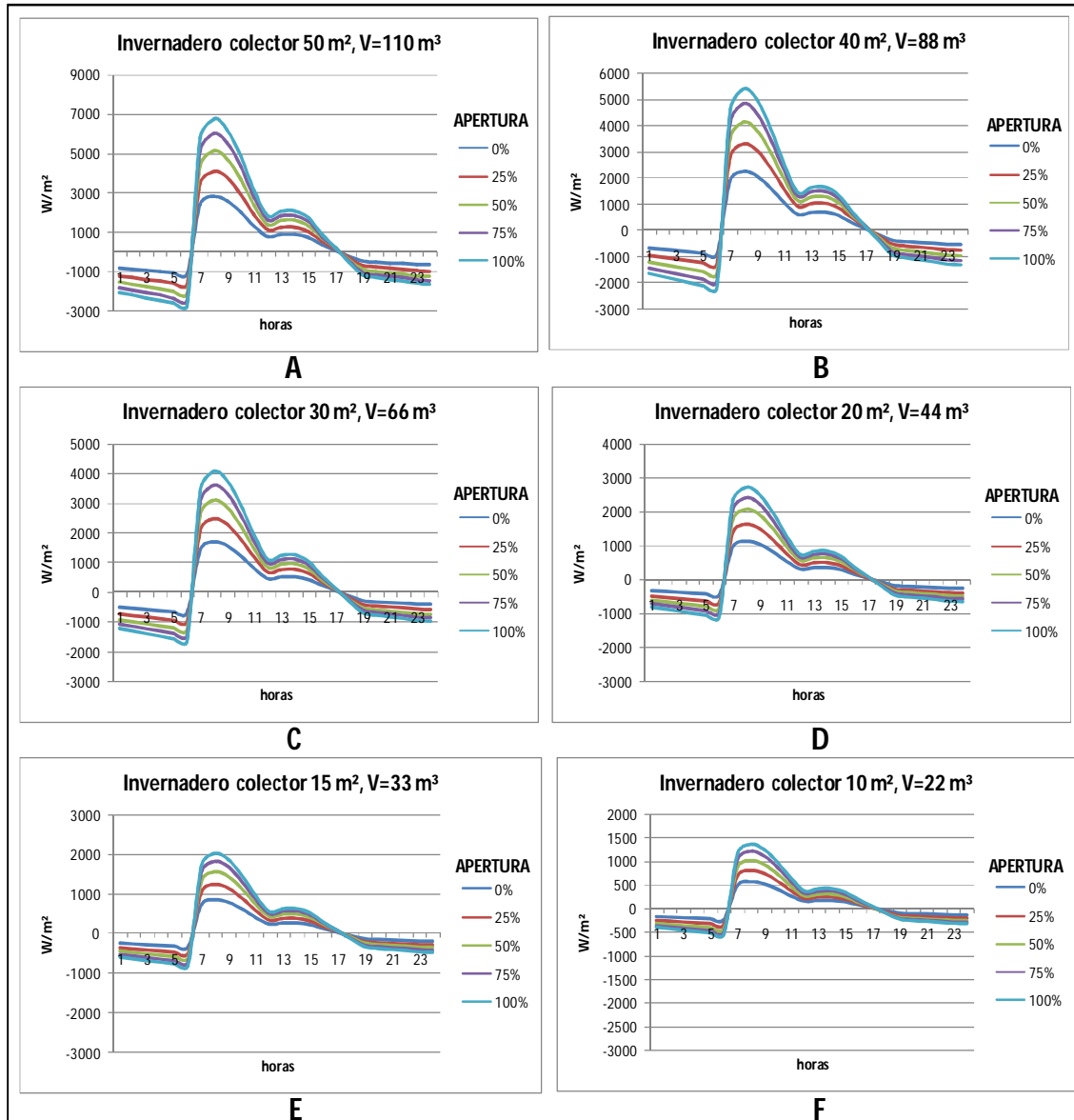


Fuente: elaboración propia

En el caso de Huaraz, es conveniente distribuir dos invernaderos, uno orientado al Este para captar la energía solar por las mañanas y otro al Oeste para hacerlos por las tardes. Los invernaderos tienen la ventaja sobre los muros térmicos de que pueden

captar energía solar en la masa adicional de los pisos y cilindros de agua aun pasado el mediodía por sus vitrales que miran al horizonte y calentar el aire por lo menos una a dos horas más. En la Fig. 137 se analiza el ingreso de la radiación solar por los invernaderos situados el Este y Oeste en los meses de junio y diciembre, se muestran las temperaturas alcanzadas en diferente horario.

Fig. 138: Flujo de calor en Invernaderos orientados al Este u Oeste en Huaraz de diferentes proporciones



Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo del flujo de calor de invernaderos orientados al Este u Oeste en la ciudad de Huaraz que se muestra en la Fig. 138, se ha utilizado la Ecuación 2, para todos los casos los muros adsorbedores son de ladrillo macizo con $U=1.65$, y con alternativas de aperturas de puertas y ventanas del 0%, 25%, 50%, 75% y 100% del

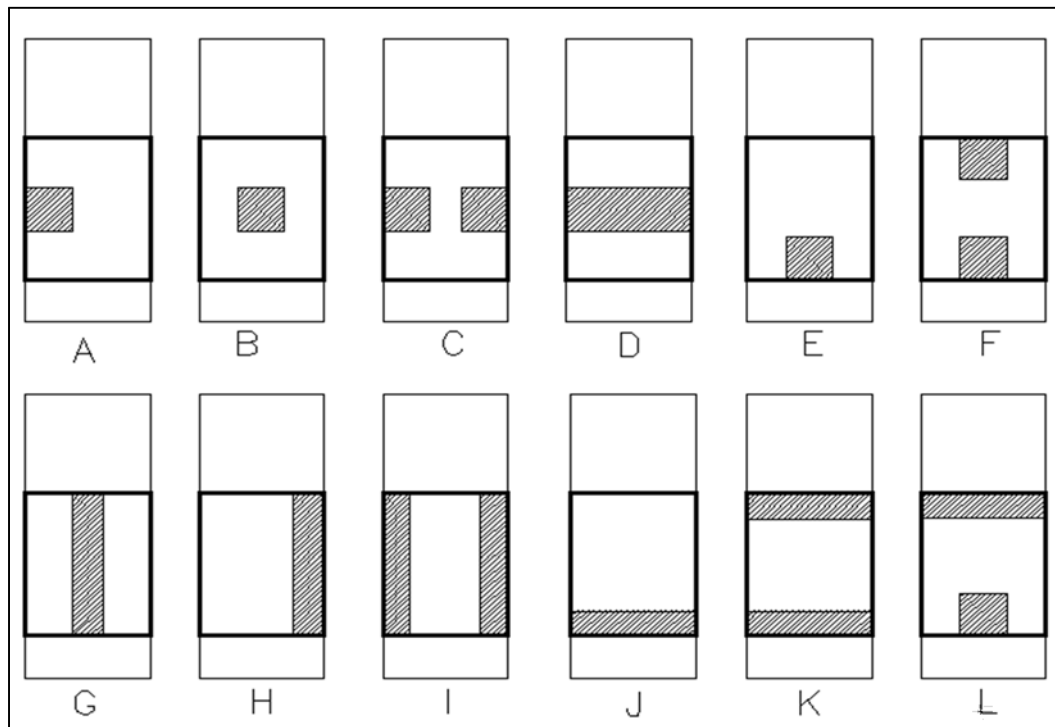
total de muros que encierran el espacio en forma vertical; la altura del invernadero se ha considerado 5.20 m para ser utilizados en una vivienda de dos niveles. Se utilizó cálculos de radiación solar para un colector inclinado a 60° y con un solo vidrio.

La alternativa A, tiene un área de colector de 50 m² y encierra un volumen de 50 m³. La alternativa B, cuenta con área de colector de 40 m² y encierra un volumen de 88 m³. La alternativa C, tiene un área de colector de 30 m² y encierra un volumen de 66 m³. La alternativa D, cuenta con área de colector de 20 m² y encierra un volumen de 44 m³. La alternativa E, tiene un área de colector de 15 m² y encierra un volumen de 33 m³. La alternativa F, cuenta con área de colector de 10 m² y encierra un volumen de 22 m³.

3.6.4 Sistema solar pasivo de patio cubierto

El patio como un sistema solar pasivo, es una variante del invernadero, con un rendimiento menor en ciertos casos, debido al sombreadamiento que ocurre. El patio capta la energía solar en forma horizontal y/o vertical, que permite calentar el aire, los muros, los pisos e ingresar, en ciertos casos, el calor por las ventanas en forma restringida. El espacio cerrado con techo vidriado, puede estar ubicado la parte frontal, posterior e intermedio de las edificaciones según Fig.139.

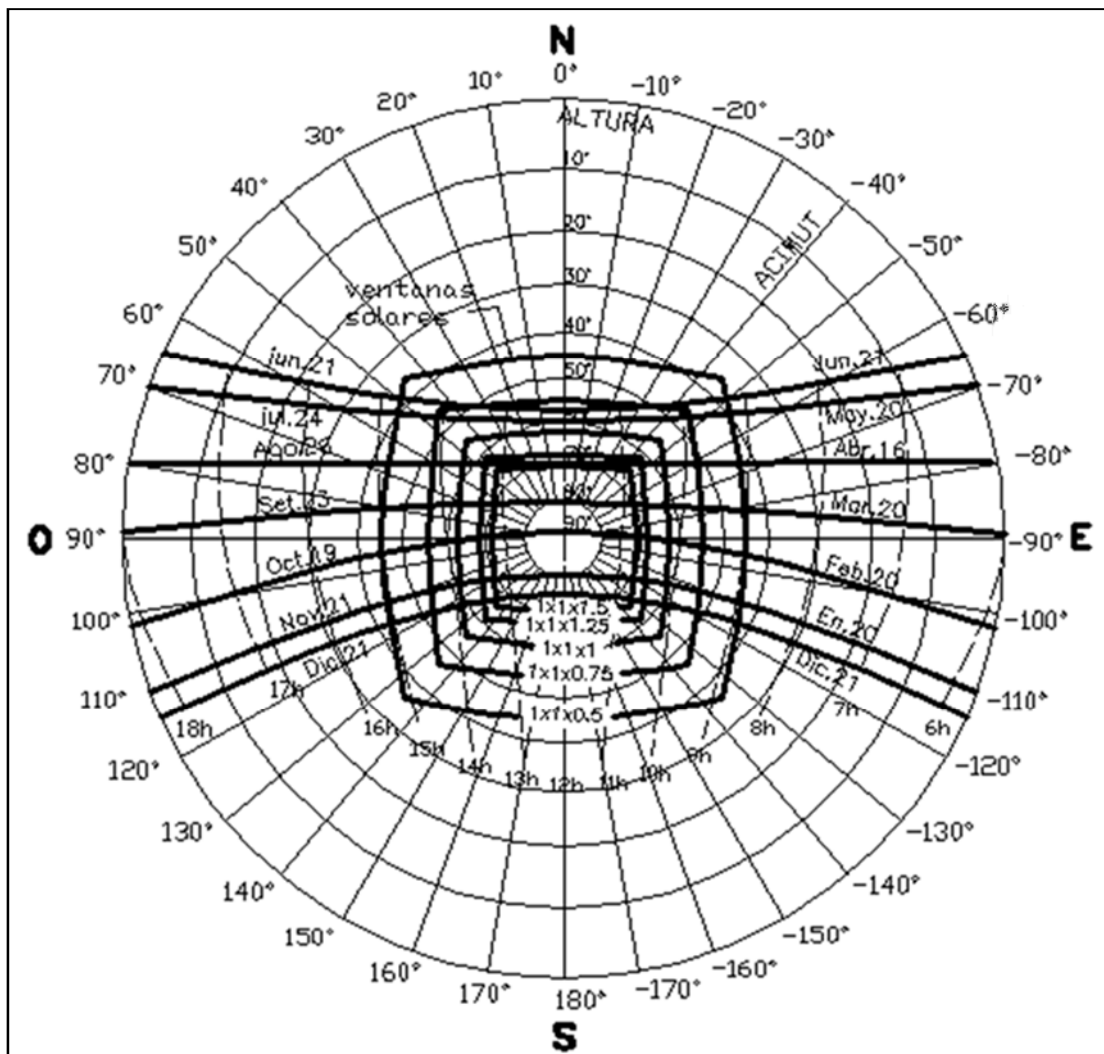
Fig. 139: Diferente ubicaciones de los patios cubiertos con vidrioado



Fuente: elaboración propia

En la Fig. 140 se aprecia las ventanas solares sobre el diagrama del recorrido del Sol en Huaraz, que ocasionan patios de diferente proporción, los cuales son de forma cuadrada en planta con coeficientes de 1×1 con una altura variables con coeficientes de 0.5, 0.75, 1, 1,25 y 1,75. Se puede notar que el patio de coeficiente de altura de 0,5 se comporta mejor, con un soleamiento entre las 9 a 15 horas que significa un sombreado aproximado del 20 %, seguido por el de coeficiente 0.75 que tiene soleamiento entre las 9.40 y 14.20 horas con un sombreado aproximado del 30%.

Fig. 140: Asolamiento horizontal en patios de diferentes proporciones con respecto al punto central en Huaraz



Fuente: elaboración propia

Para un edificación de dos niveles, con una altura de 6.00 m se requiere un ancho de 6 a 8.00 m para que el Sol ingrese mejor con un reducido sombreado. El problema es que se requiere terrenos amplios y/o construir edificaciones de un solo

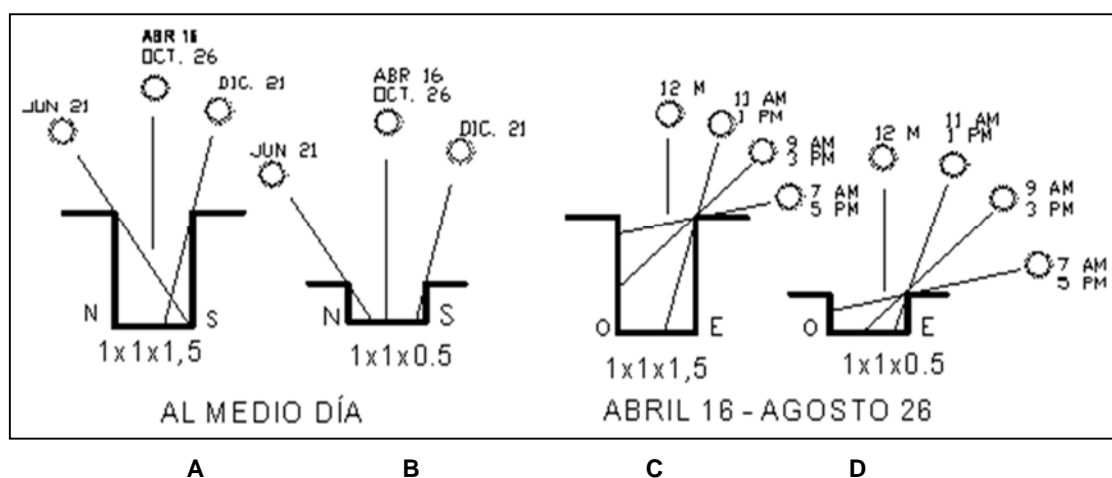
nivel, por tanto se descartan estas posibilidades para viviendas de densidad media en Huaraz de terrenos de poco ancho.

En la Fig. 141, se advierte la diferencia de soleamiento entre un patio de ancho igual a 1, con una altura 0,5 y un patio de altura 1,5. Si bien el primero tiene mejores ventajas de soleamiento, también es cierto que por el factor forma, tiene mayores pérdidas de calor y es antieconómico edificarlo. Un patio alargado que junte ambas proporciones mejora las condiciones de soleamiento durante todo el año.

Los patios con coeficientes de altura 1,00 y 1,25 tienen soleamiento entre las 10.20 a 13.40 horas y entre las 10,30 a 1,30 horas, lo que significa un sombreado de aproximado del 60%, es decir un ancho de 6,00 m y de 4,80 sobre una altura de 6,00 m respectivamente. Aún ocupan bastante área y el factor forma es negativo.

Los patios con coeficientes de altura 1.50 tienen soleamiento entre las 10,50 a 13,10 que hacen un poco más de 3 horas diarias al medio día, significa un ancho de 4.00 m por 6.00 de alto, que es un ancho adecuado para ser manejado dentro de un terreno de dimensiones pequeñas. El patio tendría un sombreado del 70%. El Reglamento Nacional de Edificaciones indica un dimensión mínima en el ancho de 1/3 de la altura de la edificación desde el vano más bajo o sea 2.00 m como mínimo.

Fig. 141: Ingreso del sol por un patio en Huaraz con proporciones de ancho por largo por alto: 1 x 1 x 1.5 y 1 x 1 x 0.5



Fuente: Elaboración propia

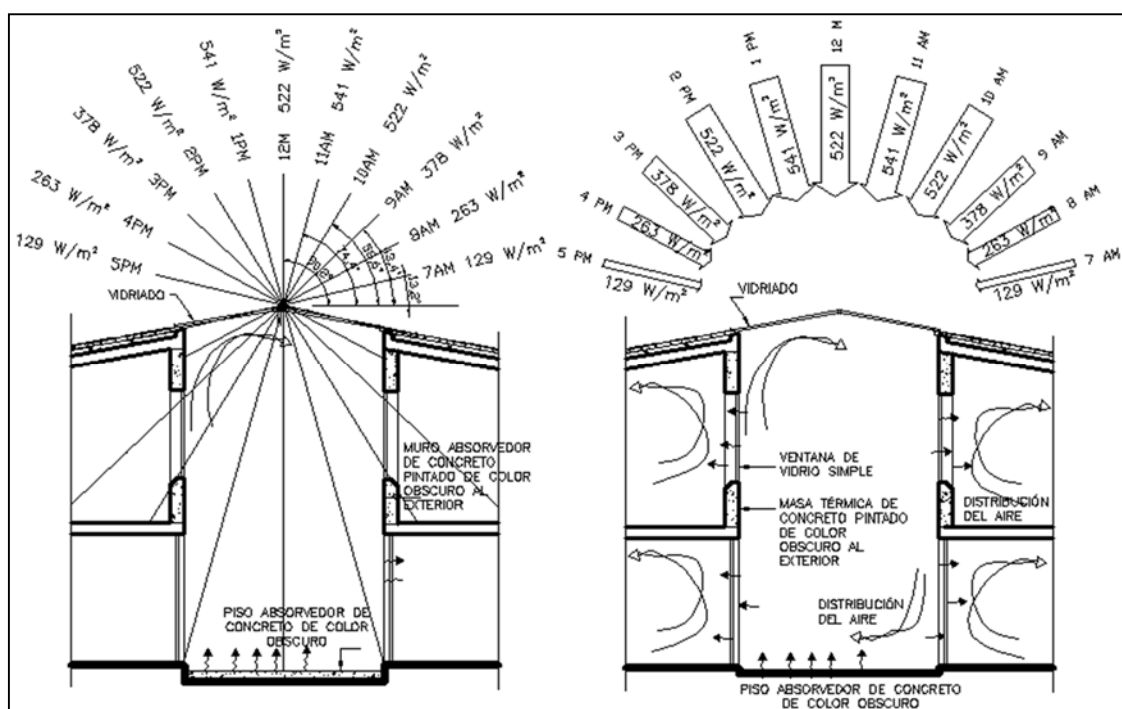
Generalmente, un atrio o patio sellado incrementará la humedad del espacio interior, lo cual es una ventaja para condiciones secas; pero una desventaja para condiciones húmedas como es el caso de Huaraz. En edificaciones de una sola planta

se pueden iluminar más fácilmente que una de muchas plantas, pues permiten un mejor uso de claraboyas o de abertura en techos.

En Huaraz, es notorio, según la Fig. 142, que la mayor cantidad de radiación horizontal que ingresa al patio es entre las 10 AM a 2 PM con un promedio de 2650 W/m² por día; pero con sombramientos sucesivos internos lo que merma su rendimiento.

Un patio orientado al extremo Este u Oeste con captación horizontal, tiene mejor comportamiento térmico que un patio central por tener menos sombramientos. El acristalamiento de cierre del patio puede ser simple y es aconsejable para evitar las pérdidas nocturnas de calor, utilizar cortinas o contra ventanas.

Fig. 142: Los ángulos y la cantidad radiación horizontal horaria que ingresa por el vidriado de un patio central en el mes de abril o agosto en Huaraz



Fuente: Elaboración propia

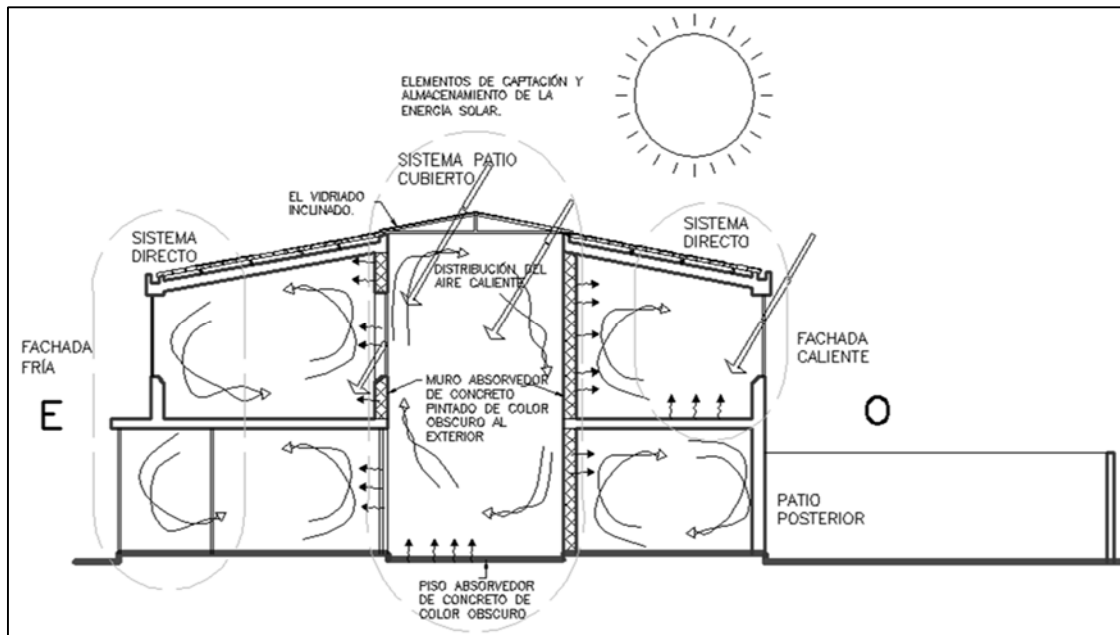
En el patio se localizan muros térmicos para absorber, almacenar y restituir el calor a los ambientes circundantes, prácticamente sobre los muros adsorbedores sólo le inciden los rayos solares un promedio de una a dos horas diarias dependiendo de la localización del Sol durante el año, tiempo insuficiente para que su temperatura aumente en forma adecuada. Los rayos solares inciden sobre las paredes en un 30 al 70% dependiendo del mes del año. También el piso debe ser de concreto revestido con cerámicos de color oscuro para permitir absorber el calor; pero el piso es bastante

sombreado y sólo le llega practicante Sol durante el año entre las 11 AM a 1 PM con una magnitud de 40 al 70%, siendo el mes más desfavorable junio y el más favorable diciembre.

En el caso del patio central, este cede el calor acumulado a los ambientes adyacentes tal como lo indica la Fig. 143. Se puede obtener un buen paso del aire y ventilar más fácilmente espacios más profundos (hasta 5 veces la altura del techo) que con la de una cara; pero es necesario asegurar el paso del aire sin obstrucciones.

El patio funciona adecuadamente más durante el día que en la noche, ya que por convección calienta el aire de los ambientes circundantes; pero como almacena poco calor en muros y pisos, durante la noche no atempera lo suficiente los espacios aledaños, más se convierte en un espacio de transición entre la temperatura exterior e interior de la edificación.

Fig. 143: Captación almacenamiento y distribución del calor de un patio cubierto



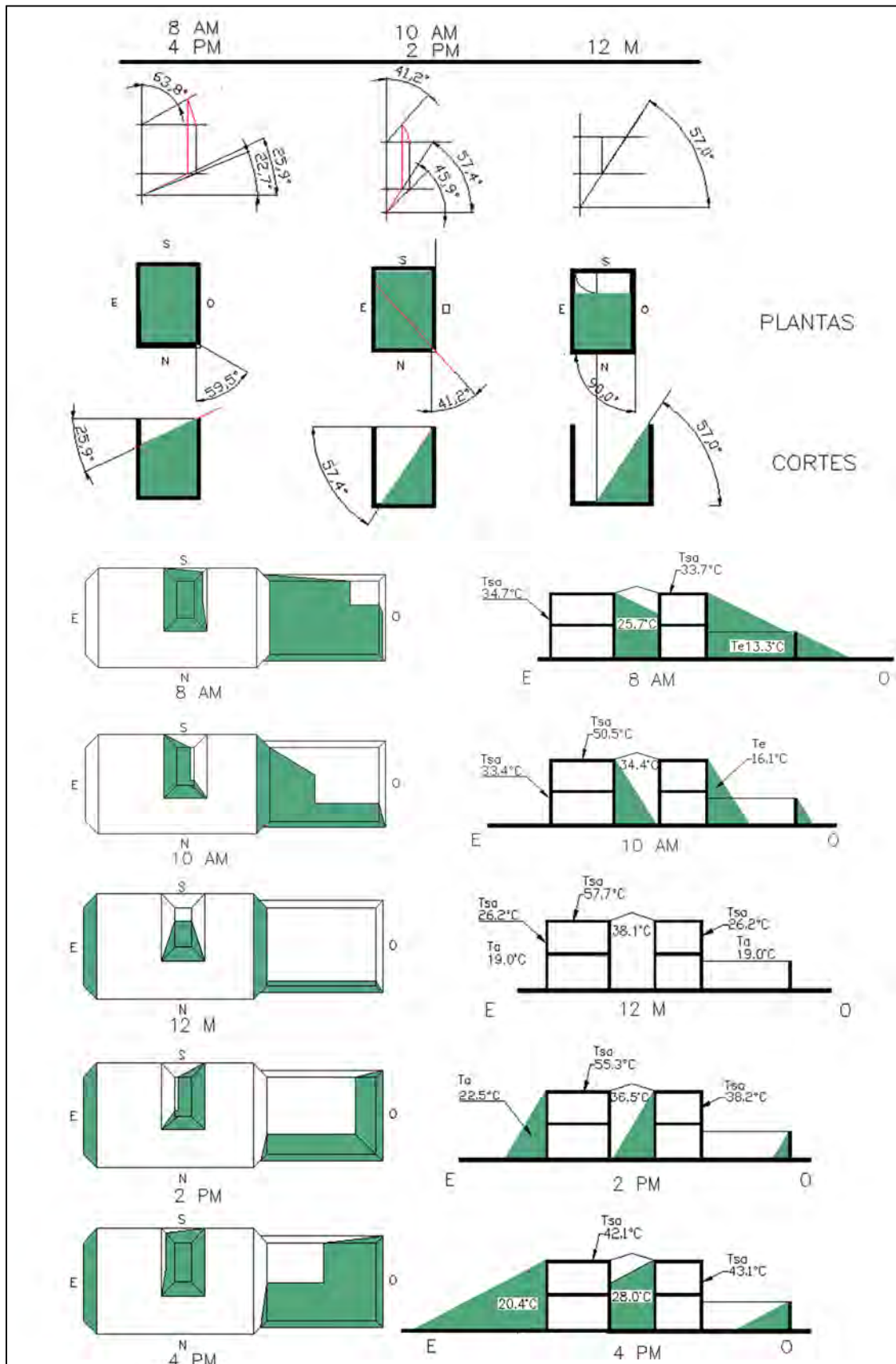
Fuente: elaboración propia

.Debe tenerse especial cuidado en utilizar patios para calefacción solar en Huaraz debido fundamentalmente que son adecuados para climas secos y no para húmedos como es el caso de Huaraz, que tiene una humedad relativa del aire alta que asciende al 73% de promedio anual, hecho que incrementaría la humedad al interior de los ambientes, trayendo consigo el discomfort de los ocupantes.

En la Fig. 144 y 145, se analiza el asolamiento de un patio de una vivienda de dos niveles en los meses de junio y diciembre, entre las 10 A.M. a 2 PM el ingreso de la radiación solar es mejor; pero con sombras en un porcentaje aproximado del 40 %, siendo al medio día aproximadamente 20%.

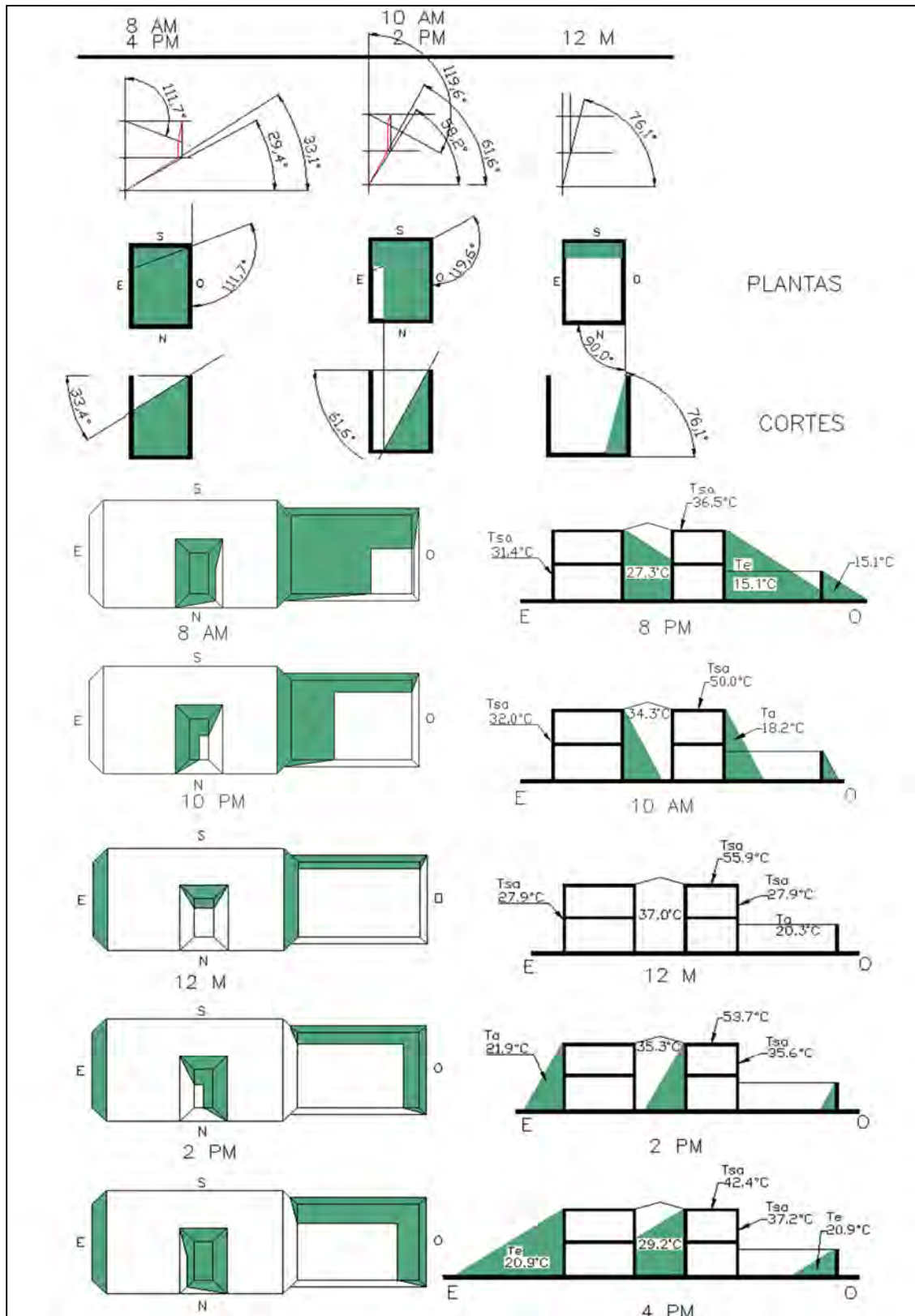
En terrenos de densidad media pequeños, con frente mínimo y de dos niveles, los patios internos ocupan demasiado espacio y es necesario diseñarlos pequeños, sombrean alrededor del 40% al 50% los pisos y paramentos interiores; ceden poco calor por convección a los espacios interiores al no calentarse los muros y pisos lo suficiente; el problema, es que, normalmente se crea una diferencia de presión entre las caras y existe segregación del aire caliente al ubicarse en la parte superior del patio, cerca al vidriado permaneciendo el aire frío en la parte inferior.

Fig. 144: Sombras y temperaturas exteriores de vivienda con patio cubierto en junio al Este u este



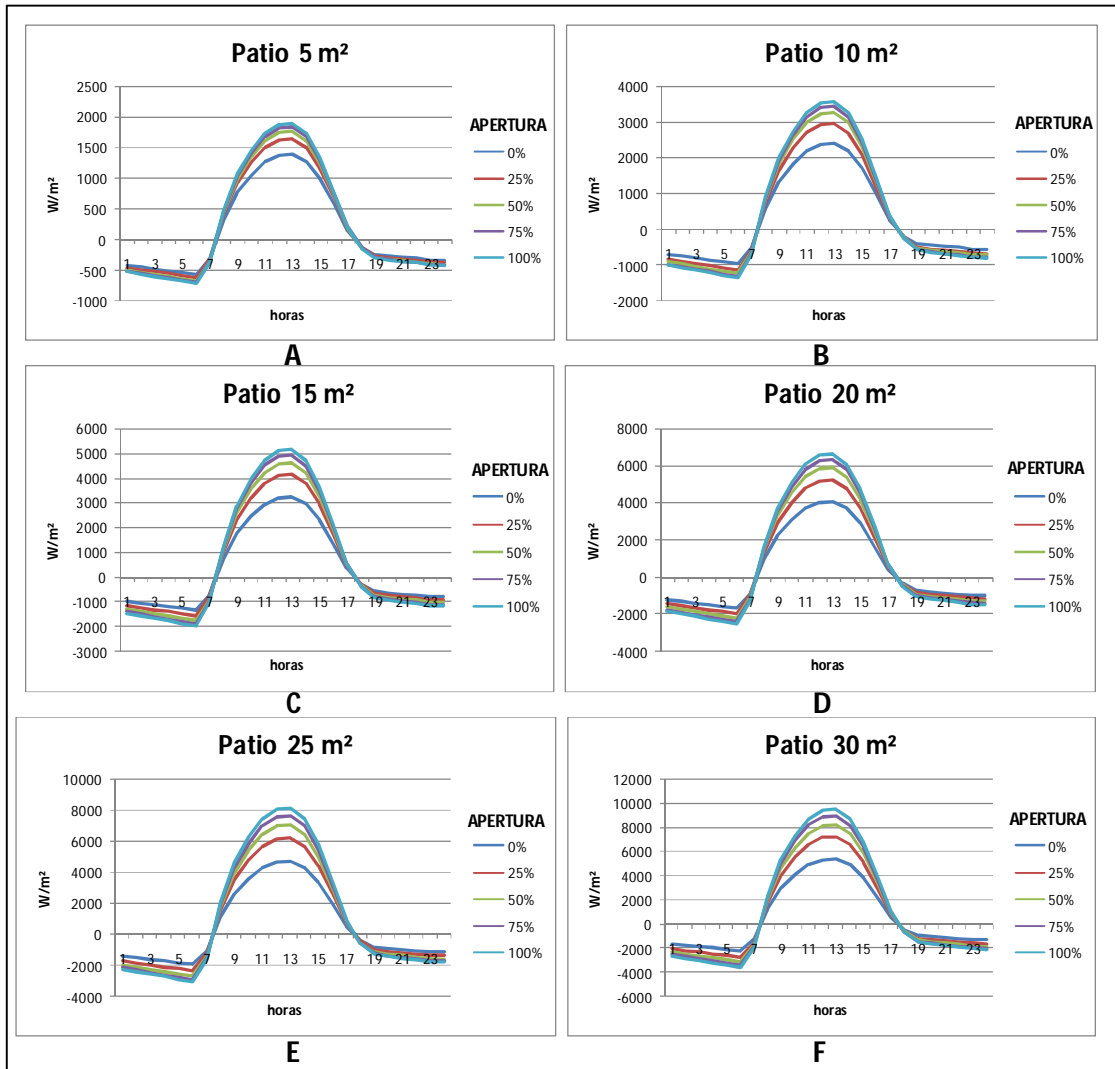
Fuente: elaboración propia

Fig. 145: Sombras y temperaturas exteriores en vivienda con patio cubierto en diciembre orientada al Este u Oeste



Fuente: elaboración propia

Fig. 146: Flujo de calor para patio cubierto en Huaraz



Fuente: elaboración propia

Para el cálculo del flujo de calor de patios en la ciudad de Huaraz que se muestra en la Fig. 146, se ha utilizado la Ecuación 2, para todos los casos los muros del patio son de ladrillo macizo con $U=1.65$, y con alternativas de aperturas de puertas y ventanas del 0%, 25%, 50%, 75% y 100% del total de muros que encierran el espacio en forma vertical; la altura del patio se ha considerado 6.00 m para ser utilizados en una vivienda de dos niveles. El vidriado considerado es simple con protección nocturna.

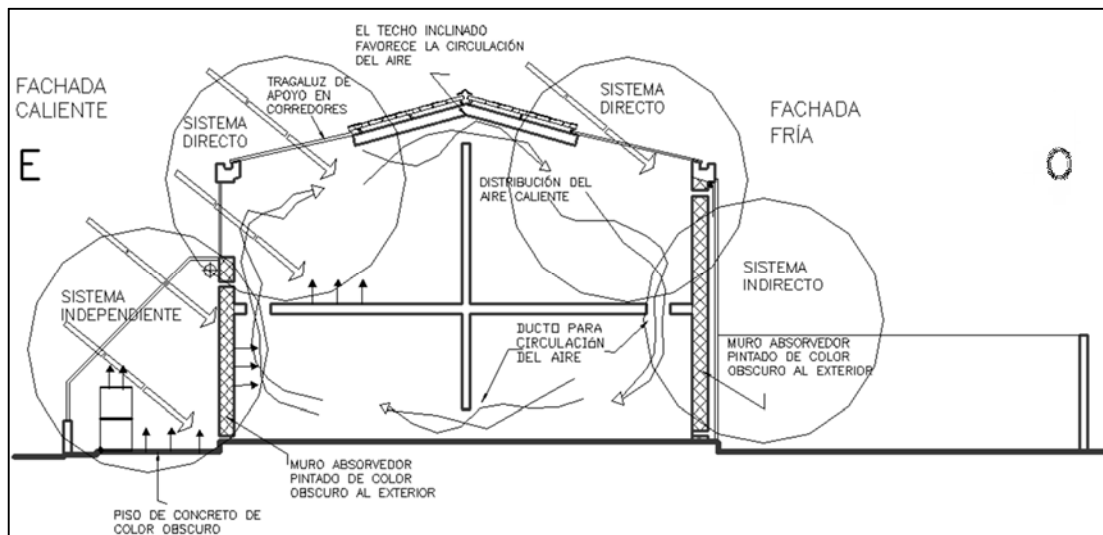
La alternativa A, tiene un área de colector de 5 m^2 y encierra un volumen de 30 m^3 . La alternativa B, cuenta con área de colector de 10 m^2 y encierra un volumen de 60 m^3 . La alternativa C, tiene un área de colector de 15 m^2 y encierra un volumen de 90 m^3 . La alternativa D, cuenta con área de colector de 20 m^2 y encierra un volumen

de 120 m³. La alternativa E, tiene un área de colector de 25 m² y encierra un volumen de 150 m³. La alternativa F, cuenta con área de colector de 30 m² y encierra un volumen de 180 m³.

3.6.5 Sistema solar pasivo mixto

En al Fig. 147, se muestra las posibles combinaciones de los sistemas solares pasivos que se puede efectuar en viviendas solares pasivas en Huaraz.

Fig. 147: Combinación de diferentes sistemas solares pasivos



Fuente: elaboración propia

3.6.6 Discusión

Para que un sistema solar pasivo directo, funcione adecuadamente en Huaraz, el alero de ventanas y el alfeizar deben reducirse para que la radiación solar ingrese libremente al interior de las viviendas (Fig. 121 y 122). La mejor orientación es cuando las fachadas de las viviendas se orientan al Este-Oeste (Fig. 123) teniendo más asolamiento que la orientación Norte-Sur (Fig. 124). Cuando se utilizan claraboyas, ingresa la radiación solar durante todo el año, pero no se transmite a los pisos inferiores, por tanto, para que tenga mejor performance, en una vivienda de dos o más niveles, debe aperturarse vanos en el techo para dejar pasar el calor; si se apertura en ambos lados de la fachada es mejor (Fig. 128). El ingreso de la radiación solar en las habitaciones orientadas al Este-Oeste, es mejor en el mes de diciembre que en junio (Fig. 127) porque el Sol choca más perpendicularmente a los paramentos verticales.

Un sistema solar pasivo indirecto, capta la energía del Este-Oeste en forma similar que el sistema directo; pero lo hace por medio de una superficie acristalada para luego ser almacenada por un muro de concreto. La mejor orientación es Este-Oeste (Fig. 129) que la Norte-Sur (Fig.130 y 131). Cuando el Sol se capta de Este-Oeste, la vivienda es asoleada por las mañanas hasta medio día por el Este y por la tarde se invierte al Oeste; en tal sentido debe instalarse dos muros Trombes opuestos (Fig. 132), de tal manera que fluya el calor del muro caliente al frío por las mañanas y por las tardes se invierta en sentido contrario, calentando así el interior de la vivienda. En la Fig. 133 se aprecia el flujo de calor que transmite un muro Trombe, donde se aprecia que por m^2 el flujo es constante, siendo fuerte por las mañanas, decreciendo hasta el mediodía; por las tardes el flujo de calor continúa por acción de la radiación difusa hasta horas de la noche. Se puede incrementar su rendimiento colocando superficies reflejantes de cerámico claro delante del muro.

Un sistema solar pasivo independiente en Huaraz, tiene un funcionamiento similar al de un muro Trombe; pero debe calentar mucho más aire al interior del mismo. Tiene la ventaja de poder colocar al interior mayor masa térmica para almacenar el calor ganado (cilindros de agua u otros). Cuando sus fachadas se orientan de Este-Oeste captan y almacenan la energía solar tanto en los muros como en los pisos (Fig. 134) para ser restituida más tarde; y cuando se orientan de Norte a Sur, los muros captan menos energía solar; pero los pisos captan más (Fig. 135 y 136). En la Fig. 137 se aprecia el asolamiento por las mañanas y por las tardes de una vivienda con sistema solar independiente tipo invernadero. En la Fig. 138, se analiza el flujo de calor para diferentes áreas de colector en relación al volumen de aire calentado y la transmisión a través de las superficies de ventanas y muros adyacentes a las habitaciones, mientras más grande es el patio más calor almacenado y transmitido tendrá. Se puede notar que el flujo de calor cedido a las habitaciones es mucho menor que el de un muro Trombe en relación a cada m^2 de colector. Puede mejorar la captación de energía solar, si se orienta la superficie de vidriado en forma horizontal a la vez que la vertical. El costo de este sistema es bastante elevado al instalarlo en una vivienda.

El sistema solar pasivo de patio cubierto, es realmente un invernadero orientado en forma horizontal. Las alternativas de ubicación más ventajosas para las viviendas en Huaraz, están mostradas en la Fig. 139 y son la A, B, D, F y K; las tres primeras captan la energía solar en forma horizontal y permiten una ventilación de aire directamente desde el exterior; la D y la K tienen mejor rendimiento al captar la

energía solar tanto horizontal como verticalmente. La D es muy buena; pero para lotes de frente reducido no es conveniente. La K es más costosa construirla y la ventilación se restringe al interior de la vivienda al efectuarse por medio del patio sellado. Los patios para aprovechar el asoleamiento horizontal, tienen la desventaja que existe demasiado sombreamiento y sólo ingresa el Sol con fuerza al medio día (Fig. 144 y 145).

Cuanto más ancho es un patio mejor desenvolvimiento tiene; pero el problema es que ocupa demasiado campo (Fig. 140 y 141). La ventaja es que capta energía solar durante todo el día (Fig. 142); la energía acumulada en el patio, es transmitida directamente por la ventanas o indirectamente por los muros adyacente a las habitaciones (Fig. 143); el flujo de calor se incrementa cuanto más grande sea el patio (Fig. 146) teniendo mejor performance que el invernadero orientado en forma vertical al Este-Oeste y de más fácil construcción y de menos costo que cuando se ubica en la parte central.

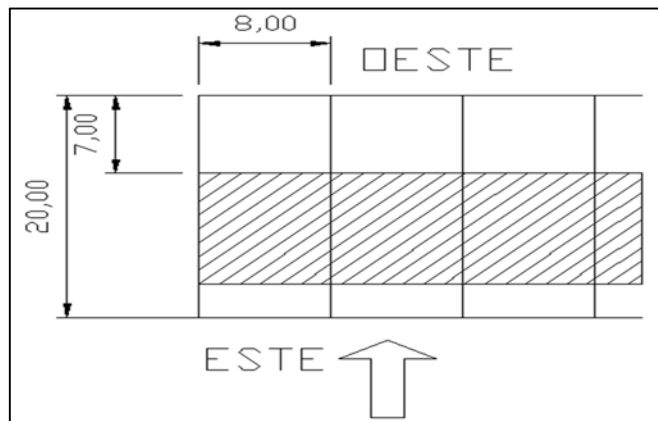
Con respecto sistema pasivo solar mixto (Fig. 147), cuando el lote de terreno tiene un frente mínimo, no se consigue áreas suficientes para combinar óptimamente los diferentes sistemas que garanticen un adecuado diseño.

3.7 ESTUDIO DE VIVIENDAS TIPO

3.7.1 Condiciones exteriores

El lote normativo para el diseño de la vivienda es el mínimo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones que es de 8 m de frente por una profundidad de 20 m tal como se muestra en la Fig. 148.

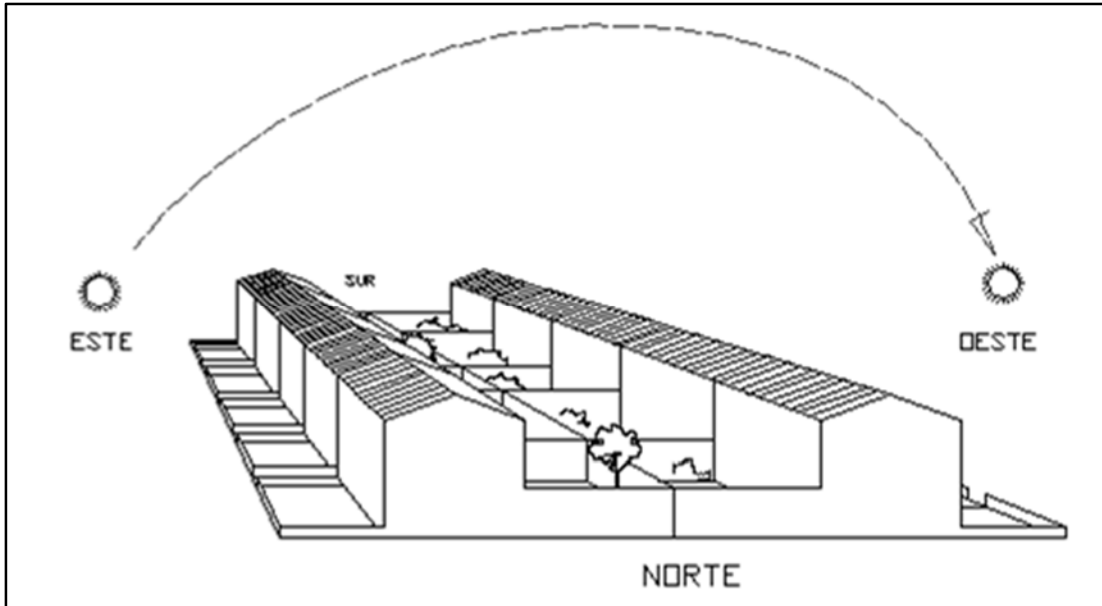
Fig. 148: Terreno normativo mínimo para viviendas de densidad media en Huaraz



Fuente: elaboración propia

Las viviendas se adosarán según la Fig. 149, de tal manera que dejen los patios traseros sin construir para permitir el acceso de los rayos solares.

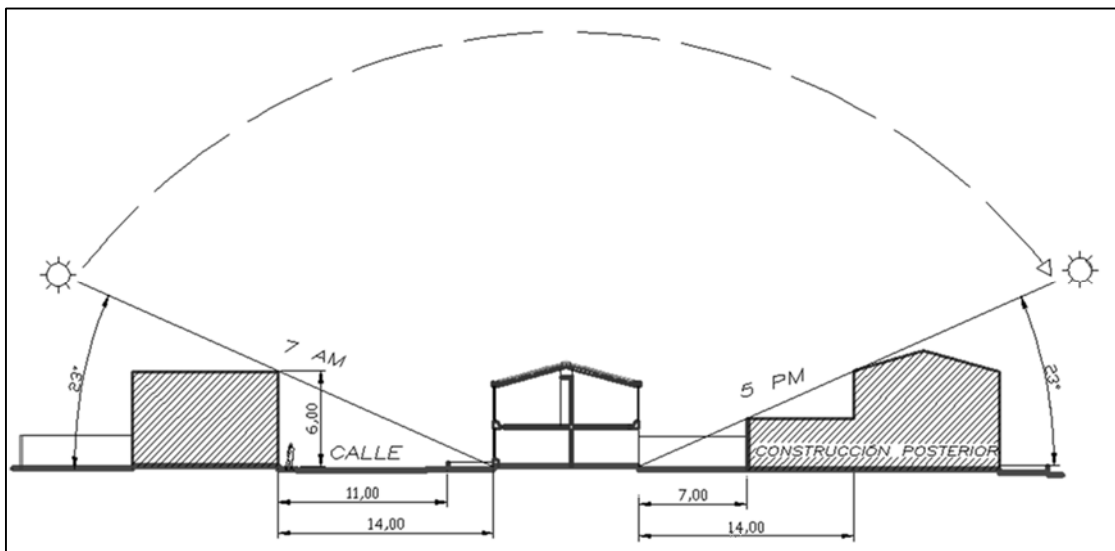
Fig. 149: Disposición de las viviendas en una manzana



Fuente: elaboración propia

Cuanto mayor sea el ángulo de incidencia de la luz, mayor tamaño deben tener las ventanas. Cuanto más cerca estén las casas vecinas, tanto mayor será el ángulo de incidencia y menor será la cantidad de luz que entre a la vivienda.

Fig. 150: Ángulo de incidencia de los rayos solares para viviendas de densidad media de dos niveles en Huaraz

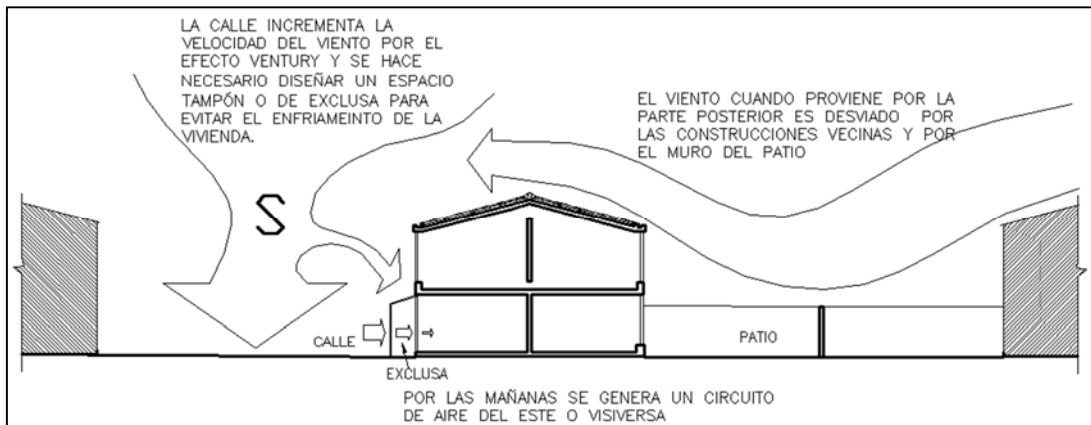


Fuente: elaboración propia

La menor entrada de luz se ha de compensar aumentando el tamaño de las ventanas. En Huaraz, el retiro de las viviendas debe hacerse de tal manera que permita el ingreso de los rayos solares al interior de las habitaciones del primer nivel entre las 7.00 AM a las 5.00 PM, esto se logra con un ángulo de 23°. El patio debe ser de 7.00 m como mínimo, de tal manera que juntando dos patios se tenga 14 m de espacio al igual que en la calle. El ancho debe ser mayor o igual a 2,3 veces la altura de la edificación obstruyente (Fig. 150).

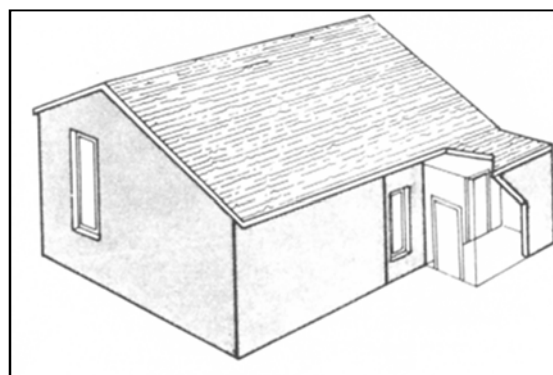
El viento dominante en la ciudad de Huaraz va de Sur a Norte. Las calles por el efecto Ventury hace que se incremente la velocidad del viento, razón por la cual, se plantea que para acceder la vivienda, se haga mediante un espacio intermedio o exclusiva que reduzca el ingreso del aire para evitar pérdidas de calor (Fig. 151 y 152). Para salir al patio exterior trasero, la exclusiva no es necesaria, ya que el cerco como las construcciones vecinas desvía el aire y la cocina puede servir como exclusiva, toda vez que tiene calor propio interno.

Fig. 151: Acción de los vientos sobre las viviendas



Fuente: elaboración propia

Fig. 152: Entrada formando exclusiva

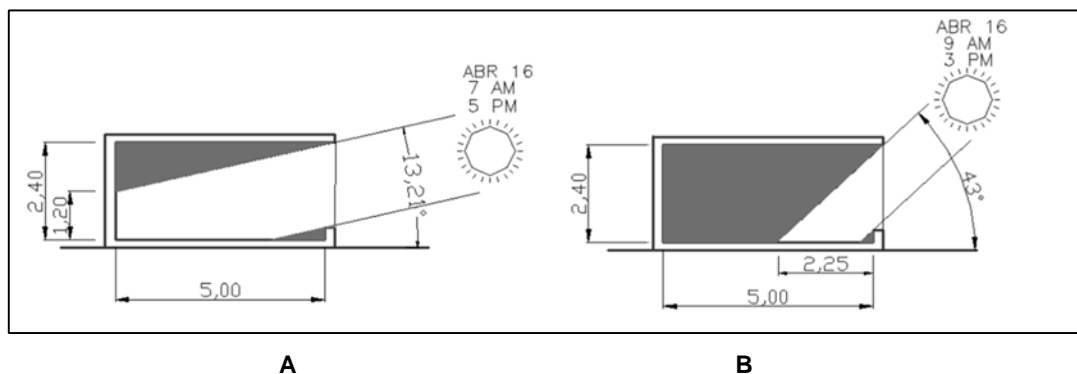


Fuente: PHILLIPS p.130

La máxima profundidad para el diseño de ambientes y asegurar una buena iluminación y soleamiento, según Neufert²¹⁵, debe ser de 2 a 2.5 veces la altura de ella: para una altura de 2.40 m la profundidad oscila entre los 4.80 a 6.00 m.

Una profundidad de 5 m en habitaciones en Huaraz, permite durante el mes de abril, por el Este, a las 7 A.M. que los rayos solares puedan calentar el 50 % del muro posterior (Fig. 153 A) y a las 9 AM calentar el 50% del piso (Fig. 153 B), por lo tanto, ese valor es recomendable como de máxima profundidad de ambiente.

Fig. 153: Máxima profundidad de ambientes según el ingreso de rayos solares con orientación Este-Oeste



Fuente: elaboración propia

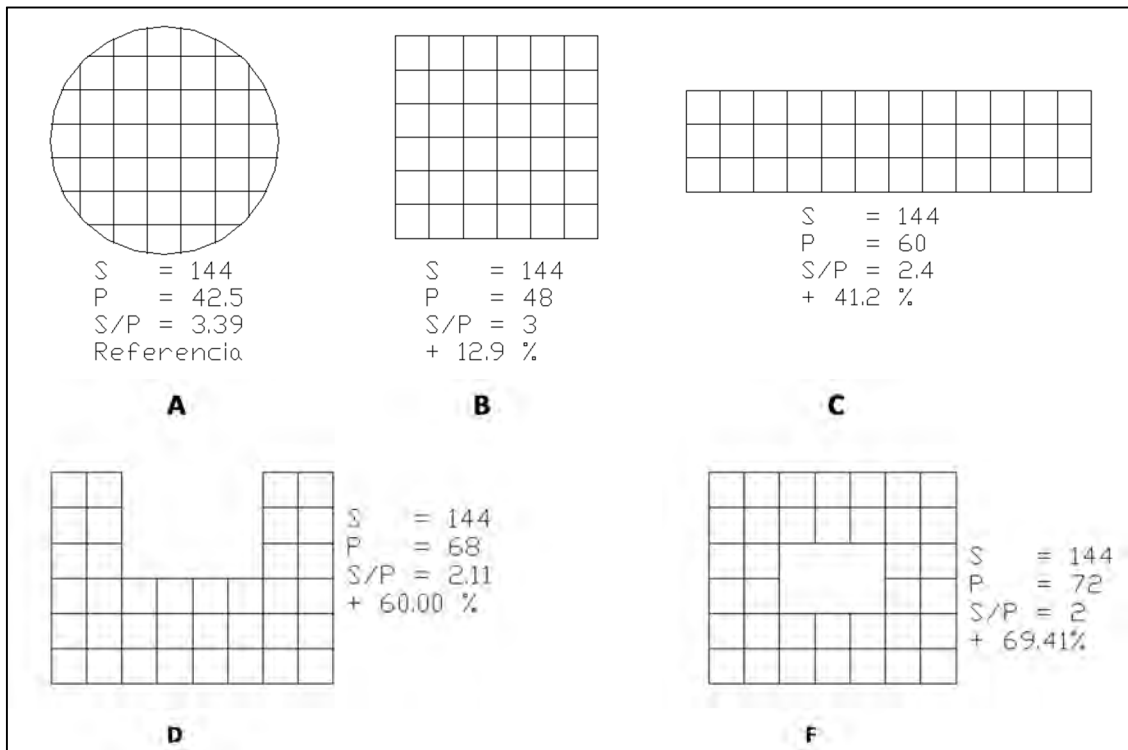
3.7.2 La forma de la edificación

Un edificio compacto (relación entre superficie envolvente y volumen habitable) también reduce las pérdidas térmicas aunque puede perjudicar la luz natural. En las Fig. 154 se analiza la relación superficie/perímetro para diferentes formas de edificio.

La Fig. 154 A es la más óptima y los porcentajes están en función a ella, mientras más alta sea la relación superficie/volumen, menos pérdidas térmicas se tiene. La Fig. 154 B, la que es un cuadrado es una forma buena. La forma alargada de la Fig. 154 C es una forma regular. La Fig. 154 D en U tiene un coeficiente de pérdida, alto, superada por la Fig. 154 E cuando tiene un área central o patio.

²¹⁵ Ob.cit.p.45

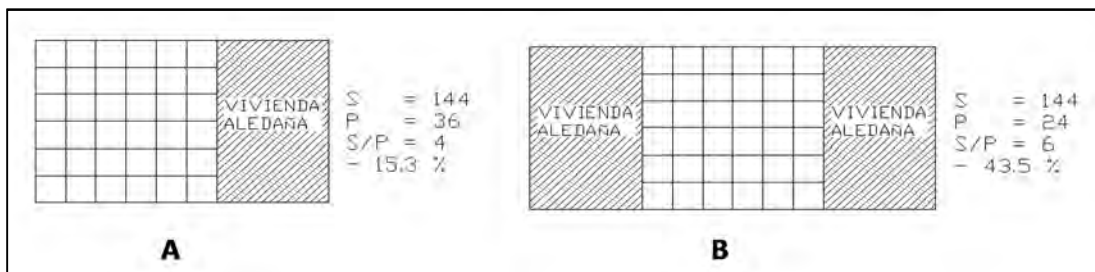
Fig. 154: Análisis de superficies envolventes sin colindancia



Fuente: elaboración propia

En caso que existan edificios adosados, el mismo principio se aplica, dando por resultado en caso de edificios compactos, tienen menos pérdidas térmicas que la forma circular tal como se muestra en las Fig. 155 A y 155 B. Aquí se reducen las pérdidas de calor.

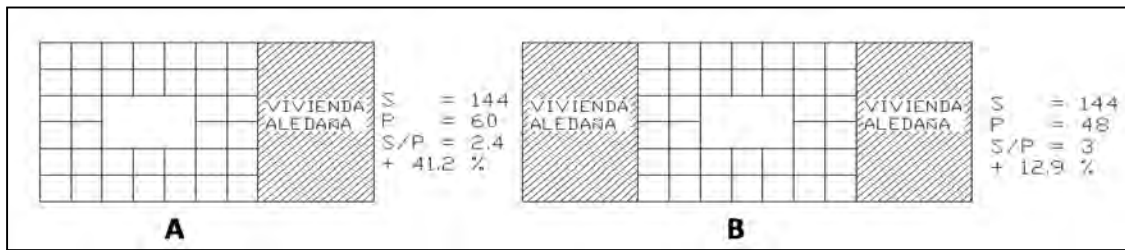
Fig. 155: Análisis de superficies envolventes con colindancias



Fuente: elaboración propia

En el caso de la existencia de un patio central, trae consigo el incremento de pérdidas de calor. La Fig. 156 A muestra que las pérdidas son similares a las de una vivienda de la Fig. Nº 154 C cuando no tiene edificios adosados. La Fig. 156 B muestra que las pérdidas de calor son similares a la Fig. 154 B.

Fig. 156: Análisis de superficies envolventes cuando tiene colindancias y patio central



Fuente: elaboración propia

3.7.3 Localización y distribución de ambientes

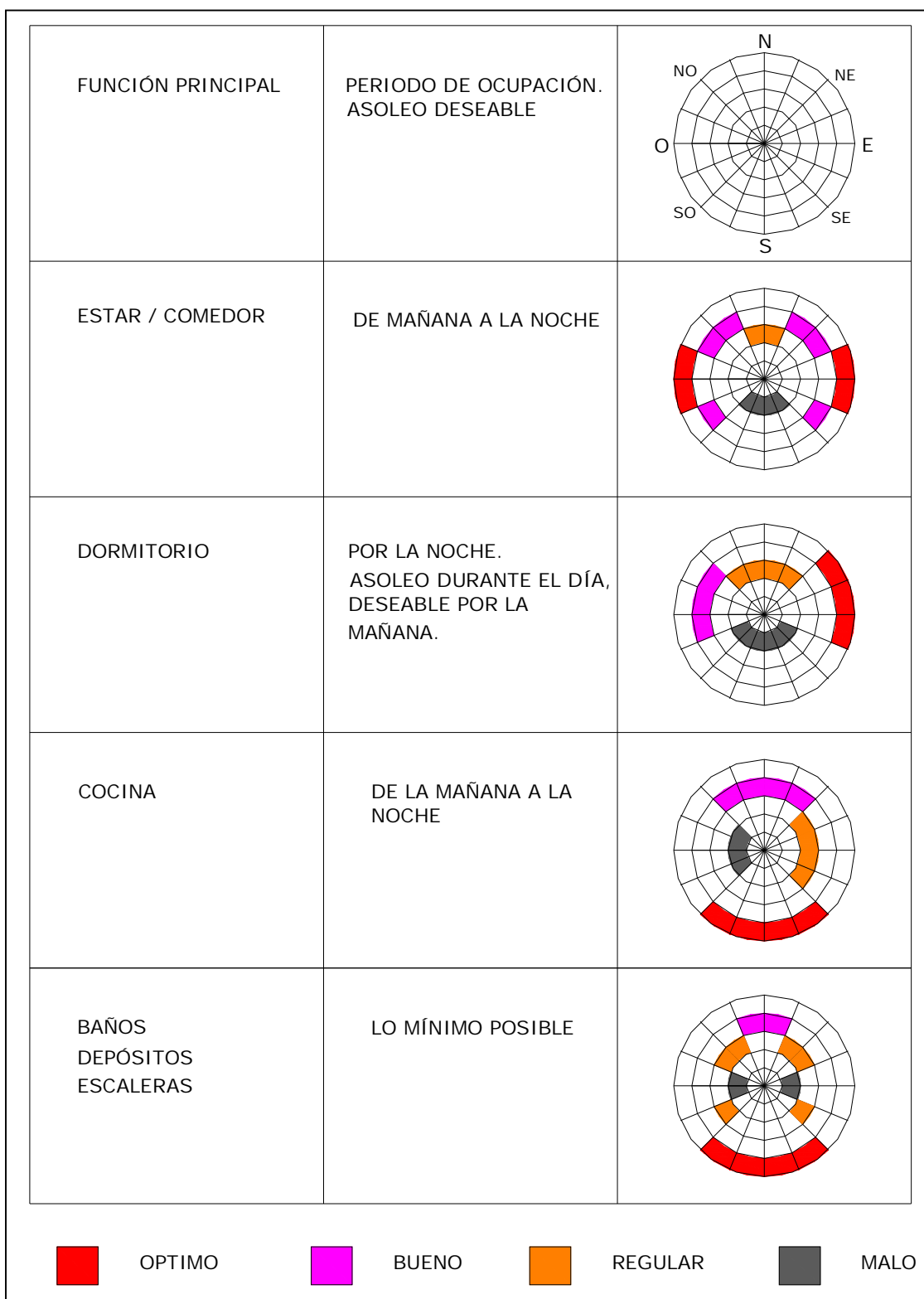
La distribución de las zonas habitables debe favorecer la función conservadora de energía del edificio, mientras esto no perjudique a las ventajas directas de los aportes solares y la circulación natural.

Las habitaciones han de estar asoleadas durante los principales periodos de utilización considerando la dirección de los vientos dominantes. Los dormitorios y zonas de estar deben ubicarse en los lados más soleados, las habitaciones de servicio y accesos orientados donde no incide el sol. El soleamiento horizontal no es recomendable para habitaciones de estar y dormitorios por el excesivo deslumbramiento, salvo en pasajes, depósitos, cajas de escaleras, baños y otros.

Para la función de leer y estar, comer y beber así como dormir, el sol debe de ingresar algunas horas por las mañanas. Para la función dormir la orientación debe permitir que los rayos solares penetren, cuando menos media hora diaria y como máximo tres horas durante la mañana, tiempo suficiente para que la temperatura de la recámara sea la debida para que sus ocupantes puedan desvestirse sin perjudicar su salud. Para la función cocinar y aseo de la persona, la orientación no es de mucha importancia; pero es preferible que reciba algo de Sol durante el invierno.

Tomando en cuenta, las recomendaciones anteriores y de que el recorrido del Sol en la ciudad de Huaraz es diferente y que la mejor localización con respecto al Sol, son las fachadas orientadas al Este y Oeste, se plantea el diagrama de la Fig.157.

Fig. 157: Diagrama de orientación de las habitaciones en una latitud de 9.5° Sur



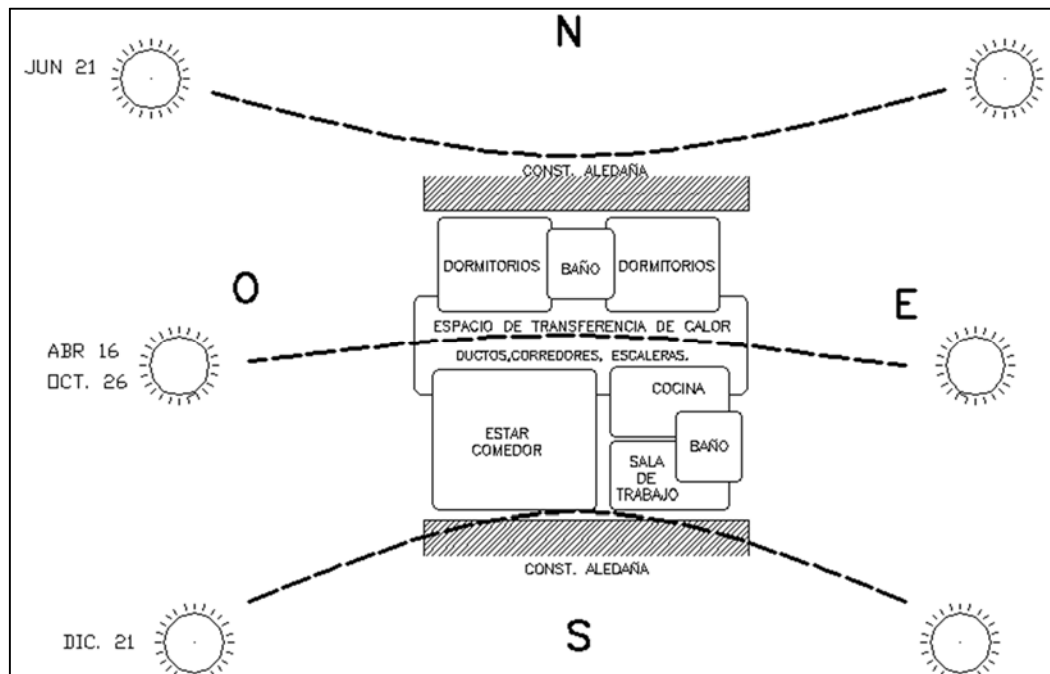
Fuente: elaboración propia

3.7.4 Concepción

Cuando la vivienda solar pasiva es de un solo nivel, los espacios se organizan alrededor de un espacio central de transferencia de calor según Fig. 158, de tal manera, que exista flujo de aire caliente de la fachada fría a la caliente, de Este a Oeste y viceversa, ingresando la radiación solar por las mañanas y tardes respectivamente.

En el caso de que la vivienda sea de dos niveles, los ambientes se localizan tomando en consideración la Fig. 159 y 160, evitando los voladizos y aleros en las fachadas. La misma planta servirá para ir variando el sistema solar en cada fachada.

Fig. 158: Esquema de localización de ambientes en viviendas de un piso según el recorrido del sol en la latitud 9.5° S



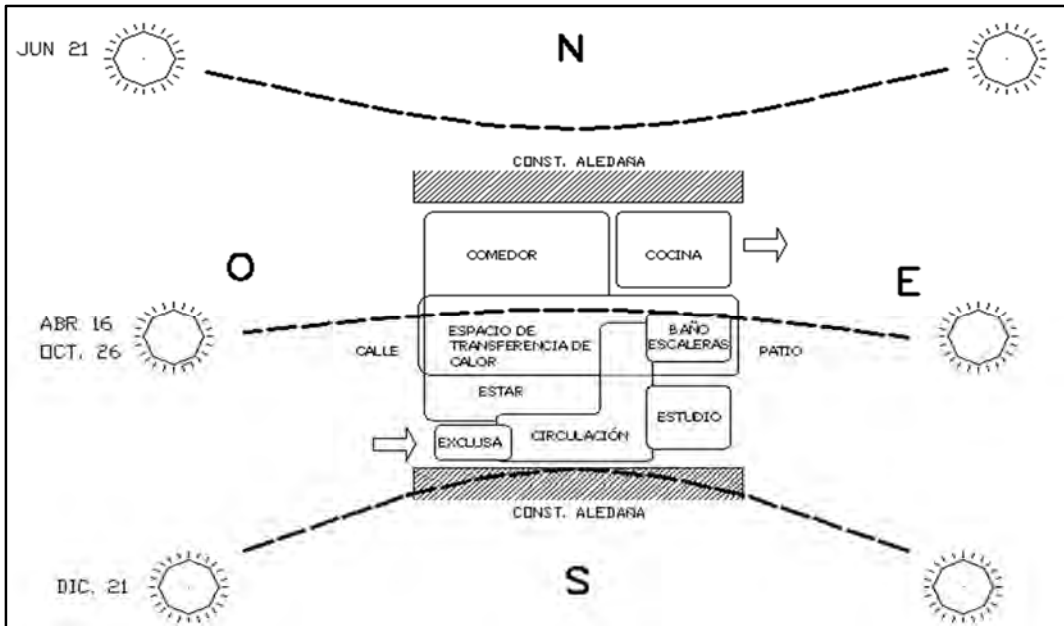
Fuente: elaboración propia

El primer nivel, de acuerdo a la Fig. 159, existe un espacio de transferencia de calor de Este a Oeste integrado al estar comedor. La sala comedor, el estudio, la cocina y escaleras son articulados por un espacio de circulación en forma de "L" que se accede por medio de un espacio exclusiva desde el exterior. Uno de los frentes más ancho de la sala comedor se orienta a la fachada.

La salida al patio posterior se efectúa por la cocina. Por tener calor propio la cocina y el patio al estar rodeado de edificaciones, se puede omitir un espacio tipo exclusiva. Se propone dos ductos en la parte central exterior de la vivienda, que permite

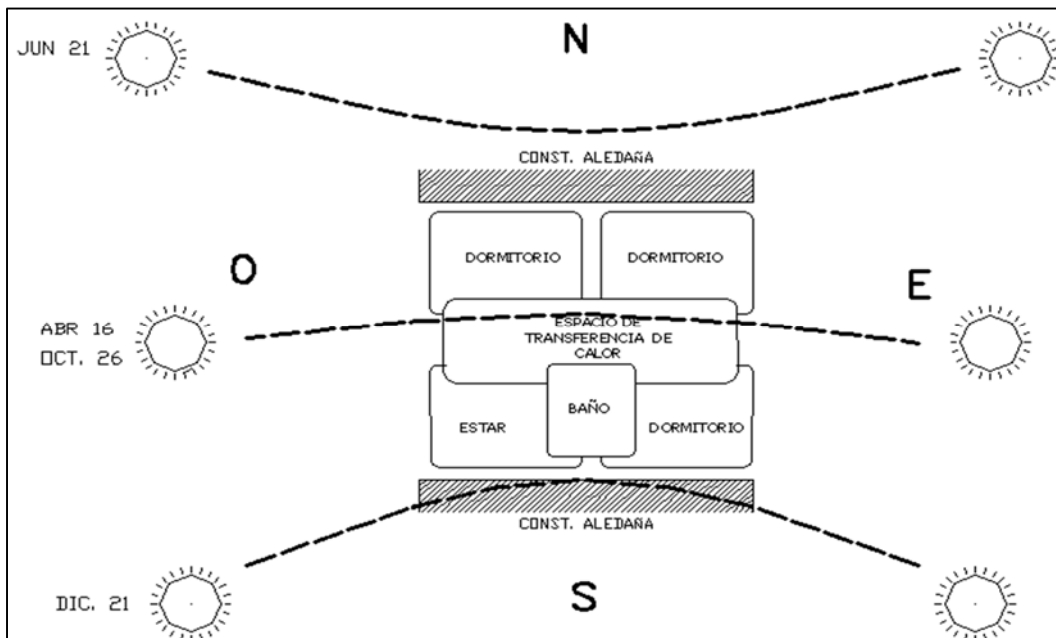
intercambiar el aire entre los dos niveles; uno en la parte frontal y el otro en la parte posterior que puede estar integrado a la caja de escaleras.

Fig. 159: Esquema de localización de ambientes en el primer nivel cuando la vivienda es de dos pisos en latitud 9.5° Sur



Fuente: elaboración propia

/Fig. 160: Esquema de localización de ambientes en el segundo nivel cuando la vivienda es de dos pisos en latitud 9.5° Sur

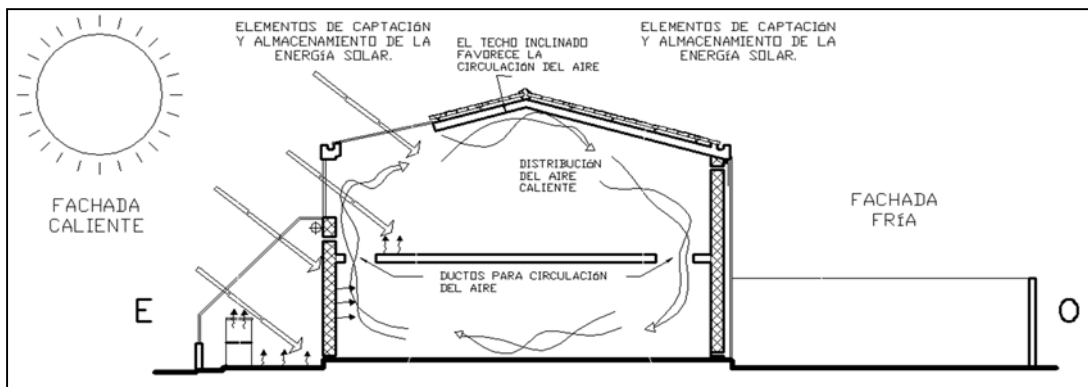


Fuente: elaboración propia

Para el segundo nivel, de acuerdo a la Fig. 160 se propone un espacio central de circulación y de transferencia de calor que se debe vincular al primer piso por ductos suficientemente grandes. Este espacio trasladará el calor de la fachada caliente a la fachada fría y cederá aire caliente a los dormitorios por las puertas, en forma directa lo hará al área de estar. Además cada ambiente tiene la posibilidad de tener acceso al Sol directamente por vanos hacia el Este y/o al Oeste.

El baño y los roperos empotrados se disponen en el área central donde no llega el Sol fácilmente. El aire calentado de una fachada se dirige a la fachada fría por la parte superior del ambiente y retorna por la parte inferior de la habitación para ser nuevamente calentado y así sucesivamente; en este trayecto, el aire irá calentando las habitaciones aledañas. Por las mañanas, en la fachada Este, la radiación solar por medio de los elementos de captación, es absorbida y almacenada y luego distribuida. El aire es calentado en la fachada Este, el que asciende hasta el techo y luego se mueve hacia la fachada Oeste donde se enfría y desciende al primer nivel donde se mueve nuevamente hasta la fachada Este para ser calentado nuevamente y así sucesivamente. Fig.161.

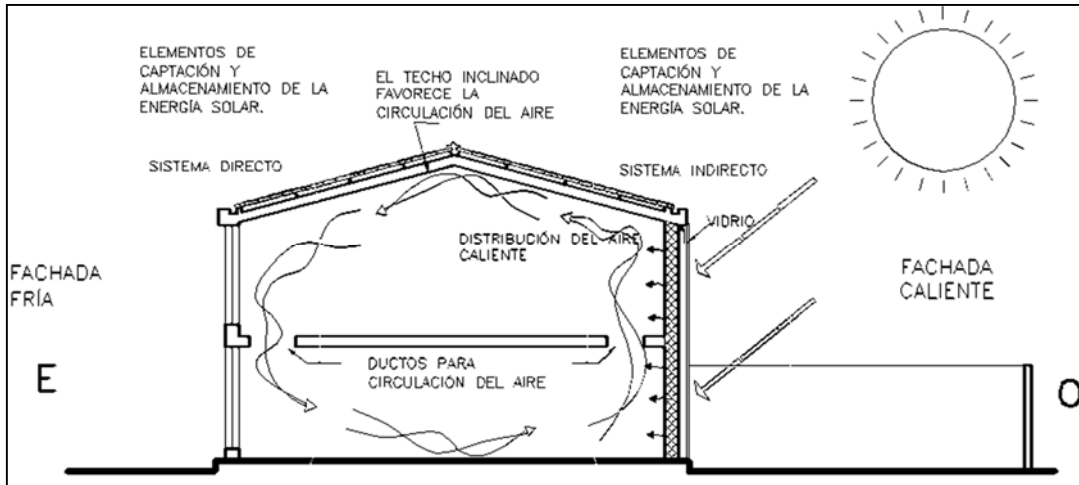
Fig. 161: Esquema de calentamiento de las viviendas y circulación del aire por las mañanas en los dos niveles



Fuente: elaboración propia

Por las tardes, el movimiento del aire se invierte. La fachada Oeste, es la que calienta el aire, el que se eleva al techo y luego se dirige a la fachada Este, donde se enfría y desciende al primer nivel, donde luego se dirige a la fachada Oeste para ser calentado de nuevo (Fig. 162).

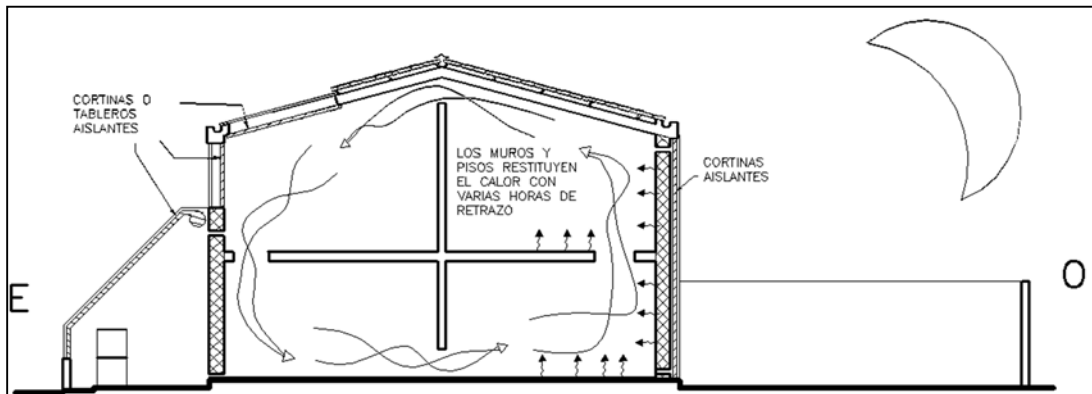
Fig. 162: Esquema de calentamiento de las viviendas y circulación del aire por las tardes en los dos niveles



Fuente: elaboración propia

Por la noche, de acuerdo a la Fig. 163, las aperturas vidriadas, se cubren con cortinas y/o tableros aislantes, los que son accionados manualmente por los habitantes, esto evita las pérdidas de calor excesivas durante la noche. La circulación del aire es más o menos como sucede por las tardes.

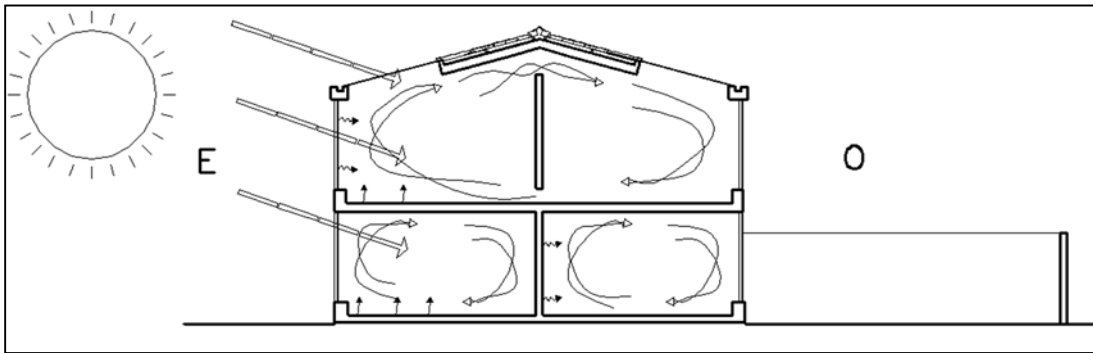
Fig. 163: Esquema de funcionamiento de las viviendas por la noche



Fuente: elaboración propia

También, la circulación del aire de una fachada fría a una caliente, en una vivienda de dos niveles, puede efectuarse en un solo piso, dejando ductos que conecten habitaciones separadas. El aire puede moverse al interior de una sola habitación; pero no es tan eficiente. Fig. 164.

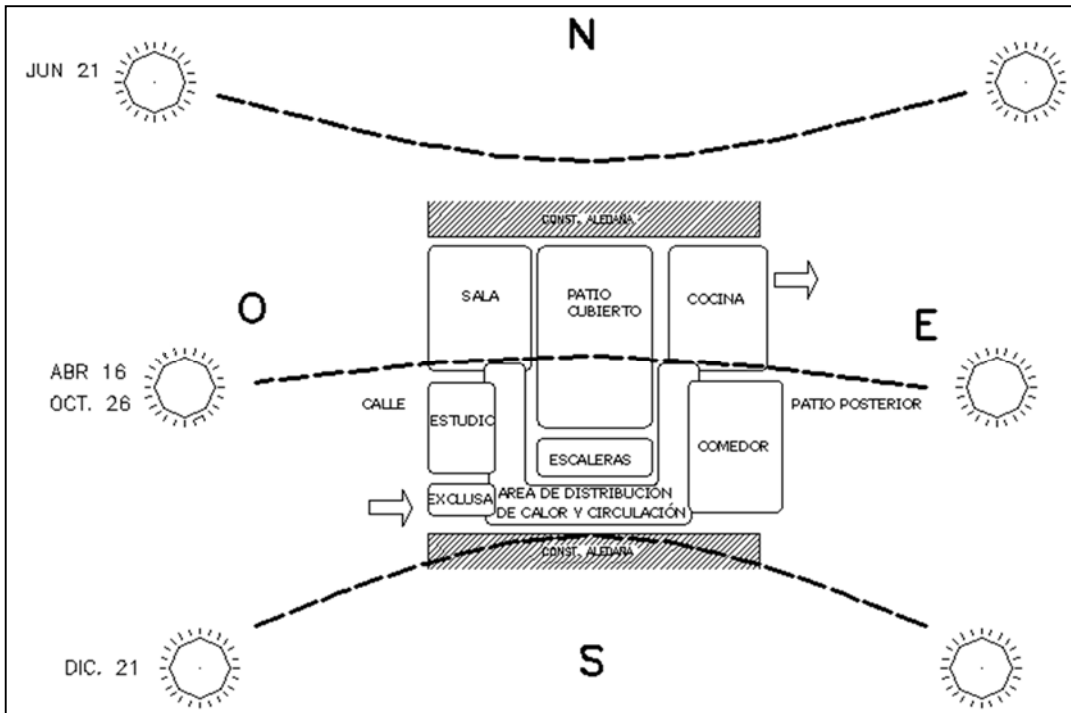
Fig. 164: Esquema del calentamiento y movimiento del aire en sólo un nivel



Fuente: elaboración propia

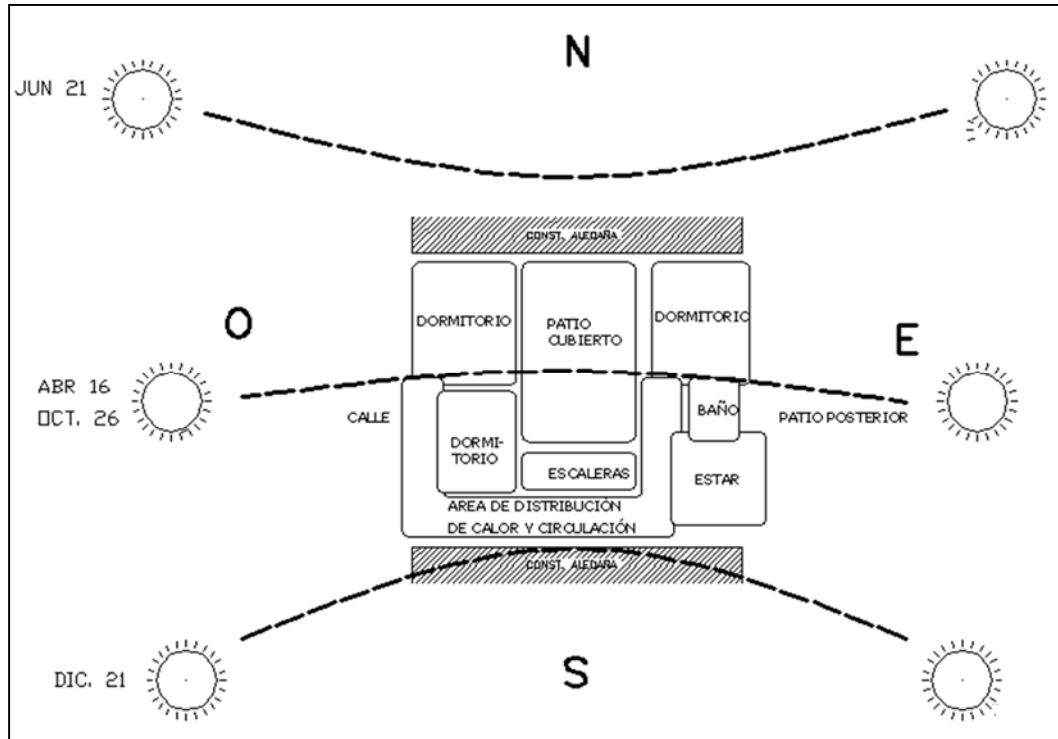
Se incluye un tipo más de vivienda que es la que utiliza el patio central como sistema de calentamiento solar pasivo. En el primer nivel, se ingresa a la vivienda por una exclusiva al área de distribución de calor que también es la de circulación, que conecta todos los ambientes tal como el esquema de la Fig. 165 lo muestra.

Fig. 165: Esquema de distribución de ambientes en el primer nivel de una vivienda de densidad media con patio central en Huaraz



Fuente: Elaboración propia

Fig. 166: Esquema de distribución de ambientes en el segundo nivel de una vivienda de densidad media con patio central en Huaraz



Fuente: elaboración propia

En el segundo nivel, todos los ambientes se iluminan y calefaccionan directamente a través del patio y en forma alterna por vanos orientados al Este u Oeste. La circulación sirve además para transferir el calor de una fachada hasta la otra y desde el patio hasta los ambientes, ésta se ubica en forma perimetral a la edificación, se ve en el esquema de la Fig. 166.

3.7.5 Propuestas

Los tipos de viviendas son similares, con ligeras modificaciones de un diseño base, como producto de ingresar el sistema solar pasivo deseado.

Las viviendas son las siguientes:

- Vivienda V-1 con construcción común y de control
- Vivienda V-2 con sistema de calentamiento solar directo.
- Vivienda V-3 con sistemas de calentamiento solar indirecto.
- Vivienda V-4 con sistemas de calentamiento solar independiente.
- Vivienda V-5 con sistema de calentamiento solar mixto.
- Vivienda V-6 con sistema de calentamiento solar de patio central.

Tabla 49: Cuadro resumen de características comunes en viviendas tipo

DESCRIPCIÓN	UN	V1	V2	V3	V4	V5	V6
AREA NETA HABITABLE							
1º PISO	m ²	66.62	66.62	66.62	66.62	66.62	65.67
2º PISO	m ²	59.73	59.73	59.73	59.73	59.73	60.67
TOTAL	m ²	126.35	126.35	126.35	126.35	126.35	126.34
VOLUMEN DE AIRE							
ESPACIO HABITABLE	m ³	327.1	327.1	327.13	327.13	327.13	327.48
PATIO INTERIOR	m ³						115.26
INVERNADEROS	m ³				178.65	47.05	
TOTAL VOLUMEN	m ³	327.132	327.132	327.13	505.78	374.18	442.74
CIERRE FRONTAL							
MUROS AL EXTERIOR.		24.69	14.68	4.32		8.89	18.00
VENTANAS AL EXTERIOR VIV.	m ²	11.31	20.84	13.58		7.38	17.52
VENTANAS INT. INVERN / PATIO					10.08	2.70	
MURO TROMBE	m ²			17.62		8.73	
MURO ABS INVERNADERO	m ²				27.42	11.58	
CIERRE POSTERIOR							
MUROS AL EXTERIOR	m ²	25.27	15.75	4.34		2.42	16.79
VENTANAS AL EXT.	m ²	10.73	19.77	13.56		9.54	17.77
VENTANAS INT. INVERN / PATIO					9.42	2.04	
MURO TROMBE	m ²			17.62		9.94	
MURO ABS INVERNADERO	m ²				28.08	11.58	
CIERRE LATERAL IZQUIERDO							
MURO MEDIANERO	m ²	50.08	50.08	50.08	50.08	50.08	51.50
CIERRE LATERAL DERECHO							
MURO MEDIANERO	m ²	50.08	50.08	50.08	50.08	50.08	51.50
CIERRE HORIZONTAL							
TECHO VIVIENDA	m ²	59.73	52.23	59.73	59.73	52.23	60.67
ENTREPISO	m ²	66.62	66.62	66.62	66.62	66.62	65.67
VIDRIADO EN TECHO	m ²		7.5			7.5	17.85
PISO VIVIENDA	m ²	66.62	66.62	66.62	66.62	74.12	66.62
PERÍMETRO 1º PISO							
COLINDANCIA IZQUIERDA	m	9.53	9.53	9.53	9.53	9.53	9.80
COLINDANCIA DERECHA	m	9.53	9.53	9.53	9.53	9.53	9.80
FRONTAL	m	8	8	8.00	8.00	8.00	8.30
POSTERIOR	m	8	8	8.00	8.00	8.00	8.00
TOTAL	m	35.06	35.06	35.06	35.06	35.06	35.90
TABIQUERIA INTERIOR	m ²	86.22	86.22	86.22	86.22	86.22	72.80
AREA MUROS+PISOS+TECHOS	m ²	429.31	402.28	423.25	434.85	432.49	403.55

Fuente: elaboración propia

Las viviendas V-2 a la V-6, tienen el debido aislamiento térmico para que se comporten adecuadamente al atemperamiento solar, éstas se diseñarán de acuerdo al punto anterior; todas las viviendas, tienen características similares de áreas habitables, volumen de aire a calentar y cierres del mismo tipo. En la tabla 49 puede verse las características comunes de las viviendas. La vivienda V-6, del sistema de patio central, es un poco diferente, de las viviendas V-2, V-3, V-4 y V-5 que son casi iguales. En cambio la vivienda V-1 es tal como se construye en Huaraz, que sirve de control.

Las viviendas son de densidad media, de dos niveles, para una familia de cinco miembros, que tiene un área techada aproximada a 130.00 m². Ocupan un terreno de 160 m², con una frente de 8.00 m por 20.00 m de profundidad. El sistema para calentar vía solar las viviendas V2 a V6 consta de cinco elementos definidores: captación, adsorbedor, almacenamiento, distribución, y control.

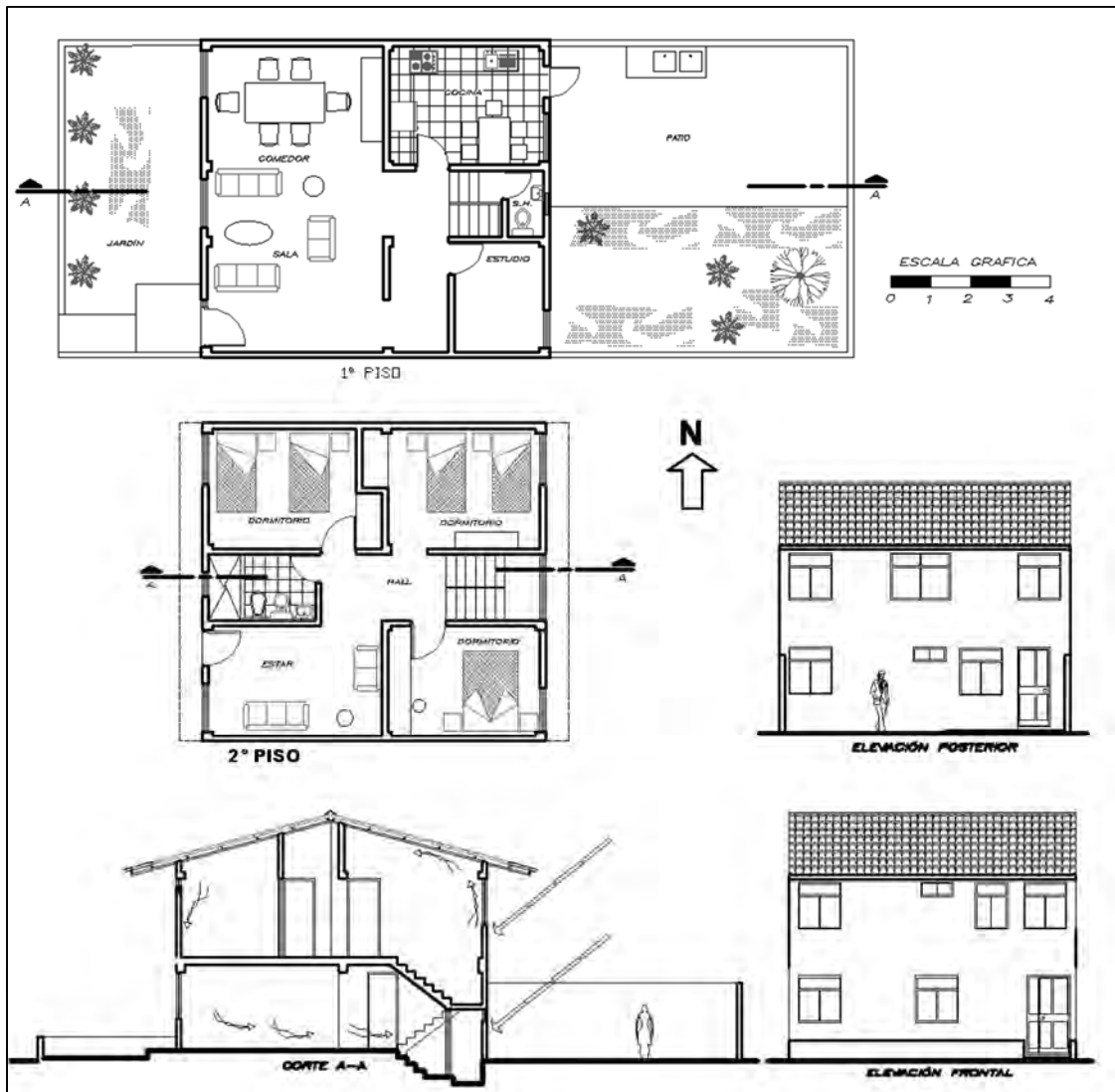
Los ambientes con que cuenta cada una de las viviendas son:

Primer piso: exclusiva, sala-comedor, estudio, cocina, medio baño, escaleras, jardín anterior si el caso lo requiera, y jardín posterior. Segundo piso: hall, 3 dormitorios y un baño completo.

3.7.5.1 Vivienda V-1 tradicional de control

Es una vivienda, tal como se diseña y construye generalmente en la ciudad de Huaraz; pero que tiene características similares a las viviendas tipo V2 a V6.

Fig. 167: Vivienda tipo V1



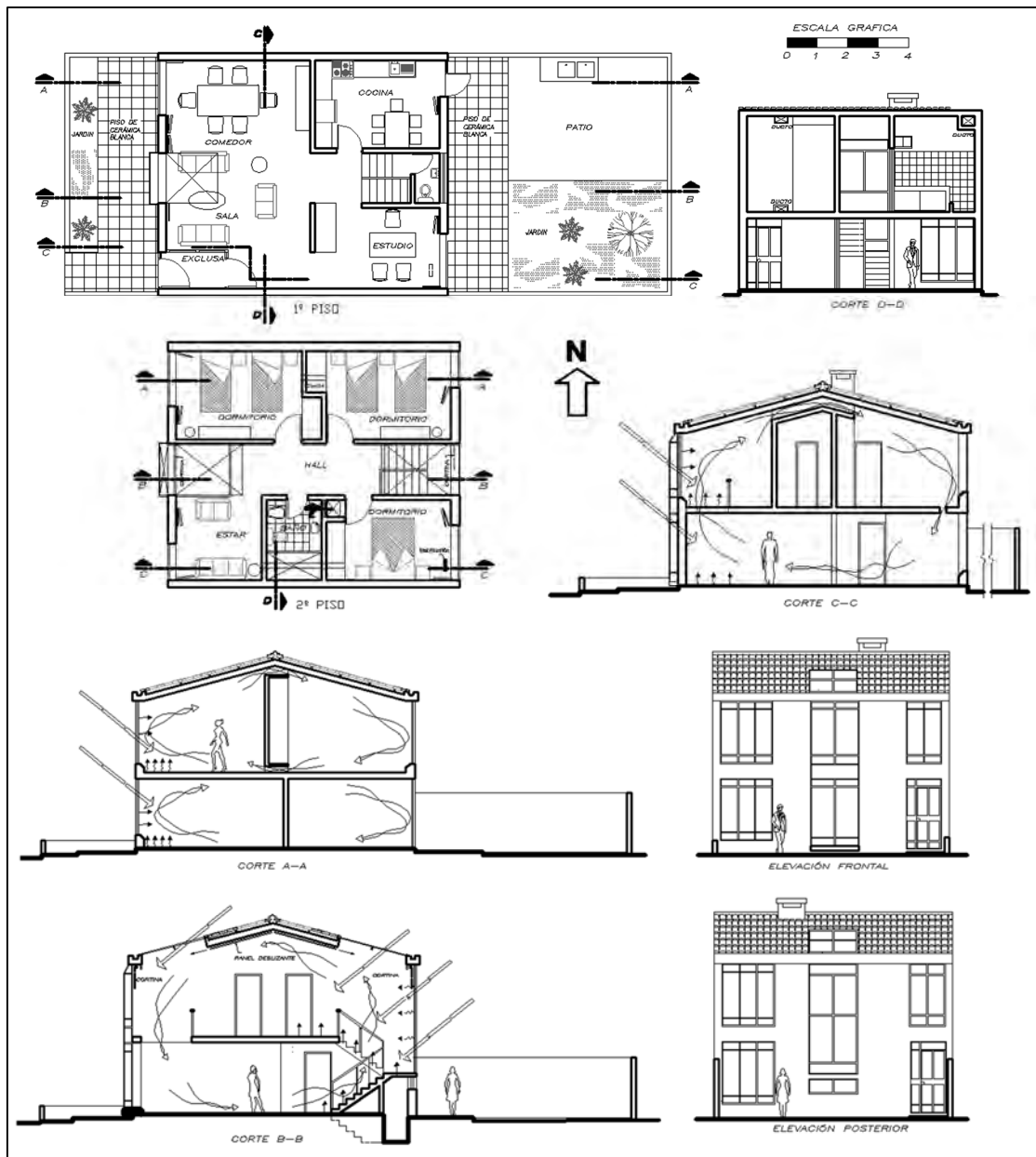
Fuente: Elaboración propia

La vivienda tiene voladizos en las fachadas que impiden el ingreso del Sol, elementos de cierre que no tienen un buen aislamiento térmico, no tiene espacios tampón, el baño se ubica en la fachada quitando acceso al Sol, no cuenta con espacios y ductos para circular el aire, tal como se muestra en la Fig.167.

3.7.5.2 Vivienda V-2 de sistema directo

Se diseña hacia los dos frentes opuestos (fachadas), con ventanas que tiene la función de captar la energía solar, la que ingresa directamente por las superficies acristaladas de los ambientes que están asoleados en ambos niveles, la energía es absorbida y almacenada por los pisos de cerámica negra y los muros interiores, los que tienen buena inercia térmica por ser macizos (Fig. 168).

Fig. 168: Vivienda tipo V2



Fuente: Elaboración propia

La energía solar que ingresa por las ventanas y tragaluces es almacenada por los pisos, paredes y muebles, la que es transmitida por convección por los ductos a los pisos superiores. Al interior, inmediatamente después de las ventanas, se cuenta con un espacio libre de muebles en el piso, que mejora las posibilidades de almacenamiento. Esta energía es liberada con ciertas horas de retraso y permite mantener caliente los ambientes.

Para mantener el calor durante las noches, las ventanas son cerradas con porticones aislantes. Para no perder el calor al salir o ingresar de la vivienda, se prevé en el acceso principal una exclusiva; en la parte posterior se ve por conveniente no tenerla, toda vez que se sale a un patio cercado y rodeado por viviendas. Debe tenerse en cuenta que la cocina genera calor interno, sirviendo también de alguna manera como exclusiva de ingreso a la vivienda desde el patio posterior. El baño en el segundo nivel se ubica al interior para evitar pérdida de áreas de exposición al Sol.

Se utilizan en el modelo desarrollado, en cada frente ± 18 m² de ventanas, que está dentro los valores sugeridos por la tabla 2.

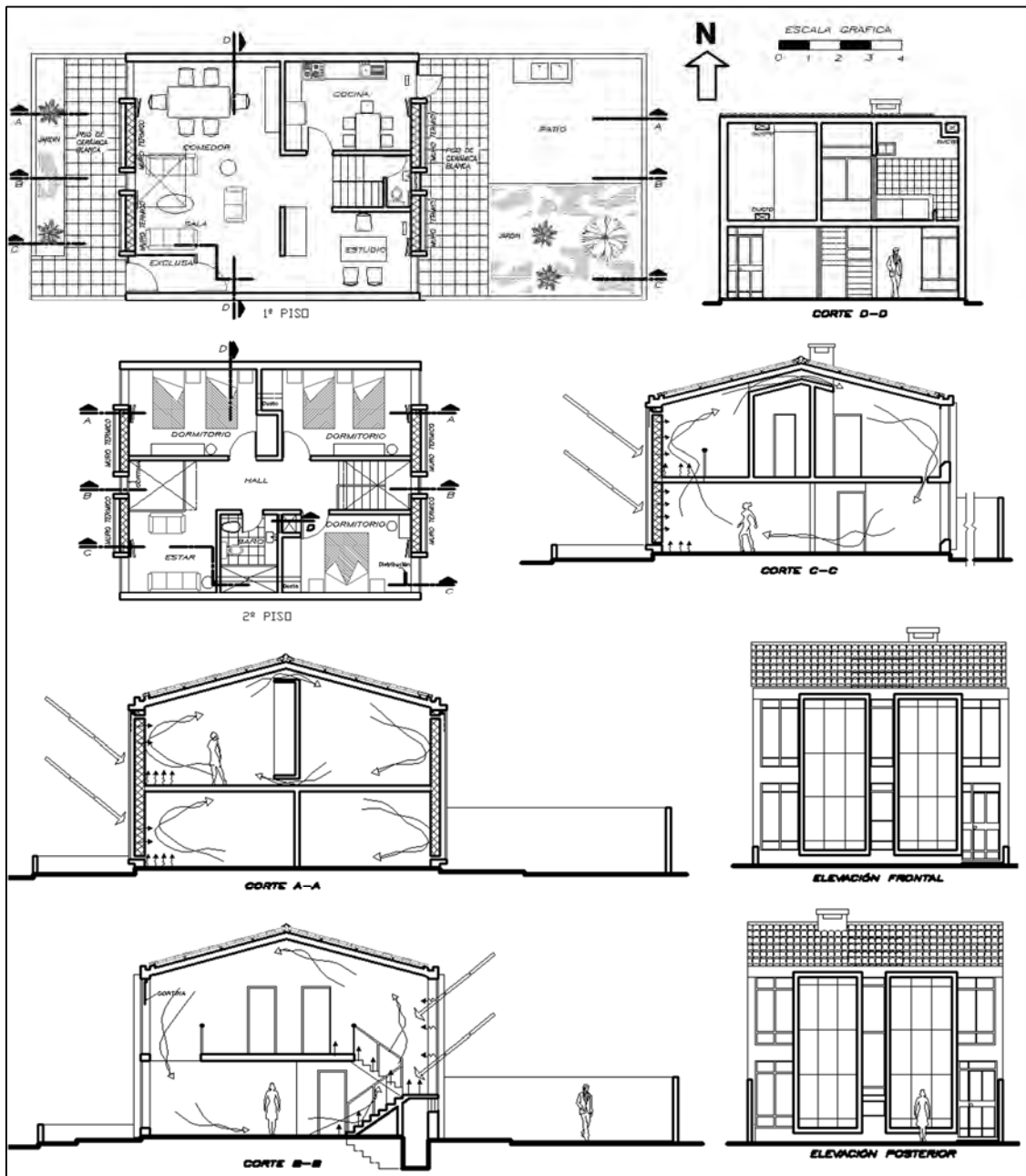
3.7.5.3 Vivienda V-3 de sistema indirecto de muro Trombe

De concepción similar que la vivienda N° 1 (Fig. 169), excepto que se le incorpora dos muros térmicos en cada fachada, por lo tanto tendrá aportes solares directos por las ventanas y aportes indirectos por medio de estos muros.

El calentamiento se da también en un frente por las mañana y el calor se transmite al otro frente frío, por efecto de la convección del aire, acción que se invierte por las tardes. También se utiliza para circular y distribuir el aire caliente ductos opuestos. El muro térmico consiste en un muro de concreto armado de 30 cm de espesor sin revestimiento externo ni interno, con la superficie pintada en negro selectivo, en la parte delantera a 15 cm de distancia se coloca un acristalamiento de vidrio doble con el objeto de no utilizar cortinas enrollables. Durante el día la radiación del Sol se capta cuando cruza el cristal, incide sobre la superficie negra del muro, donde se absorbe y luego se almacena en la sólida masa del mismo. El calor tarda horas en cruzar el muro, para llegar finalmente a lo habitable, cuando ya se ha puesto el Sol. Este retraso conserva el calor en el muro para distribuirlo en la noche en forma de calor radiante y de convección. No es necesario que los muros térmicos tengan orificios de ventilación en la parte alta y baja, esto se recomienda para climas de invierno más severos.

Los controles que se utilizan son los paneles aislantes para proteger las ventanas durante la noche que permiten reducir las pérdidas de calor hacia el exterior. En el muro térmico se corre durante la noche cortinas enrollables de lona, de accionamiento manual o mecánico. Como espacios tapón se utiliza la recepción, y la cocina, que constituyen espacios intermedios de acceso y/o salida al exterior de la vivienda. En caso de sobrecalentamiento se abren las ventanas para ingresar rápidamente aire fresco.

Fig. 169: Vivienda tipo V3



Fuente: Elaboración propia

En el modelo propuesto, se utilizan 18 m² de ventanas y 13 m² de muro térmico en cada frente, cuyas incidencias sobre al área del piso son 0,14 y 0,10 respectivamente, estando dentro lo sugerido por Mazria (ref. 45).

3.7.5.4 Vivienda V-4 de sistema independiente con invernaderos

De concepción similar que la vivienda N° 1 y 2, excepto que se le incorpora un invernadero en cada fachada que la cubre enteramente (Fig.170), donde se ubican muros adsorbedores de concreto armado de 0,30 m de espesor.

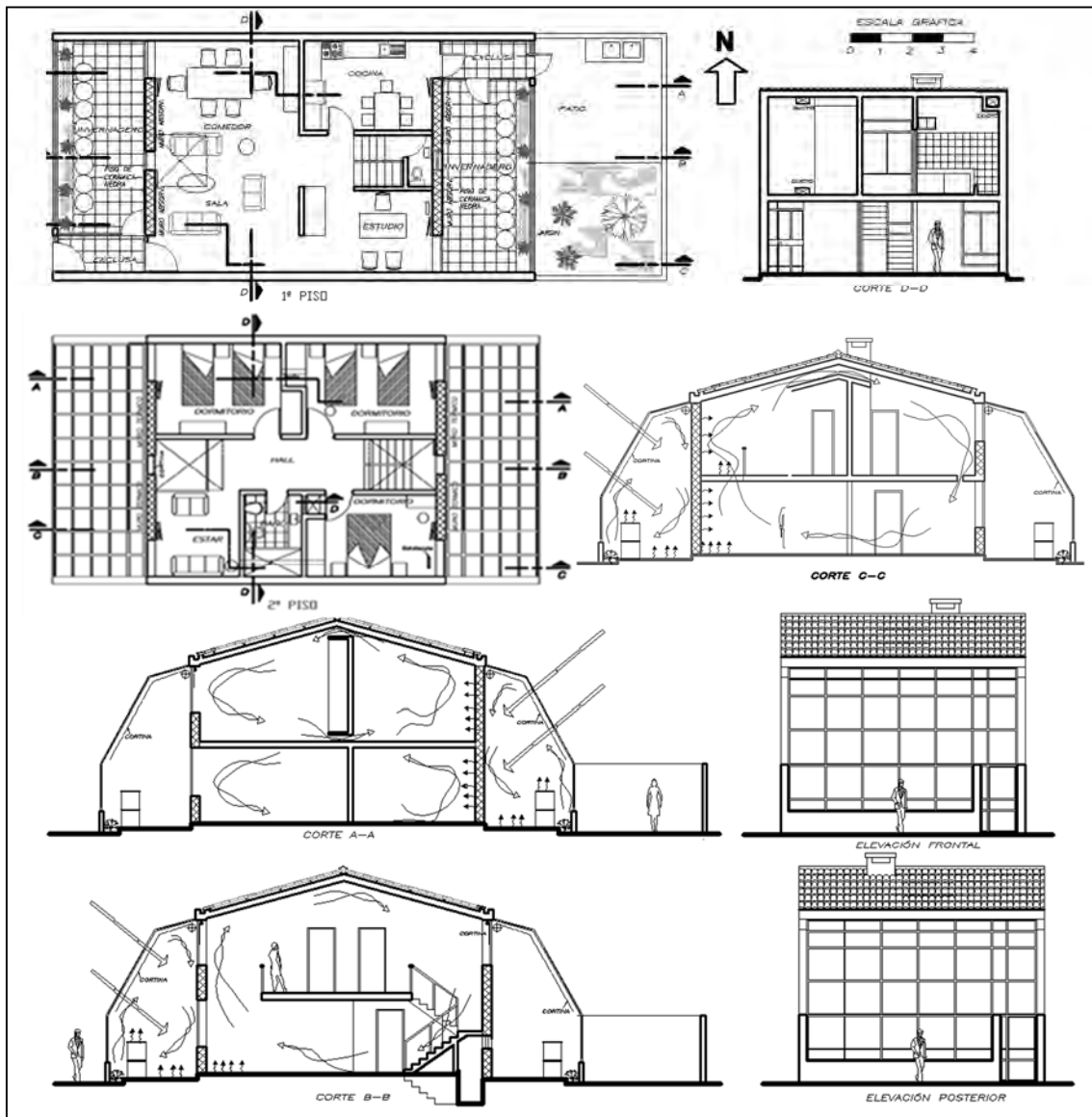
Los “aportes independientes”, dan una triple ventaja. Primero, que el calor que se capta puede distribuirse inmediatamente hacia las áreas habitables; pero también puede ser absorbido por los pisos de piedra pizarra del primer nivel, por los pisos cerámicos negros del pasaje del segundo nivel y por tres muros adsorbedores de concreto de 30 cm de espesor, los que ceden el calor por radiación. Segundo, que el invernadero crea un espacio habitable opcional y agradable a la vivienda. Tercero, que el invernadero crea un espacio intermedio entre la vivienda en sí y el exterior.

En consecuencia, por las mañanas, los muros de concreto armado del invernadero captan y absorben la energía solar, la que es cedida a los espacios habitables, y por la tarde, los mismos espacios habitables efectúan la misma operación, de tal manera, que no falte el calor solar durante el día y que sea cedido con un retraso de 8 a 10 horas después por la noche. El calentamiento del aire y la conducción del mismo, se efectuarán por medio de la convección del aire y radiación de los muros. Para mejorar la circulación del aire entre 1° y 2° nivel, se proponen pequeños orificios con rejillas a nivel de la losa del piso del 2° nivel.

El sistema tiene solar, tiene controles para regular el ingreso de la radiación solar o del aire caliente, que pueden ser accionadas manual o mecánicamente: (1) los paneles aislantes para proteger las ventanas de los dormitorios por la noche, reduciendo la pérdida del calor hacia el exterior; (2) las cortinas aislantes enrollables en invernaderos; (3) pequeñas portañuelas en las ventanas para controlar la sesión de aire caliente desde el invernadero a los ambientes; y (4) ventanas de control en el invernadero para ventilarlo rápidamente en caso de sobrecalentamientos.

Tiene 32.81 m² de muros adsorbedores en cada frente, representa una incidencia de 0,25 sobre el área del piso estando dentro del valor de la tabla 1 de 0,19 a 0.29.

Fig. 170: Vivienda tipo V4



Fuente: Elaboración propia

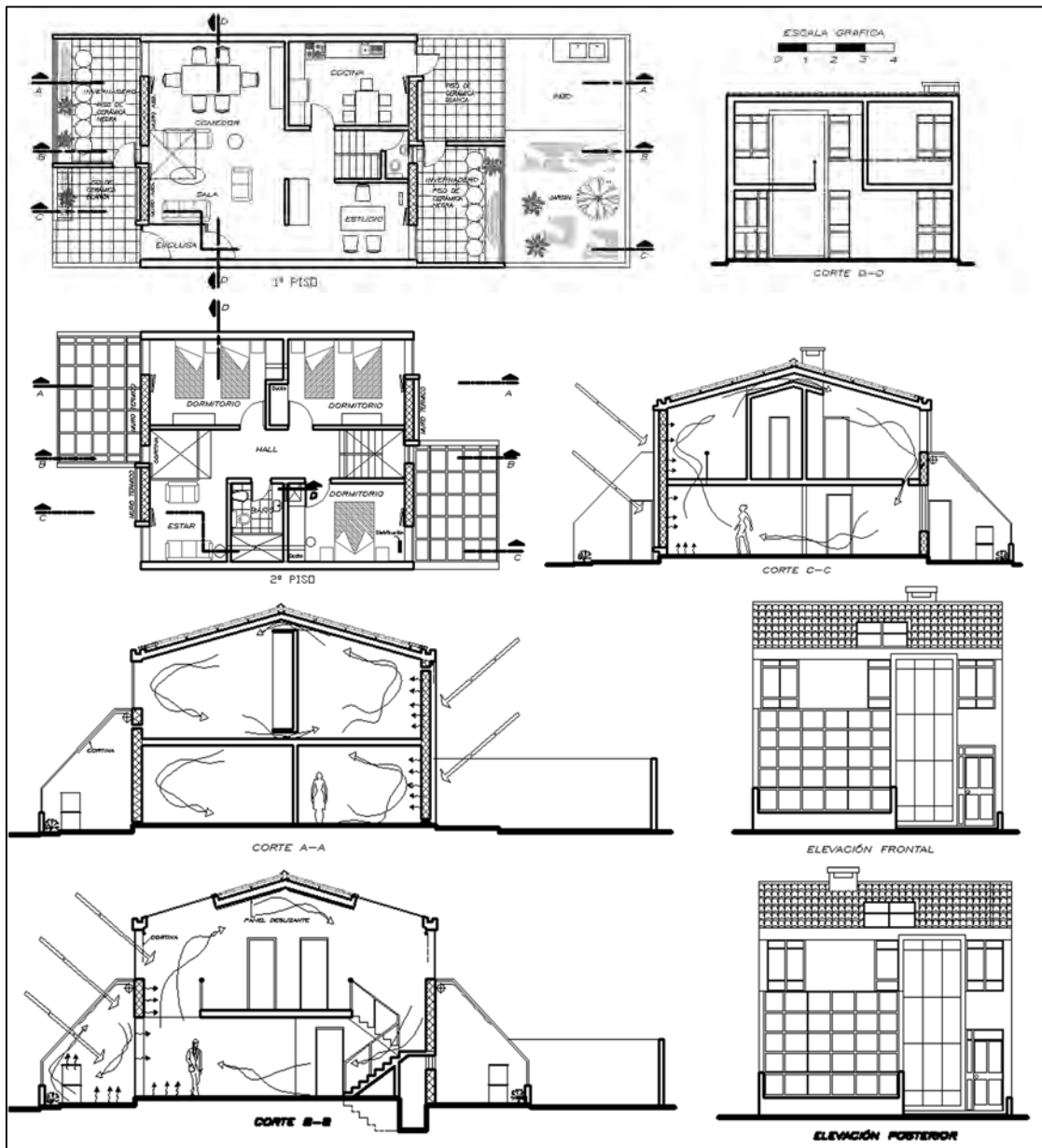
3.7.5.5 Vivienda V-5: sistema mixto

La vivienda es una combinación de las viviendas N° 1 al 3 y la solución es similar a éstas (Fig.171) La fachada principal de la vivienda capta la energía solar, en forma de aportes directos e independientes. Los aportes directos los efectúa por la puerta de acceso vidriada del primer nivel y por las ventanas del segundo nivel. Los aportes indirectos se hacen por medio de un invernadero que cubre la parte delantera de la primera planta, donde se ubican muros adsorbedores.

En la parte posterior se utiliza el sistema de aportes directos por medio de las ventanas y también, se usa el sistema indirecto conformado por dos muros térmicos,

estos sistemas son apoyados en el segundo nivel por dos claraboyas situadas sobre el espacio central distribuidor del segundo nivel que permiten captar y absorber la radiación solar. La proporción recomendada por Mazria para sistemas mixtos es de 1 de ventanas, 2 de muros y 3 de invernadero; en la vivienda V-4 se da la siguiente proporción 1, 1,9 y 2,9, valores muy cercanos a los sugeridos.

Fig. 171 Vivienda tipo V5



Fuente: Elaboración propia

3.7.5.6 Vivienda V-6 de sistema de patio cubierto

La vivienda tiene características similares a las anteriores; pero se distribuye alrededor de un espacio o patio central, el que tiene la función de captar aportes

independiente de la radiación solar horizontal, almacenarlos y distribuirlos a través de las ventanas interiores que se comunican con los ambientes habitables (Fig. 172). Este espacio es cerrado con vidrioado en dos capas, con el objeto de limitar las pérdidas y no utilizar elementos aislantes nocturnos, aquí también se ubican 4 muros absorbedores en toda la altura de la vivienda. El calentamiento de la vivienda es apoyado con aportes directos a través de las ventanas que se sitúan en las fachadas.

Fig. 172 Vivienda tipo V6



Fuente: Elaboración propia

El espacio facilitador de la distribución del calor a los ambientes, aparte del patio, en ambos pisos, es el corredor que va de fachada a fachada, en cuyo centro, al

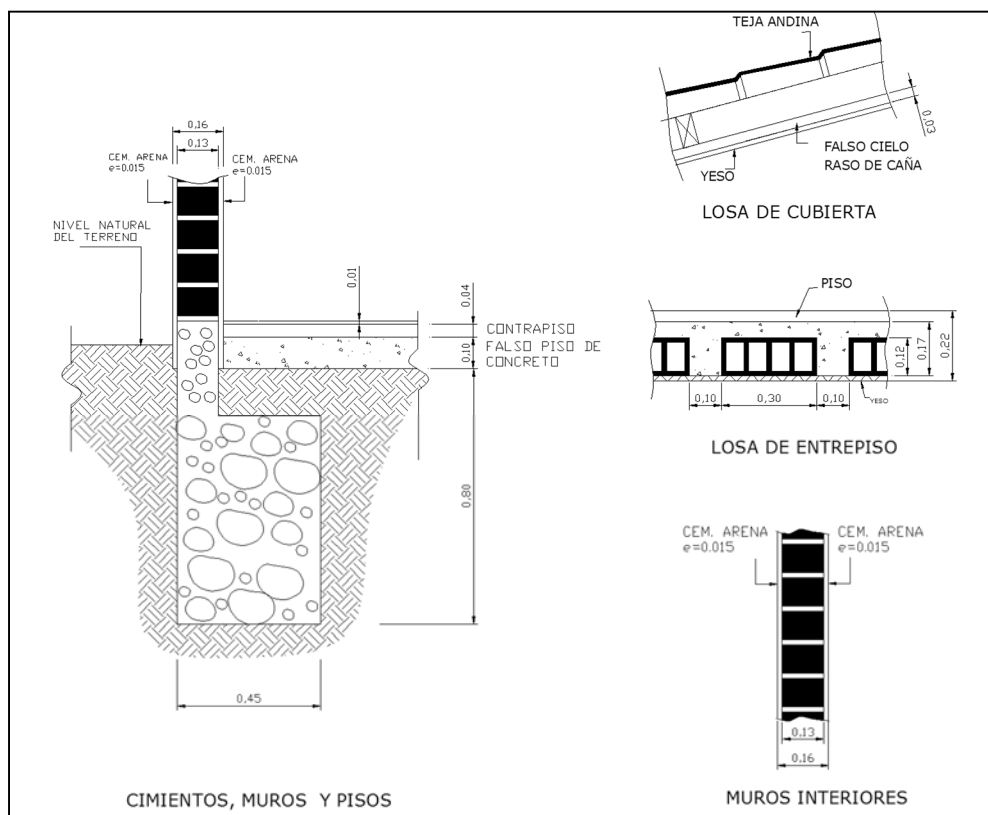
costado del patio, se ubica la escalera, que también sirven como ducto para mover el aire entre los dos pisos. Se utilizan contrapuestas aislantes y cortinas enrollables en las ventanas para evitar las pérdidas nocturnas. También cuenta con un espacio tampón o exclusiva en el ingreso principal y la cocina cumple esa función cuando se ingresa o sale al patio. La proporción de las ventanas verticales y del patio vidriado horizontal es de 1 a 0,61.

3.7.6 Especificaciones técnicas

3.7.6.1 Vivienda típica de control V1

Las cimentaciones son de concreto ciclópeo cemento - hormigón 1:10 + 30% de piedra grande y los sobrecimientos serán de concreto simple: cemento - hormigón 1:8 + 30% de piedra mediana (Fig.173).

Fig. 173: Detalles de elementos de cierre vivienda V1



Fuente: Elaboración propia

El concreto armado en columnas y techos son de una resistencia a la compresión de $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$. Las paredes, exterior e interior, serán de ladrillo macizo colocados en soga.

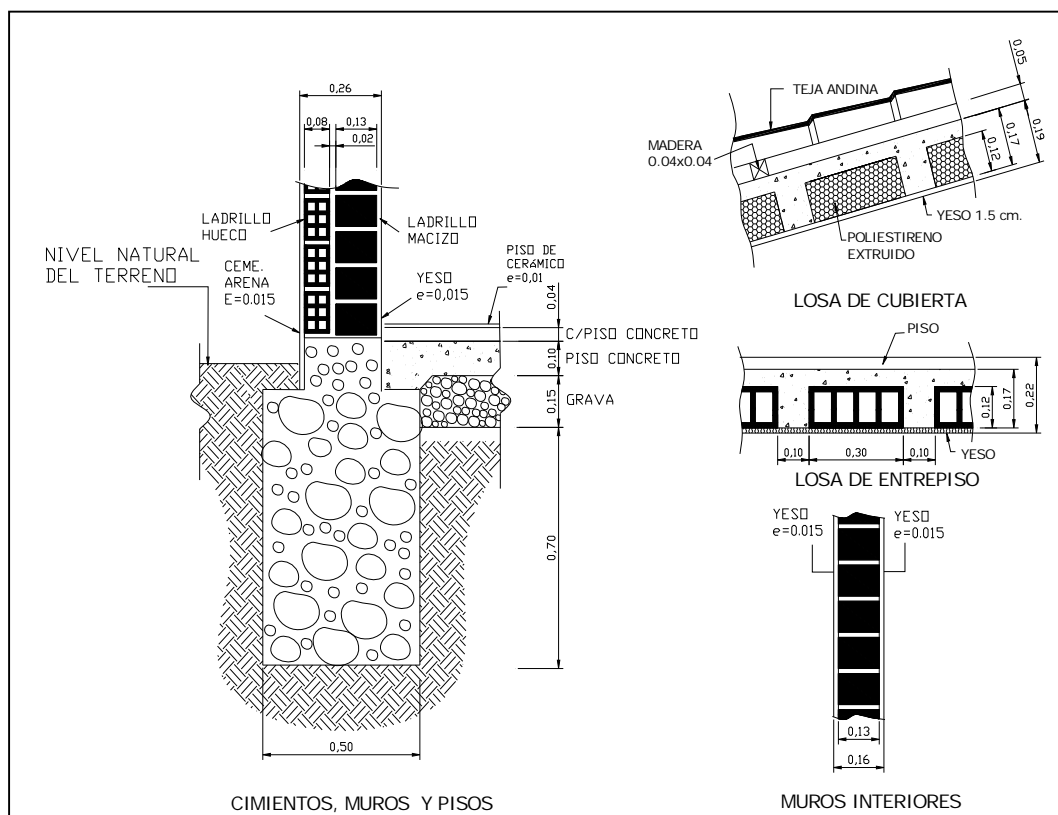
Los techos serán con cubierta de teja andina de asbesto cemento con cielo raso suspendido de caña tarrajado con yeso.

Los pisos son de 15 cm de espesor e irán directamente sobre el terreno firmemente compactado. La superficie de los pisos es a base de cerámica. Las ventanas y puerta exteriores son del tipo común utilizadas en la zona sin la hermeticidad adecuada y sin cortinas enrollables. Todos los revestimientos de los muros en interiores y exteriores son a base de mortero de cemento arena.

3.7.6.2 Viviendas solares pasivas V2, V3, V4, V5 Y V6

Las cimentaciones son de concreto ciclópeo cemento - hormigón 1:10 + 30% de piedra grande y los sobrecimientos serán de concreto simple: cemento - hormigón 1:8 + 30% de piedra mediana (Fig.174)

Fig. 174: Elementos de cierre de viviendas V2, V3, V4, V5 y V6



Fuente: Elaboración propia

El concreto armado en columnas, paredes termales y techos son de una resistencia a la compresión de $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$. Las paredes exteriores son de ladrillo macizo y hueco (pandereta). Para tener una buena inercia térmica los muros interiores son de ladrillo macizo colocados en soga. Los muros interiores (del muro de cierre)

son los portantes y en ellos irán embebidas las columnas, esto evitará los puentes térmicos posibles, toda vez que el aislante térmico que es el muro de ladrillo hueco está al exterior de la estructura.

Los techos son de losa aligerada de $h=20$ con casetones de poliestireno expandido. Como existe variaciones grandes de temperatura entre el día y la noche de 15 a 20°C, el techo se agrieta por estar expuesto a dilataciones y contracciones, pudiendo ingresar humedad, por tanto se cubre con cubierta de teja andina de asbesto cemento, de tal manera que exista una cámara de aire intermedia y mejore el aislamiento térmico. Los pisos serán de 15 cm de espesor e irán sobre una capa aislante de piedra mediana de 15 cm de espesor que estarán colocadas sobre un terreno firmemente compactado. Los pisos acabados del hall serán a base de cerámica negra.

Las ventanas y puerta exteriores deben ser lo más herméticas posible para evitar infiltraciones y pérdidas de calor. Los vidrios son del tipo simple, transparentes de 4 ó 6 mm en todos los vanos. Las superficies acristaladas, tienen cortinas y/o persianas enrollables, así como puertas aislantes de madera, las cuales serán accionadas manual o automáticamente.

Los revestimientos en interiores de paredes y techos serán a base de mortero de yeso de 1,5 cm de espesor (de buen comportamiento térmico); y en exteriores de mortero cemento arena de 1.5 cm. Los muros Trombe y absorbedores no tendrán ningún tarrajeo.

Para permitir una mejor absorción de la energía solar, las paredes exteriores deben de pintarse con colores preferentemente oscuros. Las interiores con colores claros para permitir una mejor propagación de la energía solar. El uso de un color ligero en la primera superficie herida por luz del Sol de incidente ayuda a diseminar la luz sobre un área grande de masa (Mazria.p.42).

3.7.7 Discusión

Las viviendas tipo, de densidad media propuestas, de calentamiento solar pasivo mostradas en las figuras 167 a 172, tienen diseños con condiciones similares de ubicación, de tamaño de lote, distribución de ambientes, área de piso, volumen de aire a calentar y de aislamiento térmico; pero cada una con un sistema solar pasivo

diferente, que puede ser directo (V2), indirecto (V3), independiente (V4), mixto (V5) y de patio cubierto (V6). La V1 es una vivienda típica existente.

La mejor forma de la construcción para una vivienda solar pasiva, es aquella que se aproxima a un cuadrado (Fig. 154 B), las viviendas propuestas están en ese orden, las viviendas ocupan 72 m^2 de área y al aplicar la ecuación 5 y 6 para una vivienda de altura 5.20 m, da como resultado 73.52 m^2 que es mayor que 72 m^2 , por lo tanto, es una forma óptima. Si existen colindancias (Fig. 155 B) el factor de forma mejora grandemente.

Todos los ambientes habitables de las viviendas deben orientarse ya sea al Este u Oeste para ser calentados por el Sol. Las viviendas V2, V3, V4 y V5 cuentan con un espacio de transferencia central longitudinal de Este a Oeste en ambos niveles, con dos espacios de transferencia vertical en ambos extremos conformados, uno por el espacio que ocupa las escaleras y el otro por un espacio vacío (Fig. 159 y 160); cosa que es concordante con la recomendación de Hertz, que plantea para la sierra peruana, el uso de tragaluces en la escalera para admitir la energía solar al piso bajo. La vivienda V6 cuenta con un patio central que capta y distribuye el calor (Fig. 165).

3.8 TRANSMISIÓN DE CALOR, APORTES E INFILTRACIÓN

Aquí se analizó las condiciones de transmisión de los muros envolventes de las viviendas propuestas e intercambios de aire con el exterior, teniendo en cuenta las condiciones de temperatura exterior en relación a la temperatura interior de confort térmico. También se tuvo en cuenta, los aportes de calor dado por la ocupación de la edificación.

3.8.1 Transmisión de la radiación solar por ventanas (SHGF)

Empleando las ecuaciones 48 y 49, y la Fig. 46 con un vidrio tipo A de 4 mm de espesor, con una emitancia $\epsilon=0.90$ y con 80% de superficie neta en ventanas, con un coeficiente de transferencia de calor con un $K=5.57$ del vidrio simple, para una temperatura interior de 21°C , para Huaraz dio el resultado la tabla 50.

Tabla 50: Radiación solar efectiva que penetra por ventanas de una sola hoja de vidrio en la ciudad de Huaraz (SHGF)

MARZO	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	TOTAL	
HORIZ		108.0	247.4	365.4	452.4	504.1	521.8	504.1	452.4	365.4	247.4	108.0		3876.4	
NORTE		31.3	59.7	84.1	102.8	114.5	118.5	114.5	102.8	84.1	59.7	31.3		903.2	
SUR		31.3	59.7	84.1	102.8	114.5	118.5	114.5	102.8	84.1	59.7	31.3		903.2	
ESTE		398.4	388.8	348.1	277.9	187.6	118.5	114.5	102.8	84.1	59.7	31.3		2111.6	
OESTE		31.3	59.7	84.1	102.8	114.5	118.5	181.8	279.7	349.9	390.1	398.4		2110.7	
NOR-ESTE		285.5	293.9	279.3	240.3	181.4	132.5	114.5	102.8	84.1	59.7	31.3		1805.2	
SUR-ESTE		31.3	59.7	84.1	102.8	114.5	118.5	139.4	193.8	242.1	272.7	284.9		1643.8	
JUNIO	6	7	8	9	9	10	12	11	12	15	13	14	18	TOTAL	
HORIZ		63.2	184.2	297.3	383.9	437.1	453.8	437.1	383.9	297.3	184.2	63.2		3185.1	
NORTE		168.7	215.4	253.5	281.2	297.0	300.0	297.0	281.2	253.5	215.4	168.7		2731.7	
SUR		19.6	44.8	66.5	83.2	93.6	97.2	93.6	83.2	66.5	44.8	19.6		712.7	
ESTE		377.9	366.1	323.1	256.3	172.0	97.2	93.6	83.2	66.5	44.8	19.6		1900.3	
OESTE		19.6	44.8	66.5	83.2	93.6	97.2	172.0	256.3	323.1	366.1	377.9		1900.3	
NOR-ESTE		316.1	296.7	222.6	140.9	266.1	235.8	173.1	99.5	66.5	44.8	19.6		1881.8	
SUR-ESTE		19.6	44.8	66.5	83.2	93.6	97.2	93.6	83.2	96.8	120.4	19.6		818.5	
SETIEM	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	TOTAL	
HORIZ		99.1	233.2	349.1	435.1	485.7	502.9	485.7	435.1	349.1	233.2	99.1		3707.4	
NORTE		38.1	78.4	117.6	149.5	165.7	162.9	165.7	149.5	117.6	78.4	38.1		1261.4	
SUR		29.1	57.0	80.9	99.2	110.8	114.7	110.8	99.2	80.9	57.0	29.1		868.7	
ESTE		386.9	377.8	338.9	271.7	186.8	114.7	110.8	99.2	80.9	57.0	29.1		2053.8	
OESTE		29.1	57.0	80.9	99.2	110.8	114.7	186.8	271.7	338.9	377.8	386.9		2053.8	
NOR-ESTE		293.3	300.6	286.0	243.9	160.8	146.9	110.8	99.2	80.9	57.0	29.1		1808.5	
SUR-ESTE		29.1	57.0	80.9	99.2	110.8	114.7	117.4	166.8	211.7	240.9	252.4		1480.9	
DICIEM	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	TOTAL	
HORIZ		14.1	106.1	208.2	294.5	358.8	397.1	410.1	397.1	358.8	294.5	208.2	106.1	14.1	3168.0
NORTE		7.5	34.5	59.7	81.3	97.9	108.4	111.9	108.4	97.9	81.3	59.7	34.5	7.5	890.5
SUR		94.2	110.8	127.4	142.6	154.7	158.5	153.7	158.5	154.7	142.6	127.4	110.8	94.2	1730.0
ESTE		253.8	272.4	273.0	251.1	214.3	157.5	111.9	108.4	97.9	81.3	59.7	34.5	7.5	1923.3
OESTE		7.5	34.5	59.7	81.3	97.9	108.4	111.9	157.5	214.3	251.1	273.0	272.4	253.8	1923.3
NOR-ESTE		212.5	241.2	255.9	253.5	225.6	111.6	154.1	108.5	97.9	81.3	59.7	34.5	7.5	1843.7
SUR-ESTE		7.5	34.5	59.7	81.3	97.9	108.4	111.9	108.4	125.3	138.4	137.0	121.2	91.1	1222.6

Fuente: Elaboración propia

3.8.2 Flujo de calor que ingresa por los cierres opacos

Empleando las ecuaciones 51 Y 52 se calculó la temperatura Sol-aire para las superficies opacas exteriores (muros y techos) de los meses junio, marzo, setiembre y diciembre, con una emitancia $\epsilon=0.90$ y un coeficiente de absorción $\alpha=0.70$, dio como resultado la tabla 51.

Tabla 51: Temperatura sol aire para la ciudad de Huaraz en direcciones principales

SOL AIRE JUNIO									SOL AIRE MARZO								
HORA	Te	H	N	S	E	O	NE-NO	SE-SO	HORA	Ta	H	N	S	E	O	NE-NO	SE-SO
1	8.4	13.80	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	1	11.7	17.10	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7
2	7.5	12.90	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	2	11.6	17.00	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6
3	6.6	12.00	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	3	11.5	16.90	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
4	5.7	11.11	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	4	11.4	16.80	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4
5	4.8	10.21	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	5	9.5	14.90	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
6	3.9	9.31	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	6	8.4	14.87	8.6	12.3	30.8	8.6	26.9	8.6
7	5.6	17.64	16.8	7.0	27.6	7.0	28.5	7.0	7	10.0	26.22	12.3	15.0	33.7	12.3	29.4	12.3
8	13.2	33.70	27.0	16.2	34.7	16.2	36.9	16.2	8	14.9	40.20	19.1	20.9	38.3	19.1	34.0	19.1
9	15.8	43.55	31.7	20.3	35.3	20.3	39.0	20.3	9	17.2	50.30	23.0	24.1	38.7	23.0	34.9	23.0
10	17.1	50.50	34.8	22.7	33.4	22.7	38.8	22.7	10	18.0	57.09	25.1	25.6	36.2	25.1	33.3	25.1
11	18.6	55.53	37.3	25.0	30.5	25.0	37.6	25.0	11	19.3	62.15	27.2	27.3	32.9	27.2	31.3	27.2
12	19.6	57.73	38.7	26.2	26.2	26.2	35.0	26.2	12	19.6	63.74	27.7	27.8	27.7	27.7	27.7	27.7
13	21.0	57.88	39.7	27.3	27.3	32.8	32.2	27.3	13	19.7	62.55	27.6	27.7	27.6	33.3	27.6	31.5
14	21.9	55.30	39.6	27.5	27.5	38.2	28.5	27.5	14	21.4	60.49	28.5	29.0	28.5	39.6	28.5	35.9
15	22.7	50.49	38.7	27.2	27.2	42.3	27.2	29.8	15	21.3	54.40	27.1	28.2	27.1	42.8	27.1	37.4
16	21.6	42.10	35.4	24.6	24.6	43.1	24.6	30.1	16	20.8	46.10	25.0	26.8	25.0	44.2	25.0	37.2
17	19.9	31.90	31.1	21.2	21.2	41.8	21.2	28.8	17	18.9	35.12	21.2	23.9	21.2	42.6	21.2	34.4
18	16.9	22.30	16.9	16.9	16.9	16.9	16.9	16.9	18	17.5	23.97	17.7	21.4	17.7	39.9	17.7	30.8
19	13.8	19.18	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	19	12.8	18.20	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
20	12.9	18.28	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	20	12.7	18.10	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7
21	12.0	17.38	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	21	12.5	17.90	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
22	11.1	16.49	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	22	12.1	17.50	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
23	10.2	15.59	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	23	12.0	17.40	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
24	9.3	14.69	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	24	11.8	17.20	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
Tsam	13.3	28.7	20.6	15.3	18.3	18.3	19.7	16.0	PROM	14.9	32.8	17.5	18.3	21.5	21.5	20.6	20.0
SOL AIRE DICIEMBRE									SOL AIRE SETIEMBRE								
HORA	Te	H	N	S	E	O	NE-NO	SE-SO	HORA	Ta	H	N	S	E	O	NE-NO	SE-SO
1	11.0	16.40	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	1	9.6	15.04	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6
2	10.5	15.90	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	2	8.8	14.21	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8
3	8.7	14.15	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	3	8.0	13.38	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
4	8.2	13.56	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	4	7.2	12.55	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
5	7.6	12.98	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	5	6.3	11.73	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
6	7.0	14.41	7.5	13.4	21.7	7.5	21.7	7.5	6	5.5	12.22	5.8	10.1	24.6	5.8	22.1	5.8
7	9.7	24.40	12.0	17.4	25.7	12.0	26.1	12.0	7	7.6	23.14	9.9	13.4	28.1	9.9	25.2	9.9
8	15.1	36.54	19.1	23.9	31.4	19.1	32.5	19.1	8	14.9	38.66	19.1	21.8	35.4	19.1	32.5	19.1
9	17.7	45.03	23.2	27.5	33.2	23.2	35.4	23.2	9	17.5	48.35	23.3	25.4	36.6	23.3	34.2	23.3
10	18.2	50.04	24.9	28.8	32.0	24.9	35.4	24.9	10	18.1	54.29	25.1	26.7	34.5	25.1	32.8	25.1
11	19.0	53.61	26.4	30.0	30.0	26.4	34.4	26.4	11	18.6	58.26	26.4	27.7	31.3	26.4	30.8	26.4
12	20.3	55.87	27.9	31.5	27.9	27.9	31.6	27.9	12	20.6	61.40	28.7	29.8	28.7	28.7	29.5	28.7
13	21.4	56.01	28.8	32.4	28.8	32.4	28.8	28.8	13	22.2	61.84	30.0	31.3	30.0	34.9	30.0	32.6
14	21.9	53.69	28.6	32.5	28.6	35.6	28.6	30.8	14	23.2	59.43	30.2	31.8	30.2	39.6	30.2	35.8
15	21.6	48.92	27.1	31.4	27.1	37.1	27.1	31.2	15	23.1	53.92	28.9	31.0	28.9	42.2	28.9	36.8
16	20.9	42.39	25.0	29.7	25.0	37.2	25.0	30.3	16	20.9	44.66	25.1	27.8	25.1	41.4	25.1	34.7
17	19.0	33.70	21.3	26.7	21.3	35.0	21.3	27.2	17	19.3	34.84	21.6	25.1	21.6	39.8	21.6	32.0
18	16.8	24.22	17.3	23.3	17.3	31.5	17.3	23.1	18	18.0	24.72	18.3	22.6	18.3	37.1	18.3	28.6
19	13.4	18.80	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	19	14.6	20.00	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6
20	13.0	18.40	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	20	13.6	19.00	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
21	12.8	18.20	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	21	12.9	18.35	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9
22	12.2	17.62	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	22	12.1	17.52	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
23	11.7	17.10	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	23	11.3	16.69	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3
24	11.5	16.90	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	24	10.5	15.86	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
PROM	14.6	30.0	17.1	19.5	19.6	19.6	20.2	18.0	PROM	14.4	31.3	17.0	18.3	20.3	20.3	19.8	18.9

Fuente: elaboración propia.

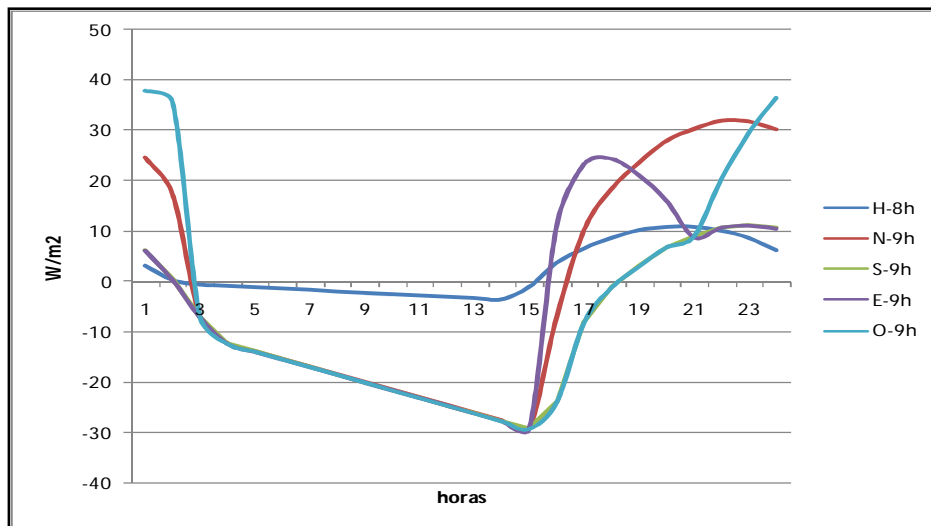
En sujeción a la ecuaciones 37 a la 45 se calculó el retraso de transmisión (ϕ) y coeficiente de admisibilidad (μ) y velocidad de flujo (V) de calor de los cierres opacos de las figuras 98, 100, 106, 108 Y 113; dio como resultado la tabla 52.

Tabla 52: Retraso de transmisión en horas (ϕ), coeficiente de admisibilidad (μ) y velocidad de flujo (v) en m/min de los cierres opacos

T= 24		e	k	A	K	c	ρ	ρ	B	ϕ	μ	V
		m	W/h°C	mW/m ² °C	W/mh°C	W/Kg	Kg/m ³	Kg/m ²		h		m / min
PARED LADRILLO MACIZO + HUECO	Ladrillo macizo	0.13	0.87	0.15		0.23	1800			3.92		
	Cemento arena	0.02	1.40	0.01		0.28	1600			0.49		
	Ladrillo hueco	0.10	0.49	0.20		0.26	1200			3.49		
	Yeso	0.02	0.40	0.04		0.30	800			0.51		
	Cemento arena	0.02	1.40	0.01		0.21	1600			0.32		
	hi+he		0.11	0.17								
Total		0.28		0.59	1.71		1392.86	390.0	116.2	9	0.102	1.92
LOSA ALIGERADA	Yeso en cielo raso	0.02	0.40	0.05		0.28	800.00			0.65		
	0.25 Viguetas de concreto	0.12	2.30	0.01		0.28	2400.00			2.83		
	0.75 Poliest. Extruido	0.12	0.03	2.90		0.40	25.00			2.98		
	Losa de concreto Arm	0.05	2.30	0.02		0.28	2400.00			1.18		
	Teja de asbesto Cem	0.01	0.67	0.01		0.30	1800.00			0.39		
	Cámara de aire			0.16								
	hi+he			0.22								
Total		0.32		3.38	0.30		1390.63	445.0	2.96	8	0.122	2.39
TECHO ASBESTO CEMENTO+CAÑA	Yeso en cielo raso	0.02	0.40	0.05		0.23	1800.00			0.89		
	Cámara de aire			0.16		0.26	2400.00					
	Teja de asbesto Cem	0.12	0.67	0.02		0.26	1400.00			3.87		
	hi+he			0.22								
Total		0.02		0.45	2.25		8436.00	168.7	59.77	5	0.288	0.25
MURO TROMBE	Concreto	0.29	2.30	0.13		0.28	2400.00			6.85		
	Camara de aire			0.16								
	Vidrio	0.01	0.95	0.28		0.28	1164.00			0.15		
	Yeso	0.02	0.40	0.04		0.23	800.00			0.44		
	hi+he			0.17								
Total		0.31		0.77	1.29		2298.98	715.0	48.54	7	0.142	2.51
PARED DE LADRILLO MACIZO E=0.15	Tarrajeo cemento arena	0.015	1.40	0.01		0.21	1600.00			0.32		
	Ladrillo macizo	0.130	0.87	0.15		0.23	1800.00			3.92		
	Enlucido yeso	0.015	0.40	0.04		0.28	800.00			0.49		
	hi+he			0.17								
Total		0.16		0.37	2.72		1687.50	270.0	86.70	5	0.290	2.03

Fuente: elaboración propia

Fig. 175: Flujo de calor que ingresa por muros y techo en junio con retraso de 8h y 9 h



Fuente: elaboración propia

En función a la temperatura Sol-aire, utilizando la ecuación 54, para una temperatura interior de un local de 21°C y muros con ladrillo hueco al exterior y ladrillo macizo al interior con $K(U) = 1.71$, para el techo con $K(U) = 0.30$, con retraso de 8 y 9

horas, y un amortiguamiento de $\mu=0.12$ y 0.10 , dio como resultado la tabla 53. Ver Fig. 175 para el mes de junio.

Tabla 53: Flujo de calor efectivo que ingresa por los muros $U= 1.71$ y por el techo $U=0.30$, para una temperatura interior de 21°C para Huaraz con retaso de 8 y 9 horas

JUNIO									MARZO								
HORA	Te	8h	9h	9h	9h	9h	9h	9h	HORA	Te	H	N	S	E	O	NE-NO	SE-SO
1	8.4	3.22	24.52	6.22	6.22	37.72	6.22	15.56	1	11.7	4.16	6.78	9.96	6.78	39.53	6.78	27.69
2	7.5	0.38	17.24	0.40	0.40	35.53	0.40	13.33	2	11.6	0.88	0.29	4.98	0.29	36.82	0.29	22.80
3	6.6	-0.54	-6.99	-6.99	-6.99	-6.99	-6.99	-6.99	3	11.5	-0.83	-5.59	0.72	-5.59	32.23	-5.59	16.69
4	5.7	-0.80	-12.33	-12.33	-12.33	-12.33	-12.33	-12.33	4	11.4	-0.86	-13.99	-13.99	-13.99	-13.99	-13.99	-13.99
5	4.8	-1.07	-13.86	-13.86	-13.86	-13.86	-13.86	-13.86	5	9.5	-0.91	-14.16	-14.16	-14.16	-14.16	-14.16	-14.16
6	3.9	-1.33	-15.39	-15.39	-15.39	-15.39	-15.39	-15.39	6	8.4	-1.03	-14.50	-14.50	-14.50	-14.50	-14.50	-14.50
7	5.6	-1.60	-16.91	-16.91	-16.91	-16.91	-16.91	-16.91	7	10.0	-1.06	-15.18	-15.18	-15.18	-15.18	-15.18	-15.18
8	13.2	-1.86	-18.44	-18.44	-18.44	-18.44	-18.44	-18.44	8	14.9	-1.12	-15.35	-15.35	-15.35	-15.35	-15.35	-15.35
9	15.8	-2.13	-19.97	-19.97	-19.97	-19.97	-19.97	-19.97	9	17.2	-1.15	-15.70	-15.70	-15.70	-15.70	-15.70	-15.70
10	17.1	-2.39	-21.50	-21.50	-21.50	-21.50	-21.50	-21.50	10	18.0	-1.18	-15.87	-15.87	-15.87	-15.87	-15.87	-15.87
11	18.6	-2.65	-23.03	-23.03	-23.03	-23.03	-23.03	-23.03	11	19.3	-1.21	-16.04	-16.04	-16.04	-16.04	-16.04	-16.04
12	19.6	-2.92	-24.56	-24.56	-24.56	-24.56	-24.56	-24.56	12	19.6	-1.24	-16.21	-16.21	-16.21	-16.21	-16.21	-16.21
13	21.0	-3.18	-26.09	-26.09	-26.09	-26.09	-26.09	-26.09	13	19.7	-1.80	-16.38	-16.38	-16.38	-16.38	-16.38	-16.38
14	21.9	-3.45	-27.62	-27.62	-27.62	-27.62	-27.62	-27.62	14	21.4	-1.81	-19.62	-19.62	-19.62	-19.62	-19.62	-19.62
15	22.7	-0.99	-29.15	-29.15	-29.15	-29.15	-29.15	-29.15	15	21.3	1.54	-21.11	-14.81	16.70	-21.11	10.09	-21.11
16	21.6	3.75	-7.09	-23.94	11.20	-23.94	12.82	-23.94	16	20.8	5.66	-14.89	-10.21	21.64	-14.89	14.25	-14.89
17	19.9	6.65	10.19	-8.11	23.39	-8.11	27.10	-8.11	17	18.9	8.64	-3.28	-0.10	29.47	-3.28	22.12	-3.28
18	16.9	8.70	18.30	-1.24	24.48	-1.24	30.76	-1.24	18	17.5	10.65	3.43	5.32	30.17	3.43	23.67	3.43
19	13.8	10.18	23.49	2.98	21.17	2.98	30.34	2.98	19	12.8	12.14	6.94	7.83	25.85	6.94	20.94	6.94
20	12.9	10.83	27.86	6.75	16.17	6.75	28.33	6.75	20	12.7	12.61	10.50	10.77	20.29	10.50	17.61	10.50
21	12.0	10.88	30.18	8.87	8.87	8.87	23.94	8.87	21	12.5	12.26	11.48	11.53	11.48	11.48	11.51	11.48
22	11.1	10.12	31.87	10.76	10.76	20.18	19.03	10.76	22	12.1	11.65	11.19	11.19	11.19	20.97	11.19	17.92
23	10.2	8.70	31.68	11.17	11.17	29.36	12.81	11.17	23	12.0	9.85	12.74	13.63	12.74	31.65	12.74	25.48
24	9.3	6.23	30.13	10.59	10.59	36.31	10.59	14.95	24	11.8	7.41	10.43	12.31	10.43	37.17	10.43	28.00
PROM	13.33	2.28	-0.73	-9.64	-4.64	-4.64	-2.23	-8.53	PROM	14.86	3.47	-6.00	-4.57	0.77	0.77	-0.71	-1.72
DICIEMBRE									SEPTIEMBRE								
HORA	Te	H	N	S	E	O	NE-NO	SE-SO	HORA	Te	H	N	S	E	O	NE-NO	SE-SO
1	8.4	3.75	6.75	14.88	6.75	27.66	6.75	15.78	1	9.6	4.08	6.97	11.59	6.97	34.76	6.97	23.35
2	7.5	0.95	0.59	9.69	0.59	23.91	0.59	10.65	2	8.8	1.10	1.04	6.95	1.04	32.04	1.04	18.78
3	6.6	-0.65	-6.28	3.85	-6.28	17.87	-6.28	3.63	3	8.0	-0.30	-4.61	2.67	-4.61	27.48	-4.61	12.94
4	5.7	-0.77	-12.97	-12.97	-12.97	-12.97	-12.97	-12.97	4	7.2	-0.59	-10.92	-10.92	-10.92	-10.92	-10.92	-10.92
5	4.8	-0.83	-13.65	-13.65	-13.65	-13.65	-13.65	-13.65	5	6.3	-0.78	-12.62	-12.62	-12.62	-12.62	-12.62	-12.62
6	3.9	-1.00	-13.99	-13.99	-13.99	-13.99	-13.99	-13.99	6	5.5	-1.03	-13.74	-13.74	-13.74	-13.74	-13.74	-13.74
7	5.6	-1.15	-14.98	-14.98	-14.98	-14.98	-14.98	-14.98	7	7.6	-1.27	-15.15	-15.15	-15.15	-15.15	-15.15	-15.15
8	13.2	-1.21	-15.87	-15.87	-15.87	-15.87	-15.87	-15.87	8	14.9	-1.52	-16.56	-16.56	-16.56	-16.56	-16.56	-16.56
9	15.8	-1.36	-16.21	-16.21	-16.21	-16.21	-16.21	-16.21	9	17.5	-1.76	-17.98	-17.98	-17.98	-17.98	-17.98	-17.98
10	17.1	-1.50	-17.06	-17.06	-17.06	-17.06	-17.06	-17.06	10	18.1	-2.00	-19.39	-19.39	-19.39	-19.39	-19.39	-19.39
11	18.6	-2.02	-17.91	-17.91	-17.91	-17.91	-17.91	-17.91	11	18.6	-2.25	-20.80	-20.80	-20.80	-20.80	-20.80	-20.80
12	19.6	-2.19	-20.91	-20.91	-20.91	-20.91	-20.91	-20.91	12	20.6	-2.49	-22.21	-22.21	-22.21	-22.21	-22.21	-22.21
13	21.0	-2.37	-21.90	-21.90	-21.90	-21.90	-21.90	-21.90	13	22.2	-2.74	-23.62	-23.62	-23.62	-23.62	-23.62	-23.62
14	21.9	-1.94	-22.89	-22.89	-22.89	-22.89	-22.89	-22.89	14	23.2	-2.59	-25.03	-25.03	-25.03	-25.03	-25.03	-25.03
15	22.7	1.00	-23.02	-12.88	1.13	-23.02	1.28	-23.02	15	23.1	0.63	-25.93	-18.65	6.16	-25.93	1.91	-25.93
16	21.6	4.58	-15.28	-6.18	8.05	-15.28	8.71	-15.28	16	20.9	5.21	-18.92	-13.01	12.08	-18.92	7.18	-18.92
17	19.9	7.09	-3.23	4.90	17.68	-3.23	19.69	-3.23	17	19.3	8.07	-3.27	1.35	24.52	-3.27	19.65	-3.27
18	16.9	8.57	3.81	11.12	20.88	3.81	24.64	3.81	18	18.0	9.82	3.96	7.48	26.65	3.96	22.50	3.96
19	13.8	9.62	6.65	13.32	18.72	6.65	24.50	6.65	19	14.6	10.99	6.97	9.65	23.02	6.97	20.21	6.97
20	12.9	10.29	9.15	15.42	15.40	9.15	22.94	9.15	20	13.6	11.92	9.26	11.41	17.56	9.26	16.65	9.26
21	12.0	10.33	11.78	17.92	11.78	11.78	18.04	11.78	21	12.9	12.05	13.08	15.05	13.08	13.08	14.47	13.08
22	11.1	9.64	13.24	19.52	13.24	19.49	13.25	13.24	22	12.1	11.34	15.36	17.51	15.36	23.66	15.36	19.71
23	10.2	8.24	12.89	19.56	12.89	24.96	12.89	16.71	23	11.3	9.71	15.74	18.42	15.74	31.78	15.74	25.19
24	9.3	6.31	10.45	17.76	10.45	27.53	10.45	17.36	24	10.5	6.98	13.46	16.99	13.46	36.15	13.46	27.02
PROM	13.33	2.64	-6.70	-2.48	-2.38	-2.38	-1.29	-5.05	PROM	14.35	3.02	-6.87	-4.61	-1.12	-1.12	-1.98	-3.58

JUNIO								MARZO									
HORA	Te	H-8h	N-9h	S-9h	E-9h	O-9h	NE-NO	SE-SO	HORA	Te	H	N	S	E	O	NE-NO	SE-SO
1	8.4	3.22	24.52	6.22	6.22	37.72	6.22	15.56	1	11.7	4.16	6.78	9.96	6.78	39.53	6.78	27.69
2	7.5	0.38	17.24	0.40	0.40	35.53	0.40	13.33	2	11.6	0.88	0.29	4.98	0.29	36.82	0.29	22.80
3	6.6	-0.54	-6.99	-6.99	-6.99	-6.99	-6.99	-6.99	3	11.5	-0.83	-5.59	0.72	-5.59	32.23	-5.59	16.69
4	5.7	-0.80	-12.33	-12.33	-12.33	-12.33	-12.33	-12.33	4	11.4	-0.86	-13.99	-13.99	-13.99	-13.99	-13.99	-13.99
5	4.8	-1.07	-13.86	-13.86	-13.86	-13.86	-13.86	-13.86	5	9.5	-0.91	-14.16	-14.16	-14.16	-14.16	-14.16	-14.16
6	3.9	-1.33	-15.39	-15.39	-15.39	-15.39	-15.39	-15.39	6	8.4	-1.03	-14.50	-14.50	-14.50	-14.50	-14.50	-14.50
7	5.6	-1.60	-16.91	-16.91	-16.91	-16.91	-16.91	-16.91	7	10.0	-1.06	-15.18	-15.18	-15.18	-15.18	-15.18	-15.18
8	13.2	-1.86	-18.44	-18.44	-18.44	-18.44	-18.44	-18.44	8	14.9	-1.12	-15.35	-15.35	-15.35	-15.35	-15.35	-15.35
9	15.8	-2.13	-19.97	-19.97	-19.97	-19.97	-19.97	-19.97	9	17.2	-1.15	-15.70	-15.70	-15.70	-15.70	-15.70	-15.70
10	17.1	-2.39	-21.50	-21.50	-21.50	-21.50	-21.50	-21.50	10	18.0	-1.18	-15.87	-15.87	-15.87	-15.87	-15.87	-15.87
11	18.6	-2.65	-23.03	-23.03	-23.03	-23.03	-23.03	-23.03	11	19.3	-1.21	-16.04	-16.04	-16.04	-16.04	-16.04	-16.04
12	19.6	-2.92	-24.56	-24.56	-24.56	-24.56	-24.56	-24.56	12	19.6	-1.24	-16.21	-16.21	-16.21	-16.21	-16.21	-16.21
13	21.0	-3.18	-26.09	-26.09	-26.09	-26.09	-26.09	-26.09	13	19.7	-1.80	-16.38	-16.38	-16.38	-16.38	-16.38	-16.38
14	21.9	-3.45	-27.62	-27.62	-27.62	-27.62	-27.62	-27.62	14	21.4	-1.81	-19.62	-19.62	-19.62	-19.62	-19.62	-19.62
15	22.7	-0.99	-29.15	-29.15	-29.15	-29.15	-29.15	-29.15	15	21.3	1.54	-21.11	-14.81	16.70	-21.11	10.09	-21.11
16	21.6	3.75	-7.09	-23.94	11.20	-23.94	12.82	-23.94	16	20.8	5.66	-14.89	-10.21	21.64	-14.89	14.25	-14.89
17	19.9	6.65	10.19	-8.11	23.39	-8.11	27.10	-8.11	17	18.9	8.64	-3.28	-0.10	29.47	-3.28	22.12	-3.28
18	16.9	8.70	18.30	-1.24	24.48	-1.24	30.76	-1.24	18	17.5	10.65	3.43	5.32	30.17	3.43	23.67	3.43
19	13.8	10.18	23.49	2.98	21.17	2.98	30.34	2.98	19	12.8	12.14	6.94	7.83	25.85	6.94	20.94	6.94
20	12.9	10.83	27.86	6.75	16.17	6.75	28.33	6.75	20	12.7	12.61	10.50	10.77	20.29	10.50	17.61	10.50
21	12.0	10.88	30.18	8.87	8.87	8.87	23.94	8.87	21	12.5	12.26	11.48	11.53	11.48	11.48	11.51	11.48
22	11.1	10.12	31.87	10.76	10.76	20.18	19.03	10.76	22	12.1	11.65	11.19	11.45	11.19	20.97	11.19	17.92
23	10.2	8.70	31.68	11.17	11.17	29.36	12.81	11.17	23	12.0	9.85	12.74	13.63	12.74	31.65	12.74	25.48
24	9.3	6.23	30.13	10.59	10.59	36.31	10.59	14.95	24	11.8	7.41	10.43	12.31	10.43	37.17	10.43	28.00
PROM	13.33	2.28	-0.73	-9.64	-4.64	-4.64	-2.23	-8.53	PROM	14.86	3.47	-6.00	-4.57	0.77	0.77	-0.71	-1.72
DICIEMBRE								SEPTIEMBRE									
HORA	Te	H	N	S	E	O	NE-NO	SE-SO	HORA	Te	H	N	S	E	O	NE-NO	SE-SO
1	8.4	3.75	6.75	14.88	6.75	27.66	6.75	15.78	1	9.6	4.08	6.97	11.59	6.97	34.76	6.97	23.35
2	7.5	0.95	0.59	9.69	0.59	23.91	0.59	10.65	2	8.8	1.10	1.04	6.95	1.04	32.04	1.04	18.78
3	6.6	-0.65	-6.28	3.85	-6.28	17.87	-6.28	3.63	3	8.0	-0.30	-4.61	2.67	-4.61	27.48	-4.61	12.94
4	5.7	-0.77	-12.97	-12.97	-12.97	-12.97	-12.97	-12.97	4	7.2	-0.59	-10.92	-10.92	-10.92	-10.92	-10.92	-10.92
5	4.8	-0.83	-13.65	-13.65	-13.65	-13.65	-13.65	-13.65	5	6.3	-0.78	-12.62	-12.62	-12.62	-12.62	-12.62	-12.62
6	3.9	-1.00	-13.99	-13.99	-13.99	-13.99	-13.99	-13.99	6	5.5	-1.03	-13.74	-13.74	-13.74	-13.74	-13.74	-13.74
7	5.6	-1.15	-14.98	-14.98	-14.98	-14.98	-14.98	-14.98	7	7.6	-1.27	-15.15	-15.15	-15.15	-15.15	-15.15	-15.15
8	13.2	-1.21	-15.87	-15.87	-15.87	-15.87	-15.87	-15.87	8	14.9	-1.52	-16.56	-16.56	-16.56	-16.56	-16.56	-16.56
9	15.8	-1.36	-16.21	-16.21	-16.21	-16.21	-16.21	-16.21	9	17.5	-1.76	-17.98	-17.98	-17.98	-17.98	-17.98	-17.98
10	17.1	-1.50	-17.06	-17.06	-17.06	-17.06	-17.06	-17.06	10	18.1	-2.00	-19.39	-19.39	-19.39	-19.39	-19.39	-19.39
11	18.6	-2.02	-17.91	-17.91	-17.91	-17.91	-17.91	-17.91	11	18.6	-2.25	-20.80	-20.80	-20.80	-20.80	-20.80	-20.80
12	19.6	-2.19	-20.91	-20.91	-20.91	-20.91	-20.91	-20.91	12	20.6	-2.49	-22.21	-22.21	-22.21	-22.21	-22.21	-22.21
13	21.0	-2.37	-21.90	-21.90	-21.90	-21.90	-21.90	-21.90	13	22.2	-2.74	-23.62	-23.62	-23.62	-23.62	-23.62	-23.62
14	21.9	-1.94	-22.89	-22.89	-22.89	-22.89	-22.89	-22.89	14	23.2	-2.59	-25.03	-25.03	-25.03	-25.03	-25.03	-25.03
15	22.7	1.00	-23.02	-12.88	1.13	-23.02	1.28	-23.02	15	23.1	0.63	-25.93	-18.65	6.16	-25.93	1.91	-25.93
16	21.6	4.58	-15.28	-6.18	8.05	-15.28	8.71	-15.28	16	20.9	5.21	-18.92	-13.01	12.08	-18.92	7.18	-18.92
17	19.9	7.09	-3.23	4.90	17.68	-3.23	19.69	-3.23	17	19.3	8.07	-3.27	1.35	24.52	-3.27	19.65	-3.27
18	16.9	8.57	3.81	11.12	20.88	3.81	24.64	3.81	18	18.0	9.82	3.96	7.48	26.65	3.96	22.50	3.96
19	13.8	9.62	6.65	13.32	18.72	6.65	24.50	6.65	19	14.6	10.99	6.97	9.65	23.02	6.97	20.21	6.97
20	12.9	10.29	9.15	15.42	15.40	9.15	22.94	9.15	20	13.6	11.92	9.26	11.41	17.56	9.26	16.65	9.26
21	12.0	10.33	11.78	17.92	11.78	11.78	18.04	11.78	21	12.9	12.05	13.08	15.05	13.08	13.08	14.47	13.08
22	11.1	9.64	13.24	19.52	13.24	19.49	13.25	13.24	22	12.1	11.34	15.36	17.51	15.36	23.66	15.36	19.71
23	10.2	8.24	12.89	19.56	12.89	24.96	12.89	16.71	23	11.3	9.71	15.74	18.42	15.74	31.78	15.74	25.19
24	9.3	6.31	10.45	17.76	10.45	27.53	10.45	17.36	24	10.5	6.98	13.46	16.99	13.46	36.15	13.46	27.02
PROM	13.33	2.64	-6.70	-2.48	-2.38	-2.38	-1.29	-5.05	PROM	14.35	3.02	-6.87	-4.61	-1.12	-1.12	-1.98	-3.58

Fuente: elaboración propia

En función a la temperatura Sol-aire, utilizando la ecuación 53, para una temperatura interior de un local de 21°C, y muros con ladrillo, un macizo de espesor de 0.15 con K(U)=2.93 y para el techo con K(U)=2.25 , con retraso de 5 horas, y un $\mu=0.29$ dio como resultado la tabla 54.

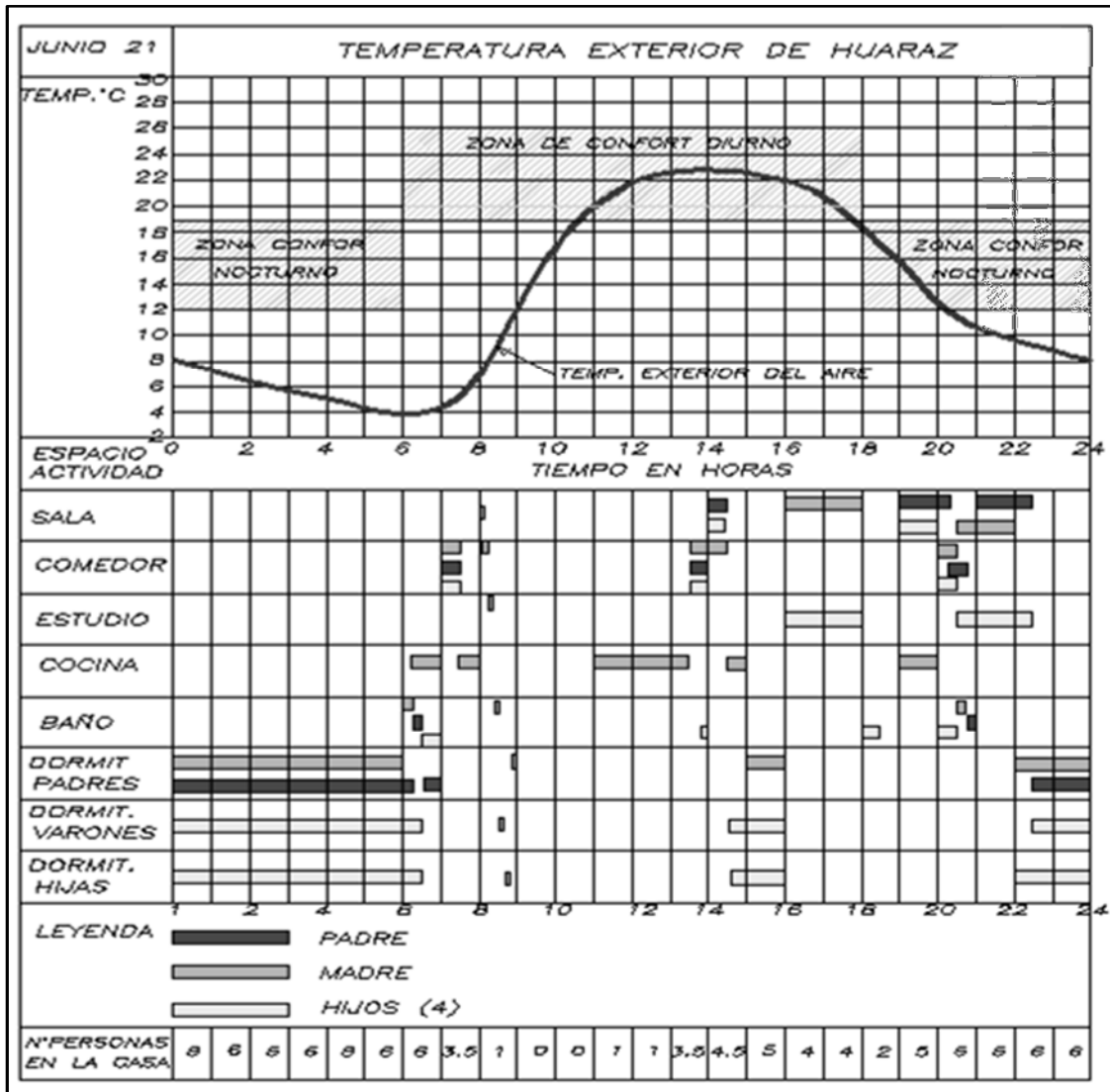
Tabla 54: Flujo de calor efectivo que ingresa por los muros U= 2.93 y por el techo U=2.25, para una temperatura interior de 21°C y retraso de 5 horas para Huaraz

MARZO									JUNIO								
HORA	Te	5h	5h	5h	5h	5h	5h	5h	HORA	Te	5h	5h	5h	5h	5h	5h	5h
1	11.7	-6.52	-24.34	-24.34	-24.34	-24.34	-24.34	-24.34	1	8.4	-6.12	-23.82	-23.82	-23.82	-23.82	-23.82	-23.82
2	11.6	-6.97	-24.93	-24.93	-24.93	-24.93	-24.93	-24.93	2	7.5	-8.13	-26.45	-26.45	-26.45	-26.45	-26.45	-26.45
3	11.5	-7.87	-26.10	-26.10	-26.10	-26.10	-26.10	-26.10	3	6.6	-10.15	-29.08	-29.08	-29.08	-29.08	-29.08	-29.08
4	11.4	-8.09	-26.40	-26.40	-26.40	-26.40	-26.40	-26.40	4	5.7	-12.16	-31.71	-31.71	-31.71	-31.71	-31.71	-31.71
5	9.5	-8.54	-26.98	-26.98	-26.98	-26.98	-26.98	-26.98	5	4.8	-14.18	-34.34	-34.34	-34.34	-34.34	-34.34	-34.34
6	8.4	-8.76	-27.28	-27.28	-27.28	-27.28	-27.28	-27.28	6	3.9	-16.19	-36.97	-36.97	-36.97	-36.97	-36.97	-36.97
7	10.0	-8.99	-27.57	-27.57	-27.57	-27.57	-27.57	-27.57	7	5.6	-18.20	-39.60	-39.60	-39.60	-39.60	-39.60	-39.60
8	14.9	-9.21	-27.86	-27.86	-27.86	-27.86	-27.86	-27.86	8	13.2	-20.22	-42.23	-42.23	-42.23	-42.23	-42.23	-42.23
9	17.2	-9.44	-28.16	-28.16	-28.16	-28.16	-28.16	-28.16	9	15.8	-22.23	-44.86	-44.86	-44.86	-44.86	-44.86	-44.86
10	18.0	-13.71	-33.73	-33.73	-33.73	-33.73	-33.73	-33.73	10	17.1	-24.25	-47.49	-47.49	-47.49	-47.49	-47.49	-47.49
11	19.3	-13.78	-36.30	-25.45	28.72	-36.30	17.34	-36.30	11	18.6	-26.26	-50.12	-50.12	-50.12	-50.12	-50.12	-50.12
12	19.6	11.73	-25.61	-17.55	37.20	-25.61	24.50	-25.61	12	19.6	-7.55	-12.19	-41.15	19.25	-41.15	22.04	-41.15
13	19.7	43.15	-5.65	-0.18	50.66	-5.65	38.03	-5.65	13	21.0	28.55	17.52	-13.94	40.21	-13.94	46.60	-13.94
14	21.4	65.85	5.90	9.14	51.88	5.90	40.70	5.90	14	21.9	50.68	31.47	-2.14	42.08	-2.14	52.89	-2.14
15	21.3	81.10	11.93	13.46	44.44	11.93	36.00	11.93	15	22.7	66.30	40.38	5.13	36.40	5.13	52.16	5.13
16	20.8	92.48	18.06	18.51	34.89	18.06	30.28	18.06	16	21.6	77.59	47.90	11.61	27.80	11.61	48.71	11.61
17	18.9	96.03	19.73	19.81	19.73	19.73	19.79	19.73	17	19.9	82.53	51.89	15.26	15.26	15.26	41.16	15.26
18	17.5	93.37	19.23	19.68	19.23	36.06	19.23	30.81	18	16.9	82.87	54.79	18.51	18.51	34.69	32.72	18.51
19	12.8	88.74	21.90	23.43	21.90	54.41	21.90	43.81	19	13.8	77.09	54.46	19.21	19.21	50.48	22.02	19.21
20	12.7	75.06	17.93	21.16	17.93	63.90	17.93	48.15	20	12.9	66.27	51.81	18.20	18.20	62.42	18.20	25.71
21	12.5	56.41	11.66	17.12	11.66	67.97	11.66	47.61	21	12.0	47.42	42.16	10.70	10.70	64.85	10.70	26.74
22	12.1	31.73	0.50	8.56	0.50	63.30	0.50	39.21	22	11.1	24.50	29.65	0.68	0.68	61.08	0.68	22.91
23	12.0	6.67	-9.61	1.24	-9.61	55.41	-9.61	28.70	23	10.2	2.92	-12.03	-12.03	-12.03	-12.03	-12.03	-12.03
24	11.8	-6.29	-24.05	-24.05	-24.05	-24.05	-24.05	-24.05	24	9.3	-4.10	-21.19	-21.19	-21.19	-21.19	-21.19	-21.19
PROM	14.86	26.42	-10.32	-7.85	1.32	1.32	-1.21	-2.96	PROM	13.33	17.37	-1.25	-16.58	-7.98	-7.98	-3.83	-14.67
SEPTIEMBRE									DICIEMBRE								
HORA	Te	5h	5h	5h	5h	5h	5h	5h	HORA	Te	5h	5h	5h	5h	5h	5h	5h
1	9.6	31.10	11.98	19.93	11.98	59.76	11.98	40.14	1	8.4	-5.84	-23.46	-23.46	-23.46	-23.46	-23.46	-23.46
2	8.8	8.35	1.79	11.94	1.79	55.08	1.79	32.29	2	7.5	-6.29	-24.05	-24.05	-24.05	-24.05	-24.05	-24.05
3	8.0	-2.25	-7.92	4.60	-7.92	47.25	-7.92	22.24	3	6.6	-7.60	-25.76	-25.76	-25.76	-25.76	-25.76	-25.76
4	7.2	-4.49	-18.77	-18.77	-18.77	-18.77	-18.77	-18.77	4	5.7	-8.76	-27.28	-27.28	-27.28	-27.28	-27.28	-27.28
5	6.3	-5.97	-21.70	-21.70	-21.70	-21.70	-21.70	-21.70	5	4.8	-9.21	-27.86	-27.86	-27.86	-27.86	-27.86	-27.86
6	5.5	-7.82	-23.62	-23.62	-23.62	-23.62	-23.62	-23.62	6	3.9	-10.34	-29.33	-29.33	-29.33	-29.33	-29.33	-29.33
7	7.6	-9.68	-26.05	-26.05	-26.05	-26.05	-26.05	-26.05	7	5.6	-11.46	-30.80	-30.80	-30.80	-30.80	-30.80	-30.80
8	14.9	-11.54	-28.48	-28.48	-28.48	-28.48	-28.48	-28.48	8	13.2	-15.40	-35.94	-35.94	-35.94	-35.94	-35.94	-35.94
9	17.5	-13.40	-30.90	-30.90	-30.90	-30.90	-30.90	-30.90	9	15.8	-16.71	-37.65	-37.65	-37.65	-37.65	-37.65	-37.65
10	18.1	-15.26	-33.33	-33.33	-33.33	-33.33	-33.33	-33.33	10	17.1	-18.02	-39.36	-39.36	-39.36	-39.36	-39.36	-39.36
11	18.6	-17.12	-35.76	-35.76	-35.76	-35.76	-35.76	-35.76	11	18.6	-14.81	-39.58	-22.15	1.95	-39.58	2.19	-39.58
12	20.6	-18.98	-38.18	-38.18	-38.18	-38.18	-38.18	-38.18	12	19.6	7.63	-26.27	-10.62	13.84	-26.27	14.97	-26.27
13	22.2	-20.84	-40.61	-40.61	-40.61	-40.61	-40.61	-40.61	13	21.0	34.92	-5.56	8.43	30.40	-5.56	33.85	-5.56
14	23.2	-19.74	-43.04	-43.04	-43.04	-43.04	-43.04	-43.04	14	21.9	53.99	6.54	19.11	35.90	6.54	42.36	6.54
15	23.1	4.80	-44.58	-32.07	10.59	-44.58	3.28	-44.58	15	22.7	65.25	11.43	22.90	32.19	11.43	42.11	11.43
16	20.9	39.68	-32.53	-22.37	20.77	-32.53	12.34	-32.53	16	21.6	73.27	15.73	26.51	26.47	15.73	39.45	15.73
17	19.3	61.45	-5.62	2.33	42.16	-5.62	33.79	-5.62	17	19.9	78.35	20.25	30.80	20.25	20.25	31.02	20.25
18	18.0	74.82	6.81	12.87	45.82	6.81	38.68	6.81	18	16.9	78.67	22.77	33.55	22.77	33.51	22.79	22.77
19	14.6	83.74	11.99	16.60	39.57	11.99	34.75	11.99	19	13.8	73.47	22.15	33.63	22.15	42.91	22.15	28.72
20	13.6	90.79	15.92	19.61	30.20	15.92	28.63	15.92	20	12.9	62.74	17.97	30.53	17.97	47.33	17.97	29.84
21	12.9	91.77	22.49	25.87	22.49	22.49	24.88	22.49	21	12.0	48.06	11.60	25.59	11.60	47.56	11.60	27.14
22	12.1	86.37	26.40	30.10	26.40	40.68	26.40	33.88	22	11.1	28.53	1.01	16.65	1.01	41.11	1.01	18.30
23	11.3	73.97	27.06	31.67	27.06	54.65	27.06	43.31	23	10.2	7.24	-10.80	6.62	-10.80	30.72	-10.80	6.24
24	10.5	53.16	23.15	29.21	23.15	62.16	23.15	46.45	24	9.3	-4.94	-22.29	-22.29	-22.29	-22.29	-22.29	-22.29
PROM	14.35	23.04	-11.81	-7.92	-1.93	-1.93	-3.40	-6.15	PROM	13.33	20.11	-11.52	-4.26	-4.09	-4.09	-2.21	-8.68

Fuente: elaboración propia

3.8.3 Aportes por ocupación de la vivienda e infiltración

Fig. 176: Temperatura de confort y ocupación de la vivienda por personas



El padre sale a trabajar a las 7.30 AM y regresa a almorzar a la 1.30 PM (tiempo de trabajo 8AM-1PM)
Sale a trabajar a las 2.30PM y regresa a las 7.00 PM-(tiempo de trabajo de 3.00 PM a 6.30 PM)

Los hijos salen al colegio a las 7.30 A.M. y regresan a la 1.30 PM (horas de clases: de 8.0 AM y 1 PM)
Por la tarde descansan en su dormitorio y efectuan sus tareas en el estudio-Algunos salen por una hora.

La madre sale por compras u otros motivos entre las 9.00 Am a 11.00 AM y por la tarde por una hora.

Fuente: Adaptado de la Tabla 32 de Beltrán, p. 178

Tabla 55: Calculo del calor cedido por ocupación de las viviendas

HORAS	ILUMINACIÓN												
	Exclusa	Sala	Comedor	Estudio	Cocina	1/2 Baño	Escalera	Hall	Estar	Dorm. 1	Dorm. 2	Dorm. 3	Baño
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18	5	20											
19	5	20	20	20	20		5	10	20	10	10		
20	5	40	40	20	20	5	5	10	20	20	20	20	5
21		40	20	20	20	5	5	10	20	20	20	20	5
22		20		20				10	20			20	5
23				20					20				
24													
PARCIAL	15	140	80	100	60	10	15	40	100	50	50	60	15
TOTAL													735

HORAS	PERSONAS						EQUIPAMIENTO					TOTAL	REDUC.	
	Padre	Madre	Hijo 1	Hijo 2	Hijo 3	Hijo 4	Cocina	Refrig.	Televisor	Plancha	Lavador	Licud	W / h°C	0.70
1	70	70	49	49	49	49		50					387	271
2	70	70	49	49	49	49		50					388	272
3	70	70	49	49	49	49		50					389	272
4	70	70	49	49	49	49		50					390	273
5	70	70	49	49	49	49		50					391	274
6	150	150	49	49	49	49		50	50	250	500	50	1402	981
7	70	250	49	40	49	49	500	50	100				1164	815
8		250						50	50				358	251
9		250						50					309	216
10								50					60	42
11							500	50					561	393
12		250					2000	50				50	2362	1653
13	70	250	49	49	49	49	1000	50					1579	1105
14	70	150	105	105	105	105		50					704	493
15		150	49	49	49	49		50					411	288
16		70	49	49	49	49		50					283	198
17		150		105	105	105		50	50				582	407
18			105		105			50	50				353	247
19	150	150	105		105	105	1000	50	100	250			2174	1522
20	150	150	105	105	105	105	2000	50	100				3120	2184
21	150	150	105	105	105	105		50	100				1096	767
22	70	150	105	105	105	49		50	100				851	596
23	70	70	49	49	105	49		50	50				555	389
24	70	70	49	49	49	49		50					410	287
PARCIAL	1300	2940	1169	1055	1281	1113	7000	1150	750	500	500	100	19869	13908.3
TOTAL						8858						10000	19869	13908.3

Fuente: elaboración propia

En la iluminación se utiliza lámparas ahorradoras, el calor aportado de los ocupantes se tomó de la tabla 32, la cocina consume 2000 W/h y cada televisor consume 50 W/h. Sólo se considera el 70 % del total de los aportes horarios. Los valores de ACH se obtuvieron de la tabla 12.

Tabla 56: Perdidas por infiltración de las viviendas V.N.

A					B						
CALCULO DE INFILTRACIÓN VIVIENDA V2-V3-V5					CALCULO DE INFILTRACIÓN VIVIENDA V4						
	AMBIENTE	ACH	AREA	V	TOTAL		AMBIENTE	ACH	AREA	V	TOTAL
1° PISO	EXCLUSA	2.00	2.67	6.41	3.95	1° PISO	SALA COMEDOR	0.75	35.77	85.85	19.83
	SALA COMEDOR	1.50	33.10	79.44	36.70		HALL+ESCALERAS	0.75	6.20	14.88	3.44
	ESTUDIO	1.50	11.25	27.00	12.47		ESTUDIO	0.75	11.25	27.00	6.24
	ESCALERAS	1.50	6.20	14.88	6.87		1/2 BAÑO	0.75	1.30	3.12	0.72
	1/2 BAÑO	1.50	1.30	3.12	1.44		COCINA	0.75	12.10	29.04	6.71
	COCINA	1.00	12.10	29.04	8.94		2° PISO	HALL Y ESCALERA	0.75	10.27	28.76
2° PISO	ESCALERAS Y HALL	1.50	10.27	28.76	13.29	ESTAR		0.75	12.29	34.41	7.95
	ESTAR	1.50	12.29	34.41	15.90	DORMITORIO 1		0.75	11.73	32.84	7.59
	DORMITORIO 1	1.00	11.73	32.84	10.12	DORMITORIO 2		0.75	11.70	32.76	7.57
	DORMITORIO 2	1.00	11.70	32.76	10.09	DORMITORIO 3		0.75	9.00	25.20	5.82
	DORMITORIO 3	1.00	9.00	25.20	7.76	BAÑO		0.75	4.74	13.27	3.07
	BAÑO	0.50	4.74	13.27	2.04	TOTAL	0.23	126.35	327.13	75.57	
TOTAL	0.40	126.35	327.13	129.58							

C					D						
CALCULO DE INFILTRACIÓN VIVIENDA V1					CALCULO DE INFILTRACIÓN VIVIENDA V6						
	AMBIENTE	ACH	AREA	V	TOTAL		AMBIENTE	ACH	AREA	V	TOTAL
1° PISO	SALA COMEDOR	2.00	35.77	85.85	52.88	1° PISO	EXCLUSA	2.00	2.67	6.4	3.95
	HALL+ESCALERAS	2.00	11.25	27.00	16.63		SALA	1.50	17.10	41.0	18.96
	ESTUDIO	2.00	6.20	14.88	9.17		COMEDOR	1.50	15.63	37.5	17.33
	1/2 BAÑO	2.00	1.30	3.12	1.92		ESTUDIO	1.50	5.78	13.9	6.41
	COCINA	1.50	12.10	29.04	13.42		ESCALERAS	1.50	13.15	31.6	14.58
	2° PISO	HALL Y ESCALERA	2.00	10.27	28.76		17.71	1/2 BAÑO	1.00	1.45	3.5
ESTAR		2.00	12.29	34.41	21.20	COCINA	1.50	9.97	23.9	11.05	
DORMITORIO 1		1.50	11.73	32.84	15.17	2° PISO	ESCALERAS-PAZAD	1.50	18.80	52.6	24.32
DORMITORIO 2		1.50	11.70	32.76	15.14		ESTAR	1.00	7.05	19.7	6.08
DORMITORIO 3		1.50	9.00	25.20	11.64		DORMITORIO 1	1.00	13.61	38.1	11.74
BAÑO		2.00	4.74	13.27	8.18		DORMITORIO 2	1.00	7.90	22.1	6.81
TOTAL	0.56	126.35	327.13	183.06	DORMITORIO 3		0.50	10.13	28.4	4.37	
					BAÑO		0.40	3.11	8.7	1.06	
					TOTAL	0.39	126.35	327.48	127.73		

Fuente: Elaboración propia

Para Huaraz, que se encuentra a 3100 m.s.n.m. Según la tabla 25, el calor específico del aire a 20°C es $C_e=1.0836 \text{ w/m}^2\text{°C}$. El peso específico del aire es $P_e=0,279722 \text{ Kg/m}^3$ a 15°C .Por lo tanto, $C_e \times P_e=0.303$.

Para hallar la cantidad de aire por infiltración en cada vivienda, de conformidad a la Ecuación 30, se multiplica 0.303 por el total obtenido de V.N. de la tabla 56 según sea el caso.

3.8.4 Discusión

Según la Tabla 50, la mejor radiación solar efectiva que penetra por las ventanas durante el año en Huaraz, es cuando éstas se disponen horizontalmente. En segundo orden se ubican las orientadas al Este u Oeste, seguidas por las Noreste u Noroeste.

El flujo de calor que ingresa por los muros opacos en Huaraz mostrados en la tabla 51, empleando la temperatura sol aire en las viviendas tipo, también son las

superficies horizontales, seguidas por los muros verticales orientados al Este u Oeste, seguidos los verticales al Noreste u Noroeste. Estos aportes son insignificantes y pueden ser omitidos.

La tabla 52, demuestra que los muros propuestos en las viviendas tipo V2 a V6, se tiene un retraso ϕ de 9 horas en el ingreso de los aportes de calor con un coeficiente de amortiguamiento μ de 0.102; en caso de la losa aligerada se tiene un coeficiente ϕ de 9 horas y un μ de 8 horas. En la vivienda de control V1, en muros el ϕ es de 5 horas y el μ es de 0.29, en caso del techo el ϕ es de 5 horas y el μ de 0.288. Esto demuestra que existe en las viviendas V2 a V6 un mejoramiento en el aislamiento térmico de alrededor del 100% en el diseño de muros y techos con respecto a la V1.

En la tabla 53, se demuestra que el flujo de calor efectivo que ingresa o egresa por las viviendas tipo propuesta, son insignificantes y menores que el de la vivienda de control existente de la tabla 54.

Aplicando la Ecuación 54 sobre la 53 para determinar el flujo de calor que trasmite los muros y techos de la Fig.100 y 108, se obtiene el mismo resultado final diario; pero en la primera, los parciales por hora son mucho menores. En caso de sumar las ganancias por techos y muros, el resultado es negativo y cercano al valor "0", si se incrementa el aislamiento en los muros, tiende a ser "0" y ya no es necesario considerar los aportes de calor por los muros y techos, cosa que coincide con Hertz²¹⁶ y Phillips.

El calor que se aporta por la ocupación del edificio con una reducción del 30% según tabla 55, es de 13908 W / día y es necesario tenerlos en cuenta en los balances energéticos.

En el caso del cálculo de infiltración de aire en las viviendas, el coeficiente utilizado por Beltrán²¹⁷ de 0.335 en la ecuación 30, para las pérdidas de infiltración es elevada. Para la ciudad de Huaraz, que se halla entre 3100 a 3200 m.s.n.m., el calor específico (Ce) y el peso específico del aire (Pe) son menores, (ver tabla 26) y por consiguiente la renovación del aire por infiltración es menor, en el orden de los 0.303.

²¹⁶ Ob.cit.p.45

²¹⁷ Ob.cit.p.148

El cálculo de infiltración de aire de las viviendas mostrado en la tabla 56, en el caso de las viviendas V2, V3 y V5 el cálculo es similar, debido a que tienen ventanas que dan directamente las fachadas con un valor de V.N. de 129.58 m³/h; caso que no sucede con la V4 por tener invernaderos que cubren ambas fachadas con un valor de V.N. de 75.57 m³/h. Para la vivienda V1, que es la tradicional, los índices son mayores por falta de un buen aislamiento con un valor de V.N. de 183.06 m³/h. En la vivienda V6, al incorporar un patio interior cubierto el V.N. es 127.23 m³/h.

3.9 BALANCES ENERGÉTICOS EN VIVIENDAS TIPO

3.9.1 Supuestos en el cálculo térmico.

En el presente trabajo, he tomado como base para el cálculo térmico los siguientes supuestos:

Que, los terrenos donde se emplazan las viviendas, son lotes normativos mínimos de 8.00 m de frente y 20.00 m de profundidad, teniendo un área de 160 m² y que corresponde a una vivienda de densidad media de dos niveles, que puede estar ubicada en cualquier lugar de la ciudad.

Que, el ángulo de incidencia de los rayos solares y la separación entre edificios debe ser menor o igual 23°, así cuando se orienta al Este, por las mañanas la radiación solar impacte en toda la fachada desde las 7 a las 11 horas y por las tardes desde las 13 a 17 horas.

Que, la temperatura de confort al interior de las viviendas para los habitantes de Huaraz está en el rango de 21°C.

Para el cálculo térmico se utilizará el método descrito por Beltrán en los antecedentes de este trabajo en función a la Ecuación 1 y 2, considerando las demás que se adjuntan. Se comprobará por el método correlativo con el Programa Grant Ciclo 5.

Que, en los cálculos térmicos, el área expuesta de los elementos de captación de la energía solar no tiene problemas de sombreado por el grosor de los elementos de cierre; pues los coeficientes de rendimientos a emplear los tiene considerados dentro su performance.

Que, para el diseño y cálculo térmico, por seguridad, se considera el 50% de los muros laterales con colindancia y el 50% de la longitud en los sobrecimientos laterales (borde de pisos); lo que significa tener una colindancia en viviendas dispuestas en baterías (esquina).

Que, las pérdidas de calor se evalúan para un horario diurno (entre las 6.30 A.M a 5.30 P.M. y para un horario nocturno (entre las 5.30 P.M a 6.30 A.M) donde se accionan los elementos de protección de cortinas enrollables y/o contrapuestas accionados por sus ocupantes.

Que, en todas las viviendas solares pasivas, la cocina funciona como un espacio tapón o exclusiva, por tener calor propio y estar protegida por los patios y construcciones posteriores.

3.9.2 Balances energéticos en viviendas tipo.

Básicamente, el rendimiento es evaluado y calculado teniendo en cuenta que el calor neto ganado (Q) es igual al total de ganancia de calor (Qg) menos el total de pérdidas de calor (Qp). Para evaluar invernaderos, muro Trombe y patio techados se recurre a la ecuación 1 y a continuación se efectúa los pasos dados en cada una de las casas tipo involucradas.

3.9.2.1 Vivienda sistema tradicional (V1)

Trasmisión de calor por hora (Qt)

- Infiltración: $Qt_{INF}=0,303.V.N$
- Ventanas: $Qt_V= A_V.U_V$
- Muros: $Qt_M = A_M.U_M$
- Techo $Qt_T=A_T.U_T$
- Borde de piso: $Qt_{BP}= B_P.U_P.$
- Pisos: $Qt_P=A_P.U_P.$

Perdidas de calor hora $Qp=Qt.\Delta t$

Ganancias de calor horaria (Qg)

- Ventanas de fachadas $Qg_V=shgf_V .A_V$
- Muros de fachadas $Qg_M= F_{C_M} \times A_M$
- Techos $Qg_T= F_{C_T} \times A_T$
- Ganancia ocupación: $Qg_O=Personas+Iluminación+Equipos$

Balance energético por hora $Q=Qg-Qp$

Temperatura media diaria °C $T_{md}=(Q_{día}/Qt_{día})+t_{e_m}$ (Ecuación 95)

Variación temperatura horaria $\Delta T=0,61Q/DHC$ (Ecuación 108)

3.9.2.2 Vivienda sistema solar pasivo directo (V2)

Trasmisión de calor por hora (Qt)

- Infiltración: $Qt_{INF}=0,303.V.N$
- Ventanas: $Qt_V= A_V.U_V$
- Claraboya $Qt_C=A_C.U_C.\Delta t$
- Muros: $Qt_M = A_M.U_M$
- Techos: $Qt_T=A_T.U_T$
- Borde de piso: $Qt_{BP}= B_P.U_P.$
- Pisos: $Qt_P=A_P.U_P.$

Perdidas de calor hora $Q_p=Qt.\Delta t$

Ganancias de calor horaria (Qg)

- Ventanas de fachadas $Qg_V=shgf_V.A_V$
- Claraboya $Qg_C=shgf_C.A_C$
- Muros de fachadas $Qg_M= F_{C_M} \times A_M$
- Techos $Qg_T= F_{C_T} \times A_T$
- Ganancia ocupación: $Qg_O=Personas+Iluminación+Equipos$

Balance energético por hora $Q=Qg-Q_p$

Temperatura media diaria °C $T_{md}=(Q_{día}/Qt_{día})+t_{e_m}$ (Ecuación 95)

Variación temperatura horaria $\Delta T=0,61Q/DHC$ (Ecuación 108)

3.9.2.3 Vivienda sistema solar pasivo indirecto (V3)

Trasmisión de calor por hora (Qt)

- Infiltración: $Qt_{INF}=0,303.V.N$
- Ventanas: $Qt_V= A_V.U_V$
- Muros Trombe $Qt_{MT}= A_{MT}.F_{CMT}$
- Muros: $Qt_M = A_M.U_M$
- Techos: $Qt_T=A_T.U_T$
- Borde de piso: $Qt_{BP}= B_P.U_P.$
- Pisos: $Qt_P=A_P.U_P.$

Perdidas de calor hora $Q_p=Qt.\Delta t$

Ganancias de calor horaria (Qg)

- Ventanas de fachadas $Qg_V=shgf_V.A_V$
- Muro Trombe $Qg_{MT}=F_{C_{MT}}.A_{MT}$

- Muros de fachadas $Qg_M = F_{C_M} \times A_M$
- Techos $Qg_T = F_{C_T} \times A_T$
- Ganancia ocupación: $Qg_O = \text{Personas} + \text{Iluminación} + \text{Equipos}$
- Balance energético por hora $Q = Qg - Qp$
- Temperatura media diaria °C $T_{md} = (Q_{\text{día}} / Q_{t_{\text{día}}}) + t_{e_m}$ (Ecuación 95)
- Variación temperatura horaria $\Delta T = 0,61Q / DHC$ (Ecuación 108)

3.9.2.4 Vivienda sistema solar pasivo independiente (V4)

Trasmisión de calor por hora (Qt)

- Infiltración $Qt_{INF} = 0,303.V.N$
- Invernadero (vidriado) $Qt_{INV} = \text{infiltración y conducción.}$
- Muros: $Qt_M = A_M \cdot U_M$
- Techos: $Qt_T = A_T \cdot U_T$
- Borde de piso: $Qt_{BP} = B_P \cdot U_P.$
- Pisos: $Qt_P = A_P \cdot U_P.$

Perdidas de calor hora $Qp = Qt \cdot \Delta t$

Ganancias de calor horaria (Qg)

- Invernadero a 60° $Qg_{INV} = 50 \text{ m}^2, 25 \% \text{ aperturas} \times 2$
- Muros de fachadas $Qg_M = F_{C_M} \times A_M$
- Techos $Qg_T = F_{C_T} \times A_T$
- Ganancia ocupación: $Qg_O = \text{Personas} + \text{Iluminación} + \text{Equipos}$

Balance energético por hora $Q = Qg - Qp$

Temperatura media diaria °C $T_{md} = (Q_{\text{día}} / Q_{t_{\text{día}}}) + t_{e_m}$ (Ecuación 95)

Variación temperatura horaria $\Delta T = 0,61Q / DHC$ (Ecuación 108)

3.9.2.5 Vivienda sistema solar pasivo mixto (V5)

Trasmisión de calor por hora (Qt)

- Infiltración: $Qt_{INF} = 0,303.VN$
- Ventanas: $Qt_V = A_V \cdot U_V$
- Claraboya $Qt_C = A_C \cdot U_C \cdot \Delta t$
- Invernadero (vidriado) $Qt_{INV} = \text{infiltración y conducción}$
- Muro Trombe $Qt_{MT} = A_{MT} \cdot F_{C_{MT}}$
- Muros: $Qt_M = A_M \cdot U_M$
- Techos: $Qt_T = A_T \cdot U_T$
- Borde de piso: $Qt_{BP} = B_P \cdot U_P.$
- Pisos: $Qt_P = A_P \cdot U_P.$

Perdidas de calor hora	$Q_p = Q_t \cdot \Delta t$
Ganancias de calor horaria (Qg)	
- Ventanas de fachadas	$Q_{g_V} = shgf_V \cdot A_V$
- Claraboya	$Q_{g_C} = shgf_C \cdot A_C$
- Invernadero	$Q_{g_{INV}} = 10 \text{ m}^2, 50\% \text{ aperturas.}$
- Muro Trombe	$Q_{g_{MT}} = A_{MT} \cdot F_{C_{MT}}$
- Muros de fachadas	$Q_{g_M} = F_{C_M} \times A_M$
- Techos	$Q_{g_T} = F_{C_T} \times A_T$
- Ganancia ocupación:	$Q_{g_O} = \text{Personas} + \text{Iluminación} + \text{Equipos}$
Balance energético por hora	$Q = Q_g - Q_p$
Temperatura media diaria °C	$T_{md} = (Q_{\text{día}} / Q_{t_{\text{día}}}) + t_{e_m}$ (Ecuación 95)
Variación temperatura horaria	$\Delta T = 0,61 Q / DHC$ (Ecuación 108)

3.9.2.6 Vivienda sistema solar pasivo patio cubierto (V6)

Trasmisión de calor por hora (Qt)	
- Infiltración	$Q_{t_{INF}} = 0,303 \cdot VN$
- Ventanas:	$Q_{t_V} = A_V \cdot U_V$
- Patio cubierto (vidriado)	$Q_{t_{PC}} = \text{infiltración y conducción}$
Muros:	$Q_{t_M} = A_M \cdot U_M$
- Techos:	$Q_{t_T} = A_T \cdot U_T$
- Borde de piso:	$Q_{t_{BP}} = B_P \cdot U_P$
- Pisos:	$Q_{t_P} = A_P \cdot U_P$
Perdidas de calor hora	$Q_p = Q_t \cdot \Delta t$
Ganancias de calor horaria (Qg)	
- Ventanas de fachadas	$Q_{g_V} = shgf_V \cdot A_V$
- Patio cubierto	$Q_{g_{PC}} = 18 \text{ m}^2, 50\% \text{ aperturas}$
- Muros de fachadas	$Q_{g_M} = F_{C_M} \times A_M$
- Techos	$Q_{g_T} = F_{C_T} \times A_T$
- Ganancia ocupación:	$Q_{g_O} = \text{Personas} + \text{Iluminación} + \text{Equipos}$
Balance energético por hora	$Q = Q_g - Q_p$
Temperatura media diaria °C	$T_{md} = (Q_{\text{día}} / Q_{t_{\text{día}}}) + t_{e_m}$ (Ecuación 95)
Variación temperatura horaria	$\Delta T = 0,61 Q / DHC$ (Ecuación 108)

Dónde: VN=intercambio de volumen de aire por hora, A=área, U=coeficiente de transmisión de calor, B=borde de piso, shgf= transmitancia de calor del vidrio, Fc=flujo de calor transmitido, t_{e_m} =temperatura exterior media. Subíndices: INF=infiltración,

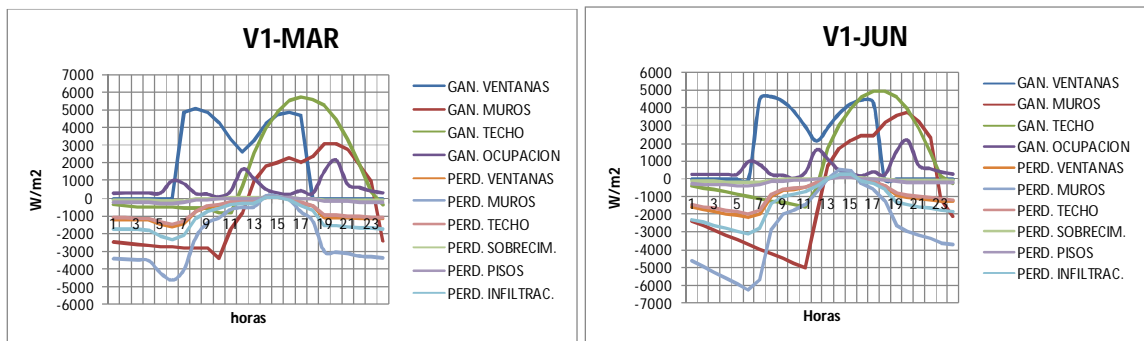
V=ventana, M=muros, T=techo, P=piso, O=ocupación, m=media, C=claraboya, MT=muro Trombe, INV=invernadero, PC=patio cubierto.

3.9.3 Resultados de los balances energéticos

Los balances energéticos de las viviendas V1 a V6 que se muestran a continuación, se han efectuado con orientación Este-Oeste para todos los meses, se muestran para marzo, junio, setiembre y diciembre.

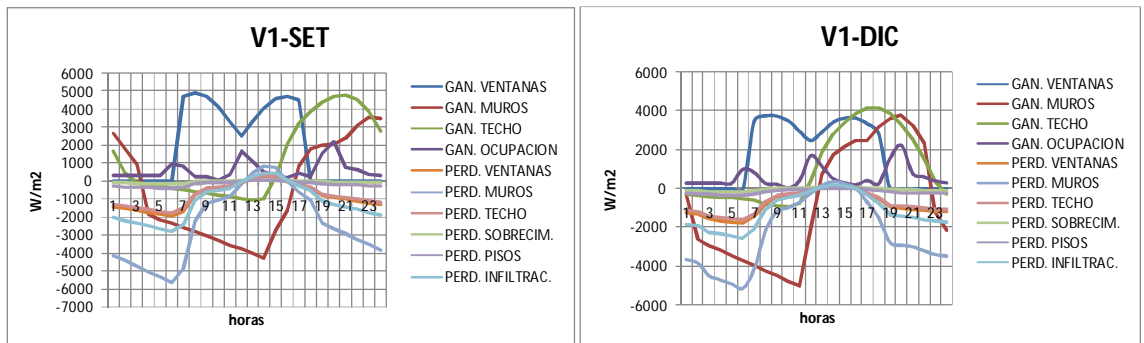
3.9.3.1 Vivienda V1 – Sistema tradicional

Fig. 177: Pérdidas y ganancias de calor hora por hora en la vivienda V1 en marzo y junio



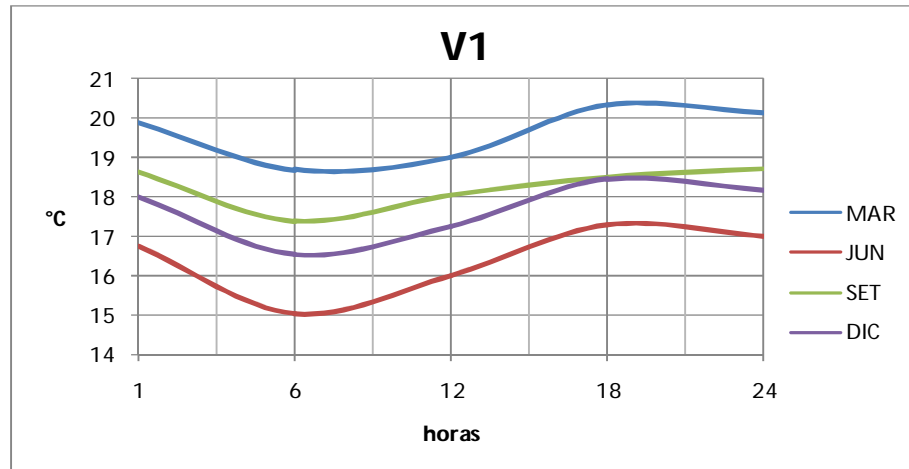
Fuente: Elaboración propia

Fig. 178: Pérdidas y ganancias de calor hora por hora en la vivienda V1 en setiembre y diciembre



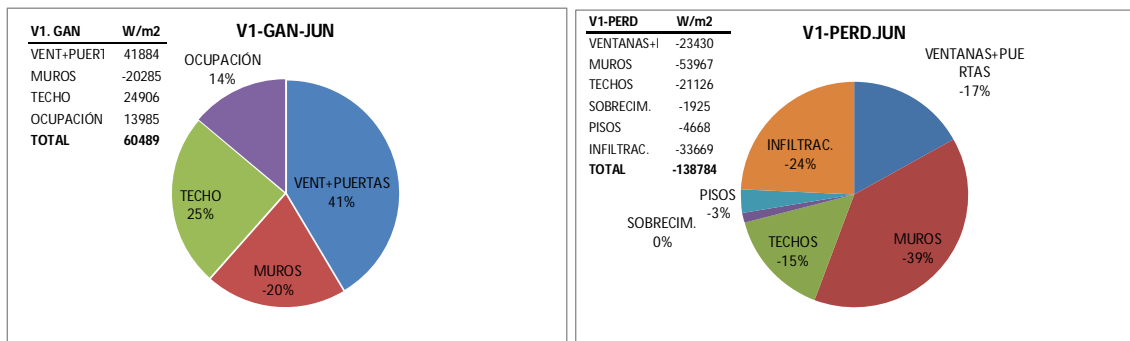
Fuente: Elaboración propia

Fig. 179: Temperatura alcanzadas en la vivienda V1 durante el día



Fuente: Elaboración propia

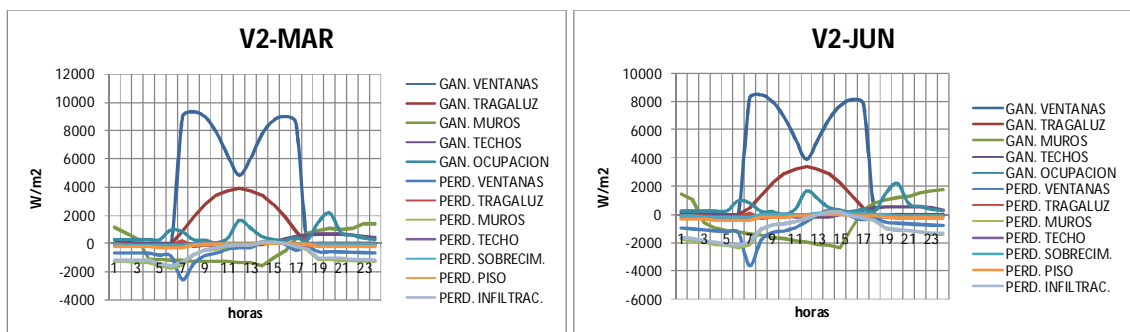
Fig. 180: Pérdidas y ganancias de calor en % en la vivienda V1 en Junio



Fuente: Elaboración propia

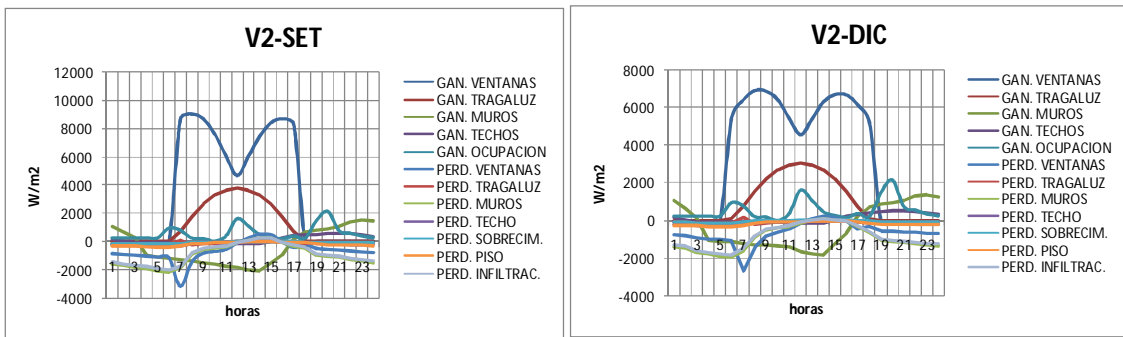
3.9.3.2 Vivienda tipo V2 – Sistema directo

Fig. 181: Pérdidas y ganancias de calor hora por hora en la vivienda V2 en marzo y junio



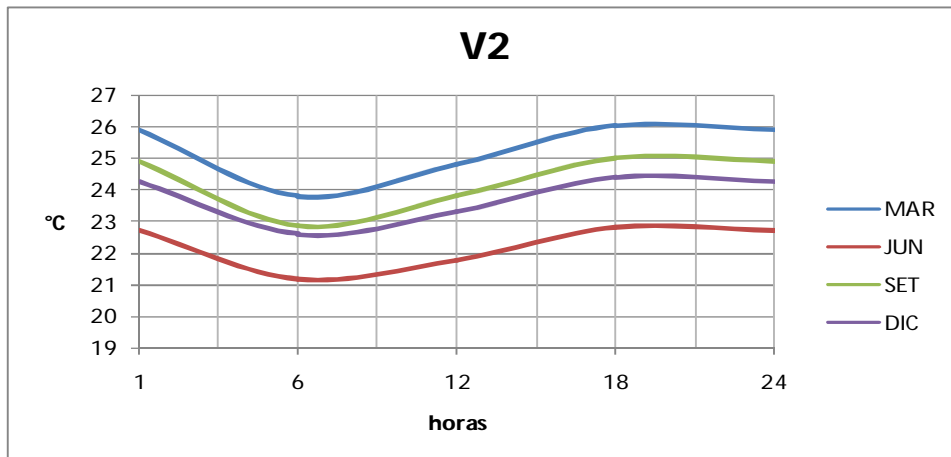
Fuente: Elaboración propia

Fig. 182: Pérdidas y ganancias de calor hora por hora en la vivienda V2 en setiembre y diciembre



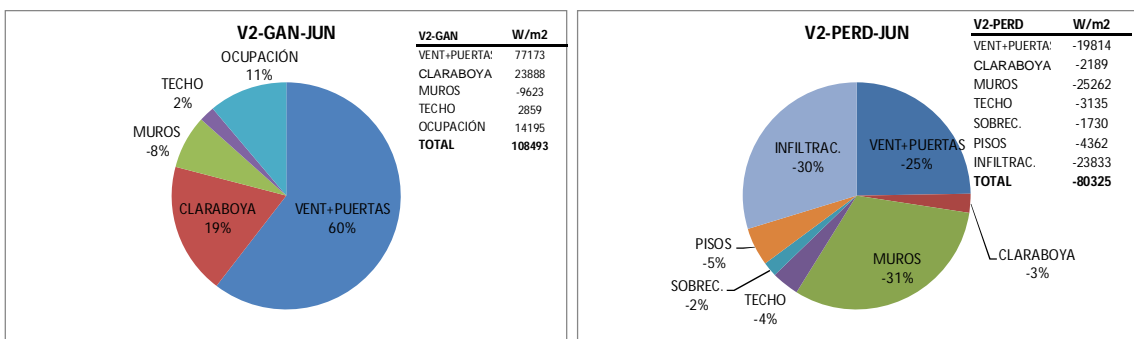
Fuente: Elaboración propia

Fig. 183: Temperaturas alcanzadas en la vivienda V2 durante el día



Fuente: Elaboración propia

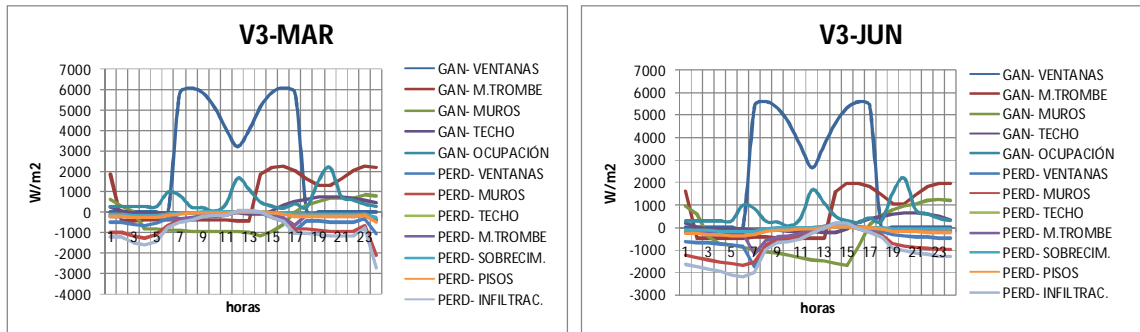
Fig. 184: Pérdidas y ganancias de calor en % en la vivienda V2 en junio



Fuente: Elaboración propia

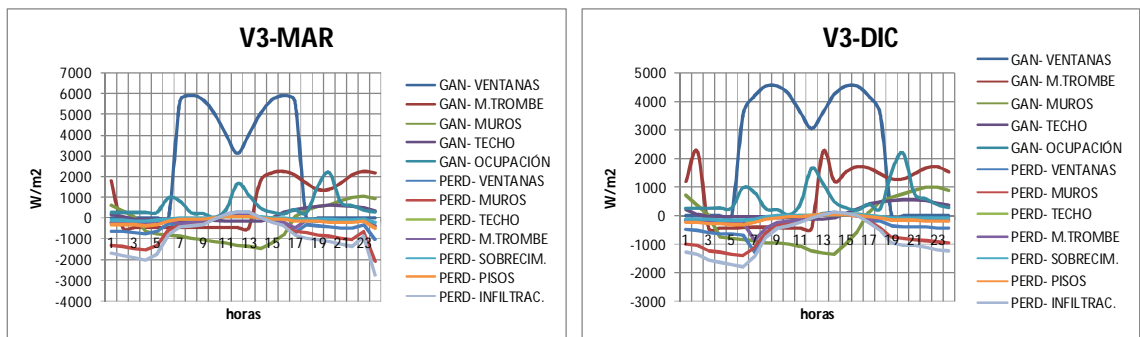
3.9.3.3 Vivienda tipo V3 – Sistema indirecto

Fig. 185: Pérdidas y ganancias de calor hora por hora en la vivienda V3 en marzo y junio



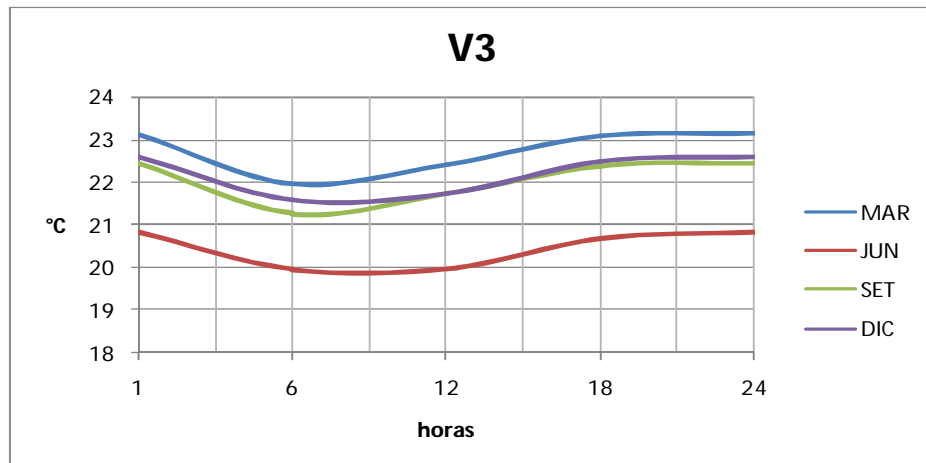
Fuente: Elaboración propia

Fig. 186: Pérdidas y ganancias de calor hora por hora en la vivienda V3 en setiembre y diciembre



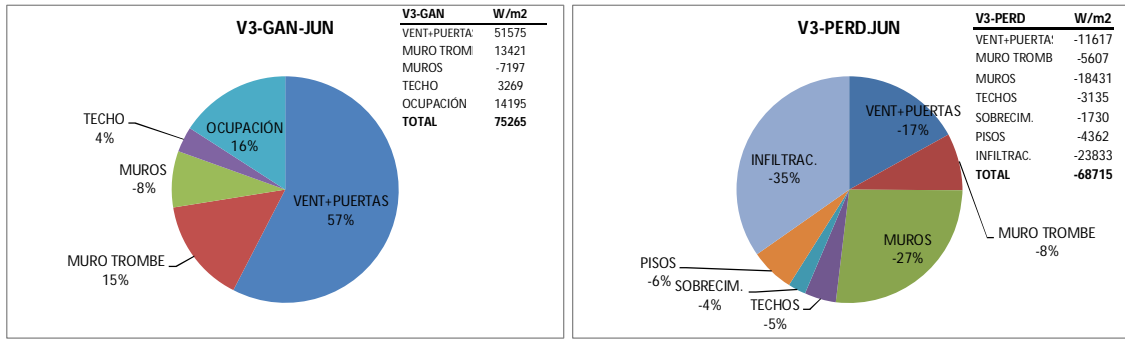
Fuente: Elaboración propia

Fig. 187: Temperaturas alcanzadas en la vivienda V3 durante el día



Fuente: Elaboración propia

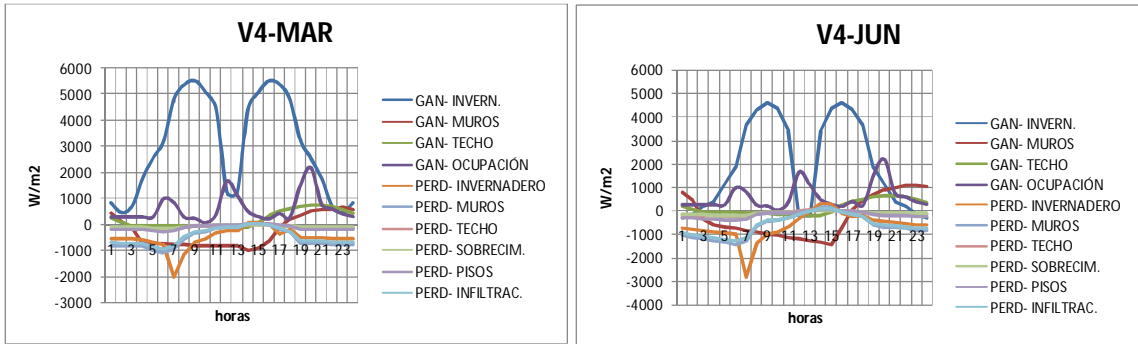
Fig. 188: Pérdidas y ganancias de calor en % en la vivienda V3 en junio



Fuente: Elaboración propia

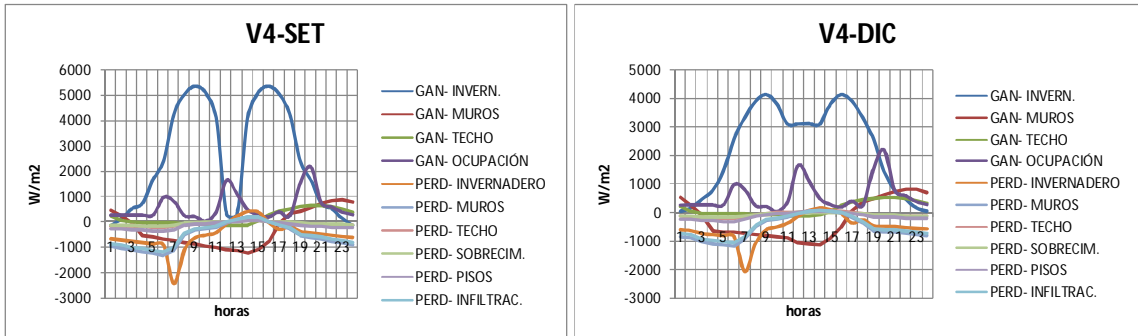
3.9.3.4 Vivienda tipo V4 - Sistema independiente

Fig. 189: Pérdidas y ganancias de calor hora por hora en la vivienda V4 en marzo y junio



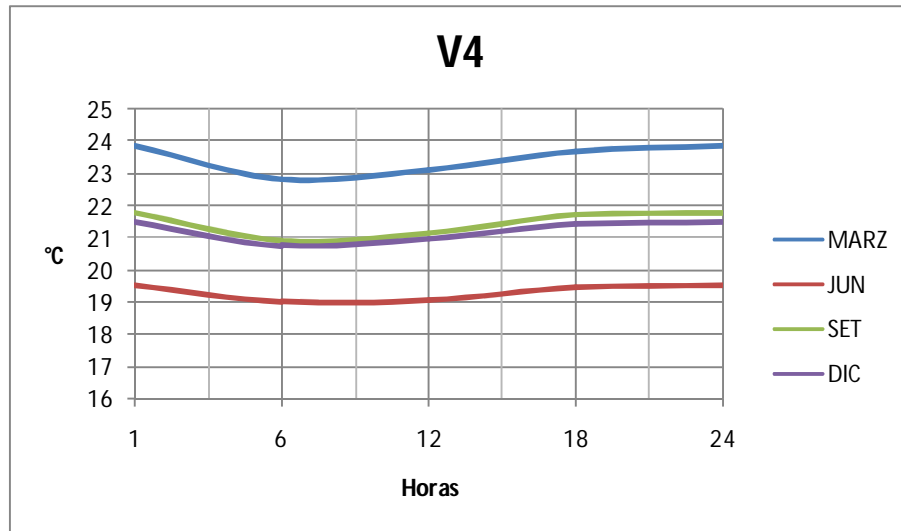
Fuente: Elaboración propia

Fig. 190: Pérdidas y ganancias de calor hora por hora en la vivienda V4 en setiembre y diciembre



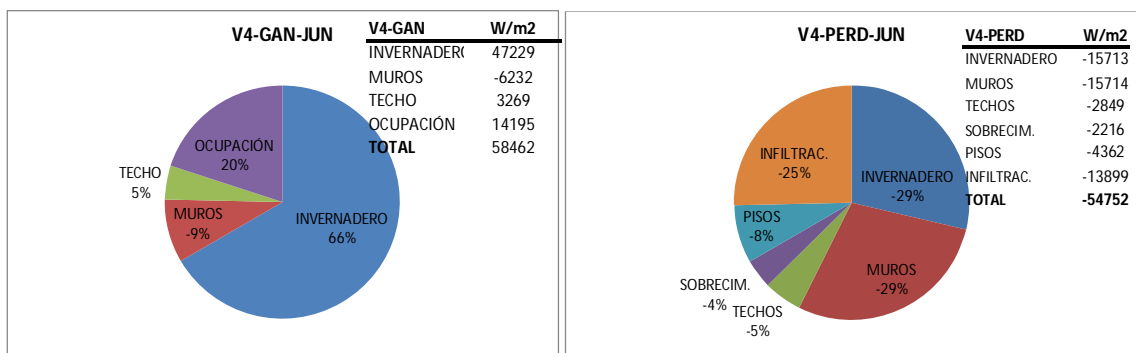
Fuente: Elaboración propia

Fig. 191: Temperaturas alcanzadas en la vivienda V4 durante el día



Fuente: Elaboración propia

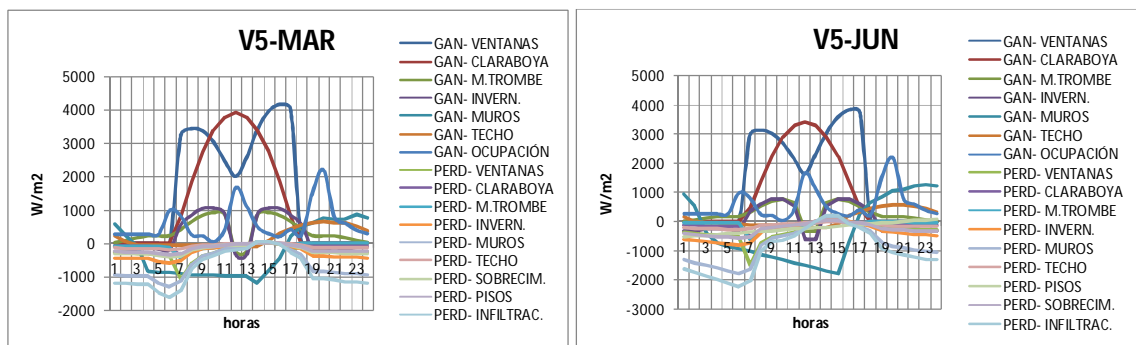
Fig. 192: Pérdidas y ganancias de calor en % en la vivienda V4 en junio



Fuente: Elaboración propia

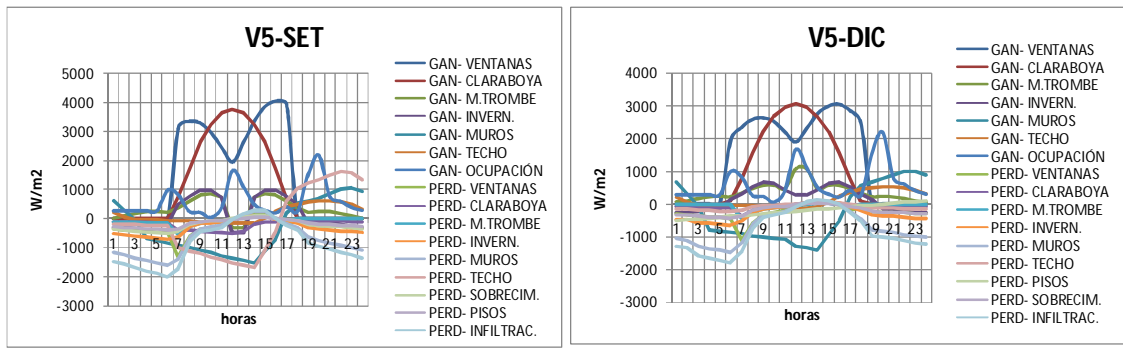
3.9.3.5 Vivienda tipo V5 - Sistema mixto

Fig. 193: Pérdidas y ganancias de calor hora por hora en la vivienda V5 en marzo y junio



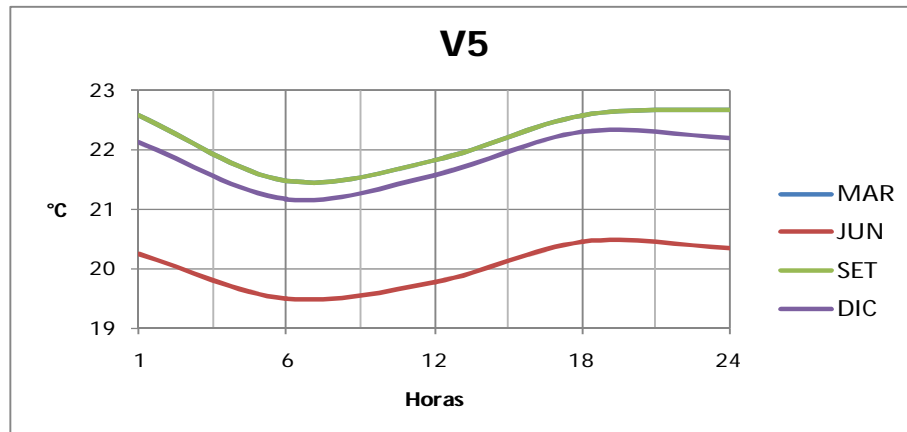
Fuente: Elaboración propia

Fig. 194: Pérdidas y ganancias de calor hora por hora en la vivienda V5 en y diciembre



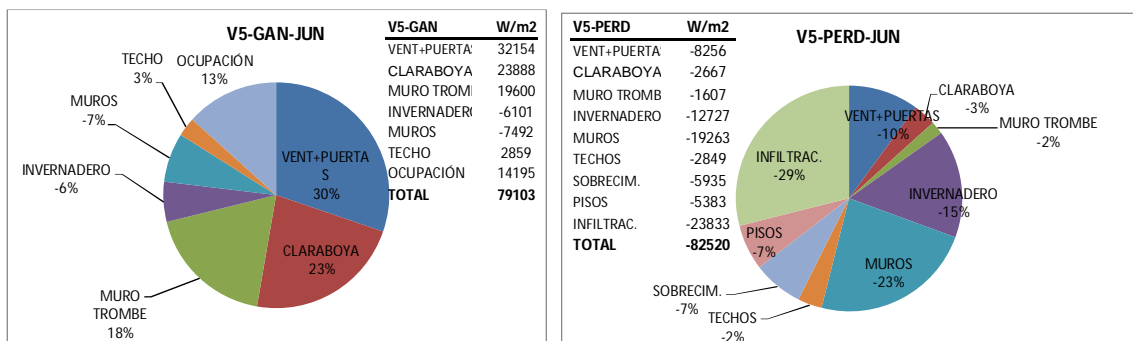
Fuente: Elaboración propia

Fig. 195: Temperaturas el °C alcanzadas en la vivienda V5 durante el día



Fuente: Elaboración propia

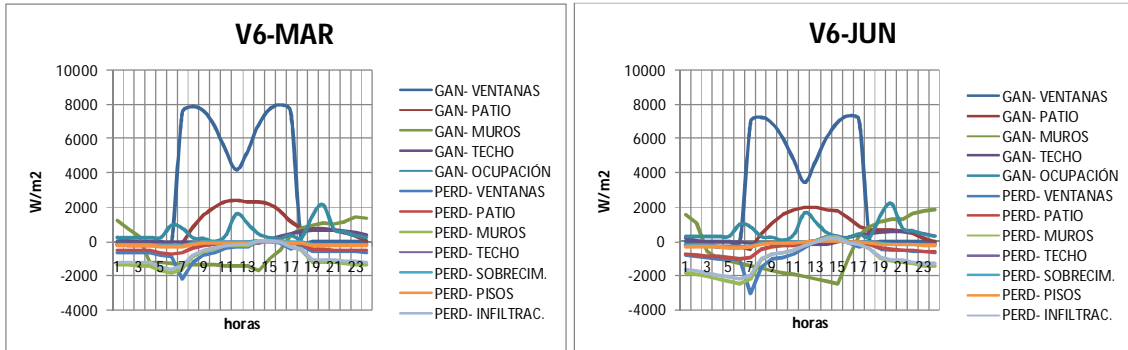
Fig. 196: Pérdidas y ganancias de calor en % en la vivienda V5 en junio



Fuente: Elaboración propia

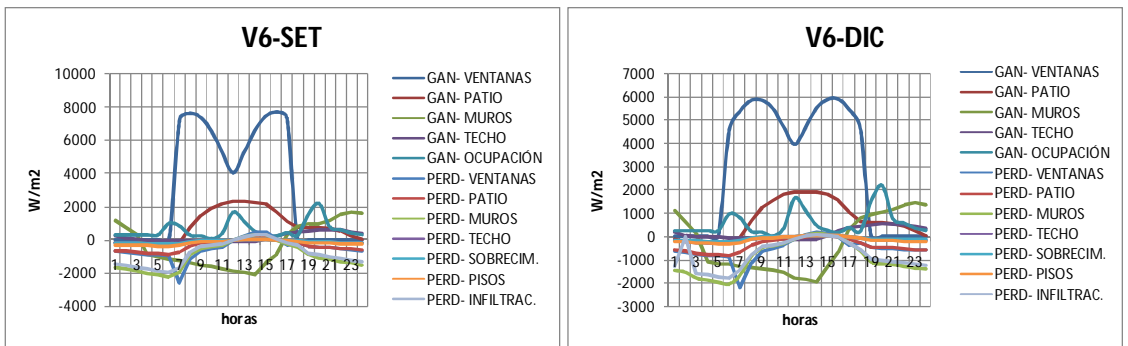
3.9.3.6 Vivienda tipo V6-Sistema patio central

Fig. 197: Pérdidas y ganancias de calor hora por hora en la vivienda V6 en marzo y junio



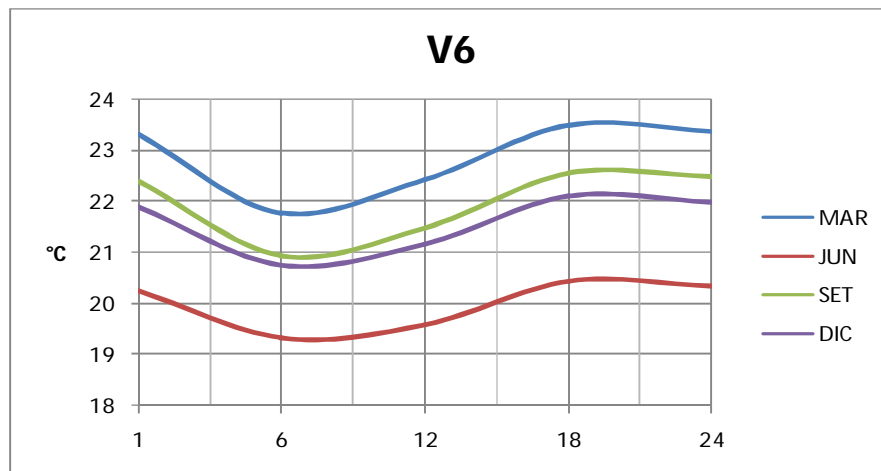
Fuente: Elaboración propia

Fig. 198: Pérdidas y ganancias de calor hora por hora en la vivienda V6 en los meses de setiembre y diciembre



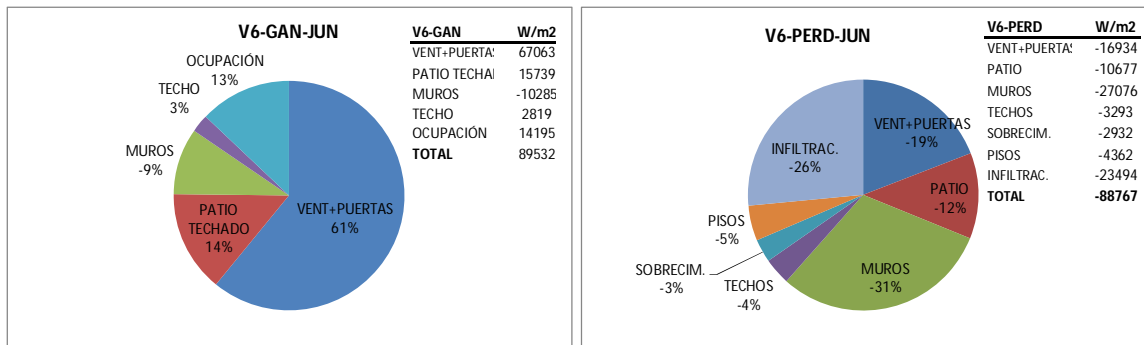
Fuente: Elaboración propia

Fig. 199: Temperaturas alcanzadas en la vivienda V6 durante el día



Fuente: Elaboración propia

Fig. 200: Pérdidas y ganancias de calor en % en la vivienda V6 en junio



Fuente: Elaboración propia

3.9.4 Discusión

Con respecto a los balances energéticos, realizados en viviendas tipo, con orientación Este-Oeste, se examina lo siguiente:

En la vivienda V1, de sistema tradicional, que utiliza muros de 15 cm y techo de planchas corrugadas de asbesto cemento - que son de bajo aislamiento térmico - las pérdidas de calor durante el día y noche son fuertes. La ganancia de calor por las paredes durante el día es alta, calor que también se pierde rápidamente por las noches por falta de inercia térmica (Fig. 177 y 178). En la Fig. 177, en el mes de junio las temperaturas son las más desfavorable, la más fría es a las 6h con 14.6°C y la más alta se da las 19h con 17.2 °C, descendiendo luego hasta las 6h del día siguiente. En setiembre oscila entre los 16.9 °C a 18.4°C; en diciembre entre 16.0°C a 18.3°C y en marzo entre los 18.1°C a 20°C. Marzo es el único que se aproxima a un estado de semiconfort. En junio durante las 24 horas, tiene 60,699 W/h.m2°C de ganancia de calor y 152,292 W/h.m2°C de pérdidas (Fig. 180), entonces solo cubre el 40% de necesidades energéticas.

En la vivienda V2 de sistema directo, con mejor aislamiento térmico en paredes y techo, con la adición de dos claraboyas sobre el espacio central; las pérdidas de calor durante el día y noche son menores que la V1. El mayor aporte de calor son por las ventanas y tragaluces, por muros y techos es prácticamente nulo; las perdidas mayores son por infiltración, ventanas y muros (ver Fig. 181 y 182). En la Fig. 183, en el mes de junio, donde las temperaturas son las más desfavorables, la más fría es a las 7h con 21.1°C y la más alta se da las 20h con 22.9°C, descendiendo luego hasta las 7h del día siguiente. En diciembre oscila entre los 22.6 °C a 24.2°C; en setiembre entre 22.8°C a 25°C y en marzo entre los 23.8°C a 26°C. Todos los meses están en estado de confort, existiendo sobrecalentamiento en marzo. En junio durante las 24

horas, tiene 108,493 W/h.m²°C de ganancia de calor y 80,325 W/h.m²°C de pérdidas (Fig. 184), cubriendo el 135% de necesidades energéticas.

En la vivienda V3, de sistema indirecto, que utiliza muros Trombe, con mejor aislamiento en paredes y techo; las pérdidas de calor durante el día y noche son menores que la V2. El mayor aporte de calor es por las ventanas (57%) y por los muros Trombe (15%), por muros y techos es prácticamente nulo; las pérdidas mayores son por infiltración, ventanas y muros (ver Fig. 185 y 186). En la Fig. 187, en el mes de junio las temperaturas son las más desfavorable, la más fría es a las 8h con 19.9°C y la más alta se da las 24h con 20.8°C, descendiendo luego hasta las 8h del día siguiente. En diciembre oscila entre los 21.6°C a 22.6°C; en setiembre entre 21.2°C a 22.5°C y en marzo entre los 21.9°C a 23.2°C. Todos los meses están en estado de confort. En junio durante las 24 horas, tiene 75,265 W/h.m²°C de ganancia de calor y 68,715 W/h.m²°C de pérdidas (Fig. 188), cubriendo el 1.05% de necesidades energéticas.

En la vivienda V4, de sistema independiente, que utiliza un invernadero que cubre cada fachada con una inclinación de 60° que favorece la transmitancia de los rayos solares en dirección Este-Oeste, incrementa el rendimiento en un 1,23 veces de la vertical (ver anexo 6 y tabla 44); las pérdidas de calor durante el día y noche son bajas. El aporte de calor por el invernadero en el mayoritario (66%) seguido por la ocupación (20%), al sumar muros y techos es -4% (Fig. 192); las pérdidas mayores son por infiltración, ventanas y muros (ver Fig. 189 y 190). En la Fig. 191, en el mes de junio, al interior la temperatura más fría, a las 7h es 19°C y la más alta a las 24h es 19.6 °C, descendiendo luego hasta las 8h del día siguiente. En diciembre oscila entre los 20.80°C a 21.5°C; en setiembre entre 20.9°C a 21.8°C y en marzo entre los 22.8°C a 23.9°C. Los meses de setiembre, marzo y diciembre están en estado de confort, no así junio. En junio durante las 24 horas, tiene 54,462 W/h.m²°C de ganancia de calor y 54,752 W/h.m²°C de pérdidas (Fig.192), cubriendo el 86.1 % de necesidades energéticas.

En la vivienda V5, de sistema mixto, que utiliza ventanas, claraboyas, invernaderos y muros Trombe - de pequeños tamaños - las pérdidas de calor durante el día y noche son menores que la V1 (Fig.177 a 178). El aporte de calor por las ventanas y claraboyas es mayoritario (53%), seguido por la ocupación (13%), el invernadero (-6%) y muros Trombe (18%) aportan poquísimo calor; la suma de muros y techos es -4%; las pérdidas mayores son por infiltración, ventanas y muros (ver Fig.

193 y 194). En la Fig. 195, en el mes de junio, las temperaturas son las más desfavorables, la más fría es a las 7h con 19.5°C y la más alta se da las 20h con 20.5°C, descendiendo luego hasta las 7h del día siguiente. En diciembre oscila entre los 21.2°C a 22.4°C; en setiembre y marzo, entre 21.5°C a 22.7°C. Todos los meses están en estado de confort salvo junio en semiconfort. En junio durante las 24 horas, tiene 79,103 W/h.m²°C de ganancia de calor y 82,520 W/h.m²°C de pérdidas (Fig.196), cubriendo el 94.2 % de necesidades energéticas.

En la vivienda V6, de sistema patio cubierto, que utiliza ventanas al exterior y un patio central, con aislamiento similar a las V2; las pérdidas de calor durante el día y noche son bajas. El aporte de calor por las ventanas (61%) y patio (14%) es mayoritario, seguido por la ocupación (13%); en la suma de muros y techos es negativo (-6%); las pérdidas mayores son por infiltración, ventanas, muros y patio (ver Fig. 197 y 198). En la Fig. 199, en el mes de junio, las temperaturas son las más desfavorables, la más fría es a las 7h con 19.3°C y la más alta se da las 20h con 20.5°C, descendiendo luego hasta las 7h del día siguiente. En diciembre oscila entre los 20.7°C a 22.1°C; en setiembre entre 20.9°C a 22.6°C y en marzo entre los 21.7°C a 23.6°C. Todos los meses están en estado de confort, salvo junio en semiconfort. En junio durante las 24 horas, tiene 89,532 W/h.m²°C de ganancia de calor y 88,767 W/h.m²°C de pérdidas (Fig.200), cubriendo el 100.86 % de necesidades energéticas.

La desventaja de los patios y lucernarios²¹⁸ es el acompañamiento de la ganancia de calor asociado con la radiación directa y la creación de diferenciales térmicos en volúmenes grandes de aire. La penetración de la radiación solar dentro del patio es diferente de las edificaciones normales dadas por un ingreso vertical a través del vidrio. Cuando el Sol se eleva, la luz penetra adicionalmente a los espacios contiguos en los niveles superiores; pero penetra menos en el pozo y en los espacios contiguos en niveles inferiores.

²¹⁸ ASHLEY John. 2001. Modification of atrium design to improve thermal and day lighting performance. Queensland University of Technology .

3.10 DETERMINACIÓN DEL MEJOR COMPORTAMIENTO TÉRMICO

3.10.1 Comparación de rendimientos térmicos entre viviendas.

Se compara en junio el aporte de calor de cada vivienda en relación a la temperatura de 21°C y se calcula la temperatura horaria alcanzada en cada mes para el Este-Oeste y Norte-Sur (se muestra para marzo, junio, setiembre y diciembre).

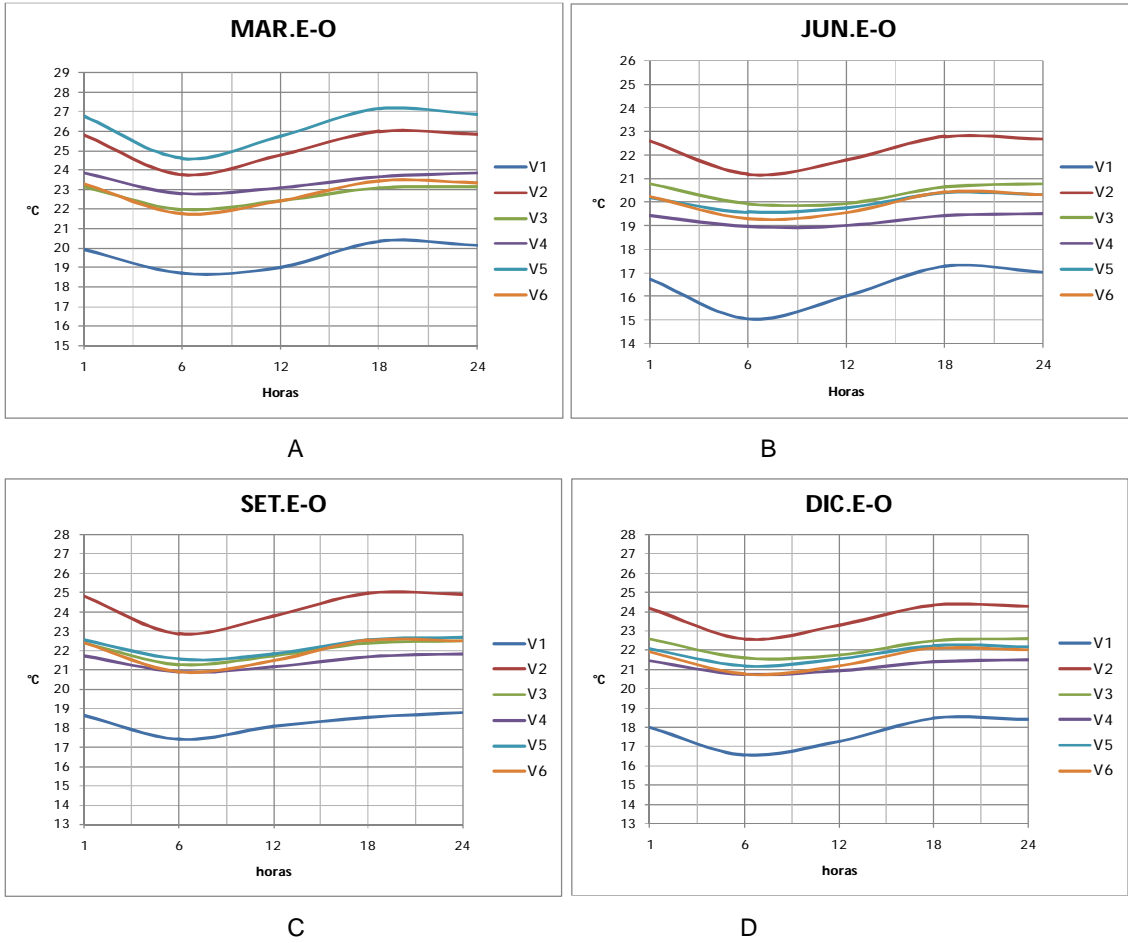
3.10.1.1 Balance energético de Viviendas orientadas Este-Oeste.

Tabla 57: Balance térmico de viviendas orientadas al Este-Oeste en el mes de junio en W/h°C

MES DE JUNIO						
GANANCIAS	V1	V2	V3	V4	V5	V6
VENT+PUERTAS	41884	77173	51575		32154	67063
CLARABOYA		23888			23888	
MURO TROMBE			13421		19600	
INVERNADERO				47229	-6101	15739
MUROS	-20285	-9623	-7197	-6232	-7492	-10285
TECHOS	24906	2859	3269	3269	2859	2819
OCUPACIÓN	13985	13985	13985	13985	13985	13985
PATIO TECHADO						
TOTAL	60489	108283	75055	58252	78893	89322
PERDIDAS						
VENT+PUERTAS	-23430	-19814	-11617		-8256	-16934
CLARABOYA		-2189			-2667	
MURO TROMBE			-5607		-1607	
INVERNADERO				-15713	-12727	-10677
MUROS	-53967	-25262	-18431	-15714	-19263	-27076
TECHOS	-21126	-3135	-3135	-2849	-2849	-3293
SOBRECIM.	-1925	-1730	-1730	-2216	-5935	-2932
PISOS	-4668	-4362	-4362	-4362	-5383	-4362
INFILTRAC.	-33669	-23833	-23833	-13899	-23833	-23494
TOTAL	-138784	-80325	-68715	-54752	-82520	-88767
DIFERENCIA	-78295	27958	6339	3501	-3626	555
% DE APORTE	44	135	109	106	96	101
TEM. INT. °C	16.6	22.2	20.4	19.2	20.0	19.9

Fuente: Elaboración propia

Fig. 201: temperaturas por hora durante los meses de marzo, junio, setiembre y diciembre por cada vivienda tipo con fachadas orientadas el Este-Oeste



Fuente: Elaboración propia en base al Anexo 1

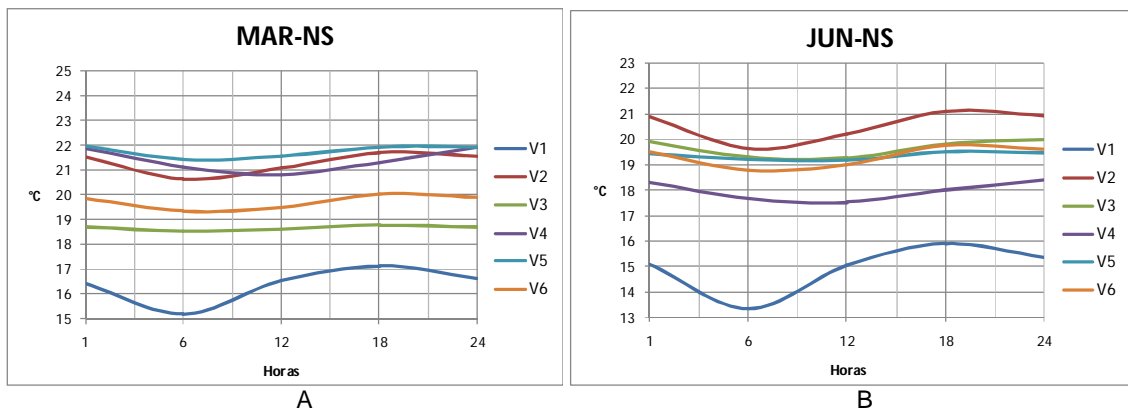
3.10.1.2 Viviendas orientadas al Norte-Sur

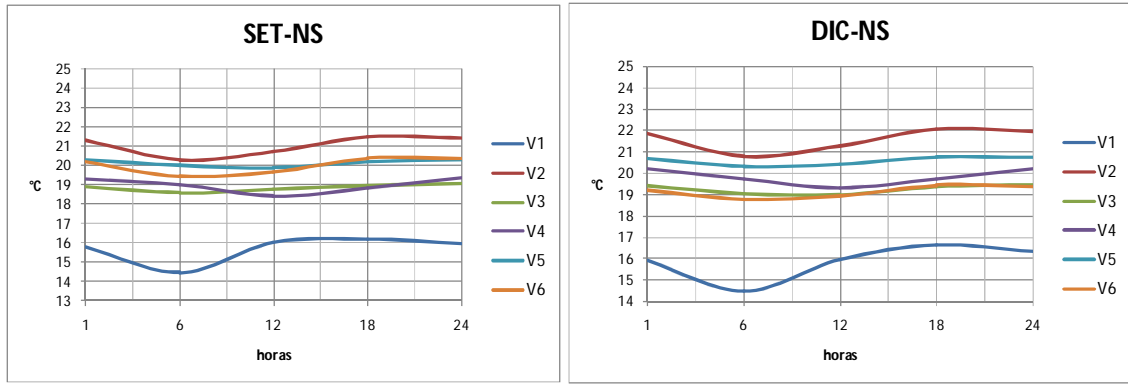
Tabla 58 Balance térmico de viviendas orientadas al Norte-Sur en junio en W/h°C

MES DE JUNIO						
GANANCIAS	V1	V2	V3	V4	V5	V6
VENT+PUERTAS	38542	71017	46760		26959	60523
CLARABOYA		23888			23888	
MURO TROMBE			11345		5780	
INVERNADERO/PATIO				35529	1953	15739
MUROS	-24591	-11456	-8133	-6849	-7919	-12083
TECHOS	19571	2397	2741	2741	2397	2363
OCUPACIÓN	13985	13985	13985	13985	13985	13985
TOTAL	47507	99831	66697	45406	67044	80528
PERDIDAS						
VENT+PUERTAS	-23430	-19814	-11617		-8256	-16934
CLARABOYA		-2189			-2667	
MURO TROMBE			-5607		-1607	
INVERNADERO				-15713	-8729	-10677
MUROS	-24591	-25262	-18431	-15714	-19263	-27076
TECHOS	-20807	-3135	-3135	-2849	-2849	-3293
SOBRECIM.	-1916	-1725	-1725	-2209	-5916	-2923
PISOS	-4656	-4411	-4411	-4411	-4893	-4348
INFILTRAC.	-33669	-23833	-23833	-29080	-23833	-23494
TOTAL	-109070	-80369	-68759	-69975	-78013	-88744
DIFERENCIA	-61562	19463	-2062	-24569	-10969	-8216
% DE APOORTE	44	124	97	65	86	91
TEM. INT. °C	15.2	21.5	19.6	17.9	19.3	19.3

Fuente: Elaboración propia

Fig. 202: Temperaturas promedio de las viviendas tipo con fachadas orientadas al Norte-Sur en los meses de marzo, junio, setiembre y diciembre





C

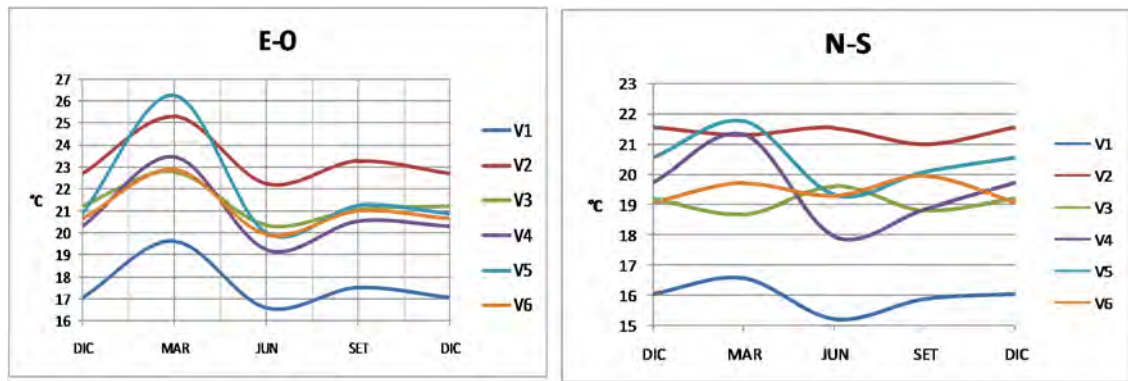
D

Fuente: Elaboración propia en base a los cálculos Anexo 4

3.10.1.3 Mejor comportamiento térmico

Se compara el comportamiento térmico de todas las viviendas mes a mes, tomado como referencia la temperatura promedio diario alcanzada por mes, para luego evaluarlas - según tabla 59 y 60 – en orientaciones Este-Oeste y Norte-Sur. También se ha calculado su rendimiento según sus colindancias para el mes de junio según se muestra en la tabla 61.

Fig. 203: Temperatura media anual por mes por cada vivienda tipo en orientación Este-Oeste y Norte-Sur



Fuente: Elaboración propia

Tabla 59: Comportamiento térmico de las viviendas solares pasivas en el mes de junio

DESCRIPCIÓN	PROM °c	REND. %	EVALUACION		
			Sin confort <18 °C	Semiconfortable 18 °C a 19.4 °C	Confortable ≥ 19.5 °C
ESTE / OESTE					
V1	16.6	78.91	X		
V2	22.2	105.75			X
V3	20.4	96.99			X
V4	19.2	91.60		X	
V5	20.0	95.29			X
V6	19.9	94.92			X
NORTE / SUR					
V1	15.2	72.38	X		
V2	21.5	102.48			X
V3	19.6	93.33			X
V4	17.9	85.43	X		
V5	19.3	91.90		X	
V6	19.3	91.81		X	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60: Comportamiento térmico de las viviendas solares pasivas en diciembre

DESCRIPCIÓN	PROM °c	REND. %	EVALUACIÓN		
			Sin confort <18 °C	Semiconfortable 18 °C a 19.4 °C	Confortable ≥ 19.5 °C
ESTE / OESTE					
V1	17.8	84.69	X		
V2	23.7	112.88			X
V3	22.2	105.50			X
V4	21.2	100.84			X
V5	21.8	103.77			X
V6	21.5	102.56			X
NORTE / SUR					
V1	18.0	78.33	X		
V2	21.5	102.38			X
V3	19.2	91.33		X	
V4	19.7	93.81			X
V5	20.5	97.62			X
V6	19.1	90.76		X	

Fuente: Elaboración propia

El rendimiento en % de las tablas 59 y 60, es el cociente entre las temperaturas promedio alcanzadas y 21°C que es la temperatura interior de diseño.

Tabla 61 temperatura interior alcanzada (°C) en el mes de junio al Este-Oeste según colindancia

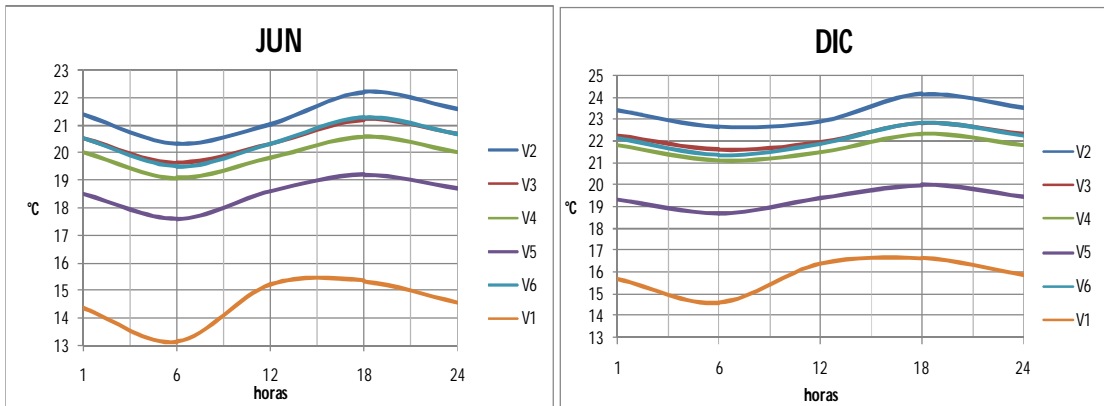
VIVIENDA TIPO	SIN COLINDANCIA	COLINDANCIA LATERAL EN AMBOS LADOS	COLINDANCIA LATERAL A UN SOLO LADO
V1	16.1	17.3	16.6
V2	20.9	24.0	22.2
V3	19.2	22.1	20.4
V4	18.2	20.8	19.2
V5	19.0	21.4	20.0
V6	19.0	21.1	19.9

Fuente: Elaboración propia, elaborada en base a las matrices de cálculo mostradas en el Anexo 1

3.10.2 Comprobación por el método programa Grant- Ciclo 5.

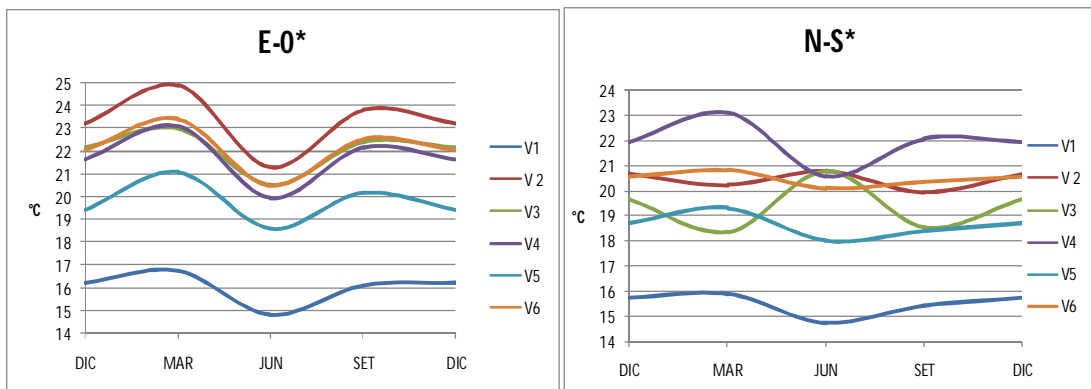
Se utilizó el Método Programa Gran-Ciclo 5 para comprobar los resultados, se empleó la Ecuación 82 a 88 y la Fig.50 y 51, dando como resultado la Fig. 204 y 205. Ver cálculos en Anexo 5.

Fig. 204: Temperaturas el °C por hora durante los meses de junio y diciembre por cada vivienda tipo con fachadas orientadas al Este-Oeste (Grant-Ciclo 5)



Fuente: Elaboración propia

Fig. 205: Temperatura media mensual por cada vivienda tipo en orientación Este-Oeste y Norte-Sur (Grant-Ciclo 5)



Fuente: Elaboración propia

3.10.3 Discusión

Al analizar el comportamiento térmico, mediante la comparación del rendimiento de las viviendas tipo entre sí, cuando se orientan al Este-Oeste y Norte Sur (Fig. 201 y 202), se examina lo siguiente:

En la tabla 57, se muestra que en el mes de junio, la V2 tiene el mejor rendimiento en Wh/m²°C con el 135%, la V3, V5 y V6, oscila entre el 101% al 109%, en la V4 es el

96% y en la V1 con el 40%. Prácticamente el rendimiento de la V3, V5 y V6 son iguales.

La Fig. 201 demuestra el performance térmico de las viviendas en los meses de marzo, junio, setiembre y diciembre. El mes de menor rendimiento es junio, y en él, la temperatura de la V2 oscila poco durante el día, de 21.1°C a 22.9°C; el grupo de las V3, V4 y V6 están en un rango de oscilación bajo, entre 19.4°C a 20.8°C e inmediatamente más abajo la V4 con un rango de 19°C a 19.5°C. La vivienda tradicional, es la de rango más bajo, donde la temperatura oscila más, entre 14.7°C a 17 °C. Al aplicar la ecuación 99, por efectos de la inercia térmica y desfaseamiento, en las viviendas de calentamiento pasivo, el mayor calor es cedido por las superficies internas entre las 18 a 24 horas; en cambio en vivienda tradicional (V1) es cedido entre las 17 a 20 horas.

Cuando las viviendas se orientan de Norte-Sur, en el mes de junio, la tabla 58 muestra que la V2 tiene el mejor rendimiento con el 124%; la V3, V5 y V6 el rendimiento oscila entre el 86% al 97 %; al último se ubican la V4 con el 65% y la tradicional al 44%. La Fig. 202 demuestra que la vivienda V2 es la más efectiva durante los meses analizados. El mes de menor temperatura es junio - al igual que cuando se orientan de Este-Oeste - la V1 tiene el mayor rango que oscila entre 19.6°C a 21.1°C; el grupo de las V3, V5 y V6 son técnicamente iguales, el rango oscila entre 18.7°C a 20°C. La de la V4 oscila entre 17.5°C a 18.4°C y al final se ubica la V1 con un rango entre 13.4°C a 16°C.

Estos datos, demuestran que las viviendas solares pasivas cuando se orientan al Norte-Sur, se comportan bien, esto se debe al aislamiento e inercia térmica de la envoltura de cierre, que con el apoyo de la radiación solar, aunque casi vertical, con más energía solar difusa que directa, calienta las viviendas. Pero, debe tenerse cuidado en esa orientación, ya que la radiación solar directa, casi no penetra al interior por los vanos de las viviendas. En la Fig. 82, se muestra que el asoleamiento, cuando se orienta al Sur es mínima durante 5 meses que son de octubre a febrero y algo mejor al Norte durante 7 meses, que son de marzo a setiembre, sobre todo de mayo a julio que tiene una radiación aceptable.

Anualmente, según Fig. 203, cuando se orientan de Este-Oeste, la V2 tiene el mejor comportamiento, seguidas por el grupo de la V3, V5 y V6. La V4 siempre se rezaga, para finalmente ubicarse la V1. La tabla 59 se muestra en junio, que la V1 a

V6, excepto la V4 tiene un comportamiento confortable, la V4 es semiconfortable y la V5 sin confort. En diciembre, tabla 60, todas las viviendas solares pasivas están en confort. Cuando la orientación es de Norte-Sur, en la tabla 59, la V2 y V3 son confortables, la V5 y la V6 semiconfortables y sin confort la V4 y V1.

Al comprobar los resultados mediante el método del Programa Grant-Ciclo 5; cuyos resultados se hallan en la Fig. 204 y 205, se obtiene similares rendimientos al método utilizado por Beltrán, el que se ha aplicado a la presente investigación. Se confirma que la V2 es la mejor opción, el grupo que sigue en rendimiento – que difieren un poco hacia abajo - son la V3, V4 y V5 que tienen similar comportamiento; la que se rezaga es la V5 y al último se posiciona la V1. Es notorio que las temperaturas alcanzadas son similares obtenidas en las figuras 201 y 202.

En la gráfica de rendimiento anual de la Fig. 204, en primer lugar se ubica la V2, en segundo lugar tienen similar rendimiento la V6 con la V3. Difiere con los resultados de la Fig. 203, debido a que la V4 tiene mejor rendimiento que la V5. También de Norte-Sur, la vivienda V4 tiene mejor rendimiento que las otras y se rezaga la V5. Este método consiste en aplicar rendimientos por cada tipo de sistema empleado, los que se han obtenido en investigaciones de campo y monitorizaciones.

Combinando ambos resultados de la discusión anterior, se llega a establecer, que todas las viviendas solares pasivas planteadas con orientación Este-Oeste, son confortables y que todas las viviendas con sistemas tradicionales no son confortables (ver rangos en la tabla 48). Se generaliza: que todas las viviendas solares pasivas cuando se orientan de Norte-Sur son semiconfortables - al existir resultados de confortabilidad, por seguridad, estas se deben considerar como semiconfortables, bajo el fundamento de que la radiación solar directa penetra muy poco por los vanos, que el viento predominante es en dirección de Sur a Norte y que sus curvas de comportamiento son irregulares (Fig. 203 y 205). Se supone que las viviendas orientadas al Noreste-Suroeste o Noroeste-Sureste tienen un buen comportamiento térmico, porque toman las características medias de los comportamientos Este-Oeste y Norte-Sur. Las viviendas de sistema solar pasivo directo (V2) y la de patio cubierto (V6) son las más sencillas de construir, porque son muy similares a la que se edifican en Huaraz; en cambio las de sistema indirecto con muro Trombe (V3), la de sistema independiente con invernadero (V4) y la mixta (V5), que tienen menores rendimientos, pero que también funcionan bien, son más complicadas para su operación y requieren una mayor tecnología para su construcción que implica un mayor costo.

En la tabla 62 se compara las viviendas por medio del coeficiente global de pérdidas de calor G^{219} , que es el cociente entre la pérdida total de calor de la envoltura envolvente de la vivienda y del volumen de aire a calentar contenido al interior de cada vivienda. Las viviendas más aisladas son: la V4 porque ambas fachadas están cubiertas por los invernaderos, la V3 por la presencia de los muros Trombe en gran parte de las fachadas y algo similar ocurre con la V5. El coeficiente es similar para la V2 y V6. Para Francia²²⁰, en la zona más templada los coeficientes para casas en batería el coeficiente G, no debe sobrepasar 1.8 W/m³h°C en viviendas con colindancia y de 2.0 W/m³h°C en viviendas en extremos; en España²²¹, para los climas más templados es de 1.4 a 1.8 W/m³h°C.

Tabla 62 Coeficiente global de pérdidas de calor de las viviendas en W/m³h°C

DESCRIPCION	UN	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Trasmisión calor	W/h°C	780.0	508.1	444.4	410.9	492.0	564.8
Volumen de aire	m ³	327.1	327.1	327.1	327.1	327.1	327.5
Coeficiente G	W/m ³ h°C	2.4	1.6	1.4	1.3	1.5	1.7

Fuente: elaboración propia

El Art.18 de la Norma A-20 del Reglamento Nacional de Edificaciones Peruano, indica que los cerramientos no será mayor a 1.20 W/m²°C, índice demasiado alto, que debe revisarse. Esto demuestra que los coeficientes globales de transmisión de calor de la envoltura envolvente hallados de 1.3 a 1.7 W/m³h°C en Huaraz, son los adecuados para el diseño de viviendas solares pasivas en relación a las condiciones ambientales.

Toda la discusión anterior, se ha efectuado con viviendas con al 50% de colindancias laterales que es igual a tener una colindancia. En la tabla 61, se muestra cuando las viviendas se ubican sin ninguna colindancia, con dos colindancias y con una colindancia. Con respecto a la de una colindancia, la de dos colindancias tiene 1.05 más de rendimiento y la sin colindancia es menor, con 0.93. En casas construidas en serie, una al costado de otra, sólo se usaría de una colindancia en lotes intermedios y dos colindancias en los extremos. En el caso de no tener colindancias deberá incrementarse el aislamiento térmico; para dos colindancias los cálculos de una colindancia son válidos.

²¹⁹ Croiset, Ob.cit.p.53.

²²⁰ Ibit.p.85

²²¹ NBE-CT-79, parte I - Articulado. Ob.Cit.p.8

El resultado que obtiene Beltrán, de que la vivienda con patio cubierto tiene mejor performance que la casa compacta, es sesgado, si bien tiene la misma área de piso, el mismo volumen de aire y la misma cantidad de ventanas en la fachadas (Fig.1), la vivienda con patio tiene más cantidad de área colectora (patio), por tanto, debió incrementar áreas de ventanas o claraboyas en la vivienda compacta, para que tenga la misma cantidad de área colectora y así poderlas comparar; si es así, la vivienda compacta tendría igual o mayor performance que la vivienda con patio. Debe tenerse en cuenta que el estudio efectuado, es en Puno, ubicado en una latitud 16° Sur y Huaraz es a 9.5° , por lo tanto es más difícil que en Puno ingrese el Sol por el Sur.

Beltrán, en forma a priori, sin efectuar un balance térmico, descarta el invernadero y el muro Trombe como sistema solar pasivo para el Perú. Aquí se demuestra que el muro Trombe, sí tiene un buen comportamiento térmico. La vivienda V4 con invernaderos tiene también un buen rendimiento; pero menor que el Muro Trombe; si se modifica el invernadero, de tal manera que tenga a la vez un vidriado horizontal y vertical, la eficiencia aumentaría sustancialmente; pero el costo sería demasiado elevado. Hertz ni Beltrán, no han efectuado balances energéticos, cuando las viviendas se orientan al Norte-Sur para analizar sus posibilidades.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

El sistema solar pasivo más eficaz para calentar viviendas de densidad media que se adapta a las condiciones ambientales y a los aspectos culturales de la ciudad de Huaraz, es el sistema solar pasivo directo. En segundo término, se ubica la vivienda solar pasiva de patio cubierto. Las edificaciones deben tener un buen aislamiento térmico en la envoltura de cierre y captar la radiación solar del Este y Oeste por medio de ventanas, con apoyo de la radiación solar horizontal mediante claraboyas y/o patios con techado vidriado.

Los aspectos culturales de los habitantes de Huaraz desde el año 1970 han cambiado fuertemente y se construyen viviendas sin tener en cuenta su entorno. La casa compacta ha sido y es parte fuerte de la tradición. Los muros exteriores de anchos adobes, con techos de cobertura de tejas de arcilla y cielos rasos de caña con yeso, han dado paso a muros angostos de ladrillo y techos planos de losas aligeradas, sufriendo deterioro en su capacidad de aislamiento e inercia térmica. Aunque los aleros, balcones, contraventanas de madera y techos inclinados con cobertura de tejas eran parte del imaginario popular, estos casi ya no se utilizan.

Con materiales y técnicas utilizadas en la construcción actual en Huaraz, con ligeras modificaciones, es posible diseñar y construir viviendas solares pasivas que estén acorde a los factores culturales de los habitantes de la ciudad. El costo de una vivienda solar pasiva no difiere mucho de una tradicional; en vez de construir viviendas demasiado grandes y mal diseñadas, como es costumbre, es mejor construir de menor tamaño; pero de mejor calidad. Para que las viviendas se identifiquen con la tipología serrana huaracina, debe ser una casa compacta de dos niveles, con contraventanas de madera, cubiertas de tejas a dos aguas y con enlucido de yeso en el interior.

El clima de Huaraz está fuera de la zona de confort, la temperatura promedio diaria del aire durante el año es casi constante de $14.14^{\circ}\text{C} \pm 0.58$, por lo tanto, es necesario calentar las viviendas y mejorar los elementos de cierre externo como paredes y techos. Existe una radiación solar alta para calentar viviendas, condición que no se explota; la radiación solar media diaria anual está entre los 5000 a 6000 Wh/m^2 día. La velocidad del viento no sobrepasa los 1,8 m/seg con una dirección anual casi constante de Sur a Norte. La humedad relativa es alta con un promedio anual del 73.6% que genera disconfort. El promedio diario anual de precipitaciones es de 4.3 mm.

La mejor orientación de los vanos de las viviendas para lograr la máxima ganancia de radiación solar es la Horizontal, seguida de las del verticales Este-Oeste; la orientación Noreste-Suroeste y Noroeste-Sureste por ser intermedias son buenas. Un vidriado con dirección Este-Oeste con un ángulo inclinado de 60° , incrementa el flujo de calor captado. No es deseable la orientación Norte-Sur por recibir más radiación difusa que directa sobre todo la Sur, por otro lado también, los vientos predominantes impactan en la cara Sur. Deben evitarse los quiebres, aleros y balcones en las fachadas, éstos impiden el ingreso adecuado de la radiación solar por el sombraje excesivo que generan.

Para aislar mejor las viviendas del exterior, proteger las losas aligeradas de los techos de las variaciones bruscas de temperaturas diarias, que generan grietas y por ellas la filtración de las aguas pluviales, deben proveerse cubiertas inclinadas en forma independiente. Para regular la humedad relativa al interior de los ambientes, los muros y cielos rasos deben ser enlucidos con yeso, rescatando su uso.

Para un adecuado rendimiento térmico de las viviendas compactas solares pasivas en Huaraz, deben ser diseñadas con un buen aislamiento e inercia térmica y con aperturas al Este y Oeste para captar mejor la radiación solar; de manera tal que, el calor fluya entre una fachada fría a una caliente por medio de un espacio central longitudinal que se conecta con espacios verticales opuestos, que sean adyacentes a cada fachada y que vinculen los diferentes niveles para repartir el calor. En caso de viviendas con patio cubierto, por aislamiento térmico y economía, el patio debe diseñarse en la parte central.

El comportamiento térmico de cualquier sistema solar pasivo para calentar las viviendas que se adapta a las condiciones ambientales de Huaraz, con pérdidas

globales de calor entre 1.3 a 1.7 W/m³h°C, sea cual sea su dirección es confortable o semiconfortable. Todas las viviendas con sistema solar pasivo orientadas al Este-Oeste son confortables; en orientación Norte-Sur semiconfortables; al Noreste-Suroeste o Noroeste-Sureste son semiconfortables y/o confortables. El comportamiento térmico de las viviendas del sistema común actual cualquiera sea su dirección es inconfortable. Todos los sistemas solares pasivos pueden adaptarse a las condiciones ambientales; pero no a los aspectos culturales.

La metodología empleada para evaluar el desempeño térmico de las edificaciones presenta resultados bastante próximos a la realidad, ya que ha sido derivada de experimentaciones llevadas a cabo en otras latitudes. Si la vivienda está bien aislada, no es necesario en los cálculos térmicos, considerar las aportaciones solares por muros y techos.

4.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda, que futuras investigaciones empleen módulos de test, que son cubículos debidamente aislados con elementos de captación, almacenamiento de calor y de control, que están de acuerdo al sistema solar pasivo empleado. Son operados sin energía auxiliar de calor o enfriamiento y comúnmente ellos son operados sin controles termostáticos dentro del ambiente; esto permite una directa comparación del rendimiento y reporte más realista de la operación de energía. Pueden ser construidos de tres tamaños: pequeños cajones de test, generalmente de 1 m por lado; habitaciones de test usualmente de 4 m² de área; y grandes test de edificaciones desocupadas. Cada tamaño debe ser previsto de diferentes tipos de test para ser evaluados. Los módulos juegan un importante rol en la investigación solar pasiva; para obtener datos bajo condiciones controladas cuidadosamente y obtener así: (1) estrategias de competencia de comparación directa lado por lado; (2) obtener datos validos de programas de computación; y (3) componentes probados bajo condiciones realistas. Estos también son una excelente herramienta para enseñar en colegios y universidades los principios de monitoreo, datos de evaluación, experimentación y comparación de teorías.

El Gobierno u otras instituciones, deben construir prototipos de viviendas en diferentes regiones del país con diferentes climas, las que sean ocupadas y monitorizadas durante el periodo de uno o más años, usando varios sensores conectados a equipos para grabaciones hora por hora. Esto permitirá analizar los

siguientes aspectos: el rendimiento solar pasivo de diferentes sistemas solares; encontrar coeficientes de pérdidas y ganancias de calor por unidad de área; el aislamiento móvil; comparar los resultados y recoger la opinión de los ocupantes.

Se debe propiciar una herramienta de diseño que ha sido muy efectiva en otros países, específicamente dirigida a los arquitectos, ingenieros y constructores, la que es conformada por un conjunto de guías de diseño, donde cada paquete de guías está escrito para cada localidad específica. El paquete debe ser distribuido por todo el Perú y debe contener tres partes: (1) guías que den consejos generales e identifiquen los performances potenciales; (2) artículos de relleno simple, hojas de trabajo en blanco para el cálculo anual de ganancia de calor y de enfriamiento requerido para el confort térmico; y (3) un ejemplo de un caso de estudio.

Deben efectuarse investigaciones de la temperatura efectiva de confort térmico de los habitantes de las diferentes regiones peruanas, por cuanto los estudios realizados corresponden a otros países con latitudes y altitudes diferentes, tal es el caso de los estudios de Givoni, Olyay, ASRAHE y otros. Se debe someter a grupos de individuos a diferentes temperaturas en diferentes actividades en cámaras presurizadas y obtener resultados acordes al habitante y al medio.

Se recomienda que para tener un adecuado confort térmico, se debe crear un tipo de medio ambiente con una temperatura interior estable acorde al habitante, esto significa que el interior de las viviendas debe tener pequeños cambios de temperatura bajo condiciones externas cambiantes. Esto requiere una adecuada masa térmica para el almacenamiento del calor, una adecuada relación entre la ubicación de la captación solar y del almacenamiento del calor, así como una distribución efectiva del calor térmico. Las viviendas que se construyan en la sierra peruana, deben tener cierres con una mejor inercia térmica (más gruesos y pesados) y una adecuada orientación con respecto al Sol; así mismo, para el revestimiento de muros interiores de mortero de cemento y arena, se debe utilizar el yeso que es abundante y barato para mejorar las condiciones internas de humedad del ambiente. Tanto en la costa como en la selva peruana, se debe construir viviendas evitando la apertura de las ventanas al Sol, es decir hacia el Este y al Oeste.

El Reglamento Nacional de Edificaciones Peruano, debe incorporar zonificaciones climáticas y exigencias de condiciones mínimas de diseño para cada zona climática y así obtener un adecuado confort térmico en las edificaciones, así mismo, los balances

energéticos deben ser exigidos para obtener licencias de construcción. Se puede tomar como referencia el reglamento de otros países que tengan cierta similitud con las regiones climáticas del Perú. También, debe estipular el retiro posterior obligatorio de las edificaciones en la sierra peruana, esto permitirá el ingreso del Sol a las viviendas por ese frente; si todas las viviendas dejan un patio posterior no construido en todo el ancho del lote, entonces en toda la manzana existirá un gran patio al centro de ella que mejorará las condiciones de asolamiento, ventilación e iluminación. Entonces: se debe reglamentar el derecho al Sol.

Las universidades peruanas, en facultades ligadas con el diseño y construcción, debe impartirse enseñanzas sobre acondicionamiento ambiental de viviendas solares pasivas que incluya métodos de balances energéticos para cada sistema.

Debe realizarse campañas publicitarias por medios escritos y redes sociales de los beneficios de las viviendas solares pasivas; la gente debe entender que es posible construir viviendas más confortables empleando materiales comunes de edificación con conceptos fácilmente entendibles y que no cuesta mucho más que una vivienda convencional.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. BALCOMB DOUGLAS J. 1992. Passive Solar Building. Edited by Douglas Balcomb. Massachusetts.
2. BARDOU PATRICK. 1992. Sol y Arquitectura. Edit. G. Gilli. Barcelona.
3. BATELLIER J.P. 1995. La energía solar en la edificación. Editores Técnicos Asociados, tercera edición. Barcelona. 256 p.
4. BEDOYA CÉSAR-NEYLA Javier. 1986. Acondicionamiento y energía solar en la arquitectura. Edit. Graficinfo. Madrid. 285 p.
5. BELTRAN LILIANA. 1985. Hacia una respuesta arquitectónica de tecnologías ambientales. Tesis de grado de Master, Universidad de Oregón. 220 p.
6. CANTARELL L. JORGE. 1994. Geometría, energía solar y arquitectura. Edit. Trillas, Segunda Edición. México.
7. COSCOLLANO R. JOSÉ. 2002. Ahorro energético en la construcción y rehabilitación de edificios. Edit. Paraninfo. Madrid.
8. CROISSET MAURICE. 1976. Condensaciones y confort térmico en verano e invierno. Edit. Asociados S.A. Barcelona.
9. DE FRANCISCO ADOLFO-CASTILLO MANUEL. 1989. Energía solar, diseño y dimensionamiento de instalaciones. Publicaciones del Monte de Piedad y caja de Ahorro de Córdoba.
10. EICHLER FRIEDERICH. 1973. Patología de la Construcción. Edit. Blume. Barcelona.
11. FERNANDEZ GARCÍA. 1994. Clima y confortabilidad humana - Aspectos metodológicos. Edic. Serie Geográfica. Barcelona.
12. GARCÍA CH. JOSÉ Y FUENTES F. VÍCTOR. 1998. Viento y Arquitectura. Edit. Trillas. Tercera edición, México.
13. GUADARRAMA LUIS. 2002. Diseño arquitectónico y composición. Edit. Prentice Hall. México.
14. HERAS C. MARÍA Y OTROS. 1990. Energía solar en la edificación". Edit. CIEMAT. Madrid.
15. HERTZ JHON. 1981. Diseño bioclimático en la arquitectura", Intintec. Lima. 110 p.

16. JUTGLAR LUIS. 2004. Energía Solar. Edit. G. Gilli. Madrid. 267 p.
17. MARTINEZ Z. RAFAEL. 1994. Investigación aplicada al diseño arquitectónico. Edit. Trillas. México.
18. MAZRIA EDGARD. 1979. The passive solar energy book. Edit. Rodales. USA.
19. NEUFERT Ernst. 1995. Arte de Proyectar en Arquitectura. Edic. Gustavo Gilli. México.
20. PHILLIPS MARTÍN. 1996. Viviendas con energía Solar Pasiva. Edic. G. Gilli, Tercera Edición. México.
21. PLAZOLA Alfredo. 1992. Arquitectura Habitacional. Edic. Limusa. México
22. PUPPO ERNESTO. 1088. Sol y Diseño. Edit. Marcombo S.A. Barcelona.
23. RAMSEY DAM. 2003. Solar Power for your Home. Published by Penguin Group. New York.
24. ROZIS JEAN-FRANCOIS. 1997. Calefacción Solar para Regiones Frías. Edic. Geres. Lima.
25. RUGERON C. 1977. Aislamiento acústico y térmico en la construcción. Editores Técnicos Asociados S.A. Barcelona.
26. SALVADOR V. CARMEN. 1982. Diseño Bioclimático – Vivienda de Estudiantes del Instituto Sierra de la Universidad Nacional La Molina. Lima.
27. SENAMHI. 2003. Atlas de Energía Solar del Perú. Lima.
28. SERPA MILTON. 2006. Avaliação do desempenho térmico de habitações sociais de Passo Fundo. Universidade de Passo Fundo.
29. SHURCLIFF WILLIAM. 1985. Una Casa Dentro de Otra. Edit. G. Gilli, Barcelona.
30. STEADMAN PHILIP. 1988. Energía, medio ambiente, y edificación. Edit. Grefol S.A. Madrid. Tercera Edición.
31. VALERA ANÍBAL. 1993. Energía Solar I. Editor V. Guzmán. Lima.