



COMPORTAMIENTO TÉRMICO  
DE MUROS MASIVOS  
EN VIVIENDAS NORPATAGÓNICAS



Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental  
Escuela Superior de Salud y Ambiente  
Universidad Nacional del Comahue

Tesis de Grado  
Gustavo Gabriel Maionchi  
Neuquén, Octubre de 2008

**COMPORTAMIENTO  
TÉRMICO DE MUROS  
MASIVOS, EN VIVIENDAS  
NORPATAGONICAS**

por

Gustavo Gabriel Maionchi

Tesis propuesta como cumplimiento  
parcial de los requisitos para la  
Licenciatura en

“Saneamiento y Protección  
Ambiental”

Universidad Nacional del Comahue

2008

Dirigida por Arquitecto Alberto Jose Jurgeit

---

---

---

---

Fecha: Octubre de 2008

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

RESUMEN

Comportamiento Térmico de muros masivos en viviendas norpatagónicas

por Gustavo Gabriel Maionchi

Director:

Arq. Alberto Jurgeit  
Centro Estudios Hábitat Sustentable ESSA  
Departamento de Construcciones FIUNC

La Tesis presenta el comportamiento térmico de muros con masa considerable, en viviendas norpatagónicas. Se abordan factores determinantes del balance helio-energético de muros en viviendas de interés social. El intercambio de energía que realiza el muro depende tanto de las características exteriores, de las interiores como también del comportamiento térmico del mismo. Se desarrollan y analizan variables correspondientes a **tres núcleos temáticos**: el **ambiente y el clima norpatagónico** como condicionantes exteriores al edificio; el **confort higro-térmico “deseable”** en una vivienda como la condición interior que se debe cumplir para garantizar la habitabilidad; y las **propiedades y el comportamiento térmico de muros** con alta resistencia e inercia térmica. Se pretende identificar una tecnología de envolvente vertical propicia para la región Norpatagónica continental, analizando opciones de muros masivos y otras. Las tecnologías que se estudian tienen espesores que cumplen con las especificaciones normativas IRAM. Se analizan muros de ladrillos cocidos, adobes, bloques de hormigón macizos livianos, entre otros de tipo hueco, cada uno con diversos espesores, para hallar los muros de comportamientos más funcionales a la zona en cuestión.

## INDICE

Lista de figuras .....	iii
Lista de tablas .....	iv
Glosario .....	vii
Prefacio .....	ix
Introducción .....	xi
<b>Capítulo I: MARCO INTRODUCTORIO .....</b>	<b>1</b>
1.-Presentación del problema y Premisas de partida .....	2
2.-Propósitos del estudio y abordaje metodológico.....	4
3.-Estado del arte .....	7
<b>Capítulo II: MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL .....</b>	<b>9</b>
Bases para el estudio del SISTEMA BIOAMBIENTAL.....	9
1.-SUBSISTEMA ENTORNO .....	10
Ambiente y clima en la Norpatagonia .....	10
a. Régimen térmico en la región.....	14
b. Humedad del aire .....	17
c. Heliofanía e incidencia Solar .....	18
d. Vientos .....	22
e. Precipitaciones .....	27
3.-SUBSISTEMA HUMANO .....	30
a. Fisiología humana y salud .....	30
b. Condiciones de Confort .....	31
4.-SUBSISTEMA VIVIENDA.....	36
a. Comportamiento Térmico de la Vivienda en la región.....	36
b. Respuestas térmicas dinámicas de viviendas.....	40
c. Modelización helio-térmica: condiciones cíclicas estacionarias .....	41
5.-MUROS Y ABERTURAS .....	44
a. Estructura y función .....	44
b. Propiedades y comportamiento térmico .....	45
c. Flujo térmico .....	45
d. Transmisión del calor .....	46
e. Propiedades físicas y térmicas .....	47

<b>Capítulo III: ESTUDIO DE MUROS MASIVOS .....</b>	<b>49</b>
1.-Presentación del Método de Análisis.....	47
1.1.-Metodología de Evaluación de Muros.....	47
1.2.-Selección y descripción de tecnologías .....	52
2.-Deducciones Preliminares y Resultados.....	53
2.1.-Deducciones preliminares del Sistema Bioambiental. ....	53
2.2.-Análisis Cualitativo. ....	57
a. Matriz de comparación entre tecnologías de muros .....	59
b. Dimensión Ambiental .....	59
c. Dimensión Social.....	62
d. Dimensión Económica.....	65
e. Dimensión Tecnológica.....	66
f. Resultados del Análisis Cualitativo.....	68
2.3.-Análisis Cuantitativo.....	69
a. Colección de datos.....	69
b. Presentación de Tablas de Muros Masivos y Huecos .....	70
c. Caracterización tecnológica de muros .....	69
d. Presentación de Gráficos de Coordenadas.....	78
e. Resultados del Análisis Cuantitativo .....	84
 <b>Capítulo IV: HALLAZGOS Y DISCUSIÓN .....</b>	 <b>85</b>
Conclusiones .....	87
 Apéndice A: Recomendaciones de diseño para la zona Bioambiental IVb .....	 93
Bibliografía.....	107

## LISTA DE FIGURAS

<i>Número de Figura</i>	<i>Página</i>
1. Clasificación Bioambiental del Territorio Argentino. IRAM 11603.....	13
2. Variación anual de los registros térmicos: máx., medios y mín.....	16
3. Variación anual de la humedad relativa por meses. Neuquén Aero. ....	18
4. Variación de la Nubosidad mensual.....	19
5. Traslación de la Tierra alrededor del sol y Estaciones.....	20
6. Movimiento aparente del sol desde la superficie terrestre.....	20
7. Gráfica del movimiento solar horario, en distintas épocas del año.....	21
8. Síntesis de orientaciones favorables según zona bioclimática.....	22
9. Esquema de incidencia y presión de viento positiva y negativa.....	24
10. Variación mensual de la Velocidad media del viento. ....	24
11. Rosa de Vientos de Neuquén Aero.....	25
12. Rosa de Vientos de Las Lajas.....	25
13. Rosa de Vientos de localidades cercanas a Neuquén.....	26
14. Climograma: Precipitaciones y Temp. Medias. Centenario (1984 – 1995)...	29
15. Climograma: Precipitaciones y Temperaturas máx., mín. y medias.....	29
16. Carta bioclimática de Olgyay.....	32
17. Balance térmico del cuerpo humano.....	32
18. Ábaco psicométrico de Givoni.....	35
19. Transferencias del calor entre los Subsistemas, humano, edilicio y entorno.	37
20. Factor de forma de la envolvente edilicia.....	38
21. Confort climático: Estándares térmicos y de humedad: “Zona Cómoda”...	40
22. Distribución de locales de vivienda de acuerdo al asoleamiento.....	41
23. Onda de calor que atraviesa un muro, desfase y amortiguación.....	43
24. Matriz de Análisis cualitativo de muros.....	59
25 y 26. Gráficas de Coordenadas con Normativa nacional.....	79 y 80
27 a 29. Gráficas con información de Tablas incluida.....	81 a 83

## LISTA DE TABLAS

<i>Número de Tabla</i>	<i>Página</i>
1. Amplitud térmica Neuquén Aero.....	15
2. Registros térmicos Neuquén Aero.....	16
3. Humedad Relativa mensual y media anual. Neuquén Aero.....	17
4. Heliofanía efectiva (horas) mensual y media anual. N.A.....	18
5. Heliofanía relativa (%) mensual y media anual. N.A.....	19
6. Velocidad del viento media mensual (km/h) N.A.....	23
7. Direcciones del viento, frecuencias y velocidad media por mes. N.A.....	23
8. Precipitación mensual y acumulada anual (en mm.).....	27
9. Numero de días mensuales con precipitación.....	28
10. Precipitación máxima mensual y anual. (1981 – 1990).....	28
11. Precipitación mínima mensual y anual. (1981 – 1990).....	28
12. Intervalo óptimo de temperaturas en actividades sedentarias.....	34
13. Intervalo óptimo de temperaturas en actividades sedentarias.....	34

### **Tablas de Muros. Capítulo 3. Análisis Cuantitativo**

Tabla N° 1. Pared de Ladrillo cocido, con revoque en ambas caras.....	71
Tabla N° 2. Pared de Ladrillo cocido, con revoque en una cara.....	72
Tabla N° 3. Pared de Adobe.....	73
Tabla N° 4. Pared de Madera maciza.....	74
Tabla N° 5. Pared de Bloques de Hormigón macizo liviano.....	75
Tabla N° 6. Pared de Bloque de Hormigón hueco.....	76
Tabla N° 7. Pared de Bloque Cerámico hueco.....	77
Tabla N° 8. Pared de Cerámico hueco.....	78

## AGRADECIMIENTOS

El proceso experimentado durante el transcurso de este trabajo de tesis ha sido complejo y enriquecedor. Ha sido posible por el apoyo de mi compañera Valeria, de amigos y familiares a quienes agradezco enormemente su paciencia, sus consejos y el aguante.

La construcción del conocimiento aquí expuesto ha sido progresiva; con debates grupales interdisciplinarios dentro del CEHAS; con grandes préstamos de bibliografía y acompañamiento del director de tesis. Gracias a: Alberto J., Miguel M., Paola M., Cecilia A., Ana B., Daniel P., Atilio S.

Agradezco la colaboración de Natalia por el gráfico de tapa y de Andrea por el diseño de la gráfica que aquí se presenta.

A todos, quienes estuvieron cercanos en este transitar los procesos de formación personal y profesional: Gracias.

Por último, a la Universidad Nacional de Comahue y a la Escuela Superior de Salud y Ambiente, agradezco la formación recibida y la posibilidad de estudiar gratuitamente.

Gracias a todos !!!

*“Todo acto de negación de lo viejo debe ser solidario con un acto de creación y sedimentación de lo nuevo. La ruptura con el pasado supone el establecimiento de un nuevo orden. Lo viejo no asimilado se desecha, lo viejo utilizable se transforma y se aglutina con lo nuevo”*

*en “El discurso del método, René Descartes”*

*“La supremacía de la racionalidad económica se desmorona ante la evidencia del deterioro ambiental, la pobreza y la desigualdad social crecientes en el mundo. Esto hace necesario la construcción de una racionalidad ambiental que integra las condiciones ecológicas de la producción con los procesos de significación que conforman las diversas formas de organización social”*

*en “Introducción a la Teoría Ambiental.” Dr Enrique Leff.*

## GLOSARIO

**Muro masivo.** Es una pared cuya masa es significativa y su naturaleza es sólida y maciza. Se considera así a aquellos muros cuya densidad superficial es mayor a  $400\text{Kg}/\text{m}^2$ .

**Cerramiento vertical opaco.** Muro, pared o envolvente vertical que es opaco al paso de la luz, su estructura trabaja a la compresión. Tienen una superficie vertical importante y dividen espacios o locales. Los cerramientos que aquí se estudian son los correspondientes a viviendas.

**Cerramientos transparentes.** Aberturas o vanos translúcidos generalmente verticales al suelo. Forman parte de los muros y permiten el ingreso de luz y ventilación natural. Generan un contacto visual entre interior-exterior.

**Conductancia térmica.** Representa el calor transmitido en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de un material, desde una de sus caras a la otra, por unidad de diferencia de temperatura entre las dos caras.

**Capacidad Térmica.** Es una propiedad que tiene la materia de acumular y ceder calor, y es proporcional a su masa y a su calor específico. Los muros expuestos a diversas condiciones climáticas elevan o disminuyen su energía térmica. Su valor depende de la densidad y de la capacidad calorífica de los componentes constructivos en su conjunto. La capacidad de acumulación térmica implica un “factor de amortiguación” en la transmisión de la onda de calor.

**Inercia Térmica.** Tiempo que transcurre entre los picos de onda del calor que se dan en la superficie exterior e interior del muro. Se mide en unidad de tiempo: horas. Representa un “factor de retardo” de la onda de calor que atraviesa un muro. La Inercia térmica asume un rol regulador, atenuando y retardando la variación de la temperatura externa, disminuyendo la temperatura media radiante y formando mejores condiciones de confort.

**Adobe.** Es un material de construcción muy utilizado en otras épocas y puesto nuevamente en valor en la actualidad. Los mampuestos están conformados por una mezcla de áridos de distinta granulometría (arenas y arcillas), con agregado de materia orgánica y fibras vegetales. Son similares a los ladrillos aunque no se cuecen sino que se secan al aire.

**Quincha.** Técnica constructiva que utiliza materias primas similares al adobe. En una estructura de varas de madera o cañas, se incorpora la mezcla de barro, quedando esta contenida en el entramado.

**Cob.** Técnica constructiva que utiliza idénticas materias primas pero con una mayor proporción de arena y menor cantidad de agua en la mezcla. Es similar a la labor del hornero en la edificación de su nido.

## PREFACIO

En el eje habitacional más densamente poblado de la región Norpatagónica, donde se destacan Neuquén, Cipolletti y General Roca, las distancias se han ido acortando, formándose una incipiente metrópolis.

Neuquén como ciudad cabecera, ha ido creciendo aceleradamente y sus segmentos sociales carenciados se han multiplicado espacialmente, formando grandes conglomerados de pobreza y marginación cuya única forma de acceso a la tierra ha sido la ocupación de más de un centenar de “tomas”. Las construcciones típicas al inicio son precarias y al consolidarse siguen siendo deficitarias, esto implica mayores costos de servicios energéticos de acondicionamiento y la falta de confort de sus habitantes.

Estado ausente, sectores medios pauperizados, la población polarizada en “barrios parque” y “tomas o villas miseria”. Las imperiosas respuestas van de la mano de fuertes intervenciones estatales que con el apoyo ciudadano, mejoren la equidad en el acceso tanto a la tierra como al hábitat digno. La magnitud de soluciones habitacionales que urgen, presenta una buena ocasión para ahondar en las tecnologías funcionales al confort, y a un costo ambiental y económico razonable.

La vivienda es considerada un componente fundamental de la calidad de vida. En condiciones ideales, reduce al mínimo las probabilidades de enfermarse o lesionarse, contribuyendo en gran medida al bienestar físico, mental y social. (OMS/OPS)

Estos atributos hacen de la vivienda una necesidad vital de las personas. Los componentes constructivos de las mismas deben ser adecuados al medio donde se asientan y a los habitantes, brindándoles las condiciones básicas para lograr un estado de salud personal y global. A través de esta investigación se

pretende arrojar luz sobre la influencia de los muros masivos en el confort interno de viviendas ubicadas en la zona Norpatagónica.

Los muros son una parte importante de la envolvente de una vivienda por donde se produce intercambio de calor con el medio externo. La tesis contribuye con información valiosa sobre dicho proceso, factible de completarse con futuros estudios focalizados en otros componentes.

Nuestra moderna sociedad genera una situación ambiental a nivel mundial que obliga a adoptar criterios de Alta Calidad Medio Ambiental en el desarrollo del hábitat construido. Lograr generar viviendas más autónomas y menos contaminantes es la estrategia fundamental de la arquitectura sustentable en el nuevo milenio y creemos conveniente transitar este camino.

## INTRODUCCIÓN

La cultura de una sociedad en parte se manifiesta en las estructuras y edificaciones que acondiciona para desarrollar actividades sociales y satisfacer sus necesidades. La diversidad cultural de los pueblos de la biósfera demuestra un abanico de cosmovisiones con singulares formas de organización social, construcción y relación con el medio, determinando diversos ambientes locales inherentes a las interrelaciones sistémicas generadas.

La expansión mundial de un modelo basado en una racionalidad económica, y un paradigma antropocéntrico, se continúa encargando de homogeneizar la equilibrada diversidad cultural existente, debilitando progresivamente el ecosistema global.

Pero los problemas del globo tienen tanto origen como consecuencias en lo local. Esta mutua relación genera el nuevo concepto de “glocalización” que fue acuñado por el sociólogo Robertson R. en 1992, para referirse a la particular relación y correspondencia entre lo global y lo local. Los problemas “glocales” son originados exclusivamente por el hombre, sus estructuras y sus pautas de consumo.

Al decir de Pearson (PEARSON D., 1991) Para sustentar la salud personal y planetaria, se necesitan hogares sanos, que ahorren energía, que nos ayuden a llevar un nuevo estilo de vida; hogares diseñados para regenerar el ambiente, lugares de sanación tanto del cuerpo, de la mente, del espíritu como del planeta.

Estos requisitos fundamentales de la nueva generación de viviendas, implican que se aborde su funcionamiento como el de organismos vivos: que desarrollan funciones vitales para sí mismos y para sus moradores; con

capacidad para aislar condiciones externas desfavorables y favorecer el ingreso de otras, evolucionando en un organismo térmicamente mas autónomo y sinérgico con su entorno; propicio para generar mejores relaciones humanas y con la tierra; donde los flujos de materiales asociados al funcionamiento del hogar pueden ser reincorporados en ciclos naturales y cadenas de reciclaje; capacitado para aprovechar los recursos climáticos del lugar, estando preparadas para enfrentar los efectos del cambio climático que hoy se está transitando. Se podría sintetizar en que las viviendas sean células saludables, formadoras de un asentamiento humano sano y que sean soporte de una sociedad perdurable, permitiendo una mejor coexistencia sociedad-naturaleza, llegando a un nuevo equilibrio del sistema planetario que a todos alberga.

La envolvente de una vivienda es su “cascarón” y resguarda al local habitable del rigor climático exterior. Tanto el clima exterior como el confort interno son condicionantes que deben determinar la composición de una envolvente adecuada, sin olvidar que existen otros factores relevantes de tipo tecnológicos, económicos, socioculturales y ambientales.

En la materialización de este cascarón, la envolvente vertical opaca o muro puede ser resuelto de variadas maneras, por lo cual esta investigación ahonda en la posible utilidad de los muros masivos con alta resistencia térmica como favorables reguladores del intercambio energético entre el interior y el exterior. Este análisis está orientado para la región de la cual proviene la información climática: la región Alto Valle y Confluencia de Río Negro y Neuquén, en la Norpatagonia.

Las tecnologías constructivas de muros masivos que se analizan son: el ladrillo cocido, el adobe, y bloques de hormigón macizo de 2 densidades y otras de menor masa pero de uso frecuente en la región. Cada solución constructiva es analizada en los espesores comúnmente utilizados y que cuadran dentro de los límites permitidos por la normativa IRAM. Luego se contrastará el análisis realizado, comparando los comportamientos encontrados, con los

correspondientes a muros de menor inercia térmica. Entre estos últimos se estudian el cerámico hueco, el bloque cerámico hueco y el bloque hueco de hormigón.

Los muros poseen comportamientos energéticos caracterizados principalmente por dos coeficientes: la Transmitancia Térmica y la Inercia Térmica, esta última regida por la Capacidad Térmica y la Densidad o peso específico de la tecnología constructiva.

Para analizar el comportamiento energético de cada componente, se extraen los valores de tablas y se modelizan a través de ecuaciones matemáticas, que brindan información necesaria para determinar su apropiación al medio. Las especificaciones técnicas de las normativas IRAM 11603 se utilizan para fijar los valores límite de transmitancia térmica y en función de considerar los procedimientos de cálculos allí establecidos.

## *Capítulo 1*

### MARCO INTRODUCTORIO

La edificación de viviendas en los asentamientos humanos consume grandes cantidades de recursos naturales. Durante el proceso de construcción se requieren la mayor proporción de recursos materiales, energéticos y humanos; durante su vida útil, los consumos mayores son de recursos energéticos y en procesos de mantenimiento general; y hacia el final de su existencia las viviendas son demolidas y/o recicladas. Este ciclo que se presenta resumido, transcurre durante muchos años, dependiendo de la adecuación de su estructura y del mantenimiento dado. Según los “Estándares mínimos de vivienda” para viviendas de interés social, FONAVI, se define un período de “vida útil mínima de 30 años”. Por otra parte, la construcción o adquisición de una vivienda suele representar la mayor inversión en la vida de un poblador común, por lo que se espera una vida útil considerablemente mayor.

La problemática que aquí se trata, se inserta en el campo de la edificación de viviendas en relación con el “bioambiente” dominante de la región norpatagónica en un sector continental. Se pretende identificar la magnitud de la influencia de los muros masivos en la situación de confort térmico interior de viviendas de interés social. Asimismo esto se evalúa desde una óptica holística que considera a las viviendas como organismos, con flujos de materiales, de energía y de información. Se hace énfasis en los flujos energéticos de las viviendas regionales y que determinan su respuesta térmica frente al sistema entorno. Esta perspectiva propone el análisis de un sistema mayor al que generalmente se aborda, y que solo incluyen las propiedades térmicas de los elementos constructivos. Asimismo el sistema en estudio propuesto, incorpora 3 grupos de variables desarrolladas en 3 partes del Capítulo 2:

1. Subsistema Entorno: Ambiente y clima en el hábitat Norpatagónico;

2. Subsistema Humano: Condiciones de confort y habitabilidad;
3. Subsistema Vivienda: Comportamiento térmico dinámico de la vivienda y los muros masivos. Aquí se desarrollan las variables y las propiedades térmicas que luego son utilizadas en el Análisis Cuantitativo.

El Capítulo 3 desarrolla la metodología aplicada, desglosando la investigación en tres Análisis sectoriales. En estos, se abordan aspectos de diversa índole, que hacen al Comportamiento Térmico de un muro inserto en la Norpatagonia. Se exponen los resultados de cada análisis brindando importante información respecto de las tecnologías en estudio.

En el cuarto y último Capítulo, se desarrollan los hallazgos y las conclusiones derivadas del análisis integrado del comportamiento de muro con los restantes factores intervinientes en el balance helio-energético.

Finalmente se consideran aspectos centrales de una edificación sustentable con Alta Calidad Medio Ambiental (ACM) y otros relativos a la bio-construcción en relación con el confort, la habitabilidad y la salud.

### **Presentación del problema y premisas de partida**

Numerosas bibliografías dan cuenta de los requerimientos que deben cumplir los materiales constructivos en cada zona del país. La normativa Argentina expone el comportamiento térmico de los materiales industrializados mas utilizados en construcción, aunque olvida considerar materiales nobles y naturales como el adobe. El arquitecto John Martin Evans realiza una decodificación de las normativas en un texto que se denomina “Comportamiento Térmico de paredes y techos” (EVANS J., 1980), del mismo se utilizarán datos sobre los muros. Muros que son considerados aceptables en la zona bioclimática denominada IVb, (IRAM 11603) donde se centra la presente investigación. (Ver Figura N° 1.)

Por otra parte, se estudian los condicionantes climáticos que actúan sobre las edificaciones. Estos han sido considerados para la determinación del comportamiento térmico dinámico del conjunto constructivo que conforma una vivienda. Haciendo hincapié en la función que cumplen los muros masivos como reguladores térmicos. En este punto se plantea una ruptura en el modo de abordaje de la cuestión que nos lleva a analizar que los muros siempre se comportan de acuerdo a sus propiedades termo-físicas, pero que, en todos los casos se producen intercambios térmicos que responden a un sistema en constante búsqueda de su equilibrio térmico-dinámico. Aquí se utilizará una modelización del sistema vivienda propuesto por Marincic Irene en “Respuestas térmicas dinámicas en edificios”.

De los factores meteorológicos utilizados aquí, se dispone de series de tiempo considerablemente prudentes a los fines de esta investigación. Los mismos, pertenecen a diversos estudios realizados en la provincia de Neuquén, algunos de los cuales se corresponden con fines productivos agrícolas y otros con balances térmicos edilicios realizados en FIUNC. En ambos casos los datos primarios provienen de las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (S.M.N.) presentes en la zona (Neuquén Aeropuerto, Cipolletti, Chos Malal, Plaza Huincul, etc.)

La demanda de energía para abastecer los edificios se cubre principalmente con recursos energéticos fósiles como el gas y los derivados del petróleo. En la última década la escalada del precio internacional del barril de petróleo, quintuplicó su valor provocando una tendencia de alza del costo de servicios urbanos asociados al acondicionamiento de la vivienda. Según Martin Evans, actualmente en Argentina el hábitat construido consume entre el 35 y 40% de los recursos energéticos primarios. Mientras que el sector residencial utiliza el 50% de los mismos.

Esta situación permite caracterizar la problemática pronunciada al inicio del capítulo y definir algunas premisas que ofician de punto de partida de la presente investigación:

- 1) Es profunda la dependencia del sector residencial hacia las fuentes de energía no renovables y con un horizonte de reservas aun menor al tiempo de vida útil proyectado de una vivienda.
- 2) El vertiginoso incremento del precio del crudo incidirá a corto plazo con aumentos del costo del mantenimiento de iguales condiciones de habitabilidad.
- 3) El actual uso de estas fuentes, lleva situaciones ambientalmente problemáticas a nivel global y local, es por esto que se debe hacer un mayor aprovechamiento del recurso climático que dispone de fuentes de energías permanentes y cuyos costos ambientales y económicos son mínimos.

### **Propósito del estudio y abordaje metodológico**

A través de la evaluación del comportamiento higro-térmico y bioclimático de tipologías de muros masivos, se pretende identificar los muros cuyo comportamiento energético sea más adecuado para su utilización en viviendas de nuestra región, desde una perspectiva de la conservación y el uso racional de la energía.

A estos efectos se seleccionaron tecnologías de muros masivos utilizados en la construcción regional. Estos componentes son sometidos a una evaluación de su comportamiento térmico, pretendiendo lograr una jerarquización de los mismos de acuerdo a sus propiedades térmicas y a su ubicación relativa dentro de la vivienda.

Se pretende analizar las cualidades que se desprenden de la utilización de muros masivos en contraste con la evaluación sobre muros huecos.

Finalmente se expone un Análisis Cualitativo donde se desarrollan variables de interés que complementan el análisis térmico y el bioambiental con información importante al momento de jerarquizar tecnologías.

Para la evaluación del comportamiento de los distintos muros masivos en el bioambiente IVB (IRAM 11603), se recurre a tablas y bases de datos de donde se extraen las propiedades térmicas de los muros en cuestión. La información ha sido elaborada con los métodos que fija IRAM en su normativa 11605.

Existen numerosos modelos que representan el funcionamiento térmico de un sistema edilicio que se encuentra sometido a variaciones climáticas. En ellos se introducen tanto las propiedades térmicas de los materiales constructivos como también las series de datos climáticos. Estos modelos son comandados por las funciones y ecuaciones que contienen, y que transforman los datos en los requerimientos de calefacción o enfriamiento necesarios para los niveles de confort. Del análisis de los mismos, la investigación extrae los principales mecanismos de transmisión del calor así como también los comportamientos esperados de respuesta térmica de una edificación frente a condiciones de aridez bioclimática como la Norpatagónica.

La complejidad del sistema en estudio propuesto merece que su tratamiento sea realizado desde una perspectiva holística que integre aspectos de las diversas áreas temáticas y que genere respuestas a los interrogantes que plantearon la necesidad de la investigación.

En adelante se expone una síntesis metodológica y los lineamientos de los análisis que fueran considerados indispensables a los fines propuestos.

La evaluación de los muros en relación con el clima Norpatagónico, ha sido dividida en 3 tipos de análisis significativamente distintos.

En principio se efectúa un análisis de los fundamentos helioenergético que definen la respuesta térmica de los edificios en climas áridos como el de la zona Norpatagónica. Se explica desde disciplinas como la física, la meteorología y la arquitectura cuales son los comportamientos térmicos que tienen lugar en viviendas de regiones semidesérticas, sometidas a la aridez climática.

En relación a los Análisis que se han realizado para dar respuestas a la problemática planteada sobre los muros, dicho abordaje responde a la diversidad de factores que intervienen en la jerarquización de tecnologías.

- **Análisis Bioambiental:** En el primer análisis se incorporan los aspectos climáticos y ambientales del entorno, los inherentes a las personas en cuanto al confort, y los relacionados a las viviendas, todos integrados en un sistema bioambiental complejo definido ad hoc. Se contemplan las condiciones reinantes en el clima local, y a través de una descripción de las mismas se interpretan cuales serían las condiciones dominantes en cada orientación del muro. Sin contraponer la normativa nacional, se brindan recomendaciones acerca de los muros según su orientación y ubicación particular.
- **Análisis Cualitativo:** El segundo análisis es de carácter cualitativo. Pretende realizar una comparación ampliada de las propiedades de los principales muros disponibles. En esta comparación se distinguen 4 planos o dimensiones de interés, que son: económico, social, ambiental y tecnológico; para cada uno de los cuales se presentan dos variables representativas. El objetivo es ampliar el análisis cuantitativo, ya que por la precisión que éste requiere resultaría imposible

introducir estos otros aspectos. Asimismo, este análisis cualitativo no es exhaustivo y solo propone un mecanismo sencillo de comparación teniendo en cuenta propiedades comunes a los muros; fuera de este contexto no son válidas las conclusiones que de la matriz se formulen.

- **Análisis Cuantitativo:** En el tercer análisis propuesto, se exponen las normativas fijadas por IRAM y se comparan con los valores correspondientes a las propiedades térmicas de los muros masivos. La exposición de una gráfica de coordenadas, donde se representa tanto la normativa como las propiedades combinadas de los muros, permite observar claramente los comportamientos térmicos que caracterizan a cada tecnología. Este primer eslabón permite una preselección de las tecnologías que cumplen la normativa y sus espesores mínimos correspondientes.

### **Estado del Arte**

En nuestro país numerosos centros de investigación estudian los componentes constructivos de las edificaciones. En las Universidades de San Juan, Tucumán, Salta, La Plata y Buenos Aires, hay centros que se destacan nacional e internacionalmente por sus labores en el tema. Asimismo, se tuvo acceso a la colección de publicaciones de la Asociación Argentina de Energía Solar ASADES y a las bases de datos de investigaciones realizados en FIUNC por Guerrero y Jurgeit.

Los principales antecedentes de evaluación energética edilicia que tienen en cuenta el clima corresponden a los hermanos Olgay y datan del año 1957: “Solar control & Shading devices” y 1963: “Design with climate”. Se dispuso de ambos ejemplares en inglés y de la traducción de uno al castellano “Arquitectura y clima”. “Natural solar architecture” (WRIGHT D., 1978) es otro de los ejemplares que marcaron un hito en el tratamiento de la cuestión helio-térmica en viviendas.

El estudio del comportamiento térmico de los materiales masivos se halla claramente desarrollado en el libro “Arquitectura y clima en zonas áridas” (PAPPARELLI A. et al, 1984) editado por la Universidad Nacional de San Juan.

El arquitecto John Martin Evans de la UBA, en el libro “Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar” realiza aportes para analizar la incidencia de diversos factores climáticos en las edificaciones, teniendo en cuenta las zonas bioambientales de Argentina.

Por otra parte, la Inercia Térmica como estrategia para el acondicionamiento térmico de viviendas, forma parte de un conocimiento milenario utilizado en vastas regiones áridas del planeta. Culturas distantes pero sometidas a climas áridos o semi-desérticos resolvieron en muchos casos de igual forma, construyeron sus refugios de materiales pesados, de formas compactas y con ventilación orientada favorablemente. Estos conocimientos no siempre se aprovechan y en nuestras ciudades la climatización de los ambientes cada vez más corre por cuenta de tecnologías de acondicionamiento convencional.

El abordaje conjunto de éstas y otras bibliografías gestó las bases en donde se apoya esta tesis. El producto de dicha integración de conocimientos, fue el desarrollo de esta investigación, con carácter holístico que relaciona transversalmente las áreas temáticas disciplinares y tiene una fuerte impronta en aspectos ambientales.

Finalmente, la exploración acerca de prototipos de vivienda social con aprovechamiento bioclimático demuestra una falencia de propuestas en nuestra zona Norpatagonica, donde además, aún no existe una arquitectura regional definida, sino que es un crisol donde se funden diseños, técnicas y materiales importados. Sin embargo, se continúa en la búsqueda de viviendas regionales, que sobre la base de los materiales locales y el conocimiento del ambiente, desarrollen opciones de habitabilidad confortables y menos contaminantes que las actuales.

## *Capítulo 2*

### MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

#### **Bases para el Estudio. SISTEMA BIOAMBIENTAL**

Los contenidos aquí teorizados, se presentan agrupados de acuerdo a una organización sistémica compleja. Las variables que se presentan son seleccionadas por tener una influencia representativa en el subsistema que integran, utilizando como criterio, la existencia de una relación significativa entre elementos de distintos subsistemas. El conjunto de relaciones determina la “estructura” del sistema. Se ha considerado fundamental la división del **Sistema Bioambiental** en tres subsistemas que lo componen y que hacen a los fines de esta investigación. Los mismos son: **Subsistema Entorno;** **Subsistema Humano** y **Subsistema Vivienda**. La estructura propuesta integra los aspectos fundamentales del entorno climático y ambiental, en conjunto con las cuestiones que hacen a la fisiología humana y el confort. A esto, se le superpone la vivienda como mediadora entre los subsistemas recién nombrados. Este desarrollo expresa la forma en que se comportan las viviendas y representa más claramente, en que medida influyen los muros masivos sobre las mismas.

El Sistema Complejo utilizado es una escala reducida de una conceptualización mucho mayor que ocupa y trata la disciplina ambiental: las relaciones existentes entre la Naturaleza y la Sociedad, donde el Hábitat actúa de soporte y mediador entre ambos. Al decir de Rolando García en “Sistemas Complejos”: “(..) Un sistema complejo es una representación de un recorte de esa realidad, conceptualizado como una totalidad organizada (de ahí la denominación de sistema), en la cual los elementos no son “separables” y, por lo tanto, no pueden ser estudiados aisladamente”. Mas adelante dice: “Investigar uno de tales sistemas significa estudiar un “trozo de la realidad”

que incluye aspectos físicos, biológicos, sociales, económicos y políticos” (GARCIA R., 2006)

Para cada uno de los Subsistemas abordados se desarrollan variables que tienen injerencia en el comportamiento higro-térmico de las viviendas y por lo tanto de los muros. Una parte de la información expuesta es integrada a los resultados de la investigación, aunque al inicio se desarrolla en forma completa, para exponer la complejidad del sistema bioambiental, donde una simple variación puede tener un efecto considerable hacia elementos de otro Subsistema.

## **1.- SUBSISTEMA ENTORNO**

### **Ambiente y Clima en la Norpatagonia**

El sustrato donde se erigen las viviendas norpatagónicas está sometido a condiciones climáticas variables y a la acción de las sociedades que aquí habitan. La naturaleza y la sociedad son dos fuerzas que interactúan constantemente y en adelante se recopilan los principales aspectos de las condiciones climáticas y del ambiente local que influyen sobre el hábitat y la sociedad.

Para el desarrollo de esta investigación, se adopta la delimitación de una región cuyas condiciones climáticas son consideradas homogéneas, según la norma IRAM 11603. Esta zona está ubicada en la Norpatagonia continental y abarca el Norte de la provincia de Río Negro y el Noreste de Neuquén, extendiéndose hacia el Centro Oeste de La Pampa y la región Sur y Centro de Mendoza, desde donde se forma una franja que continúa paralela a la cordillera, hasta la provincia de Jujuy. Ver Figura N° 1: “Zona bioambiental IV b. Templada fría. (IRAM 11603)”. Para toda esta región, la norma establece determinados estándares de comportamiento térmico que los

cerramientos deben cumplir, los cuales son tratados en el Análisis Cuantitativo.

En cuanto a la definición de las condiciones bioclimáticas del Sistema Bioambiental, la zona de interés está centralizada en la región Confluencia (Nqn) y Alto Valle (RN.). Es por esto que la información meteorológica recopilada procede principalmente de estaciones de la zona, aunque también se presenta datos de zona aledañas que complementan a la anterior.

En cuanto al poblamiento, la mayor parte de la población de esta zona reside en las ciudades, y éstas en general, se localizan asociadas a los cauces de los ríos principales de la región, en Valles y Mesetas. Buena parte de los asentamientos que originalmente se localizaron sobre la parte fértil del Valle, hoy se encuentran creciendo sobre terrenos productivos, reduciendo la superficie de tierras cultivables. En algunas ciudades se están gestando políticas y acciones que promueven la expansión del espacio urbano hacia zonas menos productivas como las mesetas, preservando las de mayor aptitud agro-ecológica, y así lograr una mejor relación de la sociedad y el medio construido con la naturaleza, que brinda muchos de los recursos a través de su tierra.

El área de estudio pertenece a la Provincia fitogeográfica de monte, que es el ecosistema predominante en la norpatagonia, y está surcado por valles aluvionales con importantes sistemas de irrigación productiva. La meseta es escalonada hacia los valles y el mar, y esta sometida a importantes contrastes térmicos diarios y períodos de vientos persistentes y fuertes algunos días al año.

Investigadores del IADIZA (Universidad de San Juan) resaltan que de los elementos meteorológicos existentes, el que mejor representa esta zona es su aridez bioclimática. Esta se refiere a la escasez de agua en relación a la necesaria para cultivar la zona en condiciones normales. Esta asociada principalmente al tipo de suelo, a la precipitación, a la evapo-transpiración

potencial, a los vientos, a la humedad atmosférica y a la acción del hombre en el ambiente.” (PAPPARELLI A. et al, 1984)

Estas zonas áridas presentan características de extremos climáticos. Se destacan por:

-Precipitación mínima: es el principal factor determinante de la aridez.

-Variabilidad de la precipitación: es estacional dentro de un mismo año y también varía en períodos prolongados donde se observan ciclos de sequía y de intensas lluvias.

-Radiación solar: esta zona dispone de elevados niveles de intensidad de radiación solar, lo que constituye un enorme recurso energético.

-Temperaturas: el régimen térmico tienen elevadas fluctuaciones estacionales y diarias.

-Albedo: es la cantidad de radiación solar reflejada en zonas áridas de secano, puede llegar a un 30%.

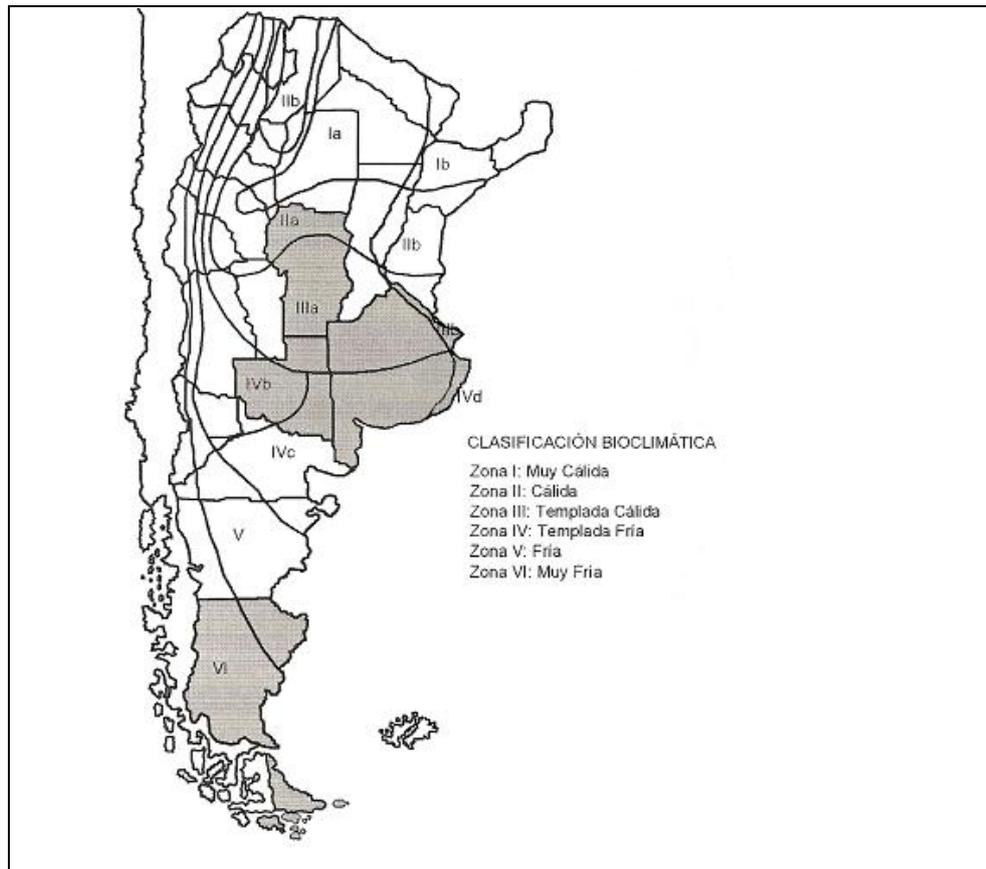


Figura N° 1. Clasificación Bioambiental del Territorio Argentino. IRAM 11603

Los factores climáticos ejercen influencia en el balance térmico de muros de las viviendas. Los parámetros más relevantes que intervienen en las ecuaciones de cálculo de la transmitancia y la inercia térmica son:

- a. **Régimen térmico en la región Norpatagónica**
- b. **Humedad del aire**
- c. **Heliofanía e incidencia solar**
- d. **Vientos**
- e. **Precipitación**

La mayor parte de esta información meteorológica se obtiene del Servicio Meteorológico Nacional. En nuestro caso, de la estación meteorológica ubicada en el aeropuerto de Neuquén. También se ha tomado información secundaria de investigaciones de la Universidad Nacional del Comahue sobre el clima de la región. ARROYO et al efectúa una sistematización de datos meteorológicos de la región para su utilización en la evaluación energética de edificios.

Otra parte de dicha información proviene de “Clima, provincia del Neuquén” (J. ARROYO, 1980) trabajo que busca priorizar las áreas bajo riego de la provincia, con series de datos tomados en varias estaciones desde mediados de Siglo XX. Aunque también se presenta información elaborada a partir de datos primarios tomados en las Estaciones Meteorológicas de Cipolletti, Plaza Huincul, Chos Malal, etc.

#### **a. Régimen de temperaturas en la región Norpatagónica**

La zona se caracteriza por tener un clima notablemente árido y semidesértico. Los sitios bajos o cercanos al río y redes de riego tienen ventajas debido al potencial amortiguador propio de los cuerpos de agua, obteniéndose tenores de humedad mayores. Las zonas altas están más expuestas a una gran amplitud térmica, típica de esta región. En estos casos es importante la disponibilidad de arbolados.

Según los estudios anunciados, la temperatura ambiente media anual es de 14,3 °C en Neuquén capital. Esta medición se toma a una altura de 1,5 m. del nivel del suelo, en una casilla meteorológica. El verano es caluroso con una temperatura media de 25 °C. La temperatura máxima media es de 30,5 °C y el registro máximo absoluto de 42,3 °C.

El invierno es frío, con una temperatura media de 6 °C. La temperatura mínima media es de 0,1 °C, y el registro de temperatura mínima absoluta fue de -12 °C., superado recientemente por registros en torno a -15 °C.

En cuanto a las amplitudes térmicas, las mismas son muy altas, manteniéndose las absolutas en el orden de los 40 °C, como puede apreciarse en la Tabla N° 1.

Mes	Amplitud térmica media	Amplitud térmica absoluta
Enero	16,6 °C	40°C
Marzo	16,9 °C	41,5°C
Julio	13°C	40,9°C
Octubre	19 °C	41,7°C

Tabla N° 1. Amplitud térmica Neuquén Aero.

La amplitud térmica entre picos de máxima y mínima absoluta, en el decenio 1981 – 1990 alcanzó los **52,3 °C**.

En relación a la temperatura del aire, los valores medios (T. med.), máximos medios (T. Máx. med.), mínimos medios (T. min. med.), máximos absolutos (T. Max. abs) y mínimos absolutos (T. min. abs.), mensuales y anual de la temperatura del aire que podrían considerarse representativos para la zona de interés, son los siguientes:

MES	T. med. (°c)	T. Máx. med. (°C)	T. min. med. (°c)	T. Max. abs. (°C)	T. min. abs.(°C)
ENE	23,50	31,7	15,3	39,70	7,4
FEB	22,6	31	14,4	41,60	3,90
MAR	18,5	27,2	11,2	36,50	1,30
ABR	13,5	21,4	6,9	31,70	-3,3
MAY	9,2	16,7	3,00	27	-8,3
JUN	6,3	12,90	1,00	24,6	-10,2
JUL	5,6	12,5	-0,1	22,2	-10,7
AGO	8,3	15,7	1,6	27,4	-7,4
SEP	11,2	19,6	4,00	30,6	-7,0
OCT	15,7	23,2	8,10	35,4	-2,00
NOV	19,8	27,7	11,7	40,8	1,5
DIC	22,7	30,5	14,6	39,7	5,70
ANUAL	14,7	22,4	7,6	41,60	-10,7

Tabla N° 2. Registros térmicos Neuquén AERO.

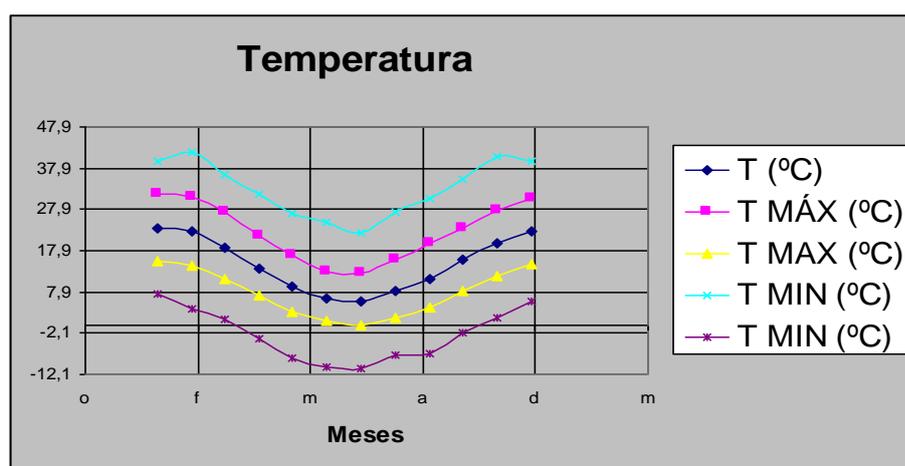


Figura N° 2. Variación anual de los registros térmicos: máx., medios y mín.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos Tabla N° 2.

En general, la marcha anual de la temperatura se adapta en forma inversa a la de la nubosidad.

La temperatura media (T) es más alta durante el mes de Enero (23.5°C). Luego la media mensual desciende gradualmente hasta alcanzar su mínimo en el mes de Julio (5.6°C)

La temperatura máxima absoluta registrada durante el período 1981/1990 fue 41.6°C, durante el mes de Febrero.

La temperatura mínima absoluta registrada durante igual período alcanzó el valor de -10.7°C durante el mes de Julio.

La temperatura máxima media mensual varía entre 31.7°C (Enero) y 12.5°C (Julio) y la temperatura mínima media (T. mín.) mensual registra valores entre 15.3°C. (Enero) y 0.1°C (Julio).

#### **b. Humedad del aire**

El estado higrométrico del aire (humedad relativa) es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene realmente una determinada masa de aire y la cantidad que la misma masa podría contener si estuviese saturada a igual temperatura.

En general la humedad relativa es más alta durante el período más frío. En la siguiente Tabla se presentan las humedades relativas medias (HR) mensuales y anual:

MES	HR (%)	MES	HR (%)
ENE	37	JUL	70
FEB	43	AGO	59
MAR	53	SEP	52
ABR	63	OCT	43
MAY	64	NOV	37
JUN	71	DIC	35
ANUAL: 52%			

Tabla N° 3. Humedad Relativa mensual y media anual. Neuquén Aero.

La humedad relativa media mensual (%) varía entre 35% (Diciembre) y 71 % (Junio).

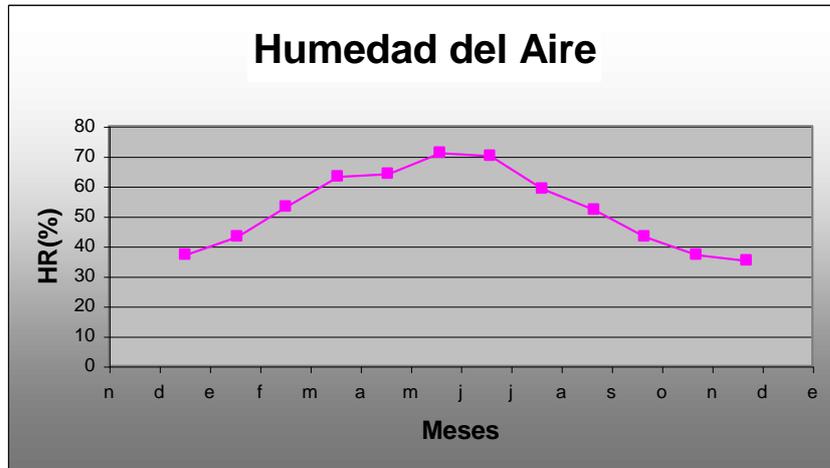


Figura N° 3. Variación anual de la humedad relativa por mes. Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos Tabla N° 3.

### c. Heliofania e incidencia solar.

Los valores de heliofania efectiva diaria media mensual (número de horas diarias de brillo solar) se presentan a continuación expresados en hora y décimos de horas:

MES	Heliofania efectiva (horas)	MES	Heliofania efectiva (horas)
ENE	9.8	JUL	4.1
FEB	10.3	AGO	5.4
MAR	7.7	SEP	5.8
ABR	6.8	OCT	8.1
MAY	4.7	NOV	9.5
JUN	3.6	DIC	8.9
<b>ANUAL: 7.0</b>			

Tabla N° 4. Heliofania efectiva (horas) mensual y media anual. Nqn. Aero.

La heliofania relativa es la relación que existe entre la heliofania efectiva y la heliofania teorica astronómica y se expresa en porcentajes (%). La heliofania teorica astronómica indica el número posible de horas en que el sol puede

alumbrar en una zona, independientemente de la interferencia en los registros causados por fenómenos meteorológicos, accidentes geográficos u otros obstáculos. Los valores de heliofanía relativa medio mensual y anual se presentan en la siguiente Tabla:

MES	Heliofanía relativa	MES	Heliofanía relativa
ENE	67	JUL	42
FEB	76	AGO	50
MAR	62	SEP	49
ABR	61	OCT	61
MAY	47	NOV	66
JUN	38	DIC	60
<b>ANUAL: 57%</b>			

Tabla N° 5. Heliofanía relativa (%) mensual y media anual. Nqn. Aero.

Los mayores valores de heliofanías efectiva y relativa se presentan en el período cálido y disminuyen en los meses más fríos. Esto está relacionado con la nubosidad, que presenta una marcha anual inversa. Al igual que la evolución de la humedad relativa como ya se ha visto.

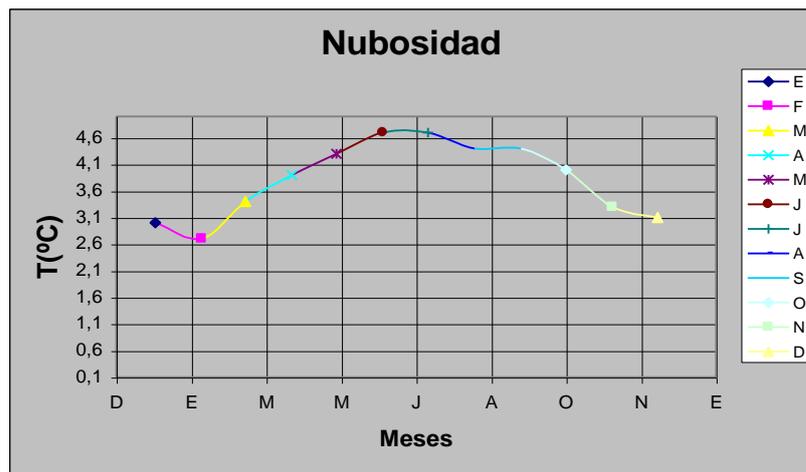


Figura N° 4. Variación de la Nubosidad mensual. Nqn. Aero

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos Tabla N° 5.

En cuanto a la incidencia solar, está regida por: 1° el movimiento de la tierra alrededor del sol (una vuelta cada aprox. 365 días + 6 hs.) y 2° el movimiento de la tierra sobre su eje, (una vuelta por día).

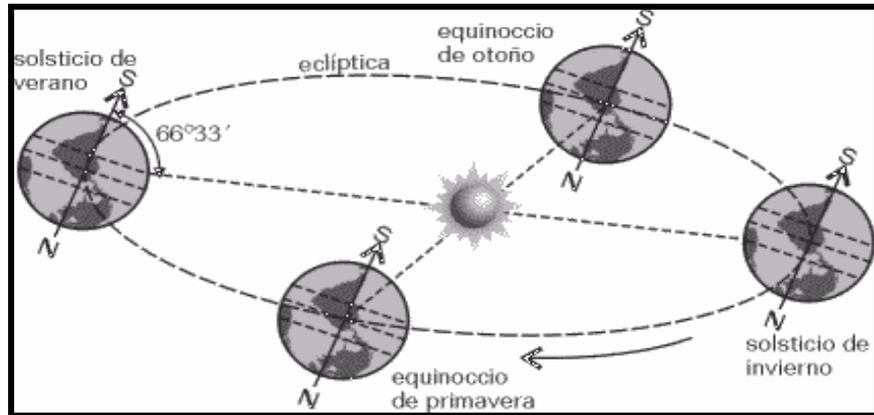


Figura N° 5. Traslación de la Tierra alrededor del sol y Estaciones del año

Fuente: GONZALO G., 1998

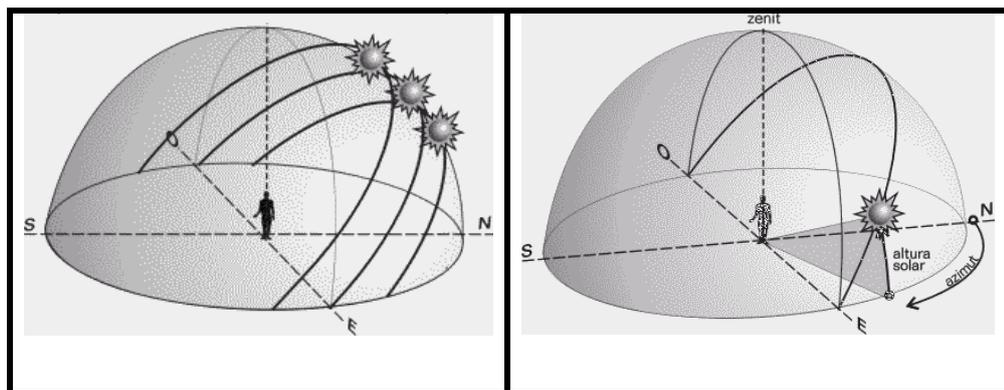


Figura N° 6. Movimiento aparente del sol desde la superficie terrestre.

Fuente: GONZALO G., 1998

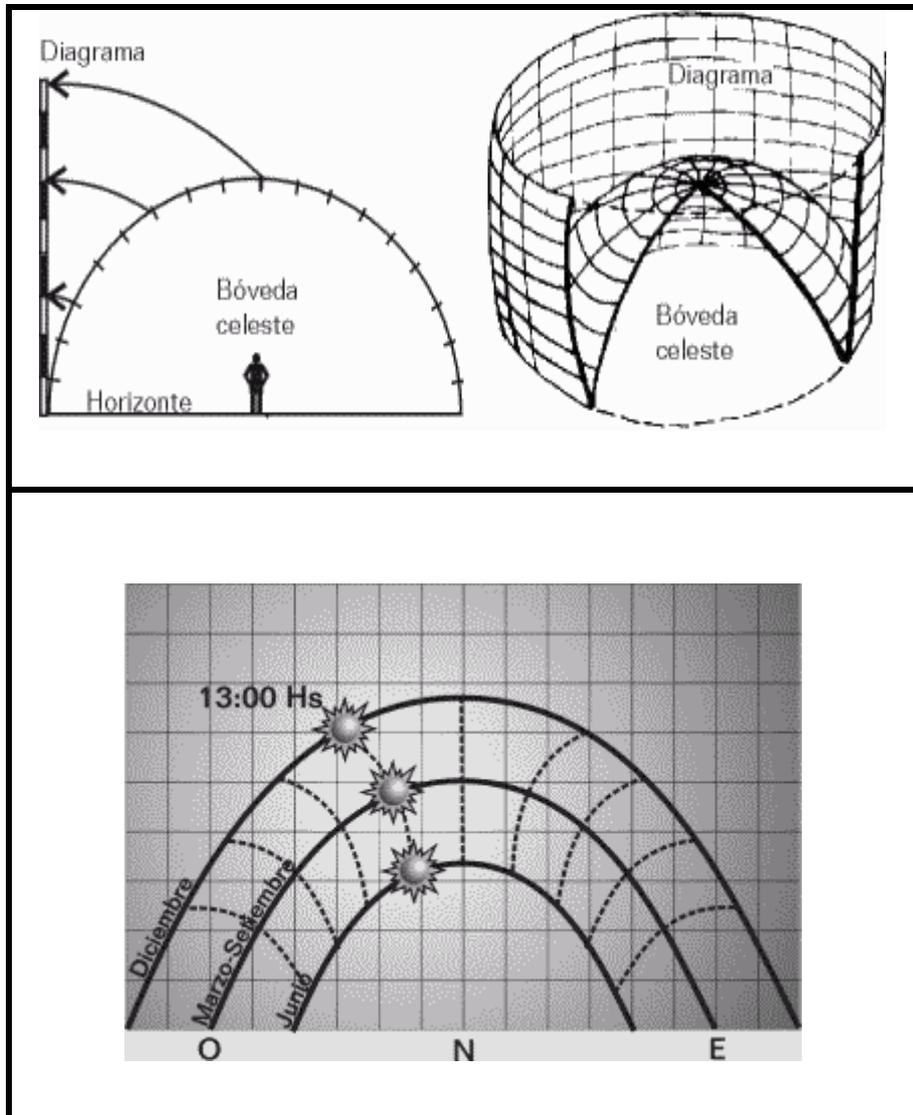


Figura N° 7. Representación gráfica del movimiento solar horario, en distintas épocas del año: Solsticios de verano e invierno, y equinoccios. Fuente: GONZALO G., 1998

En cada latitud el sol tiene una incidencia característica, dependiendo de la estación del año. Las latitudes de la región de interés, oscilan aproximadamente los 36° y 40° Sur. Durante el solsticio de invierno presenciamos el movimiento solar recostado hacia el **Norte**, formando ángulo máximo de incidencia solar con la horizontal aproximadamente de 27°. Este

valor determina que un elemento vertical orientado en posición este-oeste obtendrá mayor radiación que uno horizontal de igual superficie.

Se habrá de aumentar este ángulo para lograr mejorar la captación en los meses cercanos al solsticio de invierno por donde el sol pasa dos veces, tanto acercándose como alejándose del solsticio.

En los equinoccios de primavera y otoño el ángulo máximo del sol hacia el norte, con la horizontal es  $90^\circ - 38^\circ = 52^\circ$ .

En el solsticio de verano, se observa salir el sol en el Sureste y ponerse hacia el Suroeste. Durante el mediodía el sol se sitúa en  $(90^\circ - 38^\circ + 24^\circ =) 76^\circ$

**ANEXO II:** Norma IRAM 11.603. Síntesis de orientaciones favorables según zona bioclimática.

Zona I	Para toda esta zona, las orientaciones óptimas abarcan los sectores NO – N. E y SO – S – SE.
Zona II	Son favorables las orientaciones N y S por su bajo asoleamiento.
Zona III	La orientación óptima barre el sector NO – N – NE – E.
Zona IV	Para latitudes superiores a los 30° la orientación favorable corresponde al sector NO – N – NE – E. Para latitudes inferiores a 30°, la orientación favorable es la del sector NO – N – NE – E – SE.
Zona V y VI	Sus características determinan que el asoleamiento sea deseable en todas las épocas del año. Las orientaciones de máxima ganancia de calor radiante corresponden al sector NE – N – NO.

Figura N° 8. Síntesis de orientaciones favorables según zona bioclimática

#### d. Vientos

La región norpatagónica esta sometida a la acción permanente del anticiclón del Pacífico Sur. Es predominante el viento que proviene de los cuadrantes Oeste y Sudoeste. Llega a esta zona como aire seco y fresco. Cuando la velocidad es suficiente se transforma en un agente de transporte de partículas de polvo muy fino que levanta de la meseta árida occidental, influyendo en los aspectos geomorfológicos, biogeográficos y en la calidad de vida.

La velocidad media mensual y anual del viento (km/h) se incluyen en la siguiente Tabla:

MES	Velocidad del viento (Km/h)	MES	Velocidad del viento (Km/h)
ENE	15.2	JUL	7.9
FEB	12.5	AGO	10.3
MAR	10.9	SEP	11.7
ABR	9.3	OCT	14.2
MAY	9.9	NOV	15.9
JUN	9.2	DIC	16.3
<b>ANUAL: 11.9 Km/h</b>			

Tabla N° 6. Velocidad del viento media mensual (km/h) Nqn. Aero.

La mayor velocidad media mensual (16.3 km/h) se verifica en el mes de diciembre y la menor (7.9 Km/h) en el mes de Julio. La velocidad del viento media anual es de 11.9 km/h.

En la siguiente tabla se presentan las frecuencias (n) mensual y anual de ocurrencia (en escala de 1000) de cada dirección del viento, con la velocidad media (Vn) en (km/h) en cada dirección. La segunda columna indica la frecuencia de calmas.

DIRECCIONES																									
MES	N			NE			E			SE			S			SW			W			NW			
	N	Vn	n	N	Vn	n	N	Vn	n	N	Vn	n	N	Vn	n	N	Vn	n	N	Vn	n	N	Vn	n	
ENE	45	15	49	16	94	12	60	16	31	12	217	22	348	18	29	11	127								
FEB	34	14	58	15	122	11	92	11	34	16	155	22	257	16	39	15	209								
MAR	33	12	51	13	140	12	96	12	24	12	116	21	254	14	42	10	244								
ABR	28	9	27	10	87	11	84	13	25	10	92	18	295	14	97	10	305								
MAY	37	9	15	11	99	10	55	9	15	10	66	17	350	15	83	9	280								
JUN	38	10	26	9	108	11	66	10	24	8	53	15	270	14	68	10	347								
JUL	37	10	35	13	144	11	65	10	23	8	92	19	285	15	62	13	257								
AGO	30	12	54	16	159	12	91	12	31	11	90	20	271	17	55	12	219								
SEP	48	14	35	14	105	12	55	12	35	13	150	22	355	19	42	14	173								
OCT	45	14	40	16	81	13	45	14	36	12	234	22	359	18	35	15	125								
NOV	58	16	43	15	99	13	53	13	42	12	243	22	342	19	28	11	89								
DIC																									

Tabla N° 7. Direcciones del viento, frecuencias y velocidad media por mes. N.A.

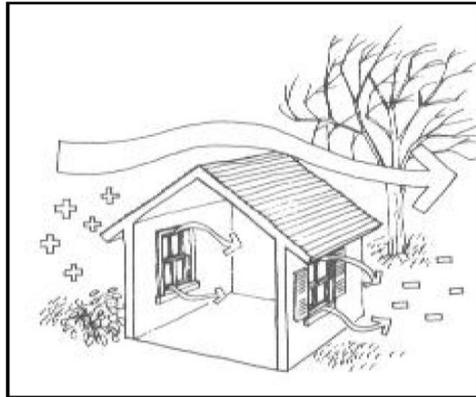


Figura N° 9. Esquema de incidencia y presión de viento positiva y negativa.

Durante el mes de Enero (y también en Febrero, Marzo, Octubre, Noviembre y Diciembre) prevalecen los vientos de las direcciones Oeste, Sudoeste y Este. Entre Abril y Septiembre disminuye la frecuencia de vientos procedentes del Sur y aumenta la frecuencia de ocurrencia de vientos provenientes del Noreste y Noroeste, y continúa la alta frecuencia desde el Oeste y Sudoeste. Las menores frecuencias se presentan en las direcciones Sureste y Norte.

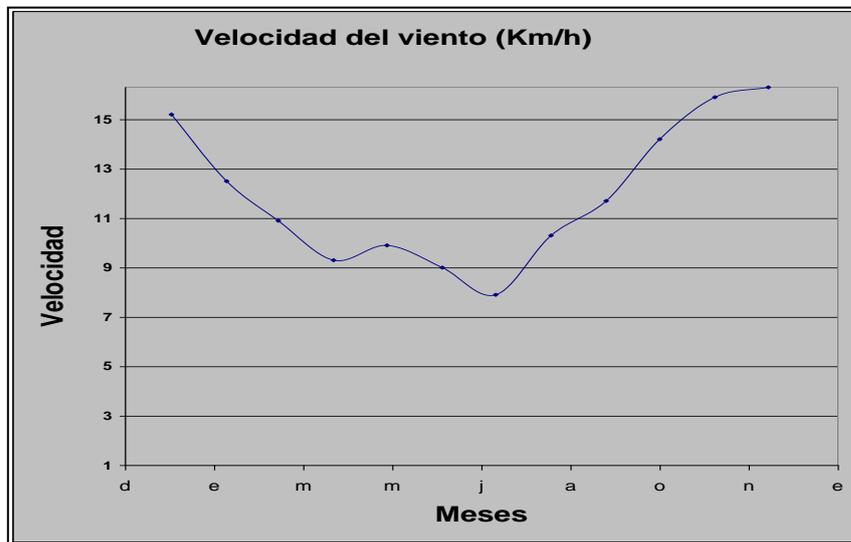


Figura N° 10. Variación mensual de la Velocidad media del viento.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos Tabla N° 7.

Entre Septiembre y Febrero se registran un número medio de 12 días mensuales con vientos, cuyas velocidades superan los 12 m/s.

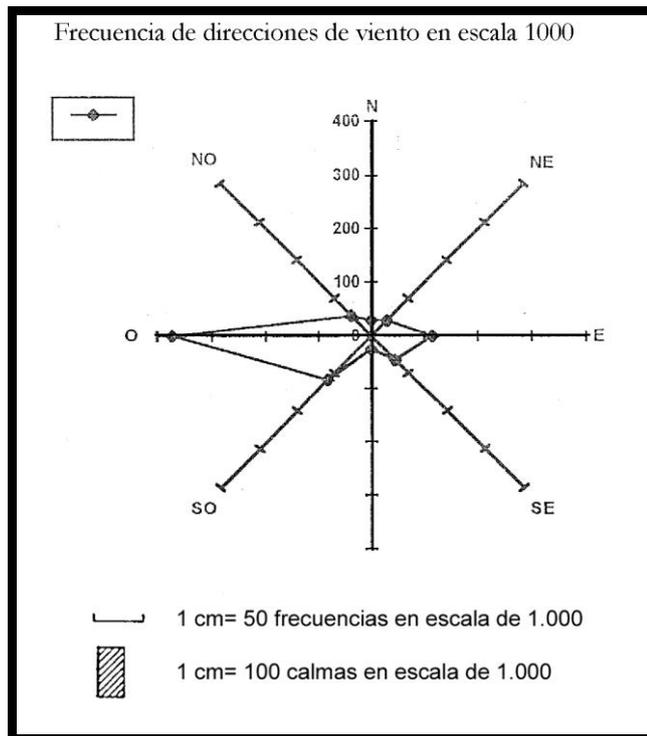


Figura N° 11. Rosa de Vientos de Neuquén. Fuente: ARROYO J., 1980

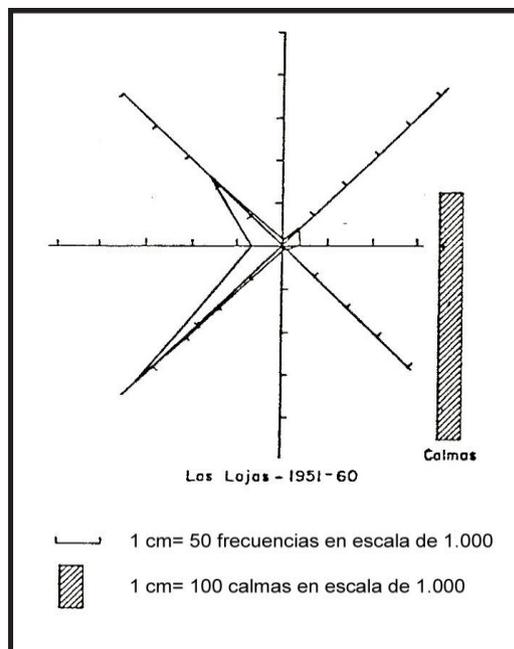


Figura N° 12. Rosa de Vientos de Las Lajas. Fuente: ARROYO J., 1980

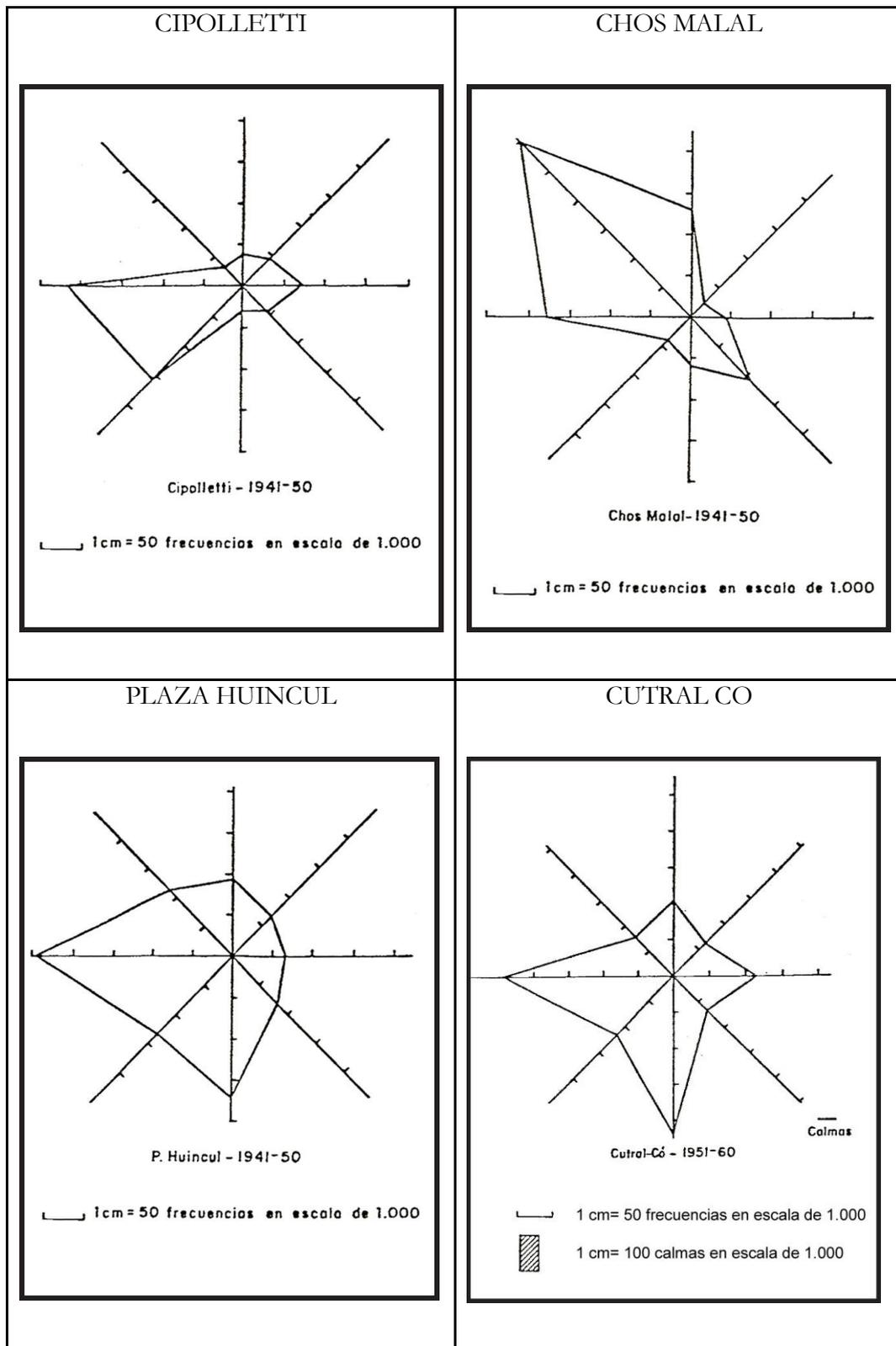


Figura N° 13. Rosa de Vientos de localidades cercanas a Neuquén.

Fuente: ARROYO J., 1980

### e. Precipitación

Del análisis de los fenómenos atmosféricos que definen los estados del tiempo característicos para la región, se desprende que lo más significativo de este clima es su marcada aridez. Las reducidas precipitaciones marcan un amplio periodo seco estival, lo que juntamente con la escasa humedad atmosférica, contribuye a que el régimen térmico presente una fuerte oscilación.

El régimen pluviométrico presenta lluvias escasas. La precipitación media anual es de 182,6mm, distribuidas uniformemente a lo largo de todo el año, con máximos estacionales en otoño 54,9mm.

En los últimos 20 años se registra un notable aumento de las precipitaciones en marzo 33,2mm. Es de resaltar la fuerte irregularidad interanual de las precipitaciones. El mes menos lluvioso es Noviembre (7.9mm).

Los valores medios mensuales y el total anual de la precipitación pluvial (mm) registrada en la Estación Meteorológica Neuquén Aero (Período 1981/1990), se presentan a continuación:

MES	Precipitación (mm)	MES	Precipitación (mm)
ENE	12.7	JUL	17.8
FEB	10.0	AGO	11.2
MAR	33.2	SEP	23.8
ABR	11.3	OCT	10.7
MAY	10.1	NOV	7.9
JUN	25.1	DIC	8.9
<b>ANUAL: 182.6 mm</b>			

Tabla N° 8. Precipitación mensual y acumulada anual (en mm.) Nqn. Aero.

El número medio mensual de días con precipitación mayor o igual que 0.1 mm, presenta una variación anual y sus valores, junto con el total anual, se incluyen a continuación:

MES	Días con Precipitación	MES	Días con Precipitación
ENE	3	JUL	6
FEB	2	AGO	5
MAR	4	SEP	5
ABR	5	OCT	5
MAY	5	NOV	3
JUN	7	DIC	4
<b>ANUAL: 54</b>			

Tabla N° 9. Numero de días mensuales con precipitación. Nqn. Aero.

En el período (1981-1990) la precipitación máxima mensual y anual fue la siguiente:

MES	Precipitación Máxima (mm)	MES	Precipitación Máxima (mm)
ENE	48.8	JUL	61.8
FEB	53.8	AGO	31.3
MAR	125.6	SEP	75.7
ABR	31.3	OCT	37.1
MAY	26.5	NOV	34.6
JUN	50.7	DIC	27.4
<b>ANUAL: 358.5 mm</b>			

Tabla N° 10. Precipitación máxima mensual y anual en período 1981 - 1990 Nqn. Aero.

Mientras que la mínima mensual y anual se incluyen a continuación:

MES	Precipitación Mínima (mm)	MES	Precipitación Mínima (mm)
ENE	0.6	JUL	0.2
FEB	S/P	AGO	S/P
MAR	0.0	SEP	0.0
ABR	0.3	OCT	0.5
MAY	0.6	NOV	S/P
JUN	1.0	DIC	S/P
<b>ANUAL: 65.5 mm</b>			

Tabla N° 11. Precipitación mínima mensual y anual en período 1981 - 1990 Nqn. Aero.

En adelante se presentan dos climogramas regionales, donde queda plasmada la marcha anual de los registros térmicos principales y de las precipitaciones mensuales.

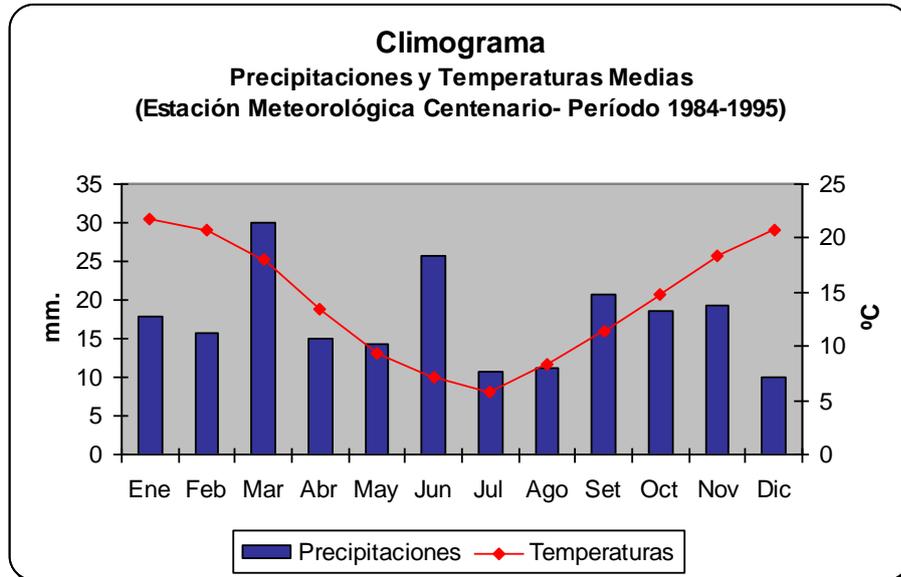


Figura N° 14. Climograma: Precipitaciones y Temperaturas medias. Fuente: Centenario, período 1984 – 1995.

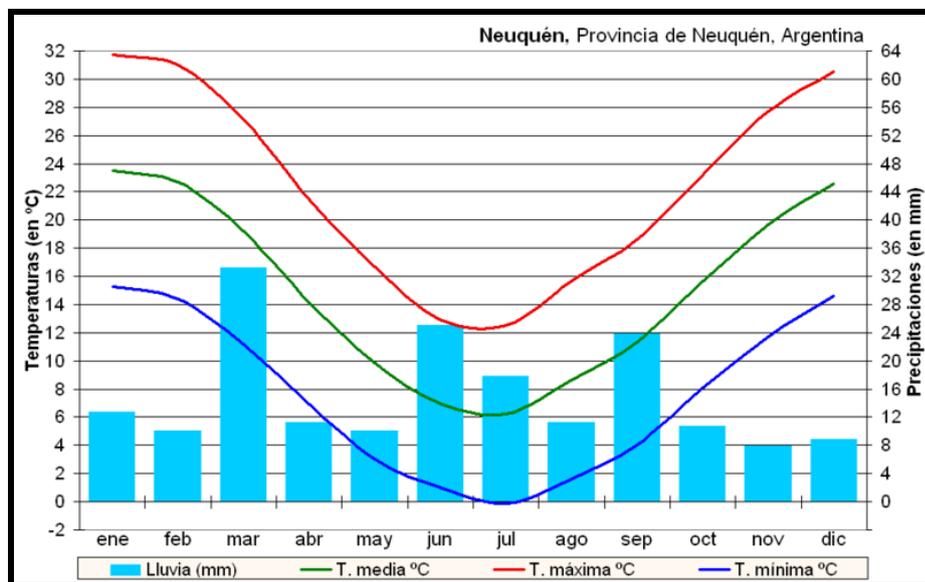


Figura N° 15. Climograma: Precipitaciones y Temperaturas máx., mín. y medias. Fuente: Neuquén Aero.

## **2.- SUBSISTEMA HUMANO**

### **a. Fisiología humana y salud**

En su devenir histórico el hombre habitó casi todas las regiones de la biósfera. En cada una, desarrolló construcciones que podrían llamarse regionales, donde las viviendas respondieron a sus necesidades culturales y sociales, siendo conformadas con materiales fácilmente disponibles y con diseños muy influenciados por el entorno climático-ambiental. Las formas edilicias erigidas fueron originando condiciones favorables para el propio desarrollo de las capacidades humanas, en un proceso de evolución conjunto, cumpliendo diversas funciones esenciales: biológicas (reposo, sueño, alimentación, reproducción), psicológicas y sociales (protección, privacidad, comunicación afectiva, información, reflexión, disfrute estético, educación y desarrollo de la vida en el marco personal y/o familiar).

Según los “Principios de Higiene de la vivienda”, la vivienda está íntimamente relacionada con la salud. Su estructura y ubicación, sus servicios, entorno y usos tienen enormes repercusiones sobre el bienestar físico, mental y social. Las viviendas deficientes y mal utilizadas no brindan defensa adecuada contra la muerte, las enfermedades y los accidentes e incluso aumentan la vulnerabilidad ante ellos. En cambio, las buenas condiciones de alojamiento no sólo protegen contra los riesgos sanitarios, sino que promueven la salud física, la productividad económica, el bienestar psíquico y la energía social. (...) En el ambiente de la vivienda un hombre tipo se sumerge al menos el 50% de su tiempo, cuando dedica un 33% del mismo a la función laboral y un 17% a otros ámbitos. (OMS, 1990)

El común de las viviendas se encuentra permanentemente habitada, ya que en los ciclos de actividad diaria sus habitantes salen y entran en varias ocasiones de acuerdo al caso. Es decir, las condiciones térmicas en éstas deben ser aptas

durante toda la jornada del día, al menos para no salir de un régimen térmico al cual tardarían en volver.

Por ello, el hombre construye viviendas buscando condiciones satisfactorias para un mejor desempeño en su vida diaria. Las condiciones de bienestar que disfruta este ser, responden a distintos parámetros ambientales, por ejemplo: la temperatura, la humedad, los ruidos, la iluminación natural, la radiación electromagnética, la comodidad espacial y funcional, tecnología, seguridad, vegetación, paisaje, estabilidad y accesibilidad, etc. Estos atributos deberían mantenerse dentro de rangos satisfactorios para el común de la población.

### **b. Condiciones de Confort**

Dentro de este abanico de funciones que cumple una vivienda, nos interesa definir los parámetros que definen el confort de los habitantes en relación con las variables higro-térmicas. Éstas son las que definen la condición térmica del lado interno del muro, al menos, en un rango más acotado que las variaciones exteriores.

El ser humano encuentra confort térmico en un ambiente, cuando éste se encuentra en un rango de temperatura y humedad adecuada. La Figura N° 16 muestra un diagrama psico-métrico que representa la zona óptima de confort térmico, relacionando la Temperatura y la Humedad del local. El gráfico fue realizado en base a una muestra estadística de personas, sometidas a diversas condiciones de humedad y temperatura, conformándose la “Zona de Confort”. La sensación de confort no es igual para todas las personas, ya que depende de las edades, actividades, estado de salud, metabolismo, sin embargo la zona delimitada del gráfico intenta ser representativa del común de la población.

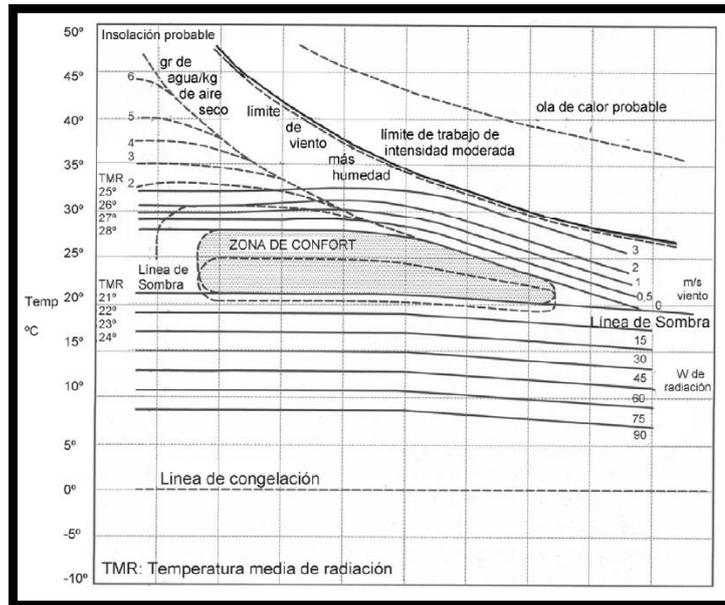


Figura N° 16. Carta bioclimática de Olgay. Fuente: OLGAY V., 1998

El cuerpo humano es un generador constante de calor. Solo para mantener su organismo vivo (metabolismo basal) genera entre 65 y 80 vatios de calor, mientras que una bombilla eléctrica de 60 W emite, aproximadamente, 55 W de calor. La temperatura interna considerada normal oscila alrededor de 37,6°C, dentro de un intervalo de 36 a 38 °C. (UPC, 1999)

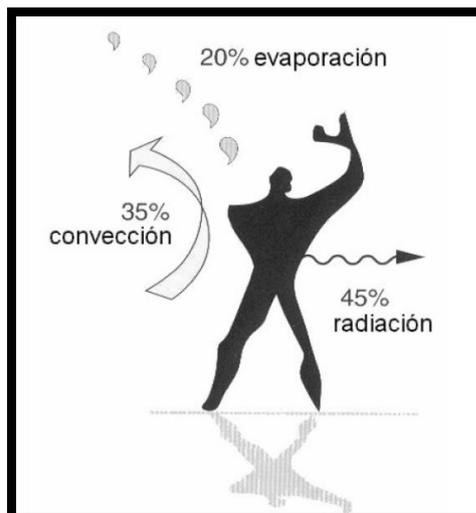


Figura N° 17. Balance térmico del cuerpo humano. Fuente: BAKER N. & STEEMERS L., 2000

Los habitantes de una residencia, perciben las condiciones del ambiente interior de maneras personales distintas, que dependen principalmente de los llamados factores personales, entre estos se distinguen: el metabolismo, la ropa, el estado de salud, edad, sexo, peso y aclimatación. Además de éstas, están las formas generales en que son percibidas las condiciones higro-térmicas, que son:

- temperatura del aire
- humedad del aire
- velocidad del aire
- temperatura radiante
- incidencia de radiación solar

Todas estas variables juegan roles importantes en la definición del confort térmico, y a cada una puede asignársele valores estandarizados, aunque este nivel de detalle no es necesario para el presente trabajo.

En condiciones de confort, el sujeto se encuentra satisfecho y su organismo mantiene el equilibrio térmico, es decir: su temperatura interna se mantiene dentro de los límites fisiológicos normales, sin tener que efectuar para ello ajustes de adaptación al medio. Condiciones levemente adversas obligan a la persona a efectuar determinados ajustes fisiológicos (según la sobrecarga térmica existente, la ropa, la actividad y sus características individuales) que lo defenderán de la tensión ambiental.

**Confort térmico:** estado de satisfacción del individuo con las características térmicas del ambiente, cuya condición básica es que exista el equilibrio térmico sin necesidad de ajuste fisiológico.

En los países cuya latitud genera estaciones marcadas, es muy importante indicar dos intervalos de temperaturas de confort, uno para el invierno y otro para el verano. En este sentido existen dos propuestas que marcan intervalos

levemente distintos y hasta complementarios para actividades sedentarias como las desarrolladas en viviendas.

Estación	Temperatura mínima	Temperatura máxima
Invierno	19 °C	20 °C
Verano	21 °C	26 °C

Tabla N° 12. Intervalo óptimo de temperaturas en actividades sedentarias.

Fuente: Eastman Kodak Company (UPC, 1999)

Estación	Temp. Mín.	Temp. Max.	Humedad R.	Veloc. Aire
Invierno	20 °C	21 °C	> 30%	< 0,2 m/s
Verano	20 °C	24 °C	40–60 %	0,2 m/s

Tabla N° 13. Intervalo óptimo de temperaturas en actividades sedentarias

Fuente: Grandjean. (UPC, 1999)

Se puede afirmar que la temperatura y la humedad están intrínsecamente relacionadas, a tal punto que al variar una de ellas simultáneamente varía la otra. La llamada “zona de confort” que se remarca en la Figura N° 16, corresponde a las condiciones de confort fijadas para el común de la población, similar a los valores que exponen las tablas anteriores. En esta zona se diferencian condiciones óptimas interiores tanto para el verano como para el invierno. Se puede apreciar que la variación de temperatura en invierno debe ser menor y en verano permite una variación mayor, en torno a 1 y 5° C respectivamente.

Los valores higro-térmicos considerados como óptimos para el invierno, tienen un pequeño rango de variación, del orden de 1 °C, que es una condición difícil de cumplir en las construcciones de interés social. En este punto, debemos definir con precisión las magnitudes tanto del aislamiento

como de la inercia térmica del conjunto. Solo la correcta combinación de estos dos parámetros de diseño desembocará en condiciones de confort favorables para los moradores.

En el segmento correspondiente al clima, se expresan los elementos climáticos preponderantes a los que está expuesta la vivienda. Los mismos influyen en la condición interna a través de la envolvente, analizándose en este caso la función que cumplen los muros o cerramientos verticales opacos.

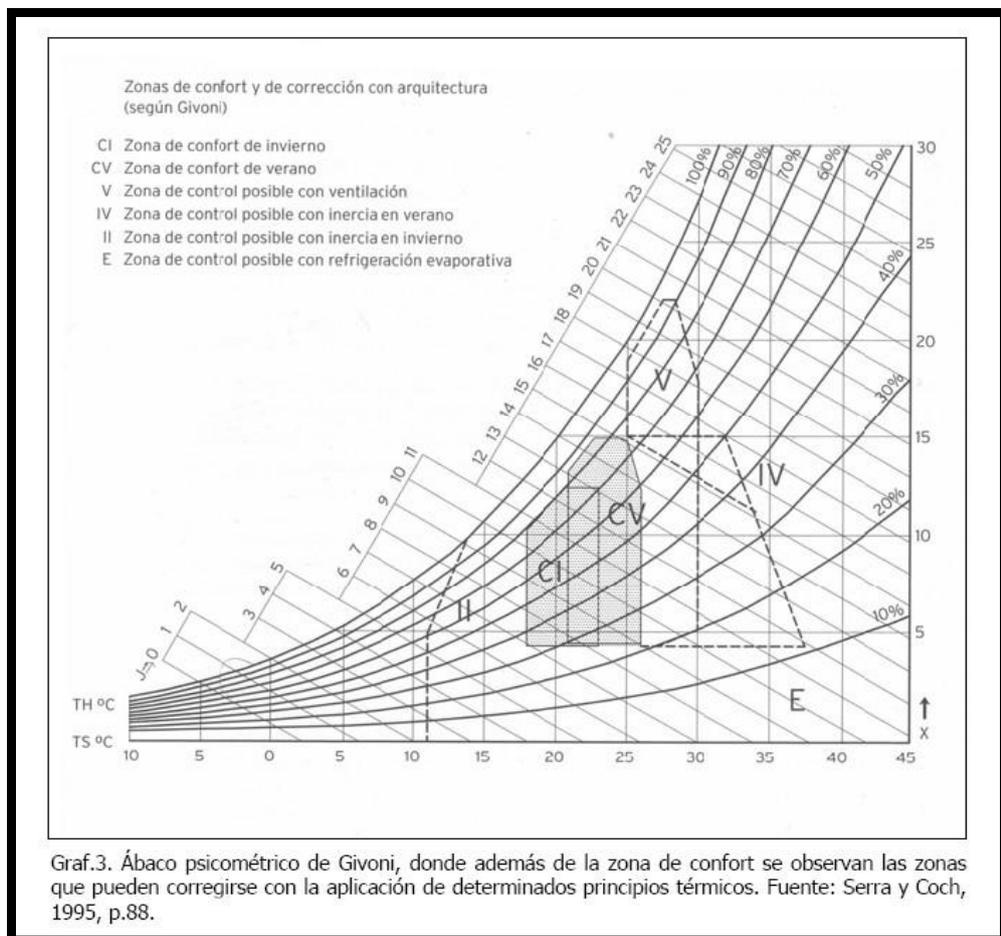


Figura N° 18. Ábaco psicométrico de Givoni, donde además de las zonas de confort en verano e invierno, se observan las zonas que pueden corregirse con la aplicación de determinados principios térmicos. Fuente: Serra y Coch, 1995. (ESCALONA V., 2007)

### **3.- SUBSISTEMA VIVIENDA**

#### **a. Comportamiento térmico de la vivienda en la región**

Para analizar el funcionamiento térmico de un cerramiento vertical opaco, además de explicar los principios físicos que regulan el pasaje del calor a través del muro, se debe analizar el entorno inmediato que forma parte del mismo sistema. El muro estudiado, hacia el interior, permanentemente intercambia calor con sus habitantes y con los elementos constitutivos de la vivienda y hacia el exterior con el clima y sus oscilaciones circadianas y estacionales.

Así como existe esta oscilación del clima, ocurre algo similar en el funcionamiento fisiológico de las personas. La temperatura corporal, la presión sanguínea, el nivel de glucosa en sangre, el metabolismo, entre otros parámetros, presentan ciclos circadianos como los que se dan en la naturaleza. Por ejemplo, en la noche cuando la temperatura ambiente disminuye, así también lo hace el metabolismo humano y por lo tanto su temperatura corporal. Teniendo en cuenta la dinámica de los subsistemas se puede lograr mejores condiciones de habitabilidad.

El subsistema vivienda tiene un comportamiento térmico regulado principalmente por su envolvente y es determinado por las condiciones climáticas imperantes. La piel del edificio, su estructura y todos sus elementos constitutivos inciden en el pasaje del calor y también en la acumulación del mismo.

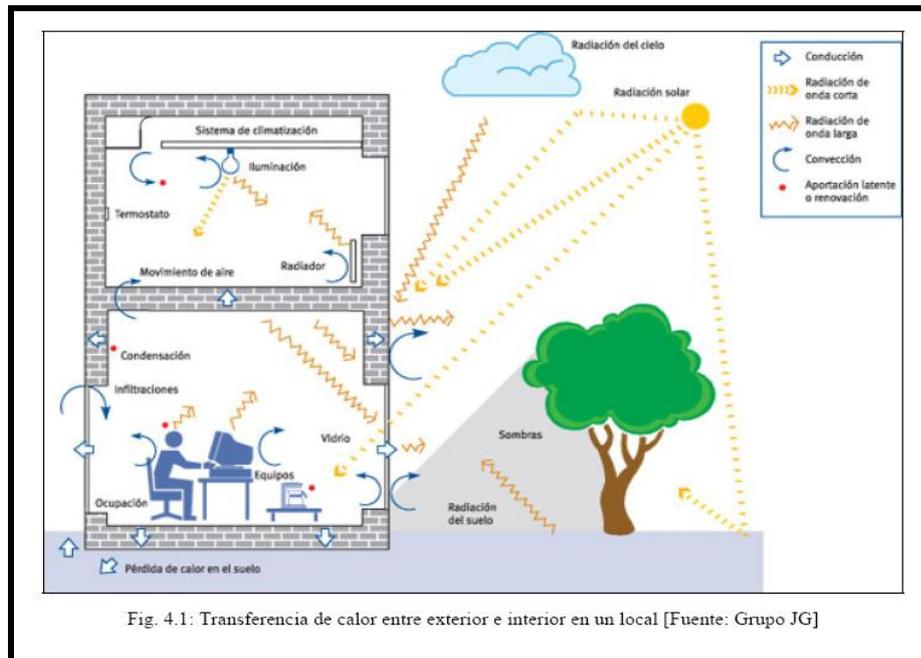


Figura N° 19. Transferencias del calor entre los Subsistemas, humano, edificio y entorno. Fuente: ESCALONA V., 2007

De las condiciones climáticas antes descritas, es necesario resaltar la importancia de la variación diaria de la temperatura, conocida como “Amplitud térmica media diaria”, que en parte es el producto entre una alta radiación solar con cielos despejados (tanto diurnos como nocturnos), bajas precipitaciones y un ubicación continental con grandes distancias a los cuerpos de agua que actúan de reguladores de la temperatura: los mares y océanos.

Los aspectos antes nombrados del clima, han sido reflejados en numerosas bibliografías y normativas destinadas a la construcción de edificaciones para cada zona bioambiental de la Argentina. Para climas como el nuestro, se coincide en los beneficios que aportan los elementos constructivos pesados o masivos, ya que los mismos tienen la virtud de amortiguar los desfases térmicos diarios por su capacidad de acumulación e inercia térmica.

Asimismo, la “compacidad” o relación entre la superficie y el volumen habitable de una vivienda nos brinda información general sobre la exposición de la unidad al intercambio térmico interior-exterior, siendo preferibles en esta región los modelos compactos, con disposición longitudinal Este-Oeste. (ROSENFELD E. & CZAJKOWSKI J. D., 1992)

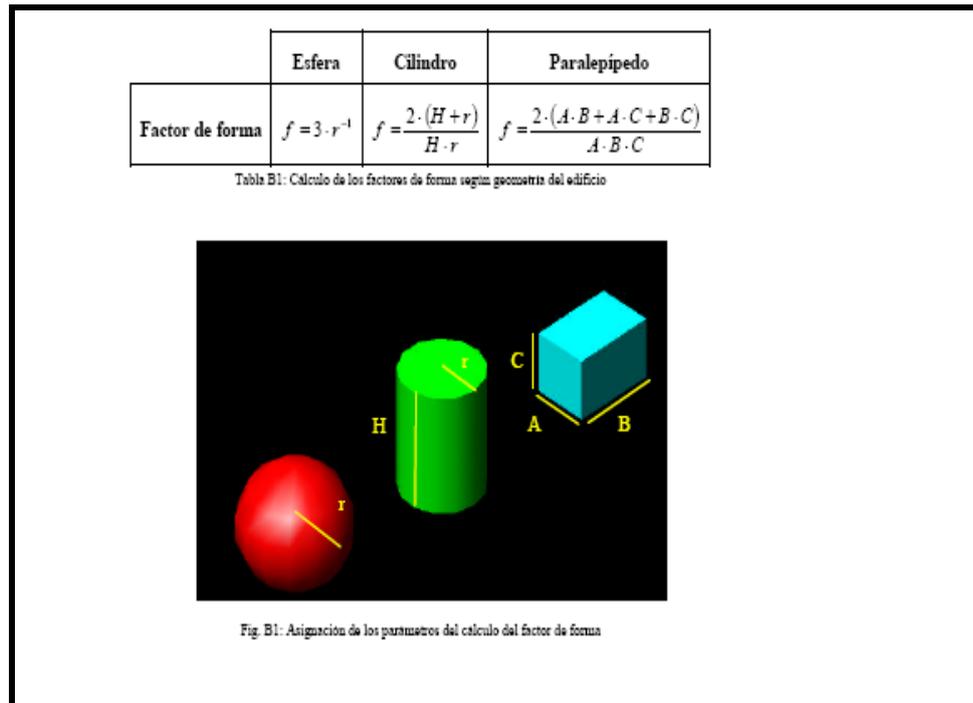


Figura N° 20. Factor de forma y compacidad en la envolvente edilicia.

Si se relacionan los aspectos edilicios con las condiciones del entorno, encontramos que la zona bioclimática IV B se caracteriza por un importante déficit hídrico que establece un ecosistema mayormente árido. En la estación cálida, la humedad ambiental escasea, siendo necesaria su incorporación a los efectos de equilibrar su valor en relación a condiciones de confort interno deseables.

La humedad ambiental interior varía acorde a la interacción de las fuentes emisoras con los elementos porosos, viajando a través del movimiento del aire. Mientras mas poroso e hidrofílico sea el material y su superficie, tendrá

mayor capacidad de equilibrar un tenor de humedad parejo hacia el interior de la vivienda.

Los habitantes con sus pautas de comportamiento como la realización de actividad física intensa; la cocción de alimentos; el tendido de ropa húmeda; la existencia de reservorios de agua al descubierto y la vegetación en el interior de la vivienda son fuentes emisoras de humedad que pueden equilibrar la aridez exterior dominante y hasta generar condiciones desfavorables.

Excesiva humedad interior provoca discomfort, genera riesgos de condensación superficial e intersticial y una mayor necesidad de calor o ventilación para su corrección.

Por otra parte, entre los muros masivos hay algunos de ellos que tienen propiedades reguladoras de la humedad interior, equilibrando también las variaciones de humedad en los ambientes. En general, los materiales constructivos que mejores propiedades higroscópicas presentan, en relación al confort higro-térmico interno, son aquellos constituidos por adobes, bloques de tierra comprimidos (BTC), quincha, cob, tierra y paja encofrada, entre otros. Ver Glosario.

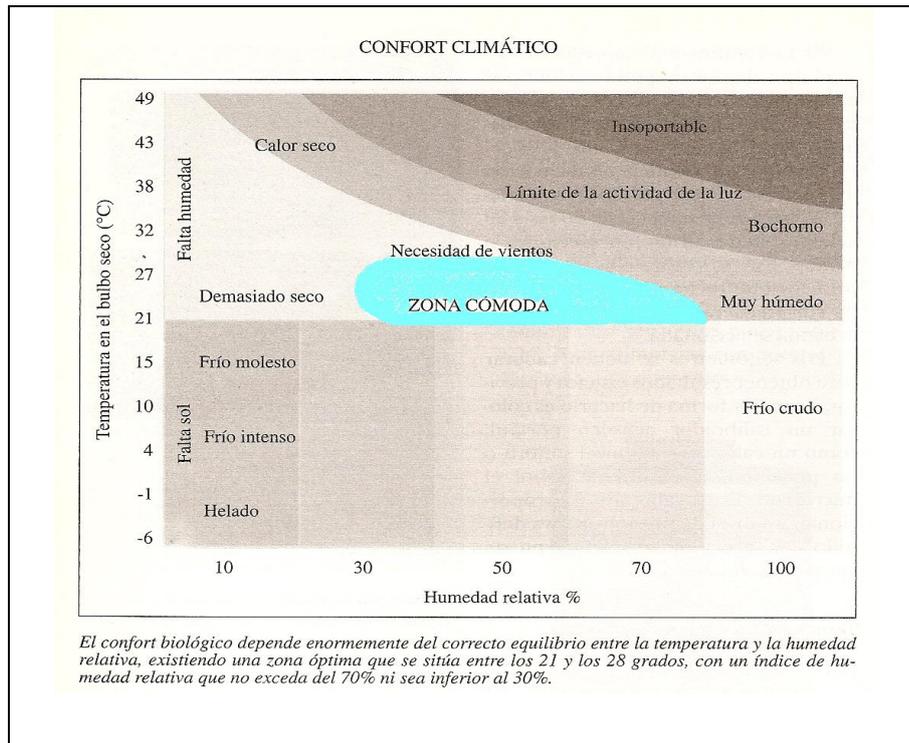


Figura N° 21. Confort climático: Estándares térmicos y de humedad que definen la “Zona Cómoda”. Fuente: PEARSON D., 1991

### b. Respuestas térmicas dinámicas de viviendas

En este segmento se expresan los conocimientos más acabados respecto a la respuesta térmica de viviendas sometidas a climas áridos. La descripción de los flujos energéticos principales, presenta el marco del funcionamiento termodinámico de estos edificios. Asimismo, surgen numerosos factores que intervienen y que hacen más complejas las interrelaciones sistémicas. Existen muchos modelos, algunos matemáticos, otros físicos y estadísticos que brindan información particular de una vivienda sometida a un sinfín de flujos energéticos, pero no son objeto de esta investigación, aunque han sido revisados para lograr un entendimiento mas global del problema.

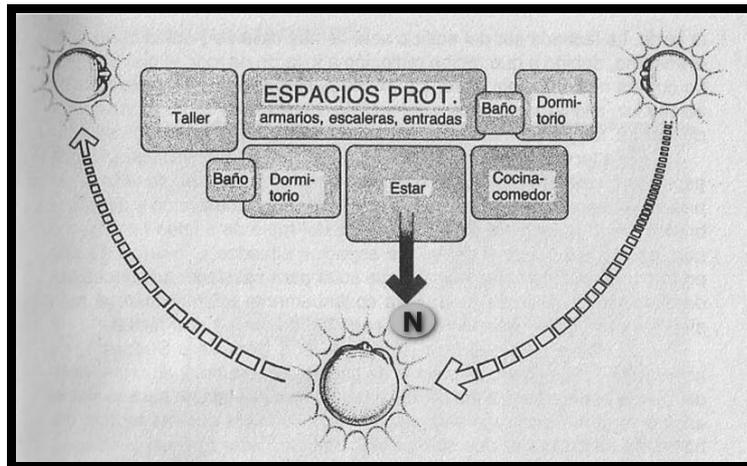


Figura N° 22. Distribución esquemática de locales de vivienda de acuerdo al asoleamiento. Fuente: MAZRIA E., 1979. “El libro de la energía solar pasiva”

Al decir de GUERRERO J. y JURGEIT A., un edificio habitado es semejante a un ser vivo, es decir, en él casi nada está quieto. Allí cotidianamente ocurre una serie de procesos cuya característica física global es la exigencia de intercambios energéticos para que sean posibles. Alegóricamente se podría pensar en una simbiosis entre la casa y el morador en la cual se necesitan mutuamente a nivel energético para ser tales.

### c. Modelización helio-térmica: Condiciones cíclicas estacionarias

Las fluctuaciones diarias de la temperatura producen un ciclo, que se repite cada 24 hs, de aumento y descenso de la temperatura. El IADIZA expone la dinámica de dicha fluctuación: Durante una sucesión de días soleados, se establece en el edificio una condición cíclica estacionaria, en la cual la temperatura diaria interior tiende a algún valor sobre la media diaria exterior y durante el periodo diurno, parte del calor se almacena en el edificio y es luego entregado nuevamente al ambiente durante las horas frías nocturnas.

Por la mañana, cuando la temperatura aumenta, el calor comienza a pasar a través de la superficie de la pared. El material constitutivo absorbe energía por

cada grado que se eleva su temperatura, valores que dependen de la capacidad térmica específica del mismo.

El calor se transmite de una capa superficial a la siguiente solo después de haber aumentado la temperatura de la anterior, produciéndose por lo tanto un **retardo en la onda** de temperatura a medida que se penetra el material.

Como la energía va quedando almacenada, y por la tarde queda menos cantidad disponible, el incremento de temperatura se hace menor, produciéndose una amortiguación de la onda (menor amplitud), además del retardo mencionado.

Por último, una elevada resistencia al flujo de energía calórica entre capa y capa producirá un rápido amortiguamiento de la onda, con valores muy elevados en la superficie. (PAPPARELLI et al, 1984) (Ver Figura N° 23)

Los materiales de construcción macizos, comparados con los materiales livianos, tienen una elevada capacidad térmica y una baja resistencia al paso del calor, por lo tanto, producen menos variaciones de temperaturas interiores. Los edificios con estructura pesada producen una condición térmica interior más estable que los edificios livianos.

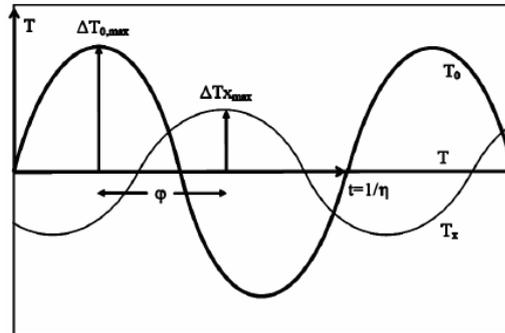


Fig. 5.4: Onda de temperatura sinusoidal de frecuencia  $\eta$  en el exterior e interior de un recinto

Matemáticamente las expresiones de la amortiguación y el desfase de un material pueden calcularse como sigue:

$$\mu = 1 - e^{-\left(\sqrt{\frac{\pi \cdot \rho \cdot C_p \cdot l}{\eta \cdot \lambda}}\right)}$$

$$\varphi = \frac{\eta}{2} \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot C_p}{\pi \cdot \lambda \cdot \eta}} \cdot l \quad , \text{ donde:}$$

$\mu$ : amortiguación de la onda térmica (tanto por uno)

$\varphi$ : desfase de la onda térmica [h]

$\eta$ : duración periódica del fenómenos [h]

$\rho$ : densidad [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$C_p$ : calor específico [ $\text{kcal}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ]

$\lambda$ : conductividad térmica [ $\text{kcal}/\text{h} \cdot \text{m} \cdot ^\circ\text{C}$ ]

$l$ : espesor del muro [m]

Figura N° 23. Onda de calor que atraviesa un muro, desfasaje y amortiguación de la onda térmica. Fuente: PAPPARELLI et al, 1984

## **4.- MUROS Y ABERTURAS**

### **a. Estructura y función**

Los cerramientos verticales de una vivienda se encargan de dividir espacios para poder diferenciar sus funciones. Así, los muros envolventes separan los locales internos del ambiente exterior y entre locales internos los tabiques cumplen tal función. Estos elementos constructivos deben ser resistentes ante varios fenómenos: como cargas verticales y horizontales, viento, impactos, sismo, fuego, humedad, agresiones físicas y químicas, vectores, etc.

Básicamente las estructuras que conforman los muros se diferencian en tres tipos: Paredes portantes, Estructura independiente o Mixtas. Las primeras están constituidas por muros portantes de cargas verticales, generalmente ladrillos macizos, bloques portantes (cerámico ú hormigón), tabiques de hormigón armado, adobe, etc. No requieren de una estructura que los contenga.

Las Estructuras independientes suelen estar formadas por columnas y vigas de hormigón armado, de madera o de hierro. Las estructuras mixtas están formadas por una combinación de las anteriores.

En cuanto a las aberturas, la utilización del vidrio (o plásticos) tiene la ventaja energética de ser transmisor de las longitudes de onda visibles de la radiación solar y es opaco a la radiación infrarroja emitida por los objetos calentados en el interior, haciendo una trampa de calor conocida como efecto invernadero. Es importante comenzar a utilizar estas estrategias de acondicionamiento térmico, que solo requieren la captación solar, una acumulación del calor y posteriormente la difusión del calor cuando el sol ya no está. Finalmente es muy importante considerar las pérdidas que se dan a través de las aberturas, principalmente por conducción, convección e infiltración.

## **b. Propiedades y Comportamiento Térmico**

Además de las propiedades térmicas nombradas en el subsistema vivienda, aquí se suman otras que hacen a la transmisión del calor. Se podrían diferenciar dos tipos de aspectos de gran incidencia en el comportamiento térmico de un muro: un aspecto relacionado con el “caudal de calor” que atraviesa el material, y el otro aspecto relacionado a la capacidad de acumulación (capacidad térmica) del muro durante el intercambio térmico. Como ya se ha descrito, la incidencia de este segundo aspecto es fundamental en climas de importante variación térmica.

La Norma que regula los estándares térmicos que deben cumplir los muros, así lo contempla y, como se desarrolla en el siguiente capítulo, permite una mayor transmisión del calor (menor resistencia térmica) siempre que aumente el peso (y por lo tanto la capacidad térmica del material). Esta norma se expresa en una ecuación matemática en la que,

La Transmitancia térmica del muro debe ser menor a:

$$<0,93 + 4,65.P.$$

Donde P es el peso por unidad de superficie del muro.

$$K \text{ máx. (W/m}^2 \text{ °K)} = 0,93 + 4,65. P$$

Ver Figura N° 28. Gráfica de coordenadas con: Transmitancia térmica y Peso por unidad de superficie

## **c. Flujo térmico**

El flujo de energía en forma de calor se da, de los elementos de mayor hacia los de menor temperatura. Un muro envolvente realiza un intercambio constante de temperaturas entre el interior y el exterior, modificándose el gradiente de temperaturas del muro de acuerdo a la variación de la condición

externa, ya que la interna se mantiene dentro de cierto rango acotado. Por otra parte un muro divisor interno, de acuerdo a su admitancia, al estar en pleno contacto con el aire interior absorbe calor cuando la masa de aire supera su temperatura y por su inercia térmica (en función de su capacidad calorífica y su masa), devuelve el calor almacenado cuando la masa de aire se enfría, por ejemplo, por la noche.

#### **d. Transmisión del calor**

En el balance térmico de muros intervienen las tres formas básicas de transmisión del calor: Conducción, Convección y Radiación. En los cálculos se consideran separadamente en dos grupos. La Convección y Radiación que ocurren de cada lado del muro y la Conducción por dentro del mismo. (RUMOR C. & STROHMENGER G., 1975)

- Convección y Radiación:

El coeficiente de transmisión por radiación “ $\alpha$ ” es el número de calorías que se transmiten desde la superficie S del muro (a temperatura  $\theta$ ), al fluido de temperatura t, en una hora y para la diferencia de temperatura de 1 °C.  
 $Q = \alpha S (t - \theta)$

Los valores de  $\alpha$  dependen principalmente de la velocidad del fluido en contacto con la superficie (desde o hacia donde se transmite el calor). En muros exteriores, para aire en movimiento a velocidad  $v$  (*metros/segundo*),  
 $\alpha = 2 + 10 \sqrt{v}$

- Conducción:

Esta determinada por los siguientes parámetros: “ $\lambda$ ” coeficiente de conductividad interior del cuerpo ( $1/\lambda$  resistencia) “ $\delta$ ” espesor del muro (metro).

### e. Propiedades físicas y térmicas

Propiedades de los materiales constructivos:

- Densidad o Peso Específico: (Unidad: Kg/m<sup>2</sup>)

Se establece con relación al del agua destilada a una temperatura de 4 ° C. Es el peso de un volumen igual a 1 dm<sup>3</sup> del sólido o líquido del cual se trate.

- Capacidad calorífica: Es la cantidad de calor requerido para elevar la temperatura de la unidad de masa de una materia un grado centígrado.
- Inercia térmica: Es el retraso o retardo térmico de una onda de calor. Es el desfase entre los picos de temperatura existente entre aire exterior y el interior.
- Difusividad térmica: La velocidad de avance y la amortiguación de la onda de temperatura en un material homogéneo, puede expresarse en función de la difusividad térmica, que es la relación entre la capacidad del material de transferir el calor, expresada por la conductividad y la capacidad del mismo de acumular calor, expresada por el producto densidad por calor específico.  $D = \text{conductividad} / \delta \times \text{calor específico}$

El método desarrollado sobre la base de los parámetros anteriormente definidos es utilizable para el estudio de edificios acondicionados, donde la temperatura interior se mantiene constante y es necesario conocer los aportes instantáneos de calor para mantener la condición interior fijada.

El uso de la Difusividad térmica para el cálculo del tiempo de retardo y la amortiguación de una onda de temperatura, es válido para muros homogéneos. Lo que sucede en realidad es que los muros tienen varias capas con espesores acotados, siendo su determinación mas complicada y excediendo los objetivos fijados para este trabajo.

### *Capítulo 3*

#### ESTUDIO DE MUROS MASIVOS

*“To find a Method*

*The desirable procedure would be to work with, not against, the forces of nature and to make use of their potentialities to create better living conditions”*

*Victor Olgay. Princeton, 1962 “Design with Climate”.*

*“Encontrar el Método*

*El proceso lógico sería trabajar con las fuerzas de la naturaleza y no en contra de ellas, aprovechando sus potencialidades para crear unas condiciones de vida adecuadas”. Traducción al español del clásico “Design with Climate”, por J. Frontado y L. Clavet. (Arquitectura y Clima, )*

## **1. Presentación del Método de Análisis**

### **1.1. Metodología de Evaluación de Muros Masivos**

La metodología que se ha utilizado responde a la intención de realizar un estudio holístico, propio de la disciplina ambiental, y pretende enlazar campos de conocimientos diversos en un estudio transversal a varias disciplinas. Las condiciones climáticas Norpatagónicas (meteorología) son relacionadas con las respuestas térmicas de los edificios (arquitectura) y las propiedades térmicas de los muros (física-termodinámica), brindando resultados que integran estos campos del conocimiento.

Una vez planteados los propósitos de esta investigación se procedió a definir una metodología que pudiera resolver la problemática planteada. También, se procedió a plantear el funcionamiento térmico dinámico de una vivienda, y valorar aquellas variables que jugaran algún rol en el comportamiento térmico de un muro sometido al clima Norpatagónico.

Teniendo en cuenta la naturaleza del flujo calórico a través de un material se identificó como imprescindible establecer las cargas térmicas a uno y otro lado del muro. Del lado exterior las cargas térmicas son fruto de complejas interacciones entre elementos meteorológicos y del lado interior los estándares fijados en la “Zona de confort higro-térmico”. Ver Figura N° 16

Es por esto que se desarrolla un esquema que representa al sistema complejo general, donde intervienen 3 subsistemas, el humano, la vivienda y el entorno. (Ver Figura N°... Mapa conceptual) En cada uno de estos se explicitan las variables mas representativas que intervienen y se marcan las interrelaciones sistémicas con intercambio calórico.

En definitiva, se establecieron tres sub-sistemas en permanente contacto térmico con los muros, el primer que se definió es el subsistema entorno, conformado por el medio físico-biológico, que contiene los elementos

meteorológicos principales con sus variaciones características para la zona en cuestión desarrollado en el Capítulo 2. El segundo subsistema definido fue el humano, que establece las necesidades higro-térmicas de los moradores de una vivienda y es fruto de numerosos trabajos estadísticos. El Tercer subsistema que se definió fue la vivienda, entendida ésta como el conjunto formado por la envolvente (muros, aberturas, piso, techo) más los elementos constructivos interiores. El sistema humano interactúa con el sistema vivienda modificando su comportamiento.

Este desarrollo brinda una explicación general del conjunto de fuerzas que intervienen en el comportamiento térmico de los muros. Cuestión que indica, que éstos no pueden ser evaluados de forma aislada, sino inmersos en un sistema en constante búsqueda del equilibrio térmico.

Así como pueden establecerse propiedades térmicas asociadas a las tipologías de muros, los valores son válidos fundamentalmente para la situación en que son establecidos: laboratorios cuyas condiciones de experimentación son estáticas, mientras que en la zona Norpatagónica existen grandes contrastes térmicos diarios que hacen delicada la extrapolación de los mismos. En esta investigación se describen las formas en que son determinadas las propiedades térmicas, y esto pone de manifiesto que es necesario la integración entre varias de estas propiedades para poder representar más fielmente el comportamiento térmico de los muros en la zona.

Para evaluar los comportamientos térmicos de muros masivos y lograr efectuar una jerarquización de los mismos en primer lugar se expusieron los aspectos bioambientales de la Zona Norpatagónica, especificados en el Capítulo 2. Asimismo, la Normativa IRAM 11603 (Zonas bio-ambientales Argentinas) establece las características térmicas que deben reunir los elementos constructivos para cumplir con los requisitos de calidad y confort de una vivienda ubicada en la zona Norpatagónica Continental IVb.

Con esta primera aproximación al objeto de estudio se caracterizó el marco situacional donde los muros interactúan con los restantes elementos del sistema. Permitiendo una visión panorámica del equilibrio térmico de los muros y su dinámica temporal en este clima particular donde la aridez es característica.

Además permite establecer una serie de parámetros inherentes a los cerramientos que tienen influencia en el intercambio térmico. Algunos de estos son:

- sus propiedades térmicas (Transmitancia, Inercia y Capacidad Térmica), y su espesor.

- su orientación o disposición respecto a las coordenadas (N, S, E, O, divisor interior), y su ángulo con la horizontal.

- los puentes térmicos, generalmente de la estructura y las carpinerías (vigas, columnas, aberturas, etc.)

- el contenido de humedad del muro

- sus características superficiales: “la piel” (reflexión-absorción de radiación, color, textura, etc.)

- la relación abertura/muro ó transparencia/opacidad. La superficie total expuesta, para iluminación natural y

- las renovaciones sanitarias de aire por rejillas en muros y por infiltraciones en aberturas, etc.

Al identificar todos estos parámetros, surge la necesidad de acotarlos, identificando los considerados más representativos para esta investigación. Se seleccionaron los dos primeros ítems, y se evaluó cómo estas variables seleccionadas representaban el comportamiento de los muros. Para ello, se

escogieron tres variables respectivas a las propiedades térmicas de los muros. Las variables consideradas son: Transmitancia Térmica, Inercia Térmica, Capacidad Térmica.

En este Análisis Cuantitativo se evalúan térmicamente los muros seleccionados teniendo en cuenta estas tres propiedades y considerando los espesores típicos de cada muro. Este estudio representado en una gráfica de correlación de variables, permite estipular cuales serían los muros mas convenientes. Pero su alcance es acotado porque no considera otros aspectos importantes de la edificación, algunos de los cuales son desarrollados en otro capítulo del presente estudio.

Para la evaluación de los muros en relación con el clima Norpatagónico, se efectuaron 3 tipos de abordajes significativamente distintos, desarrollados en adelante.

#### 1º Perspectiva de Sistema Complejo Bioambiental:

En este primer análisis que se desarrolla, se expone una representación del funcionamiento sistémico de la vivienda como intermediario entre el entorno y el humano. Las interrelaciones que se resaltan son las de transferencia térmica, las cuales no tienen una magnitud asignada pero brindan un marco de funcionamiento termodinámico del sistema en conjunto. Contempla las condiciones reinantes en el clima local, y a través de un desarrollo descriptivo de las mismas se interpretan cuales son las condiciones dominantes en cada orientación del muro. Brinda recomendaciones acerca de los muros según su orientación y ubicación particular, complementando estrategias y valores determinados por la normativa nacional. Sus bases se encuentran desarrolladas en el Capítulo 2 y están organizados de forma sistémica, en tres subsistemas que conforman el Sistema Bioambiental de interés.

2° Perspectiva Cualitativa: El segundo análisis, de carácter cualitativo, pretende realizar una comparación ampliada de las propiedades de los muros. En esta comparación se distinguen 4 dimensiones que son: económico, social, ambiental y tecnológico; para cada uno de los cuales se presentan variables de importancia. El objetivo es ampliar el análisis cuantitativo, ya que por la precisión que requiere sería imposible introducir estos otros aspectos. Asimismo, este análisis cualitativo no es exhaustivo y solo propone un mecanismo sencillo de comparación teniendo en cuenta propiedades comunes a los distintos muros; fuera de este contexto no son válidas las conclusiones que de la matriz se formulen. Claro está, que por su carácter cualitativo posee cierta subjetividad, y que es relativo a quien define las variables relevantes y a quien le asigna valoración a los entrecruzamientos. Para su confección se recurrió al instrumento de panel de expertos, con especialistas en auditorías energéticas edilicias. De esta manera se da forma a una matriz que incluye las variables más representativas en cada una de las dimensiones analíticas propuestas.

### 3° Perspectiva Cuantitativa:

En el tercer análisis, se toman las propiedades térmicas anteriormente seleccionadas y se colectan los datos cuantitativos correspondientes a cada tipología de muro. Se configuran tablas que contienen la información general de los muros y las propiedades térmicas específicas de los mismos de acuerdo a sus espesores característicos.

Por otra parte se exponen las normativas fijadas por IRAM y se comparan con los valores correspondientes a las propiedades térmicas de los muros masivos. La exposición de una gráfica (ver página 81 Figura N° 25) que representa la normativa y las propiedades combinadas de los muros (Transmitancia térmica y Peso superficial) permite observar claramente los comportamientos térmicos que caracterizan a cada tecnología de cerramiento. Este eslabón permite una preselección de las tecnologías que cumplen la normativa y sus espesores mínimos correspondientes.

## **1.2. Selección y descripción tecnológica de los muros resultados**

Las tecnologías de envolvente vertical opaca que se evalúan, conforman un grupo de 4 muros masivos sustancialmente distintos, sus unidades de formación son: ladrillos cocidos, madera, adobes, y bloques macizos de hormigón liviano de distinta densidad (A y B). Simultáneamente se incorporan en la evaluación algunos muros livianos de uso frecuente en la construcción regional. Entre estos están: los bloques cerámicos huecos, los bloques de hormigón con huecos (A y B) y los cerámicos huecos.

Los materiales que conforman los cerramientos son evaluados térmicamente como un conjunto constituido por los mampuestos y el mortero de asiento, así como también, en algunos casos se incluye en la evaluación, la existencia de revoque en uno o ambos lados. Esta consideración permite una valoración más fehaciente del cerramiento, aunque no incluyen los “puentes térmicos” originados por los elementos estructurales que generalmente se utilizan.

## **2. DEDUCCIONES PRELIMINARES Y RESULTADOS**

### **2.1. Deduciones preliminares del SISTEMA BIOAMBIENTAL**

A través del Capítulo 2 se desarrollaron las “Bases para el Estudio” de los Muros, en cuanto a cerramientos de vivienda, insertos en un intercambio permanente y dinámico con los elementos internos y externos. Cada subsistema fue descrito en cuanto a su funcionamiento particular, sin embargo, al formar parte de un sistema mayor “el Bioambiental”, requiere analizarse los entrecruzamientos existentes entre los tres subsistemas: Entorno, Humano, Vivienda. De esta forma y de acuerdo a la Teoría General de Sistemas (GARCÍA R., 2006), el aspecto de mayor importancia son las interrelaciones principales entre los Subsistemas.

A partir del Análisis del Sistema complejo anteriormente enunciado, se pueden identificar varios intercambios térmicos de los muros en una vivienda:

#### **1. Debido a la Amplitud Térmica:**

La aridez, producto del régimen de precipitaciones y de la intensa radiación solar, determina variaciones térmicas diarias elevadas. Esta gran amplitud térmica requiere de un aislamiento térmico importante, pero sobre todo, requiere una amortiguación de los extremos térmicos. Los muros masivos porosos cumplen esta doble función.

Los habitantes requieren condiciones higro-térmicas cuya variabilidad debe ser mínima. Se pueden diferenciar condiciones óptimas tanto para el período estival como para el período invernal cuyos márgenes son estrechos, frente a los 18° de variación térmica diaria promedio y los casi 40° C registrados de máxima amplitud térmica en un día. En construcciones livianas la amplitud térmica exterior se manifiesta

prontamente en el interior de la misma, en construcciones pesadas la manifestación se ve “retardada” en el tiempo y a su vez, “amortiguada” en cuanto a su magnitud. En nuestra región esta segunda respuesta ante el clima implica una mejor condición de confort. y una reducción en los costes de climatización.

## **2. Debido a la orientación:**

El movimiento del Sol en las distintas estaciones del año genera cargas térmicas puntuales en los distintos cuadrantes (Ver Figura N° 8: Orientaciones Favorables). Teniendo esto en cuenta y de acuerdo al caso particular, convendrá la aplicación de tipologías de componentes masivos o livianos. Por ejemplo: las paredes ubicadas al Oeste absorberán una carga térmica importante que se trasladará al interior con retardo, deseable en invierno e indeseable en verano.

En general, hacia el Norte los muros masivos y hacia el sur los muros huecos, livianos o más aislantes. El exterior del lado Sur será mas frío en invierno y con mayores tenores de humedad, por causa del posible sombreado que genera la vivienda. El exterior del lado Norte será más soleado en invierno y algo soleado en verano. Es propicio para vegetación caducifolia y un ambiente de transición interior-exterior abierto pero resguardado. En esta orientación es importante un suelo cuya superficie sea reflectiva de la radiación: colores claros, gramilla seca, suelo calcáreo, etc. Asimismo al Norte debe orientarse la mayor superficie vidriada para una captación solar directa y acumulación en masa hacia el interior del ambiente. Al Oeste y Sudoeste evitar sobrecalentamientos y controlar el viento dominante: aberturas menores, muros huecos, aislantes o revestidos al exterior, reparos, aleros, etc. El Este se puede distinguir dos situaciones: hacia el Noreste captar el amanecer invernal y templar la vivienda (muros masivos con “retardo térmico”); hacia el Sureste evitar que el

amanecer estival comience a caldear el ambiente, minimizar o proteger aberturas.

Cuando el cuadrante Sur esta convenientemente resguardado (protección vegetal, sombra, laterales, etc.), se generan condiciones de humedad del suelo que permiten la ventilación del espacio interior con aire mas frío, por refrescamiento evaporativo, durante el día y la noche de verano.

Los vientos provienen principalmente de los cuadrantes Oeste y Sudoeste. En segunda instancia provienen del Este y Sudeste, y por último del Noreste y Sur. La fluidez del movimiento de aire, determina que no necesariamente deban colocarse las aberturas en relación opuesta Este-Oeste, porque puede ser intensa la presión ejercida por el mismo, originando recambios de aire innecesarios producidos por las infiltraciones. En otras orientaciones habrá de ubicarse elementos que encaucen las brisas dominantes para que incidan en las aberturas, como así también “remansos” que permitan la correcta expulsión del aire hacia el exterior. Deben evaluarse las presiones positivas y negativas del viento conjuntamente con la circulación del mismo en el interior de la vivienda, ya que las altas velocidades pueden provocar dis-confort. Una ventilación nocturna de forma controlada permite el enfriamiento de los componentes que dan inercia térmica a la vivienda.

### **3. A través de puertas y ventanas:**

Las puertas y ventanas: deben permitir la máxima iluminación natural; una ventilación cruzada conveniente; evitar excesivas filtraciones de aire, deben evitar los puentes térmicos, deben tener protecciones móviles. Asimismo, deben estar convenientemente orientadas: al Norte máxima superficie expuesta, al Sur mínima superficie y buena protección móvil, al Este y Oeste reducida superficie, con aperturas

regulables para la ventilación estival nocturna y dispositivos de control solar: parasoles, aleros, sombreados, vegetación, etc.

Los muros divisores internos o tabiques, cuando son masivos permiten la acumulación de energía térmica y la ceden cuando disminuye la temperatura del entorno. Si el diseño del conjunto prevé la utilización de la Inercia Térmica, los muros masivos cumplen la función de regular las temperaturas interiores tanto en verano como en invierno. En muros masivos orientados al Este, Oeste o Sur, para optimizar la Inercia de los cerramientos se recomienda aumentar el aislamiento térmico del lado exterior del mismo, dejando la masa del muro en contacto con el interior.

#### **4. Según manejo y operación de la vivienda:**

En general, para un funcionamiento térmico más autónomo, la vivienda requiere del conocimiento y compromiso de los usuarios en el manejo de los sistemas móviles: movimiento de cortinas, persianas, parasoles, ventanas, etc. Sin embargo el correcto dimensionamiento de los sistemas de control fijos, minimiza el manejo de los sistemas móviles, brindando mayor independencia a los usuarios.

Las pautas culturales, los estilos de vida y las formas del habitar, son múltiples y variadas generando condicionantes al diseño de las viviendas. La difícil tipificación de estos aspectos debe ser contrarrestada por la educación para el uso de las instalaciones de una vivienda. Parece importante en la entrega de Planes habitacionales, la inclusión de material para el manejo eficiente de las instalaciones, sobretodo, si posee “diseño solar pasivo” o estrategias afines de acondicionamiento bioclimático. Siempre que sea posible, los destinatarios deberían poder participar en el proceso de diseño, visitar las obras y hasta intercambiar puntos de vista con los constructores.

## 2.2. ANÁLISIS CUALITATIVO

### 2.2.a. Matriz de Comparación cualitativa de muros

Para elegir entre varias tecnologías es propicio establecer parámetros que puedan ser medidos y aplicarlos a cada una de éstas. Si se identifican correctamente éstos y se somete a las tecnologías a una evaluación comparativa, se obtiene información cualitativa valiosa, que puede ser complementada con otros detalles específicos de cada caso.

Las paredes aquí conforman un elemento en estudio y como tales son estructuras materiales que provienen de diversos procesos de producción. Tanto las materias primas como también la energía invertida en su fabricación son de suma importancia. En algunos procesos se emiten grandes cantidades de gases a la atmósfera o se consumen grandes cantidades de agua o de tierra fértil.

En la búsqueda de una jerarquización de muros para esta zona, los muros masivos evidencian supremacía sobre los livianos, permitiendo un acondicionamiento interior más racional. También es de esperar que su buen funcionamiento frente al clima local permita un menor gasto de energía y consecuente reducción de emisiones.

Se puede afirmar que los materiales que posean un mejor comportamiento térmico contribuirán a una menor utilización de energías en el acondicionamiento interior, y por tanto reducirán las emisiones de gases que el uso energético ocasiona (calor disipado, CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, Óxidos de Nitrógeno y de Azufre, etc.). Sin embargo no se debería olvidar que en sus procesos de producción, los materiales constructivos pueden ser perjudiciales al ambiente; o el hecho de que determinan una cierta influencia en el proceso de salud-enfermedad de los habitantes de la vivienda; y por último, que los costos económicos de cada tipología de muro, son sustancialmente distintos.

Todos estos aspectos tienen una influencia importante al momento de decidir una jerarquía de muros.

Para hacer un análisis comparativo de las tecnologías de muros, de forma holística, se pueden definir cuatro planos o dimensiones de interés. Tres dimensiones coinciden con las utilizadas para el análisis de la sustentabilidad que son: **Ambiental o Ecológica, Económica y Social**; a éstas le sumamos la dimensión **Tecnológica**.

El objetivo es realizar una comparación que permita identificar aspectos fundamentales que diferencian a estas tecnologías. De esta manera se asignarán valoraciones cualitativas a cada dimensión y a cada variable, pudiendo ponderarse alguna de las mismas. A cada valoración cualitativa se le asigna una puntuación entre 1 y 5, que luego permitirá realizar una mejor comparación de los resultados.

En la Matriz de la Figura N° 24 están representados los planos de evaluación (Social, Económico, Ambiental y Tecnológico) y a cada uno se le atribuyen las variables consideradas de mayor relevancia. Por la otra parte de la gráfica se incorporan las tecnologías estudiadas y que cumplen con las exigencias de las normas nacionales IRAM. (Ver: Tablas de Muros, de N° 1 a 8)

En definitiva, la comparación se realiza entre todas tecnologías que sí cumplen con la normativa, pero intenta incorporar otros aspectos de suma importancia. Esta matriz resulta útil a quien desee ampliar el espectro de análisis de las tecnologías, teniendo en cuenta tanto lo que sucede al utilizarlo como también lo que genera hacia dentro y fuera de la vivienda, temporal y espacialmente hablando.

### Matriz de comparación entre tecnologías de muros

Las variables y los criterios se estipularon en función de 4 Dimensiones de interés: Tecnológica, Ambiental, Económica y Social.

Dimensión	Variable	Ponderación	Muros Masivos				Muros Huecos													
			Ladrillo Cocido	Adobe	Madera	Bloque Hormigón	Bloque Hormigón	Bloque Cerámico	Cerámico Hueco											
Tecnológica	Propiedades mecánicas	10	5	2	3	5	4	4	3											
	Construcción del muro		4	4	3	4	5	4	5											
Ambiental	Impacto ambiental	10	1	5	2	2	3	4	4											
	Disposición - reciclado		3	5	4	3	3	3	3											
Económica	Costo Económico	10	1	5	3	3	3	2	2											
	Tiempo de vida útil		5	3	3	5	3	4	4											
Social	Aceptabilidad socio-cultural	10	5	1	2	3	3	4	4											
	Impacto sobre la salud		3	5	5	2	2	4	4											
<b>Total</b>		<b>40</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>27</b>	<b>26</b>	<b>29</b>	<b>29</b>											
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Escala Cualitativa</th> <th>Valores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bajo</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Medio Bajo</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Medio Alto</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>		Escala Cualitativa	Valores	Bajo	1	Medio Bajo	2	Medio	3	Medio Alto	4	Alto	5	Matriz Cualitativa de comparación entre tecnologías de Muros masivos y huecos. Elaboración propia.			
Escala Cualitativa	Valores																			
Bajo	1																			
Medio Bajo	2																			
Medio	3																			
Medio Alto	4																			
Alto	5																			

Figura N° 24. Matriz de Análisis cualitativo de muros.

Este análisis está organizado en cuatro secciones correspondientes a cada dimensión de la Matriz: Ambiental, Social, Económica y Tecnológica. En adelante se describen los términos de referencia de las **variables** consideradas en la Matriz y seguido se desarrollan los entrecruzamientos de la misma:

## 2.2. b. Dimensión Ambiental

Durante los procesos de producción de los materiales que luego constituyen los muros, ocurren una serie de impactos que son típicos del producto, aunque dependen de los procesos y su eficiencia. En adelante se describen a grandes rasgos las particularidades de cada tecnología en relación a su impacto ambiental.

Un análisis más detallado de la cuestión ambiental, involucra la utilización de metodologías como el Análisis del Ciclo de Vida: ACV, a través del cual se obtendrían todas las categorías de impactos generados durante el ciclo de vida del producto, cuestión que excede los fines de la presente investigación.

En la producción artesanal de **ladrillos**, se requiere grandes cantidades de combustibles para su cocción, estos pueden ser de biomasa vegetal o fósiles y durante las horneadas se emiten numerosos compuestos contaminantes a la atmósfera, tanto del combustible como también del material que se cocina a altas temperaturas, emitiendo diversos gases. Otro aspecto importante es el consumo de suelo fértil, ya que en muchos casos se extrae la capa superficial del suelo, la cual tiene las mejores propiedades de fertilidad ya que es fruto de un proceso edafogénico de una duración estimada en tiempos geológico.

En general, las mamposterías utilizan estructuras independientes de hormigón armado. El **hierro** que utilizan éstas, también consume enormes cantidades de energía para su procesamiento y puesta en obra. Sin contar los procesos de extracción, procesamiento y transporte a mercados.

Los **cerámicos huecos y los bloques cerámicos** también requieren de una cocción pero el grosor de sus capas es menor y podría esperarse una cocción más rápida y controlada por un proceso industrial. Es una tecnología más racional que el ladrillo cocido y con buenas propiedades en general. Posee una baja capacidad térmica para “acumular calor”. Es posible su reciclado aunque

su fragilidad lo hace dificultoso, sin embargo como residuo final una vez molido tiene algunas aplicaciones.

La **madera** es un recurso escaso en la región, que para su utilización debería provenir de forestaciones realizadas a tal fin y certificadas. Por ejemplo, la firma Forest Stewardship Council FSC, certifica forestaciones y procesos realizados a la madera, para garantizar las condiciones en que fue producida evitando la tala de bosques nativos. De acuerdo a sus propiedades térmicas, en esta región se requiere un espesor de 5” (12,5cm.) en la construcción de un muro, siendo una solución poco racional por los volúmenes de madera requeridos en tal caso. Además, no brinda inercia térmica y tiene un comportamiento muy inferior a las otras tecnologías en comparación. Es común su utilización como revestimiento y elemento estructurante, pero generalmente asociados a otros elementos aislantes térmicos, acústicos y barrera de vapor. Las construcciones de madera pueden ser recicladas con cierta facilidad, y concluir su vida útil como leña en alguna humilde estufa.

Aunque esté incorporada en este análisis, la madera no sería un material aconsejable en esta etapa crítica de la biósfera cuando mas se deberían cultivar árboles para contrarrestar la deforestación reinante y para combatir el aumento de los gases de efecto invernadero. Es importante comentar un precepto popular, de que por cada vivienda debieran cultivarse al menos un árbol por integrante de la misma.

Los **Bloques de Hormigón** utilizan principalmente cemento, arena y agua; el primero surge del procesamiento de piedra caliza en hornos, sometido a altas temperaturas cuyo consumo energético es alto. Asimismo, la elaboración del cemento requiere grandes movimientos de suelos, transportes de cargas, emisiones de gases y partículas a la atmósfera, etc. La elaboración de los bloques es un proceso con impacto ambiental poco considerable. En este caso debería de racionalizarse las proporciones de áridos minimizando la cal y el cemento. Se supone que los bloques macizos tienen una mayor vida útil que

los huecos ya que tienen mayor masa de hormigón, y comparativamente se espera un mayor uso de cemento en los macizos.

Las **construcciones de barro** fueron realizadas por infinidad de culturas procedentes de lugares muy distantes. Aún hoy continúan en pie construcciones que datan de 3000 años de antigüedad. Asimismo numerosos grupos de investigación de prestigiosas universidades están demostrando sus múltiples ventajas respecto a otras tecnologías modernas. “Desde hace 10.000 años la humanidad utiliza los materiales naturales que tiene a su alcance (principalmente tierra) para construir sus viviendas. Sólo en los últimos cien años reemplazó estas materias primas por sustitutos industriales. La publicidad y los prejuicios modernos nos hicieron creer que solamente una casa de cemento es una casa duradera. Pero esta publicidad no habla de los insanas que resultan unas paredes que no absorben humedad y que térmicamente son ineficientes, ni del impacto ambiental que produce la fabricación y comercialización de los materiales modernos” BELANKO Jorge. 2008. En “Documental didáctico sobre construcción natural”

Las técnicas en las que se utiliza barro y fibras vegetales para realizar paredes son: los **adobes, quincha** (barro entre estructura de palos), **cob** (barro casi seco con mayor proporción de arena), **barro encofrado**, etc. La durabilidad de los muros erigidos con estas técnicas depende principalmente de la calidad de la construcción y del clima local al que está sometido. La calidad de algunos componentes como los cimientos, los contrafuertes de los muros y los encadenados vegetales de las construcciones en barro, garantizan una resistencia suficiente para la seguridad de una vivienda familiar. Los aleros son necesarios para proteger de las precipitaciones directas, y a nivel del suelo es común proteger la base de las salpicaduras con agregados tipo zócalo o “pata de elefante”. Asimismo el material que se utiliza para el revoque tiene agregados que le confieren mejores propiedades mecánicas y plásticas, sirviendo de barrera protectora de los contrastes del clima. También es

importante el mantenimiento que se da a estas construcciones a los largo de su vida útil, para no generar condiciones propicias de alojamiento de vectores.

En su producción y puesta en obra no genera efectos adversos en las personas que lo trabajan. Otro aspecto realmente único de los muros de adobe es su disposición final cuando concluye su vida útil: el material tiene la posibilidad de ser íntegramente reutilizado o bien volver a integrarse a la tierra de donde fue sustraído sin generar efectos adversos, ni necesidad de transporte.

### **2.2. c. Dimensión Social**

La otra cuestión importante para analizar de los muros estudiados, es el impacto sobre la salud de los moradores que los habitan. No es sencillo evaluar las afecciones que podría provocar un muro particular y además esto supondría considerar una componente subjetiva importante que tendría influencia en las condiciones objetivas y reales. En virtud de que tampoco es el objetivo central de este trabajo, utilizaremos aquí también una descripción cualitativa basada en valoraciones de bibliografías que abordan estas temáticas en profundidad.

Por lo recién comentado, cabe separar en dos grupos esta dimensión social, por un lado estará lo que concierne a la visión subjetiva común que será denominado **“aceptabilidad socio-cultural”**. Esta variable intenta representar lo que la comunidad local entiende y se figura acerca de cada tecnología. La segunda variable social intenta representar la **afectación a la salud** asociadas a cada tecnología, considerando aquí la bibliografía especializada como fuente de información.

La **aceptabilidad** de cada tecnología por parte del común de la población, amerita la realización de una encuesta de opinión. Las valoraciones subjetivas sin embargo, salen a la luz en cualquier conversación, conformando parte de un “inconciente colectivo”, que generalmente expresa las mismas

apreciaciones. Se intentará pues, expresar las preferencias de un poblador común. En orden decreciente de interés están: ladrillo cocido, bloque cerámico o cerámico hueco, bloque de hormigón, madera, adobe. Sin embargo, se puede vislumbrar que las viviendas prefabricadas (de madera, derivados de ésta y aislantes poliméricos) están siendo aceptadas como una “buena solución” tanto por la supuesta rapidez de entrega como por el costo económico. Otra tecnología que está revirtiendo lentamente su aceptabilidad social es el adobe o el barro en sus múltiples aplicaciones. Los fundamentos son muchos y requieren ser analizados exhaustivamente, aunque en este análisis se brindan algunas pistas al respecto.

En cuanto al “Impacto sobre la salud” en el libro titulado “Edificación solar biológica” (SABADY P. R., 1983) se abordan distintos materiales de construcción en relación con la salud de los moradores:

“La biología aplicada a la construcción clasifica a los materiales en dos grupos principales: Materiales “duros” y materiales “neutros”. Los materiales duros son el granito, el canto rodado, la arena cuarcífera, el vidrio, los metales, los minerales silícicos, etc. Y las combinaciones de los mismos como el hormigón armado, por ejemplo. Los materiales neutros son el **barro (adobe), el ladrillo cerámico, la piedra caliza, la toba caliza, los cascotes de ladrillo, el yeso natural**, etc. (...) Las experiencias prácticas demuestran que los materiales neutros, junto con los de origen vegetal, son los materiales de construcción óptimos tanto desde el punto de vista de conservación de la salud como desde la economía energética”

“Las piedras naturales se utilizan en bioarquitectura sin modificaciones o como aditivos para la fabricación de otros materiales de construcción. Algunos trabajos de investigación indican que los “materiales duros”, empleados en grandes cantidades, son relativamente desfavorables sanitaria y energéticamente. Por el contrario, los materiales “neutros” como el barro y la piedra caliza en sus más diversas formas son ventajosos”

“**Ladrillo o bloque cerámico.** Las materias primas son las tierras arcillosas y no deben ser excesivamente radiactivos, ni tener aditivos descalificados. Tiene propiedades muy valiosas como material de construcción para la vivienda humana, regenerantes y aptos para la respiración, reguladores de la humedad, aislantes acústicos.”

“Los **morteros** utilizados para la unión de los elementos constructivos y para el revoque de los muros no debieran perjudicar las propiedades favorables de los materiales y debieran ser capaces de respiración”.

“Los materiales de origen vegetal tienen una influencia claramente perceptible y bienhechora sobre los hombres. En habitaciones en que hay muchos materiales de origen vegetal, el hombre se siente sencillamente a gusto, caliente y resguardado. **La madera es energía solar almacenada.** La madera es el material de construcción mejor y más sano de todos. Algunas propiedades son: buen aislante, resistente, porosa y capaz de respirar, regula la humedad, sin carga electrostática, no contiene productos tóxicos, requiere poca energía para su preparación, su materia prima se renueva en forma natural, armonía del hombre con la madera gracias a su irradiación, a su estructura superficial y a su color. Tiene de desventaja un deficiente aislamiento acústico y capacidad térmica, como así también riesgo por su comportamiento ante el fuego. El empleo ilimitado de la madera para construcción encuentra una barrera en la disponibilidad natural del material” (SABADY P. R., 1983)

#### **2.2. d. Dimensión Económica**

Es un aspecto de importancia al momento de elegir un material, pero claro está, que cualquier tecnología que escojamos deberá cumplir aspectos diversos, los cuales hemos tratado de representar en la matriz. El plano económico es muy importante al momento de resolver el gran déficit

habitacional que afecta a la zona Norpatagónica. Para lograr la mayor cantidad de soluciones habitacionales con un mismo fondo de capital, se deberá optar por las tecnologías más baratas. Sin embargo y como ya viene sucediendo, este tipo de elecciones suele traer problemas a largo plazo, ya que al elegir viviendas económicas se corre el riesgo de que los costos de mantenimiento puedan ser mayores a lo largo de la vida útil. En definitiva, la elección de la tecnología debería contemplar simultáneamente varios aspectos, aquí incluidos en los llamados Planos o Dimensiones, siendo equilibrada entre todos ellos.

En la dimensión económica, se asignan dos variables de importancia: el costo de compra del material constructivo y el tiempo de vida útil del mismo.

Los **costos de compra** de las tecnologías aquí tratadas, en orden creciente son: **Muros de adobe, bloque de hormigón hueco, cerámico hueco, bloque cerámico hueco, bloque de hormigón macizo y ladrillo cocido.** En el análisis cuantitativo figura una jerarquización relacionada con su comportamiento térmico. En la misma se destaca por sus cualidades el **adobe**, por su baja transmitancia y por su elevado peso superficial. Ambas cualidades, sumadas a su bajo costo económico y nulo impacto ambiental, como también considerando sus buenas prestaciones en los aspectos de salud, hacen de esta tecnología una brillante opción, muy superior a las otras.

Para considerar **el tiempo de vida útil** de un determinado muro se debe contemplar en que situación macro esta inserto. Cualquiera de las tecnologías antes nombradas, tienen una durabilidad superior a los 100 años si están enmarcados en una vivienda bien construida. Se podría afirmar que esta variable depende también en una gran proporción del mantenimiento que se le da a lo largo del tiempo, siendo muy difícil de calificar. Se otorgan valoraciones análogas a sus propiedades mecánicas.

## 2.2. e. Dimensión Tecnológica

En el Análisis Cuantitativo, correspondiente al comportamiento térmico, se han dispuesto los resultados de la comparación entre los muros estudiados. La metodología aquí propuesta para la comparación cualitativa de las tecnologías no es exhaustiva e intenta complementar dicho análisis en los aspectos más importantes e imprescindibles.

En el plano tecnológico se consideran de importancia dos variables: las propiedades mecánicas y la construcción del muro. Éstas son incorporadas por ser propiedades fundamentales de los muros y necesarias en las obras de construcción.

Las **propiedades mecánicas** y sobretodo la resistencia a la compresión, intenta representar aquella propiedad portante de peso que tienen los materiales de cerramientos verticales. Sin embargo, los muros más utilizados tienen estructuras independientes, generalmente de hormigón armado: **ladrillo, cerámico hueco, bloque cerámico, bloque de hormigón**, etc. El **adobe** por su parte tiene buenas propiedades portantes, dependiendo de su espesor y calidad. Se hace difícil asimilarlo con la capacidad portante de los anteriores materiales, pero en edificaciones de baja altura (2 y 3 pisos) tiene una resistencia suficiente. Asimismo existen formas constructivas anti-sísmicas realizadas en adobe con entramados de fibras vegetales. Estas han sido probadas con muy buenos resultados, explicados principalmente por la flexibilidad de los materiales y las fibras utilizadas, en contraposición con las estructuras rígidas de hormigón y hierro.

La variable **construcción del muro** se refiere a la sencillez constructiva asociada a cada tipología de muro. La técnica más divergente sería la de construcción con madera, ya que los restantes muros se elevan por la colocación de mampuestos (ladrillos, bloques, cerámicos, etc.) asentados con mezclas preparadas a tal fin, según el caso. La madera permite un cerramiento opaco más rápido que los anteriores (construcción en seco) pero las sucesivas

capas (aislante, terminación, etc.) que deben colocarse sumadas al mantenimiento que requiere a los largo de su vida útil, no permiten un ahorro de tiempo ni de dinero.

Todas las tecnologías de muros masivos aquí estudiadas, requieren de una colocación en obra realizada por personal calificado. Algunos de los mampuestos, para su colocación requieren de estructuras independientes, ocupando en todos los casos un tiempo muy similar. Sin embargo entre estos difiere también el adobe, ya que generalmente no se utiliza una estructura independiente, sino que la misma pared continúa por el exterior del edificio conformando un “contrafuerte”. Podemos concluir que no hay grandes diferencias en los tiempos de construcción de los distintos muros, aunque puede esperarse que los mampuestos de mayor altura requieran menor tiempo de elevación del muro.

## 2.2. f. Resultados del Análisis Cualitativo

A medida que se desarrollaron los términos de referencia correspondientes a la matriz de comparación, también se presentaron las descripciones cualitativas de las principales tecnologías analizadas. De esta manera se brindaron valoraciones de cada muro con respecto a los planos de interés: ambiental, social, económico y tecnológico.

Los resultados no pueden ser analizados fuera del contexto en el cual se enmarcan. Teniendo esto en cuenta podrían establecerse comparaciones puntuales entre los atributos determinados para cada tecnología. Para ello la Matriz ha sido coloreada con lo “puntos críticos” en naranja y amarillo, y con verde los “mejores atributos”. Para realizar las comparaciones puntuales, se toman las dos columnas de interés y se analizan los valores asignados a las dos tecnologías. De la misma forma se puede tomar una fila con la variable de interés, y analizar los comportamientos de cada tecnología respecto a esa variable.

De la sumatoria de cada columna surge la valoración cualitativa de cada tecnología. De acuerdo a esto, la mejor de ellas sería el adobe con 30 puntos (o las construcciones en barro); seguida por los cerámicos y bloques cerámicos huecos con 29 puntos; luego estarían los bloques de hormigón macizo y los ladrillos con 27 puntos; y por último los bloques huecos de hormigón con 26 puntos y la madera con 25 puntos.

Podrían ser muchas más las variables de análisis y comparación. Se ha optado por elegir éstas, como representativas, ya que el objetivo está puesto en utilizar una herramienta de comparación entre las tecnologías, que permita una mejor elección de las mismas, basada en un abanico de atributos más amplio que el utilizado para el Análisis Cuantitativo.

## **2.3 ANÁLISIS CUANTITATIVO**

### **2.3. a. Colección de datos cuantitativos**

Los datos y la información utilizados en este estudio provienen de fuentes secundarias confiables de donde se ha obtenido información específica a los fines buscados. La larga recopilación bibliográfica focalizada en las viviendas y el ambiente permitió la conformación de un corpus temático en relación a las viviendas, su acondicionamiento, la habitabilidad y confort, y el ambiente como catalizador tanto de las entradas como de las salidas de las mismas, otorgando importante sustento a la tesis.

La comprensión del funcionamiento higrotérmico de la vivienda sumado a un importante bagaje de cuestiones ambientales relacionadas, han permitido la creación de un sistema bioambiental que representa dicho funcionamiento.

Es a partir de este sistema, presentado en el Capítulo 2 que se conviene en analizar la cuestión del comportamiento térmico de los muros desde una óptica más integral, tratando de incorporar otros elementos representativos hasta el momento fueran considerados.

La información cuantitativa es sistematizada en Tablas para su mejor tratamiento. Cada una de estas Tablas corresponde a una tecnología de Muros y brinda una serie de datos acerca de los mismos. Luego de elaboradas éstas, la información que contienen fue volcada en gráficas de coordenadas para poder realizar una mejor comparación. En adelante se presentan las Tablas y luego las Gráficas correspondientes.

### **2.3.b. Tablas de caracterización tecnológica de muros**

Características del Muro	Espesor de las capas cm.	Espesor Total cm.	Densidad Kg/ m <sup>2</sup>	Transmitancia k: W/m <sup>2</sup> .°K	Transmitancia k: Kcal/m <sup>2</sup> .h.°C	Inercia Térmica Horas	Zona Bioambiental IV b.
Pared con espesor de: Medio Ladrillo	1,5+13+1,5	15	262	2,86	2,46	3,58	NO
¾ de Asta	1,5+13+1,5+6+1,5	20	376	2,29	1,94	5,71	SI
Ladrillo Entero	1,5+27+1,5	30	486	1,92	1,65	7,49	SI
Ladrillo Entero + Medio	1,5+13+1,5+27+1,5	45	721	1,44	1,24	11,24	SI
Pared con cámara de aire	1,5+13+3+13+1,5	30	438	1,51	1,29	8,65	SI
Pared con cámara de telgopor	1,5+13+3+13+1,5	30	439	0,66	0,57	14,42	SI

Detalle Tipológico del Muro	
<b>Pared de Ladrillo cocido</b>	
Dimensiones de lados	5-6; 13 ; 27
Densidad	1600 Kg / m <sup>3</sup>
Coef. de conductividad λ	0,81 W/mK
<b>Mortero de revoque y juntas</b>	Revoque en 2 caras
Dimensiones	1,5 cm espesor
Densidad	1800 Kg / m <sup>3</sup>
Coef. de conductividad λ	1,16 W/mK

**Tabla N° 1.** Principales propiedades térmicas de paredes de ladrillos cocidos comunes, con revoque en ambas caras, según sus espesores típicos.

Fuente: elaboración propia con extracción de datos de "Comportamiento Térmico de paredes y techos" J.M.EVANS.

Características del Muro	Espesor de las capas cm.	Espesor Total cm.	Densidad Kg/ m <sup>2</sup>	Transmitancia k: W/m <sup>2</sup> K	Transmitancia k: Kcal/m <sup>2</sup> .h.°C	Inercia Térmica Horas	Zona Bioambiental IV b.
Pared con espesor de:							
Medio Ladrillo	13+1,5	15	235	2,97	2,55	3,13	NO
¾ de Asta	13+1,5+6+1,5	20	349	2,39	2,05	5,22	SI
Ladrillo Entero	27+1,5	30	459	1,96	1,69	7,17	SI
Ladrillo Entero + Medio	13+1,5+27+1,5	45	694	1,47	1,26	11,14	SI
Pared con cámara de aire	13+3+13+1,5	30	411	1,53	1,32	8,38	SI
Pared con cámara de telgopor	13+3+13+1,5	30	412	0,67	0,57	14,24	SI

Detalle Tipológico del Muro	
<b>Pared de Ladrillo cocido</b>	
Dimensiones de lados	5-6; 13 ; 27
Densidad	1600 Kg / m <sup>3</sup>
Coef. de conductividad λ	0,81 W/mK
<b>Mortero de revoque y juntas</b>	Revoque en 1 cara
Dimensiones	1,5 cm espesor
Densidad	1800 Kg / m <sup>3</sup>
Coef. de conductividad λ	1,16 W/mK

**Tabla N° 2.** Principales propiedades térmicas de paredes de ladrillos cocidos comunes, con revoque en una cara, según sus espesores típicos.

Fuente: elaboración propia con extracción de datos de "Comportamiento Térmico de paredes y techos" J.M.EVANS.

Características del Muro	Espesor de las capas cm.	Espesor Total cm.	Densidad Kg/ m <sup>2</sup>	Transmitancia k: W/m <sup>2</sup> .°K	Transmitancia k: Kcal/m <sup>2</sup> .h.°C	Inercia Térmica Horas	Zona Bioambiental IV b.
Pared compuesta por: Ladrillo de adobe	20	20	320	1,70	1,46	5,74	SI
Ladrillo de adobe	30	30	480	1,25	1,07	9,28	SI
Ladrillo de adobe	40	40	640	0,99	0,84	12,72	SI

Detalle Tipológico del Muro	
<b>Pared de Adobe</b>	
Dimensiones	según el caso
Densidad	1600 Kg / m <sup>3</sup>
Coef. de conductividad λ	0,47 W/mK

**Tabla N° 3.** Principales propiedades térmicas de paredes de ladrillos de adobe comunes, según sus espesores típicos.

Fuente: elaboración propia con extracción de datos de "Comportamiento Térmico de paredes y techos" J.M.EVANS.

Características del Muro	Espesor de las capas	Espesor Total	Densidad	Transmitancia	Transmitancia	Inercia Térmica	Zona Bioambiental
Pared compuesta por:	cm.	cm.	Kg/ m <sup>2</sup>	k: W/m <sup>2</sup> .°K	k: Kcal/m <sup>2</sup> .h.°C	Horas	IV b.
Madera maciza pulgadas 3	7,5	7,5	45	1,50	1,30	1,42	NO
Madera maciza pulgadas 4	10	10	60	1,20	1,03	3,33	SI ?
Madera maciza pulgadas 5	12,5	12,5	75				SI

?: en el límite

Detalle Tipológico del Muro	
<b>Pared de Madera</b>	<b>Maciza</b>
Dimensiones	Tablones variables
Densidad	600 Kg / m <sup>3</sup>
Coef. de conductividad λ	0,15 W/mK

**Tabla N° 4.** Principales propiedades térmicas de paredes de madera maciza, según sus espesores típicos.

Fuente: elaboración propia con extracción de datos de "Comportamiento Térmico de paredes y techos" J.M.EVANS.

Características del Muro	Espesor de las capas	Espesor Total	Densidad	Transmitancia	Transmitancia	Inercia Térmica	Zona Bioambiental
Pared compuesta por:	cm.	cm.	Kg/ m <sup>2</sup>	k: W/m <sup>2</sup> .°K	k: Kcal/m <sup>2</sup> .h.°C	Horas	IV b.
Bloque de Hormigón liviano "A"	1,5+12+1	14,5	141	1,46	1,26	4,1	SI
Bloque de Hormigón liviano "A"	1,5+15+1	17,5	165	1,24	1,06	5,31	SI
Bloque de Hormigón liviano "A"	1,5+18+1	20,5	189	1,07	0,92	6,34	SI
Bloque de Hormigón liviano "A"	1,5+21+1	23,5	213	0,94	0,81	7,43	SI
Bloque de Hormigón liviano "B"	1,5+12+1	14,5	189	2,27	1,95	3,54	NO
Bloque de Hormigón liviano "B"	1,5+15+1	17,5	225	1,98	1,71	4,60	SI
Bloque de Hormigón liviano "B"	1,5+18+1	20,5	261	1,76	1,51	5,53	SI
Bloque de Hormigón liviano "B"	1,5+21+1	23,5	297	1,58	1,36	6,53	SI

Detalle Tipológico del Muro	
<b>Pared de Bloque Hormigón</b>	<b>Macizo Liviano</b>
Dimensiones	altura 20; largo 40
Hº Densidad "A"	800 Kg / m <sup>3</sup>
Coef. de conductividad λ "A"	0,24 W/mK
Densidad "B"	1200 Kg / m <sup>3</sup>
Coef. de conductividad λ "B"	0,47 W/mK
<b>Mortero de revoque y de juntas</b>	revoque en 2 caras
Dimensiones	1,5 cm y 1 cm esp.
Densidad	1800 Kg / m <sup>3</sup>
Coef. de conductividad λ	1,16 W/mK

**Tabla N° 5.** Principales propiedades térmicas de paredes de bloques de hormigón macizo liviano, con densidades diferentes (A y B), según sus espesores típicos.

Fuente: elaboración propia con extracción de datos de "Comportamiento Térmico de paredes y techos" J.M.EVANS.

Características del Muro	Espesor de las capas cm.	Densidad Kg/ m <sup>2</sup>	Transmitancia k: W/m <sup>2</sup> .°K	Transmitancia k: Kcal/m <sup>2</sup> .h.°C	Inercia Térmica Horas	Zona Bioambiental IV b.
Pared compuesta por:						
Bloque hormigón "A" 1000 Kg / m <sup>3</sup>	40% 1+20+1	280	2,14	1,98	5,66	NO
Bloque hormigón "A" 1000 Kg / m <sup>3</sup>	50% 1+24+1	300	2,07	1,78	6,87	SI
Bloque hormigón "B" 1500 Kg / m <sup>3</sup>	33% 1+17+1	200	1,91	1,64	4,85	NO
Bloque hormigón "B" 1500 Kg / m <sup>3</sup>	40% 1+20+1	220	1,58	1,36	5,78	SI

Detalle Tipológico del Muro	
<b>Pared de Bloque Hormigón</b>	Valores orientativos
Dimensiones	altura 20; largo 40
Densidad "A"	1000 Kg / m <sup>3</sup>
Densidad "B"	1500 Kg / m <sup>3</sup>
% de huecos según espesor	2 ó 3 cámaras de aire
<b>Mortero de revoque y de juntas</b>	con revoque en 2 caras
Dimensiones	1,5 cm espesor
Densidad	1800 Kg / m <sup>3</sup>
Coef. de conductividad λ	1,16 W/m <sup>2</sup> K

**Tabla N° 6.** Principales propiedades térmicas de paredes de bloques de hormigón huecos, de 2 densidades, según sus espesores típicos.

Fuente: elaboración propia con extracción de datos de "Comportamiento Térmico de paredes y techos" J.M.EVANS.

Características del Muro	Esesor de las capas	Esesor Total	Densidad	Transmitancia	Transmitancia	Inercia Térmica	Zona Bioambiental
Pared compuesta por:	cm.	cm.	Kg/ m <sup>2</sup>	k: W/m <sup>2</sup> .°K	k: Kcal/m <sup>2</sup> .h.°C	Horas	IV b.
Bloque cerámico (IRAM 11601)	1,5+15+1,5	18	144	1,72	1,60	4,94	NO
Bloque cerámico (IRAM 11601)	1,5+17+1,5	20	156	1,55	1,30	5,59	SI
Bloque cerámico (IRAM 11601)	1,5+18+1,5	21	162	1,42	1,22	5,92	SI
Bloque cerámico (IRAM 11601)	1,5+19+1,6	22	168	1,28	1,10	6,25	SI
Bloque cerámico (IRAM 11601)	1,5+20+1,7	23	174	1,27	1,10	6,57	SI

Detalle Tipológico del Muro	
Pared de Bloque Cerámico	Hueco
Dimensiones	a: 10; esesor variable
Densidad	600 Kg / m <sup>3</sup>
Coef. de conductividad $\lambda$	0,24 W/mK
Mortero de revoque y juntas	Revoque en 2 caras
Dimensiones	1,5 cm esesor
Densidad	1800 Kg / m <sup>3</sup>
Coef. de conductividad $\lambda$	1,16 W/mK

**Tabla N° 7.** Principales propiedades térmicas de paredes de bloques cerámicos huecos, según sus espesores típicos.

Fuente: elaboración propia con extracción de datos de "Comportamiento Térmico de paredes y techos" J.M.EVANS.

Características del Muro	Espesor de las capas	Espesor Total	Densidad	Transmitancia	Transmitancia	Inercia Térmica	Zona Bioambiental
Pared compuesta por:	cm.	cm.	Kg/ m <sup>2</sup>	k: W/m <sup>2</sup> .°K	k: Kcal/m <sup>2</sup> .h.°C	Horas	IV b.
Cerámico Entero	1,5+18+1,5	21	198	1,84	1,58	5,55	NO
Cerámico Entero	1,5+20+1,5	23	214	1,74	1,50	6,18	SI
Panderete doble c/cam. aire, traba	1,5+8+5+8+1,5	24	182	1,69	1,45	5,75	SI

Detalle Tipológico del Muro	
<b>Pared de Cerámico hueco</b>	
Dimensiones	según el caso
Densidad	800 Kg / m <sup>3</sup>
Coef. de conductividad $\lambda$	0,34 W/mK
<b>Revoque</b>	revoque en 2 caras
Dimensiones	1,5 cm espesor
Densidad	1800 Kg / m <sup>3</sup>
Coef. de conductividad $\lambda$	1,16 W/mK

**Tabla N° 8.** Principales propiedades térmicas de paredes de cerámico hueco, con revoque en ambas caras, según sus espesores típicos.

Fuente: elaboración propia con extracción de datos de "Comportamiento Térmico de paredes y techos" J.M.EVANS.

Las tablas presentadas, aúnan información respecto a cada tecnología de muro, teniendo en cuenta los espesores típicos utilizados, los revoques y las juntas. También expresan algunas características físicas de los materiales y las juntas: la densidad y las dimensiones. En la última columna se muestra la pertinencia de cada espesor respecto a la zona IVB. Asimismo se muestran los valores de Transmitancia (en dos unidades) e Inercia Térmicas.

Es importante resaltar, que los valores de ensayos que contienen las tablas están sujetos a variaciones que dependen principalmente de la calidad del producto: su densidad, su porosidad y hasta su constitución de materias primas. Es por esto, que se consideran válidos los valores cuando el material del que dispone el constructor tiene las mismas o similares propiedades físicas a las especificadas en la Tabla pequeña que se adosa como “Detalle Tipológico del Muro”. Siempre y cuando cumpla estas características, el material tendrá idénticas propiedades térmicas.

### **2.3. d. Presentación de Gráficas de Coordenadas**

Los valores contenidos en estas tablas se volcaron en las Gráficas de Coordenadas que se presentan mas adelante (Figuras N° 25 a 29), generando condiciones óptimas para la comparación, tanto con respecto a la recta que fija la norma, como también entre las mismas tecnologías.

La Figura N° 25, es una Gráfica de Coordenadas con los valores límites de Transmitancia térmica en relación con el Peso del muro. Esta recta representa los requerimientos fijados por la norma IRAM 11605, para la Zona IVB de Argentina. Como se verá en la próxima Figura N° 26, la pendiente de esta recta es mas acentuada que las otras ya que estas zonas cuentan con amplitudes térmicas elevadas y resulta preferible un mayor peso del cerramiento.

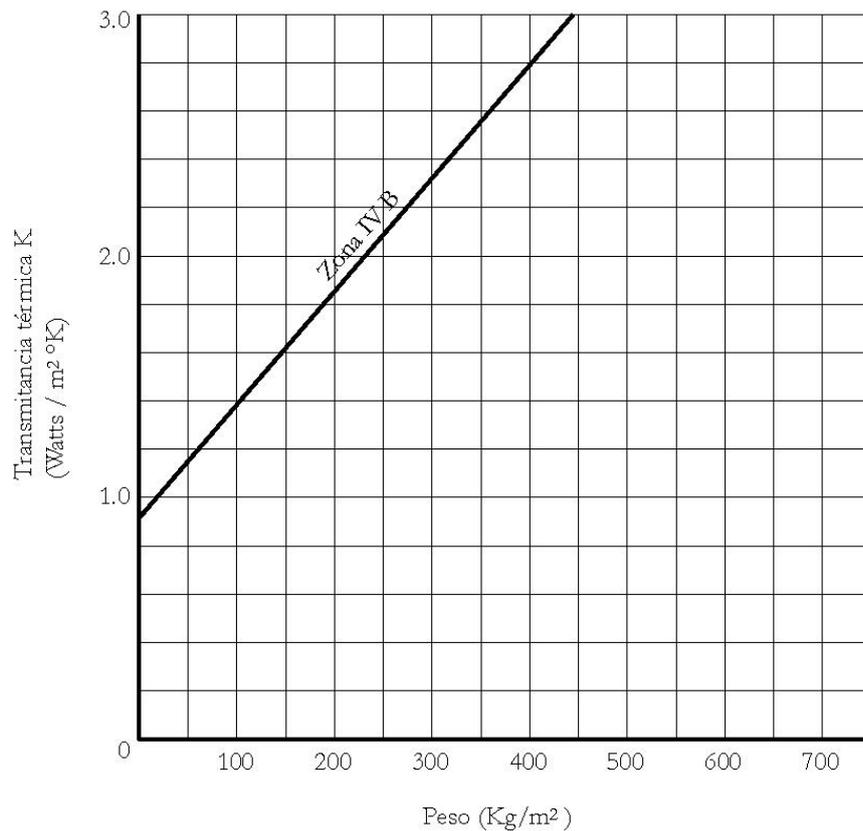


Figura N° 25. Gráfica de coordenadas, con la recta de las propiedades térmicas de muros en la Zona IVB. Fuente: Elaboración propia sobre IRAM 11605

En la Figura N° 26 se muestran los requerimientos que fija la misma norma en otras Zonas del país. Las dos rectas con pendientes menores, indican que es menor la influencia del peso/superficie en relación a la Transmitancia Térmica. Estas zonas, en general, tienen mayores exigencias de aislamiento térmico, siendo menor la importancia del comportamiento capacitivo del muro.

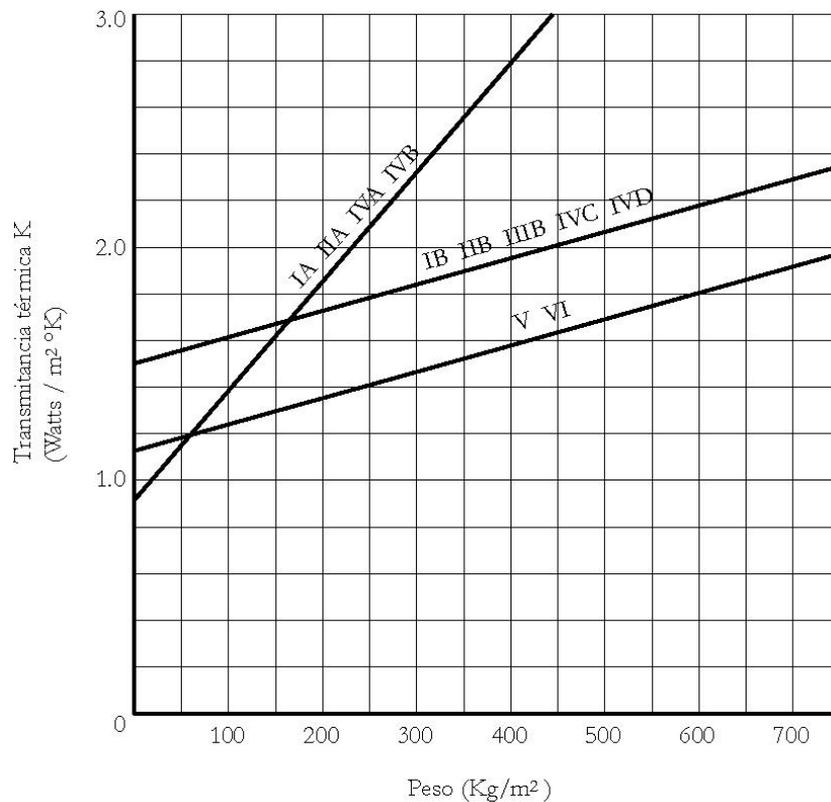


Figura N° 26. Gráfica de coordenadas con las 3 ecuaciones de propiedades térmicas aplicada a muros de todas las zonas del país. Fuente: Elaboración propia sobre IRAM 11605

En la Figura N° 27 se vuelcan los datos de cada tecnología de muro masivo. Los valores incluidos en las Tablas de Muros N° 1 al 5 son representados gráficamente en relación a la recta que fija la normativa. El comportamiento térmico de cada muro masivo, está graficado a partir de los distintos espesores de la pared (en centímetros), que una vez unidos forman una leve curva. Los puntos que sobrepasan la recta son espesores que no cumplen los requisitos. Las curvas que se encuentran por debajo de la recta, si cumplen la norma, y serán mejores sus propiedades térmicas cuanto mas alejados estén de la recta.

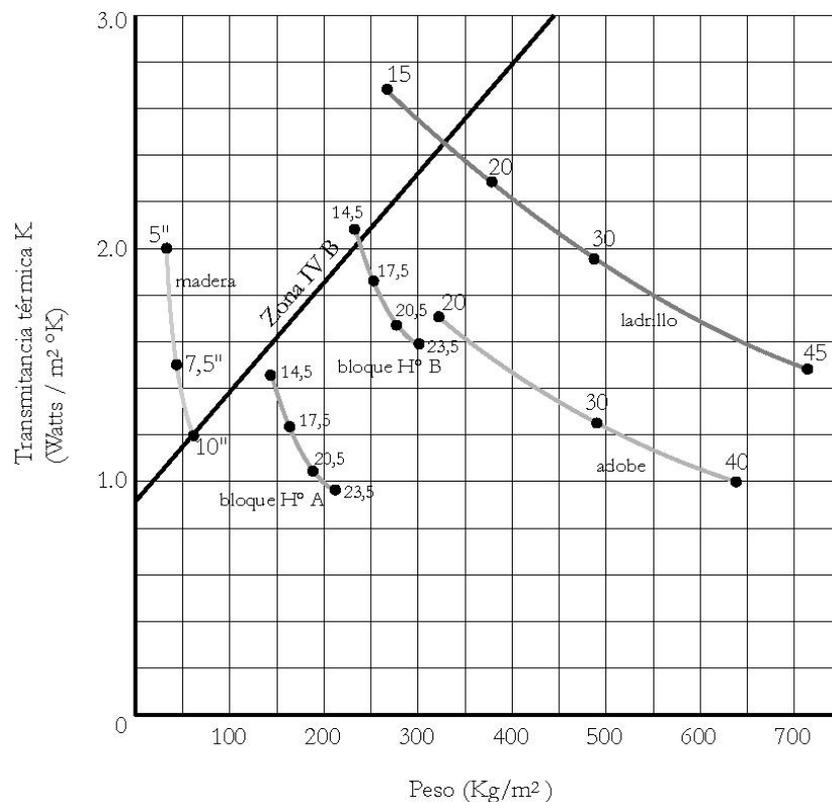


Figura N° 27. Representación gráfica de los valores de Tablas de Muros Masivos, en sus distintos espesores, en relación con la norma. Fuente: Elaboración propia sobre datos de Tablas N° 1 a 5.

En la Figura N° 28 se vuelcan los datos de las tecnologías de muros huecos, no masivos. Los valores incluidos en las Tablas de Muros N° 6 al 8 son

representados gráficamente en relación a la recta que fija la normativa. El comportamiento térmico de cada muro hueco, está graficado a partir de los distintos espesores de la pared (en centímetros), que una vez unidos forman una leve curva. Los puntos que sobrepasan la recta son espesores que no cumplen los requisitos. Las curvas que se encuentran por debajo de la recta, si cumplen la norma, y serán mejores sus propiedades térmicas cuanto mas alejados estén de la recta. Es importante resaltar el margen relativamente pequeño de variación respecto a la norma, no existiendo entre las tecnologías de muros huecos, ninguna que cumpla la norma con creces. Una mínima variación de cálculos o de ensayos puede dar lugar a que un determinado espesor sea o no aceptable.

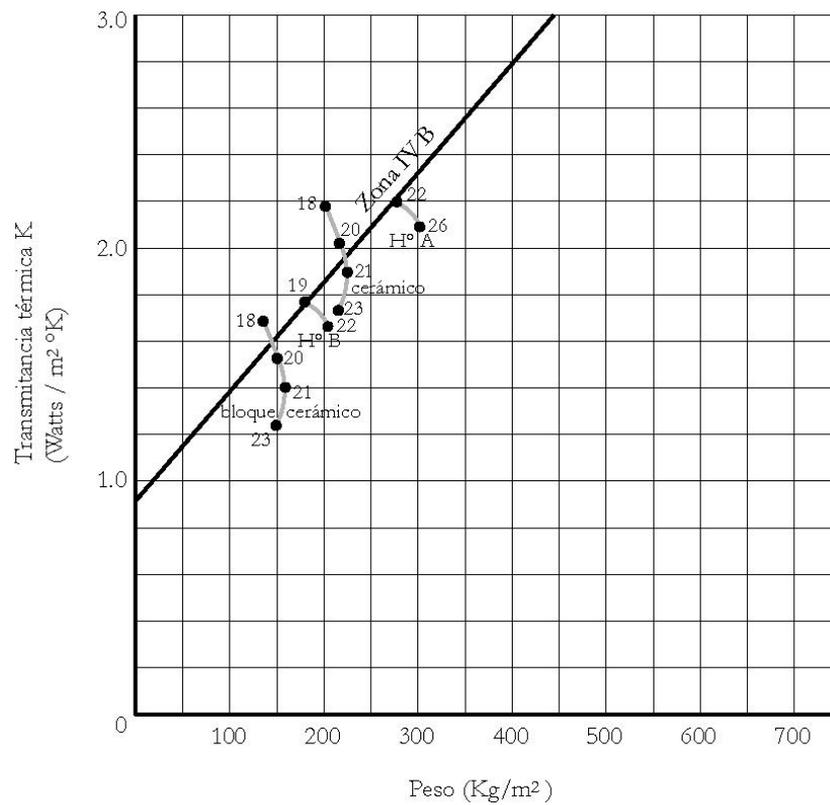


Figura N° 28. Representación gráfica de los valores de Tablas de Muros NO Masivos, en sus distintos espesores, en relación con la norma. Fuente: Elaboración propia sobre datos de Tablas N° 6 a 8.

En esta última Figura N° 29 se superponen las dos figuras anteriores, la correspondiente a muros masivos y las de muros huecos. Es de resaltar la curvatura diferencial entre dichos grupos, los muros con cámaras de aires (huecos) tienen mayor efecto convectivo y aunque aumentan sus dimensiones y espesor esto no se ve reflejado en un mejoramiento notable de sus propiedades térmicas ya que no aumenta su peso superficial.

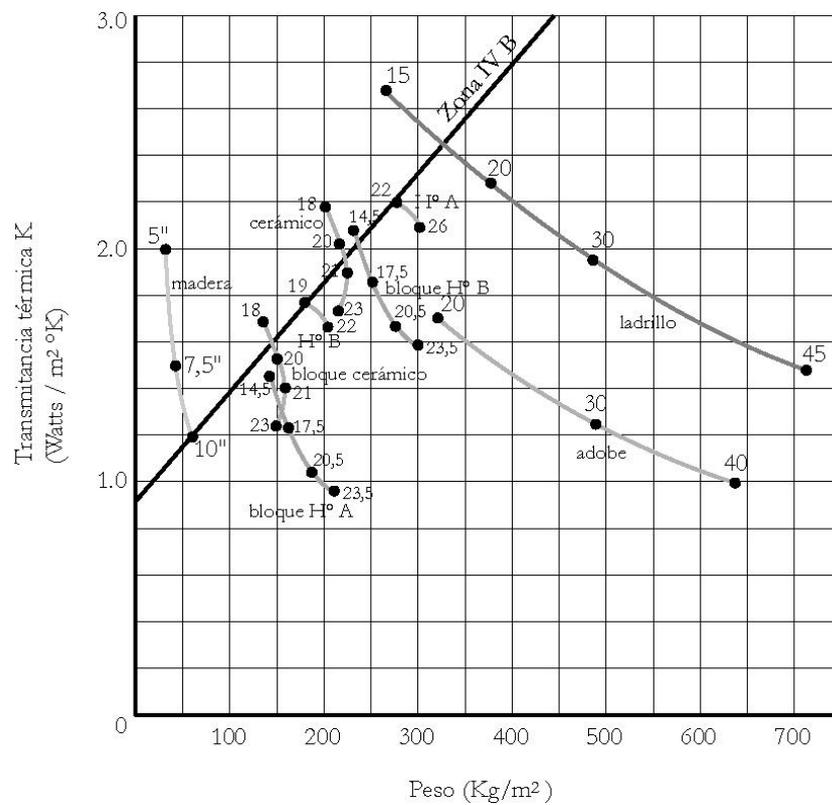


Figura N° 29. Representación gráfica de los valores de Tablas de Muros masivos y No masivos, en sus distintos espesores, en relación con la norma.

Fuente: Elaboración propia sobre datos de Tablas N° 1 a 8.

### 2.3. e. Resultados del Análisis Cuantitativo

Las gráficas de coordenadas representan los valores máximos que admite la normativa IRAM 11605 respecto de las propiedades combinadas de los muros. La “recta” que fija los valores límites, relaciona la Transmitancia Térmica con el Peso ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ) de la pared.

El aumento del peso de la pared esta directamente relacionado con su capacidad térmica, y ésta a su vez le confiere un mejor comportamiento al muro. Es por esto que la pendiente de esta recta es pronunciada y se permite una mayor Transmitancia térmica siempre que aumente el peso de la pared.

La Figura N° 26 muestra las rectas correspondientes a cada zona del país. Las zonas V y VI son las más frías del país y requieren la menor Transmitancia térmica, por eso la recta tiene una pendiente más suave y se encuentra por debajo de las otras. Con la misma pendiente y con menores exigencias térmicas se presenta la recta correspondiente a las zonas del centro y norte del país, en general más cálidas (Zonas IB, IIB, IIIB, IVC y IVD).

La recta que nos interesa es la correspondiente a las Zonas IVB (ver Figura N° 25). La recta tiene una pendiente mucho más pronunciada que las otras dos, ya que otorga mayor importancia al peso del muro, por sus propiedades de almacenamiento térmico, teniendo en cuenta las variaciones climáticas que tienen lugar en estas zonas.

Todas estas tipologías de muros en alguno de sus espesores cumplen la norma. Sin embargo queda graficado que existen diferencias notables entre los masivos y los huecos. Los muros masivos de mayor peso superficial cumplen la norma con espesores en torno a los 20 cm y al aumentar levemente su espesor aumenta también su peso y con esto mejoran sus propiedades térmicas considerablemente. Esto se puede apreciar por la

longitud de las curvas correspondientes a Ladrillos y Adobes. De forma esquemática se podría diferenciar a los muros de comportamiento óptimo por su ubicación mas alejada de la recta.

Se puede afirmar que de acuerdo a las condiciones que fija la norma IRAM 11605 respecto de las propiedades térmicas, los muros de carácter masivo y de mayor peso, en este caso de Ladrillos y de Adobes tienen un mejor comportamiento térmico que los muros huecos. Asimismo los bloques de hormigón macizo liviano A (menor densidad) y B cumplen la norma con los menores espesores de pared, en torno a 14,5cm y 17,5cm respectivamente.

Las paredes de mampostería hueca, de Bloque cerámico y de Cerámico cumplen la norma en torno a los 20cm y 21cm de espesor. Mientras que los bloques huecos de hormigón A y B cumplen con espesores en torno a 26cm y 22cm respectivamente.

Estos resultados permiten afirmar la conveniencia de las paredes conformadas por materiales masivos porosos frente a las de materiales huecos. El adobe (20cm) tiene el mejor comportamiento térmico, seguido por el ladrillo (20cm), luego estarían los bloques macizos de hormigón liviano A (14,5cm) y B (17,5cm). Por último están los Bloques cerámicos (20cm) y los cerámicos huecos (21cm), seguidos de los bloques huecos de Hormigón B (22cm) y A (26cm) y finalmente la madera.

## *Capítulo 4*

### HALLAZGOS Y DISCUSIÓN

La realización de tres Análisis separados tiene aquí su integración. El planteo de las Bases para el Estudio y la conformación del Sistema Bioambiental, brinda una visión del universo en estudio, donde se enmarca el Análisis Cuantitativo del Comportamiento Térmico de muros. Es a partir de allí que se define importante la realización del Análisis Cualitativo, que aborda cuestiones que son inherentes a cada uno de los muros. Este último, figura segundo en el orden del trabajo, por presentar información complementaria a los objetivos fijados.

La recopilación de información climática y de estadísticas, constituye una base de datos para futuros trabajos, tanto de ésta como de otras disciplinas. Aquí ha sido tenida en cuenta pero no en forma exhaustiva. Siendo relacionada directamente con los valores higro-térmicos que delimitan la “Zona de Confort” de la población, representado en varias de las Figuras. Esto, a su vez, fue relacionado con las respuestas térmicas de las viviendas y con los comportamientos térmicos de los muros. Cada segmento de este estudio expresa hacia el final los resultados que se desprendieron de su desarrollo.

El primer Análisis, el sistémico es de tipo general y los dos siguientes son mas específicos del análisis tecnológico de los muros, comparando las distintas tecnologías en numerosos aspectos además de los meramente térmicos. Este compendio de información tecnológica de muros, sirve para una comprensión integral del Comportamiento Térmico de los mismos en esta región.

## CONCLUSIONES

La oscilación diaria de la temperatura es máxima en climas áridos como éste, y a nivel de las viviendas, es importante mitigar los efectos de esta amplitud térmica. Asimismo, otro aspecto característico de la Zona IV, subzona B. es su “máxima irradiancia”, factible de ser aprovechada en los muros tanto en verano como en invierno.

Cuando los muros poseen masa térmica considerable, pueden acumular el calor y luego cederlo con retardo de tiempo. Si a esto se le suma una resistencia al paso del calor, el muro funciona como un regulador de la variación diaria de la temperatura. Entre los muros estudiados, los que mejor cumplen tal función son los muros masivos de elevado peso por unidad de superficie: de adobes y ladrillos.

Asimismo, como los muros poseen buena resistencia estructural y portante de peso, son una buena opción para depositar en ellos la capacidad térmica y generar mejores condiciones de habitabilidad en las viviendas, disminuyendo de esta forma el uso de energías convencionales para el acondicionamiento térmico.

Como ya sabemos, la fuente de energía en los sistemas solares pasivos y activos presenta una variación diaria, y debe poderse captar una parte de radiación solar, acumularla y recién luego cederla en los horarios de mayor necesidad interior. Lo mismo sucede con las estrategias de refrescamiento, que generan un enfriamiento de la masa térmica en horarios nocturnos, ya sea por ventilación o por irradiación, y luego durante la parte cálida del día se aíslan las ganancias de calor, permaneciendo fresco el ambiente interno. Como se puede entrever, es muy importante aumentar la capacidad de acumulación del “calor” y del “frío” en la estructura de la vivienda.

Si consideramos estas condiciones climáticas, especialmente el régimen de precipitaciones y los aspectos cualitativos de las tecnologías, se puede afirmar

que es una zona propicia para la adopción de mamposterías de adobe en sus diversas variantes.

La capacidad térmica es directamente proporcional al peso del componente constructivo, ya que es muy poca la variación del calor específico entre los materiales de construcción pesados.

Algunas viviendas estudiadas cuyo funcionamiento térmico es casi autónomo, no poseen materiales pesados en su envolvente, pero generan una estructura interna de elevada masa que actúa como regulador, por ejemplo: una “estufa rusa”, un hogar a leña, una escalera, armarios, entrepisos, una carga de agua o muros divisorios masivos. Estas estructuras cuyas superficies están expuestas al interior del ambiente, tienen buenas prestaciones para el mantenimiento de las condiciones de habitabilidad.

Con respecto al párrafo anterior, se ha hallado en numerosas bibliografías de otros países, las ventajas térmicas de utilizar muros masivos recubiertos por el exterior con materiales aislantes. Esto encarece y hace dificultosa la construcción y el mantenimiento de la piel de la vivienda, siendo una solución difícil de aplicar en viviendas de interés social de nuestra región.

El material de construcción más utilizado en regiones como esta, a través de la historia de la humanidad, ha sido el barro, en forma de adobes, pared francesa, quincha, estructuras subterráneas cavadas en la tierra, tapiales de tierra y/o de paja encofrada, entre otras formas. Todas estas técnicas tienen en común la utilización de tierra con porcentajes de arcilla y arena, mezclados con fibras vegetales en una masa con cierto grado de humedad. La estructura consiguiente es muy resistente siempre y cuando se evite que circule agua por su superficie. Se podría afirmar que no existe material más natural para la edificación, posee una óptima capacidad higrotérmica, por la cual es capaz de equilibrar tenores de humedad parejos hacia el interior de una vivienda, como así también regular temperaturas internas como ningún otro material (ver Análisis Cuantitativo y Figura N° 28). Según los diseños tradicionales las

viviendas con importantes muros, reducidas aberturas y con buen período de asoleamiento tienen las mejores propiedades para la habitabilidad y el confort con mínimo requerimiento de energía adicional.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los tres Análisis realizados, se presenta una jerarquización de muros masivos. Aunque esto podría variar teniendo en cuenta elementos particulares como la orientación de la pared. Sin embargo, y a las claras de estos análisis, la tecnología que obtuvo los mejores rendimientos fue el Adobe.

Los bloques macizos livianos de hormigón, en conjunto con el ladrillos cocido serían las tecnologías siguientes en orden de jerarquía en cuanto a muros masivos. Otros materiales, no incluidos en esta tesis, como los Bloques de Tierra Comprimida (BTC) o las piedras Tobas, podría esperarse que también tengan buenos comportamientos térmicos aunque falta un análisis mas profundo de los mismos. Al incorporar los bloques cerámicos huecos al análisis, estos presentan muy buenas prestaciones, siendo mejores aislantes para las orientaciones más desfavorables.

Desde una óptica integradora, puede resultar conveniente la utilización de tecnologías mixtas, que de acuerdo a sus mejores propiedades sean ubicados en las orientaciones propicias. Un buen ejemplo de esto es la realización de los tabiques interiores en bloques de hormigón huecos, rellenos de suelo cemento (al 10%) para conferir mayor capacidad térmica al elemento. Del mismo modo podría ser relleno con algún material aislante (poliestireno expandido, viruta, poliuretano, etc.) un bloque hueco orientado al sector Sur o Suroeste de la vivienda.

En el caso de viviendas de Adobe, se pueden utilizar distintas técnicas y proporciones de materiales, de acuerdo a la orientación y con espesores variables de acuerdo al caso. Las prestaciones de esta tecnología antiquísima, siguen hoy teniendo vigencia aunque no en gran escala, y continúan siendo utilizadas y mejoradas en numerosos centros de investigación.

## Apéndice A

### Recomendaciones de diseño para zona IVB. IRAM 11603

“Clima y arquitectura” (CZAJKOWSKI J.D. ET AL 1994)

La Norma IRAM 11603 establece para las zonas bioambientales algunas recomendaciones de diseño. En adelante se describe la Zona IV y luego específicamente la Subzona IVB.

#### ZONA IV: Templada Fría

Se ubica en una faja meridional paralela a la Zona III, ubicada en mayor altura de la Cordillera de los Andes y la región llana del centro y Sur del territorio, que alcanza la costa atlántica de la Provincia de Buenos Aires y Río Negro.

Tiene como límite superior la isolínea de 1170 grados día (coincidente con la isolínea de 22.9°C de TEC), y como línea inferior la isolínea de 1950 grados día.

El período estival no es riguroso, con temperaturas máximas promedio que no superan los 30°C. Los inviernos son fríos, con valores medios entre 4°C y 8°C, y las mínimas medias alcanzan muchas veces valores inferiores a 0°C.

Las tensiones de vapor, alcanzan en verano sus máximos valores, no superando los valores medios los 1333 Pa (10 mm Hg).

Esta zona se subdivide en cuatro subzonas mediante las líneas de amplitud térmica 14°C y 18°C: Subzona IVa. de montaña, **Subzona IVb. de máxima irradiancia**, Subzona IVc. de transición y Subzona IVd. marítima.

### **Recomendaciones de diseño:**

**Aislación térmica:** Se recomienda una muy buena aislación en toda la envolvente, sugiriendo el doble de aislación en techos respecto de muros. En las subzonas a y b que poseen las mayores amplitudes térmicas del país se **agruparán los edificios** favoreciendo el mejoramiento de la inercia térmica. Esta recomendación disminuirá progresivamente hacia la subzona d. La relación superficie vidriada superficie opaca no deberá superar el 15%. En las subzonas c y d se verificará el riesgo de condensación, controlando los puentes térmicos.

**Radiación solar:** Las subzonas a y b poseen una excelente radiación solar potencial en el invierno, que deberá ser aprovechada; recomendándose no solo la ganancia directa, sino la utilización de toda captación y acumulación solar pasiva. Mientras que la subzona d debido a una alta nubosidad no posee recurso solar significativo, recomendándose en ésta fuerte aislación y control de infiltraciones.

### **Orientaciones:**

Para latitudes superiores a 30° la orientación favorable es la N0-N-NE-E.  
Para latitudes inferiores a 30° la orientación favorable es la NO-N-NE-E-SE.

**Ventilación:** En las subzonas secas se recomienda ventilación selectiva con inercia térmica y en las subzonas húmedas deberá controlarse la infiltración en el período invernal y favorecer la ventilación cruzada en el verano.

## BIBLIOGRAFÍA

### *Metodología de Investigación*

ECO, Humberto; 2005.- Cómo se hace una tesis. Gedisa editorial. Barcelona España. 234pp.

FOLLARI, Roberto A.; ¿Para quien investigamos y escribimos?: más allá de populistas y elitistas. Cuaderno de Pedagogía. Universidad Nacional de Cuyo Mendoza Argentina

GARCÍA, Rolando; 2006.- Sistemas complejos: Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria. Editorial Gedisa. Barcelona España. 200pp.

SAUTU, Ruth; 2005.- Todo es teoría. Objetivos y métodos de investigación, Buenos Aires.

### *Marco Teórico Ambiental*

BOFF, Leonardo; 1996.- Ecología: Grito de la Tierra, grito de los pobres. Ediciones Lohlé – Lumen. Buenos Aires Argentina. 281pp.

BRAILOVSKY, A.E.; 1994.- Ecología y política en el tercer mundo. Editor Ecos del Sur. Chile.

ELIZALDE, A., ACEVEDO, M.; Eco-economía y desarrollo. “Aproximaciones éticas y espirituales para la sustentabilidad en el próximo milenio”. “Avances hacia una economía ecológica”. Editorial de la Universidad.

FEDEROVISKY, Sergio; 2007.- Historia del medio ambiente. Capital Intelectual. Buenos Aires Argentina. 99pp.

GONZALES GAUDIANO, E.; 1999.- Otra Lectura de la educación ambiental en América Latina y Caribe. En: Tópicos en Educación Ambiental.

HERRERA, A.O., SCOLNICK, H.D., et al; 1977.- ¿Catástrofe o nueva sociedad? Modelo Mundial Latinoamericano 30 años después. Fundación Bariloche- IDRC- HED. <http://www.idrc.ca>

KEMPF, Hervé; 2007.- Cómo los ricos destruyen el planeta. Libros del Zorzal. Buenos Aires Argentina. 157pp.

LEFF, Enrique; 1998.- Introducción a la Teoría Ambiental. Programa Editorial de Maestría GADU Facultad de Ingeniería UNC. Neuquén Argentina. 118pp.

LEFF, Enrique; 1995.- Globalización, racionalidad ambiental y desarrollo sustentable. México

MONTENEGRO, Raúl; Ecología de Sistemas Urbanos. Programa Editorial de Maestría GADU Facultad de Ingeniería UNC. Neuquén Argentina.

NOVO, María; 1995.- La educación ambiental formal y no formal: dos sistemas complementarios.

NOVO, María; El desarrollo sostenible: sus implicaciones en los procesos de cambio

PNUMA; Manual de Cuentas Patrimoniales. Fundación Bariloche. México 1996. 234pp.

ZEBALLOS DE SISTO, M.C.; 1992.- Sociedades humanas y equilibrio ecológico. Ediciones Letra Buena. Buenos Aires Argentina.

### ***Marco Conceptual***

ALLEN, Eduard; 1978.- La casa "otra" La autoconstrucción según el MIT. Editorial Gustavo Gili, SA, Barcelona España. 357pp.

BUENO, Mariano; 1992.- El gran libro de la casa sana. Ediciones Martinez Roca, S.A., Barcelona España. 287pp.

BUENO, Mariano; 2005.- Conclusiones y propuestas de las 1º jornadas de bioconstrucción y salud en Asturias San Sebastián España. [www.fundaciongea.org](http://www.fundaciongea.org)

KERN, Ken; 1979.- La casa autoconstruida. Editorial Gustavo Pili, S.A., Barcelona España. 396pp.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD; 1990.- Principios de higiene de la vivienda. Ginebra

ORNOLDI, A., & LOS, S.; 1982.- Hábitat y Energía. Editorial Gustavo Pili, SA, Barcelona España. 156pp.

PEARSON, David; 1991.- El libro de la casa natural. Ediciones Oasis, Barcelona España. 287pp.

PIERRE, R.S.; 1983.- Edificación solar biológica. Ediciones Seac, S.A., Barcelona España. 156pp.

RUEDA, Salvador; 1997.- Habitabilidad y calidad de vida. Ciudades para un futuro mas sostenible. Disponible desde Internet en: <http://habitat.aq.upm.es>. (Con acceso 9-9-06.)

WAINSTEIN –KRASUK, Olga et al; 1997.- Hábitat y vivienda: el gran desafío. CEHV-CICYT-FADU-UBA. Buenos Aires Argentina. 94pp.

### ***Energética edilicia***

Asociación de Estudios Geobiológicos; 2006.- Criterios de ahorro para sistemas de calefacción. Disponible desde internet en: [www.gea-es.org](http://www.gea-es.org) (con acceso 9-9-2007)

DE GIACOMI, A., BOTTO, R.I., DORADO, D.D., & TAPIA, C.F.; 1979.- Balance térmico sistemas de calefacción aire acondicionado. Ediciones librería técnica CP67, Buenos Aires Argentina. 234pp.

ESCALONA, V.; 2007.- Incidencia de la inercia térmica en edificios de uso intermitente. Barcelona España

FULTON ECCLI, E., STONER, C.H.; 1978.- Cómo usar las fuentes de energía natural. Editorial Diana. México. 403 pp.

GUERRERO, J., JURGEIT, A., 1994.- Evaluación energética edilicia. FIUNC, Neuquén Argentina

OLADE-CEPAL-GTZ.- Energía y desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe: Enfoques para la política energética. Quito Ecuador. 144pp.

PERELMAN, L. J., GIEBELHAUS, A.W., YOKELL, M.D.; 1983.- Transiciones de las fuentes de energías. Ediciones Aragón. Argentina. 207pp.

STANGANELLI, Isabel; 2005.- Las fuentes de Energía en el cono sur. Editorial Caviar Bleur, Mendoza Argentina. 352pp.

UNCRD-ICLEI; 2000.- Protección del aire y el clima a través del manejo integrado del transporte, usos del suelo y consumo de energía. Estudios de casos sobre prácticas y políticas innovadoras. Bogotá Colombia. 165pp.

RUMOR, C. & STROHMENGER, G.; 1975.- Calefacción ventilación acondicionamiento instalaciones sanitarias. Editorial Científico-Médica HOEPLI. Barcelona España.

### ***Construcción del hábitat popular***

BARBETA, ISOLA, Gabriel; 2002.- Mejora de la tierra estabilizada en el desarrollo de una arquitectura sostenible hacia el siglo XXI. UPC. Tesis Doctoral. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona España

CNUAH (HABITAT); 1977.- Mejoramiento físico de los barrios de tugurios y los asentamientos de ocupantes sin título. Nairobi

CUENYA, B. ALMADA, H.; 1985.- Condiciones de hábitat y salud de los sectores populares. Un estudio piloto en el asentamiento San Martín de Quilmes. CEUR – IDRC. Buenos Aires Argentina. 225pp.

NISNOVICH, Jaime; 1994.- Manual práctico de construcción. Equipo de Apoyo a los autoconstructores “El hornero”. Buenos Aires Argentina.

PNUD; 1994.- Marco teórico para una política nacional de tierra, vivienda y desarrollo urbano-ambiental sustentable. Programa nacional de tierras. Comisión de tierras fiscales nacionales. Buenos Aires Argentina. 155pp.

MASON, B.S., KOCK, F.H.; 1948.- Construcción de casas rurales y week end con troncos, tablas o piedra. Editorial Hobby. Buenos Aires Argentina. 165pp.

Ministerio de Infraestructuras y vivienda. Secretaría de obras públicas. Subsecretaría de desarrollo

- urbano y vivienda; 1995.- Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social. Buenos Aires Argentina.
- STULS, Roland; 1983.- Appropriate building materials. SKAT. Intermediate Technology Publications Ltd. Varnbûelstrasse Switzerland. 323pp.
- Diseño Bioambiental y bioclimático***
- ALIPPI, Juan A.; 1969.- Nociones de climatología aplicada. Publicaciones Argentina, 88pp.
- BAKER, N. & STEEMERS, L.; 2000.- “Energy and Environment in Architecture. A Technical Design Guide”. Londres Inglaterra
- BERTRAND, M.; 1984.- Energía solar, arquitectura y organización espacial urbana. Ediciones AUCA Ltda., Santiago Chile. 58pp.
- EVANS, Martín, SCHILLER, Silvia; 1988.- Diseño bioambiental y Arquitectura solar. EUDEBA. Buenos Aires Argentina. 190pp.
- EVANS, Martín, SCHILLER, Silvia; 2005.- Rol de la envolvente en la edificación sustentable. FADU-UBA. Buenos Aires 5-12pp.
- FABRIS, Aldo, YARKE, Eduardo; 1985.- Tablas del cociente carga para colector para 60 localidades de la argentina. En: ASADES 10° Reunión de trabajo, Neuquén
- GARZON, Beatriz; 2007.- Arquitectura Bioclimática. Ediciones Nobuko, Buenos Aires Argentina. 181pp.
- GONZALO, G. E.; 1998.- Manual de Arquitectura Bioclimática. Ediciones Nobuko. Tucumán Argentina. 468pp.
- GUTIÉRREZ, J.C.P; 2006.- Energía Solar, colectores solares planos. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua México. 114pp.
- LOREN, E.A.; 1996.- Sustainable Building Technical Manual. Green Building Design, Construction, and Operations. Public Technology inc. U.S.A.
- MAZRIA, Eduard; 1979.- The pasive solar energy book. Franco muzzio & c. Editore. Traduzione e adattamento in lengua italiana a cura di Girolamo Mancuso, Sistema solari passivi. 298pp.
- MURPHY, R., RODRIGUEZ, E.; 1980.- Guía de diseño urbano sobre principios de conservación de energía. Ministerios de bienestar social. Secretaría de estado de desarrollo urbano y vivienda. Buenos Aires Argentina. 68pp.
- OLGYAY, Victor; 1963.- Design with climate. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, U.S.A. 190pp.
- OLGYAY, Victor; 1998.- Arquitectura y clima. Traducción Editorial Gustavo Gili. Barcelona España 203pp.

OLGYAY & OLGAY;1957.-  
Solar control & shading devices.  
Princeton University Press,  
Princeton, New Jersey, E.U.A.  
201pp.

PAPPARELLI, A et al; 1978.-  
Arquitectura y clima en zonas  
áridas. Editorial Fundación  
Universidad Nacional de San Juan.  
San Juan, 664pp.

ROSENFELD, E., GUERRERO,  
J.L.; 1979.- Conjuntos Habitaciona-  
les con energía solar. Suplemento  
15. Ediciones Summa. I.A.S.,  
F.A.B.A., Buenos Aires Argentina.  
191pp.

WRIGHT, D.; 1978.- Natural solar  
architecture a pasive primer. VNR.  
New York U.S.A. 245pp.

### *Evaluación de Tipologías de viviendas y balance térmico*

ACEVEDO, S., ABALERON, A.,  
CRIVELLI, E.; 1990.- Auditorías  
energéticas sobre ocho viviendas de  
hogares de escasos recursos de San  
Carlos de Bariloche. Argentina

EVANS, Martín; 1980.-  
Comportamiento térmico de  
paredes y techos. Subsecretaría de  
estado de desarrollo urbano y  
vivienda Subsecretaría de vivienda.

PICCININI, O.R., GUERRERO,  
J.L., ARROYO, L.C., PIVA, N.N.,  
MENA, MIGUEL,  
FERNANDEZ, F; 1996.- El  
comportamiento bioclimático de las  
viviendas aisladas, en los planes

financiados por el estado. FIUNC,  
Neuquén Argentina.

ROSENFELD, Elias,  
CZAJKOWSKI, J.D.; 1992.-  
Catálogo de tipologías de viviendas  
urbanas en el área metropolitana de  
Buenos Aires. Su funcionamiento  
energético y bioclimático. Facultad  
de Arquitectura y Urbanismo de la  
Universidad Nacional de La Plata  
Argentina.

UPC Universidad Politécnica de  
Cataluña; 1999.- Confort y estrés  
térmico, Cataluña España

