

EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO EN VIVIENDAS CON CERRAMIENTOS DE MAMPOSTERÍA DE LADRILLO CERÁMICO

EVALUATION OF THE THERMAL COMFORT OF STRUCTURAL CAST IN PLACE CONCRETE HOMES WITH CERAMIC BRICK INFILL

Bernardo Cabrerizo Barrientos

Centro de Investigaciones en Arquitectura y Urbanismo – CIAU

Universidad Privada Boliviana

bcabrerizo@upb.edu

(Recibido el 10 de octubre 2012, aceptado para publicación el 20 de diciembre 2012)

RESUMEN

El trabajo se enfoca en el confort térmico de viviendas construidas en ladrillo cerámico, para el clima de la ciudad de Cochabamba. El objetivo del estudio fue realizar la evaluación del confort térmico de viviendas construidas en ladrillo cerámico, de manera de identificar las características y necesidades que permitan plantear alternativas bioclimáticas para el diseño y construcción de viviendas, considerando las variables que intervienen y determinan la confortabilidad térmica - variables externas medioambientales, variables internas (envolvente), parámetros arquitectónicos y variable hombre (usuario). En base al estudio de estas variables, se realizó la evaluación del confort térmico de viviendas seleccionadas en la ciudad de Cochabamba, determinándose el comportamiento térmico mediante mediciones de campo, análisis, simulaciones informáticas y evaluación. A partir de esa evaluación, se plantearon recomendaciones a ser consideradas en el diseño arquitectónico para lograr la confortabilidad térmica para el clima de la ciudad de Cochabamba.

ABSTRACT

This work investigates on the thermal comfort of homes built with ceramic brick in terms of the climate of Cochabamba. The primary objective of this study was to generate a baseline for key variables regarding thermal comfort for ceramic brick homes in Cochabamba in order to propose passive design alternatives for the design and construction of homes. Selected homes in the subdivision of Cochabamba were evaluated for thermal with respect to relevant factors including the external environment, the indoor space, and human (user) behaviors and preferences. Through monitoring data, analysis and simulations their thermal behavior was characterized. Based on the results, architectural recommendations are made for designing thermally comfortable residences for the climate of Cochabamba.

Palabras Clave: Confort Térmico, Arquitectura Bioclimática, Sistemas Pasivos de Diseño.

Keywords: Thermal Comfort, Bioclimatic Architecture, Passive Design.

1. INTRODUCCIÓN

Por décadas el hombre ha buscado en sus construcciones satisfacer necesidades de cobijo ante las inclemencias del medio tales como el frío, calor, viento, lluvia y sol, así como generar espacios dotados de bienestar para el desarrollo de sus actividades, descanso y ocio.

Al hablar de confort en las edificaciones, se debe tomar en cuenta los diferentes parámetros y factores que inciden de manera directa e indirecta en la sensación que tienen las personas dentro de un determinado ambiente, así como la relación entre el interior y el exterior [1].

Si bien para evaluar el confort ambiental se debe considerar no sólo el confort térmico sino también otros factores, como la calidad del aire, iluminación, niveles de ruido, en el presente documento se verá específicamente el confort térmico dejando para trabajos posteriores el confort ambiental, lumínico, visual y acústico.

Evaluar el confort térmico conlleva un alto grado de complejidad, ya que lo que puede ser confortable para uno, no lo es para otros. En el confort térmico interactúan varios factores y parámetros, destacándose tres variables: 1 Externas (medio ambiente), 2 Internas arquitectónicas (características formales y constructivas) y 3 Usuario (metabolismo y cultura), Figura 1.

En base a la primera y tomando en cuenta la tercera variable, se debe diseñar y construir las edificaciones de manera tal de establecer las características que deba tener la segunda variable con el objetivo de lograr el confort térmico en las edificaciones nuevas. Para evaluar el confort de las edificaciones, se debe tener presente que la interacción de las tres variables determina las condiciones de confort.

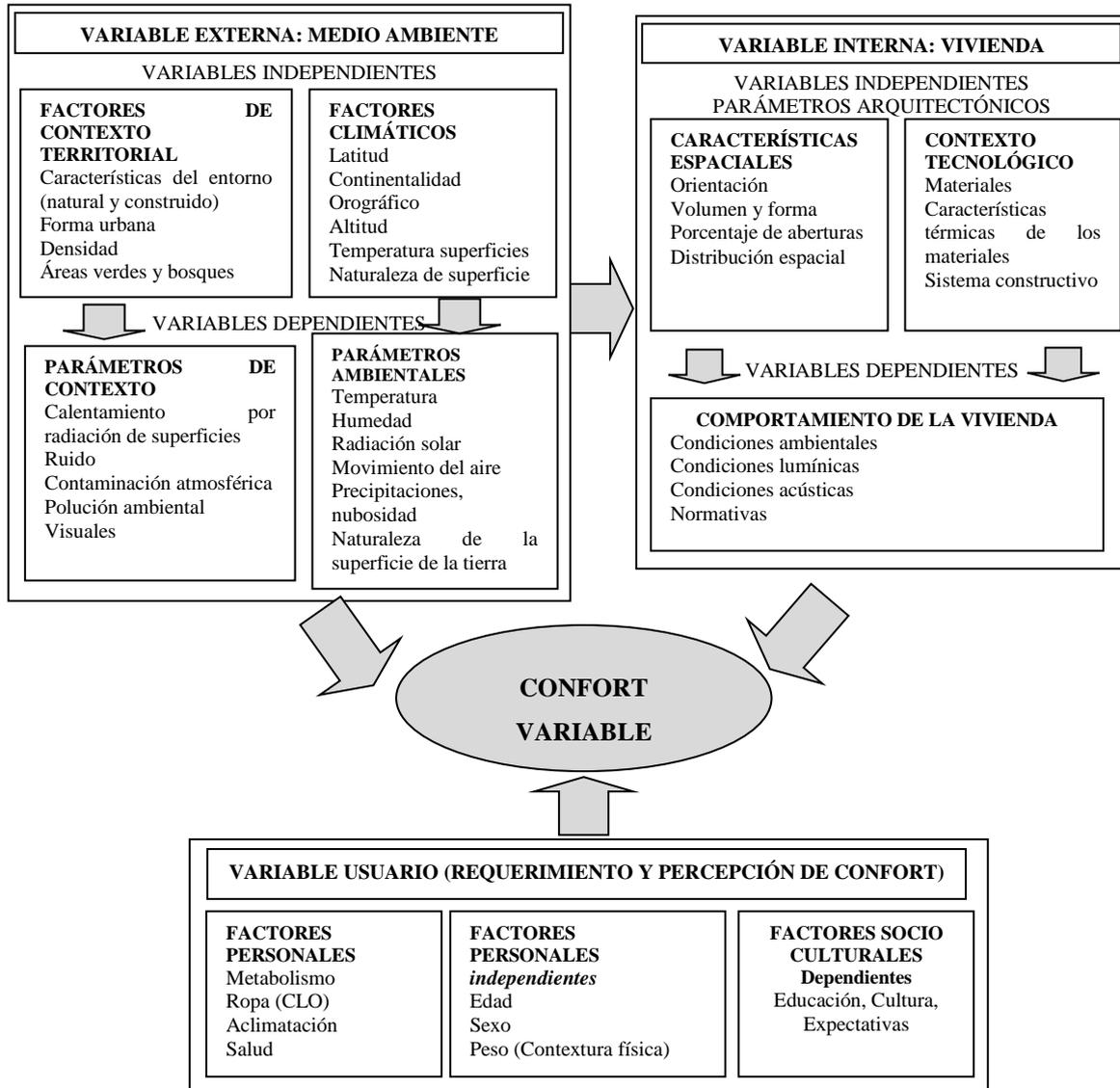


Figura 1- Esquema de variables y factores del confort [2].

El clima juega un papel preponderante en el momento de evaluar el bienestar térmico en una edificación, toda vez que las condiciones ambientales influyen directamente en el comportamiento o intercambio térmico entre la edificación, su entorno y el hombre.

La variable usuario responde a características metabólicas de las personas y la forma de respuesta o adaptación a las condiciones específicas del ambiente, es independiente de las condiciones exteriores y, más bien, se relacionan con las características biológicas, fisiológicas, sociológicas, culturales o psicológicas de los individuos.

Por lo general es difícil cuantificar los factores de confort relacionados a la variable usuario, sin embargo, existen varios estudios y métodos que permiten considerar objetivamente los factores personales con el propósito de evaluar las condiciones de adaptabilidad a un determinado lugar en función de las características del usuario y de las actividades que en él se realizan *i.e.* no es lo mismo un ambiente para actividades sedentarias que para actividades de esfuerzo físico [3], [4].

La norma ISO 7730[5] considera que un espacio presenta condiciones de confort térmico cuando no más de un 10% de sus ocupantes se sienten insatisfechos, la Figura 2 muestra este porcentaje y rangos o zona de confort, la que se establece mediante el cálculo del balance energético del cuerpo¹ y la tendencia de insatisfacción de los usuarios, designados como PPI (porcentaje de personas insatisfechas), y el VMP (voto medio previsto).

¹ El resultado del balance energético del cuerpo es la diferencia entre el metabolismo y la transferencia de calor del cuerpo y el ambiente.

$$PMV = (0.303 * e^{-0.036 * M} + 0.028) * S$$

$$PPI = 100 - 95 * \exp(-0.2179 * VMP^2 - 0.03353 * VMP^4)$$

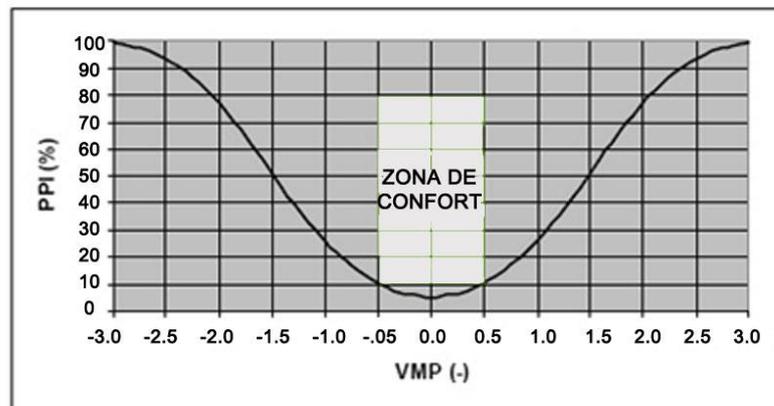


Figura 2 - Determinación del Porcentaje de Personas Insatisfechas PPI, Norma ISO 7730 [5].

Los factores socio-culturales *e.g.* tipo de vestimenta (factor CLO), por ser variables más subjetivas, son aún más difíciles de medir, la evaluación es cualitativa por medio de encuestas de percepción que permitan valorar la influencia de estos factores en los requerimientos de confort.

▪ Variables internas (Arquitectónicas)

Los parámetros arquitectónicos están directamente relacionados con las características de las edificaciones tanto a nivel de diseño como del sistema constructivo, los materiales utilizados, las características y el comportamiento térmico de estos, así como de la implantación del hecho arquitectónico en el entorno.

La transferencia o el intercambio de calor entre la edificación y el entorno inmediato está definida por las características del material de los cerramientos y su capacidad de respuesta ante las variaciones de los parámetros ambientales tales como la temperatura, radiación solar, movimiento del aire, color de los cerramientos, etc., que provocan los fenómenos de la conducción bajo el régimen transitorio por medio de los flujos de acumulación y transferencia, los cuales se manifiestan en el retardo y la amortiguación de la onda de calor característica de la inercia térmica [6].

Para permitir un mejor aprovechamiento y captación directa de calor, es primordial considerar la orientación de las fachadas y la cubierta, permitiendo una mayor o menor radiación solar sobre las superficies de acuerdo a las necesidades de la edificación y de los ambientes.

Para favorecer los efectos de ventilación y circulación del aire caliente, se debe evitar las viviendas con una sola orientación, fundamentalmente sur, las viviendas con espacios de doble orientación N-S son los más adecuados, tanto para refrigerar los ambientes en verano como para favorecer la renovación higiénica del aire durante las diferentes estaciones del año.

La forma que adopte la edificación será importante a tiempo de proyectar la edificación, comprendiendo este factor como la relación entre la superficie exterior de ganancia o pérdida de calor y el volumen que esta encierra, para climas templados como el de Cochabamba, figura 3, se recomienda las formas alargadas en dirección Este – Oeste, para lograr una mejor captación de la radiación solar, teniendo el cuidado de no incrementar en demasía la superficie de la cubierta para evitar la excesiva incidencia de esta en la temperatura interior de la vivienda, toda vez que las cubiertas constituyen la superficie de la envolvente que mayor intercambio de calor tiene con el exterior, en cuyo caso se deberá plantear más de un nivel, lo cual permitirá a su vez una mejor distribución del aire al interior,.

El ancho máximo de las edificaciones con orientación norte no debe exceder de los 10 metros, para un mayor aprovechamiento de la ganancia de calor a través de las ventanas, de igual forma el ancho de los ambientes no debe superar dos veces y media la distancia del suelo al dintel de la ventana, de esta forma se asegura que el sol penetre toda la profundidad del espacio interior, Junta de Andalucía [7]

La orientación sur, es la más fría y oscura, excepto en verano, debe ser la menos utilizada, por consiguiente de preferencia debe ser la elegida para ser adosada a otra edificación o muro perimetral, tomando en cuenta de no generar conflicto en las viviendas contiguas.

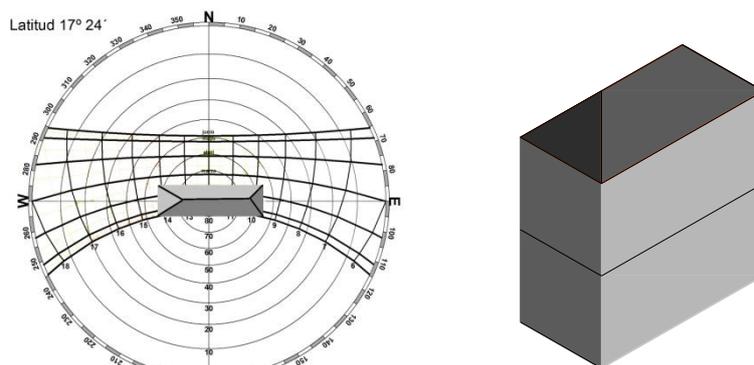


Figura 3 - Factor Forma.
Fuente: elaboración Propia.

A nivel de cerramientos tanto interiores como exteriores, es necesario considerar las características de los materiales de manera tal de lograr inercias térmicas que permitan acumular calor durante el día y transferir el mismo por la noche logrando de esa forma un confort térmico en los ambientes durante las 24 horas.

2. METODOLOGÍA

El estudio se basó en el análisis de las variables externas, internas y del usuario de acuerdo a la Figura 1. El universo del estudio está conformado por 90 viviendas construidas con cerramientos de mampostería de ladrillo cerámico y cubiertas de teja cerámica, ubicadas en la zona norte de Cochabamba.

Tomando en cuenta que la mayor o menor captación de calor por radiación solar está en función de la orientación de las fachadas de la edificación, se seleccionaron para el análisis tres viviendas tipo, las cuales se ubican dentro de una misma zona climática, pues lo que se pretendió es observar el comportamiento de un mismo tipo de edificación, de volumen, similar número de ocupantes, materiales constructivos y con las mismas variables climáticas, pero con características de implantación y orientación diferentes.

Se realizaron mediciones, a nivel micro climático de cada una de las viviendas, de temperatura, humedad, radiación de paredes y techos, vientos (velocidad y dirección) y análisis de asoleamientos, tanto interior como exterior, los mismos que fueron comparados entre sí y contrastados con los datos estadísticos oficiales de temperaturas, humedad, vientos de la ciudad de Cochabamba, ello permitió evaluar la influencia de las variables dependientes e independientes del clima y el entorno sobre las variables dependientes relacionadas al comportamiento en la vivienda y los materiales de cerramiento.

Esta información se cruzó con la percepción de los usuarios a través de las encuestas diseñadas para evaluar las sensaciones y percepciones del nivel de satisfacción del confort térmico en cada una de las viviendas.

Para concluir se realizó una simulación en programas informáticos [8], utilizando los datos de campo referentes a las características climáticas, constructivas y de orientación de las viviendas.

En base a esta información se establecieron conclusiones que permitieron elevar recomendaciones y propuestas de intervención de sistemas pasivos de confort térmico en viviendas de ladrillo cerámico para climas templados.

3. ESTUDIO DE CASOS

3.1 Variables Externas - Medio Ambiente

En base a los datos meteorológicos se elaboró la caracterización del clima de la ciudad de Cochabamba, los mismos que se resumen en la figura 4 y la tabla 1, presentando un bioclima xérico, termotipo mesotropical y ombrotipo seco inferior, los mismos en su condición de factores y parámetros de contexto inciden de forma directa en las condiciones térmicas de las viviendas por tanto en la formulación de estrategias de confort térmico.

La figura 5 muestra el asoleamiento diario tanto en invierno como en verano, estableciéndose un promedio anual de 11.06 horas de sol, suficientes como para inducir la incidencia solar en el interior de la vivienda y generar el almacenamiento térmico mediante el uso de materiales en la envolvente, durante la temporada de invierno.

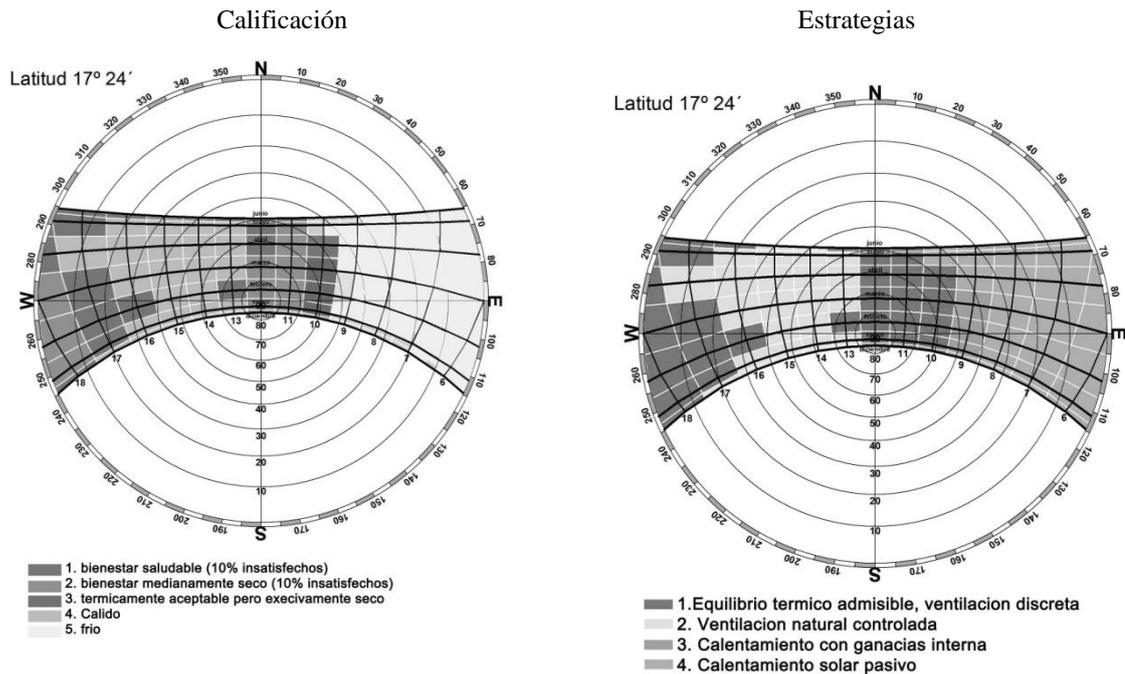


Figura 4 - Carta Solar Estereográfica Calificación estrategias Cochabamba [9].

TABLA 1- CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE COCHABAMBA

Temporada	Características	Duración (meses)	Temperatura media (°C)	Gradiente térmica (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación Pluvial promedio Temporada (milímetros)	Fenómenos especiales	Confort térmico
Invierno	Frió - Templado seco	Junio-julio	13.8	22.94	48	1.9	- Frío intenso a templado a primeras horas de la mañana - Cálido en horas de la tarde - Frío en las noches	A partir de las 10:00 am hasta las 17:00 pm
Transición	Templado seco	Marzo - mayo Agosto - octubre	17.6	17.48 8.76	52 48	29 11	- Fuertes vientos de agosto a septiembre - Calor intenso y seco por las tardes de octubre a noviembre	Durante el día, exceptuando las primeras horas de la mañana
Verano	Templado - cálido	Noviembre - Febrero	19.15	12.76	63	335	- Templado durante las primeras horas de la mañana y la noche - Cálido por las tardes - Precipitaciones de diciembre a marzo	Durante el día a excepción de las primeras horas de la tarde

Las características de temperatura humedad y soleamiento para la ciudad de Cochabamba presentan condiciones de frío durante la mañana hasta las 9:00 horas durante todos los meses del año, para luego a partir de las 10 entran en bienestar en sus distintas categorías con diferentes porcentajes de satisfacción, en la tarde se muestra cálido, para luego pasar por la noche a bienestar admisible. En base a esta calificación se plantean algunas estrategias bioclimáticas, tales como calentamiento pasivo durante las primeras horas de la mañana para posteriormente mediante ventilación natural controlada, humidificación de los ambientes y mejoramiento de la inercia generar niveles de confort térmico por la tarde y noche.

3.2 Variables internas - VIVIENDA

Se examinaron las variables internas independientes, partiendo de un análisis de los parámetros arquitectónicos, características espaciales, orientación, forma y distribución, materiales y el sistema constructivo de las viviendas, los cuales influyen directamente en el comportamiento térmico, como variables dependientes.

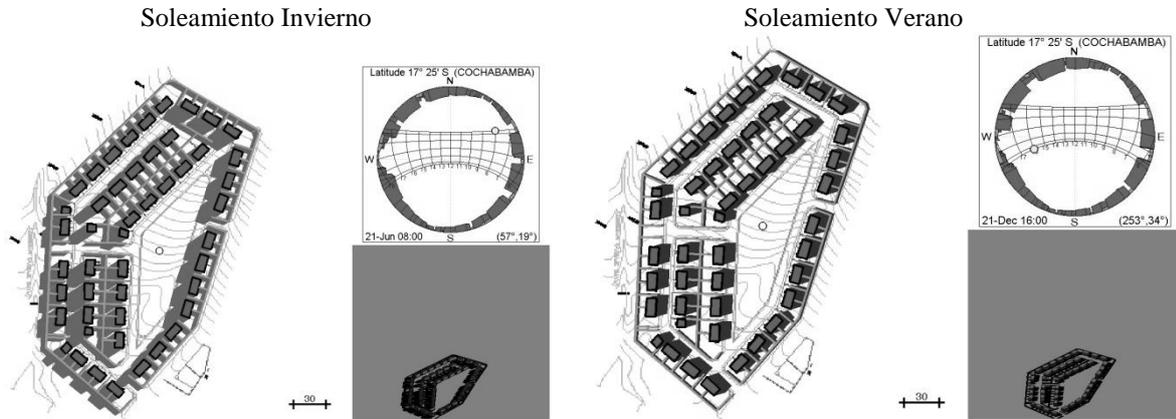


Figura 5- Soleamiento urbanización Tunari.

El trabajo se centró en las condiciones ambientales térmicas, para ello se levantaron datos de temperatura, humedad relativa, temperatura de las superficies, velocidad y dirección de los movimientos de aire, temperatura radiante de los muros internos y perimetrales, tanto al interior como al exterior (inmediato) de las viviendas. Según su fachada principal y posterior: la vivienda 1 está orientada NO - SE; la vivienda 2 de SO - NE; la vivienda 3 de E - O.

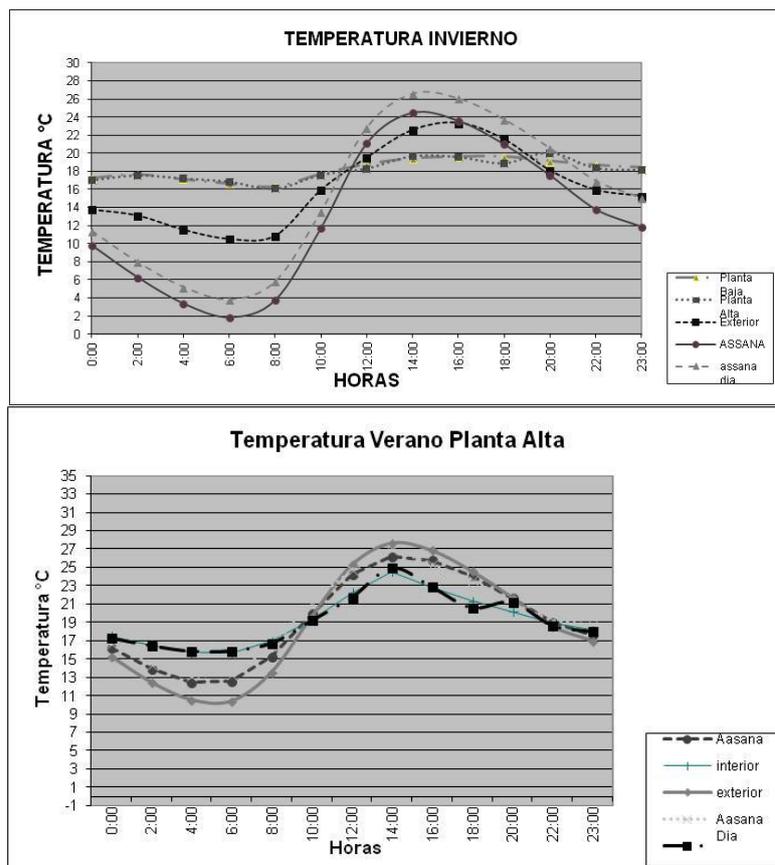


Figura 6 – Temperaturas promedio.

Las temperaturas en invierno se encuentran por debajo de la temperatura de confort térmico. La vivienda 1 ostenta en invierno y verano las temperaturas más altas, la vivienda 2 presenta la menor temperatura en invierno y verano, se requiere incrementar la temperatura en invierno. La vivienda 3 calor excesivo en verano, y moderado en invierno, a

manera de ejemplo, en la Figura 6 se muestra las gráficas de temperatura comparada entre interior y exterior, y en la Figura 7 se muestra las temperaturas de cada ambiente de la vivienda 1.

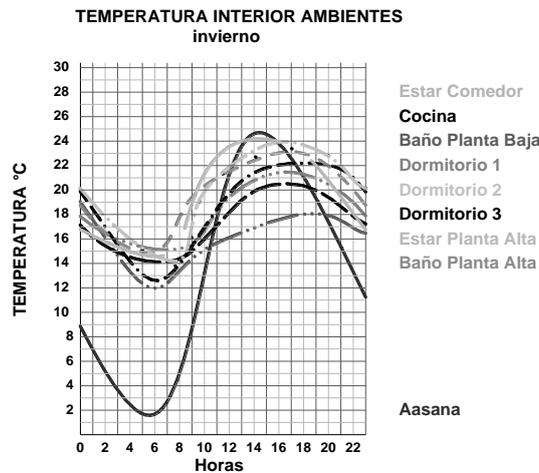


Figura 7- Temperaturas ambientes invierno.

▪ **Humedad**

Las tres viviendas se presentan con déficit de humedad, por debajo del promedio recomendado por la ISO 7730, principalmente en invierno; en verano, las viviendas son medianamente secas por la tarde, Figuras 8 y 9.

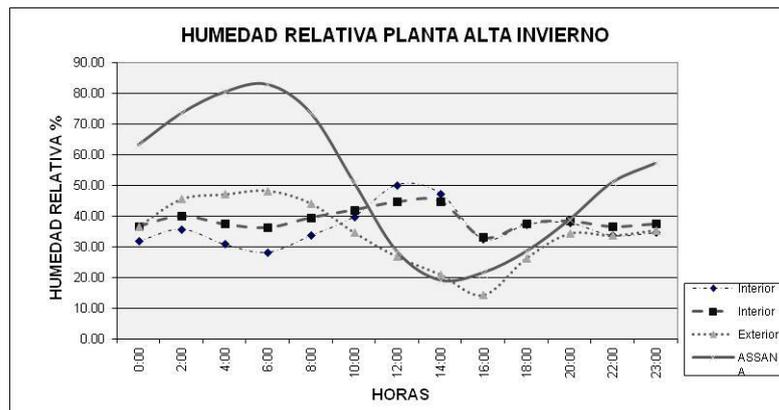


Figura 8 - Humedad relativa invierno.

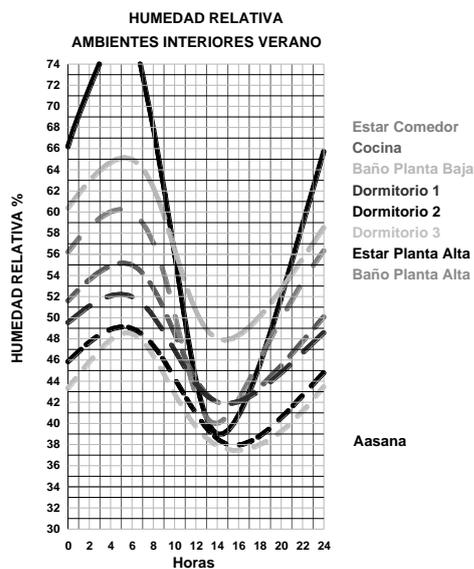


Figura 9 - Humedad relativa ambientes interiores verano.

Uno de los problemas en Cochabamba es la falta de humedad, por lo tanto, se debe incrementar los niveles de humedad, proceso que en general debe ir acompañado por algún sistema de calentamiento pasivo que incremente la temperatura en forma proporcional al incremento de humedad. Se recomienda intervenir tanto en la vivienda como en el terreno aledaño.

En la vivienda, se sugiere que el diseño contemple patios interiores o un invernadero, el cual debe estar orientado al norte, el invernadero generará un mayor incremento de temperatura y humedad, deberá tener doble altura para favorecer las corrientes convectivas tanto de humedad como de calor hacia todos los ambientes de la vivienda.

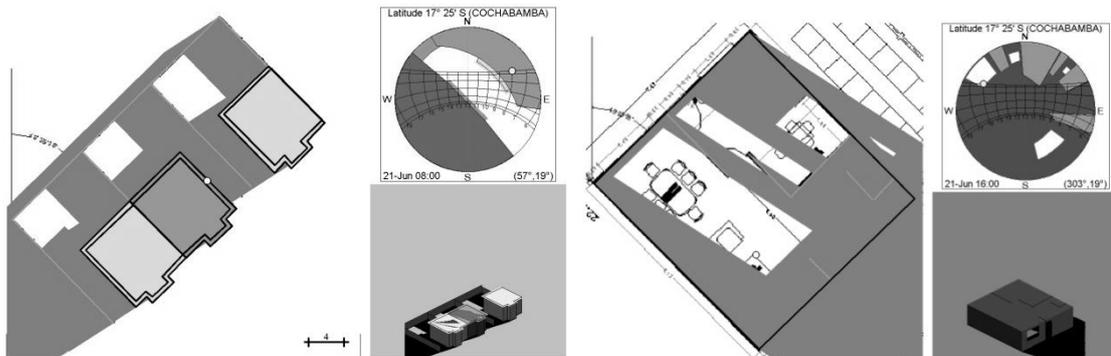


Figura 10 - Exposición solar invierno.

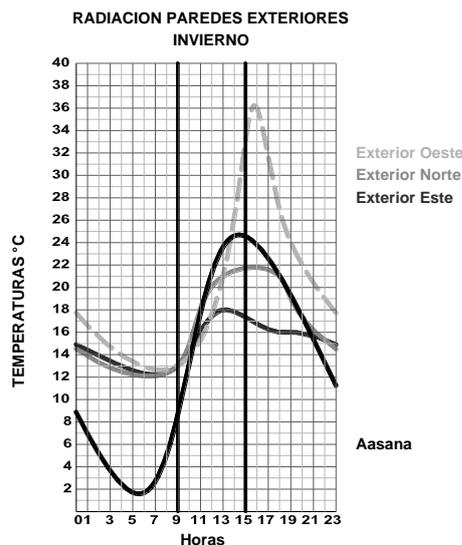


Figura 11 - Radiación paredes exteriores invierno.

En las figuras 10 y 11 se observan la exposición y la radiación solar, en invierno las fachadas con orientación NE, N y NO reciben entre 7 y 10 horas de sol favoreciendo la captación de calor de las superficies, para luego ser transmitidas al interior. Las fachadas E y SE reciben entre 4 y 5 horas de sol (mañana), la fachada O. con 5 horas de sol por la tarde permite una buena acumulación de calor para las horas de la noche, las fachadas S y SO no reciben radiación solar, por tanto se debe intervenir sobre estos cerramientos para evitar pérdidas de calor.

En verano las fachadas NE, NO reciben 5 horas de sol casi la mitad de la que recibe en invierno, la N no recibe radiación solar directa, las fachadas E, SE y SO recibe entre 6 y 7 horas de sol, la fachada O recibe 5 horas de sol, la fachada S recibe sol durante todo el día.

Las viviendas con dirección N-NO son más fáciles de enfriar en verano y de calentar en invierno, la orientación óptima se encuentra entre las orientaciones N-NE y N-NO.

De acuerdo a este análisis se pudo evidenciar que la mejor orientación para viviendas en Cochabamba son Norte, Noreste y eventualmente Noroeste, por tanto se debe diseñar la mayor superficie de fachada hacia el norte con una variación de más menos 30°, lo cual posibilita entre las 9:00 y las 16:30 horas se capte el 90% de la radiación solar durante el día en gran parte del año, Figura 12.

Las viviendas de planta cuadrada no son las más óptimas, las de planta alargada en la dirección N-S son las menos óptimas, mientras que la más adecuadas son las de planta alargada en dirección E-O (Este-Oeste). Las áreas de servicios y circulaciones se deben orientar al Sur, Suroeste o Sureste, toda vez que en esas orientaciones los espacios actúan como “reguladores térmicos”. La orientación norte permite una ganancia solar directa (excepto verano), por tanto esta fachada debe tener un máximo de superficie captadora de energía, la fachada este no requiere de mayores tratamientos, la fachada oeste por estar expuesta a una mayor radiación requiere de parasoles con un mínimo de aberturas, la sur un máximo de aislamiento térmico para evitar pérdidas de calor al interior.

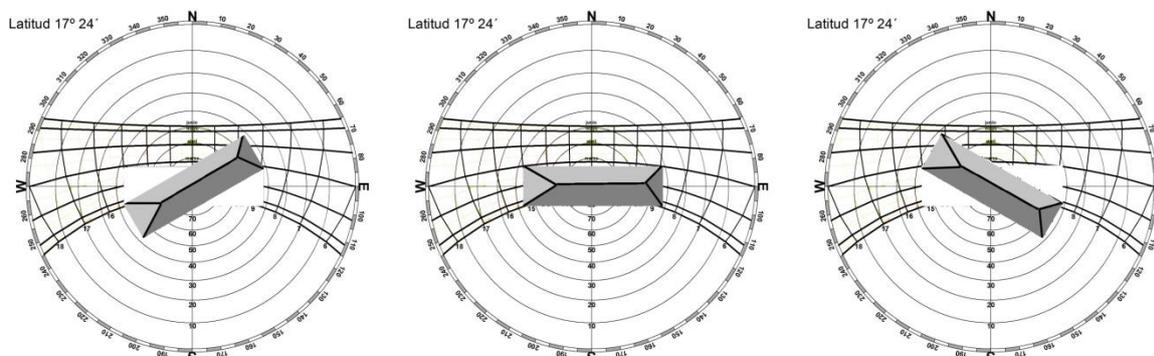


Figura 12 - Orientación.
Fuente: elaboración propia.

TABLA 2- RESUMEN TRANSMISIÓN DE CALOR

Vivienda: 1 - Estación: Invierno

Fachada	Orientación		Temperatura media °C	Retardo Hr	Amortiguación %	Flujo medio W/Mt2
Frontal	Sudeste	224° 24' 28"	15.5	3.50	33.70	-5.8
Lateral	Noreste	314° 24' 22"	18.6	3.75	28.10	2.2
Posterior	Noroeste	44° 24' 26"	18.1	2.00	27.10	1.2
Cubierta	Sudeste	24° inclinación.	15.9	3.00	12.40	-2.1
Cubierta	Noroeste	24° inclinación.	17.5	3.25	13.00	-0.6

En la Tabla 2 y la Figura 13, se presenta una síntesis del comportamiento de los muros de la vivienda 1 en función de la orientación, establecida mediante simulación informática empleando los datos registrados en la vivienda [8]. En ellas se tiene la temperatura media que alcanza el muro y los parámetros de la inercia térmica en los cerramientos, el retardo (medido en horas), el porcentaje de amortiguación que presenta el cerramiento (a menor valor mayor el amortiguamiento del muro), por último el flujo medio (watts por metro cuadrado) determinando la pérdida o ganancia de calor del muro.

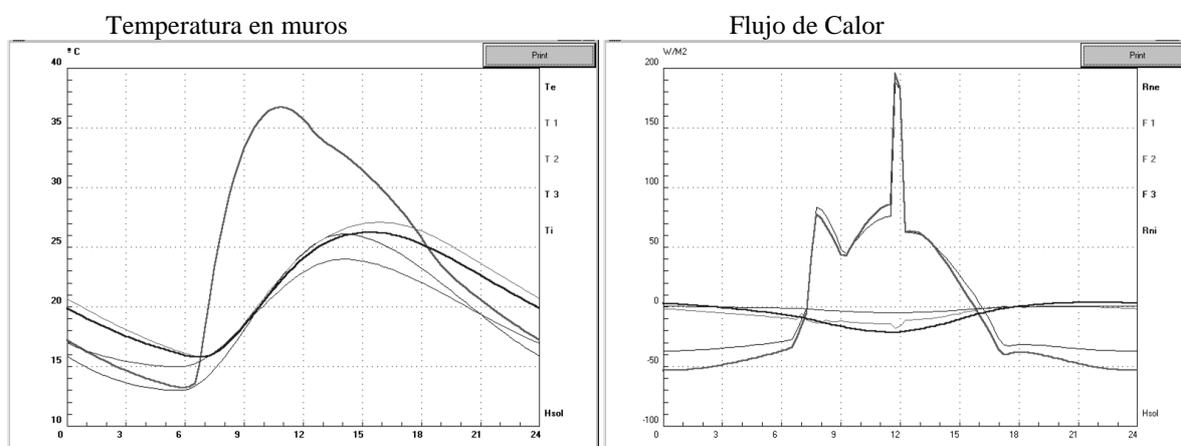


Figura 13 - Comportamiento térmico muro fachada frontal.

▪ *Transmisión de calor invierno*

Los muros orientados al Este presentan inercias térmicas moderadas, los muros al Sur, Sureste y Suroeste presentan inercias térmicas débiles, los flujos de calor se muestran negativos y la radiación interna (Rni) no aporta en la ganancia térmica de los ambientes, por lo que se debe proponer alternativas para mejorar su comportamiento térmico.

▪ *Transmisión de calor en verano*

Los muros al Noroeste, Sudoeste y Oeste son los que presentan inercias térmicas débiles, los muros al oeste permiten en verano mayores radiaciones internas (Rni), contribuyendo a incrementar la temperatura interior con un aporte de más de 2 W/m^2 , es necesario incrementar la capacidad de amortiguación en estos muros, para disminuir la Rni.

La radiación Solar efectiva sobre los muros con Orientación Norte, NE y NO es más de dos veces superior en invierno que en verano. La radiación efectiva sobre los muros O y SO son similares en verano e invierno, los muros al S, SE y SO reciben casi la mitad de radiación en invierno que en verano.

De acuerdo a los estudios para conseguir una buena inercia térmica, el espesor óptimo de los muros debe ser de 25 a 35 cm en muros de ladrillo. En cerramientos multicapas, la capa más próxima al interior debe ser la de mayor densidad, mientras que al exterior debe tener mayor resistencia y capacidad aislante, toda vez que la naturaleza acumuladora de calor de la capa en contacto con el ambiente exterior que recibe la radiación solar hará que la temperatura del aire varíe, más o menos de prisa con el impacto incidente [8]

Los muros interiores deberán ser ligeros, con una masa no mayor a los 200 kg/m^2 y un espesor no menor a los 10 cm. La masa acumuladora de las divisiones debe estar repartida homogéneamente por todas las superficies envolventes del espacio habitacional, pues la concentración de masa en un espacio o superficie favorece la fluctuación de la temperatura interior, actuando con menos eficacia que si ésta se reparte por toda la periferia, al distribuir la masa acumuladora permite lograr temperaturas uniformes en todas las paredes, y por lo tanto, menor posibilidad de discomfort por asimetría térmica en los ambientes.

En el estudio se pudo evidenciar que los muros perimetrales de las fachadas Sudeste (SE), Sur (S) y Sudoeste (SO), presentan deficiencias a nivel de inercia térmica, por tanto se propone que estos muros deban tener características diferentes que permitan mejorar los valores de retardo y amortiguamiento, para lograr niveles óptimos de inercia térmica, para ello se plantean tres opciones de intervención, Figura 14.

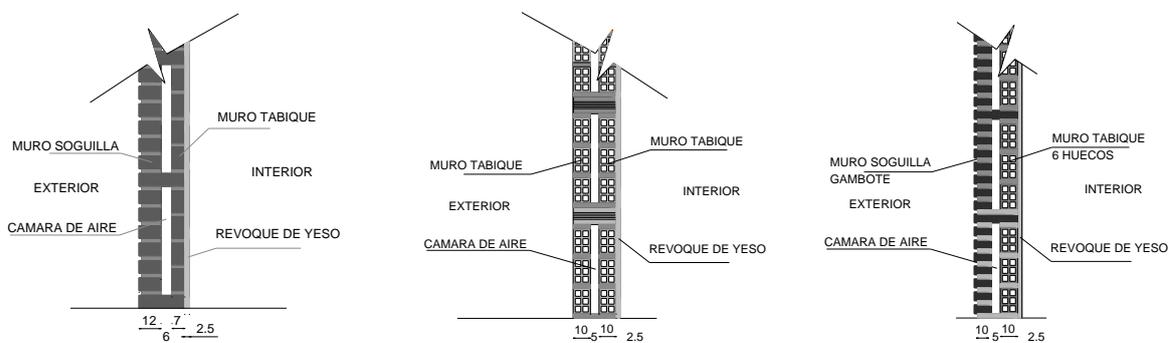


Figura 14 - Muros exteriores con aislamiento térmico para paredes lado S, SE y SO.

A nivel de aberturas la mayor superficie de ventanas debe estar al norte entre NNE y NNO, toda vez que en junio el sol sale a los 64° a hrs. 6:31, y se pone a los 295° a horas 18:06, permitiendo una mejor captación de calor, al oeste se contemplaran ventanas pequeñas, incluir parasoles u otros elementos de protección que eviten la radiación directa para evitar un sobrecalentamiento en verano, se deberá evitar las ventanas al sur para disminuir la pérdida de calor en invierno y el sobrecalentamiento en verano. Para climas como el de Cochabamba, la relación entre la superficie acristalada y la construida debería ser de 0.2 a 0.4.

▪ *Vientos*

Por dirección de los vientos dominantes, Figura 15, y la configuración de las viviendas y la disposición de las aberturas, Figura 16. Los vientos atraviesan en forma longitudinal a la vivienda, favoreciendo la renovación higiénica del aire, durante el periodo de calma, en el periodo de mayor intensidad los vientos provienen en sentido de los ambientes más fríos por lo que no favorecen a refrescar los ambientes más cálidos que se encuentran en el lado opuesto a la dirección de los vientos dominantes.

Las aberturas deberán estar orientadas de tal manera de posibilitar el flujo de aire, tanto para la renovación higiénica del aire como para refrescar los ambientes más cálidos en verano, para ello es importante considerar los vientos dominantes en la zona de emplazamiento de la vivienda.

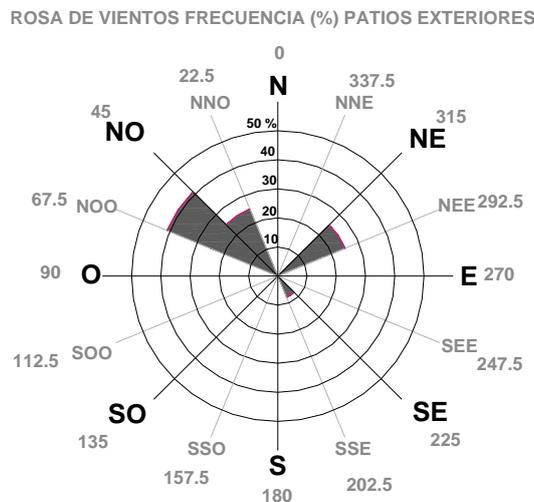


Figura 15 - Frecuencia vientos.

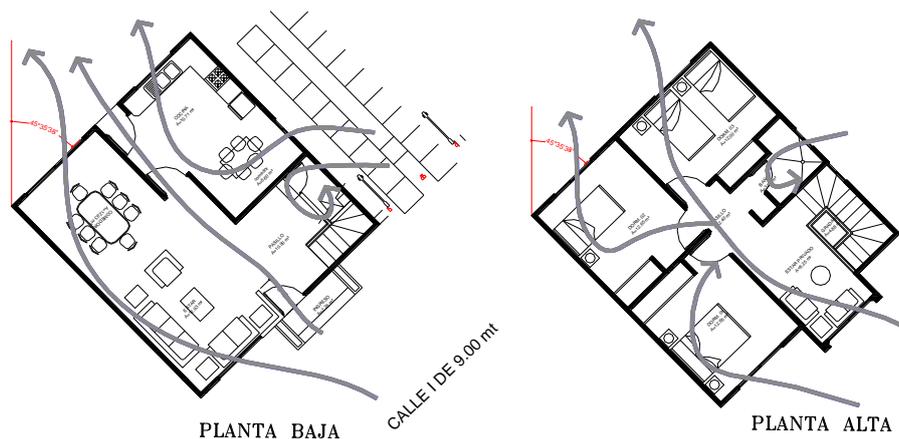


Figura 16 - Flujo de vientos.

3.3 Variable Hombre – Requerimientos y Percepción de Confort

Con referencia a esta variable, se desarrolló una encuesta a 30 familias un tercio del universo total, para conocer la percepción del usuario y confrontadas como los valores de confort establecidos y recomendados por las Norma ISO 7730, ello arroja una valoración de tipo cualitativa del confort alcanzando a un 3.5% de insatisfacción por lo que se considera que las viviendas cumplen con la norma.

3.4 Determinación del Confort

En base a los datos obtenidos en cada una de las variables, se compararon los resultados tanto del interior como del exterior de las viviendas para establecer su interrelación. Las mismas que se contrastaron con las recomendaciones de las normas y las gráficas de confort para identificar las necesidades reales de estas viviendas y sus posibles mejoras.

Como se puede apreciar en la Figura 17, las viviendas están calificadas como de bienestar medianamente seco a bienestar saludable, durante las primeras horas de la mañana, se está en bienestar admisible. Durante gran parte del año se presenta ambientes secos ocasionando que los porcentajes de insatisfacción a nivel de humedad se encuentran entre el 10 y 20%, valores por encima de lo que establece la ISO 7730.

En la Figura 18 se presentan las posibles estrategias de intervención: En invierno las viviendas requieren de ganancia térmica mediante inercia térmica y ganancia con cargas internas, e incrementar la humedad, en verano se encuentran

con equilibrio térmico debiendo realizar ventilación discreta, la vivienda 1 requiere reducir la temperatura mediante ventilación natural fundamentalmente durante la tarde.

En las tres viviendas se requiere mejorar el comportamiento de los muros mediante inercia térmica, en los cerramientos con orientación Oeste (O), Sudoeste SO, Sur (S) y Sudeste (SE).

Se debe estudiar mecanismos para incrementar la humedad en la vivienda, a su vez debe posibilitar la ventilación natural controlada en los ambientes con orientación Oeste (O) y Noroeste (NO) durante el verano.

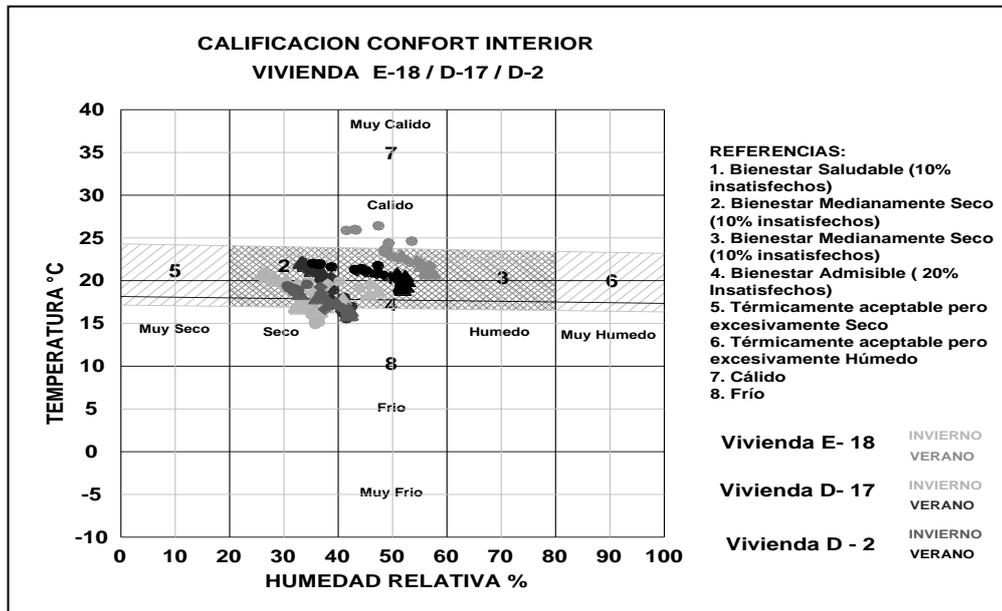


Figura 17 - Climograma de bienestar adaptado (calificación) [9], [10].

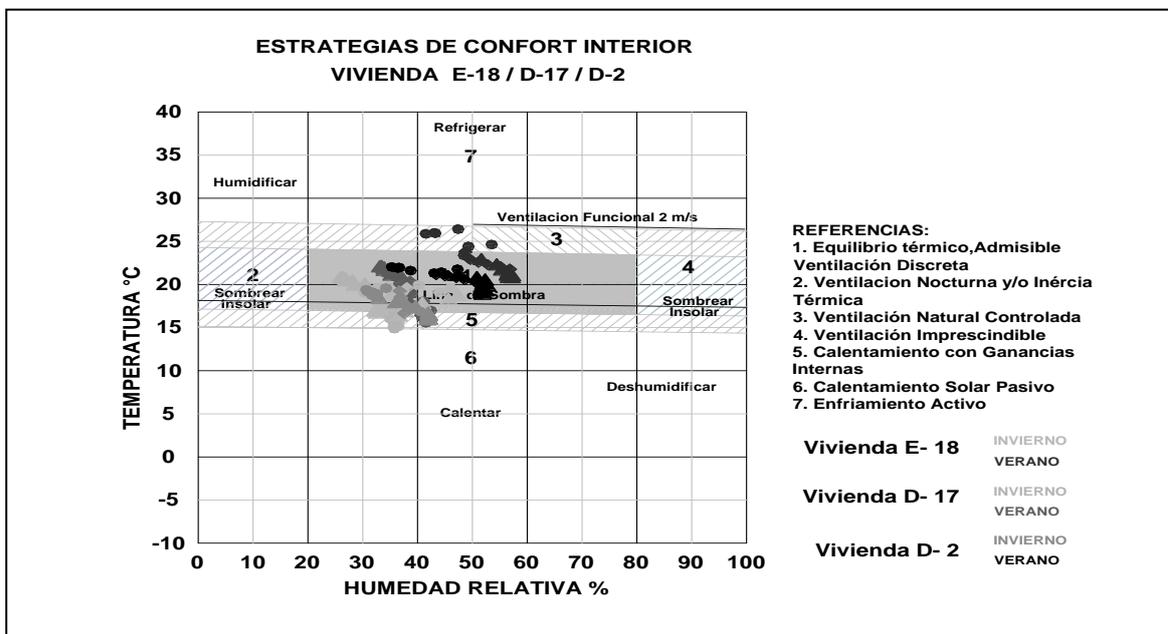


Figura 18 - Climograma de bienestar adaptado (Estrategias) [10], [11].

Las recomendaciones se centran en los sistemas pasivos de ganancia térmica, concebidos como los medios para favorecer la captación de energía solar, conservar calor y reducir las pérdidas térmicas en el interior de la vivienda, en la medida que estos permiten un mejor aprovechamiento y ahorro de energía, basados en los siguientes aspectos:

- Captación solar directa por medio de muros y ventanas, mediante una buena orientación

- Control de las dimensiones y proporciones de las aberturas según la orientación de las fachadas (máximo norte, mínimo sur).
- Mejorar la inercia térmica de los muros para evitar la pérdida de calor por transmisión. fundamentalmente en las fachadas sudeste, sur, sudoeste y oeste
- Uso de colores claros en los acabados superficiales interiores para reflejar la radiación solar, en la fachada oeste evitar colores oscuros para minimizar el sobrecalentamiento.
- Protección mediante parasoles en fachada oeste.
- Disposición enfrentada de ventanas que posibilite la circulación de aire al interior de la vivienda, en forma natural y controlada.
- Para generar mayor humedad se plantea la existencia de patios interiores, invernaderos en la edificación y/o presencia de vegetación alrededor de la vivienda.

4. CONCLUSIONES

En base a las conclusiones particulares de cada vivienda y las comparativas entre viviendas, se propone algunas recomendaciones y soluciones térmicas de tipo pasivo a nivel general para viviendas construidas en ladrillo cerámico de 18 y 21 huecos, las cuales podrán adaptarse sin mayores cambios en zonas cuyas condiciones climáticas sean similares a las de la ciudad de Cochabamba estudiadas en este trabajo.

Se deberá adecuar las edificaciones a las características climáticas del lugar de emplazamiento para evitar gastos energéticos innecesarios, y alcanzar niveles adecuados de confortabilidad térmica, para ello a nivel general se deberá establecer los siguientes objetivos:

- Minimizar las pérdidas de calor por transmisión sean estas a través de los cerramientos opacos como de las aberturas (acristalados)
- Maximizar las ganancias de calor por radiación solar directa a través de muros captadores – acumuladores y las ventanas.
- Evitar la pérdida de calor en los muros orientados al sur mediante ganancia térmica.
- Optimizar la acumulación de calor en paramentos de las viviendas
- Incrementar la Humedad Relativa
- Permitir el movimiento de aire en verano y la renovación higiénica en invierno

5. REFERENCIAS

- [1] B. Givoni. *Climate considerations in building and urban design*. New York: International Thomson Publishing, Inc.1998.
- [2] K. Simancas. “Reacondicionamiento Bioclimático de viviendas de segunda residencia,” tesis doctoral .UPC Barcelona España. 2003.
- [3] K. Bjørn. "*Thermal Comfort*" (*La Comodidad Térmica*), INNOVA Air Tech Instruments A/S, Denmark [Brüel &Kjær],1997.
- [4] V. Olgyay. *Arquitectura y Clima*, Barcelona, Ed. Gustavo Gili. 1998
- [5] Norma ISO 7730 "*Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*".
- [6] F. R. Serra. *Arquitectura y Climas*. G.G Barcelona: Edit. Gustavo Gili. 1999
- [7] Junta de Andalucía, "*Arquitectura y Clima en Andalucía, Manual de Diseño*", Junta Andalucía- Sevilla España, 1997.
- [8] M. Morroy. “Comportamiento térmico de Cerramientos Soleados,” tesis doctoral Universidad de. las Palmas G. Canaria, 1995.
- [9] J. Camacho. *Innovaciones tecno constructivas para la vivienda de bajo costo*, UMSS 2007.
- [10] F. J. Neila González. *Manual para el acondicionamiento natural*, Instituto Juan de Herrera. Escuela de Arquitectura de Madrid. 2000.
- [11] F. J. Neila González. *Arquitectura Bioclimática*, Madrid: Instituto Juan de Herrera. Escuela de Arquitectura de Madrid. 2004.