



TÍTULO

**VIVIENDA SOCIAL BIOCLIMÁTICA PARA
SANTA CRUZ DE LA SIERRA, BOLIVIA**

AUTORA

Carmen Erika Hurtado Hurtado

Directora
Tutor
Curso

Esta edición electrónica ha sido realizada en 2011

María López de Asiain

Francisco Javier Neila González

**VIII Máster Propio Universitario en Energías Renovables:
Arquitectura y Urbanismo. La Ciudad Sostenible**

ISBN

978-84-694-1279-4

©

Carmen Erika Hurtado Hurtado

©

Para esta edición, la Universidad Internacional de Andalucía



Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas 2.5 España.

Usted es libre de:

- Copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra.

Bajo las condiciones siguientes:

- **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciadador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
 - **No comercial.** No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
 - **Sin obras derivadas.** No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.
-
- *Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.*
 - *Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.*
 - *Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.*

VIII MASTER EN ENERGÍAS RENOVABLES: ARQUITECTURA Y URBANISMO. LA CIUDAD SOSTENIBLE, Curso académico 2007



Alumno: Carmen Erika Hurtado Hurtado
Directora: María López de Asiain
Tutor: Francisco Javier Neila González

TITULO

VIVIENDA SOCIAL BIOCLIMÁTICA PARA SANTA CRUZ DE LA SIERRA BOLIVIA

INDICE

PARTE I

INTRODUCCION Y OBJETIVOS

1.1. INTRODUCCION

1.1.2. Consideraciones generales

1.1.3. Definición del problema

1.1.4. Propuesta e hipótesis

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivos generales

1.2.2. Objetivos específicos

1.3. METODOLOGIA

1.3.1. Metodología general

1.3.2. Metodología específica

PARTE II

ANTECEDENTES

2.1. ANTECEDENTES Y CONTEXTO

2.1.1. Población

2.1.2. Marco geográfico Bolivia

2.1.3. Marco geográfico Santa Cruz

2.1.4. Producción industrial

2.1.5. Vegetación

2.1.6. CLIMATOLOGIA

2.2. CONCEPTO DE VIVIENDA SOCIAL

2.2.1. Antecedentes de la estructura urbana

2.2.2. Dimensión del problema habitacional

2.2.3. Conclusión parcial

2.3. TIPOLOGIA Y TECNICAS CONSTRUCTIVAS

2.3.1. Antecedentes Históricos

2.3.2. Aporte de la arquitectura vernácula en la Arquitectura Bioclimática

2.3.4. Vivienda popular o tradicional

2.3.5. Tipología en climas cálidos húmedos en Latinoamérica

2.4. ARQUITECTURA TRADICIONAL EN BOLIVIA

2.5. ARQUITECTURA TRADICIONAL EN EL ORIENTE BOLIVIANO

2.5.1. Arquitectura Urbana

2.5.2. Arquitectura Religiosa

2.5.3. Arquitectura Civil

2.5.4. Arquitectura Chiquitana

2.5.5. Conclusion Parcial

2.6. TECNICAS CONSTRUCTIVAS EN BOLIVIA

2.6.1. Zonas de climas fríos

2.6.2. Zonas de climas templados

2.6.3. Zonas de climas cálidos húmedos

2.6.4. Técnicas constructivas en el Oriente Boliviano

2.6.5. Arquitectura y técnicas del siglo XX en Santa Cruz

PARTE III

ASPECTOS INVARIABLES Y CONDICIONANTES BIOCLIMATICOS DE LA ARQUITECTURA

3.1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMATICA

- 3.1.1. Confort térmico
- 3.1.2. Confort Higrotermico
- 3.1.3. Equilibrio térmico
- 3.1.4. Transmisión de calor
- 3.1.5. Cartas Bioclimáticas
- 3.1.6. Confort visual y acústico

3.2. RADIACIÓN SOLAR

- 3.2.1. Definición
- 3.2.2. Tipos de radiación solar
- 3.2.3. Radiación en la Arquitectura
- 3.2.4. Radiación y forma urbana
- 3.2.5. Control solar como elemento de la Arquitectura bioclimática
- 3.2.6. Soluciones arquitectónicas de control solar
- 3.2.7. Vegetación y sombre amiento

3.3. VENTILACION NATURAL

- 3.3.1. La Ventilación como mecanismo de control del confort
- 3.3.2. Función de la ventilación
- 3.3.3. Arquitectura y ventilación
- 3.3.4. Ventilación deficiente
- 3.3.5. Ubicación respecto a vientos dominantes y aberturas
- 3.3.6. Formas y dimensionamiento de las aberturas
- 3.3.7. Conclusión Parcial.

3.4. ANALISIS BIOCLIMATICO DE SANTA CRUZ DE LA SIERRA

- 3.4.1. Resumen histórico del clima en Santa Cruz
- 3.4.2. Estadísticas meteorológicas
- 3.4.3. Curvas térmicas anuales
- 3.4.4. Resumen de temperatura, humedad relativa horaria
- 3.4.5. Isotermas
- 3.4.6. Isohigras
- 3.4.7. Horas de sol
- 3.4.8. Nubosidad
- 3.4.9. Diagrama de precipitación

3.5. Carta bioclimática de Olgay

- 3.5.1. Conclusión parcial (Diagrama de Olgay)

3.6. Carta psicométrica Givony

- 3.6.1. Isopleas de necesidades bioclimáticas
- 3.6.2. Isopleas de necesidades durante el día
- 3.6.3. Conclusión parcial tabla de Givony

3.7. Tabla de Mahoney

- 3.7.1. Situación de Santa Cruz, temperatura del aire, humedad relativa, limites de confort y sensación térmica.
- 3.7.2. Especificaciones generales de la volumetría arquitectónica.
- 3.7.3. Recomendación de detalles de la volumetría arquitectónica.
- 3.7.4. Ganancia térmica.

3.8. CONTROL SOLAR EN LA ARQUITECTURA CRUCEÑA

- 3.8.1. Aleros
- 3.8.2. Pórticos
- 3.8.3. Remetimientos de aberturas
- 3.8.4. Parte luces verticales
- 3.8.5. Parte luces horizontales
- 3.8.6. Combinación mixta protectores horizontales y verticales
- 3.8.7. Vegetación.

3.9. VENTILACION EN LA ARQUITECTURA CRUCEÑA

- 3.9.1. Ventilacion cruzada
- 3.9.2. Ventilación por medio de cubiertas
- 3.9.3. Ventilación por túneles de vientos

3.10. ESTRATEGIAS GENERALES DE DISEÑO PASIVO PARA LA VIVIENDA EN SANTA CRUZ DE LA SIERRA

- 3.10.1 Orientación
- 3.10.2. Protección solar
- 3.10.3. Ventilación cruzada
- 3.10.4. Movimiento de aire
- 3.10.5. Porcentaje óptimo de aberturas
- 3.10.6. Muros pesados- Inercia térmica
- 3.10.7. Cerramientos
- 3.10.8. Cubierta ligeras aisladas

PARTE IV

ANALISIS DEL CONTEXTO INMEDIATO

4.1. ANALISIS DEL LUGAR DE ACTUACION (Terreno)

- 4.1.1. Ubicación trama urbana
- 4.1.2. Vías de acceso
- 4.1.3. Entorno mediato
- 4.1.4. Referencias tipológicas de la zona
- 4.1.5. Terreno de intervención

4.2. TIPOLOGIAS DE VIVIENDA SOCIAL EN SANTA CRUZ

- 4.2.1. Descripción del proyecto
- 4.2.2. Objetivos de diseño
- 4.2.3. Aspectos constructivos
- 4.2.4. Aspectos económicos
- 4.2.5. Conclusion parcial

PARTE V

PROPUESTA Y DISEÑO DEL PROTOTIPO DE VIVIENDA SOCIAL PASIVA PARA SANTA CRUZ DE LA SIERRA

5.1. INTRODUCCION

- 5.1.1. Descripción del proyecto
- 5.1.2. Localización

5.2. CONTEXTO

- 5.2.1. Objetivos del diseño urbano-criterios de ordenación
- 5.2.2. Tratamiento del entorno
- 5.2.3. Objetivos generales de diseño

- 5.2.4. Objetivos específicos del diseño arquitectónico
- 5.2.5. Solución arquitectónica
- 5.3. OTIMIZACION DE RECURSOS
 - 5.3.1. Recursos naturales
 - 5.3.2. Recursos reciclados y reciclables
 - 5.3.3. Construcción
 - 5.3.4. Uso
 - 5.3.5. Recursos económicos
- 5.4. DISEÑO
 - 5.4.1. Diseño arquitectónico
 - 5.4.2. Estrategias del diseño pasivo
 - 5.4.3. Tratamiento de fachada según orientación
- 5.5. DISEÑO ENERGETICO
 - 5.5.1. Invierno
 - 5.5.2. Verano
- 5.6. MATERIALES ECOLOGICOS
 - 5.6.1. Cimentacion y estructura
 - 5.6.2. Acabados exteriores
 - 5.6.3. Acabados interiores
 - 5.6.4. Cubierta
 - 5.6.5. Otros
- 5.7. CICLOS DE OCUPACION
 - 5.7.1. Primera fase-matrimonio sin hijos
 - 5.7.2. Segunda fase-desarrollo de la familia hasta 3 hijos
- 5.8. CÁLCULO COMPROBACION
 - 5.8.1. Cálculo de tramitación térmica-cerramiento
 - 5.8.2. Ventana
 - 5.8.3. Cubierta
 - 5.8.4. Masa térmica
 - 5.8.5. Conclusión parcial
- 5.9. SIMULACIÓN TÉRMICA
 - 5.9.1. Conclusión parcial
- 5.10. CONCLUSION
 - 5.10.1. Conclusiones generales
 - 5.10.2. Conclusiones sobre el modelo de vivienda
- 5.11. BIBLIOGRAFIA
- 5.12. ANEXOS
 - Planos del proyecto

PARTE I
INTRODUCCION Y OBJETIVOS

1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.2 Consideraciones generales

En todas las épocas de la historia el hombre ha procurado satisfacer sus necesidades fundamentales al construir su vivienda; primero protegiéndose, controlando los elementos del medio ambiente y segundo creando unas condiciones favorables para el desarrollo de sus objetivos y actividades.

Investigando la historia de nuestros ancestros, podemos ver que el hombre en la antigüedad, buscaba satisfacer sus necesidades físicas, como la alimentación y el proveerse de un espacio habitable, que le sirviese de cobijo frente a los diferentes agentes climáticos del lugar. Primero, estudiaba de forma intuitiva su entorno inmediato, y los factores climáticos del medio que le rodeaba; buscando así las condiciones óptimas de confort. Posteriormente con ayuda de los materiales de que disponía a su alcance, el hombre construía su vivienda. Esta respondía siempre a las condiciones del lugar y clima donde éste habitaba. Lo cual demuestra que la vivienda autóctona nace de su relación con el entorno.

A lo largo de la historia, la relación entre clima y arquitectura ha sido siempre íntima, estableciéndose una dependencia entre los materiales, las técnicas, los sistemas constructivos y el diseño de los edificios, con el clima del lugar.¹

La arquitectura popular representa la adecuación perfecta entre el clima, las necesidades humanas y la construcción sostenible, y por ello se podría decir que es la arquitectura bioclimática primigenia. En ese sentido, se podría definir la arquitectura bioclimática actual como una arquitectura popular evolucionada.²

Después de la revolución industrial y tras el descubrimiento de nuevos materiales como el acero, el vidrio, hormigón armado entre otros; se abandona la importante relación entre Arquitectura y clima. Los nuevos materiales, al parecer solucionaron los problemas de confort y habitabilidad con acondicionamiento mecánico.

Con el descubrimiento del aire acondicionado y el desarrollo tecnológico de nuevos materiales, se empiezan a diseñar edificios con un sobre dimensionamiento de vidrio. Se construyen torres de vidrio, siguiendo una tendencia arquitectónica del nuevo siglo y les acompaña el uso desmedido del acondicionamiento mecánico. El uso en exceso del aire acondicionado y calefacción en climas extremos de calor o frío, provocan indirectamente numerosos efectos cuyo mayor síntoma es el sobrecalentamiento global y la crisis energética, que empezó en 1973, afectando a toda la esfera terrestre.

En los últimos años, la falta de compromiso con el medio ambiente se ha incrementado, actualmente, países con gran desarrollo tecnológico y también alto consumo energético, han tomado conciencia de este problema, y han empezado a tomar medidas para disminuir este consumo. Por esa razón países como Europa, Asia y EEUU, que poseen un alto gasto energético, incentivan proyectos con enfoque más sostenibles, y que prioricen la utilización de energías renovables. De esta forma se promueve el desarrollo de arquitectura basada en el diseño bioclimáticos, con el fin último de de minorar la producción de CO₂.

¹ F. Javier Neila Gonzalez. *Arquitectura y tecnología, Arquitectura Bioclimática, en un entorno sostenible*, editorial Munilla-Leira, Madrid 2004.

² F. Javier Neila González. *Arquitectura y tecnología, Arquitectura Bioclimática, en un entorno sostenible*, editorial Munilla-Leira, Madrid 2004.

Bolivia, como muchos otros, es uno de los países que no ha tomado conciencia aun de este problema. El gobierno no incentiva a las entidades e instituciones públicas y privadas para la realización de proyectos de este tipo, y por ello este trabajo de investigación, presenta un proyecto de vivienda Bioclimática para la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, habiéndose conocido la necesidad que existe de vivienda social bioclimática pasiva para esta ciudad.

Santa Cruz de la Sierra es un departamento o ciudad que tiene mucha industria y por lo tanto un alta oferta de trabajo. Cada año inmigran personas de los departamentos tanto del interior de Bolivia como de áreas rurales hacia el departamento de Santa Cruz en búsqueda de trabajo. Esto ocurre desde el año 1990 cuando las estadísticas nacionales muestran un incremento anual de la población.

Desde el año 2005 hasta la actualidad, el gobierno Boliviano ha implementado un nuevo plan de vivienda social, para las familias con escasos recursos; esto en consecuencia de la inmigración de las personas que viven en los departamentos del interior de las áreas rurales, donde existen muchas familias de nivel socio económico bajo y sin una vivienda propia.

El Plan Nacional de Vivienda Social y Solidaria cuenta con más de 31 millones de dólares (periodo 2006 - 2010) y favorecerá a sectores desprotegidos, como parte del cambio que impulsa el gobierno Boliviano. Las familias beneficiarias tienen que cumplir ciertas reglas. El Viceministro Zurita dijo que se otorgará financiamiento hasta el 100 por cien para la construcción a todas aquellas personas que cuenten con terreno propio.³

Explicó que como parte de los requisitos para aspirar a un hogar el solicitante debe ser mayor de edad y de nacionalidad Boliviana, no contar con vivienda propia y tendrá que demostrar un ingreso familiar que permita cumplir con las obligaciones del préstamo.

El sub gerente Administrativo Financiero del Instituto de Desarrollo Productivo (IDEPRO), Juan Orías, indicó que la población está habilitada para tramitar recursos que van desde los tres mil quinientos dólares hasta los quince mil dólares.

La política de vivienda es uno de los pilares del Plan Nacional de Desarrollo de la Administración del presidente Evo Morales en el área social, que tiene el propósito de promover la edificación de al menos cien mil casas en el periodo 2006-2010.⁴

El plan de vivienda social es para todos aquellos que no posean una vivienda propia. Parte del plan es conceder una vivienda unifamiliar de más o menos unos 70 - 100 m² de acuerdo a las necesidades de cada familia y que estas lo puedan pagar mes a mes en un plazo de 15 años sin intereses.

El plan ha beneficiado a muchas familias que no poseen casa propia y que no tienen la posibilidad económica de construirla.

Actualmente se están construyendo cientos de viviendas, subvencionadas por el gobierno a largo plazo y sin ningún interés.

³ Diario Gramma. Impulsa Bolivia Plan Nacional de Vivienda Social y Solidaria, La Habana, martes 3 de abril 2007.

⁴ Diario Gramma. Impulsa Bolivia Plan Nacional de Vivienda Social y Solidaria, La Habana, martes 3 de abril 2007.

1.1.3 DEFINICION DEL PROBLEMA

Las viviendas que actualmente son diseñadas por parte del gobierno, en la mayoría de los casos poseen algunas carencias de diseño bioclimático, ya que solo consideran el aspecto económico como determinante y no los factores importantes del medio como son: la ubicación, orientación, características de los materiales del lugar, contexto del lugar, etc. Como resultado, las viviendas tienen importantes problemas de comportamiento térmico tanto en verano como en invierno. Estas deficiencias se podrían mejorar considerando los factores anteriormente mencionados, como determinantes de la estrategia de diseño. Así las viviendas serían económicamente accesibles al mismo tiempo que confortables térmicamente.

Partiendo de este plan de viviendas Sociales, se ha visto la necesidad de diseñar viviendas unifamiliares que no solo satisfagan las necesidades funcionales de los usuarios, sino también las necesidades de confort térmico. La vivienda además deberá responder a una posible ampliación futura, cuando las necesidades espaciales de los usuarios, cambien de manera que el propietario pueda realizar esta ampliación en una segunda etapa por cuenta propia.

1.1.4 PROPUESTA E HIPOTESIS

Partiendo de los modelos de vivienda social existentes, se propone realizar algunas mejoras en su diseño, orientación basado en: la orientación, aprovechamiento de los vientos, vegetación, uso de materiales adecuados, (rescatando materiales autóctonos, que últimamente han sido desplazados por otros menos apropiados), etc. Esta vivienda con diseño bioclimático permite la adecuada integración arquitectónica adaptada al medio ambiente y la minimización del impacto ambiental en los ecosistemas.

La investigación consiste en desarrollar un modelo de vivienda bioclimática para la ciudad de Santa cruz; que sea acogedora, con relación íntima entre el clima de la zona, la economía de los hogares, los recursos del lugar y la cultura de las familias. Esto aporta calidad de vida y salud a los usuarios.

La hipótesis es: Demostrar que es posible realizar un diseño de vivienda bioclimática unifamiliar social, funcional, térmicamente confortable, y adaptada a Santa Cruz de la Sierra, para familias de bajo recursos económicos, sin que esto implique un incremento económico significativo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos generales

El objetivo es mejorar el prototipo de vivienda social existente, poniendo en práctica los principios de la arquitectura bioclimática, para su mejor funcionamiento energético y solucionando los problemas actuales de diseño arquitectónico, constructivo y térmico, manteniendo nuestra identidad y costumbres.

Por otro lado, se pretende demostrar que a través del diseño de arquitectura bioclimática y el uso de sistemas pasivos, se puede llegar a tener una vivienda unifamiliar de carácter social.

También, se pretende crear conciencia en los profesionales de la construcción, sobre el tema de las energías renovables y las estrategias de la arquitectura bioclimática, para comenzar a desarrollar proyectos sostenibles, construir edificaciones que conlleven un ahorro energético y control térmico dentro de las mismas.

Finalmente se pretende que este proyecto, llegue a ser una referencia importante para la arquitectura de esta ciudad, para la difusión de los conocimientos y principios bioclimáticos, tanto entre la unidad académica como entre los profesionales de la construcción.

1.2.2 Objetivos Específicos

Analizar el comportamiento climático de Santa Cruz de la Sierra.

Conocer las necesidades funcionales, espaciales y de habitabilidad de los usuarios.

Estudiar el entorno y las características específicas del lugar.

Establecer las estrategias bioclimáticas que se deben utilizar para el modelo de vivienda.

Desarrollar un modelo de vivienda bioclimática para Santa Cruz de la Sierra.

Analizar el comportamiento bioclimático de la propuesta mediante simulaciones.

Comparar la vivienda social existente en el medio inmediato del terreno de intervención con relación a la nueva propuesta.

1.3 METODOLOGÍA

1.3.1 Metodología General

Se analizará el tipo de clima que posee Santa Cruz.

Se tomarán referencias de viviendas de bajos recursos que se encuentren dentro del entorno inmediato.

Se tomarán referencias de alguna vivienda social tipo dentro de la zona.

Se analizará el entorno inmediato del lugar de intervención del proyecto y los puntos favorables que este posee.

Se estudiará la posibilidad de rescatar el uso de algunos materiales tradicionales en la construcción de la vivienda.

Se propondrá el nuevo modelo de vivienda bioclimática.

Se realizarán simulaciones para comprobar su comportamiento térmico final.

Se realizará una comparación en términos de comportamiento térmico con la actual vivienda social existente.

Se desarrollará conclusiones sobre la investigación.

1.3.2 Metodología Específica

Análisis del entorno

Definición de las condiciones climáticas de Santa Cruz de la Sierra a lo largo de todo el año.

Analizar las Condiciones del lugar y su entorno.

Análisis de lo existente

Analizar el comportamiento funcional de las viviendas sociales prototipo del entorno inmediato.

Estudio funcional y constructivo de la vivienda social tipo, así como también el del auto - construcción por parte de las familias.

Determinación del comportamiento térmico de las viviendas sociales tipo a través de simulaciones y tablas comparativas de los sistemas constructivos, con relación a la propuesta.

Análisis de estos resultados con relación al estudio climatológico de la zona de la ciudad.

Propuesta

Se desarrollará el diseño de vivienda social con el uso de sistemas pasivos y en función de los parámetros arquitectónicos, necesarios para asegurar la habitabilidad de la misma.

Comprobación de la propuesta

Por medio de gráficos, se expondrán las diferentes estrategias que se están utilizando en la propuesta, y su comportamiento tanto en verano como en invierno, para su buen funcionamiento en estas estaciones.

Se comprobará la posible mejora del comportamiento térmico de la propuesta a través de simulaciones térmicas comparativas, entre la propuesta y la vivienda social tipo.

Se analizarán los sistemas constructivos de la envolvente de la vivienda bioclimática (propuesta), por medio de tablas comparativas con relación a la vivienda social existente.

PARTE II
ANTECEDENTES

2.1. ANTECEDENTES Y CONTEXTO

La mayoría de los datos de los antecedentes de la ciudad, son extraídos de la página de turismo de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.com, pagina publicada en Internet.

Bolivia es un país multicultural y con una diversidad tanto cultural como geográfica la cual está comprendida por 9 departamentos.

Santa cruz está situado en la región de los llanos (zona oriental) al este del departamento de Bolivia se caracteriza por su vegetación y sus extensa planicie amazónica que la rodean. Esta ciudad fue fundada por el conquistador Ñuflo de Chávez, que nació en Extremadura España, alrededor de 1516 o 1518.⁵

La ciudad de Santa Cruz, tuvo dos traslaciones antes de establecerse definitivamente como ciudad, esto a causa de las condiciones del entorno y de los insectos, que hacían insostenible la vivencia en dichas zonas. Su ultimo trasladó fue en 1592 sobre el arroyo del Parí, cerca del río Pirai. Santa Cruz durante los siglos XVI y XVII estaba rodeada de grupos de indígenas no evangelizados, y era el centro de expediciones misioneras de Jesuitas y otras órdenes religiosas.

Hasta la década de los años 50 de éste siglo, permanece como una ciudad marginal, situación que se modifica cuando las carreteras y ferrocarriles promueven la transformación de su economía, al integrarla a los mercados nacionales e internacionales, convirtiéndola, en menos de 25 años, en la segunda ciudad del país.¹

Hoy en día Santa Cruz es una ciudad próspera y moderna, con más de 2.000.000 habitantes y a la cabeza en cuanto a desarrollo entre los departamentos de Bolivia.

Tiene una población de 2'029,471 habitantes. La capital del departamento es la ciudad de Santa Cruz de la Sierra (437 m.s.n.m.) Situada entre los 17° 48' 20" de latitud sur y los 63° 10' 41" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Este departamento cuenta con 15 provincias y 150 cantones.

2.1.1. Población- (Grupos étnicos)

Existen en el departamento de Santa Cruz, los siguientes grupos étnicos: Guarayos, Sirionós, Chiquitanos, Chamacocos, Zamucos, Potoreras, Yanaiguas, Izoceños, Chiriguanos, Tapietes y Yuracarés, zona de llanos tropicales que conserva su riqueza de flora y fauna amazónica bolivianas.

Hay quienes llegan motivados por el misterio de los templos de la "Gran Chiquitania" y se proponen conocer el legado que les dejaron sus antepasados (los jesuitas).

Los antiguos pobladores son las tribus de Matacos, Chiriguanos, Pilagás y Tobas. Entre las poblaciones más importantes destacan la capital, Santa Cruz de la Sierra, fundada por el conquistador español Ñuflo de Chávez.

⁵ Diego Enrique Duran Caballero, Monografía de Santa Cruz. Editorial Colegio la Salle, 2002.



Fig. 2.1. Imagen de Ciudad de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia



Fig. 2.2. Marco geográfico de Bolivia

2.1.2. Marco geográfico de Bolivia

Bolivia está comprendido por 9 departamentos los cuales son: La Paz, Cochabamba, Oruro, Potosí, Chuquisaca, Tarija, Beni, Pando y Santa Cruz. Las cuales están condicionadas por el clima de cada región. El país está dividido en tres regiones geográficas:

La **Región Andina** abarca el 28% del territorio ocupando una superficie de (142.815,53 km²), y está comprendida por el Altiplano y la Cordillera de los Andes, con una altura de más de 4.000 msnm, se caracteriza por su altura, ya que en ella se encuentran las cimas más altas del país y por poseer la altiplanicie andina una meseta plana a una altura media de los 4.000 msnm.

La **Región Sub-andina** abarca un 13% del territorio ocupando una superficie de (307.602,68 km²) y está comprendida por los Valles y Los Yungas con una altura media de unos 2.000 msnm, se caracteriza por una vegetación exuberante y cerrados valles.

La **Región de Los Llanos** abarca el 59% del territorio ocupando una superficie de (648.162,79 km²) y siendo por esto la más grande del país; está comprendida por las subregiones amazónica, platense y del Gran Chaco, con una altura media de menos de 400 msnm. Se extiende desde el Departamento de Pando pasando por el norte de La Paz, Beni, Cochabamba, Santa Cruz de la Sierra, Chuquisaca y hasta Tarija. Posee un relieve horizontal con ligeras irregularidades, y constituye un terreno aluvial, depósito de material sedimentario de los ríos del área, siendo algunas partes fondos de antiguos lagos o mares. Está cubierto totalmente por zonas boscosas y selváticas de tipo amazónico.

2.1.3. Marco Geográfico - Santa Cruz de la Sierra

Santa Cruz pertenece a la zona oriental de Bolivia, posee la superficie más extensa del país de los cuales sólo un tercio comprende una región montañosa y el resto se extiende sobre la planicie amazónica; limita al norte con el departamento de Beni y la República de Brasil; al sur con el departamento de Chuquisaca y la República de Paraguay; al este con la República de Brasil y al oeste con los departamentos de Beni, Cochabamba y Chuquisaca.

Tiene una altitud media de 416 m. sobre el nivel del mar. La ciudad está en una divisoria de aguas. Hacia el oeste sus aguas escurren al río Piray y al este hacia el Río Grande. La topografía es plana. Sus coordenadas son: 17°48'02"S 63°10'41"O. El área ocupada por la ciudad es de 388 km², tiene un perímetro de 84.2 kilómetros.

Se puede afirmar que la ciudad de Santa Cruz es una de las pocas ciudades, no solo de Bolivia sino de América, que ha planificado su desarrollo urbano.

2.1.4. Producción Industrial

El departamento produce: algodón, caña de azúcar, tabaco, soya, arroz, vainilla, café, girasol, cacao, urucú, variedad de verduras, cítricos y frutas tropicales.

GANADERÍA. Las condiciones climáticas han hecho del territorio un lugar muy apto para la ganadería extensiva de vacuno, para lo cual se han mejorado las comunicaciones por carretera y ferrocarril.

MINERÍA.- Al sudeste del departamento se encuentra el Mutún, yacimiento de hierro y manganeso con una producción de 100,000 toneladas de acero. Existen también varios yacimientos auríferos, como los del río Colorado que no son intensivamente explotados.

2.1.5. Vegetación

Santa Cruz de la Sierra paraíso tropical de Bolivia, un departamento de exuberante vegetación con enormes extensiones de selva y praderas, ubicado en la parte oriental del territorio Boliviano. Comprende una región montañosa y el resto se extiende sobre la planicie amazónica, ubicado en la región oriental de Bolivia.

2.1.6. CLIMATOLOGIA

Santa Cruz tiene un clima semi - tropical. Las temperaturas promedio son de 27 a 32 grados en primavera y verano, pero también se registran temperaturas de más de 40 grados, en ocasiones y baja a 18 o 20 grados en invierno.

Santa Cruz tiene un clima templado a frío en la región oeste (alturas de Comarapa, Valle Grande); templado a cálido a medida que se desciende hacia los llanos; cálido en toda la región de los llanos.

El clima local puede describirse como cálido con una humedad relativa, Corrientes frías polares (surazos) frecuentes en invierno.

Cálido subtropical; la temperatura media es de 23.1 °C, la humedad relativa media 69 %. Los meses de mayor precipitación pluvial son enero y febrero .

Fig. 2.3. Temperatura anual de Santa cruz

Temperatura anual de Santa Cruz			
Primavera	Verano	Otoño	Invierno
21 sep. - 20 dic.	21 dic. - 20 mar.	21 mar. - 20 jun.	21 jun. - 20 sep.
18 °C - 33 °C	22 °C - 38 °C	20 °C - 30 °C	8 °C - 29 °C

2.2. CONCEPTO DE VIVIENDA SOCIAL

En términos restringidos, la vivienda es el lugar físico adecuado que aloja a la familia humana permitiendo su desarrollo pleno en cumplimiento de sus fines, necesidades y aspiraciones.

Definido como escala, la vivienda comprende las unidades y las agrupaciones habitacionales ubicadas dentro de un contexto urbano o rural en toda la extensión territorial de un país.

Se puede entender como vivienda social, aquella destinada, al mejoramiento de la situación habitacional de los grupos más desposeídos de la sociedad.⁶

2.2.1 Antecedentes de la estructura urbana

La ciudad de Santa Cruz de la Sierra se divide en Unidades Vecinales (UV) y Barrios. Urbanísticamente está formada por 8 anillos concéntricos distanciados 1 km entre sí. Tiene una superficie total de 38.800 hectáreas o 388 km² y pertenece al cantón Palmar del Oratorio y a la sección municipal homónima.

Santa cruz es una de las ciudades de Bolivia, que ha sido planificada desde un inicio, su diseño esta en base al damero que nos dejaron como legado los españoles y está conformada por anillos concéntricos, radiales, calles y el uso de la rotonda en la intersección de la vías como mecanismo de seguridad vial.

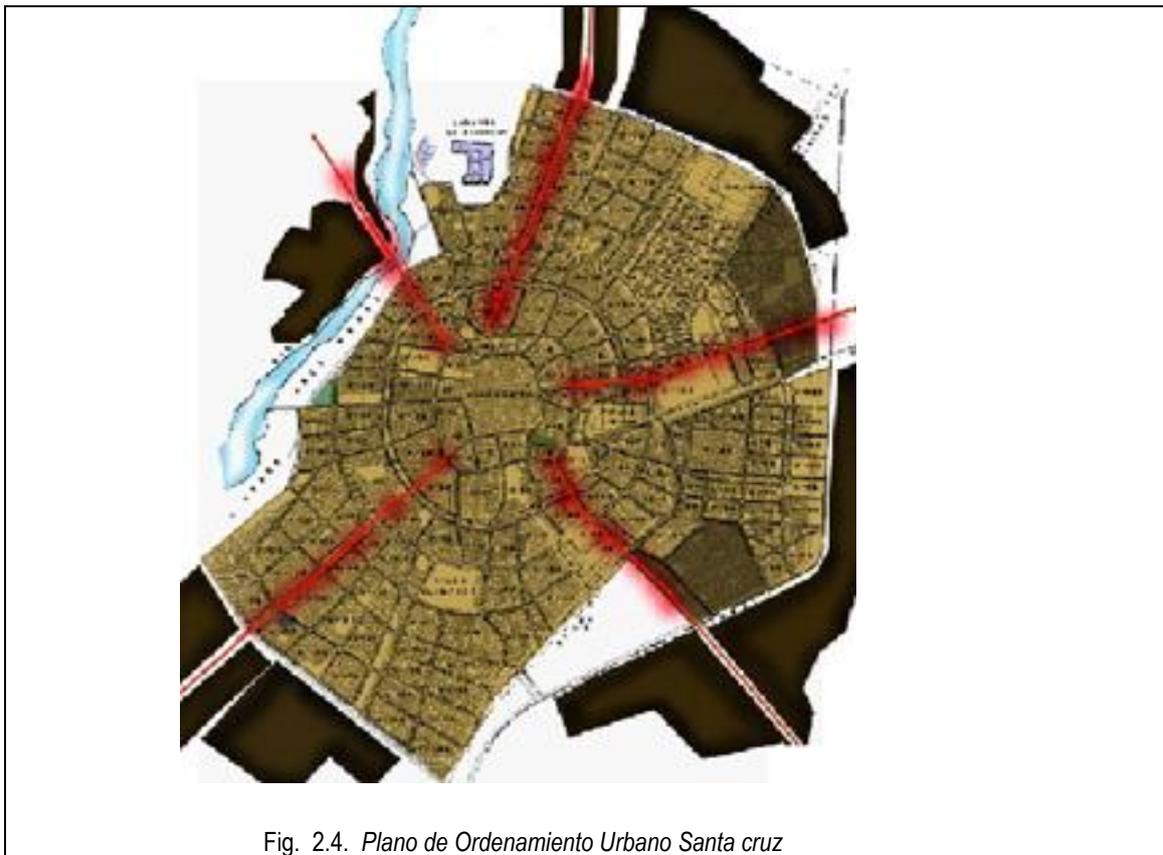
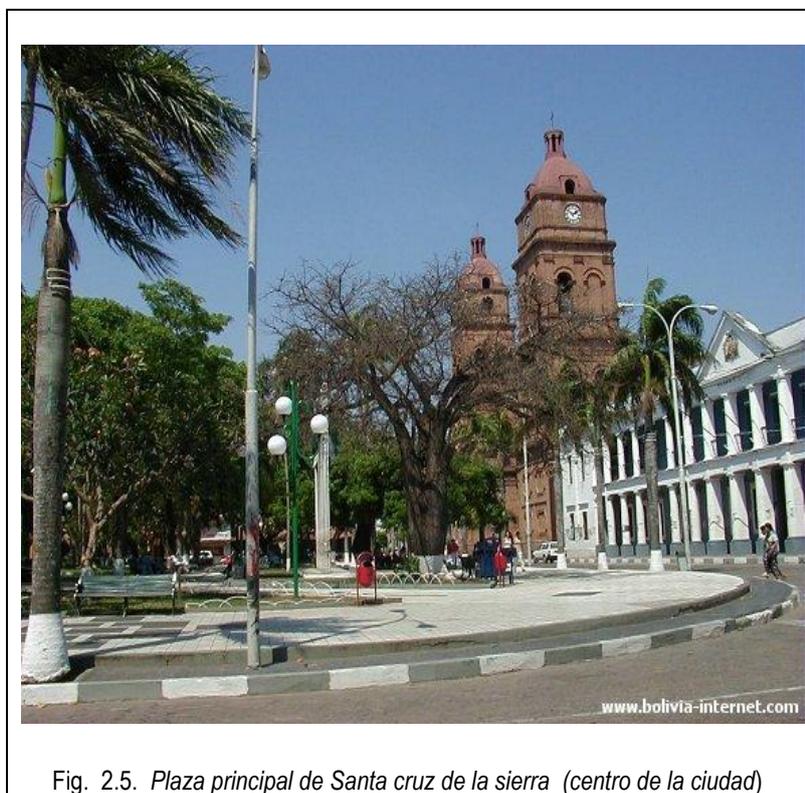


Fig. 2.4. Plano de Ordenamiento Urbano Santa cruz

⁶ Instituto de la Vivienda facultad de Arquitectura y Urbanismo. Vivienda Social- Tipología del desarrollo progresivo, Universidad de Chile.

Santa Cruz posee 4 anillos consolidados como vías, dentro del primer anillo se halla el llamado "casco viejo" o centro histórico.

La plaza principal "24 de Septiembre" se considera el kilómetro "0", de allí nace toda la mancha urbana de la ciudad, y a partir de la misma está rodeada de manzanas (que son áreas de terreno con dimensiones uniforme de 100 metros x 100 metros) que están conformadas por terrenos u solares con dimensiones regulares dentro del casco viejo.



Su Arquitectura tradicional tipo colonial era adecuada al clima, y la tecnología constructiva adecuada al nivel tecnológico e industrial de la región: Se caracterizaba por la galería externa, muro de adobe, cubierta de teja cerámica, y altura baja de solo un nivel, son características de la Arquitectura tradicional.⁷

El crecimiento económico de la ciudad, la convirtieron en una de las ciudades más importantes de Bolivia lo cual llevo a una inmigración de los departamentos aledaños en busca de trabajo. Esto causo un crecimiento vertiginoso de la ciudad más allá de lo que se había planificado, provocando asentamiento urbanos ilegales, en la mayoría de los casos fuera de la mancha urbana (hasta ese entonces cuarto anillo).Dando paso a una acelerada expansión de la ciudad urbana con bajas densidades.

La ciudad ha tenido un crecimiento hacia el norte, sur y este, limitado por el oeste por el Rio Pirai, el mismo que está marcado por las clases sociales. La zona sur y sureste de la ciudad son las zonas de mayor concentración de la pobreza, y la zona norte de urbanizaciones cerradas y programas habitacionales privados para la clase media y media alta.

En los años 80 se adopta el plan TECHIN, como modelo de ciudad jardín, que consiste en avenidas con jardines centrales y amplias veredas arborizadas. Esta visión de ciudad

⁷ CEDURE -Arq. Fernando Prado Salmon. Perfil ambiental de Santa Cruz de la sierra, El País 2000.

moderna es ampliamente compartida por sus habitantes, quienes apoyan decididamente al concejo del plan regulador, institución autónoma encargada de implementarlo⁸

La ciudad de Santa Cruz de la Sierra, actualmente se caracteriza por la peculiar Arquitectura de su centro histórico que se ha traído a conservar por el legado que nos dejaron nuestros antepasados junto con sus materiales tradicionales (el adobe, teja colonial, enfoscado de barro y cal) y es a la vez una ciudad antigua y moderna.⁹

2.2.2. Dimensión del problema habitacional

Todos los datos y Tablas estadísticas han sido extraídos de la página del INE, Instituto Nacional de Estadísticas de Bolivia, del último censo realizado en el 2001.

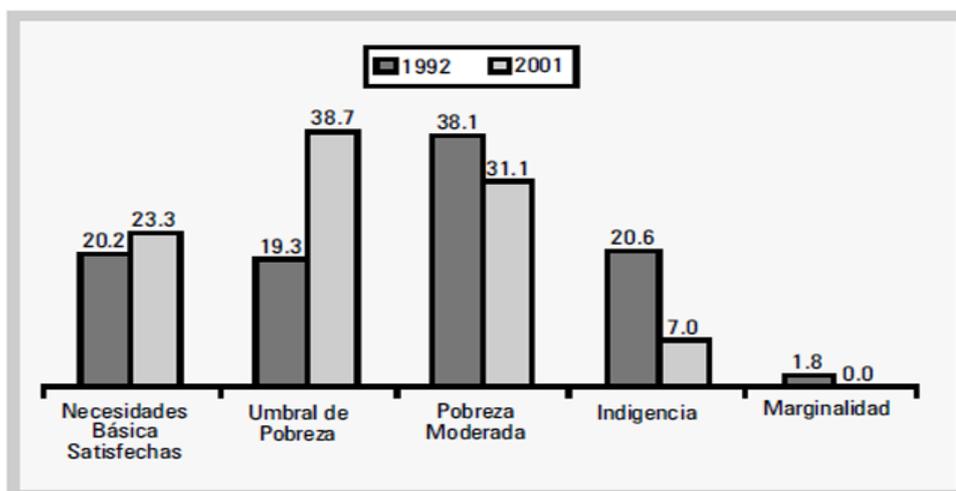
A continuación se ha de dar un pantallazo de la realidad cruceña con respecto a la calidad de vida y servicios (salud, educación y vivienda), en la actualidad. Se demostrara con datos numéricos, la gran necesidad de obtener una vivienda para muchas de las familias cruceñas que viven de alquiler.

Bolivia cuenta con una población de 8.274.325 millones de habitantes que, de acuerdo a estadísticas, la mayoría se ubica en áreas urbanas, haciendo notar que lo urbano supone desde cerca de 1 millón de habitantes, hasta muchas poblaciones de cerca de 2 mil personas.

Observando estos números se presenta una visión inicial en torno a lo habitacional, toda vez que reconocemos que, alrededor de la mitad de esta población llamada urbana, no reúne tales condiciones de vida, entre las que se encuentran el acceso a salud, educación, vivienda y sector financiero; de manera tal que dos tercios de bolivianos y bolivianas son vulnerables ante una visión de mayorías urbanas en el país.¹⁰

Bolivia tiene 9 departamentos y Santa Cruz comprende un 25% de la población total de Bolivia (2.029.471 millones de habitantes).

Gráfico N° 1
SANTA CRUZ: POBLACIÓN POR CONDICIÓN DE POBREZA, CENSOS DE 1992 Y 2001
(En porcentaje)



Fuente: INE - UDAPE

⁸ CEDURE -Arq. Fernando Prado Salmon. Perfil ambiental de Santa Cruz de la sierra, El País 2000.

⁹ CEDURE -Arq. Fernando Prado Salmon. Perfil ambiental de Santa Cruz de la sierra, El País 2000.

¹⁰ RENASEH. Panorama de la vivienda social en Bolivia, Artículo en internet, octubre 2004.

La ciudad de Santa Cruz de la Sierra tiene 2.029.471 millones de habitantes (censo 2001) que viven y ocupan una superficie aproximada de 30000 hectáreas, con una densidad de 47 personas por hectárea y habitado por su mayor parte por emigrantes de los sectores más pobres del país. A pesar de ser la ciudad una de las potencias económicas de todo el país el 38.1% de la población vive en condiciones de pobreza e indigencia y un 38.7% en el umbral de la pobreza. (Ver Grafico 1)

Según los datos del instituto nacional de estadística I.N.E. existen 1.545.648 millón de habitantes en el área urbana, (76% de la población) y 38 % de la población son pobres (745.111 habitantes). Quienes carecen de servicios básicos, residen en vivienda que no reúnen las condiciones apropiadas, tienen bajos niveles de educación e inadecuadas atención de salud, a pesar de ser la ciudad un potencial económico del país. (Ver grafico 2 y 3).

La baja densidad, se debe a la gran superficie en el territorio de Santa Cruz, que origina que los precios del suelo urbano se eleven en relación a los niveles de ingreso de los sectores populares. Como solución, recurren a asentamientos clandestinos alejados del centro de la ciudad que no posee siquiera con los principales servicios básicos, como ser el agua potable, luz eléctrica, transporte, ni mucho menos alcantarillado o drenaje pluvial.

Grafico Nº 2:
BOLIVIA: POBLACIÓN TOTAL POR CENSO, ÁREA Y SEXO SEGÚN DEPARTAMENTO, CENSOS DE 1992 Y 2001

DEPARTAMENTO	CENSO 1992					CENSO 2001				
	Población total	Área urbana		Área rural		Población total	Área urbana		Área Rural	
		Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres		
TOTAL	6,420,792	1,793,445	1,901,401	1,377,820	1,348,126	8,274,325	2,517,106	2,648,124	1,606,744	1,502,351
Chuquisaca	453,756	69,158	78,243	151,615	154,740	531,522	104,015	114,111	156,589	156,807
La Paz	1,900,786	581,231	612,590	353,499	353,466	2,350,466	756,300	795,846	408,829	389,491
Cochabamba	1,110,205	277,991	302,197	266,666	263,351	1,455,711	412,345	444,064	306,808	292,494
Oruro	340,114	107,691	114,327	57,621	60,475	391,870	114,794	121,316	80,255	75,505
Potosí	645,889	104,017	112,818	206,449	222,605	709,013	114,372	124,711	231,178	238,752
Tarija	291,407	77,024	82,414	67,608	64,361	391,226	120,008	127,728	75,297	68,193
Santa Cruz	1,364,389	479,950	502,446	207,028	174,965	2,029,471	758,938	786,710	266,284	217,539
Beni	276,174	91,289	91,459	51,338	42,088	362,521	125,484	123,668	63,414	49,955
Pando	38,072	5,094	4,907	15,996	12,075	52,525	10,850	9,970	18,090	13,615

Grafico N° 3:
SANTA CRUZ: POBLACION CON NECESIDADES BASICAS INSATISFECHAS POR AREA SEGÚN PROVINCIA, CENSO 2001

PROVINCIA	TOTAL		AREA URBANA		AREA RURAL	
	Población Pobre	Porcentaje	Población Pobre	Porcentaje	Población Pobre	Porcentaje
santa cruz	745,111	38.0	372.848	24.9	372.263	81.0
Andrés Ibáñez	273,845	22.4	218.203	19.1	55.642	69.5
Ignacio Warnes	29.570	57.9	7.441	34.9	22.129	74.4
José Miguel de Velasco	42.497	77.8	13.879	55.9	28.618	96.0
Ichilo	46.003	68.9	15.947	51.9	30.056	83.3
Chiquitos	35.647	62.7	11.934	48.1	23.713	74.1
Sara	22.371	60.8	7.798	38.7	14.573	87.6
Cordillera	64.213	65.9	9.836	30.2	54.377	83.9
Vallegrande	17.081	63.8	1.205	16.2	15.876	82.0
Florida	16.612	62.0	3.870	42.3	12.742	72.3
Obispo Santisteban	60.301	45.2	37.195	35.3	23.106	81.9
Ñuflo de Chávez	74.529	82.8	19.269	73.5	55.266	86.6
Ángel Sandoval	9.396	76.8	2.463	51.6	6.993	93.0
Manuel María Caballero	14.394	75.3	3.545	56.9	10.849	84.2
Germán Busch	10.831	35.1	6.963	27.8	3.868	66.7
Guarayos	27.821	90.7	13.306	87.3	14.515	94.0

Fuente: INE-UDAPE

Parte de la tierra urbana permanece desocupada, convirtiéndose en " lotes de engorde" que distorsionan el trazado compacto que debería seguir la ciudad. Estos bolsones se generan por el cambio de uso de suelo o el traslado de funciones que resultan incompatibles con la vocación predominante de la zona.

En Santa cruz existen 428.653 hogares, 56.28 % tienen vivienda propia y 43.72 % carecen de ella, eso quiere decir que 241.25 hogares, no tienen una vivienda. (Ver grafico 4)

Grafico 4: SANTA CRUZ: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA DE LOS HOGARES, SEGÚN PROVINCIA Y MUNICIPIO, CENSO 2001 (En número y porcentaje de hogares)

PROVINCIA Y MUNICIPIO	TOTAL HOGARES	TAMAÑO PROMEDIO DEL HOGAR	PROMEDIO DE PERSONAS		MATERIAL PREDOMINANTE EN:			TIENEN CUARTO EXCLUSIVO PARA COCINAR	TIENEN VIVIENDA PROPIA	CALIDAD DE VIVIENDA		
			Por dormitorio	Por habitación multiuso	Paredes Ladrillo, bloque de cemento u hormigón	Techos Calamina o Plancha	Pisos Tierra			Baja	Media	Alta
BOLIVIA	1,977,665	4.09	2.85	2.21	36.09	49.02	37.93	75.13	66.82	16.40	49.75	33.85
Departamento Santa Cruz	428,653	4.62	3.04	2.62	73.42	23.21	20.67	70.48	56.28	12.50	47.46	40.03
Andrés Ibáñez	278,017	4.45	2.82	2.46	90.73	22.06	7.73	69.10	49.52	3.80	47.12	49.08
Sección Capital - Santa Cruz de la Sierra	252,136	4.42	2.77	2.42	92.75	22.38	5.86	68.82	48.28	2.64	46.16	51.20
Primera Sección - Cotoca	7,197	4.89	3.37	2.91	87.65	29.35	11.45	70.58	56.04	5.96	63.18	30.86
Segunda Sección - Porongo	2,360	4.66	3.45	3.02	29.32	10.08	57.58	80.97	66.91	43.69	44.49	11.82
Tercera Sección - La Guardia	8,195	4.74	3.28	2.86	80.11	22.76	18.41	72.53	58.83	9.57	56.75	33.68
Cuarta Sección - El Torno	8,129	4.62	3.42	2.97	59.34	8.43	37.32	69.49	67.83	20.46	53.71	25.83

Las necesidades de vivienda nueva siguen el ritmo de crecimiento de la población, los productos generalmente y en porcentajes aproximados irán a engrosar el déficit cuantitativo, por lo que la producción de vivienda nueva no puede ser una preocupación por si misma, sino en la perspectiva de romper el círculo vicioso de producir viviendas deficitarias y recuperar un parque habitacional de cuantiosos recursos invertidos.

En el departamento de Santa Cruz, 77.0% de la población tiene insuficientes espacios en la vivienda; 55.8% presenta deficiencias en los servicios de agua y saneamiento; 43.6% no posee adecuados niveles educativos y según muestra los datos el 50% de la población vive en hacinamiento (más de 3 personas por habitación). (Ver grafico 5)

Se aclara que los factores considerados para el cálculo del déficit cualitativo hacen referencia a viviendas que presentan una o más factores de insatisfacción: espacios por morador (hacinamiento), carencia de cuarto especial para cocinar, (29.5 %) carencia o mala calidad de servicios básicos, (55.8%). Según datos del INE, los hogares que poseen una vivienda, el 23% presenta inadecuación de materiales en la construcción de la misma. (Ver grafico 5)

Grafico 5

SANTA CRUZ POBLACION CON INADECUACION EN LOS COMPONENTES DEL INDICE DE NECESIDADES BASICAS INSATISFECHA SEGÚN PROVINCIA, CENSO 2001 (en porcentajes)

PROVINCIA	VIVIENDA		SERVICIOS E INSUMOS ENERGETICOS		INSUFICIENCIA EN EDUCACION	INADECUADA ATENCION EN SALUD
	Inadecuados materiales de vivienda	Insuficientes espacios en la vivienda	Inadecuados servicios de agua y saneamiento	Inadecuados insumos energéticos		

santa cruz	23	77.0	55.8	33.9	43.6	6.4
Andrés Ibáñez	8.6	73.6	47.1	14.5	35.9	6.9
Ignacio Carnes	34.8	85.9	57.3	50.3	56.3	0.0
José Miguel de Velasco	64.5	89.1	88.6	83.2	60.8	17.8
Ichilo	48.1	86.2	75.2	66.3	56.3	0.9
Chiquitos	26.2	80.1	57.9	73.9	56.3	3.8
Sara	49.3	81.9	69.3	61.8	62.9	1.4
Cordillera	50.5	77.5	62.1	72.9	64.6	7.0
Vallegrande	58.4	66.2	64.1	76.0	51.0	0.0
Florida	42.7	71.9	64.8	65.4	56.8	5.8
Obispo Santisteban	28.3	83.5	64.5	39.4	46.4	0.3
Ñuflo de Chávez	69.5	88.9	80.6	87.2	63.8	8.9
Ángel Sandoval	69.0	82.5	82.6	73.7	52.7	25.1
Manuel María Caballero	63.4	76.5	73.5	73.3	64.6	7.5
Germán Busch	20.4	78.5	74.5	46.6	35.6	3.9
Guarayos	77.3	89.0	92.3	91.0	61.2	16.8

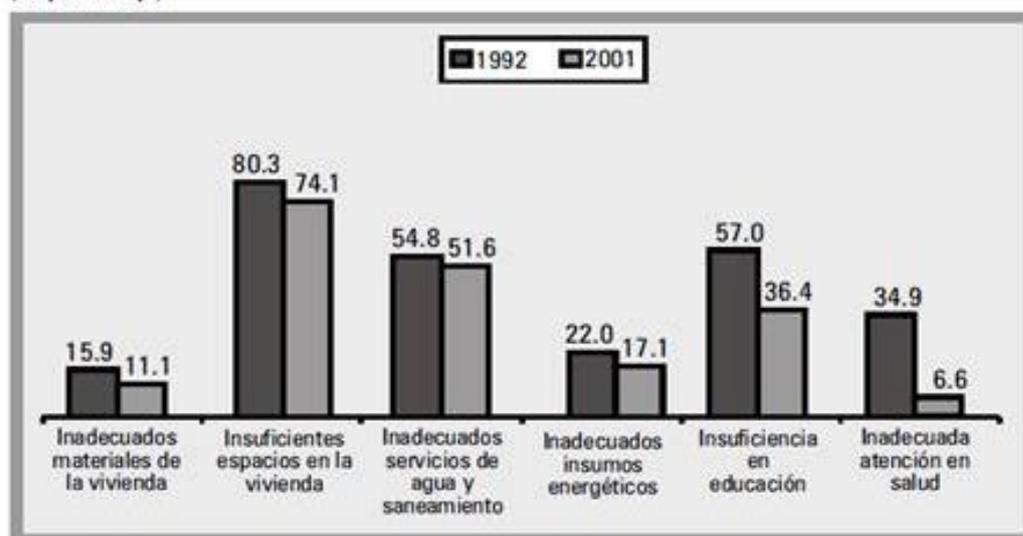
Fuente: INE-UDAPE

En el área urbana los avances más importantes en condición de vida en el departamento de Santa Cruz entre 1992 y 2001, se atribuye a atención de salud y educación. La inadecuación en salud disminuyó en 28.3 puntos porcentuales, en tanto que la población con bajos niveles educativos, sea por analfabetismo, inasistencia escolar y/o niveles de instrucción por debajo de los mínimos exigidos, se redujo en 20.6 puntos porcentuales.

El análisis de estos números ha permitido una observación inicial respecto a las implicancias en torno a lo habitacional, toda vez que reconocemos que alrededor de la mitad de esta población llamada urbana, no alcanza condiciones de vida adecuadas, es decir que cuenten con oportunidades equitativas de acceso a salud, educación, vivienda, recreación, servicios básicos, servicios socio-culturales y del sector financiero; eso quiere decir que dos tercios de bolivianos y bolivianas viven y desarrollan sus actividades en condiciones de alta vulnerabilidad.

Grafico 6

SANTA CRUZ: POBLACIÓN URBANA CON INADECUACIÓN EN LOS COMPONENTES DE NECESIDADES BÁSICAS INSATISFECHAS, CENSOS DE 1992 Y 2001
(En porcentaje)



Fuente: INE - UDAPE

Según datos del último censo 2001 de Santa Cruz de la Sierra, el Instituto Nacional de Estadística INE, muestra la insuficiencia de espacio en la vivienda equivale a un 74.1 puntos porcentuales y la inadecuación de materiales con los que se construyen tales viviendas. El **43.72 %** de las familias no poseen una vivienda propia, y un **38 %** son pobres. Por tal motivo existen muchos asentamientos ilegales en las afueras de la mancha urbana consolidada, los cuales son, muchas veces incentivados por personas que se aprovechan de la situación para sacar beneficio propio. (Ver grafico 4 y 6)

El proceso de autoconstrucción se inicia con la obtención más o menos formal de un terreno donde construir; la edificación es progresiva y muchas veces se inicia con la propia producción de los materiales, como adobes o ladrillo cerámico y otros que son desarrollados en el mismo terreno, tanto en el área urbana como rural. Así, las dificultades para obtener un terreno como condición previa, han llegado a ser la principal preocupación de quienes requieren de una vivienda.¹¹

La gran mayoría de las viviendas producidas en Bolivia, generalmente se realizan fuera de una lógica mercantil, puesto que no se realizan para ser vendidas o compradas sino consumidas por los propios promotores/propietarios, se construye para satisfacer las necesidades habitacionales de los núcleos familiares y en un alto porcentaje por ellos mismos bajo distintas modalidades de autoconstrucción.¹²

Ahora bien, para comprender ¿cómo se obtienen una vivienda cualquiera?, se requiere observar tres componentes económicos: el Ahorro, el Crédito y el Subsidio; los dos primeros propios del sector financiero y el segundo mejor comprendido desde lo social. De la presencia

¹¹ RENASEH. Panorama de la vivienda social en Bolivia, Artículo en internet, octubre 2004.

¹² RENASEH. Panorama de la vivienda social en Bolivia, Artículo en internet, octubre 2004.

de ellos, sus proporciones, modalidades y oportunidades de combinación dependerá el grupo social que acceda a este preciado bien¹³

Para los sectores de altos ingresos, es muy poco probable que acudan al sector financiero para obtener crédito habitacional, su propia ubicación en la estructura socioeconómica, posibilita la obtención de la vivienda por encargo o compra, con fondos ahorrados previamente.

Para las grandes mayorías nacionales, de sectores medios bajos a bajos, el ahorro cubre la mayor proporción, constituido por dinero para compra del terreno y/o materiales de construcción y por mano de obra doméstica¹⁴

En casos extremos para los grupos más vulnerables, la autoconstrucción supone desde la habilitación del terreno en incierta propiedad, producción propia con recursos locales de materiales de construcción y construcción progresiva de la vivienda, con fuerza de trabajo doméstico ampliado.

2.2.3 Conclusión Parcial

El problema habitacional y los datos del último censo de Santa Cruz de la Sierra, muestra claramente la necesidad de muchas familias que viven en situaciones precarias, un 43.72% de la población no posee una vivienda propia y 54.8% inadecuados servicios básicos (agua y luz).

Según datos, se muestra que el 77% de las viviendas tienen insuficiente espacio dentro de ella, y el 23%, uso inadecuados de materiales constructivos.

La autoconstrucción es una modalidad muy usual en los sectores de bajos recursos, usando materiales al alcance y la construcción por etapas o progresiva. Es por eso que la situación del parque habitacional está afectada principalmente por el déficit cualitativo, caracterizado por la baja calidad constructiva.

Es por ese motivo que la propuesta de vivienda social bioclimática para la zona de Santa Cruz de la Sierra es un proyecto dirigido a este sector de familias de recursos socio económicos bajos, (población media y baja), la gran mayoría. El aporte de este proyecto, beneficiara a muchos hogares necesitados y por los limitados ingresos económicos no pueden acceder a una vivienda.

Este proyecto de vivienda pretende mejorar el diseño de vivienda social que actualmente se usa, con ayudas de estrategias de diseño bioclimático, (sistemas pasivos) y uso de materiales adecuados, llegue a ser un modelo arquitectónico bioclimático de la vivienda social, en Santa Cruz de la Sierra. De igual forma se quiere conseguir, con el uso eficiente de diseño y energía, reducir los consumos energéticos y brindar mejor acondicionamiento térmico de las viviendas.

Dentro de la propuesta también se contempla que estas viviendas puedan ser construidas en varias etapas, de acuerdo a las necesidades que vayan teniendo las familias que viven en ellas.

¹³ RENASEH. Panorama de la vivienda social en Bolivia, Artículo en internet, octubre 2004.

¹⁴ RENASEH. Panorama de la vivienda social en Bolivia, Artículo en internet, octubre 2004.

2.3. TIPOLOGÍA Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS

2.3.1. Antecedentes Históricos

La arquitectura es en esencia el arte de crear espacios habitables, cuyo destino es dar cabida y abrigo a la vida del hombre, que habita.¹⁵

El hombre en la antigüedad comenzó por estudiar su entorno inmediato, condiciones termo física que recubre el espacio donde habitaba, y los factores climáticos de la zona; El hombre tenía una relación estrecha con el medio ambiente que le rodeaba. Por esa razón su hábitat se construyó con habilidades que daba respuesta al clima de su entorno.

El estudio del clima es importante para poder adaptar la arquitectura a su medio, sin el conocimiento de este no sería posible tener resultados positivos.

El clima de un lugar, es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmosfera, queda determinado por los denominados factores climáticos. Estos factores, son característica inalterables del lugar, propias de su ubicación, que darán lugar a los elementos climáticos mas evidentes, como la temperatura, la humedad, la pluviosidad, etc.

La comprensión de los factores climáticos, la incidencia de estos factores en la envolvente de la vivienda, y la relación funcional de estos, son necesarios para poder dar respuesta y lograr construir viviendas, consiguiendo el máximo confort en sus habitantes, a eso se le denomina arquitectura bioclimática.

Dentro del diseño de la vivienda se busca tener ambientes que brinden propiedades de confort térmico, gastando un mínimo de energía mediante la disposición puramente arquitectónica.

Esto es posible cuando el clima del entorno no es extremo, en caso de los lugares con estas características climáticas, se tendrá que contar con elementos mecánicos para llegar al confort, como ser aire acondicionado o calefacción. El adecuado uso de los factores anteriormente mencionados y la combinación de parámetros arquitectónicos, se puede llegar a un ahorro energético.

2.3.2. Aportes de la Arquitectura Vernácula en la Arquitectura Bioclimática

La arquitectura vernácula es el resultado de una creación colectiva de los habitantes que la conforman. Está se basa, en un proceso de construcción que se va repitiendo de generación en generación y que cada vez se va corrigiéndose y mejorando. De esa manera va adaptándose a las necesidades que van teniendo y al lugar donde está implantado. Para este fin, hacen un buen uso de los materiales que tienen a su alrededor, es por eso que garantiza su eficiencia por que responde a un conjunto de normas que la tradición impone.

Todo este proceso desarrolla un modelo de arquitectura que tiene características propias y que da respuesta, en muchos casos a la forma de vida social, religiosa y a las características climáticas. Por esa razón, este modelo de vivienda vernácula, es una herencia patrimonial de una sociedad y llega a ser un ejemplo único que no puede ser copiado e implantado en otro lugar. Partiendo de estos principios, cada espacio geográfico y sociedad, tiene sus características propias y se basan en ciertos patrones normativos.

¹⁵ Guillermo Enrique Gonzalo. Manual de arquitectura bioclimática. Buenos Aires Argentina

La arquitectura vernácula responde a factores como ser socioculturales y físicos; los socioculturales influyen factores como ser la estructura familiar, religión, organización económica, actividades productivas, nivel cultural, y tecnologías manejadas por los habitantes de la sociedad.

Los agente físicos son influenciados por otros como ser: elementos naturales del lugar, es decir el clima, la forma topográfica del sitio, paisaje, hidrografía, fauna, vegetación y materiales existentes del lugar.

Todas estas complejas interrelaciones de nociones influyen en la forma de la vivienda, unos en mayor proporción que otros, dependiendo del orden de valores que tenga la sociedad, y algunos tiene mayor importancia en ciertas sociedades y otros menos.

Los factores climáticos, son importantes en la conformación formal de la vivienda, especialmente en lugares donde el clima es riguroso. Los climas templados están más relacionados con otros parámetros. En lugares donde las situaciones climáticas se tornan extremas, son fácilmente identificables como factor determinante en la forma de la misma vivienda.

Se considera que las sociedades frente a los componentes climáticos extremos y con limitaciones de recursos, el hombre ha dado respuestas constructivas que son eficientes y que muchas de las soluciones, pueden ser aplicables a diferentes sitios. Los lugares que tengan ciertas características similares especialmente con respecto a los parámetros físicos (el clima, topografía, hidrografía, etc.) se pueden resolver con soluciones constructivas semejantes.

2.3.4. Vivienda popular o tradicional

Con el desarrollo de este sub capítulo, se quiere dar una idea de las distintas tipologías de arquitectura que existen en diferentes zonas climáticas de Latinoamérica y que estos prototipos dan soluciones al tipo de clima donde se ubican, estos sirven de referencia para otros lugares con características climáticas similares.¹⁶

Sí partimos de la definición que nos dan los diccionarios, vamos a encontrar que según sus raíces: Popular, proviene de Popularis, que es “lo perteneciente al pueblo, que es peculiar del pueblo o procede de él.” Esto es, la cultura que el pueblo considera como propia y a la que tiene acceso a través de sus tradiciones y costumbres.

Vernáculo proviene del Latín: vernáculos que significa “domestico, nativo, de nuestra casa o país “. Como se ve ambas definiciones están estrechamente ligadas y su diferencia estriba en que la definición de lo popular está atada a la tradición y por lo tanto va creando su historia día a día. Mientras que lo vernáculo, tiende a identificar y aplicar sus experiencias que van más allá del pueblo como tal, para integrarse a la vida contemporánea; por lo tanto son dinámicas y cambiantes. En consecuencia, la línea de lo popular se identifica con sus antecedentes en la historia, mientras que lo vernáculo adquiere un dinamismo, siempre consecuente con su integración a las características de la vida actual, no sólo en lo referente a su economía, sino también al uso de nuevos materiales y nuevas técnicas constructivas.¹⁷

¹⁶ La información de este índice está basado en: Víctor Olgay. Arquitectura y Clima, Gustavo Gili, S.A., Barcelona 1998.

¹⁷ Carlos Flores Marini. ¿DE QUE TIEMPO ES ESTE BARROCO? Arquitectura Popular o Arquitectura Vernácula, Universidad Autónoma de México

La arquitectura popular es la que ha sido creada a través del tiempo y está ligada a las tradiciones de sus habitantes. Dentro de la arquitectura popular encontramos muchos modelos de vivienda que han sido creadas con diferentes técnicas y materiales, entre ellos los más comunes, la piedra, la madera, las construcciones de tierra como son, el adobe y tapial.

La arquitectura tradicional en Latinoamérica está influenciada por la época donde los españoles, ingleses, y portugueses conquistaron América y que conllevó a la destrucción de unas tradiciones constructivas y su sustitución por otra. Es por esa razón que vemos mucha similitud en la arquitectura Latinoamericana con los países ibéricos.

Por estos se podría afirmar que los conquistadores trasladaron la arquitectura del sur de España a los lugares cálidos y la del norte a los lugares fríos o templados, pero en general domina la tipología Mediterránea; como es la casa baja con patio interior rodeado por galería, muros de adobe, y huecos pequeños al exterior para evitar la ganancia térmica en el interior.

La arquitectura relacionada con el clima ha perdurado en las áreas rurales y en ciudades donde no ha sufrido transformación por el crecimiento rápido de la población.

Tenemos como ejemplo, la arquitectura tradicional de los climas cálidos húmedos en la zona tropical y subtropical, esta tipología está muy ligada al paisaje y al clima del lugar, es por eso que son viviendas de amplias cubiertas con pendientes construidas de hoja de palma y sirven para proteger de las copiosas lluvias y del sol. Debido a la humedad los cerramientos son ligeros de manera de poder dejar pasar el viento para refrescar el interior.

Esta tipología tiene diversas variantes debido a los materiales y a la topografía del terreno, así pueden aparecer viviendas de tipo palafito, elevadas sobre el terreno por altos pilotes.

Arquitectura Tipológica con relación al clima

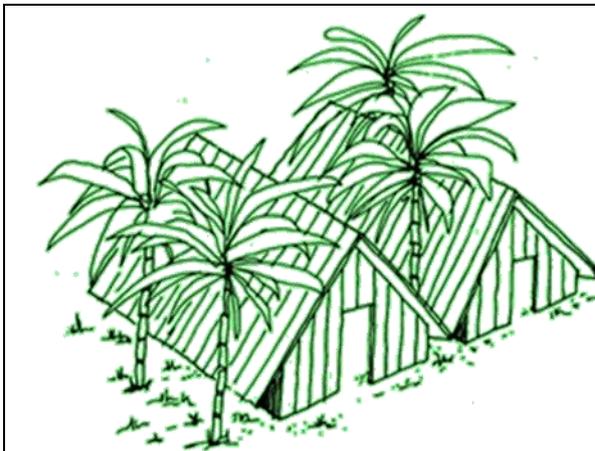


Fig. 2.6. Chozas con hojas de bananero y Maguey en jalapa México



Fig. 2.7. Casas indígenas sobre pilotes en fuentes de Oyapoc Guayana Francesa



Fig. 2.8. Casa rural con porche



Fig. 2.9. Edificios urbanos con galería

A medida que los pueblos evolucionan vemos que las viviendas se van transformando por motivos sociales, ejemplo de esto, la galería que es un espacio intermedio entre la vivienda y el exterior, en un principio sirvió de protección y de depósito. Posteriormente se transformó en el lugar de descanso, vida familiar y social hasta en algunos casos convertirse en un elemento de jerarquía y prestigio; en algunas ocasiones llega a rodear toda la casa, ejemplo las haciendas de ricos y hacendados.

En la zona cálida seca como es el norte de México, es común ver elementos constructivos en forma de tapial y adobe, como también a veces de piedra con gran espesor. Los muros con estas características consiguen una gran inercia térmica que protege a la vivienda de los cambios térmicos. Las cubiertas son planas debido a la escasez de lluvia y que en varios casos son hechas de un entramado relleno de ramas con barro y cal.

Arquitectura de los climas cálidos secos

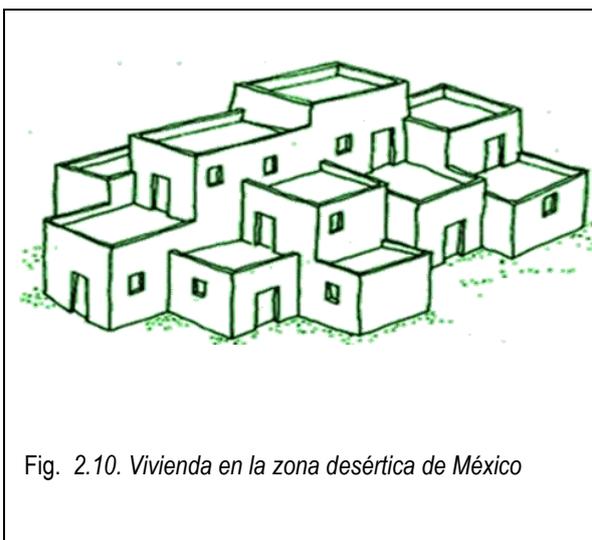


Fig. 2.10. Vivienda en la zona desértica de México

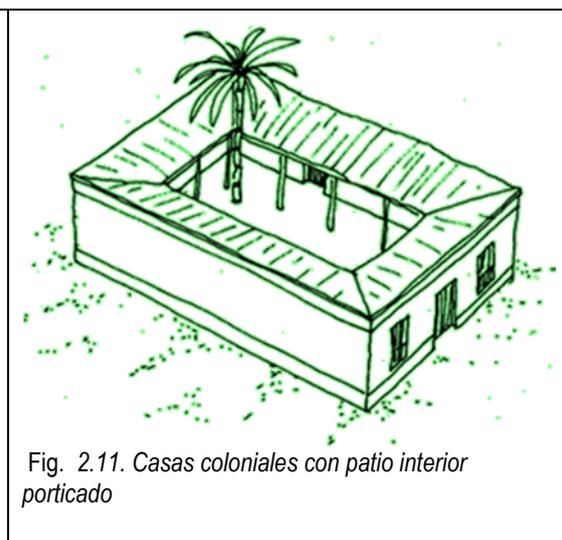


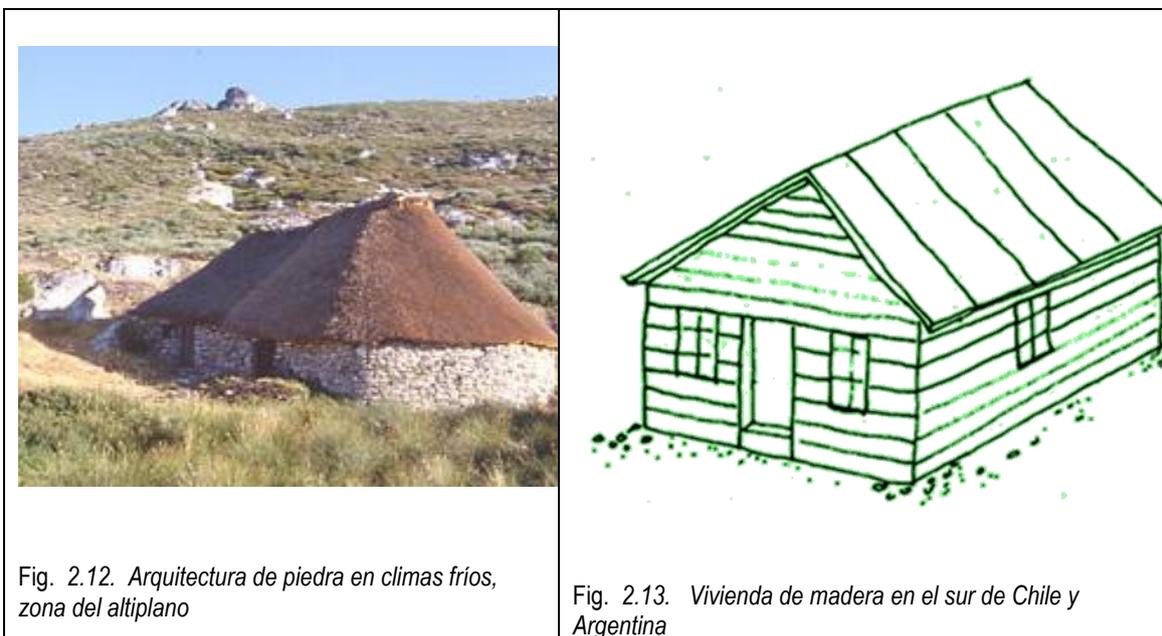
Fig. 2.11. Casas coloniales con patio interior porticado

En zona templada cálidas predominan las viviendas de tipo colonial, con patios interiores, porche, balcones y también viviendas de piedra.

En las zonas frías las viviendas se caracterizan por ser compactas y herméticas eso se debe para evitar los fríos y fuertes vientos. Las cubiertas son inclinadas pero no demasiado para

evitar que la nieve se deslice y esta sirva como aislante térmico a la vivienda. En algunos casos usan madera en los cerramientos, este es el caso de las viviendas al sur de Chile y Argentina.

Arquitectura de climas Fríos



Una de las características de los países Latinoamericanos que se encuentran entre dos trópicos, (estaciones que no son claramente identificables, ya que la temperatura es más o menos constante a lo largo del año como son, Venezuela y barbados), solo se diferencia por el régimen de lluvia. Por eso al ser la radiación aproximadamente uniforme durante todo el año la preocupación será más bien evitar la ganancia térmica, refrescar el interior y la protección de lluvias. En muchas ocasiones, esto se resuelve con el tipo de cubierta que se utiliza, por eso este elemento es muy importante para este tipo de clima.

Otro problema que presentan las ciudades Latinoamericanas, es el crecimiento urbano unido a procesos especulativos y comerciales que han destruido los vínculos que tenían la vivienda con el clima. Como resultado, lo que antes era una parcela con una vivienda, patio interior y exterior ahora son ocupadas por cuatro viviendas con un patio angosto dificultando la ventilación, sin tenerla en cuenta, la orientación y las protecciones solares.

2.3.5. Tipología en climas cálidos húmedos en Latinoamérica

Dentro de Latinoamérica existen diferentes climas, que van variando de acuerdo a su latitud y altitud, ahora solo nos enfocaremos a los climas cálidos húmedos ya que este trabajo de investigación está basada en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra donde el tipo de clima es sub tropical (cálido húmedo).

En las zonas de climas cálidos húmedos se caracteriza por baja alternancia térmica, diferencia de temperatura entre el día y la noche fuerte radiación, humedad, con poca variación estacional y fuertes lluvias.

Para este tipo de vivienda debe reunir condiciones como, proveer un máximo de sombra frente a la intensa radiación solar, paredes y techos livianos con baja inercia térmica, disponer de una buena ventilación y controlar las fuertes lluvias. Para eso la forma e inclinación de la cubierta es importante.

Dentro de características climáticas de este tipo encontramos los casos rigurosos como ser la vivienda indígena de Colombia, donde todo está pensado en función de la sombra y ventilación.¹⁸

La cubierta es de enredaderas, el uso de hamacas tejidas permite el paso del aire, y la separación del suelo, hace posible la ventilación total así como la protección de la humedad e insectos.

Como ejemplo tenemos las viviendas de los indios Choco del sur de Panamá. Estas viviendas se caracterizan por la falta de paredes para no obstaculizar el paso de las corrientes de aire, carencia de mobiliario y uso de hamacas para dormir. A causa de la crecida de los ríos y quebradas, sus chozas están colocadas sobre horcones elevados de uno a dos metros sobre el suelo. Las viviendas pueden ser de forma cuadrada o circular, y están cubiertas de palmas.

Las características de sus techos, es que poseen un inmenso parasol que funciona como paraguas a la vez, que tiene doble función; la protección de los rayos solares así como de las intensas lluvias. Tales moradas, están construidas de una gran cantidad de hoja de palma cuyo espesor y pendiente evita el paso del agua llegando a ser impermeable.

Viviendas palafitos típicas en las zonas cálidas húmedas



Fig. 2.14. Cabaña edificada sobre palafitos



Fig. 2.15. Viviendas construidas sobre palafitos en Venezuela

El piso es de tabla de palma cuyos troncos se abren y se rajan para el efecto, algunos de los cuales sirven como paredes; pero por lo común están abiertos, para permitir la entrada del aire al interior. Sobre las tablas de palma ponen en el centro un montón de tierra, este es el fogón de la casa. La estructura está hecha de madera del lugar y está pensado para soportar peso liviano de la vivienda.

Otro ejemplo de esta tipología, son las casas soportadas por palafitos sobre el agua, que se caracteriza por tener toda una estructura de madera, no poseen paredes, y tienen inclinadas cubiertas construidas de palma, y el piso de madera; este es el caso de las viviendas palafitadas de los Guajiros de Sunamaica (Venezuela) alrededor del lago Maracaibo. Ver fig. 2.14 y 2.15.

¹⁸ Guillermo Enrique Gonzalo. Manual de arquitectura bioclimática, Nobuko, Tucumán- Argentina 2003.

Fig. 2.16. Sistema estructural y constructivo de las viviendas edificadas sobre palafitos

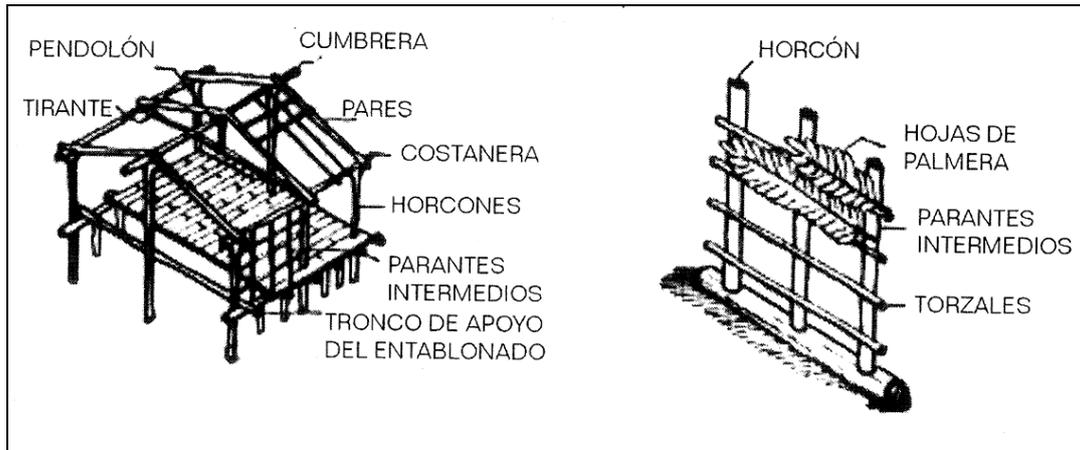
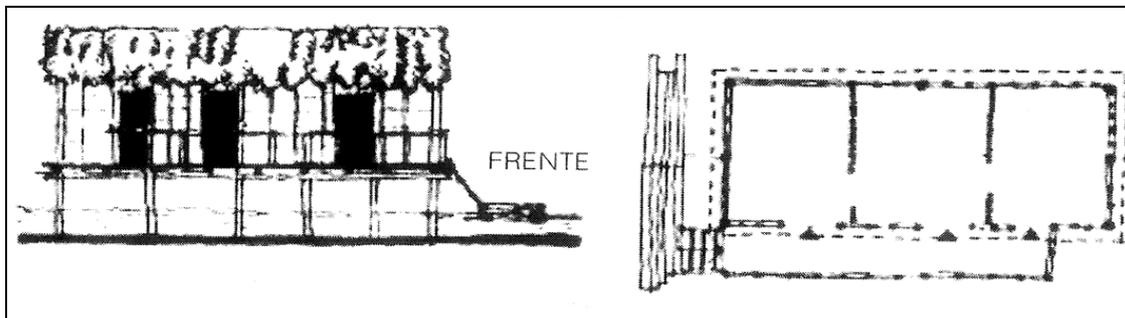


Fig. 2.17. Vivienda tipológica construida sobre Palafitos



La vivienda tipológica construida sobre palafitos, es generalmente de una pieza, con techo a dos pendientes. El material más común para los techos y las paredes es el cactus del cual dividen las ramas secas en tiras y las amarran a las varas, en algunas partes usan palma. Para alojar a los amigos que visitan a la familia o para descansar edifican enramadas de palos y techo plano; así aprovechan la sombra y las brisas. Ver fig. 2.16.

Otro ejemplo de esta tipología, es el caso de los Motilones, que son una etnia indígena que viven en Venezuela, cerca del lago de Maracaibo La mayoría de la población Motilona está en asentamientos, y un reducido grupo es nómada que vive de la recolección.

Su vivienda es de forma de ovoide y construida con materiales de la región como son la madera, las hojas de palma y bejuco para amarrar. En el centro del bohío se encuentran los fogones, y a los lados están las hamacas para dormir. Una vez construido el bohío y antes de habitarlo se produce la ceremonia del exorcismo con el fin de alejar de él los malos espíritus y también para hacer una limpieza de otros seres maléficos. El bohío tradicional presenta una forma alargada, una especie de ovalo cuyo eje mayor tiene una longitud de 28 metros y cuyo eje menor mide 18 metros.

2.4. ARQUITECTURA TRADICIONAL EN BOLIVIA

A continuación se mostrara algunas referencias tipológicas en algunos departamentos o ciudades dentro de Bolivia, y luego nos enfocaremos en la ciudad de Santa Cruz.

La intención de este capítulo es: mostrar en forma general la Arquitectura tradicional existente en las diferentes ciudades de Bolivia. Estas difieren en la forma y materiales, dependiendo del clima y la altitud de la zona. Como ejemplo de esto, tenemos el caso de la Ciudad de La Paz y Potosí, que por estar ubicado en la cordillera andina y a una elevada altitud, las características climáticas de la zona es frio seco durante todo el año. Al contrario de la ciudad de Santa Cruz y la zona de Chiquitos, que por estar situado en las llanuras, el clima predominante de la ciudad es cálido húmedo.¹⁹

La arquitectura popular Boliviana no se conserva pura, en muchos de los casos han sido sustituidos por arquitectura española. En la época de la conquista, los españoles dejaron varios ejemplos, de su arquitectura que podemos ver en los diferentes departamentos de Bolivia. Como consecuencia de esto, muchos materiales fueron remplazados por otros e incluso algunas de las técnicas también se fueron perdiendo en algunos sitios.

Las edificaciones del departamento de La Paz, muestran dos tipos de arquitectura que son: la arquitectura religiosa y la arquitectura civil, de la época del siglo XVIII, y que aún se conservan. Entre las casa dieciochesca hay dos tipos, las grandes residencias con una planta regular, y la vivienda común.

Las casas comunes, tenían en su interior un patio, alrededor del cual, se distribuyen las habitaciones. Por la parte exterior se decoraba con una portada tallada en piedra, y con dos pilastras que sostenían un frontón. Los muros generalmente eran de piedra y en algunos casos de adobes.

Arquitectura tradicional de La Paz

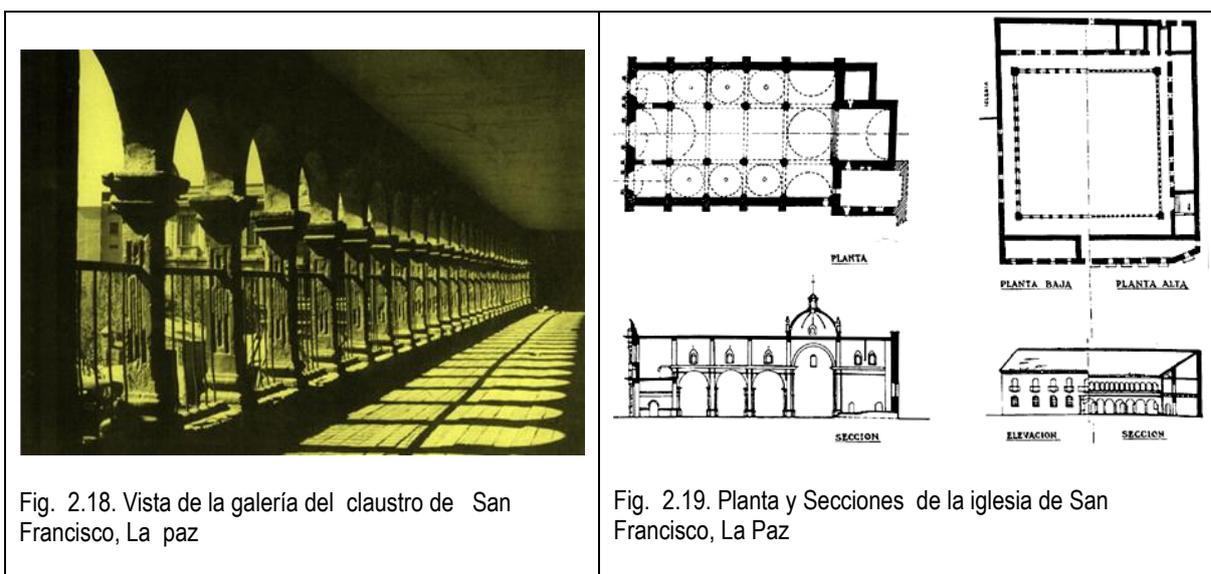


Fig. 2.18. Vista de la galería del claustro de San Francisco, La paz

Fig. 2.19. Planta y Secciones de la iglesia de San Francisco, La Paz

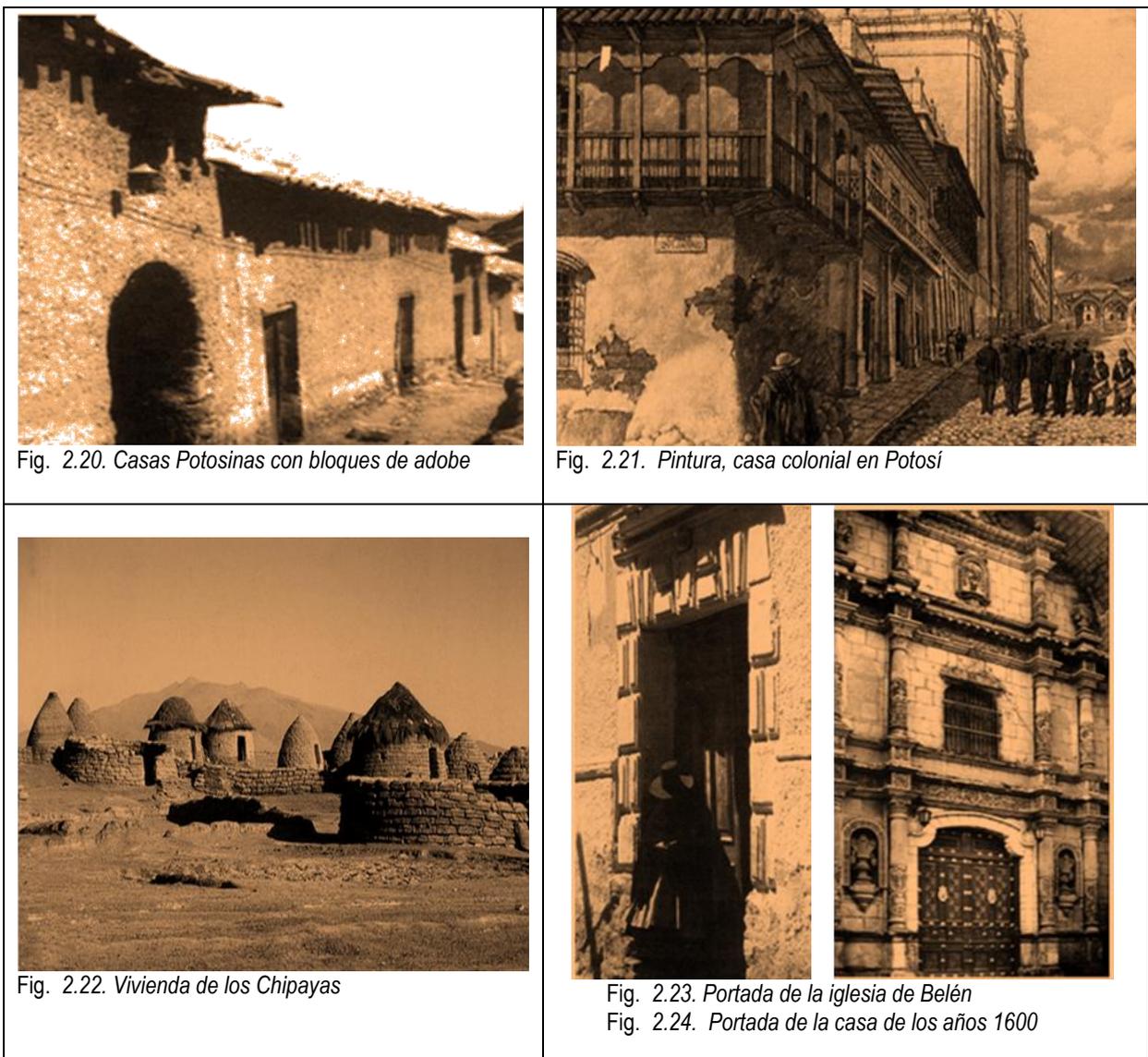
¹⁹ La mayoría de este capítulo está basado en la información de: José de Mesa y Teresa Gisbert. Monumentos de Bolivia. Gisbert, La Paz- Bolivia 2002.

En la arquitectura tradicional de Potosí, subsisten pocos ejemplos, como ser: la arquitectura del siglo XVIII época de la conquista, y a principios de los seiscientos.

Según los relatos de Fray Diego de Ocaña podemos ver que los barrios de indios Mitayos, eran la mayor parte de la población. Esta tipología, estaba constituida por casas redondas hechas de bloques de adobes y cubierta de paja con barro. Las puertas eran de madera de cactus, y que aún subsisten entre los Chipayayas. (En el apartado 2.6 explicaremos su técnica constructiva).

Las otras construcciones arquitectónicas que fueron desarrollados en la época virreinal, están hechas de piedra y la fachada talladas con pilares. Las viviendas de alto cargo eran tipo colonial de dos niveles y la parte superior coronado con un balcón de madera y cubierta de teja típica de la arquitectura colonial.

Arquitectura tradicional de Potosí



Arquitectura de los valles como es Cochabamba existen tanto las edificaciones religiosas como las civiles. Entre la edificaciones religiosas podemos ver la iglesia de Santo Domingo

realizada en ladrillo cerámico esculpido, estas es uno de los mejores logros de la arquitectura Rococó.

La arquitectura civil de Cochabamba es bastante peculiar, la diferencia con la arquitectura del altiplano es la incorporación de estructura de madera y el uso de grandes aleros propios para un clima caluroso. Las casas cochabambinas son en su mayoría del fin de los siglos XVIII.

Los patios suelen ser de dos clases, uno con columnas de madera y zapata, y otros con arcadas de piedra y ladrillo, en ambos casos la arquitectura es bastante ligera creado un ambientes semitropical.

Arquitectura tradicional de Cochabamba



Fig. 2.25. Iglesia de Santa Teresa



Fig. 2.26. Casa en la ciudad de Cochabamba



Fig. 2.27. Plaza del pueblo de totora, en Cochabamba

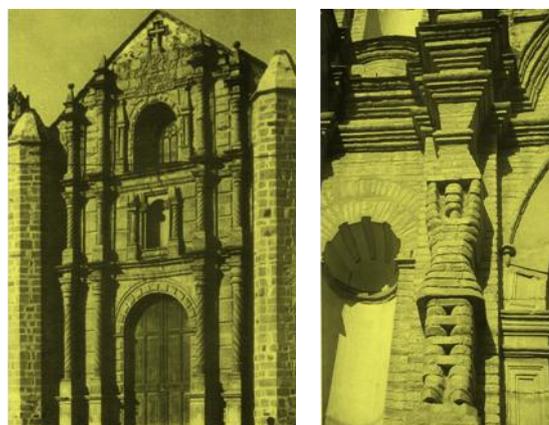


Fig. 2.28. Portada de la catedral.

Fig. 2.29. Detalle de portada de Santo Domingo.

2.5. ARQUITECTURA TRADICIONAL EN EL ORIENTE BOLIVIANO

2.5.1. Arquitectura Urbana de Santa Cruz

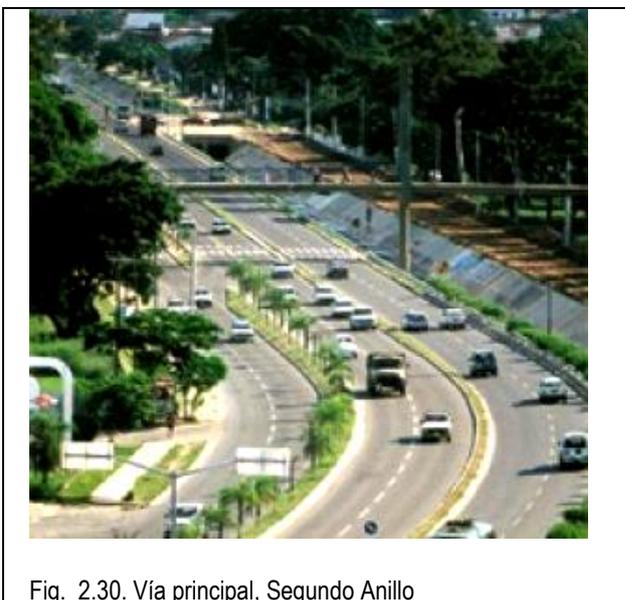


Fig. 2.30. Vía principal, Segundo Anillo

El plano urbano de Santa Cruz de la Sierra fue el mismo que el de otras ciudades bolivianas: calles longitudinales y transversales que se interceptan en dameros, en torno a una plaza cuadrada de donde parte la estructura urbana de la ciudad.

La ciudad en sus inicios, alrededor de los años 1900-1950 es una pequeña ciudad aislada en la enorme llanura Grigotana, con sus dimensiones y escaso desarrollo industrial. Sin proponérselo una Eco ciudad es decir integraba necesariamente a su ecosistema, sin modificarlo sustancialmente.²⁰

Las calles y veredas desniveladas fueron una grave deficiencia de la ciudad. Como las calzadas vehiculares no tenían pavimento y era al mismo tiempo canales de drenaje para evacuar las aguas de lluvia. Cada vereda con distinto nivel, con variaciones de hasta un metro²¹.

La arquitectura contemporánea de Santa Cruz está ligada a un nuevo modelo urbano, el de los anillos (vías amplias de uso vehiculares que rodean la ciudad) que partiendo de la antigua plaza Mayor pretende abarcar regularmente la expansión urbana.

Este plan se puso en marcha en 1967 con notable éxito, aunque hoy la expansión social va dando paso a ese perfil de ameba tan característico de las ciudades modernas.²²

Con el paso de los años y entrada la modernización, Santa Cruz va perdiendo su identidad arquitectónica, dejando de lado los arquitectos jóvenes a la arquitectura que siempre nos ha caracterizado "La Colonial"; En la década de los 70 al 80 bajo el amparo de post moderno se intenta recuperar las galerías de principio de siglo en versiones realizadas en hormigón armado²³

Otra línea que intenta recuperar la tradición cruceña es: la utilización de horcones de madera, ejemplo la "Galería del casco viejo".

²⁰ CEDURE -Arq. Fernando Prado Salmon. Perfil ambiental de Santa Cruz de la sierra, El País 2000.

²¹ CEDURE -Arq. Fernando Prado Salmon. Perfil ambiental de Santa Cruz de la sierra, El País 2000.

²² José de Mesa y Teresa Gisbert. Monumentos de Bolivia. Gisbert, La Paz- Bolivia 2002.

²³ José de Mesa y Teresa Gisbert. Monumentos de Bolivia. Gisbert, La Paz- Bolivia 2002.

El cambio de la ciudad, como ocurre en el resto del país, se da a fines del siglo XIX y principios del XX. Un grupo de arquitectos intentaron crear una arquitectura para Santa Cruz, sin proponérselo recuperan el espacio en base a la galería abierta pero aplicando un academismo purista, casi un neoclásico. Ejemplo El palacio prefectural, “Alcaldía municipal”, construido entre 1874-1880 por el Arquitecto Simonne Machetti.²⁴ Ver fig. 2.35

2.5.2. Arquitectura Religiosa en Santa Cruz de la Sierra

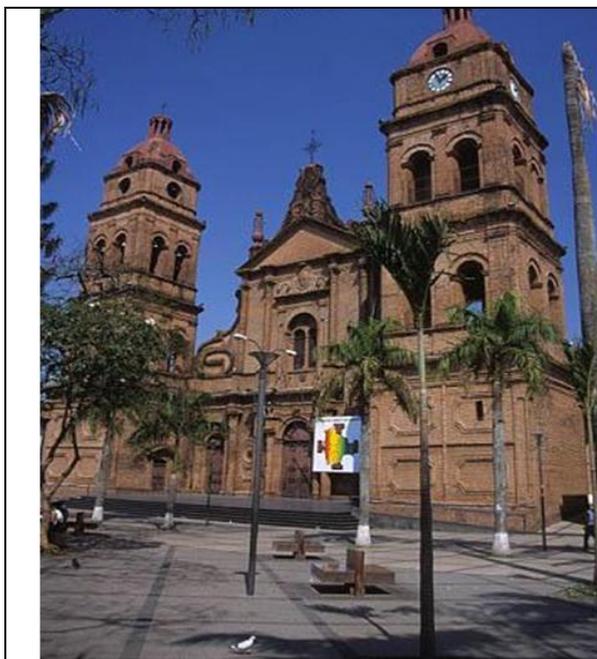


Fig. 2.31. Iglesia principal de Santa Cruz (Catedral)



Fig. 2.32. Detalles de la portada y de la bóveda de madera, de la Catedral

La iglesia de la Catedral, es la primera al igual que la principal iglesia de la ciudad, se encuentra frente a la plaza, edificada en tiempo del virrey Toledo por el mercedario Fray Diego de Porres, se arruino varias veces. En 1770, el obispo Don Ramón de Herboso la volvió a reconstruir, Corrió a cargo de la obra el sacristán mayor.

Las vicitudes de este edificio religioso, terminaron en la época del mariscal Santa Cruz (1838) en el que el viejo templo se sustituyo por una iglesia nueva de estilo ecléctico que fue proyectada por el arquitecto francés Felipe Bertres.

La iglesia, de tres naves, es notable por sus bóvedas de arista de madera. En ella se conserva una parte de la gran riqueza de la plata labrada que tuvo originalmente la misión jesuítica de San Pedro de Moxos. También aparecen cuadro relieves escultóricos que provienen de la misma misión.

En la década de 1940 -1950 quedaban dos parroquias (iglesias pequeñas), la de San Andrés y San Roque. Ambas siguen el tipo de planta propio de las misiones jesuíticas. Estas parroquias deben ser posteriores a 1771. Ver fig. 2.33 y 2.34.

²⁴ José de Mesa y Teresa Gisbert. Monumentos de Bolivia. Gisbert, La Paz- Bolivia 2002.

La iglesia de San Andrés, de veinte metros de longitud por once de ancho, tenía una estructura de madera de tres naves con dieciocho columnas que encerraban dentro los Horcones de madera. Arcos rebajados unían las columnas en dirección del eje de la nave. Galerías laterales extendían a ambos lados de la iglesia. La estructura se adelanta sobre la fachada creando un pórtico decorado con frontón de madera calada, con temas barrocos vegetales.²⁵



Fig. 2.33. Iglesia de San Andrés en Santa Cruz



Fig. 2.34. Iglesia de San Francisco en Santa Cruz

2.5.3. La Arquitectura Civil de Santa Cruz de la Sierra

La arquitectura civil de Santa Cruz en sus inicios era modesta, las calles principales eran sin formas ni orden en los ángulos de los infelices rancho, los que están dispersos particularmente en los cantos y arrabales; estos eran de palizada y barro, cubierta de una palma que le llaman motacu. Las casa principales se hallan en el centro de la ciudad; sus paredes son de adobe y una cubierta con tejas²⁶.

La vías de Santa Cruz tienen las aceras muy alta, (dentro del casco viejo o en el área antigua de la ciudad) con pasos de peatón en las esquinas. Para proteger la casa de las aguas provenientes de las lluvias y de la radiación solar, hacían uso de las galerías exteriores, que servían como protectores, y que caracterizan a la tradicional vivienda de la ciudad. Estos espacios formados por las galerías, también eran utilizados como porche externo.

El clima de Santa Cruz, es muy agradable, con una temperatura anual que favorece al crecimiento de la fauna y flora y esto incentiva a la vida urbana abierta. Su arquitectura tradicional colonial, responde a esto, y se abre hacia la calle, es por eso que esta ciudad se caracteriza por ser hospitalaria y sociable.²⁷

²⁵ José de Mesa y Teresa Gisbert. Monumentos de Bolivia. Gisbert, La Paz- Bolivia 2002.

²⁶ José de Mesa y Teresa Gisbert. Monumentos de Bolivia. Gisbert, La Paz- Bolivia 2002.

²⁷ CEDURE -Arq. Fernando Prado Salmon. Perfil ambiental de Santa Cruz de la sierra, El País 2000.

La ciudad de Santa Cruz con su casa bajas cubierta de teja y su galería sustentada por horcones de madera, es una arquitectura muy típica de los siglos XIX manteniéndose en algunos sectores hasta el día de hoy.



Fig. 2.35. Edificio de la Prefectura de Santa Cruz



Fig. 2.36. Viviendas coloniales dentro del centro histórico



Fig. 2.37. Vista de una de las calles en el centro de la ciudad



Fig. 2.38. Arquitectura contemporánea que conserva la galería

2.5.4. Arquitectura Chiquitana

Las misiones de chiquitos que fueron establecidas a partir de las expediciones primeramente militares y luego religiosas. Estas expediciones tuvieron lugar, alrededor de los siglos XVII, y dieron como resultado la fundación de algunas ciudades.

Los habitantes de la zona de chiquitos están divididos en varias etnias, varias familias lingüísticas como la Chiquitana, Arawaka y Chapacura.

Se llama misión jesuita a la orden Religiosa de padres españoles que se establecieron en los pueblos que encontraban, fundando iglesia con el fin de evangelizar a los nativos del lugar.

Los españoles en sus expediciones fundaron varios pueblos en el Oriente Boliviano y también dejaron como patrimonio varias arquitectura religiosa que aún se conservan. Las cuales eran dirigidas por arquitectos jesuitas, combinado con técnicas del lugar y mano de obra de los indígenas.

Estos lugares se caracterizan por la arquitectura chiquitana, el buen manejo de la madera tallada de forma artesanal, pintura decorativa y su música religiosa que son practicadas no solo

por la gente oriunda sino también por gente extranjera que gusta de esta música instrumental y sus coros.



Fig. 2.39. *Arquitectura tradicional en Santa Ana*



Fig. 2.40. *Casa tradicional en San Ignacio*



Fig. 2.41. *Iglesia en Concepción*



Fig. 2.42. *Iglesia en Guarayos*

2.5.5. Conclusión Parcial

Según hemos podido ver la arquitectura tradicional boliviana se diferencian entre ellas tanto en la forma como en los materiales utilizados, estas diferencias son condicionadas por el tipo de clima y las costumbres, donde se ubican tales modelos Arquitectónicos.

Según lo que hemos visto, los materiales utilizados en la construcción de las viviendas, son extraídos del entorno. De forma similar, en la zonas templadas como en las cálidas, tantas las formas son respuesta al clima del lugar y los materiales extraídos de la zona predominate.

Bolivia tiene tres tipos de climas claramente marcados por su topografía como ser: clima frio, clima templado húmedo y cálido húmedo.

Dentro de los climas fríos se encuentra la ciudad de La Paz, Potosí, y otros, dentro de los climas templados, esta la ciudad de Cochabamba, sucre, y otros, en los climas cálidos húmedos están Santa Cruz, Chiquitos, Beni y otros.

Las ciudades de climas fríos como es el caso del altiplano, la arquitectura se caracteriza por ser más compacta en su forma y cerramientos, con pocas aberturas exteriores. En este tipo de arquitectura, predominan los tallados en piedra sobre la fachada principal, y también en aberturas de puertas y ventanas. Los materiales más comunes son la piedra, adobe, y teja colonial por ser común en este tipo de zona

Las ciudades con climas templados húmedos como es el caso de Cochabamba, su arquitectura tradicional se diferencia con respecto a la de los climas fríos, por ser más ligera en los cerramientos. Las galerías son más profundas y abiertas, y empiezan a aparecer estructuras de madera en las columnas de estas. Las cubiertas o techos, son más inclinadas en relación a los de clima frío.

En los climas cálidos húmedos como es Santa Cruz, (donde está basado el estudio de este trabajo de investigación) y Chiquitos, la arquitectura tradicional es mucho más ligera en sus cerramientos que en los climas templados. En esta zona, el uso de madera predomina en las viviendas, tanto en la estructura de carpintería así como en cubierta inclinadas. Los aleros de las casas, son de mayor longitud a consecuencia de las lluvias, es por eso que la cubierta, en esta zona, es mucho más inclinada.

En esta área geográfica, la madera es uno de los materiales más utilizados en las viviendas, este sirve como estructura y uso decorativo. La zona de de los llanos, donde predomina el clima cálido húmedo, es una zona rica en vegetación y árboles que proporcionan madera de uso constructivo.

El uso de galería es el elemento arquitectónico que prevalece en toda casa tradicional cruceña. En los llanos como Santa Cruz, la arquitectura popular se ha caracterizado por construir con bloques de adobe y ladrillo, en los cerramientos. La arquitectura contemporánea, ha introducido nuevos materiales a las viviendas como es el caso del hormigón, y ha dejado a un lado otros materiales como son los cerramientos de adobe.

2.6. TECNICAS CONSTRUCTIVAS EN BOLIVIA

En este capítulo se mostrara algunos antecedentes tipológicos de forma general, de algunas regiones de Bolivia y se explicara las técnicas y materiales de Santa cruz de la Sierra. Esto señalara más claramente la forma y técnica que la arquitectura Cruceña ha desarrollado con el tiempo y otras que se han dejado de usar. Esto será de ayuda en la propuesta de diseño.²⁸

La arquitectura popular Boliviana tiene una diversidad de técnicas dependiendo de la zona donde se encuentra, no hay que olvidar que Bolivia posee tres clases de climas según la altitud y topografía, con una variedad de microclimas. Estos son determinados por la altura, con una variación térmica entre día -noche, ejemplo: las zonas templadas de Comarapa y Vallegrande. También tenemos la zona de los llanos con climas cálido húmedo que se caracteriza por las altas humedad (por la cercanía de los bosques) y las constantes lluvias en época de primavera, como ejemplo tenemos la ciudades de Santa Cruz, Pando y Beni.

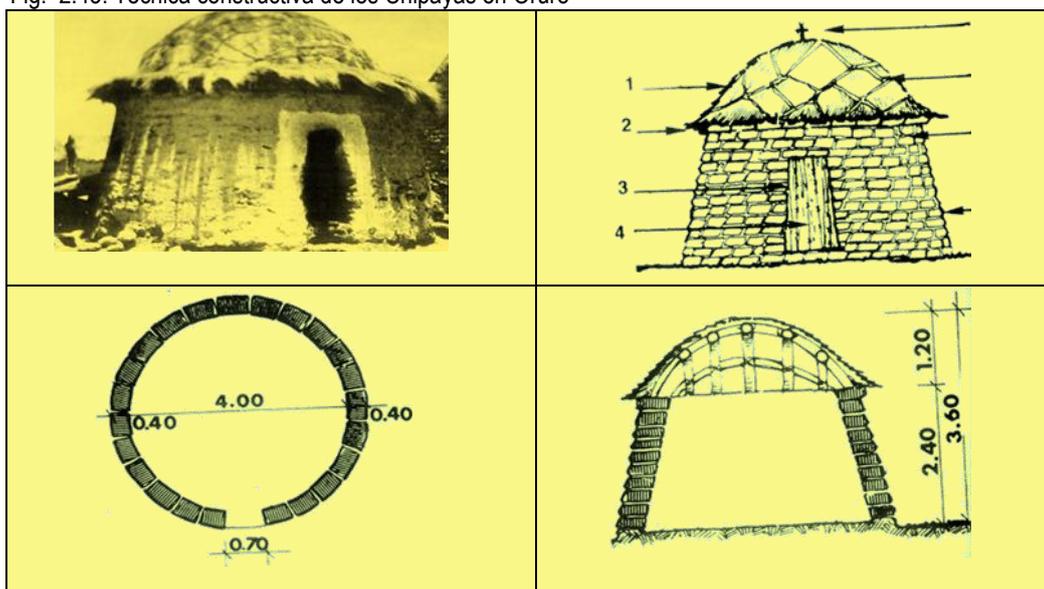
Dentro de la variedad de climas y topografía que Bolivia posee, cada área ha desarrollado diferentes técnicas constructivas, como ser en la zona del altiplano o montañas, donde se construye más con adobe y en algunas zonas con piedra.

En los valles, se construye con técnicas mixtas, como ser adobe, ladrillo, madera y también vemos construcciones de piedra. En los llanos como Santa Cruz, la arquitectura popular se ha caracterizado por construir con materiales como el ladrillo de arcilla cocida y adobe, en los cerramientos. Las estructura, son de hormigón o madera, y la cubierta de teja colonial o cerámica.

A continuación, se mostrara ejemplos de diferentes tipos de construcciones y técnicas constructivas, en las diferentes zonas geográficas, y en especial de Santa Cruz de la Sierra.

2.6.1. Zonas con climas fríos_zona del altiplano están los Chipayas, son un grupo indígena que viven en el departamento de Oruro, los cuales son conocidos en Bolivia por sus singulares casas que son construidas artesanalmente y donde todos los integrantes de la familia participan en su ejecución. La construcción comienza con una ceremonia de agradecimiento a los dioses esto es una costumbre de sus ancestros que aun conservan.

Fig. 2.43. Técnica constructiva de los Chipayas en Oruro

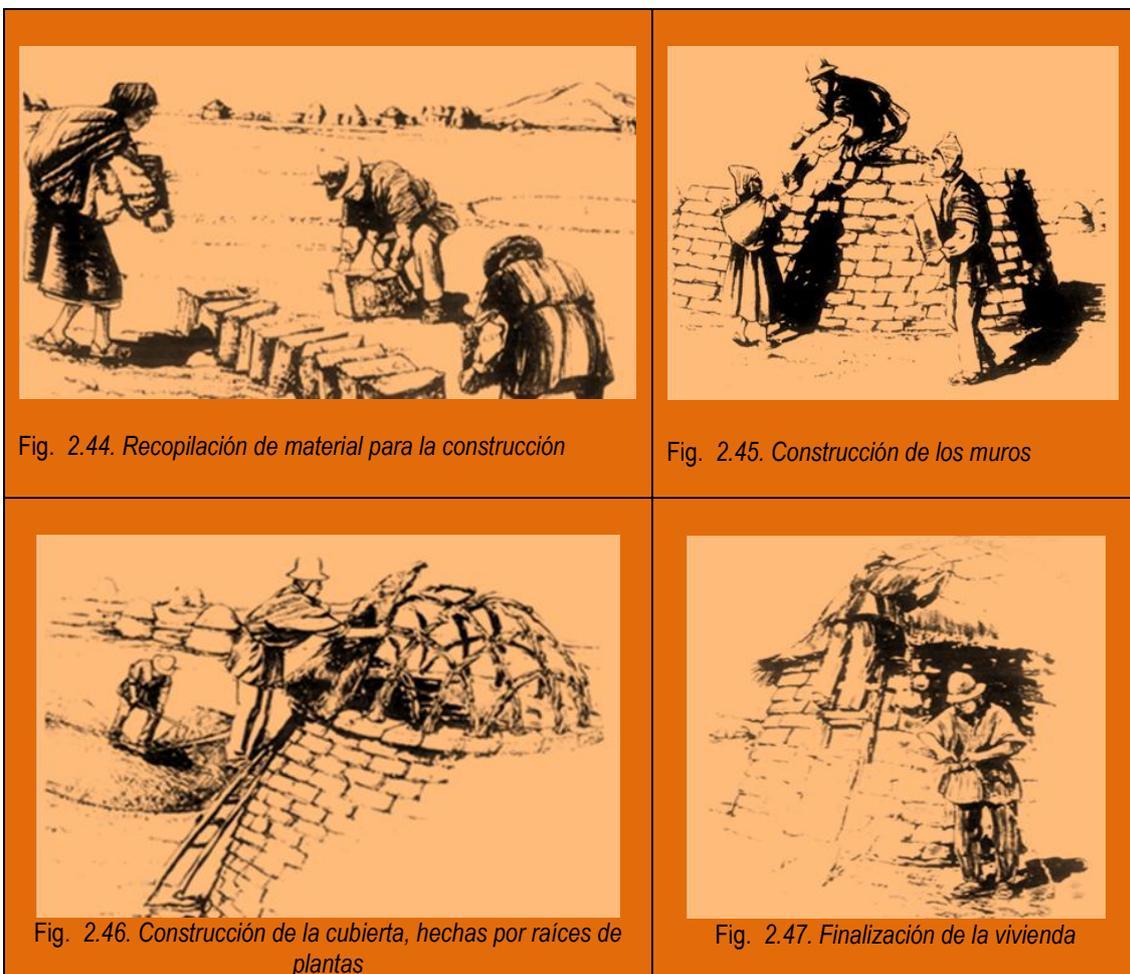


²⁸ Cruceña/o_ Se llama a todos los pobladores y cosas que pertenecen a la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

El tamaño de la vivienda se define por una brazada sobre una cuerda, determinándose el punto central y trazando el círculo a modo de compas ayudado por la cuerda, una vez definido el círculo se empieza a colocar los bloques de adobe hechos de tierra y raíces que abunda en esa región, los bloques se coloca uno junto a otro igualándolos con cuchillos o azadón. El muro tiene juntas en seco que se rellena con barro, la última fila es más ancha y funciona como alero. La cubierta es de paja y en forma de cúpula sostenida por arcos protegida por una capa de arcilla y paja.²⁹

Una vez terminada la vivienda se realiza el acabado de la vivienda haciendo el revoque o enlucido de barro y rellenando los espacios entre los bloques de adobe, todo eso se hace a mano, la puerta de ingreso es de madera de cactus unida por cuerdas de cuero de Llama (animal propio de estos lugares).

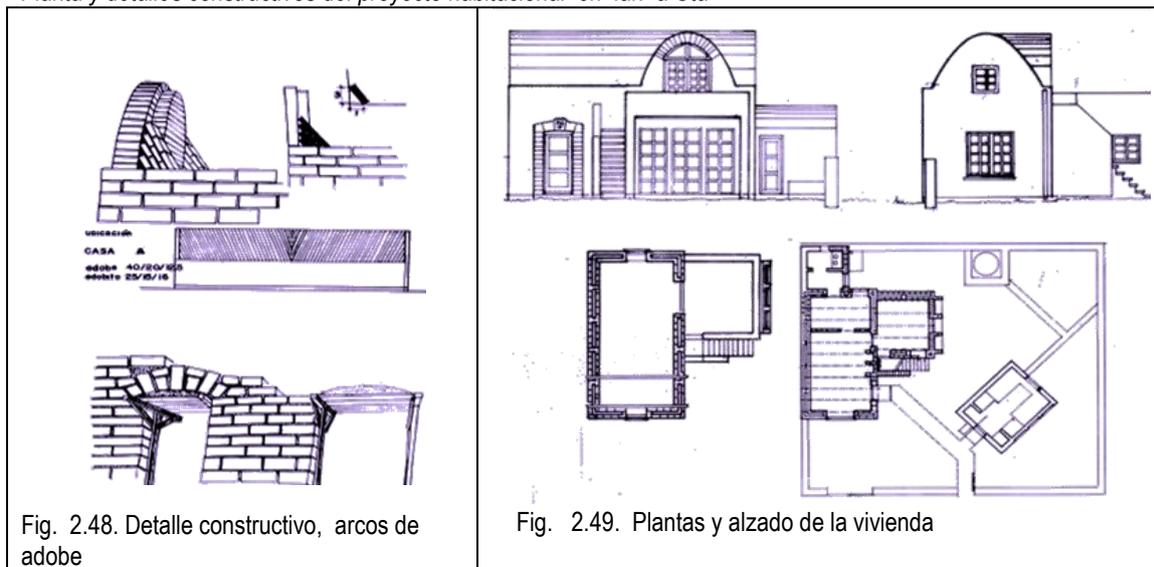
Proceso constructivo de las viviendas Chipayas en Oruro



Otras de las técnicas desarrolladas son las del adobe en el departamento de La paz, ejemplo de esto es el proyecto habitacional en Lak` a Uta (en Aymara casa de tierra) localizado en la provincia de Aroma a 131 km de la ciudad de La Paz, las características climáticas del lugar presentan grandes contrastes de temperatura y vientos.

²⁹ Hugo Pereira Gigogne. HABITERRA- Exposición Iberoamericana de construcciones de tierra, Escala tecnológica para vivienda Social, talleres litográficos Escala, Colombia 1995

Planta y detalles constructivos del proyecto habitacional en lak' a Uta



Este proyecto se puso en práctica la cubierta en forma de bóveda núbica (origen egipcio) energía solar pasiva.

La ubicación de la vivienda permite un buen asoleamiento de la masa construida, (en climas fríos se busca el sol) orientación noroeste para los dormitorios y sureste para la sala, y áreas de servicio y desarrollándose una dos u otras bóvedas. En la fachada noroeste que está orientado hacia el sol, está ubicado el muro trombe, y en la fachada sur-este presenta un gran inercia térmica en los muros gruesos a parte de ubicar allí una zona vacía que funciona como zona tapón y aislamiento de energía, esto sirve para retardar las pérdidas de calor por conducción.³⁰

La cubierta en forma de bóveda núbica hace posible que se la pueda construir de adobe y así poder tener una casa completamente de adobe desde los cerramientos hasta el techo. El poblador campesino del altiplano boliviano conserva sus costumbres y mantiene un arraigo cultural que tiene con el uso de materiales naturales en sus viviendas, estos valores están permitiendo implementar proyectos con sistemas constructivos, que tienen origen en otros lugares del mundo con procesos de mejoramiento y adecuación a las condiciones climáticas, ecológicas del lugar y sobre todo a la economía de sus usuarios. Debemos citar como ejemplo de esto la vivienda de la comunidad de los Urú Puquina, ubicada



Fig. 2.50. Vista exterior vivienda Lak' a Uta, en etapa de terminación



Fig. 2.51. Vista interior, obreros y bóveda

³⁰ Hugo Pereira Gigogne. HABITERRA- Exposición Iberoamericana de construcciones de tierra, Escala tecnológica para vivienda Social, talleres litográficos Escala, Colombia 1995.

en la Cuenca del Lago Poopó, en el departamento de Oruro, realizada con el sistema constructivo de tierra, ya que las propiedades de este material son óptimas para alcanzar el confort térmico en climas fríos como se dan en el departamento de Oruro.



Fig. 2.52. Vivienda comunidad Urú Puquina, Oruro

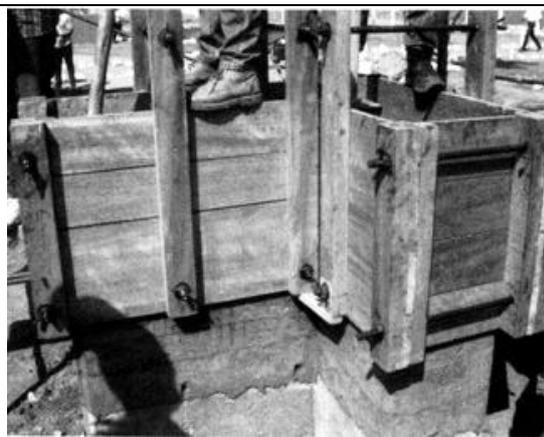


Fig. 2.53. Sistema constructivo de Tapial

En otras zonas del altiplano como es el caso del departamento de Potosí, también se encuentran construcciones en piedra ya que la piedra es un material que existe en grandes proporciones en esos lugares, el clima es frío, seco y árido, como ejemplo tenemos la Caja de Agua, edificada en 1775.

2.6.2. Zonas con clima templado, se han desarrollado técnicas mixtas, como ser el uso del adobe, ladrillo en los cerramientos y la cubierta con teja de arcilla cocida. Los cimientos frecuentemente eran de piedra hasta donde empieza los vanos de ventana. También existen ejemplos del uso de piedras como cerramientos, así como la aplicación de madera en balcones y pilares sobre las galerías exteriores e interiores.

Las viviendas poseen unos o dos patios, las viviendas son generalmente de dos plantas, la planta alta es la de honor y en la baja se colocan las dependencias; el ingreso por lo general se hace por medio de un zaguán. En la planta alta se disponen balcones volados sobre vigas de madera, suele correr a lo largo de la fachada y son mucho más amplios que la del altiplano, ejemplos podemos encontrar en la ciudad de Cochabamba Tarija y otros. Ver fig. 2.54.

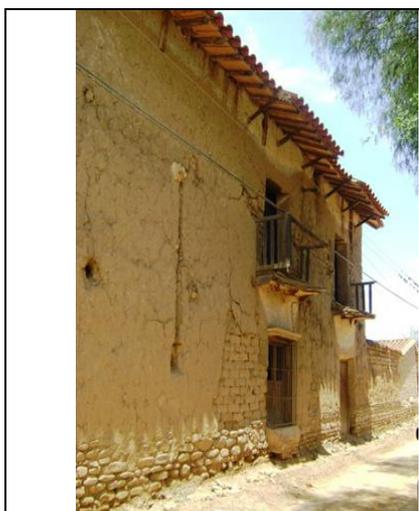


Fig. 2.54. Casa construidas con bloques de adobe, en Tarija



Fig. 2.55. Vista desde arriba de casa tradicional en Tarija

2.6.3. Zonas cálidas húmedas; los habitantes de la zona de chiquitos estaban divididos en varias etnias, según los etnógrafos, los chiquitos estaban mezclados con los grupos Guaraníes a la llegada de los españoles y se fueron dispersando cuando los españoles fracasaron en el intento de atacar a los incas. Su lengua y costumbres fueron estudiadas por los misioneros españoles. Las aldeas eran pocas casas protegidas por setos espinosos y cada aldea estaba gobernada por un cacique o Chaman.

Según los relatos de Fernández nos dice: *Las casas no son más que cabañas dentro de los bosques, que eran hechas a palos y paja redonda a la manera de horno de pan.*

Arquitectura religiosa en la Chiquitania, Iglesia de San Javier



Fig. 2.56. Vista principal, iglesia de San Javier antes de la restauración



Fig. 2.57. Técnica en madera tallada después de la restauración

La arquitectura misional desarrollo una arquitectura muy interesante junto con las técnicas de los chiquitos que manejaban la madera. En este tipo de arquitectura predomina la madera tallada en columnas y vigas. La cubierta es de teja colonial a dos aguas, la fachada así como los interiores están decorados con pinturas artesanales del lugar; en la entrada posee un atrio que sirve de espacio de transición entre el exterior y el interior, este tipo de arquitectura es valorada por ser en su totalidad artesanal con técnicas oriundas de los chiquitos³¹



Fig. 2.58. Interior de la Iglesia San Rafael

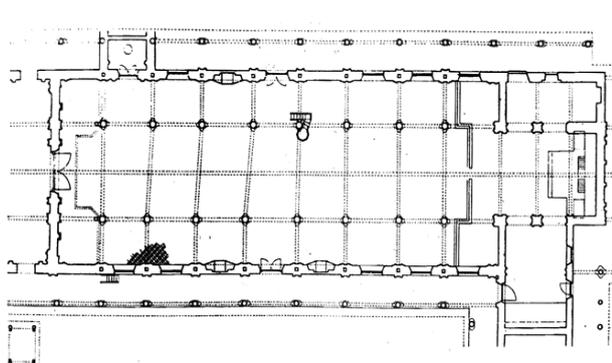


Fig. 2.59. Planta de la Iglesia San Rafael

³¹ José de Mesa y Teresa Gisbert. Monumentos de Bolivia. Gisbert, La Paz- Bolivia 2002.

En la época de antaño antes del siglo XX, se desarrolla el sistema constructivo hecho de bloques de adobe en los cerramientos así como lo describe el arquitecto Fernando Prado Salmon en su libro.

*Su arquitectura tradicional era adecuada al clima y la tecnología constructivas adecuada al nivel tecnológico e industrial de la región: Casas con patio central, generosos uso de la galería externa e internas, buenas condiciones generales ventilación y control solar, caracterizaban el planteamiento central de esta arquitectura. Paredes de barro o ladrillo, estructura de madera, techos de teja o motacu, ventanas de madera con balastras, piso de ladrillo y pintura a la cal, eran los materiales utilizados, todos ellos de origen local.*³² Ver imagen 2.60 y 2.61

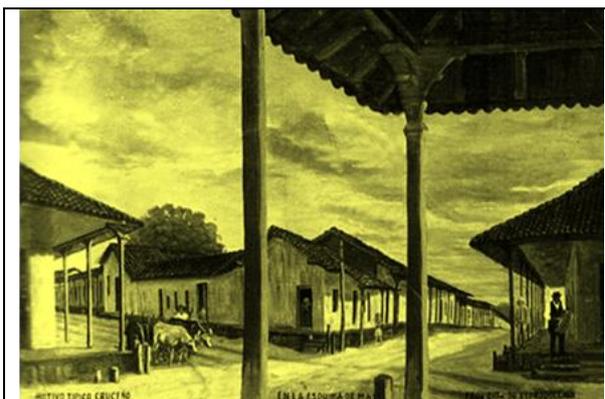


Fig. 2.60. Vista de la ciudad de Santa Cruz antes de la transformación del siglo XX



Fig. 2.61. Casa típica de Santa Cruz de la Sierra

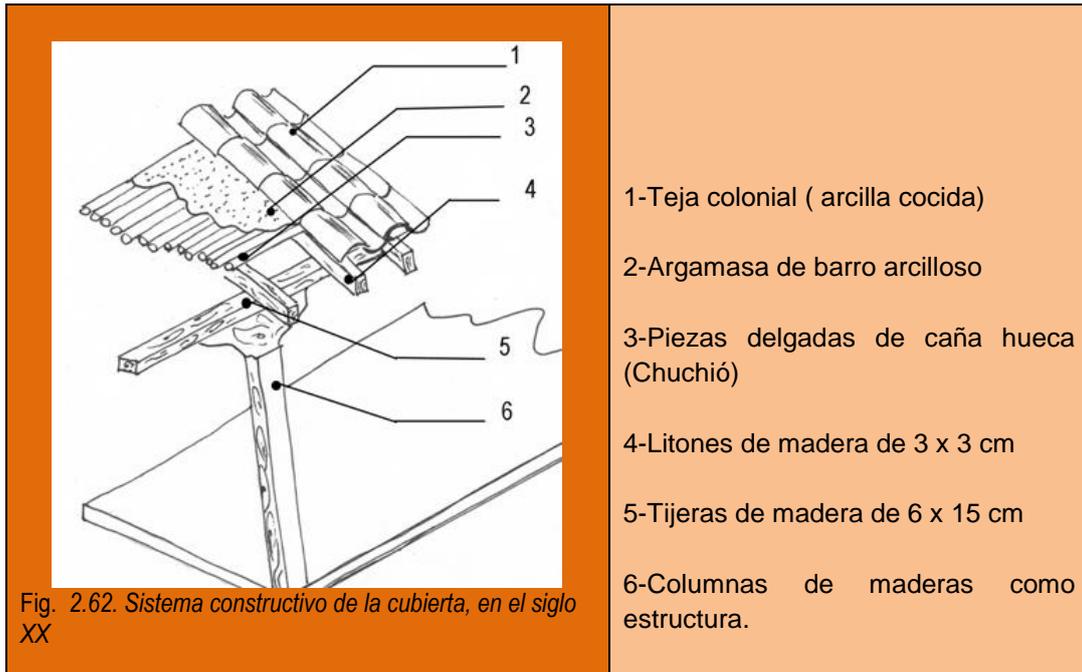
2.6.4. Técnica constructiva en el Oriente Boliviano

El sistema constructivos utilizado tanto en Santa Cruz como en el oriente se caracterizaba por construir los cimientos y sobrecimientos de piedra, después se colocaba los bloques de adobe en forma de traba, en la parte de los dinteles de puertas, ventanas y encadenados se colocaban viga de madera, sobre los cerramientos o muros descansaba las tijeras o cerchas de madera (estructura de madera para cubierta), y finalmente sobre ellos se ubicaban la teja. Ver imagen 2.62.

Alrededor de los cerramientos de bloques de adobes, se colocaba un entramado de ramas de caña hueca delgada que se conoce con el nombre de chuchió³³ y esto se rellenaba con barro con paja como revoque. Este entramado tenía la función de que el enlucido pueda tener mayor fijación sobre los bloques, luego se realizaba el acabado final con pintura a base de cal blanca sobre el enlucido de barro ya seco, esto ayudaba a que la vivienda tuviese un mejor aspecto y también protegía a los cerramientos de las lluvias para que estos tenga mayor duración.

³² CEDURE -Arq. Fernando Prado Salmon. Perfil ambiental de Santa Cruz de la sierra, El País 2000.

³³ Chuchió_ Se le llama a la caña hueca delgada y seca que se usaba para la construcción en los cerramientos de bloques de adobe.



Arquitectura tradicional típica de Santa Cruz de la Sierra



Fig. 2.63. Casa colonial antigua dentro del casco viejo



Fig. 2.64. Galería dentro casco viejo



Fig. 2.65. Centro comercial Casco viejo



Fig. 2.66. Arquitectura contemporánea dentro del casco viejo

Por causa de la humedad se desarrollan los mosquitos e insectos. Por ese motivo se coloca malla metálica en las ventanas sustituyendo al vidrio, eso también ayudaba a que la vivienda se ventile de forma natural tanto en el día como en la noche.

Los pisos podían ser de ladrillo de barro cocido o enlucido de barro, eso dependiendo del nivel económico de la familia.

Las amplias galerías eran soportadas por horcones que terminaba en una ménsula para soportar la viga de encadenado donde se colocaría las tijeras de madera para la cubierta.

Pese a la modernización paulatina de la ciudad, se conserva aun algunos ejemplos de vivienda tradicional antigua al estilo colonial. Su planta se desarrolla generalmente en un solo piso, con patio central, mas una galería exterior, conformado con las galerías vecina. Estas galerías aíslan la vivienda y protegen a sus moradores del sol y de las torrenciales lluvias del trópico. Ver fig. 2.63 - 2.66.

Por la parte exterior sobre la fachada la vivienda presenta una o dos puertas y otras tantas ventanas en la calle, que están provistas de un enrejado de madera y carecen de vidrio; estas aberturas se cierran por la parte interior con postigo provisto de mirillas. Casi todas las casas tiene una gran sala, que es el lugar de recepciones, algunas casa conservan las celosías de madera sobre las ventanas.

2.6.5. Arquitectura y técnica constructiva del siglo XX de la ciudad de Santa Cruz

Actualmente, con la introducción de nuevos materiales modernos y tendencias se ven modelos arquitectónicos con diferentes estilos internacionales. Pero sin embargo podemos ver que aún se conservan elementos que son muy importantes en la arquitectura cruceña, como son la galería ubicada en el exterior o interior de la vivienda, los balcones, la cubierta inclinada a dos aguas; así como el uso de materiales de la zona como son: madera, piedra, ladrillo cocido, teja colonial que son materiales propios del lugar.

Arquitectura contemporánea del siglo XX



Fig. 2.67. Vivienda unifamiliar de dos niveles.



Fig. 2.68. Vista de la entrada principal de la vivienda



Fig. 2.69. Cabaña típica, cubierta construida con hoja de palmera



Fig. 2.70. Cabañas en la zona del Rio Pirai.



Fig. 2.71. Vivienda unifamiliar ubicada en zona residencial



Fig. 2.72. Edificios, uso comercial y administrativo ubicado en el centro de ciudad

Todos estos factores ya mencionados, junto al desarrollo económico de la ciudad, han sido causantes del reemplazo de algunos materiales autóctonos por otros nuevos, entre ellos podemos mencionar al adobe por el ladrillo de barro cocido y la caña hueca del cielo raso por el estuco.

Los elementos arquitectónicos que la arquitectura Cruceña aún conserva, se debe no solo al aspecto cultura si no también a que estos están adecuado al tipo de clima que posee Santa Cruz, exceso de radiación, humedad y fuertes vientos.

En la actualidad la arquitectura cruceña construyen los cimientos así como los sobrecimientos de hormigón armado; los cerramientos comúnmente son de ladrillo cocido y luego se corona con un encadenado de hormigón armado. La estructura de la cubierta es de tijeras de madera sobre estas se colocan listones en forma transversal.

La cubierta generalmente es de teja colonial, pero también se utilizan placas de fibrocementos, metálicas (calamina). Por debajo de la estructura de madera se forra de malla metálica y esta se rellena de cemento con paja, luego se realiza el acabado con cal, llamado también cielo raso, cielo falso a la estructura de tijeras tipo cercha; entre la cubierta y el cielo falso van los tubos para las instalaciones eléctricas.

Los acabados de cerramientos se revocan o enlucen con hormigón pobre, sobre esta superficie se coloca masa plástica para nivelar el área y luego se finaliza con una capa pintura sobre los cerramientos.

Proceso constructivo de una vivienda de dos plantas en Santa cruz de la Sierra.



Fig. 2.73. Estructuras y muros de la vivienda



Fig. 2.74. Proceso constructivo de la cubierta con estructuras de maderas tipo sercha



Fig. 2.75. Vivienda en la etapa de obra gruesa



Fig. 2.76. Vivienda unifamiliar terminada

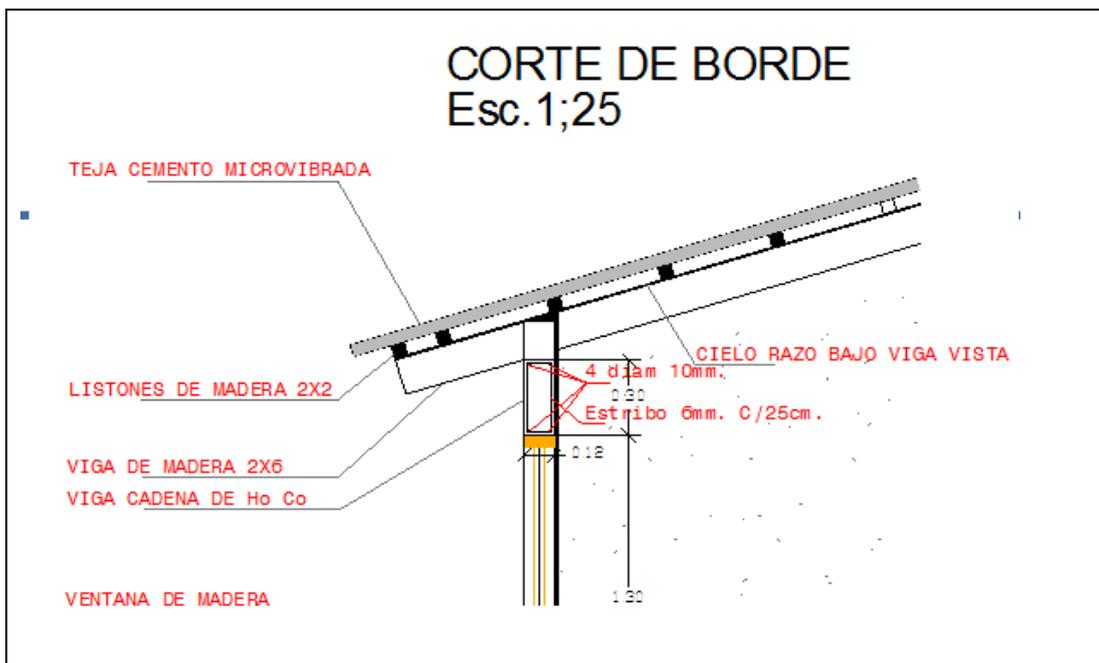


Fig. 2.77. Detalle constructivo de cubierta con tijeras de madera.

PARTE III

**ASPECTOS INVARIABLES Y CONDICIONANTES BIOCLIMATICOS DE LA
ARQUITECTURA.**

3.1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMATICA

3.1.1. Confort Térmico

El confort térmico es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado. Según la norma ISO 7730 el confort térmico “es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”.

El confort térmico depende de varios parámetros globales externos, como la temperatura del aire, la velocidad de las brisas, la humedad relativa, y otros específicos internos como: la actividad física desarrollada, la cantidad de ropa o el metabolismo de cada individuo.

Para llegar a la sensación de confort, el balance global de pérdidas y ganancias de calor debe ser nulo, conservando de esta forma nuestra temperatura normal, es decir, cuando se cumplen estos principios alcanzamos el equilibrio térmico.

A continuación, exponemos algunos intervalos de valor de los parámetros de confort externos, que interactúan entre sí para la consecución del confort térmico y que se encuentran representados en las Cartas bioclimáticas:

- Temperatura del aire ambiente: entre 18 y 26 °C
- Temperatura radiante media superficies del local: entre 18 y 26 °C
- Velocidad del aire: entre 0 y 2 m/s
- Humedad relativa: entre el 40 y el 65 %

Los medios físicos envolventes comprenden muchos elementos, como: la luz, el ruido, el clima. Todos estos elementos actúan de manera directa sobre el cuerpo humano que lo absorbe o rechaza y de esa lucha resulta un equilibrio biológico con reacciones físicas y psicológicas, ya que el individuo trata de llegar a un punto en el cual se requiere el mínimo gasto de energía para adaptarse al medio.

3.1.2. Confort Hígro termico

El confort depende de varias condiciones termo físicas de la envolvente que nos recubre y el espacio donde habitamos, estos factores están condicionados por el clima o microclima del lugar.³⁴

El confort higrotermico solo es una parte que afecta al confort integral, existen otros factores que afecta al confort como ser los factores acústicos, de seguridad, visual o iluminación, espacial y social que complementan para llegar a un confort integral, en este estudio solo nos enfocaremos en el confort higrotermico.

El confort higrotermico también dependen de la fisiología del ser humano, este para contrarrestar esta sensación se defiende contra el frío y también contra el calor. En el primer caso el organismo hace decrecer la conducción de la piel por vasoconstricción, decrecimiento de la evaporación del agua por la piel y por las mucosas (lengua y respiratorio) y la estructura aislante que posee el ser humano como ser los depósitos de grasa, cabello y pelos son los otros elementos que retienen el calor.

En el segundo caso que es la producción de calor, un individuo quieto y desnudo a una temperatura 28° C y 31° C puede mantener la temperatura interna constante solo con las reacciones vasomotoras del organismo; Los músculos internos nos producen calor, cuando es

³⁴ Guillermo Enrique Gonzalo. Manual de Arquitectura Bioclimática, Nobuko, Tucumán Argentina-2003.

insuficiente la producción de calor a través de los músculos esto se refleja en la piel, ejemplo piel de gallina, temblor, castaño de los dientes.

En el control higrotermico también afectan los factores del metabolismo fisiológico como ser el anabolismo (construcción de sustancia viva y su consumo energético) y el catabolismo (destrucción de las sustancia viva por medio de la eliminación de materia y energía)

El catabolismo que es la eliminación de células que contienen energía, este proceso hace posible las distintas acciones vitales y también el mantenimiento constante de energía corporal.

El metabolismo basal es aquel donde un individuo vestido esta en reposo y en ayunas por durante 12 horas, en una temperatura de 16 a 18°C, este desprende una cantidad de calor, esta cantidad de calor depende de la constitución, salud, sexo, edad, raza, etc. del individuo.

El metabolismo basal no solo depende de la temperatura sino también de la humedad del ambiente, según estudios por el investigador brasileño J. de Castro en 1946, encontró que en condiciones de calor húmedo disminuye el metabolismo en el orden de 15 % con respecto a una temperatura de ambiente seco.³⁵

El metabolismo es proporcional al peso del individuo, ejemplo un adulto de 70 kg son de 60 -70 kcal/ h, en una mujer de 56 kg es de 50-60 kcal/h.³⁶

El individuo para sentirse higrotermicamente confortable, en un determinado ambiente, es decir sin sensación de frio ni calor, dependen de los factores del balance térmicos del cuerpo humano. El mismo que produce calor (por medio de metabolismo) y el calor que debe ser eliminado del ambiente o sea balance térmico del local.

El diseño de los espacios, dependerá mucho para limitar y contrarrestar los elementos que afectan al individuo y que influye en el hombre; como ser la envolvente del edificio, así como también el microclima del entorno. Esto es posible con adecuado diseño bioclimático para controlar estos factores.

El ser humano se somete a distintas acciones del entorno, y estas acciones afectan al ser humano como: la temperatura seca, temperatura húmeda, temperatura de roció, humedad relativa, y la evaluación del movimiento de aire en su efecto convectivo sobre el cuerpo humano.

Los elementos que afectan al balance térmico del ambiente, son la temperatura radiante media, temperatura operativa (efectiva) y temperatura húmeda. La temperatura operativa es la combinación de temperatura radiante con la humedad y la velocidad del aire, la cual nos da la sensación global de confort o de discomfort de un determinado ambiente.

Cuando el cuerpo humano es saturado por la excesiva temperatura de un espacio determinado, este contrarresta con el enfriamiento vaporativo de la piel o sudor, para llegar a mantener el equilibrio térmico del cuerpo. Es importante para la eficiencia de este sistema, tener una humedad adecuada, lo cual en climas húmedo donde hay saturación de humedad, este enfriamiento vaporativo se hace dificultoso y por lo tanto es necesario la ayuda de la

³⁵ . Guillermo Enrique Gonzalo. Manual de Arquitectura Bioclimática, Nobuko, Tucumán Argentina-2003

³⁶ Guillermo Enrique Gonzalo. Manual de Arquitectura Bioclimática, Nobuko, Tucumán Argentina-2003

velocidad del aire; por ejemplo en un clima cálido seco, a una temperatura de 35° centígrados, la sensación térmica equivale a una temperatura húmeda de 28°C en un clima cálido húmedo.

Según el diagrama higrotermico de Olgay, la zona de confort se extiende entre 20 y 25°C y los 20 y 60% de humedad relativa (HR), disminuyendo la franja de temperatura cuando la humedad supera los 60%. El mecanismo de transferencia de calor se hace dificultoso cuando el aire está saturado de humedad (enfriamiento evaporativo de la piel).

Para llegar a la zona de confort en climas cálido húmedos, se tiene que disminuir la temperatura cuando la humedad relativa es alta, y para extender la zona de confort se utilizara la ventilación ya sea por métodos mecánicos,(aire acondicionado) o por métodos pasivos (ventilación cruzada, enfriamiento vaporativo, temperatura radiante). En climas cálidos secos se hará lo contrario, a mayor temperatura y humedad baja se debe humectar el aire para llegar a zona de confort.

También al aumentar la aislación térmica (vestimenta del individuo) podemos sentir sensación de confort higrotermico a temperaturas inferiores a la zona de confort.

3.1.3. Equilibrio Térmico

El cuerpo debe poseer un equilibrio térmico constante entre su producción calorífica generada por el metabolismo y su pérdida de calor. El equilibrio térmico se encuentra no mayor a 37° C y no mínimo a 21°C así pues, el equilibrio térmico biológico depende del intercambio de energía del cuerpo humano; este gana o pierde energía constantemente, según la envolvente del lugar.

El medio ambiente está determinado por varios elementos; temperatura del aire, vientos, humedad, radiación solar.³⁷

3.1.4. Transmisión de calor

El calor es una energía que se transmite de unos cuerpos a otros mediante tres tipos de mecanismos diferentes:

Conducción - La conducción es la manera de transferir calor desde una masa de temperatura más elevada, a otra de temperatura inferior por contacto directo. El coeficiente de conducción de un material, mide la capacidad para conducir el calor a través de su misma masa. Los materiales aislantes tienen un coeficiente de conducción pequeño por lo que su capacidad para conducir el calor es reducida, de ahí su utilidad.

Convección - La transmisión de calor por convección, es un intercambio de calor entre el aire y una masa material que se encuentran a diferentes temperaturas. El transporte del calor se produce por movimientos naturales debidos a la diferencia de temperatura, el aire caliente tiende a subir y el aire frío baja, o bien mediante mecanismos de convección forzada.

³⁷ Maritza Helena Castellanos Ramos. Tesis doctoral- Manual de diseño de Arquitectura Bioclimática para el clima tropical colombiano, Madrid 1992

Radiación - Es un mecanismo de transmisión de calor, donde el intercambio se produce mediante la absorción y emisión de energía por ondas electromagnéticas, por lo que no existe la necesidad de un medio material para el transporte de la energía. El sol aporta energía exclusivamente por radiación.

Evaporización

Es la conversión de un equilibrio en vapor; proceso en el cual el cuerpo humano cede el calor latente necesarios para evaporar el sudor, provocando así enfriamiento. Depende de la humedad del aire y tiene lugar en la piel por transpiración imperceptible o sudor.³⁸

3.1.5. Carta Bioclimática

Los diagramas bioclimáticos también denominados cartas bioclimáticas, son sistemas de representación gráfica, de las relaciones entre las diferentes variables térmicas que influyen en la sensación del confort térmico.

Básicamente se trata de diagramas psicométricos, es decir, relacionan temperatura y humedad, sobre los que se establecen las condiciones de confort en función de los índices térmicos.

Una de las cartas bioclimáticas más habituales, es la carta bioclimática de Olgay. Esta carta es un diagrama de condiciones básicas donde el eje de abscisas representa la humedad relativa y el de coordenadas la temperatura. Dentro de este diagrama se localiza una zona denominada de confort, cuyos valores temperatura-humedad del cuerpo humano tiene una sensación térmica agradable.

Cada zona geográfica, dispone de una carta bioclimática específica, dependiendo de las condiciones particulares de temperatura y humedad, que representan el clima. Sobre dicha carta se pueden estudiar las desviaciones respecto a la zona de confort y cómo actuar para volver a la misma³⁹

El diagrama de Baruch Givony , es conceptualmente el mismo que el de Olgay, el eje de las abscisas muestra el valor de la temperatura en grado Celsius; la diferencia es la situación de las humedades relativas que están definidas como curvas. El diagrama bioclimático, realizado con la carta de Givony, es de Santa Cruz de la Sierra, y se explicara con mayor profundidad más adelante. Ver fig. 3.1.

³⁸ Arquitectura sostenible, conceptos Bioclimáticos Básicos, publicación Internet.

³⁹ Arquitectura sostenible, conceptos Bioclimáticos Básicos, publicación Internet.

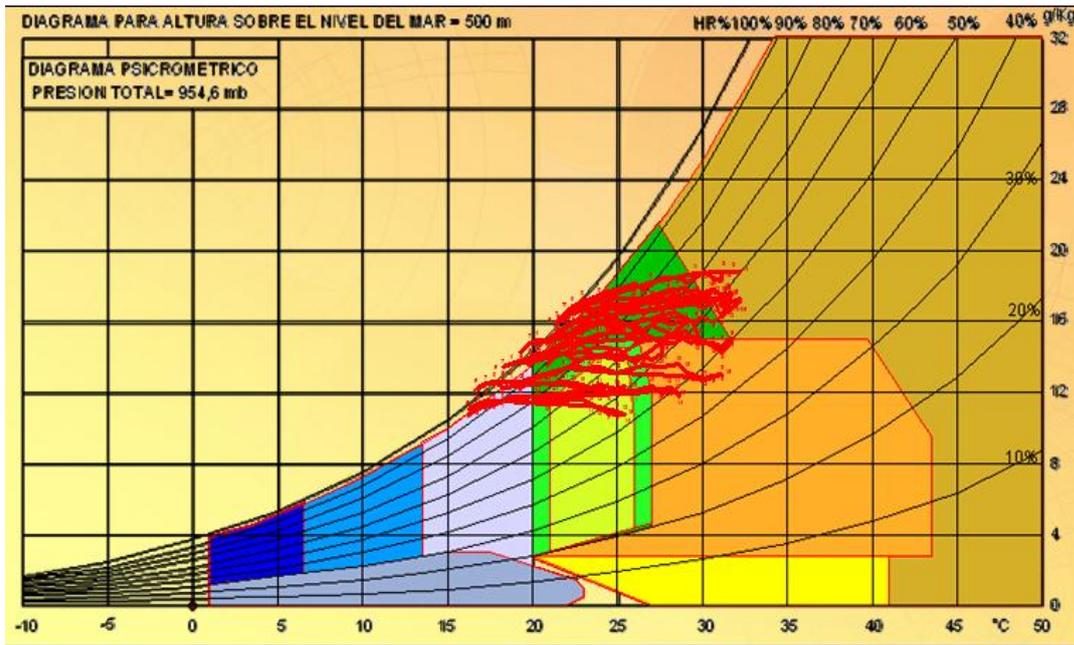


Fig. 3.1. Carta bioclimática de Santa cruz de la Sierra.

3.1.6. Confort visual y acústico

La sensación de bienestar son fenómenos subjetivos, así por ejemplo el confort visual es una impresión subjetiva, que tiene que ver con la cantidad de luz que percibe nuestra retina, y puede ser de confort o disconfort, de acuerdo a la cantidad, tipo, la repartición en un ambiente, la ausencia de sombra, el deslumbramiento por el color o el material, son aspectos para tomar en cuenta para el bienestar visual.

La utilización de iluminación natural, influye en el bienestar de las personas en relación a luz artificial, la cantidad del espectro solar de iluminación afecta en relación a la luz artificial.

La ventilación natural exige abrir algunas partes de la edificación como ser puertas o ventanas y esto como consecuencia trae el problema del ruido y provoca malestar a las personas cuando un ambiente es muy ruidoso. Las pantallas, muros, los obstáculos naturales (árboles o vegetación) limitan la propagación del ruido pero no debe impedir el flujo de la ventilación natural.

3.2. LA RADIACION SOLAR

3.2.1. Definición

La radiación solar global se descompone en: radiación directa del sol, radiación difusa de las nubes y radiación reflejada por el medio, llamada también albedo. Ver fig 3.2.

El sol irradia su energía sobre la tierra. Esta energía depende del poder del sol y de su posición con respecto a nuestro planeta.

El sol tiene una temperatura del orden de 6.000 K. Emite lo esencial de su energía por longitudes de ondas cortas. Alrededor de un tercio de la radiación solar incidente, es interceptada por la atmosfera y devuelta al espacio por reflexión, difusión, y refracción, a esta fracción se le llama albedo, el otro 2/3 sufren diferentes transformaciones y luego devuelta al

espacio en forma de radiación infrarroja. El suelo refleja también una parte de la radiación incidente es decir sólo la radiación visible y los infrarrojos alcanzan la superficie terrestre. La radiación llega a nosotros aportando luz y calor, contribuye a los ciclos naturales, como el carbono el agua y dando lugar a otras formas de energía natural, como ser la eólica y la hidráulica.

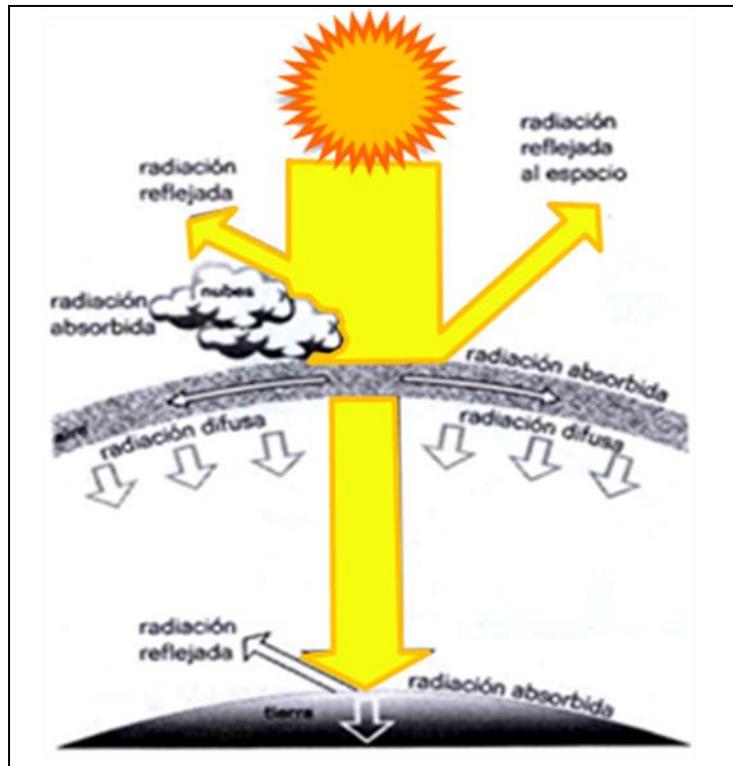
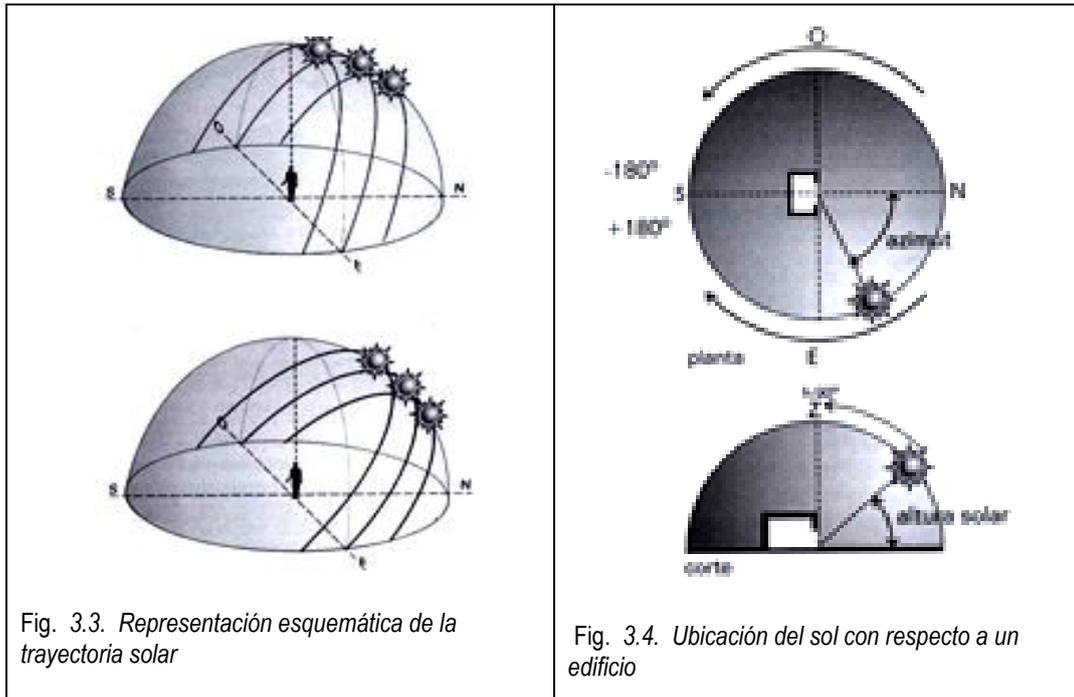


Fig. 3.2. Efecto de la radiación sobre la atmósfera

Durante la noche, el suelo al no estar sometido a la radiación solar, libera una parte del calor almacenado por radiación hacia el cielo. Cuando el cielo está cubierto, el enfriamiento del suelo es más débil porque está limitado por las nubes. Lo que explica que en climas húmedos la amplitud térmica entre el día y la noche es menos importante que en climas secos. Durante el día las nubes nos protegen del recalentamiento, al igual que de los rayos infrarrojos, que son irradiados por el sol hacia la tierra dejando el paso solo de una parte de estos.

La intensidad de la radiación solar que llega a la tierra, depende del recorrido atmosférico de los rayos solares, o del espesor en la capa atmosférica que tiene que atravesar antes de llegar al suelo. El grado de nubosidad determina la cantidad de radiación que entra. Este espesor de la atmósfera está en función de la altura del sol sobre el horizonte.



Cuando el sol asoma por el horizonte es el orto y cuando se oculta se llama ocaso, la declinación del sol es de $23^{\circ} 27'$ según sea el solsticio de verano o de invierno.⁴⁰

La representación esquemática de la trayectoria solar, que muestra la figura 3.3 y 3.4, es representativa de España. Es importante tomar en cuenta, que en cada latitud la inclinación solar varía depende de la altitud donde se encuentra. En latitudes medias, tiene una inclinación más alta en verano con relación a la de invierno; en las latitudes bajas como ser, aquellas que están cerca de la línea del Ecuador, el sol está casi perpendicular al Acimut, lo que quiere decir que no hay una gran diferencia en la inclinación de sol, en verano con respecto a la inclinación en invierno.

3.2.2. Tipos de radiación Solar

La radiación al atravesar la atmósfera es sometida a varios fenómenos como ser absorción, refracción, reflexión y difusión. Estas llegan a la superficie terrestre en menor intensidad y descompuesta en dos tipos de radiación; radiación directa y radiación difusa.

La radiación solar se puede manifestar de tres formas distintas dependiendo de cómo es recibido por los objetos:

- **Radiación directa:** Es la que procede directamente del sol, sin sufrir ningún cambio de dirección al atravesar la atmósfera.
- **Radiación difusa:** Es la que se recibe de la atmósfera, después de que esta ha sufrido cambios de dirección principalmente por reflexión y difusión.
- **Radiación reflejada:** Es la que se refleja en la superficie terrestre.

⁴⁰ Guillermo Yáñez. Arquitectura Solar - Aspecto pasivo bioclimáticos e iluminación natural, Rugarte S.L., Madrid 1988.

Las superficies horizontales reciben más radiación difusa que reflejada y las superficies verticales más reflejada que difusa. La captación de energía que el sol transmite a la tierra, puede catalogarse como ganancia directa por medio de ventanas, techos o muros traslucidos y se clasifica en dos tipos, ganancia directa e indirecta.

Ganancia directa: La captación de energía solar se puede realizar por medio de huecos acristalados, muros y suelos, así como áreas donde los rayos se interceptan con otras superficies. Estos deben tener una gran capacidad térmica para acumular la energía en las horas de sol y posteriormente transmitirla al ambiente durante la noche cuando la temperatura baja.

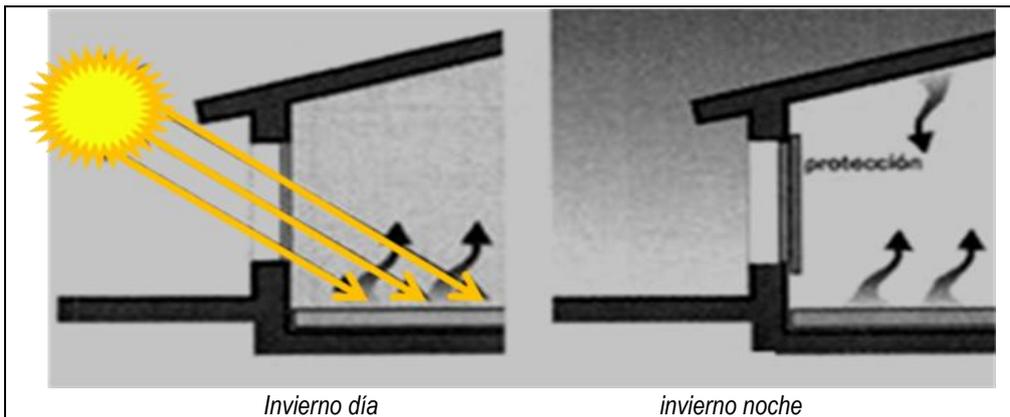


Fig. 3.5. Esquemas de radiación diurna y nocturna.

Ganancia indirecta: son aquellos elementos, que absorben la energía por medio de invernaderos adosados y muros tipo acumulador térmico. En el caso del muro tipo Trombe, la energía se capta en un muro acristalado orientado hacia el norte, este sistema de captación de los rayos solares a través del cristal, hace posible que la radiación solar sea capturada con mayor eficiencia y almacenada en el muro. Este sistema de almacenamiento también es eficiente gracias a las características del material y espesor; consiguiendo que la energía sea retransmitida al ambiente interior después de varias horas, especialmente en la noche cuando la temperatura baja.

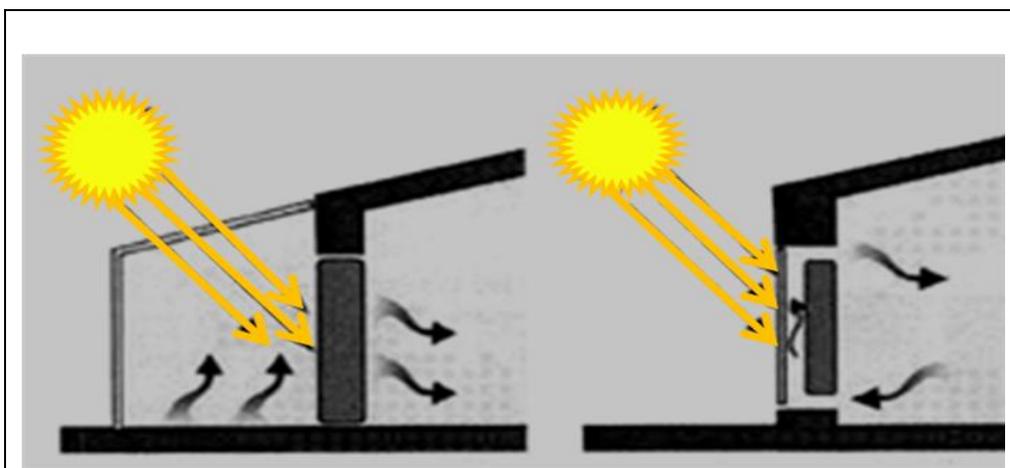


Fig. 3.6. Calefacción solar pasiva por medio de invernadero y muro trombe

Este sistema de captación pasiva de la radiación solar, se utiliza especialmente en climas fríos y templados; en lugares cálidos y húmedos este sistema se descarta, ya que la necesidad en este tipo de clima es la ventilación al igual que la protección solar, por lo que mas adelante, se desarrollará este tema con mayor profundidad.

3.2.3. Radiación en la arquitectura

El control solar, es un elemento que ha sido estudiado desde los inicios por muchas culturas, que nos han dejado vestigios de algunas edificaciones que han sido construidas, para el estudio de los astros en quien estos creían y adoraban en muchos de los casos (ejemplo, los incas que adoraban al Dios sol).

Entre estas podemos citar, las edificaciones solares y relojes solares que tenía como principal función el estudio del sol así como de su trayectoria.

En la historia de la humanidad, el hombre se ha guiado por los astros para marcar sus actividades como: el tiempo de cosecha, las estaciones del año, el inicio del periodo de lluvia, la salida y la puesta de sol; en resumen los astros determinaban los elementos climáticos de su entorno.

Es por eso que el hombre desde la antigüedad se dedica al estudio de ellos, la trayectoria, la medición y su posición en el Domus celeste a lo largo del año.

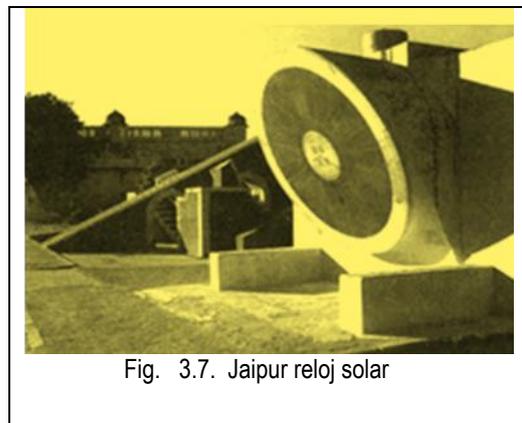


Fig. 3.7. Jaipur reloj solar

De igual forma este conocimiento resulta útil no solo para determinar la climatología a lo largo del año como en el caso de los incas, sino también para el diseño y construcción de edificios.

El protegerse del sol y las inclemencias del tiempo es un fenómeno que se ha ido repitiendo desde la antigüedad hasta nuestros días. Este principio básico de la protección climática surgió por la observación de la declinación solar y se ha aplicado por muchas culturas en diferentes tiempos.

La orientación solar ha sido una referencia desde la antigüedad, es por eso que los trazados urbanísticos responden a la orientación y también la ubicación de sus viviendas; no solo ubicaban sus viviendas con la mejor orientación si no también buscaban la manera de protegerse de los rayos solares cuando era necesario.

Es así como los elementos de protección solar se convirtieron en parámetros arquitectónicos que son muy utilizados en la arquitectura y especialmente en la arquitectura pasiva.

En la arquitectura japonesa y china donde el clima en varias regiones es cálido - húmedo se utiliza el alero como protección solar, así como largas circulaciones porticadas, ambos elementos responden a condiciones climatológicas y permiten el control solar sobre fachadas y espacios interiores. Los pabellones y Kioscos que poseen, son abiertos para la ventilación al igual que cubiertos con sus amplios aleros, creando sombra sobre las fachadas. El uso de muros móviles y celosía son características de esta cultura.

Los aleros, toldos, celosía, paneles, elementos fijos así como móviles fueron desarrollado y usados a lo largo de la historia, como sistema de control solar en la arquitectura de diversas regiones y con climatología particular. También el uso de estos parámetros arquitectónicos, no solo controla la incidencia solar, también la lumínica, es por este motivo que cuando se diseña fachadas y aberturas se debe buscar el equilibrio entre los factores lumínico y térmico considerando ambos factores en el diseño.

En climas cálidos húmedos la estrategia de diseño consistirá en abrirse y extenderse, para permitir un intercambio ambiental mediante la ventilación y el control solar, como principal estrategia de enfriamiento ya que no tendrá que enfriarse lo que no se ha calentado.

Cuando hablamos de elementos de control solar, no son aquellos que obstruyen el paso de asoleamiento, más bien su función es controlar la penetración solar; es decir debe detenerla en los tiempos calurosos pero permitirla en los tiempos de frío.

Los rayos solares afectan no solo el aspecto térmico, si no también lumínico, es por eso cuando se diseña una ventana demasiado pequeña, estamos controlando el aspecto térmico pero no el lumínico ya que estamos restringiendo el paso de la luz; en cambio cuando la ventana es demasiado grande, se tendrá mucha iluminación pero también mucha ganancia de calor, en este caso el aspecto térmico no está controlado. Es por este motivo que se tiene que tener en cuenta el tamaño y la orientación de la ventana en el momento de diseñar un espacio.

3.2.4. Radiación y forma urbana

La reducción del impacto solar comienza con la orientación de la edificación, los edificios cuyo eje más largo esté dispuesto en la posición este –oeste, tienen una posición más favorables por exponer las fachadas más alargadas a la orientación norte y sur (las más frescas), así como las más estrechas a la orientación este u oeste(la más calientes).

En climas fríos la tendencia a construir es de forma compacta, pero en climas cálidos la forma es más bien alargada, según los estudios de Víctor Olgay la forma optima es la direccionada en el eje este – oeste.

En los estudios de Víctor Olgay sobre los climas cálidos húmedo del hemisferio sur dice:

El sol ataca el lado este y oeste de la vivienda forzando su desarrollo a una vivienda estrecha y alargada. Las temperaturas no son excesivas, y una forma como la descrita puede ser beneficiosa a efectos de ventilación (contrarrestar así la presión del vapor) siempre que se encuentre protegido por la sombra, es posible dotar a la edificación de formas libres.

Podemos ver en la figura 3.8 el esquema de formas, que Víctor Olgay realizó para diferentes climas, en este incluye las formas que las viviendas deberían tener, según la zona climática donde se ubican. Podemos notar que las formas compactas son características de los climas fríos y la forma abiertas y porosas son óptimos para los climas cálidos y cálidos húmedos.

Dentro del estudio de Olgay, las edificaciones en los climas cálidos - húmedos, se desarrollan libremente para dar paso al viento y también para el desarrollo de vegetación, el cual proporciona sombra, este factor se convierte en un elemento muy importante en estas regiones. La estructura urbana se desarrolla de forma más libre y dispersa.

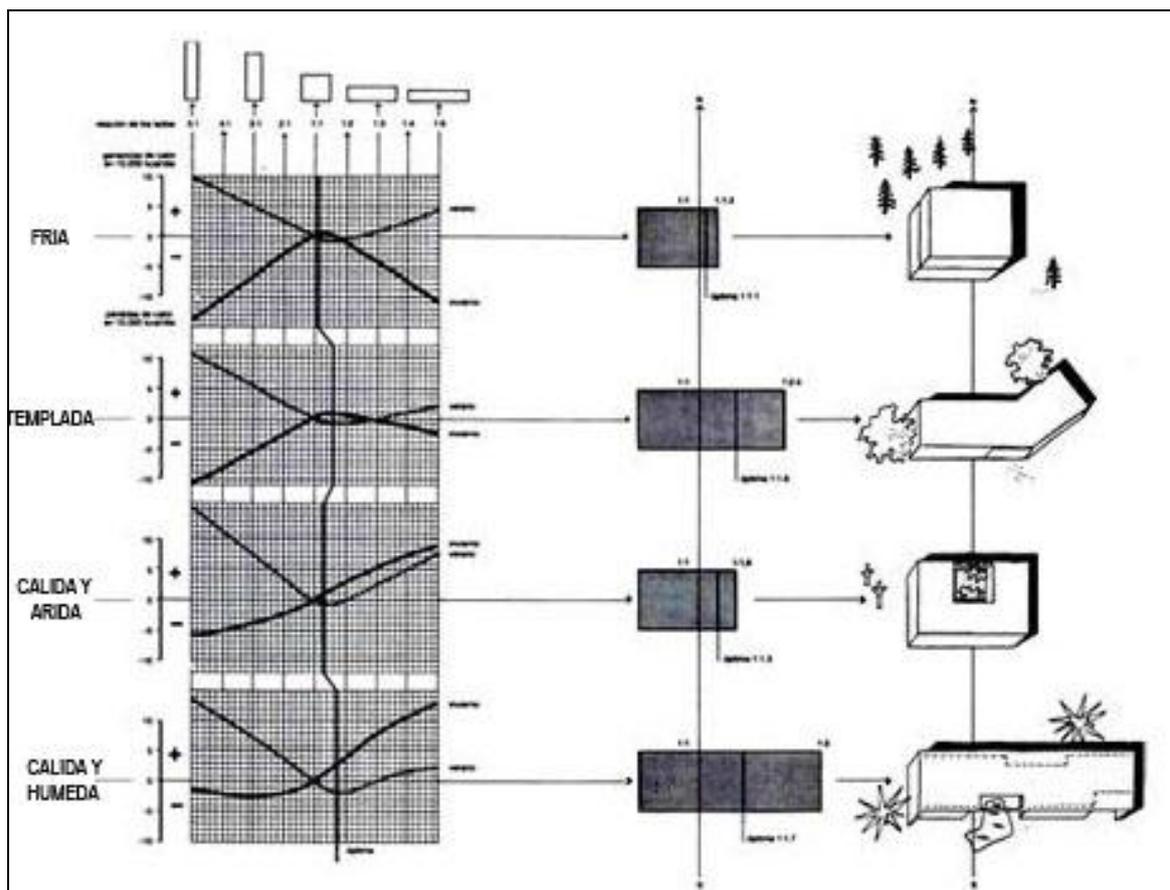


Fig. 3.8. Esquema de formas y proporciones de la edificación para diferentes regiones y climas

3.2.5. Control solar como elemento de la Arquitectura Bioclimática

La ubicación de los protectores solares son importante, este puede ser colocado en la parte externa del vano de la ventana o en la parte interna, En general podemos concluir que la protección solar en el exterior incrementa la efectividad en un 35%⁴¹

La fachada norte recibe en invierno el doble de radiación que en verano, esto se debe a que la inclinación de los rayos solares, en invierno son más bajas que en verano y recibirá mayor calor en invierno que en verano, por lo tanto la orientación norte es la más óptima en el momento de diseñar (ejemplo, latitudes medias y altas en el hemisferio sur).

En latitudes bajas, entre ellos Santa Cruz- Bolivia, la inclinación de los rayos solares no tiene mucha inclinación entre las temporadas de verano e invierno, en comparación con otras latitudes (ejemplo España), donde la inclinación es muy marcada entre estas estaciones. Ver fig. 3.9.

⁴¹ Víctor Olgay. Arquitectura y Clima, Gustavo Gili, S.A., Barcelona 1998

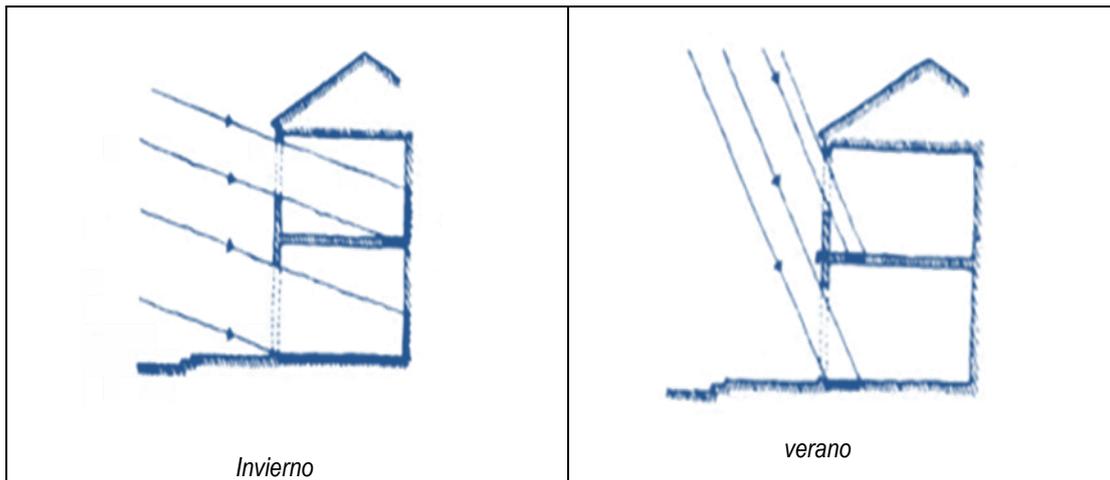


Fig. 3.9. Esquema de inclinación solar en invierno y verano en latitudes medias y altas

La fachada sur en latitudes bajas (entre ellos Santa Cruz - Bolivia), recibe la mitad de radiación que la fachada norte. (época de verano). Por el contrario las orientaciones este y oeste son las más desfavorables, por consiguiente también más calurosas en verano y más frías en invierno con relación a las otras orientaciones.

La fachada oeste es difícil poder sombrearla al 100%, es por eso que se recomienda no abrir vanos en esta orientación, por donde declina el sol en el atardecer, siendo los rayos del atardecer los que más ganancia calorífica aportan en estas horas.

En los estudios realizados por Víctor Olgay el concluye diciendo:

Las fachadas orientadas hacia el este y oeste reciben aproximadamente 2,5 veces más radiación en verano que en invierno. Los impactos de las altas temperaturas en el lado oeste aumentan por efecto de la radiación del atardecer
42

La cubierta, es una de las superficies donde recibe más radiación a lo largo del día, por estar expuesta de forma directa al sol, las cuales reciben más radiación difusa que reflejada, mientras que las fachadas de los edificios reciben más reflejada que difusa.

3.2.6. Soluciones Arquitectónica de control solar

En términos generales, las protecciones solares horizontales, son más eficientes que las verticales para la orientación norte. En las orientaciones este y oeste el uso de protecciones mixtas (protectores verticales y lamas horizontales variables o móviles), son las más óptimas, por tener una proyección de sombra mayor al combinar estas dos, y por lo tanto más eficientes para sombrear estas orientaciones. Ver fig. 3.10.

⁴² Víctor Olgay. Arquitectura y Clima, Gustavo Gili, S.A., Barcelona 1998

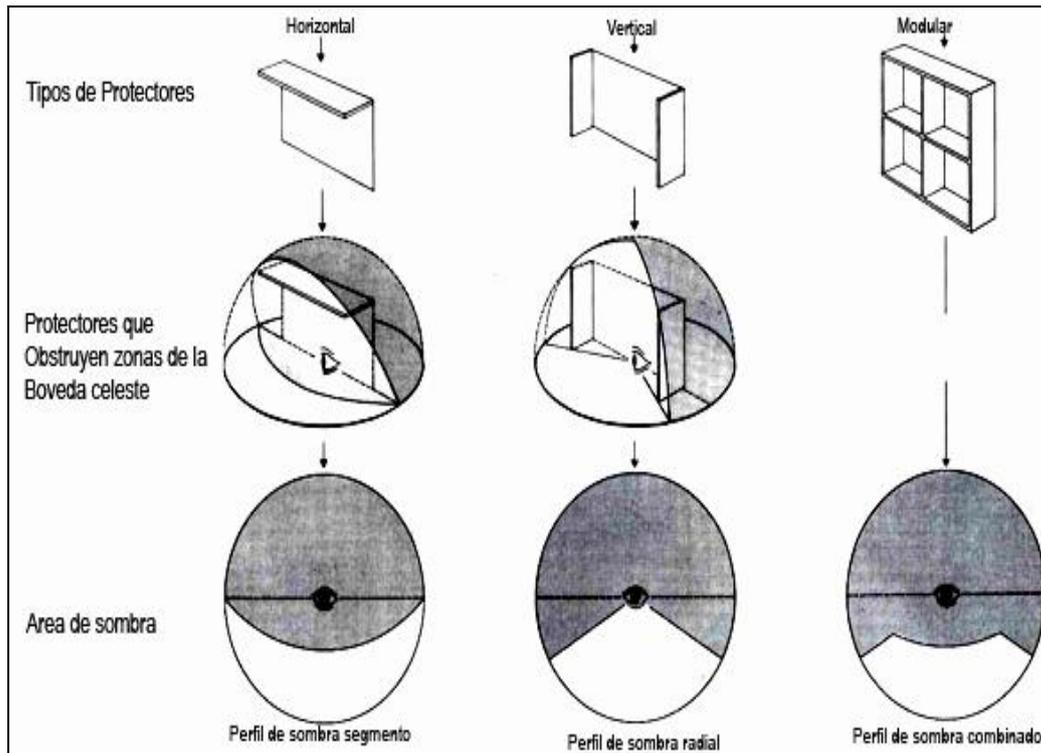


Fig. 3.10. Esquema de sombras de los diferentes tipos de protectores solares (horizontal, vertical y mixto)

Debemos tener en cuenta, el color en los materiales que utilizamos tanto en muros, cubiertas y protecciones solares, ya que estas determinan la absorción de dichas superficies a la radiación.

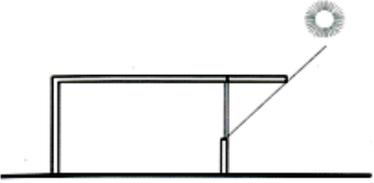
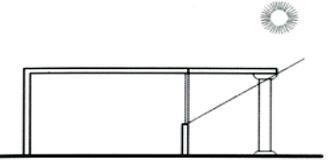
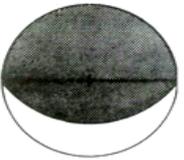
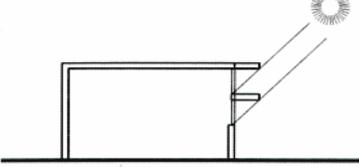
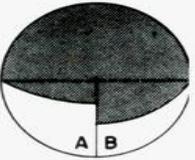
Así por ejemplo en verano una terraza horizontal con recubrimiento asfáltico puede llegar a absorber el 90% de radiación solar, mientras que si su recubrimiento fuese blanco se reduciría al 20%.⁴³

El color oscuro eleva la temperatura al igual que las superficies rugosas, en cambio los colores claros y las superficies lisas la reflejan.

A continuación se mostrará una tabla resumen, con ejemplos de protecciones solares más comunes, perfil de sombra, características que cada uno posee, su respectiva aplicabilidad de acuerdo a la zona y la orientación.

Este cuadro de resumen, será de gran ayuda para identificar los ejemplos más eficientes a la hora de utilizar un tipo de protección solar, para las distintas orientaciones y superficies de la propuesta de vivienda bioclimática para Santa Cruz de la Sierra.

⁴³ Guillermo Yáñez. Arquitectura Solar - Aspecto pasivo bioclimáticos e iluminación natural, Rugarte S.L., Madrid 1988

Imagen	Perfil de sombra	Ejemplo	Características
			<p>Alero o voladizo. Los aleros son construidos con fines de proteger la fachada o vanos de ventana de los rayos solares y la lluvia, la efectividad de este elemento depende del ancho para tener una mayor protección; este alero se usa ya sea adosado a la fachada o separado.⁴⁴</p>
			<p>Pórtico. También llamados galerías sostenidas por columnas a lo largo de la fachada, estos son espacios que pueden servir como circulación, también se utilizan como áreas de transición entre el exterior e interior. Este modelo es útil para la protección solar como también para la lluvia, especialmente en los climas cálidos húmedos.</p>
			<p>Repisa. Estos elementos están ubicados u adosados a las ventanas y sirven para el control solar e iluminación; este es más efectivo que el alero, ya que al tener varias hojas la proyección de sombra es mayor sobre la ventana.</p>

⁴⁴ Las informaciones de las tablas han sido extraídas de los textos: Universidad Autónoma Metropolitana, Introducción a la Arquitectura Bioclimática; Víctor Olgay, Arquitectura y Clima, conjuntamente con las imágenes.

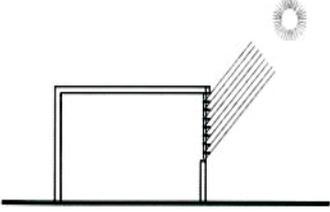
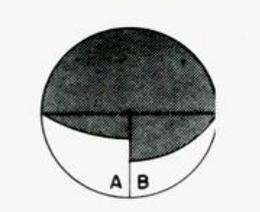
Imagen	Perfil de sombra	Ejemplo	Características
			<p>Persianas (horizontal)._ Estos elementos están formados por láminas horizontales que permiten el paso de la luz y el aire, pero bloquean la entrada de sol al interior. Estas protecciones pueden ser fijas u móviles y permiten graduarlas manualmente de acuerdo a la necesidad requerida.</p>

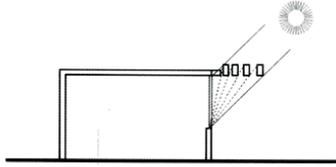
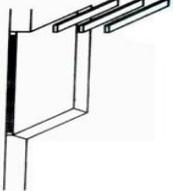
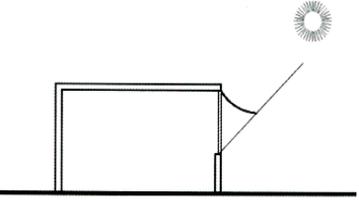
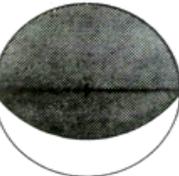
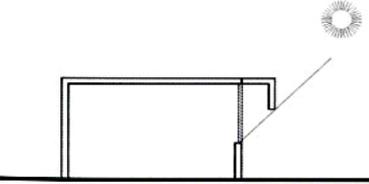
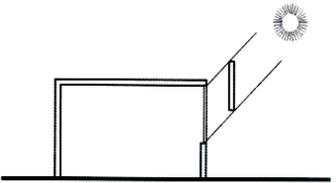
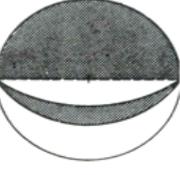
Imagen	Perfil de sombra	Ejemplo	Características
			<p>Pérgola._ Son vigas horizontales tipo persianas, que se usan como techos de sombras, generalmente se coloca vegetación sobre ellas, para dar un mayor sombreado. Estas se fabrican de diferentes materiales.</p>
			<p>Toldos._ Cubierta fija u móvil, están construidas de diferentes materiales, lona, tela, y dependiendo del material puede ser translúcida u opaca. Estos eran usados en la antigüedad como casa de campaña o casa móvil.</p>
			<p>Faldón._ Tiene ese nombre porque es un elemento vertical que depende del extremo de un alero, este puede ser fijo o móvil.</p>
			<p>Pantalla._ Es un elemento vertical colocado en frente de la ventana, este se encuentra suspendido de ella, sirve para la protección solar pero no de lluvia, puede ser de una sola pieza o tipo persiana.</p>

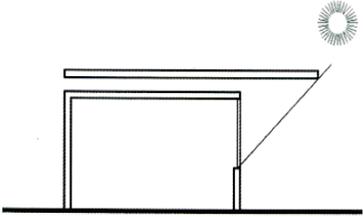
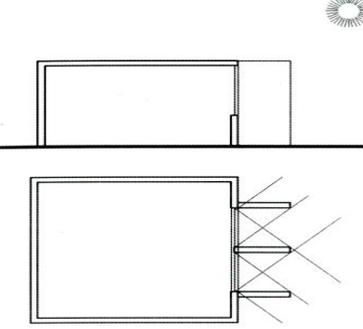
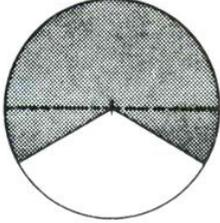
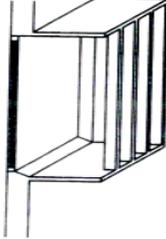
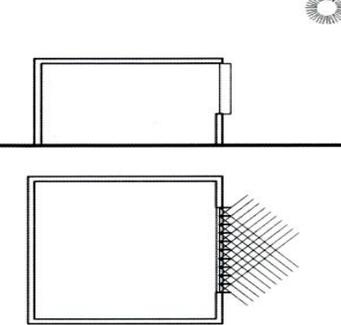
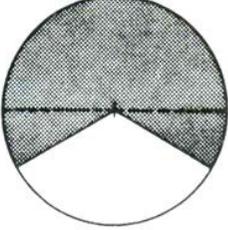
Imagen	Perfil de sombra	Ejemplo	Características
			<p>Techo Escudo._ Es como un doble techo que contiene una cámara de aire, este tiene la ventaja de evitar el paso de calor al interior y proteger la ventana de los rayos solares y la lluvia. Es ideal para climas cálidos húmedos ya que ventila la cubierta y la protege a la vez.</p>
			<p>Parte sol._ Son elementos verticales que se colocan en frente de la fachada, estos pueden estar perpendicular u oblicuo, dependiendo de la necesidad. Los oblicuos protegen más del sol que los perpendiculares, estos pueden estar adosados a la fachada o separados de ella.</p>
			<p>Persianas (Verticales)._ Están formados por laminas en forma vertical, se caracterizan por bloquear el paso de sol y no del aire ni de la luz; la ubicación de la persianas pueden estar en la parte externa de la ventana o en la parte interna y estas pueden ser fijas o móviles sobre su eje vertical. Este sistema es ideal para usarlos en climas cálidos húmedos ya que permite la ventilación y protege de los rayos solares.</p>

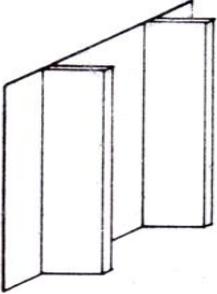
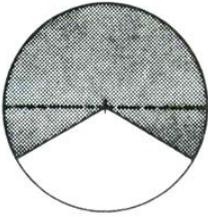
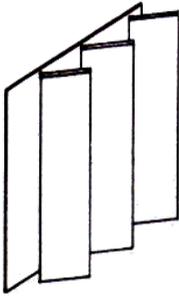
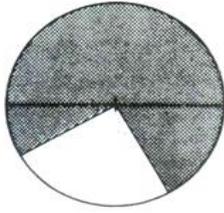
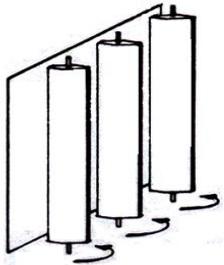
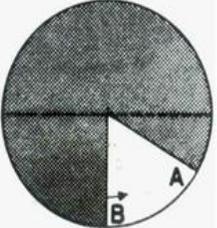
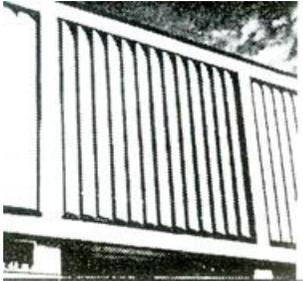
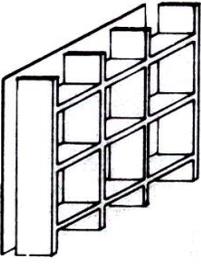
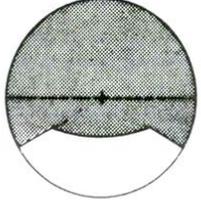
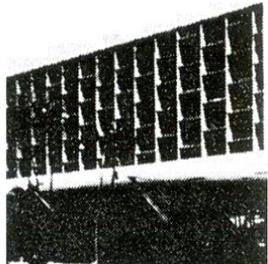
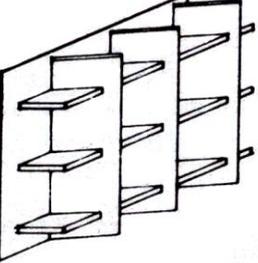
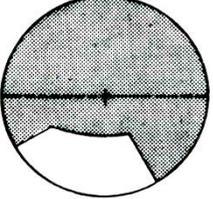
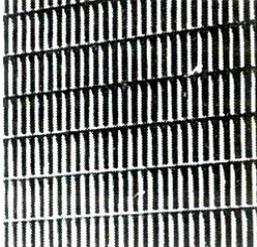
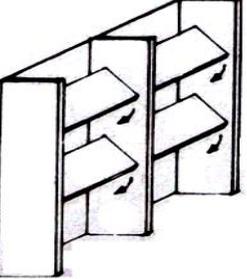
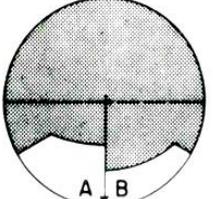
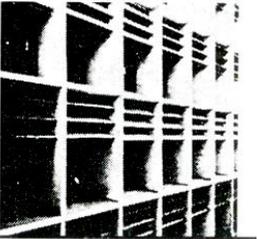
Imagen	Perfil de sombra	Ejemplo	Características
			<p>Protecciones verticales perpendiculares. Estas protecciones verticales también llamadas parte soles, están colocadas en forma perpendicular a lo largo de la ventana, generalmente son de hormigón. Las fijas son ideales para las fachadas este - oeste y para climas cálidos.</p>
			<p>Protecciones verticales oblicuo. Estas protecciones producen un perfil asimétrico, por su inclinación oblicua. La proyección de sombra de estas, es mayor que las arrojadas por las protecciones verticales perpendicular. Estos protectores solares también evitan la transmisión de calor al interior cuando están separados de la ventana.</p>
			<p>Protecciones verticales oblicuo móviles. Este tipo de protección pueden llegar a ensombrecer todo el hueco, por estar orientados de forma oblicua a la ventana y además móvil, de esa manera se van orientando de acuerdo a la necesidades durante todo el día ya que puede estar orientado de acuerdo a la posición de sol y con sistemas demóticos o manuales.</p>

Imagen	Perfil de sombra	Ejemplo	Características
			<p>Protecciones mixtas verticales y horizontales._</p> <p>Es una combinación mixta de protección horizontal y vertical, colocadas de forma perpendicular a la ventana. Según el diagrama de sombra se puede ver que el margen de sombreado es más amplio al combinarse ambos elementos; este sistema es muy útil en climas cálidos por tener una mayor protección solar.</p>
			<p>Protecciones Horizontales y verticales oblicuo._</p> <p>Este sistema modular es similar al anterior pero los elementos verticales están colocados de forma oblicua. El resultado en el diagrama de sombra es un perfil asimétrico, estos pueden ser de hormigón u metálicos. Este tipo de protecciones solares son ideales para fachadas este y oeste.</p>
			<p>Protecciones verticales y horizontales oblicuo._</p> <p>Este sistema es la combinación de protectores verticales fijo y horizontales móviles, lo cual producen sombra con características variables y pueden ser direccionado para evitar la entrada de sol; por tener un margen de sombra amplio son aconsejables en climas cálidos.</p>

3.2.7. Vegetación y Sombreamiento

Las diversas características que nos aporta la vegetación en el medio que vivimos son de vital importancia, puesto que la vegetación modifica la temperatura, el aire, la humedad, los vientos, la radiación solar, los ruidos y la contaminación.

El follaje fija el polvo y los gases tóxicos, disminuyendo de este modo la contaminación atmosférica. (1 hectárea de bosque fija 50 toneladas de polvo al año).

La vegetación también modifica el microclima local regulando la temperatura con reducciones de 1 a 4º centígrados en verano⁴⁵, sirve también como protección solar y control de la radiación; estabiliza la temperatura del aire por retención de agua provocando un intercambio de calor entre el aire y el agua. Por otra parte la evaporación baja la temperatura del aire.

La vegetación crea zonas de altas y bajas presiones, favoreciendo la circulación de los vientos entre las construcciones. Hay que tomar en cuenta el tamaño de las plantas y su follaje en el momento de elegir la adecuada, las plantas con troncos bajos frena la circulación de los vientos. Los follajes de los árboles así como su densidad, tiene que ser espeso si queremos crear sombreado.

La vegetación también sirve como protección solar aportando sombra. Los arboles cercanos a las construcciones disminuyen la radiación directa, reflejada y difusa, El follaje de un árbol puede llegar a filtrar de 60 a 90 % de radiación solar y un tapiz vegetal reduce la radiación solar reflejada.⁴⁶

La vegetación también sirve como protección en climas demasiado húmedo, la sobreabundancia de vegetación puede saturar de humedad el ambiente, y si no existe una buena circulación de aire, esta humedad saturada impide la evo transpiración sobre la piel.

Es muy importante que dentro de las ciudades cosmopolitas y en vías de crecimiento, desarrollar espacios verdes, parques, zonas de esparcimiento dentro de la ciudad ya que ellos son el pulmón por donde la ciudad respira y purifica el aire. Porque no solo nos brindan equilibrio físicos, si no también psicológicos a los ciudadanos que en el día a día son afectados por el entorno urbano y la contaminación atmosférica, provocada por las fabricas, vehículos, polución, etc.

Dentro de la vegetación existen muchas variedades de diferentes tipos, que varían desde la altura, forma de la hoja, y el espesor de la misma, también varia el tiempo de crecimiento; unas especies crecen de forma rápida y otras su crecimiento es más lento. Todos estos detalles tenemos que tomar en cuenta en el momento de decidir el tipo de vegetación en un proyecto ya que la misma está ligada al tipo de sombra que queremos conseguir.

Es conveniente plantar los arboles que proporcionan sombras en un periodo corto de tiempo y que este alcance unos 4,5 a 6 metros de altura.

⁴⁵ Guillermo Yáñez. Arquitectura Solar- Aspecto pasivo bioclimáticos e iluminación natural, Rugarte s.l., Madrid 1988

⁴⁶ Guillermo Enrique Gonzalo. Manual de arquitectura bioclimática, Nobuko, Tucumán- Argentina 2003

Otras de las características de la vegetación es aquella que tiene la hoja caduca y perenne. Este posee beneficios térmicos, durante el invierno los muros recubiertos por vegetación, formado por hoja perenne reducen las pérdidas de calor de los edificios. Los arboles de hoja caduca sin embargo tiene la ventaja de no interferir la radiación solar en invierno, y en verano brindar protección y sombreado a las fachadas.

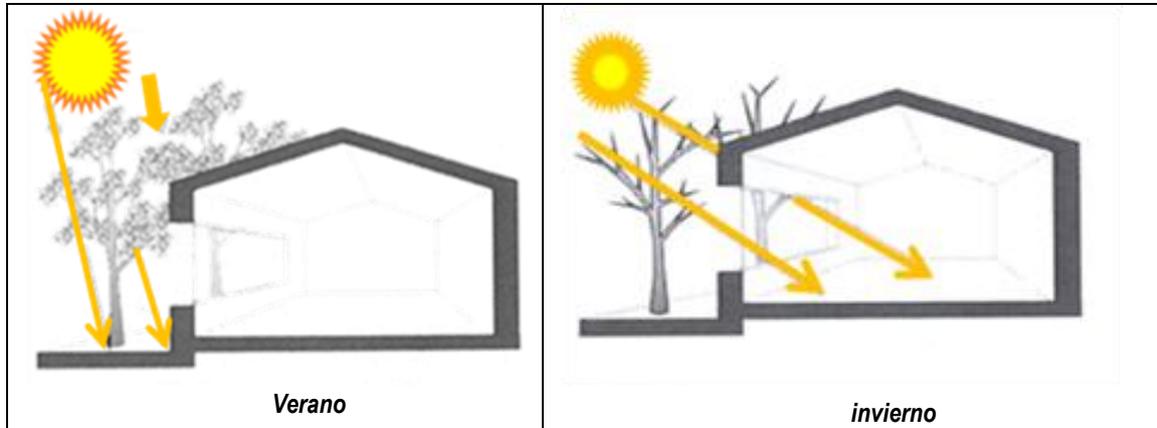


Fig. 3.11. Protecciones solares por medio de la vegetación.

Las parras que se colocan cerca de las edificaciones o pegado a una pared, funcionan como un elemento de control de la radiación en el tiempo de calor, a la vez que es un elemento natural que embellece el ambiente y tiene un costo económico mínimo, es por eso que este se usa como un elemento adicional en la arquitectura.

Para conseguir un eficaz efecto de sombra, los arboles deberán colocarse estratégicamente, a primera hora de la mañana y la última de la tarde, por estar el sol a una altura baja, es por eso que los arboles se deben colocar, en la orientación adecuada para tener el sombreado deseado. Cuando el sol está alto cerca del medio día los arboles no proporcionan mucho beneficio ya que solo proyectan sombra debajo de ellos y no la sombra proyectada que se consigue a tempranas horas de la mañana y de la tarde.

Como se puede ver, hay varias estrategias pasivas en la arquitectura bioclimática y a través de ellas se puede obtener una eficiencia energética, adoptando criterios coherentes. El aprovechamiento de la vegetación es una de ellas, para la creación de un microclima local.

En el caso de la vivienda Bioclimática para Santa Cruz de la Sierra, las estrategias pasivas más eficientes, para la climatología tipo cálido húmedo son: La ventilación natural, control solar, vegetación, sombreado e inercia térmica de la envolvente de la vivienda.

3.3. VENTILACION NATURAL

3.3.1. La Ventilación como mecanismo de control del confort

La sensación de bienestar térmico se procura por la evacuación de calor del cuerpo. Los movimientos del aire aumentan las pérdidas de calor por convección y facilitan la evaporación de la humedad en la superficie de la piel. La ventilación natural es muy beneficiosa en los climas cálidos húmedos donde existe saturación de humedad y una temperatura alta.

Para conseguir sensaciones de confort, depende de la velocidad del viento y humedad en el proceso de evaporización del sudor. El confort se logra cuando el flujo de aire incide sobre el cuerpo (piel) de los usuarios.⁴⁷

El calentamiento o enfriamiento de la piel depende de la convección del aire y tiene relación con la temperatura ambiente sea superior o inferior a la de la piel; El enfriamiento de la piel por sudoración del cuerpo en el aire, se consigue con la evaporación por sudor de la piel, atenúa la sensación de humedad y es más eficaz cuando la humedad es menor.

En climas cálidos húmedos la temperatura del aire está contenida muy próxima a la de la piel, por lo que las pérdidas por convección y radiación son mínimas, es por esta razón que se necesita incrementar la velocidad del aire para conseguir la evaporación de la transpiración.

La ventilación natural es un mecanismo utilizado en climas cálidos para eliminar el exceso de calor de los espacios interiores y depende también de la ubicación de las aberturas, altura, dimensión, material, forma de los elementos arquitectónicos de las ventanas, todo esto influye en la velocidad del flujo de aire interno.

Para conseguir que la ventilación natural sea óptima los muros abiertos deberán estar orientados a la zona de viento dominante del entorno.

La ventilación, sin embargo debe realizarse de una manera controlada para que la pérdida de calor que produce sea admisible con la sensación de confort. Las juntas de las aperturas de muros para ventilar también deben ser tratadas para evitar las infiltraciones de aire sobre todo en momentos de mucho viento, el exceso de viento tiene efectos negativos, y este según la intensidad del viento puede provocar molestia y en algunos casos daños materiales (ciclones).

El concepto arquitectónico está relacionado con los parámetros ambientales y el uso que se hace de ellos. El viento es uno de los parámetros más importantes a considerar en la arquitectura, dependiendo de lo que queremos lograr (captarlo, evitarlo o controlarlo).

El viento es un elemento de la naturaleza que se utiliza en arquitectura pasiva y que ha sido utilizado en todos los tiempos y en todo lugar. Nuestros ancestros analizaban el clima antes de construir su hábitat, es por eso que la arquitectura primitiva responde al clima del lugar.

⁴⁷ Universidad Autónoma Metropolitana. Introducción a la Arquitectura Bioclimática, Limusa Noriega Editores, México 2001.

3.3.2. Función de la Ventilación

La ventilación cumple tres funciones importantes;

- Renovar el aire interior
- Provee bienestar de las personas en el interior de un ambiente.
- Enfriar las envolventes o superficies de los edificios.

La primera se refiere a las condiciones higiénicas y de salud al renovar el aire interno de cualquier ambiente donde existe una actividad.

El segundo está relacionado con el bienestar térmico que produce la ventilación en el cuerpo humano especialmente en climas cálidos húmedos donde la saturación de humedad dificulta la evaporación de la transpiración, el movimiento de aire al facilitar la evaporación de la transpiración logra la disminución de la sensación térmica.

La tercera está relacionada con la ventilación de las envolventes de los edificios logrando bajar la temperatura interior y mejorar las condiciones térmicas del interior.

3.3.3. Arquitectura y Ventilación

Es importante la ubicación de las viviendas cuando se realiza una urbanización o un conjunto de viviendas, cuando las viviendas son ubicadas en forma lineal, esto crea áreas de bajas presión (presión negativa) por donde el viento no pasa provocando la canalización de los flujos de vientos y aumentando su velocidad, ejemplo calles lineales.

Cuando la ubicación es de forma escalonada tiene la ventaja de que la distribución del viento será más uniforme, evitando crear menos áreas de bajas presión o aire estancado como en el caso anterior. La distancia entre las construcciones, permite que el viento pase sin obstáculos y refresque los ambientes. Este tipo de esquemas urbanos es aconsejable en climas cálidos húmedos. fig.3.12.

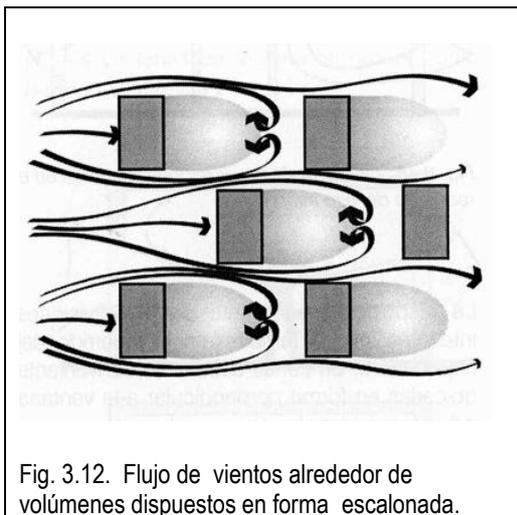


Fig. 3.12. Flujo de vientos alrededor de volúmenes dispuestos en forma escalonada.

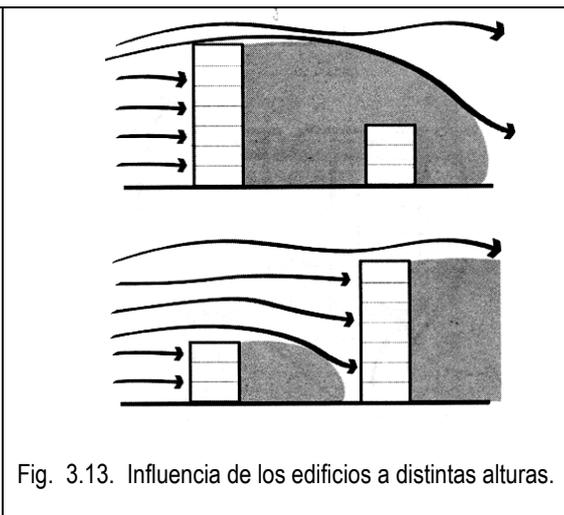


Fig. 3.13. Influencia de los edificios a distintas alturas.

Ventilación sobre las edificaciones y la disposición de los volúmenes

En caso de la altura de la edificación, también influye cuando ubicamos un edificio en frente de otro de menor altura, el primero está disminuyendo la ventilación al segundo, en cambio si se

coloca el edificio de menor en frente del de mayor altura, la ventilación será más uniforme para los dos beneficiándose ambos. Ver fig. 3.13.

La distribución y zonificación de los ambientes dependerá de la necesidad que se tenga, por ejemplo en época de Invierno, las necesidades serán de protección contra los vientos fríos y su función principal será la de captación de energía y almacenamiento por medio de la envolvente de la edificación; en cambio en la época de verano las necesidades son de protección solar y ventilación de los ambientes para refrescar.

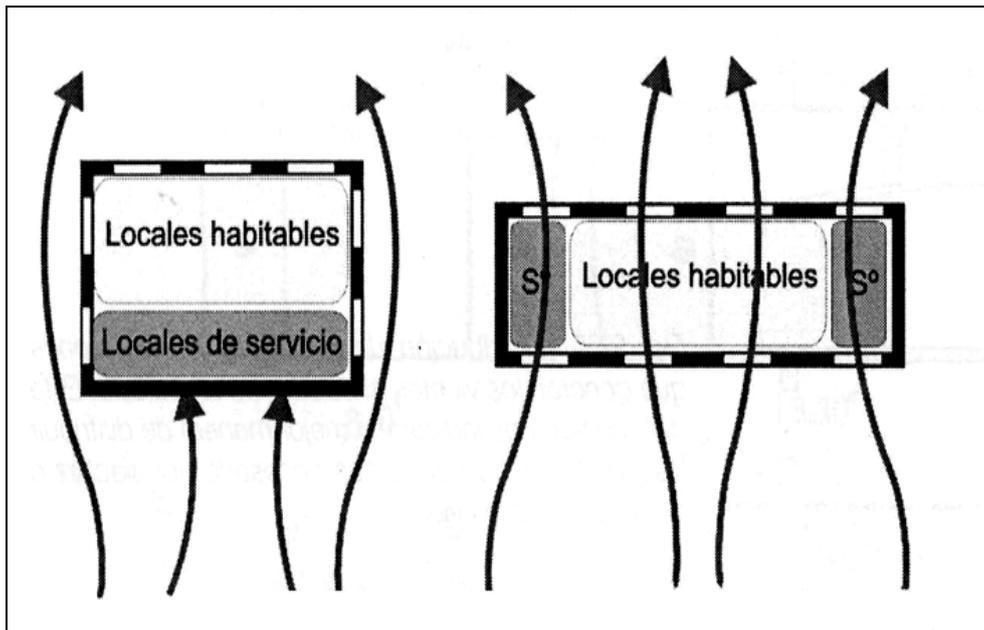


Fig. 3.14. Zonificación de los espacios de acuerdo a la protección o aprovechamiento de los vientos.

La ventilación natural es provocada por una diferencia de temperatura o de presión entre las fachadas, esto es producido por un calentamiento no uniforme de las superficie, que mientras el sol calienta el aire y el suelo de una parte (presión positiva), la otra parte del edificio es enfriado por la sombra (presión negativa), esta diferencia de temperatura de la atmosfera ocasiona movimientos del aire para que la diferencia de la temperatura del aire, densidad y presión lleguen al equilibrio. Ver fig. 3.15.

En los climas cálidos, lo más importante es limitar los aportes solares para evitar que la temperatura se eleve. Las salidas de aire permiten evacuar las cargas térmicas del edificio producidas por las máquinas eléctricas, la iluminación y los ocupantes.⁴⁸

En climas cálidos y húmedos, la temperatura del aire es regularmente inferior a la de la piel, pero superior a los límites de bienestar. El porcentaje de humedad impide todo enfriamiento por evaporación de agua. Esta saturación limita también la evaporación por sudoración de la piel. Una de las maneras de paliar el problema y alcanzar el nivel de bienestar, es aumentando

⁴⁸ Jimena Ugarte, Guía de Arquitectura Bioclimática- Construir en países cálidos, Instituto de arquitectura tropical, Costa Rica.

la velocidad del aire. Este intensifica los intercambios por convección y disminuye la Temperatura.⁴⁹

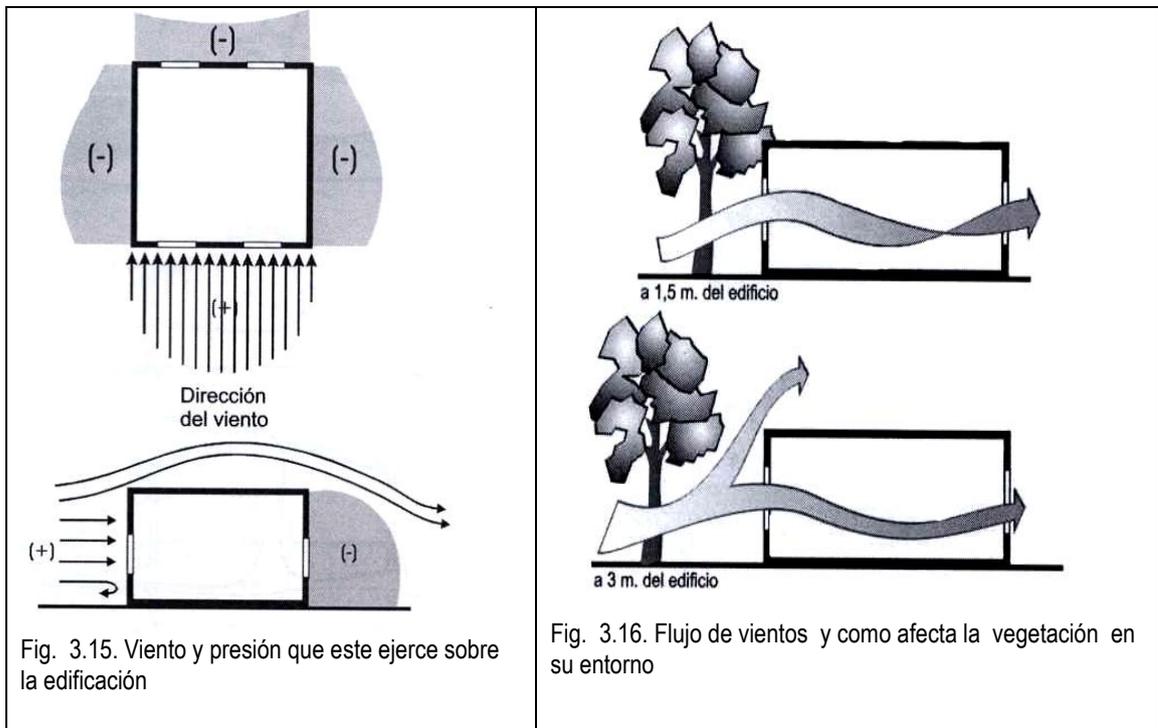


Fig. 3.15. Viento y presión que este ejerce sobre la edificación

Fig. 3.16. Flujo de vientos y como afecta la vegetación en su entorno

Para optimizar la ventilación natural es recomendable tomar las siguientes medidas:

- Exponer las fachadas a los vientos dominantes en los meses más cálidos
- Alejar el edificio de los obstáculos que impidan el libre flujo del viento
- Proteger la piel del edificio de los rayos solares
- Dimensionar las aberturas y los dispositivos que favorecen las salidas de aire en los espacios interiores, la distribución interior tiene que facilitar la circulación de aire evitando el embotellamiento del mismo, de esta manera estamos enfriando los muros interno.

3.3.4. Ventilación deficiente

La abertura en una sola fachada, no permite el movimiento del aire en el interior, este solo se produce alrededor de la ventana. Otro factor es la incorrecta ubicación de los vanos de ventanas, cerca de elementos constructivos que bloquean el paso del aire en el interior y cerca de los ocupantes.

También es importante para lograr un buen barrido interior de un local, debemos usar la técnica de ventilación cruzada, eso quiere decir la entrada y salida del aire, ubicando los vanos de ventanas en lado opuesto de las paredes.

En este tipo de clima, otro problema que se presenta es que a causa de la humedad, provoca la proliferación de insectos, esto obliga a colocar protección en los vanos de ventanas para

⁴⁹ Jimena Ugarte, Guía de Arquitectura Bioclimática- construir en países cálidos, Instituto de arquitectura tropical, Costa Rica.

evitar su entrada al interior, Estas mallas o cortinas normalmente disminuyen entre un 20% y un 60% la ventilación interior. Es aconsejable colocar estos elementos alejados de la ventana hacia el exterior, como caja que rodee la ventana.

3.3.5. Ubicación respecto a vientos dominantes y aberturas

Según estudios de algunos autores, la disposición de la ventana y el tamaño influye en el flujo de aire. La ubicación de aberturas de entrada y salida también influye en la trayectoria del flujo de aire, por ejemplo si colocamos la abertura de ventana de forma lineal en paredes opuestas crean un aire sectorizado. Ver fig. 3.19.

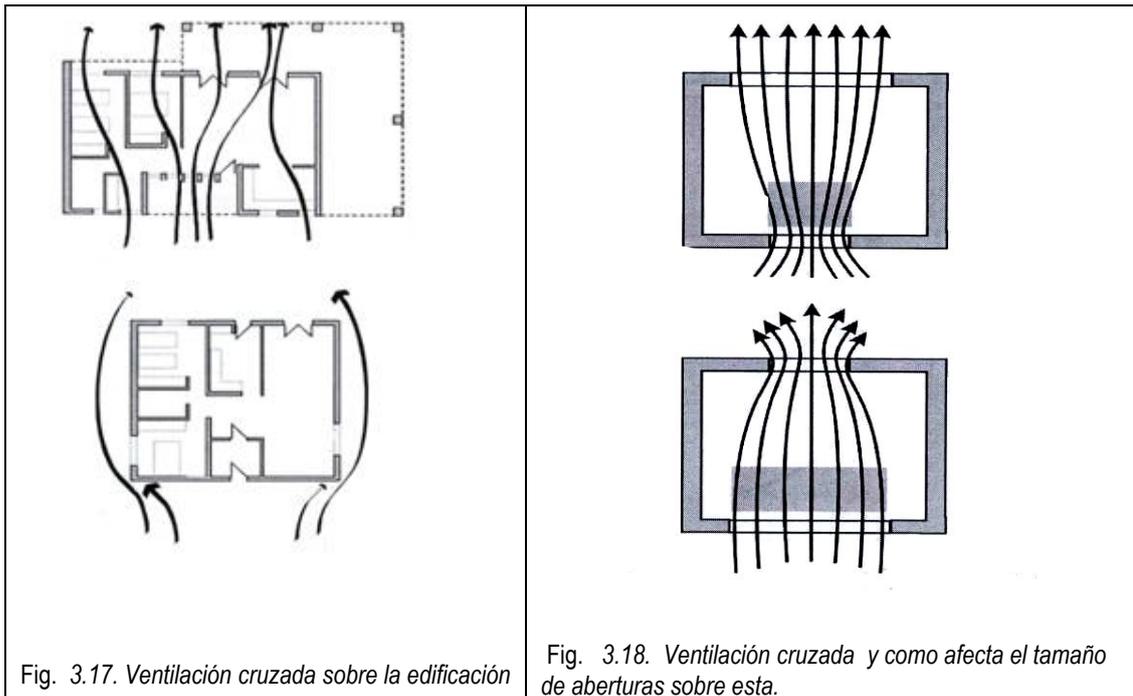


Fig. 3.17. Ventilación cruzada sobre la edificación

Fig. 3.18. Ventilación cruzada y como afecta el tamaño de aberturas sobre esta.

Si la ventana de entrada y salida de aire se ubica en forma diagonal, el flujo de aire tendrá una mejor distribución en el interior del ambiente.

Si la ventana de salida de aire se ubica en la pared adyacente a la entrada, también se crea un flujo de aire sectorizado.

En las zonas cálidas, es recomendable incrementar la velocidad del aire al ingresar en un ambiente, esto se puede lograr aumentando las dimensiones de la aberturas de salida del aire con relación a la de entrada, cuanto mayor sea esta relación mayor será la velocidad en el interior.

La altura de la ventana de entrada de aire con respecto a la de salida es muy importante según lo que queremos lograr, en zonas cálidas húmedas se las deben ubicar en la parte media baja de la pared, esto provoca una corriente de aire beneficiosa a nivel del cuerpo, si la abertura se encuentra en la parte superior, la corriente solo ventilara la parte superior y no a las personas. Ver fig. 3.20.

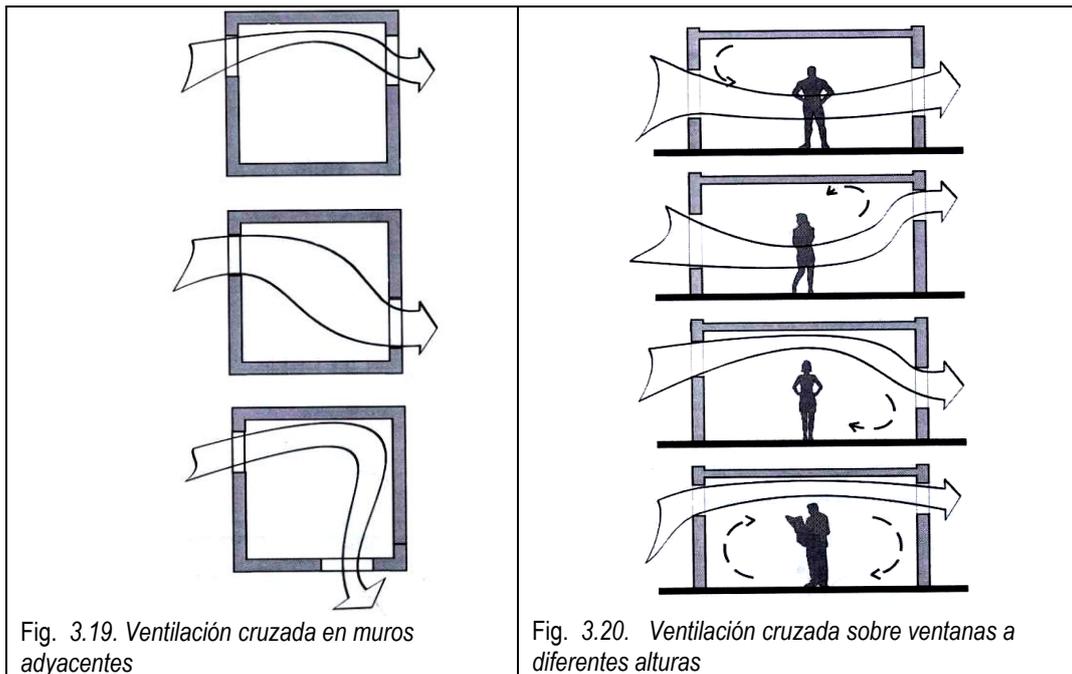


Fig. 3.19. Ventilación cruzada en muros adyacentes

Fig. 3.20. Ventilación cruzada sobre ventanas a diferentes alturas

3.3.6. Forma y dimensionamiento de aberturas

La carpintería y elementos adosados a la ventana tiene como característica las de dirigir o desviar las corrientes hacia la zona que se desea ventilar.

En zonas cálidas, es conveniente utilizar carpintería que permite desviar el aire hacia los ocupantes, en zonas frías es al contrario. Los voladizos o salientes son útiles para aumentar el volumen así como también la velocidad del aire que incide en el edificio y útiles en las zonas cálidas.

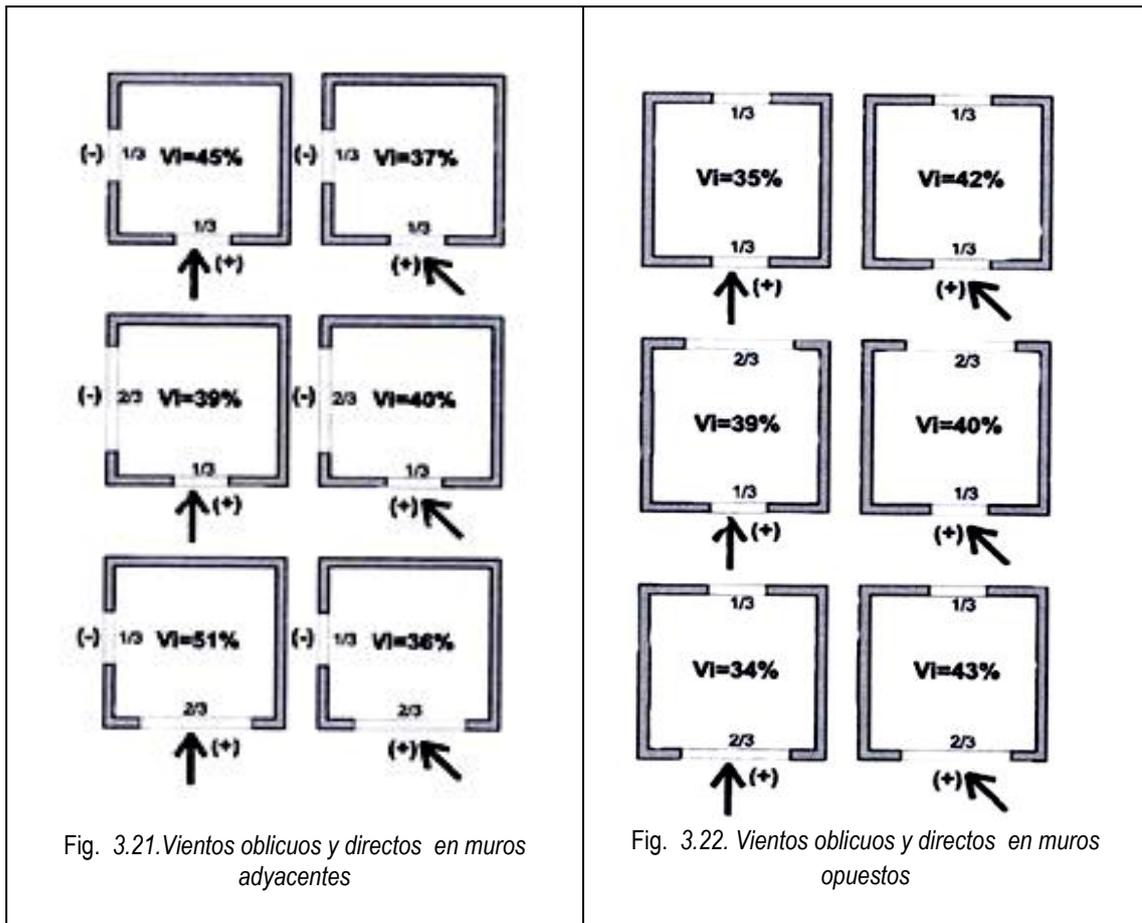
Los elementos verticales, permiten desviar la corriente de aire hacia el interior, y los elementos horizontales es conveniente separarlos de la fachada para direccionar el viento hacia el interior.

En ambientes donde solo existe una sola ventana en una de las paredes, el tamaño de esta influye mínimamente en la velocidad del aire en el interior.

Si la habitación posee aberturas en los lados opuestos de la pared, provocamos la ventilación cruzada pero si la abertura son de diferentes tamaños y la más grande es la de salida, se obtiene mayor velocidad. Las dimensiones de cada una en porcentajes, se refleja en la fig.3.21 y 3.22.

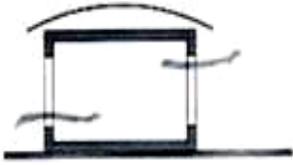
Los mejores resultados se obtienen cuando el aire cambia de dirección dentro del ambiente, a estos le llamamos vientos oblicuos, y a los vientos directos en la entrada son los llamados perpendiculares, los que tienen mejores resultados son los oblicuos con respecto a los perpendiculares ya que obtenemos un barrido de aire más uniforme en el interior.

La tabla de velocidad de aire interior, será útil para ser aplicado en el proyecto, de forma que cuando se dimensione las aberturas, estas puedan tener un incremento óptimo de la velocidad, y de esa manera tener un barrido más uniforme, especialmente en el tipo de clima de Santa Cruz de la Sierra.

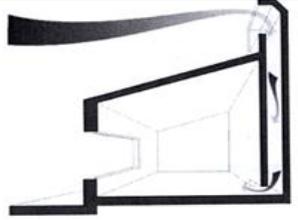
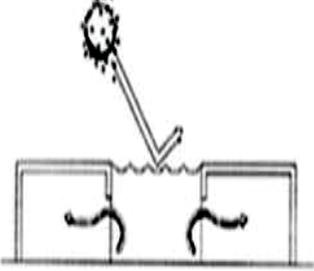


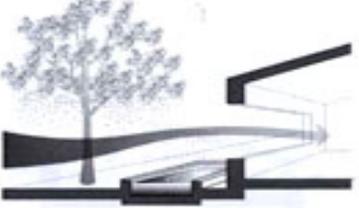
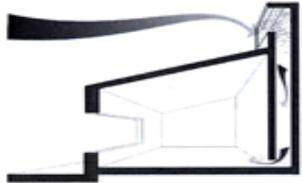
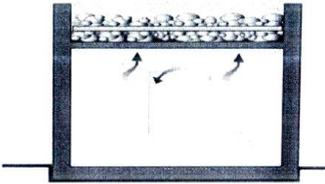
Ventilación cruzada y dimensiones de las aberturas de entrada y salida.

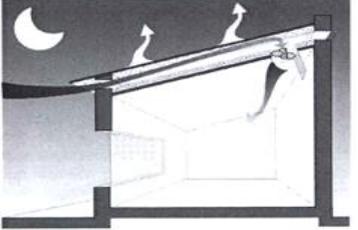
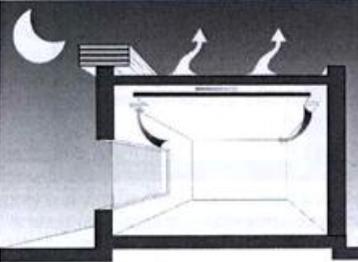
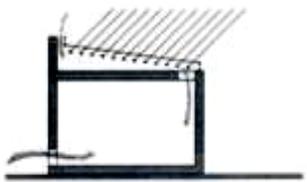
A continuación se muestra una tabla de ejemplos de ventilación cruzada, por medio de diversos sistemas provocados por ventilación natural, sus características y aplicabilidad para distintos casos. Por consiguiente esta tabla nos será útil para extraer algunos ejemplos para la aplicación en el tipo de clima de Santa Cruz y posterior utilización en la propuesta de proyecto.

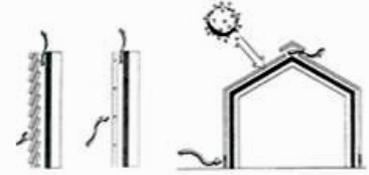
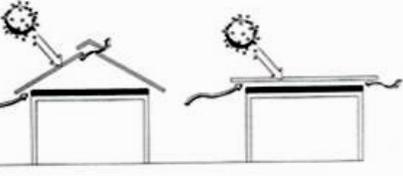
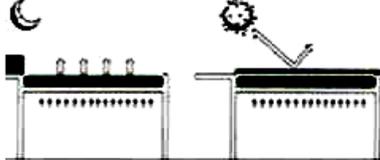
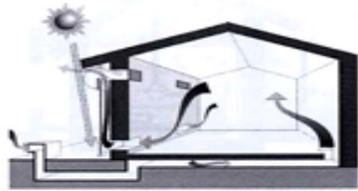
SISTEMA PASIVO DIRECTO	ESQUEMA	DESCRIPCION
VENTILACION NATURAL CRUZADA		<p>La ventilación cruzada es la más utilizada en los sistemas pasivos, eso se debe a la diferencia de presión de los diferentes vanos, que provoca la ventilación natural, los huecos no necesariamente tiene que estar en paredes opuestas sino también a diferentes alturas. Este sistema es el más óptimo para los climas cálido húmedo.</p>
VENTILACION FORZADA		<p>Este sistema es útil, cuando la velocidad del aire es insuficiente, se utilizan diferentes métodos para inducir el aire hacia el interior y hacer que la velocidad de este se incremente, consiguiendo con esto una mayor velocidad y por lo tanto el enfriamiento del ambiente interior gracias a ello.</p>
VENTILACION INDUCIDA POR EFECTO CHIMENEA SOLAR.		<p>Otro sistema de ventilación es el que se consigue por medio de las chimeneas térmicas, que en lugar de eliminar humo lo hace eliminando aire caliente, la parte exterior de la misma, se reviste de algún material que posea una conductividad alta como ser metal o pintura negra. Esto al conseguir temperaturas altas por la radiación logra los efectos de succión por el recalentamiento del material; para mejores resultados se consiguen cuando se reviste la chimenea de metal más que de muro de fábrica o ladrillo cocido.⁵⁰</p>

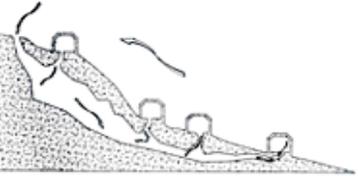
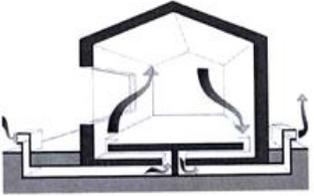
⁵⁰ La información de la siguiente tabla así como las imágenes son extraídas del libro de Guillermo Enrique Gonzalo. y El libro de Serra Florensa Rafael. Arquitectura y Energía Natural, Ediciones UPC, Barcelona 2001.

SISTEMA PASIVO DIRECTO	ESQUEMA	DESCRIPCION
VENTILACION POR MEDIO TORRE DE VIENTO		<p>El sistema de torre de viento es cuando se coloca bocas de chimenea en dirección a los vientos dominantes para inducir el viento hacia el interior, este sistema es muy óptimo en lugares donde existen vientos a altas velocidades y es ideal para climas cálidos húmedo.</p>
VENTILACION INDUCIDA POR MEDIO DE SISTEMA ESTATICO		<p>Este sistema de ventilación inducida es la más utilizada en fabrica o cuartos de baños ya que tienen la propiedad de acelerar la salida de aire caliente hacia el exterior, gracias a una corriente de aire ascendente, que se origina en el interior del conducto acelerando la salida de aire.</p>
VENTILACION INDUCIDA POR MEDIO DE PATIOS		<p>Los patios interiores tiene un efecto bioclimático óptimo, su función es de almacenar el aire (enfriamiento pasivo durante la nocturna) fresco y evitar que este se caliente por los rayos solares, este depósito de aire fresco cede su frescor a los ambientes que le rodean. Este sistema es utilizado en climas cálidos secos como es el caso de la cultura árabe donde las viviendas se desarrollan alrededor de los patios internos.</p>

SISTEMA PASIVO DIRECTO	ESQUEMA	DESCRIPCION
VENTILACION DIRECTA POR SISTEMA EVAPORATIVO DE PATIOS		<p>Este sistema es utilizado en climas cálido secos y son eficiente cuando el clima es muy seco. Al exponer el agua a una corriente de vientos, el agua humidifica el aire gracias a las corrientes de aire. Al aportar humedad al aire caliente este se evapora por la diferencia de temperatura y esta evaporación hace bajar la temperatura latente del ambiente.</p>
ENFRIAMIENTO POR MEDIO DE TORRE EVAPORATIVA		<p>Este sistema consiste en captar los vientos por medio de aberturas, que en su interior contienen elementos humedecidos, al pasar el aire por medio de ellos, este es enfriado por evaporación e introducido al ambiente interior por medio de una abertura ubicado en la parte inferior. Al ingresar el aire humedecido y aportando humedad al ambiente se consigue bajar la temperatura interior y brindando confort Higrotermico en su interior.(Sistema utilizado en climas cálidos - secos)</p>
ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO INDIRECTO POR MEDIO DE CUBIERTAS		<p>Este sistema consiste, en utilizar un intercambiador de calor para agregar humedad al interior. También en enfriar el techo por evaporación aprovechando el entretecho para disminuir la temperatura; se coloca agua en el interior del cielo raso, el cual es movido por un ventilador para una evaporación rápida, este absorbe el calor del interior por medio de la convección interna del aire y es enfriado al chocar con la superficie del entretecho. Es importante que la cubierta este aislada del exterior y debidamente impermeabilizada para evita filtración de humedad. Es útil en clima cálido -seco.</p>
ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO INDIRECTO POR MEDIO DE PIEDRAS HUMEDECIDAS		<p>Este sistema es muy similar al anterior, consiste en utilizar un lecho de piedra con agua, la primera capa inferior aislada del exterior para evitar que absorba calor exterior, el cielo raso se mantiene frio por las características de la piedra y el agua, el aire caliente del interior al chocar con la superficie del techo es enfriado y la temperatura interior baja. Es muy importante una adecuada impermeabilización del techo en estos casos, para evitar filtraciones de humedad.</p>

SISTEMA PASIVO INDIRECTO	ESQUEMA	DESCRIPCION
ENFRIAMIENTO RADIANTE POR MEDIO DE CUBIERTAS METALICAS		<p>Son superficies enfriadas por medio del enfriamiento nocturno, cuando se está expuesta hacia el cielo claro o atmosfera durante la noche. Consiste en colocar cámaras de aire ventiladas y aisladas hacia el exterior, para evitar el paso del calor al interior durante el día; en la noche se abren las cámaras, que por medio de un impulsor mecánico, el aire es introducido en el interior. Este aire al chocar con la superficie metálica se enfría y se introduce al interior de los ambientes. Es importante la característica del material que se utiliza, como la chapa metálica, que tiene una alta conductividad térmica, y podemos llegar a tener mejores resultados.</p>
ENFRIAMIENTO RADIANTE POR MEDIO DE CUBIERTAS PESADAS		<p>Este sistema es el enfriamiento del aire por medio de cubiertas pesadas, de hormigón o depósitos de agua que deben ser cubiertos durante el día para evitar el calentamiento de los mismos y en la noche son descubiertos para enfriarlos. Estos funcionan como depósitos fríos que mantienen los ambientes internos frescos, por consiguiente el aire interior que se calienta se enfría al chocar con estas superficies.</p>
VENTILACION INDUCIDA POR CAMARA SOLAR		<p>La extracción solar radiante es otro método inducido de enfriamiento, que al calentarse una superficie funciona como efecto invernadero, consiguiendo un recalentamiento de esta zona provocada por la diferencia de presión, esto causa la succión del aire caliente del ambiente y expulsión por la parte superior. Es importante colocar una salida de aire en la cubierta para que esto funcione correctamente y no se convierta en una trampa de calor; en invierno esto funciona de forma inversa, el orificio de salida se cierra para que la energía captada irradie hacia el interior y no al exterior.</p>

SISTEMA PASIVO INDIRECTO	ESQUEMA	DESCRIPCION
VENTILACION POR MEDIO DE MUROS VENTILADOS		<p>Los muros ventilados funcionan como una doble piel que aísla el interior de las radiación, además esto favorece el hecho de las corrientes de viento, ventilen y disipen las energía solar que hubieran recibido. Es importante colocar un aislamiento por la parte interna para evitar que la onda de calor se transmita al interior por conducción</p>
VENTILACION POR MEDIO DE CUBIERTA VENTILADA		<p>El sistema de cubierta ventilada es muy similar a la de los muros y tiene como función el eliminar mediante la ventilación, el calor absorbido por la cubierta que está expuesta al sol. Este sistema es muy útil en los climas cálidos húmedos y secos.</p>
VENTILACION POR MEDIO DE CUBIERTAS HUMEDECIDAS		<p>El sistema de cubierta humedad consiste en utilizar el agua como acumulador de frio, estos depósitos de agua son cubiertos por el día para evitar su calentamiento y en la noche son descubiertos para que absorban energía de la bóveda celeste. Protegerlas durante la noche, en el día cubrir las para mantener su temperatura para conservar el ambiente interno fresco.</p>
VENTILACION MIXTA POR MEDIO DE SUELO Y MURO TROMBE		<p>En este sistema el aire es enfriado por cañerías enterradas, este se introduce a los ambientes interiores ayudado con algún elemento mecánico (ventilador o bomba de succión). Al combinarse con muro Trombe, deja escapar el aire caliente por medio de rejillas ubicadas en la parte superior. El muro tiene que estar protegido de los rayos solares por medio de celosías en verano; en invierno el muro es descubierta para captar el calor durante el día y luego introducir durante la noche al interior.</p>

SISTEMA ENFRIAMIENTO POR AISLAMIENTO	ESQUEMA	DESCRIPCION
AISLAMIENTO POR AIRE FRIO DEL SUBSUELO		<p>La inercia térmica es una estrategia utilizada desde el tiempo antiguo, los grandes espesores de tierra funcionan como elemento de inercia y puede reducir las fluctuaciones térmicas y mantener la temperatura interna constante en el interior, consiguiendo locales frescos en verano y cálidos en invierno. Podemos ver ciudades enterradas donde el clima es cálido - seco y donde la diferencia térmica es alta.</p>
SISTEMA DE VENTILACION POR CONDUCTOS SUBTERRANEOS		<p>Este sistema consiste en la conducción de aire por medio de cañerías enterradas hacia los ambientes interiores, para que la temperatura de la tierra disminuya, se debe colocar una capa de grava y humedecerla, con esto se protege el suelo de la radiación y se añade enfriamiento valorativo, se puede ayudar la circulación del aire por medios mecánicos. Este sistema puede disminuir la temperatura interna entre 5 y 7 ° C.</p>
AISLAMIENTO POR MEDIO DE CUBIERTA VEGETAL		<p>Este sistema ofrece una gran protección contra la radiación solar, protegiéndola ya que la cubierta es el punto donde más radiación solar recibe por estar expuesta de forma perpendicular a los rayos solares. La cubierta vegetal no solo protege como material aislante si no también, retiene el agua que al evaporarse logra que la temperatura del ambiente baje, y se produzca frescor alrededor</p>
AISLAMIENTO MIXTO CON SUBSUELO Y TERRAZA JARDIN		<p>La inercia térmica, es una propiedad de la tierra que en muchas cultura se ha aprovechado y donde las condiciones climatológicas lo requieren. La inercia térmica se consigue enterrando el edificio bajo taludes de tierra, la cual mantiene la temperatura constante en el interior, ya que la temperatura de la tierra se mantiene por debajo de la temperatura exterior y su constancia es más equilibrada cuando es más profunda. Este sistema no es apropiado en lugares húmedos sino más bien secos.</p>

3.3.7. Conclusión Parcial

Según los datos anteriormente expuestos, existen varias estrategias pasivas que se integran al proyecto arquitectónico para alcanzar una eficiencia energética y confort térmico.

Los sistemas pasivos más eficientes, en el tipo de clima cálido húmedo son: La ventilación natural, control solar, vegetación, sombreado y utilización de inercia térmica en la envolvente de la edificación.

Los tipos de protectores solares, pueden no solo proteger del sol sino también de la lluvia dependiendo de lo que se quiera obtener, y pueden ser combinados con vegetación en algunos casos. Los protectores van desde el más sencillo hasta el más complejo, dentro de ellos están los fijos y los móviles, así como verticales u horizontales y mixtos. Estos determinados por la orientación de la fachada, unos son más eficientes que otros dependiendo de la orientación.

Se realizó un cuadro resumen de las protecciones solares, donde se muestra diferentes características, modelos y tipos de protectores solares para diferentes climas, y será de ayuda para identificar los más eficaces en el momento de la propuesta.

Dentro de los más aplicables para el tipo de clima cálido húmedo son: los quebrasoles tipo persianas, los aleros, y pórticos, estos últimos protegen del sol y también de la lluvia. Estos son aplicables para fachada norte. Las pérgolas son muy útiles para la protección de patios interiores, que se puede combinar muy fácilmente con la vegetación.

Todas las protecciones verticales, tanto perpendiculares, oblicuas, móviles y mixtas son ideales para fachadas este y oeste, por tener una proyección de sombra más extensa que el resto de modelos, y son aplicables para el tipo de climatología que tiene Santa Cruz. Estos ejemplos tienen las características de proteger la fachada de la radiación solar y a la vez de permitir el paso de la ventilación.

La ventilación natural es otro sistema pasivo, y dependiendo de lo que se quiera lograr, se puede aprovechar al máximo este recurso, dentro de ellos están la ventilación natural cruzada, ventilación inducida (por medio de otros sistemas) y ventilación mixta, donde se mezclan varios sistemas en uno.

Dentro de la ventilación natural como mecanismo de confort, se realizó un cuadro resumen de las estrategias por medio de la ventilación natural, para distintos climas, y posee un abanico de opciones aplicables de acuerdo a la climatología del lugar.

Las más eficientes para el tipo de clima cálido húmedo son: ventilación cruzada, ventilación inducida por efecto chimenea térmica, por medio de torre de viento, por medio de patios, muros y cubiertas ventiladas.

La vegetación juega un papel importante dentro de los sistemas pasivos, se recomienda las pantallas de arbolado y arbustos de hoja perenne en la fachada este y oeste.

La utilización de vegetación de hoja caduca en las fachadas norte, es útil en verano como protector solar natural y en invierno no perjudicará el paso de la radiación solar que es cuando se necesita ganancia térmica.

El papel termorregulador de los árboles y la vegetación es muy importante como sistema pasivo, proporcionan sombras y contribuyen a refrescar la temperatura de las viviendas.

3.4. ANALISIS BIOCLIMATICO DE SANTA CRUZ DE LA SIERRA

3.4.1. Resumen histórico del clima en Santa cruz

En los siguientes capitulo se describirá el clima de Santa Cruz de la Sierra por medio de tablas climáticas y curvas anuales de temperatura, que resumen el clima en todo el año para poder entender la climatología de esta ciudad y así obtener una idea clara de este, esto ayudará a desarrollar algunas estrategias de diseño para el acondicionamiento pasivo de la arquitectura y que será de gran utilidad para el diseño del proyecto de, **Vivienda Social Bioclimática para Santa Cruz de la sierra Bolivia.**

Este trabajo de análisis del clima de Santa Cruz, ha sido desarrollado por el laboratorio de confort ambiental de la universidad Mayor de San Simón; por el arquitecto Jorge Edgar Camacho Saavedra y el trabajo lleva por título Caracterización Bioclimática para la vivienda tropical- Santa Cruz de la Sierra- SENAM 2do SEMINARIO NACIONAL DEL AMBIENTE, Cochabamba, Mayo 2006.

El siguiente cuadro, se realiza un resumen histórico del clima de Santa Cruz, desde el año 1943 hasta el año 1989, para poder sacar algunos resultados como ser la temperatura media anual, máxima, mínima y otros datos importantes a lo largo de estos años.

Tabla N°1, Resumen histórico del clima.

RESUMEN HISTORICO DEL CLIMA	
Temperatura media anual	24.4°C (de 1943 a 1984)
Temperatura media máxima	28.6° C (de 1945 a 1984)
Temperatura media mínima	18.8°C (de 1945 a 1984)
Temperatura máxima extrema	41.6°C (noviembre 1946)
Temperatura mínima extrema	1.8°C (julio 1974)
Precipitación media anual	1244 mm. (de 1943 a 1989)
Humedad media anual	70% (de 1946 a 1984)
Nubosidad media anual	5/8 b.c. (de 1974 a 1984)
Horas sol media anual	5.80 h/día (de 1974 a 1984)
Días con precipitación	100 días/año de 1943 a 1986)

En la tabla de características climáticas por estaciones(tabla N°2), muestran las temporadas estacionales que se presentan en Santa Cruz, la cual posee dos estaciones marcadas que son verano y primavera, añadiendo una tercera que es una temporada de transición que podría ser el otoño o invierno suave.

Estos datos, nos señalan las características de cada estación y los meses en que se manifiestan, así como el confort térmico durante el día y la noche, en todos los meses del año.

Tabla Nº2. Características climáticas por estaciones

TEMPORADA	CARACTERÍSTICAS	MESES	OSILACION TERMICA	PRECIPITACION	FENOMENOS EPECIALES	CONFORT TERMICO	
						día	noche
VERANO	CALIDO HUMEDO	SEP OCT NOV DIC ENER FEB	10.05	127	Alisios Ecuatoriales permanentes	cálido	cálido
TRANSICION	TEMPLADO HUMEDO	ABRIL AGOSTO	10.40	67		cálido	confortable
PRIMAVERA	TEMPLADO SECO	MAYO JUNIO JULIO	8.70	70	Alisios periódicos del sur	confortable	frío

Los datos que muestra el cuadro superior se puede apreciar las temporadas estacionales, la oscilación térmica, precipitación, vientos dominantes que influyen en cada estación, el confort térmico de cada temporada y los meses donde se presentan estos datos climáticos.

El verano es cálido y abarca 6 meses del año y la oscilación térmica es de 10.05 grados, al mismo tiempo que la humedad relativa es alta en estos meses, esto datos nos señala que para entrar en la área de confort es necesario acelerar la ventilación en el interior y así atenuar esta sensación de inconfort que se presenta en estos meses.

En el cuadro de estadísticas meteorológicas (tabla Nº 3), se toma como referencia el año 1943 al 1984, de allí se extrae los datos de temperaturas extremas, máxima y mínima (marcadas con amarillo en la tabla Nº3).

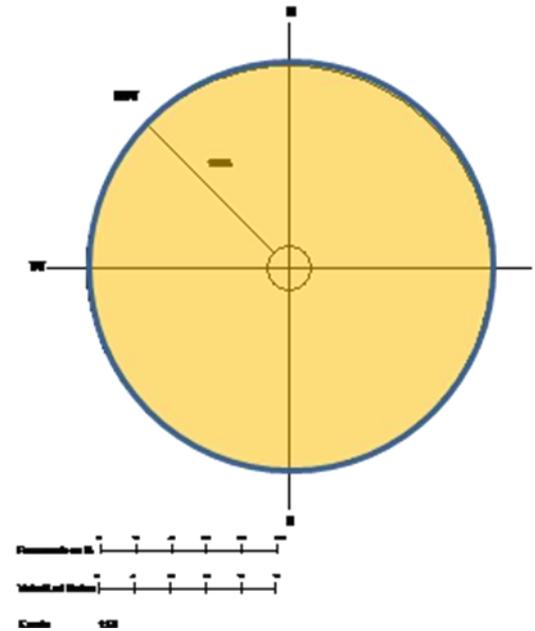
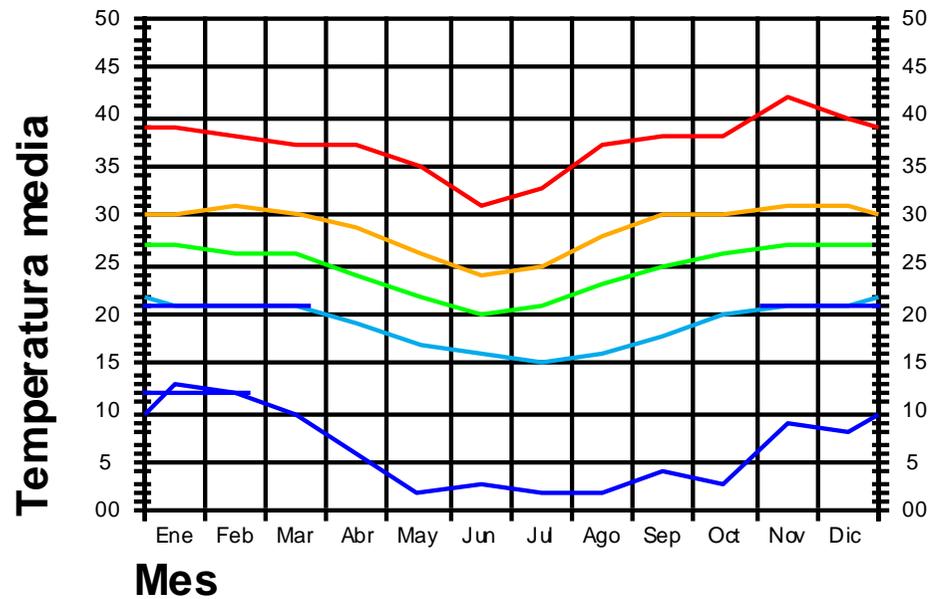
3.4.2. ESTADISTICAS METEREOLÓGICAS

Tabla Nº3. Estadísticas meteorológicas

DATOS DE :	Unid.	Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total-Extrema
															Promedio
Presion Atmosferica	mbs	1943-84	1007,6	1008,3	1009,4	1010,6	1013,0	1014,1	1014,8	1013,4	1010,2	1003,2	1007,6	1007,2	P. 1010,4
Temperatura Media Ambiente	°C	1943-84	26,5	26,4	25,8	24,2	22,0	20,1	20,5	22,7	24,9	26,0	26,8	26,8	P. 24,4
Temperatura Maxima Media	°C	1945-84	30,0	30,5	30,1	28,5	26,0	23,8	24,6	27,5	30,2	30,4	31,0	30,8	P. 28,6
Temperatura minima Media	°C	1945-84	21,3	21,2	20,6	18,9	17,3	15,7	15,5	16,3	18,3	19,4	20,5	21,1	P. 18,8
Temperatura Maxima Extrema	°C	1945-84	38,6	39,2	37,2	37,0	35,0	31,0	32,8	37,0	38,0	38,2	41,6	40,5	E. 41,6
Año			1970	1970	1950	1973	1968	1968	1979	1950	1970	1976	1946	1967	1946
Temperatura Minima Extrema	°C	1945-84	12,6	11,8	10,4	6,1	2,1	3,2	1,8	2,5	4,0	3,0	9,1	8,0	E. 1,8
Año			1953	1949	1961	1949	1949	1961	1947	1955	1947	1950	1955	1950	1947
Precipitacion Total	mm.	1943-84	184,7	132,5	119,3	97,4	87,7	72,0	50,8	41,7	66,0	104,9	125,0	162,1	T. 1244,1
Precipitacion Maxima en el Mes	mm.	1943-84	689,8	450,4	302,5	241,5	370,3	228,0	182,3	215,4	245,4	329,6	391,6	390,0	E. 609,0
Año			1977	1982	1945	1956	1946	1982	1948	1977	1976	1974	1984	1950	1977
precipitacion Minima en el Mes	mm.	1943-84	47,5	23,1	7,9	4,5	5,5	11,6	0,2	0,0	0,2	11,0	24,6	50,1	E. 0,2
Año			1944	1970	1968	1949	1948	1945	1951	1945	1973	1967	1944	1966	1951
Preciptacion Maxima en 24 horas	mm.	1943-84	250,0	117,0	105,0	156,5	140,0	110,0	93,3	95,0	124,8	156,2	161,0	165,0	E. 250,0
Año			1955	1982	1954	1981	1946	1949	1940	1967	1981	1982	1975	1943	1955
Humedad Relativa	%	1945-84	75	75	74	73	76	76	69	60	59	63	66	71	P. 70
Tension media de Vapor	mm.		19,3	19,2	17,7	16,4	14,9	13,3	12,4	12,3	13,0	15,7	17,3	18,6	P. 15,9
Evaporacion Media	mm.	1974-84	5,3	5,0	4,9	4,2	3,3	2,9	4,2	5,3	5,8	6,0	5,8	5,3	P. 4,8
Nubosidad Media		1974-84	6	6	5	5	5	6	4	4	4	5	5	6	P. 5
Horas sol Media		1974-84	5,6	6,1	6,4	5,7	5,3	4,1	5,9	6,5	5,8	6,6	6,0	5,7	T. 69,7
Dirac. Prev. Y Vel media del Viento	nudos	1943-84	NW-9	NW-8	NW-8	NW-8	NW-9	NW-10	NW-11	NW-11	NW-11	NW-10	NW-9	NW-9	P. NW9
Dirac. Y Vel Maxima del Viento	nudos	1943-84	NW-50	NW-65	NW-55	S-60	NW-60	NW-60	SE-60	SSE-60	NW-60	NW-100	NW-100	SE-75	E. NW-100
Año			1970	1969	1969	1969	1972	1971	1968	1973	1970	1961	1960	1964	1961
Dias con precipitacion		1943-84	13	11	10	8	9	8	5	4	5	7	9	11	T. 100
Dias con Nevada															
Dias con Granizo															
Dias con Niebla		1945-84	0,5	0,8	0,7	0,5	1,1	0,9	0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	0,7	T. 5,8
Dias con Helada															
Dias con Tempestad Electrica		1945-84	2,9	2,0	2,0	1,7	1,0	0,8	0,5	1,0	2,3	2,7	3,0	3,0	T. 22,9

3.4.3. CURVAS TERMICAS ANUALES

Tabla Nº4. Curvas térmicas anuales



El cuadro expuesto arriba, marca las curvas térmicas anuales en los distintos meses del año, cada color esta referenciado en el cuadro de estadísticas meteorológicas, las cuales están marcadas con el color amarillo, celeste, azul y rojo.

La línea de color rojo corresponde a la temperatura máxima extrema, el color amarillo a la temperatura máxima media, el verde a la temperatura media ambiente, el celeste a la temperatura mínima media y el azul a la temperatura mínima extrema.

La imagen derecha corresponde a las rosas de vientos, los vientos predominantes provienen del norte- oeste hacia el sur este; los vientos más suaves proceden desde el norte-oeste y los vientos fríos del sur este, este último generalmente están acompañados de mayor intensidad.

3.4.4. RESUMEN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA, HORARIA

Tabla Nº5. Temperatura y humedad relativa, horaria

hora	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	temp. °C	% HR	temp. °C	% HR	temp. °C	% HR	temp. °C	% HR	temp. °C	% HR														
01:00	24	81	23.5	91	22.5	90	21	90	19.5	91	18	90	17.5	84	18.5	80	21.5	78	22	84	23	87	23	90
02:00	23.5	83	22.5	94	22	94	20.5	93	19	93	17.5	93	17	86	18	83	20.5	81	21.5	87	22	90	22.5	93
03:00	22.5	85	22	96	21.5	96	20	96	18.5	96	17	95	16.5	89	17	86	19.5	84	20.5	90	21.5	92	22	95
04:00	22	86	21.5	98	21	98	19.5	98	18	98	16.5	97	16	91	16.5	88	19	86	20	93	21	94	21.5	96
05:00	21.5	87	21	99	20.5	99	19	99	17.5	99	16	98	15.5	93	16	89	18.5	87	19.5	94	20.5	95	21	99
06:00	22	88	21	99	20.5	99	18.5	99	17.5	99	16	99	15.5	94	15.5	90	18	88	19	95	20	96	20.5	99
07:00	21.5	87	21	99	20.5	99	19	99	17.5	99	16.5	98	16	93	16	89	18.5	87	19.5	94	20.5	95	21	99
08:00	22	86	21.5	97	21.5	97	19.5	97	18	97	17	96	16.5	90	17	86	19.5	85	20	91	21.5	93	22	97
09:00	23	83	23	92	22.5	92	21	92	19.5	92	17.5	90	17.5	84	18.5	81	21	78	21.5	85	22.5	88	23	90
10:00	26	77	26	80	25	80	24	80	22	80	20	79	20.5	71	22	67	24	65	25	70	25.5	75	25.5	76
11:00	28.5	68	28.5	70	28	67	26.5	63	24	68	22.5	66	22.5	60	25	55	27.5	52	28.5	57	28.5	64	28.5	64
12:00	29.5	61	30	65	29	62	28	61	25.5	63	23	62	24	54	27	89	29	46	29.5	52	30	59	30	59
13:00	30	56	30.5	63	30	60	28.5	59	26	61	23.5	60	24.5	52	27.5	47	30	44	30.5	49	30	57	30.5	56
14:00	30	56	31	62	30	59	29	58	26.5	60	24.5	59	24.5	51	27.6	46	30	43	30	48	31	56	31	55
15:00	30	56	30.5	63	30	60	28.5	59	26.5	61	24	60	24.5	52	27.5	47	30	44	30.5	49	30	57	30	56
16:00	29.5	57	30	64	29.5	61	28.5	60	25.5	63	23.5	61	24	53	27	48	29.5	45	30	50	30.5	58	30.5	58
17:00	29	59	29.5	66	29	63	27.5	63	25	64	23	63	23.5	55	26.5	50	29	47	29.5	53	30	60	30	60
18:00	28.5	60	29	68	28.5	65	27	65	24.5	67	22.5	65	22	57	26	54	28	50	28.5	55	29.5	63	29.5	62
19:00	28	62	28	71	28	68	26.5	68	24	69	21	68	22.5	61	25	56	27.5	54	28	59	28.5	65	28.5	65
20:00	27.5	64	27.5	74	27	72	25.5	73	23.5	73	21.5	72	22	64	24	60	26.5	57	27	63	27.5	68	28	69
21:00	26.5	68	26.5	78	26	76	24.5	76	22.5	76	19.5	75	21	68	23	64	25.5	61	26	68	27	73	27	73
22:00	25.5	70	25.5	81	25	80	23.5	80	21.5	80	20	79	20	73	21.5	68	24	65	25	72	26	76	25.5	78
23:00	25	74	25	85	24	83	23	84	21	84	19	83	19	76	20.5	73	23	70	24	76	25	80	25	82
24:00	24	78	24	88	23.5	87	22	88	20	88	18.5	87	18.3	80	19.5	76	22	74	23	80	24	84	24	86

3.4.5. ISOTERMAS

Tabla N°6. Tabla de datos térmicos, horario

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
01:00	23.5	23.5	22.5	21	19.5	18	17.5	18.5	21.5	22	23	23
02:00	23	22.5	22	20.5	19	17.5	17	18	20.5	21.5	22	22.5
03:00	22.5	22	21.5	20	18.5	17	16.5	17	19.5	20.5	21.5	22
04:00	22	21.5	21	19.5	18	16.5	16	16.5	19	20	21	21.5
05:00	21.5	21	20.5	19	17.5	16	15.5	16	18.5	19.5	20.5	21
06:00	21	21	20.5	18.5	17.5	16	15.5	15.5	18	19	20	20.5
07:00	21.5	21	20.5	19	17.5	16.5	16	16	18.5	19.5	20.5	21
08:00	22	21.5	21.5	19.5	18	17	16.5	17	19.5	20	21.5	22
09:00	23	23	22.5	21	19.5	17.5	17.5	18.5	21	21.5	22.5	23
10:00	26	26	25	24	22	20	20	22	24	25	25.5	25.5
11:00	28.5	28.5	28	26.5	24	22.5	22.5	25	27.5	28.5	28.5	28.5
12:00	29.5	30	29	28	25.5	23	24	27	29	29.5	30	30
13:00	30	30.5	30	28.5	26	23.5	24.5	27.5	30	30	30	30.5
14:00	30	31	30	29	26.5	24.5	24.5	27.5	30	30.5	31	31
15:00	30	30.5	30	28.5	26.5	24	24.5	27.5	30	30.5	30	30.5
16:00	29.5	30	29.5	28.5	25.5	23.5	24	27	29.5	30	30.5	30
17:00	29	29.5	29	27.5	25	23	23.5	26.5	29	29.5	30	30
18:00	28.5	29	28.5	27	24.5	22.5	23	26	28	28.5	29.5	29.5
19:00	28	28	28	26.5	24	22	22.5	25	27.5	28	28.5	28.5
20:00	27.5	27.5	27	25.5	23.5	21.5	22	24	26.5	27	27.5	28
21:00	26.5	26.5	26	24.5	22.5	21	21	23	25.5	26	27	27
22:00	25.5	25.5	25	23.5	21.5	20	20	21.5	24	25	26	25.5
23:00	25	25	24	23	21	19	19	20.5	23	24	25	25
24:00	24	24	23.5	22	20	18.5	18.5	19.5	22	23	24	24

El cuadro de isotermas nos refleja datos de las distintas temperaturas y se diferencian por colores. El color amarillos intenso corresponde a las temperaturas que necesitan refrigeración, el color amarillo suave temperatura de confort 1, el verde claro temperatura de confort 2, y el color verde intenso corresponde a la temperatura menos cálida (temporada de invierno), estos van desde mayo hasta agosto y en algunos casos se prolonga hasta octubre.

Como el cuadro señala, las épocas de calor intenso se presentan en dos temporadas claramente definidas, las mismas que están marcadas desde enero hasta marzo y septiembre hasta diciembre, especialmente al medio día entre las 12 y las 16 horas.

3.4.6. ISOHIGRAS

Tabla Nº7. Datos de humedad relativa horaria

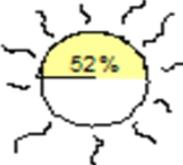
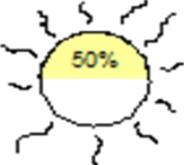
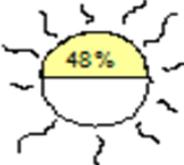
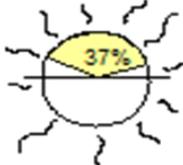
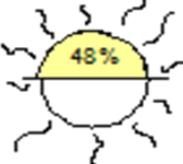
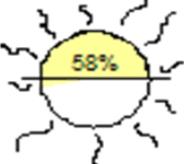
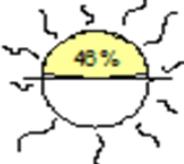
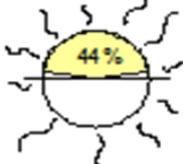
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
01:00	81	91	90	90	91	90	84	80	78	84	87	90
02:00	83	94	94	93	93	93	86	83	81	87	90	93
03:00	85	96	96	96	96	95	89	86	84	90	92	95
04:00	86	98	98	98	98	97	91	88	86	93	94	96
05:00	87	99	99	99	99	98	93	89	87	94	95	99
06:00	88	99	99	99	99	99	94	90	88	95	95	99
07:00	87	99	99	99	99	98	93	89	87	94	95	99
08:00	86	97	97	97	97	96	90	86	85	91	93	97
09:00	83	92	92	92	92	90	84	81	78	85	88	90
10:00	77	80	80	80	80	79	71	67	65	70	75	76
11:00	68	70	67	63	68	66	60	55	52	57	64	64
12:00	61	65	62	61	63	62	54	49	46	52	59	59
13:00	56	63	60	59	61	60	52	47	44	49	57	56
14:00	56	62	59	58	60	59	51	46	43	48	56	55
15:00	56	63	60	59	61	60	52	47	44	49	57	56
16:00	57	64	61	60	63	61	53	48	45	50	58	58
17:00	59	66	63	63	64	63	55	50	47	53	60	60
18:00	60	68	65	65	67	65	57	54	50	55	63	62
19:00	62	71	68	68	69	68	61	56	54	59	65	65
20:00	64	74	72	73	73	72	64	60	57	63	68	69
21:00	68	78	76	76	76	75	68	64	61	68	73	73
22:00	70	81	80	80	80	79	73	68	65	72	76	78
23:00	74	85	83	84	84	83	76	73	70	76	80	82
24:00	78	88	87	88	88	87	80	76	74	80	84	86

Las isohigras son aquellas que nos marcan la humedad relativa durante todo el año, los colores más suaves corresponde a la humedad más baja y los colores intenso a la humedad más elevada. Como se observa los meses con mayor humedad son los meses de lluvia que empiezan en febrero hasta junio y desde octubre hasta diciembre; los meses menos lluviosos son desde julio hasta octubre al igual que algunas horas del mes de enero. Las altas humedades se presentan a ciertas horas como ser desde las primeras horas de la mañana (1:00 hasta las 9.00) y en altas horas de la noche (22:00 hasta las 24:00), prácticamente durante toda la noche.

Las horas donde se muestra menos humedad corresponden a partir de las 10:00 de la mañana hasta 18 horas de la tarde, dependiendo del mes, y sí se encuentra influenciado por la radiación solar. En épocas de mucha nubosidad la radiación difusa toma un papel importante en estos meses, los rayos solares cuando empieza a calentar la superficie hace posible bajar la humedad relativa ambiente en estos meses de alta humedad.

3.4.7. HORAS DE SOL

Tabla N°8. Datos de horas de sol mensuales

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
T _h 12:55 / h _h 5.8	T _h 12:30 / h _h 6.1	T _h 12:15 / h _h 6.4	T _h 11:30 / h _h 5.7	T _h 11:00 / h _h 5.3	T _h 11:00 / h _h 4.1
					
JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
T _h 11:00 / h _h 5.9	T _h 11:30 / h _h 6.5	T _h 12:00 / h _h 5.8	T _h 12:30 / h _h 6.8	T _h 13:00 / h _h 6.0	T _h 13:00 / h _h 5.7
					

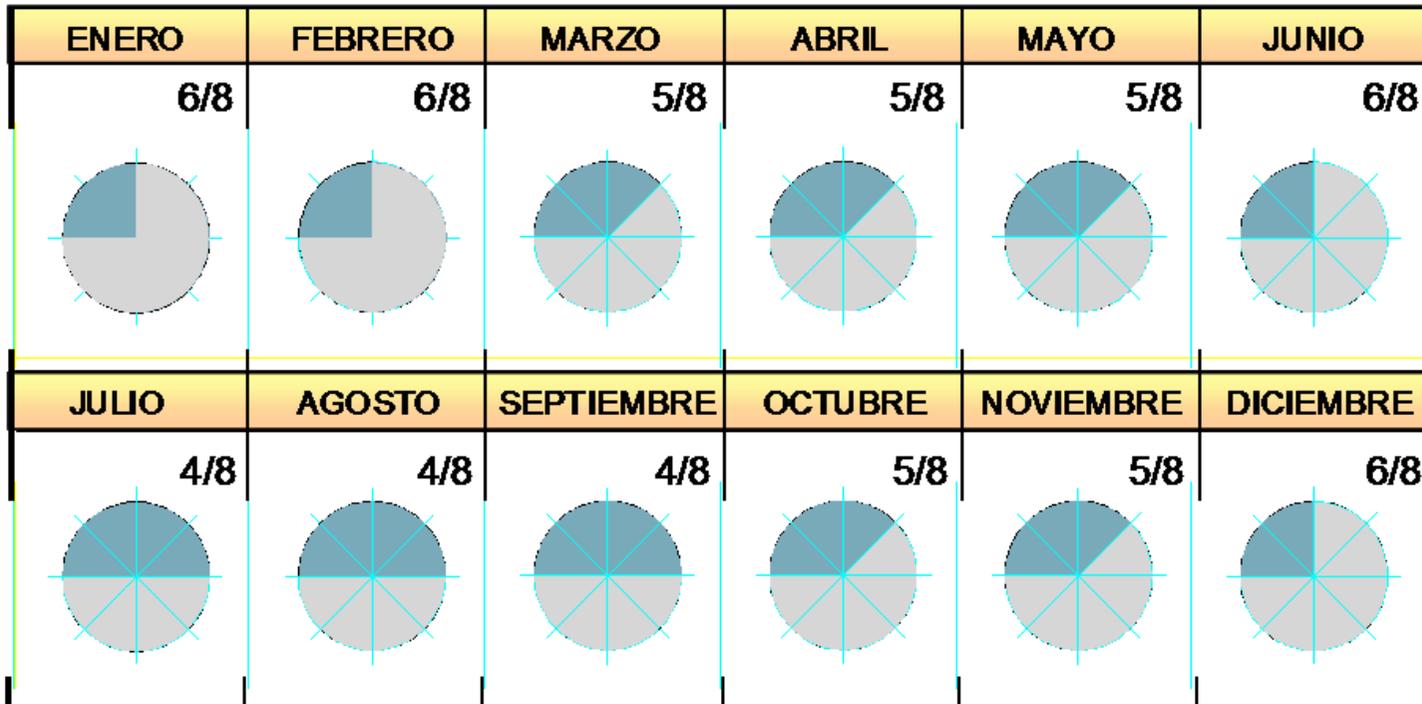
El cuadro a continuación muestra las horas de sol en los distintos meses y el porcentaje de sol que estos poseen, según el cuadro nos señala los meses con mayores horas de sol y con cielo despejado, esto quiere decir que el sol está en su máximo resplandor.

Estos meses con horas de sol intensos se presentan en dos épocas del año, los cuales son: desde febrero hasta abril y desde julio hasta octubre, el mes menos soleados es junio.

En resumen podemos ver que casi todo el año Santa Cruz posee radiación solar casi un 50% de las horas laborables y exceptuando algunos meses que posee menos del 40% (mes de junio que corresponde a invierno). Ver tabla N°8.

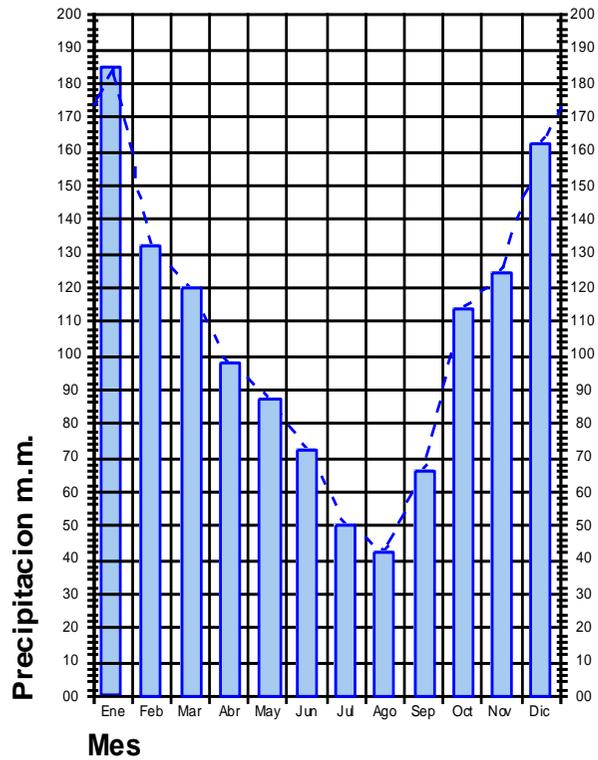
3.4.8. NUBOSIDAD

Tabla N°9. Datos de nubosidad mensual

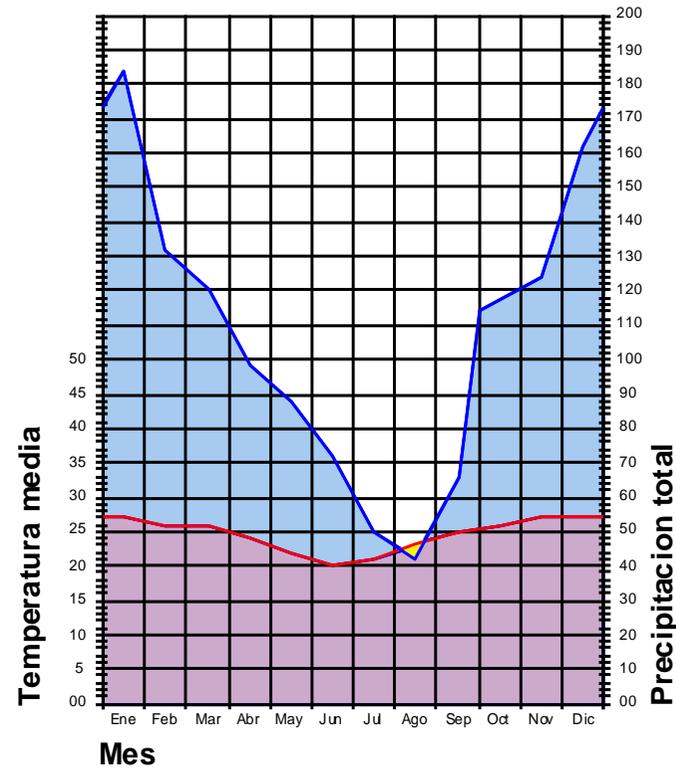


El diagrama de nubosidad nos señala la cantidad de nubosidad que posee la ciudad, como se puede observar los meses de mayor nubosidad son enero , febrero y junio, seguidos por noviembre y diciembre en menor proporción. Los días mas despejados son julio, agosto y septiembre que practicamente corresponde a los meses menos lluvioso y al invierno suave que se presentan en la ciudad.

3.4.9. DIAGRAMA DE PRECIPITACION Y OMBROTERMICAS



Graf. 7. Diagrama de precipitación mensual

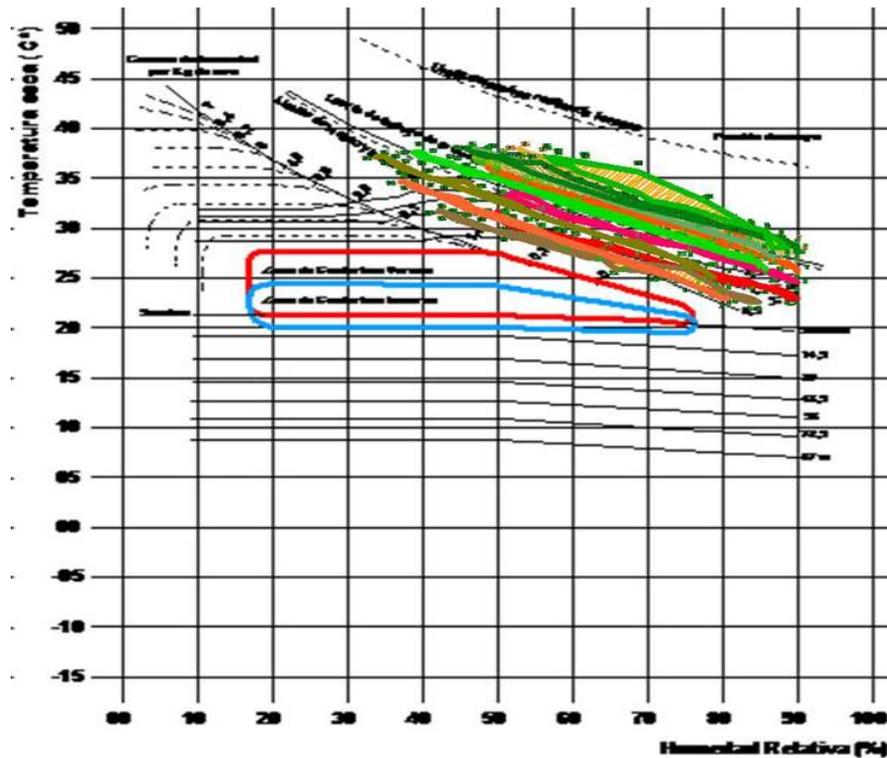


Graf. 8. Diagrama de ombrotermicas

El grafico Nº 7, muestra las precipitaciones durante los distintos meses, podemos notar que los meses más lluviosos son los primeros meses del año al igual que los últimos, desde enero hasta marzo y desde octubre hasta diciembre.

Los meses menos lluviosos son los meses junio, julio y agosto, por lo tanto son los más secos al igual que fríos simultáneamente, y estos se presentan en la temporada de invierno.

3.5. CARTA BIOCLIMATICAS DE OLGAY



Graf. 9. Calificación de ambientes

Según el diagrama de Olgay, los datos climatológicos de Santa Cruz muestran que para llegar al área de confort, se necesita la aceleración de la ventilación.

Los datos extraídos del diagrama de Olgay(grafico N°9), presenta mucha saturación de humedad y altas temperaturas influenciado por la radiación solar. Para conseguir entrar en el área de confort se necesita provocar la velocidad del aire en el interior de los espacios habitables, esto se lograría por medio de la ventilación para evitar la humedad, que en varios de los meses es alta (más del 50%).

3.5.1. CONCLUSION PARCIAL (Diagrama de Olgay)

En la grafica de calificaciones de clima, se establece al clima cruceño como demasiado húmedo. Sin embargo para devolver las condiciones de confortabilidad se especifica que se puede recurrir a los sistemas de ventilación natural.

El valor recomendado esta partir de los 0,5 m/seg hasta los 3,5 m/seg, y algunos meses por encima del último valor.

3.6. CARTA PSICROMETRICA GIVONY

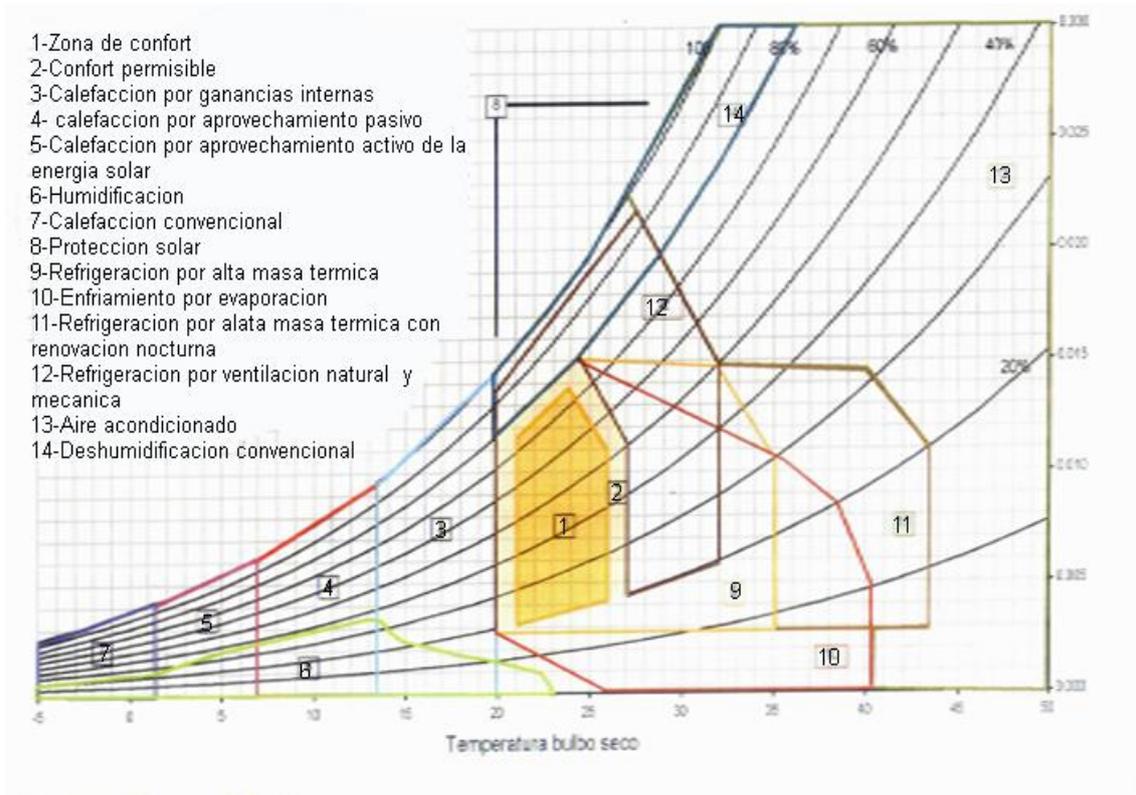
El diagrama elaborado por Baruch Givoni es conceptualmente el mismo que el de Olgay, el eje de las abscisas muestra el valor de la temperatura en grado Celsius, la diferencia es la situación de las humedades relativas que están definidas como curvas.

Es importante en el aspecto arquitectónico ya que esta grafica permite establecer de manera muy práctica las estrategias del acondicionamiento pasivo, que la arquitectura debería tener en un determinado clima.

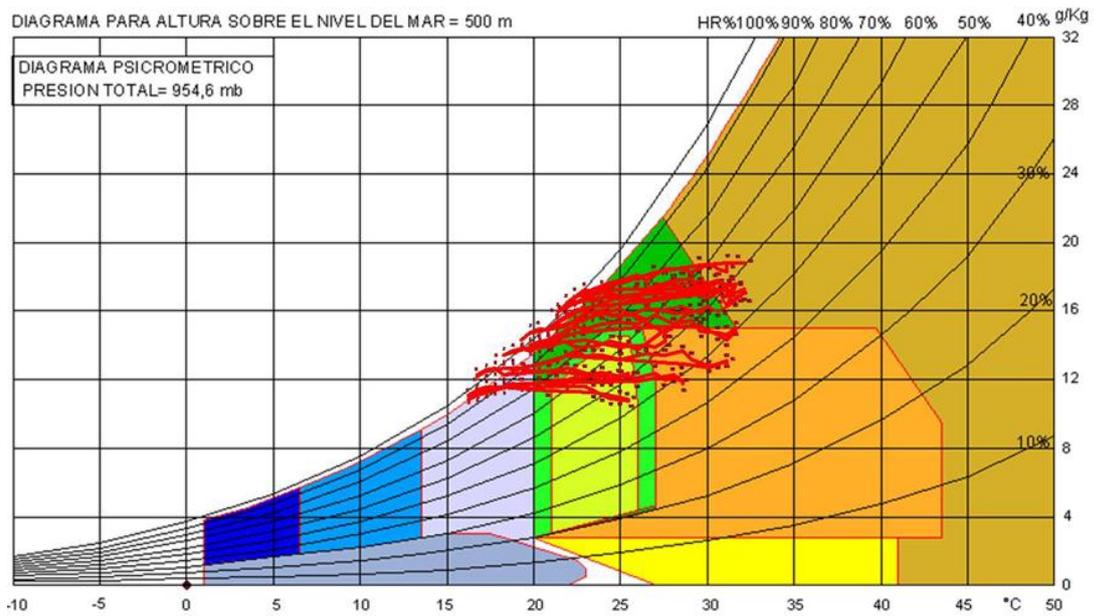
Confort.	
Confort admisible	Sistemas solares pasivos
Masa térmica	Sistemas solares activos
Enfriamiento evaporativo	Humidificación
Ventilación permanente	Refrigeración convencional
Ventilación nocturna	
Ganancias internas	Calefacción convencional

En el grafico Nº 11 se define claramente las zonas climáticas, con su respectiva característica térmica acompañado de la humedad relativa, y se muestra la actuación que se debe aplicar para cada una de ellas. En el grafico se identifica la zona por un color determinado y un número.

Graf. 10. Carta psicometrica



Graf. 11. Carta psicométrica de Santa Cruz de la Sierra.



3.6.1. ISOPLETA DE NECESIDADES BIOCLIMATICAS

Tabla Nº10. Datos de necesidades bioclimáticas horaria

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
01:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	G. INTERNAS	G. INTERNAS	G. INTERNAS	G. INTERNAS	CONFORT 2	G. INTERNAS	VENTILACION	VENTILACION
02:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	G. INTERNAS	G. INTERNAS	G. INTERNAS	G. INTERNAS		VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
03:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	G. INTERNAS	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION				
04:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	G. INTERNAS	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION				
05:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	G. INTERNAS	VENTILACION	VENTILACION					
06:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	G. INTERNAS	VENTILACION	VENTILACION						
07:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	G. INTERNAS	VENTILACION	VENTILACION						
08:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	G. INTERNAS	VENTILACION	VENTILACION						
09:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	G. INTERNAS	G. INTERNAS	G. INTERNAS	G. INTERNAS	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
10:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 2	CONFORT 2	CONFORT 2	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION
11:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 2	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
12:00	VENTILACION	REFRIGERACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 2	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
13:00	VENTILACION	REFRIGERACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 2	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
14:00	VENTILACION	REFRIGERACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 2	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	REFRIGERACION	REFRIGERACION
15:00	VENTILACION	REFRIGERACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	REFRIGERACION	REFRIGERACION
16:00	VENTILACION	REFRIGERACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
17:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
18:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
19:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
20:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 2	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
21:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 2	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION				
22:00	CONFORT 2	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 2	CONFORT 2	CONFORT 2	CONFORT 2	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
23:00	CONFORT 2	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	G. INTERNAS	G. INTERNAS	CONFORT 2	CONFORT 1	CONFORT 2	VENTILACION	VENTILACION
24:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	G. INTERNAS	G. INTERNAS	G. INTERNAS	CONFORT 1	CONFORT 2	VENTILACION	VENTILACION

Las Isopletras de necesidades bioclimáticas, señalan que el mayor porcentaje de necesidades es la ventilación, en algunos meses la de ganancias internas y refrigeración. La necesidad de ganancias internas están localizadas en los meses desde mayo hasta agosto (época otoño e invierno) en las horas nocturnas desde las 23:00 hasta las 9:00 de la mañana. Esto se debe a que al desaparecer la radiación solar, bajan las temperaturas y sube la humedad relativa del ambiente.

El resto de los meses muestran confort 1 que quiere decir que la persona siente la sensación de confort solo utilizando ropa ligera, el confort 2 es aquella que con ropa un poco más gruesa la persona puede llegar a sentir la sensación de confort sin necesidad de refrigeración.

3.6.2. ISOPLETA DE NECESIDADES DURANTE EL DIA

Tabla Nº11. Datos de necesidades bioclimáticas durante el día

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
01:00												
02:00												
03:00												
04:00												
05:00												
06:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	G. INTERNAS	VENTILACION	VENTILACION						
07:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	G. INTERNAS	VENTILACION	VENTILACION						
08:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	G. INTERNAS	VENTILACION	VENTILACION						
09:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	G. INTERNAS	G. INTERNAS	G. INTERNAS	G. INTERNAS	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
10:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 2	CONFORT 2	CONFORT 2	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION
11:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 2	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
12:00	VENTILACION	REFRIGERACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 2	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
13:00	VENTILACION	REFRIGERACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 2	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
14:00	VENTILACION	REFRIGERACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 2	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	REFRIGERACION	REFRIGERACION
15:00	VENTILACION	REFRIGERACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	REFRIGERACION	REFRIGERACION
16:00	VENTILACION	REFRIGERACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
17:00	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	CONFORT 1	CONFORT 1	CONFORT 1	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
18:00	VENTILACION											
19:00												
20:00												
21:00												
22:00												
23:00												
24:00												

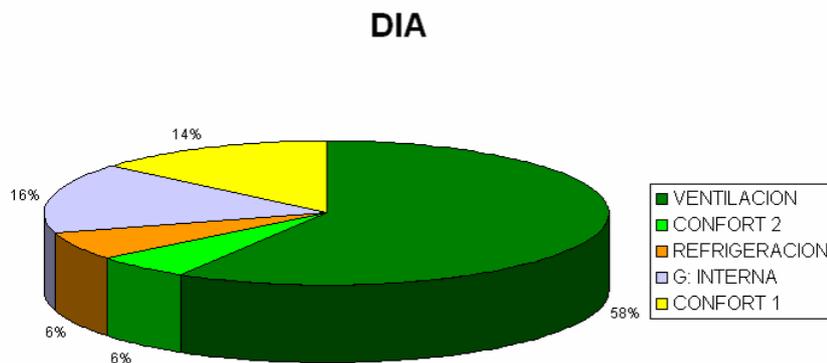
Las isopletras de necesidades durante el día, muestran que en época de otoño, invierno y parte de la primavera (abril hasta octubre), a primera hora de la mañana se necesita ganancias internas, eso quiere decir el uso de sistemas activos como la calefacción en horas determinadas, desde la 6:00 hasta las 9:00 de la mañana.

3.6.3. CONCLUSIONES PARCIALES (tabla Givony)

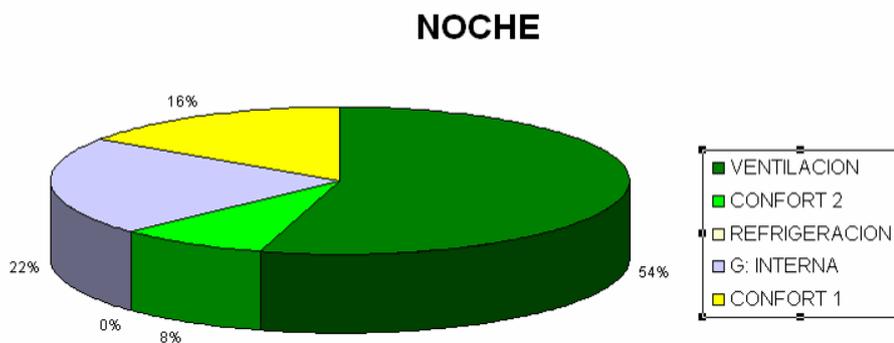
Graf. 12. Diagrama totales de necesidades térmicas y de confort



Graf. 13. Diagrama diurna de necesidades térmicas y de confort



Graf. 14. Diagrama nocturna de necesidades térmicas y de confort



La conclusión según el diagrama de Givony, señala que la mayoría de los meses necesita ventilación (más del 50%) y que solo algunos meses a consecuencia de las temperaturas altas, tiene la necesita de refrigeración, como sucede en los meses de febrero (época verano) y noviembre hasta diciembre (época primavera) entre las 12:00 hasta 16:00 horas.

Los grafico Nº 12 al 14 muestran que más de 50%, la necesidad es de ventilación, para poder entrar en el área de confort, y que las ganancias internas (uso de calefacción) son necesario en época de invierno y solo en las horas nocturnas.

Las necesidades de refrigeración se presentan en algunos meses y corresponde a un 3%, el resto de meses nos señalan que están dentro del área de confort 1 y 2.

3.7. LAS TABLAS DE MAHONEY

Las tablas de Mahoney se diseñan a inicios de los años 70, por el arquitecto Carl Mahoney a partir de la solicitud de las Naciones Unidas para el diseño de escuelas en Nigeria.

El método diseñado por el equipo de arquitectos a cargo de Mahoney tiene un éxito rotundo en el proceso de diseño pasivo de arquitecturas escolares, por ese motivo es readecuado y destinado a la construcción de viviendas Bioclimáticas.

El principio del método son los datos climatológicos de una determinada localidad y al final se sugieren criterios a nivel de envolvente arquitectónica.

Inicialmente se sitúa la localidad con el fin de establecer fundamentalmente herramientas de control solar, posteriormente se especifican los principales parámetros ambientales. Al final en la tabla Nº15, se establecen los límites de confort para el día o la noche.

3.7.1. SITUACION DE SANTA CRUZ, DATOS CLIMATICOS, LIMITES DE CONFORT, SENSACIÓN TÉRMICA.

Tabla Nº12. Datos de ubicación de Santa Cruz de la Sierra

SITUACION	
Localidad	Santa Cruz
Longitud	63° 10`
Latitud	17° 47´
Altitud	414
Clima	BSWh

Tabla Nº 13. Datos de temperatura mensual, máxima y media

TEMPERATURA DEL AIRE (° C)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Alta	T. M.A.
Max. Media Mensual	30.0	30.5	30.1	28.5	26.0	23.8	24.6	27.5	30.2	30.4	31.0	30.8	31.0	23.1
Min. Media Mensual	21.3	21.2	20.6	18.9	17.3	15.7	15.3	16.3	18.3	19.4	20.5	21.1	15.3	15.7
Dif. Med. Mensual	8.7	9.3	9.5	9.6	8.7	8.1	9.3	11.2	11.9	11.0	10.5	9.7	Baja	D.M.A.

Tabla Nº 14. Datos de humedad relativa y precipitación

HUMEDAD RELATIVA, PRECIPITACION, VIENTOS

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Valor medio H.R.	75	75	74	73	76	76	69	60	59	63	66	71
Grupo de Humedad	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4
Precipitación total	185	133	119	97	88	72	51	42	66	105	125	162
Vientos Dominantes	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW

Tabla Nº 15. Datos de límites de confort.

LIMITES DE CONFORT

GRUPO H.R.	TMA encima de 20°C		TMA 15°C a 20°C		TMA debajo de 15°C	
	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE
1	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12-21
2	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12-20
3	23-29	17-23	21-28	14-21	19-26	12-19
4	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18

Tabla Nº 16. Datos de grupo de humedad relativa

GRUPO DE HUMEDAD				
GRUPO HUMEDAD	HUMEDAD RELATIVA			
		Símbolo		
1	Menor a 30%	C	caliente	Si la media por encima del limite
2	31% - 50%	O	confort	Si la media por entre el limite
3	50%- 70%	F	frio	Si la media por debajo del limite
4	Mayor a 71%			

En esta tabla de Mahoney se sugieren estrategias generales a nivel de:

- Volumetría
- Ventilación
- Dimensiones de aberturas
- Tipo de cerramientos

Como podemos observar en la tabla de grupo de humedad (tabla 16), el grado de humedad se dividen en 4 grupos y el clima de Santa Cruz se encuentra entre los más altos, entre 50 al 70% en algunos meses y más del 70% en otros, ya que el clima cruceño se clasifica como húmedo.

Las precipitaciones intensas se dan en las épocas de primavera y verano que corresponden desde octubre hasta marzo, pero a la vez son las épocas más calurosas así como lo muestra la tabla de temperatura del aire.

La tabla de límites de confort (tabla Nº15) nos muestra las diferencias entre el día y la noche, durante el día los limites de confort están entre 23 - 29 grados centígrados y 50 y 70% de humedad relativa; el 22 - 27°C con más del 70% de humedad relativa, estos dos niveles de temperatura son los más comunes especialmente en épocas de primavera, verano.

En la noches de invierno tenemos los limites de confort entre los 17 - 23 grados centígrados, con una humedad relativa entre 50 y el 70%. Estos dos niveles de temperatura son los más comunes en esta estación.

En el diagnostico se establece las condiciones de confortabilidad, y con los resultados se determinan los indicadores.

Según estos datos de límites de confort (Tabla 17), la sensación de confort diurna se presenta en las épocas de primavera verano, otoño y óptimo en los meses de invierno; sin embargo la sensación térmica nocturna en la época de invierno es de frio. Los meses de calor, son primavera, verano durante el día y en la noche de confort. Exceptuando los meses de diciembre hasta febrero (época de verano) que la sensación térmica es de calor durante las noches.

Tabla N°17. Datos de sensación térmica

DIAGNOSTICO: °C

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TMA
Max. Media mensual	30.0	30.5	30.1	28.5	26.0	23.8	24.6	27.5	30.2	30.4	31.0	30.8	23.1
Confort diurno: superior	27	27	27	27	27	27	29	29	29	29	29	27	
Confort diurno: inferior	22	22	22	22	22	22	23	23	23	23	23	22	
Min. Media mensual	21.3	21.2	20.6	18.9	17.3	15.7	15.3	16.3	18.3	19.4	20.5	21.1	
Confort nocturno superior	21	21	21	21	21	21	23	23	23	23	23	21	
Confort nocturno inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
Sensación térmica: diurna	C	C	C	C	O	O	O	O	C	C	C	C	
Sensación térmica: nocturna	C	C	O	O	O	F	F	F	O	O	O	C	

APLICABILIDAD

	Indicador	Sensación térmica		Precip.	Grupo de Humedad	DMM
		Día	Noche			
Movimiento aire esencial	H1	C			4	
		C			2,3	Inf. 10°
Movimiento aire deseable	H2	O			4	
Protección lluvias requerida	H3			Sobre 200		
Capacidad térmica necesaria	A1				1,2,3	Sup. 10°
Dormitorio exterior	A2		C		1,2	
		C	O		1,2	Sup. 10°
Protección al frío	A3	F				

RESUMEN DE DATOS

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Sensación térmica: diurna	C	C	C	C	O	O	O	O	C	C	C	C
Sensación térmica: nocturna	C	C	O	O	O	F	F	F	O	O	O	C
Precipitación Total	185	133	119	97	88	72	51	42	66	105	125	162
Grupo de Humedad	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4
D.M.M.	8.7	9.3	9.5	9.6	8.7	8.1	9.3	11.2	11.9	11.0	10.5	9.7

INDICADORES

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Húmedo: H1	X	X	X	X	X	X	X					X	8
H2					X	X							2
H3													0
Seco: A1								X	X	X	X		4

La temperatura media anual oscila entre los 23 grados centígrados. La diferencia de temperatura media mensual durante el año, nos muestra que la mínima diferencia es de 8.1 grados centígrados, el cual se presenta en el mes de junio y la máxima diferencia es de 11.9 grados centígrados en el mes de septiembre.

El clima de Santa Cruz no es extremo como en otros lugares, se lo considera benigno por tener inviernos suaves. El invierno cruceño se lo podría considerar como un frío suave, es por eso que la oscilación térmica no es muy alta en la mayoría del año. La temperatura mínima es de 15 grados centígrados, con humedades altas alcanzando hasta el 99%.

En el apartado de resumen de datos (tabla 17), tenemos como resumen del clima la sensación térmica de día y de noche, aquí se muestra que la humedad relativa que predomina es de tipo 3 y 4. La clase 3 corresponde al 50 - 70% de humedad y la clase 4, más del 70%(ver tabla 16).

La tabla 14, también nos muestra como dato la precipitación pluvial en los distintos meses. Los meses más lluviosos son: desde diciembre hasta marzo, la máxima precipitación se encuentra en el mes de enero con 185 de precipitación (épocas de verano lluvioso), y la mínima 42 de precipitación en el mes de agosto (época de invierno seco).

Este análisis se realizó para cada mes en el cuadro de aplicabilidad (tabla 17), donde cada indicador contiene datos de sensación térmica (de día y de noche), precipitación, grupo de humedad y diferencia de temperatura media mensual traducida en grados centígrados.

Los resultados del cuadro de aplicabilidad, se los muestras en el cuadro indicadores, en estos datos muestra la necesidad de los primeros 8 meses del año que lleva por nombre H1, las características son: sensación térmica caliente durante el día, por lo tanto es necesario el movimiento de aire esencial para entrar en la zona de confort. El indicador H2 muestra la necesidad de movimiento de aire deseable y solo se presenta en dos meses que son mayo y junio.

El tipo de indicador llamado A1 (tabla N°17), corresponde a la capacidad térmica, esta se presenta en los meses de agosto a noviembre, (corresponde a fines invierno y primavera), en estos meses según la tabla especificación volumétrica, es necesario tener capacidad térmica en los cerramientos o muros, para mantener la temperatura interna de los ambientes.

En la tabla N° 18 que se encuentra a continuación, muestra el resultado del análisis realizado en la tabla N° 17, y que gracias a este análisis obtenemos las tablas de especificación volumétrica al igual que la recomendación de detalle que establecen criterios con mayor precisión, los cuales dan una idea general de la volumetría a plantear en la propuesta arquitectónica.

Según las especificaciones volumétricas, las más adecuadas para este tipo de clima son:

- Orientación eje mayor este –oeste, exponiendo las mayor superficie de fachada hacia las orientaciones norte y sur.
- Ubicar las habitaciones a una sola fila, para provisión permanente del movimiento de aire.
- Utilizar aberturas medias entre el 20 y 40 % y ubicar las aberturas a la altura de barlovento.
- Recurrir a paredes externas e internas con inercia térmica.
- Utilización de cubiertas ligeras y asiladas.
- Protección de las lluvias copiosas.

3.7.2. ESPECIFICACIONES GENERALES DE LA VOLUMETRIA ARQUITECTONICA

Tabla Nº18. Especificaciones volumétricas recomendadas

Totales de Indicadores de la Tabla 2					
H1	H2	H3	A1	A2	A3
8	2	0	4	0	0

Volumetría

			0-10			X	1	Orientación eje mayor este-oeste
			11, 12		5 - 12		2	Plano anillento compacto con patio central
					0 - 4			

Separación

11, 12							3	Separación amplia para penetración de brisa
2 - 10						X	4	Como 3, protección al viento caliente y frío
0-1							5	Plantificación de volúmenes compactos

Movimiento de aire

3 - 12						X	6	Habitaciones en una sola fila para provisión permanente del movimiento del aire
1-2			0-5				7	Habitación en doble fila, provisión temporal del movimiento del aire
			6-12					
0	2-12						8	No se necesita movimiento de aire
	0-1							

Aberturas

			0,1		0		9	Aberturas grandes 40 - 80 %
			11, 12		0,1		10	Aberturas muy pequeñas 10 - 20%
Cualquier otra condición						X	11	Aberturas medias 20 - 40%

Paredes

			0-2				12	Paredes ligeras, pequeño tiempo de retardo
			3-12			X	13	Paredes internas y externas pesadas

Tejados

			0-5				14	Tejados ligeros, alisados
			6-12				15	Tejados pesados, mas de 8 h de l. de retardo

Dormitorios exteriores

				2-12		X	16	Dormitorios en el exterior
--	--	--	--	------	--	---	----	----------------------------

Resguardo de la lluvia

		3-12					17	Protección contra la lluvia copiosa
--	--	------	--	--	--	--	----	-------------------------------------

3.7.3. RECOMENDACION DE DETALLES DE LA VOLUMETRIA ARQUITECTONICA.

Tabla Nº19. Recomendaciones de detalles

Totales de Indicaciones de la Tabla 2					
H1	H2	H3	A1	A2	A3
8	2	0	4	0	0

Tamaño de las aberturas

			0-1		0		1	Grande	40 - 80 %
					1-12	X	2	Medio	25 - 40%
			2 - 5						
			6 - 10				3	Pequeño	15 - 20%
			11, 12		0 - 3		4	Muy pequeño	10 - 20%
					4 - 12		5	Medio	25 - 40%

Posición de las aberturas

3-12						X	6	En las paredes norte y sur a la altura de un hombre y a barlovento	
1-2			0-5				7	Como anteriormente, aberturas también en las paredes interiores	
			6-12						
0	2-12								

Protección de las aberturas

					0-2	X	8	Evitar la luz solar directa	
							9	Proteger de la lluvia	
			2-12						

Paredes y suelos

			0-2				10	Ligeras, baja capacidad térmica	
			3-12			X	11	Pesadas, tiempo de retardo de más de 8 horas	

Tejados

10-12			0-2				12	Ligeras, superficie reflectora, cámara	
			3-12			X	13	Ligeras, bien aislados	
0-9			0-5				14	Pesadas, tiempo de retardo de unas 8 horas	
			6-12						

Características

Externas

				1-12			15	Dormitorios en el exterior	
			1-12				16	Adecuado drenaje para la lluvia	

3.7.4. Ganancias térmicas

Tabla N°20. Ganancias térmicas durante el día

Ganancias térmicas DIA		G EXT		G. INT.			Qtotal
		Qr	Qcon	Qoc	Qeq	Qil	
ESTANCIA	PORCHE	0	0	0	0	0	0
	ESTAR	0	+	+	+	0	+++
	COMEDOR	0	+	+	+	0	+++
HABITACION	DORMITORIO	0	+	+	+	0	+++
SERVICIOS	COCINA	0	+	++	++	0	+++++
	BAÑO	0	+	0	0	0	+
	LAVANDERIA	0	0	0	0	0	0
	DEPOSITO	0	+	0	0	0	+

Nota: Se prevé la protección solar

Los datos que muestran en la tabla N°20, reflejan las ganancias térmicas durante el día y la noche, por cada ambiente de la vivienda unifamiliar. A continuación mostramos las referencias externas de la tabla superior para mayor comprensión de la misma.

Qr. = ganancia externa de radiación.

Qcon.=ganancia externa de convección de calor.

Qoc.= ganancia interna de ocupación.

Qeq.= ganancia interna de equipamiento.

Qil.= ganancia interna de iluminación.

Probables ganancias térmicas

++	ganancia de calor elevada
+	ganancia de calor
0	neutro
-	enfriamiento
--	enfriamiento elevado

Tabla Nº21. Ganancias externas e internas de cada ambiente durante la noche

NOCHE		G EXT		G. INT.			Qtotal
		Qr	Qcon	Qoc	Qeq	Qil	
ESTANCIA	PORCHE	0	+	0	0	0	0
	ESTAR	0	+	+	+	+	+++
	COMEDOR	0	+	+	+	+	+++
HABITACION	DORMITORIO	0	+	++	+	+	+++
SERVICIOS	COCINA	0	+	+	+	+	+++++
	BAÑO	0	+	0	0	0	+
	LAVANDERIA	0	+	0	0	0	0
	DEPOSITO	0	+	0	0	0	+

Los datos de la tabla Nº 21, muestran las ganancias térmicas exterior e interior, tanto de día como de noche de cada ambiente de la vivienda. Las conclusiones resultantes son que los ambientes con ganancia de calor elevada son: el estar social y comedor. Las estrategias básicas nos sugieren para limitar estas ganancias, de proveer de protección de la luz directa sobre los ellos.

Sin embargo el área de la cocina nos da una ganancia térmica sobre elevada, con relación a los otros espacios, y los resultados de las estrategias básicas sugieren, orientar esta área a los vientos dominantes y a la altura de barlovento con ventilación cruzada.

Estrategias básicas

+	aceptable
++	sin requerimiento específico
+++	proteger de luz directa
++++	orientación a barlovento
+++++	orientación a barlovento y con ventilación cruzada

3.8. CONTROL SOLAR EN LA ARQUITECTURA CRUCEÑA

La arquitectura bioclimática está ligada al lugar y el microclima que le rodea, ya que los elementos ambientales afectan al individuo de forma positiva o negativa, es por eso que debemos controlar los fenómenos que afectan el confort de las personas.⁵¹

Como punto que enfatizaremos ahora es la protección solar, para lograr un sombreado efectivo es importante tomar en cuenta la orientación de las fachadas y el tipo de protección solar a usar para cada una, esto dependerá la incidencia solar en cada una de ellas.

Esquema de Estereográfica solar

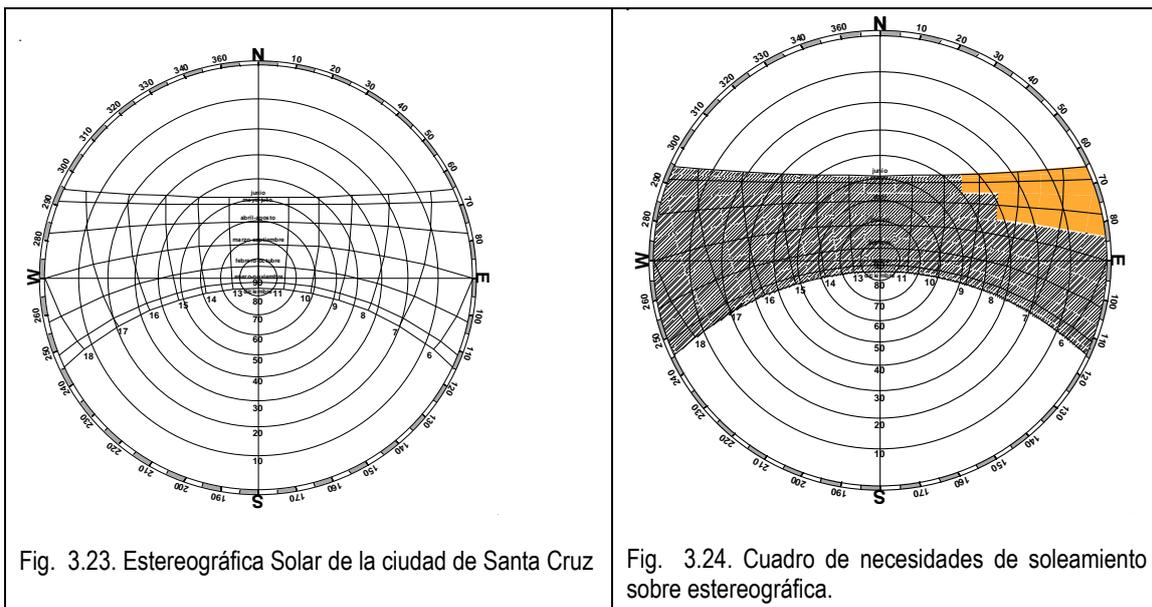


Fig. 3.23. Estereográfica Solar de la ciudad de Santa Cruz

Fig. 3.24. Cuadro de necesidades de soleamiento sobre estereográfica.

Según el cuadro de soleamiento de Santa Cruz de la Sierra (fig. 3.24), muestra que la parte sombreada es aquella que muestra los periodos de necesidad de protección solar, y aquella de color amarillo es la de necesidad de soleamiento; cómo se puede ver casi todo el año se necesita la protección solar, en este tipo de clima es necesario dar énfasis en este punto para lograr confort en el interior de los ambientes.

Según el grafico N° 15 de porcentaje de sol por orientaciones de fachada, indica que la fachada norte en el mes de junio, (invierno) posee mayor radiación solar, seguido por mayo, abril, julio y agosto que son temporada de otoño e invierno.

Los meses de menor incidencia solar captada por la orientación norte son: octubre hasta febrero temporada de primavera y verano.

⁵¹ Camacho Saavedra Jorge. Caracterización Bioclimática para la vivienda tropical- Santa cruz de la Sierra- SENAM 2do SEMINARIO NACIONAL DEL AMBIENTE, Cochabamba, Mayo 2006. La mayoría de las imágenes y parte de la información son extraídas de este trabajo.

Santa Cruz de la Sierra

Provincia Andrés Ibáñez, Santa Cruz, Bolivia

Superficie del departamento 370.621 km²

Superficie de la provincia 4.821 km²

Población 2'029,471 hab.

Densidad 237.19 hab/km²

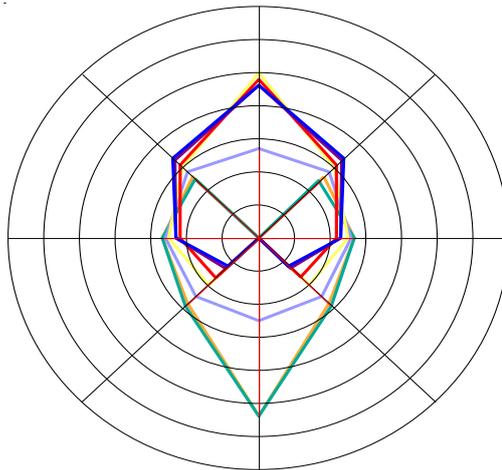
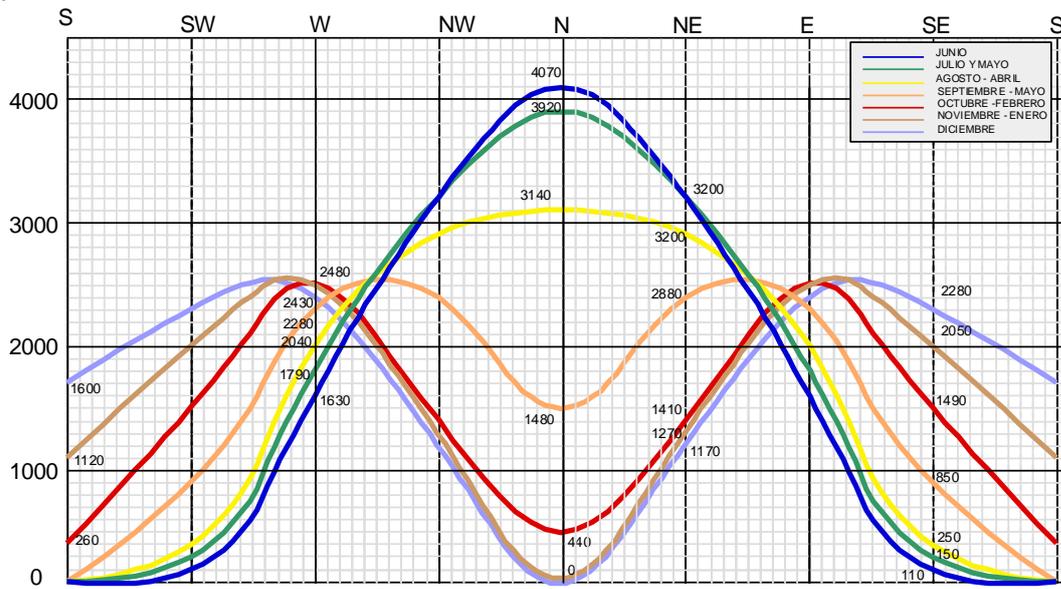
Latitud 17° 48´ Sur

Longitud 63° 10´ Oeste

Altitud 437 m.s.n.m.

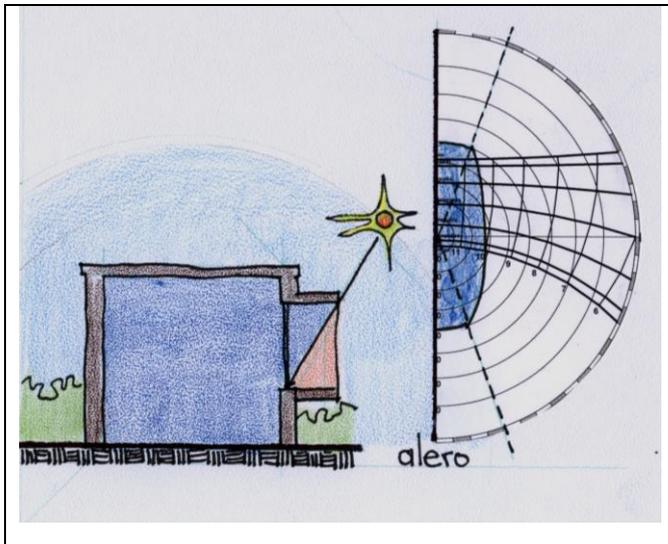
Estación meteorológica (El Trompillo)

Graf. 15. Porcentaje de horas sol por fachada



3.8.1. Aleros

Fig. 3.25. Aleros y su esquema de sombra

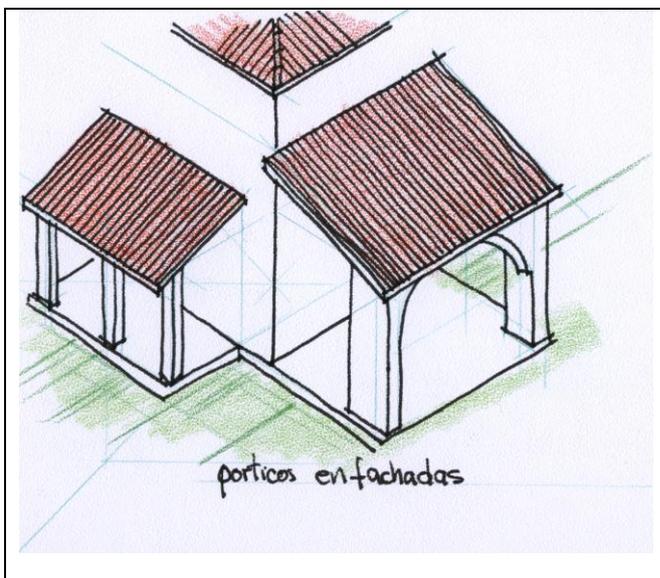


A continuación se mostrará, las protecciones de ventana para el tipo de clima de Santa Cruz y su aplicabilidad de acuerdo a la orientación.

Esta técnica de protección es muy eficiente en fachadas orientadas al norte.

En la estereográfica se puede apreciar un caso con orientación este, que solo protege a partir de las 10:00, en fachada oeste su efecto será solo hasta la 14:00 horas.

3.8.2. Pórticos



Los pórticos en fachadas que pueden ser también elementos propios del volumen de la vivienda, permiten una protección casi total de las fachadas expuestas, lo que impide el impacto de la radiación que pueda ingresar a través de conducción por medio de muros.

Fig. 3.26. Pórticos y su esquema de sombra

3.8.3. Remetimiento de aberturas

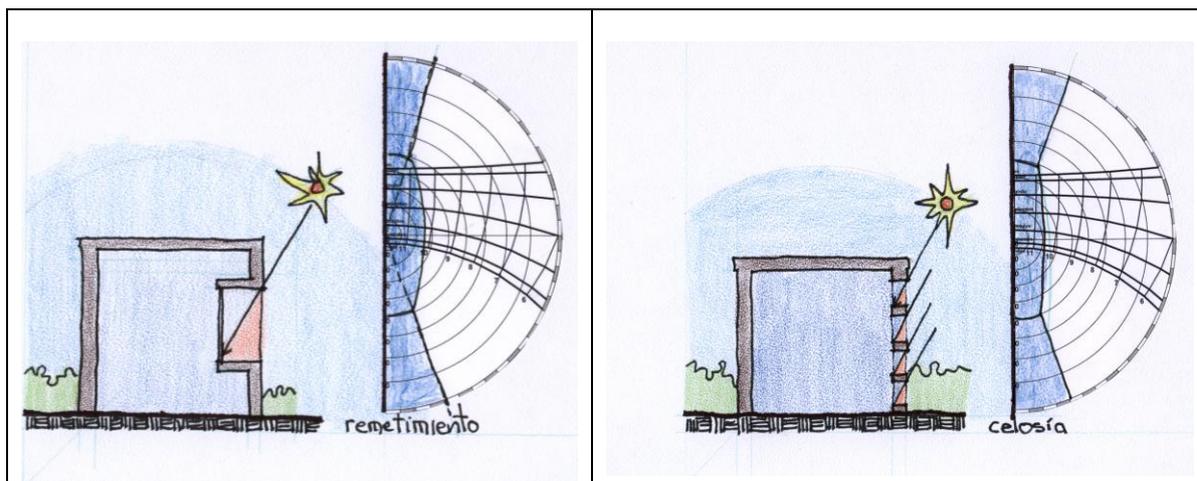


Fig. 3.27. Remetimiento de aberturas y esquema de sombra Fig. 3.28. Protección solar con celosía y esquema de sombra

Los remetimientos tienen un efecto de protección eficiente en fachadas norte y sur, desde las primeras horas de la mañana, hasta el final de la tarde.

En fachadas este y oeste, la eficiencia es baja ya que al igual que los aleros horizontales su efecto es solo en las horas meridianas.

Ventana con celosía, el efecto de este tipo de elementos es muy similar al de los remetimientos, ya que solo las dimensiones de la abertura son las que cambian, por tanto el efecto será similar.

3.8.4. Parte luces verticales

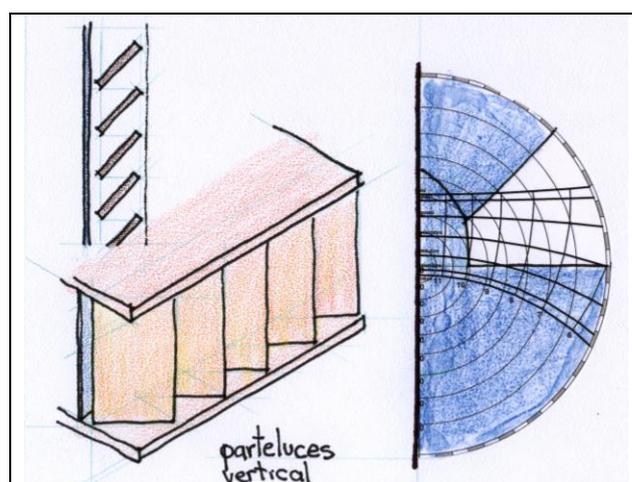


Fig. 3.29. Parte luces verticales y su esquema de su sombra

Los parteluces verticales son los más eficientes ya que permiten proteger fachadas este y oeste, desde el inicio hasta el final del día. Sin embargo es muy importante el ángulo y la direccionalidad de dichos elementos.

3.8.5. Parte luces horizontales

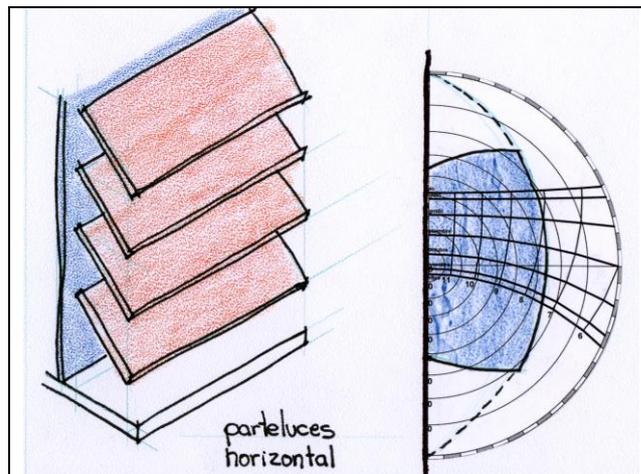


Fig. 3.30. Parteluces horizontales y esquema de su sombra

Los parteluces horizontales con ángulos fuertes permitirán las protecciones requeridas, sin embargo pueden obstruir visuales requeridas.

3.8.6. Combinación mixta protectores horizontales y verticales

Las protecciones horizontales y verticales colocadas de forma perpendicular a la ventana muestran más eficiencia porque el margen de sombra es más amplio al combinarse las dos sombras. Esto es útil en los climas cálidos húmedos como Santa Cruz de la Sierra.

3.8.7. Vegetación

La protección contra los rayos solares es también controlada con la vegetación, provocando sombra a las edificaciones que se encuentran en su entorno inmediato; es una herramienta muy útil que ayuda a la purificación del aire y también sirve como elemento decorativo.⁵²

Las plantaciones crean zonas de altas y bajas presiones, favoreciendo la circulación del viento entre las construcciones. Los árboles que juegan un papel de protector solar, deben tener troncos altos para no frenar la circulación del viento. Las plantaciones cercanas a las construcciones, disminuyen la radiación solar directa, reflejada y difusa.

En el departamento de Santa Cruz de la Sierra, existen varios tipos de árboles autóctonos de hoja caduca y perenne; el tipo de árbol, hoja y altura es importante al momento de hacer la selección del mismo.

Este tipo de vegetación existente son de fácil mantenimiento en el medio y solo es requerido un cuidado en la etapa de crecimiento; el aporte de la vegetación en nuestro caso no solo será estética si no también de protección solar.

⁵² Jimena Ugarte, Guía de Arquitectura Bioclimática- Construir en países cálidos, Instituto de arquitectura tropical, Costa Rica.

A continuación se mostrará unas cuantas especies de vegetación, que son las más comunes en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, para tener una idea del tipo de árbol follaje y altura que este posee, que luego se utilizará en el proyecto.

Los arboles medianos de 6 a 8 metros de altura se utilizarán en las aceras y áreas verdes por donde se acceden a las viviendas de la urbanización, y los de mayor altura como ser Gallito y Ibirá Piya será mayor su aportación solar sobre las viviendas si se encuentran ubicados dentro de los patios, tanto frontal como posterior.

Tipología de árbol en santa cruz de la Sierra.

 <p>Fig.3.31. Nombre: chapeo Nombre científico: Terminolia calapa Altura: de 6 a 8 metros, diámetro 6-10 mts Tipo de hoja: caduca</p>	 <p>Fig. 3.32. Nombre: Gallito Nombre científico: Erythrina spp Altura: 8-12 metros, diámetro 8-10 metros Tipo de hoja: caduca</p>
 <p>Fig. 3.33. Nombre: Ambaibo Nombre científico: Cecropia app Altura: 8 metros, diámetro 6-8 metros. Tipo de hoja: caduca</p>	 <p>Fig. 3.34. Nombre: Ibirá -piya Nombre científico: Peltophorian dubium Altura: 15-20 metros, diámetro 6-8 metros. Tipo de hoja: caduca</p>

Este tipo de vegetación, son las más comunes en el valle cruceño y es de crecimiento rápido e intermedio, su altura oscila entre los 8 metros y diámetro de copa entre los 6-8 metros, la mayoría son de follaje medio espeso lo cual aporta sombra en época de verano.

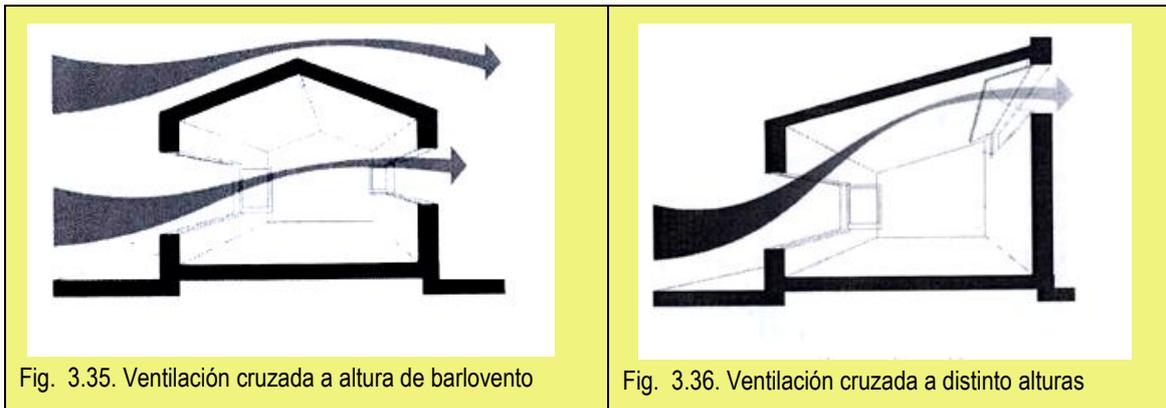
Otro punto importante es que esta vegetación en su mayoría no necesita un cuidado excesivo, solo al principio hasta que posea una altura mediana, además de poseer en tiempo de primavera flores de colores llamativos.

3.9. VENTILACION EN LA ARQUITECTURA CRUCEÑA

La ventilación es un elemento pasivo muy importante en la arquitectura bioclimática, para llegar a la zona de confort, para ello tenemos que disminuir la temperatura cuando la humedad relativa es alta; para extender la zona de confort es necesario aumentar la velocidad de la ventilación ya sea por métodos mecánicos, (aire acondicionado) o por métodos pasivos (ventilación cruzada, enfriamiento evaporativo, o radiante).

En Santa Cruz de la Sierra el tipo de clima es cálido húmedo y necesita mucha ventilación, es muy importante utilizar la ventilación cruzada en edificios ya que por medio de este, el aire caliente del interior se eleva y sale por las aberturas superiores, generando una succión del calor, y también es muy eficiente para los recambios higiénicos de espacios con ocupación.

Efectos de la ventilación cruzada

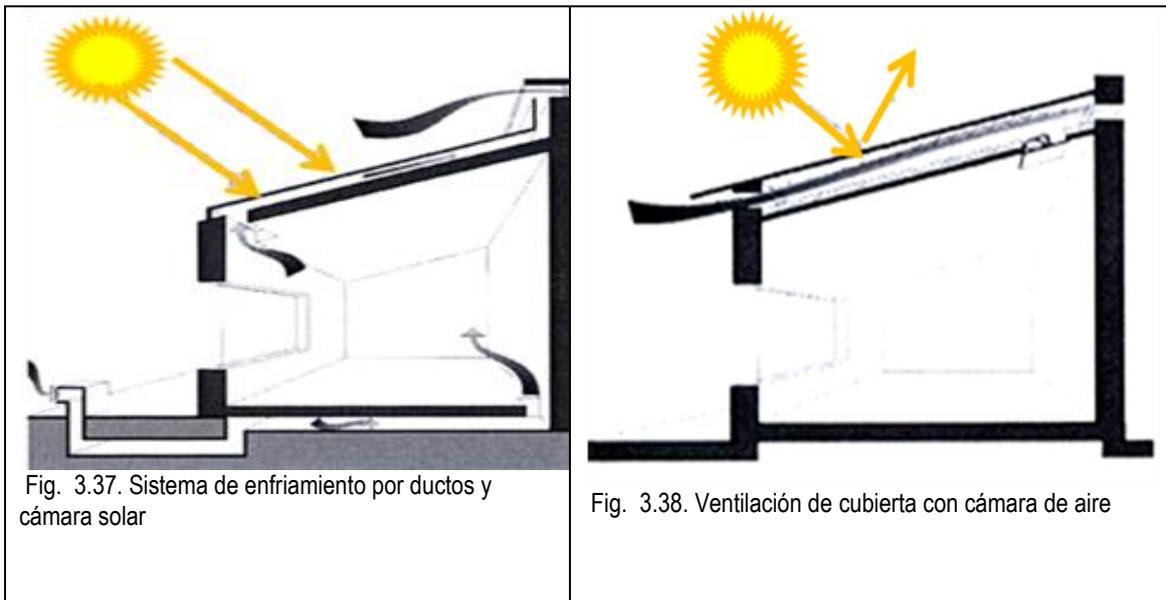


3.9.1. Ventilación cruzada

La ventilación cruzada es un elemento importante en climas tropicales, especialmente ventilación en muros opuestos o muros adyacentes (ver apartado 3.3.6, formas y dimensionamiento de aberturas). También es efectivo para inducir la ventilación según el dimensionamiento de los vanos, esto puede hacer que acelere o desacelere la velocidad del viento dentro de los ambientes. Además las construcciones ventiladas mitigan el exceso de humedad. Ver fig. 3.3.5.

3.9.2. Ventilación por medio de cubiertas

Este sistema combinado de cámara solar con ductos, son una buena alternativa para acelerar la ventilación en el interior de un espacio, los ductos ayudan a introducir el aire previamente enfriado por el subsuelo en conjunto con el techo solar, esto hace que al calentarse la cubierta, succione de forma natural el aire caliente del interior. En verano e invierno se sellaría la entrada de aire por los ductos subterráneos así como los de la cubierta, de esa forma el aire calentado por la cubierta se conservaría en el interior del ambiente en temporada invernal que es cuando se necesita.



La cubierta es otro elemento de mayor consideración en climas tropicales, por la perpendicularidad de los rayos solares. En un clima cálido, la cubierta ligera y ventilada se debe aislar el interior de la radiación y generar una cámara de aire de ventilación, para evitar las ganancias térmicas de la radiación.

3.9.3. Ventilación por Ductos de viento

El clima de Santa Cruz (sub tropical) también puede ser efectiva el sistema de ventilación inducida por los conductos subterráneos o ductos de aire. Por medio de estos, se puede introducir aire fresco del subsuelo, ya que la temperatura de este a una superficie de 50 centímetros aproximadamente corresponde a la media anual, en el caso de Santa Cruz se encuentra aproximadamente a 23 grados centígrados ($^{\circ}$ C), que se encuentra dentro de la zona de confort.

En los climas como Santa Cruz, es importante limitar los aportes solares para evitar que la temperatura se eleve, las salidas de aire permiten evacuar las cargas térmicas producidas por los ocupantes, maquinarias, electrodomésticos y otros.

3.10. ESTRATEGIAS GENERALES DE DISEÑO PASIVO PARA LA VIVIENDA EN SANTA CRUZ DE LA SIERRA.

Santa Cruz, se caracteriza por un clima cálido húmedo y es por eso que los factores que le afectan son la excesiva radiación solar y la humedad a través de las constantes lluvia en algunas épocas, es por eso que para permitir la evaporación de la humedad será posible si logramos acelerar la ventilación.

En resumen los puntos que se tienen que trabajar en este tipo de clima es:

- Orientación
- Protección solar
- Ventilación cruzada para provocar el movimiento de aire
- Los cerramientos realizados con muros pesados (útil en la época de invierno)
- Cubiertas ligeras y aisladas

3.10.1. Orientación

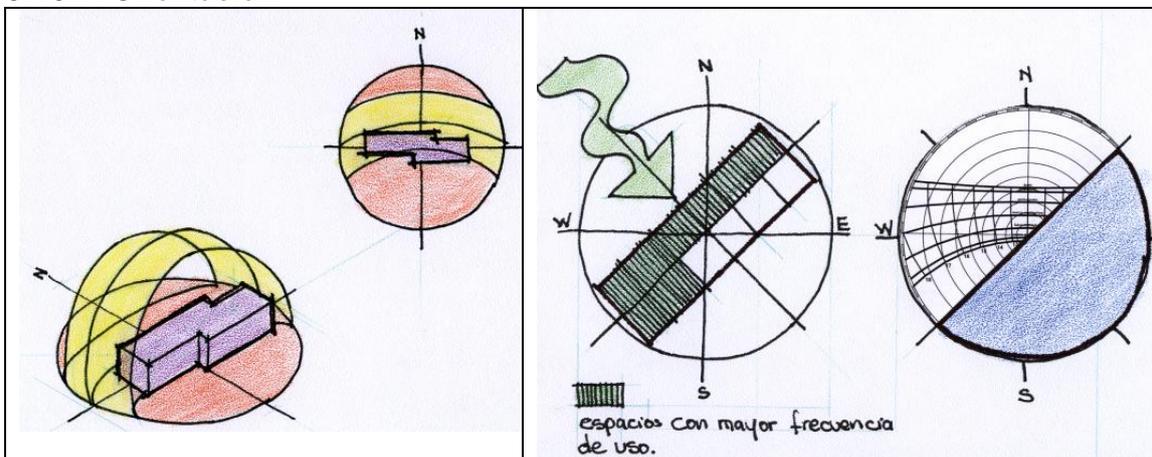


Fig. 3.39. Disposición de volumen según la orientación Fig. 3.40. Esquema funcional con mayor frecuencia de uso

Orientación en eje predominante este-oeste para poseer la menor superficie de fachada orientada al oeste y al este.

La fachada norte es de fácil control a través de aleros y la sur no requiere grandes dimensiones de protección horizontal, simplemente la disposición de parte soles.

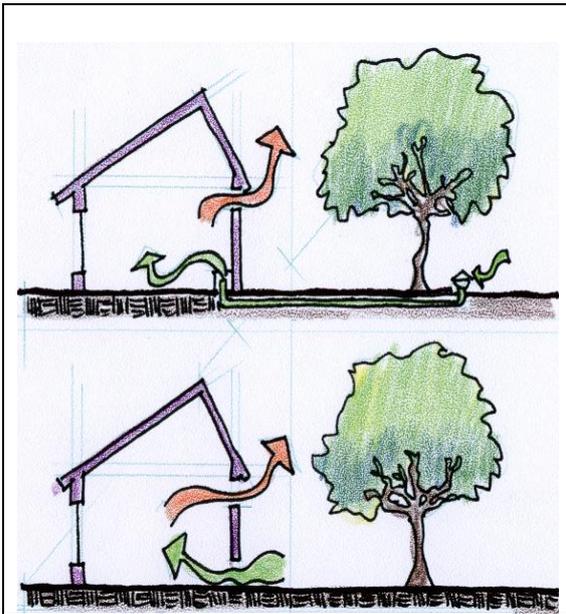
Perpendicularidad el volumen a los vientos predominantes y preferente mente en un volumen de una sola hilera para lograr en cruce de aire de los espacio más utilizados.

3.10.2. Protección solar

La protección solar es un elemento de la arquitectura bioclimática pasiva y en climas tropicales y subtropicales tenemos que evitar la ganancia térmica por medio de los rayos solares, esto se puede lograr por medio de los diferentes elementos arquitectónicos que van adosados a las aberturas de las ventanas o vanos, de esa forma controlamos la incidencia solar y evitamos el sobrecalentamiento en el interior de los ambientes.

A continuación se mostrara algunos ejemplos de protecciones para el tipo de clima de Santa Cruz, y su aplicabilidad según la orientación correspondiente.

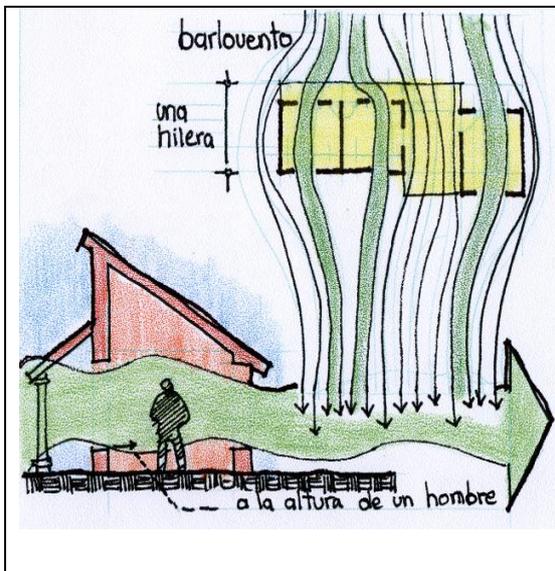
3.10.3. Ventilación cruzada



En la ventilación cruzada como lo muestra la figura N° 3.4.1, el aire caliente del interior se eleva y sale por las aberturas superiores, generando una sustracción de calor, y también es muy eficiente para los recambios higiénicos de espacios con ocupación frecuente.

Fig. 3.41. Flujo de aire inducido por ductos subterráneos y rejillas a nivel de suelo

3.10.4. Movimiento de aire



La disposición de aberturas deberá ser a barlovento y con antepechos a la altura de una persona, para mejorar las condiciones de sensación térmica por flujo de aire. (Enfriamiento evaporativo).

Fig. 3.42 Disposición de aberturas orientadas hacia los vientos predominantes

3.10.5. Porcentaje de aberturas

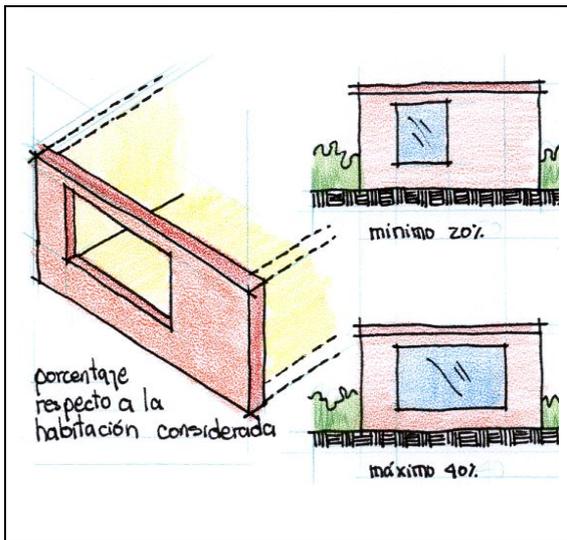


Fig. 3.43. Porcentaje de abertura respecto al espacio habitable

El porcentaje de abertura del 20 al 40% de superficie respecto a las dimensiones de la fachada expuesta del espacio habitable.

Al momento de diseñar las aberturas de ventana, tomaremos como guía la tabla de ventilación cruzada y dimensionamiento de las aberturas de entrada y salida, que se encuentra en la figura N° 3.21 y 3.22, para el cálculo de velocidad interior de vanos de ventanas.

3.10.6. Muros pesados-Inercia térmica

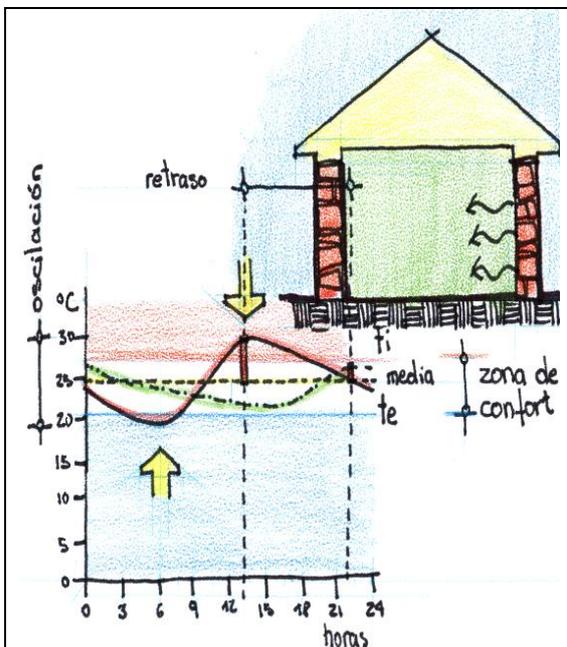


Fig. 3.44. Inercia térmica en muros

Es importante como estrategia de reducción de temperatura, manejar la inercia térmica que permite reducir las picos máximos y mínimos de temperatura disminuyendo la oscilación, pero sobre todo, generando un retraso de flujo de calor a través de los muros.

3.10.7. Cerramientos

El uso de cerramientos pesados en este clima es importante en las temporadas de otoño e invierno, por ser un clima húmedo la diferencia de temperatura son débiles durante el día en las estaciones de lluvia y se intensifican en las estaciones secas o de verano.

Otro elemento del diseño de la arquitectura pasiva se puede realizar con los materiales que se usan en los cerramientos o muros; la inercia térmica de un material mide la capacidad de acumular calor y al restituirlo después de un cierto tiempo: el desfase, cuando los rayos del sol dan sobre una pared opaca, una parte de la energía irradiada es absorbida y el resto reflejada.

En este caso es importante que los muros tengan característica con inercia térmica para atenuar la diferencia de temperatura en las épocas de invierno y sobre todo en época de verano donde la diferencia de temperatura se intensifica; diferencia entre 10 y 14 grados centígrados en la ciudad de Santa Cruz.

Los materiales con buenas inercia térmica también depende del grosor del material, entre los materiales con buena inercia térmica están los elaborados con tierra, el ladrillo de barro cocido, el ladrillo hueco, ladrillo macizo, teja colonial o de cerámica y sin olvidar aquellos muros compuestos por varios materiales.

3.10.8. Cubiertas ligeras y aisladas

En climas tropicales el uso de cubierta ligera es para atenuar las temperatura recibida por la cubierta que en este caso es la quinta fachada, los rayos solares son intensos por la perpendicular de la posición del solar, por esa razón la cubierta debe ser ligera y en lo posible ventilada para que la temperatura captada por la cubierta sea disipada por la ventilación de la misma. Además tendrá que tener aislamiento por la parte interior de la cubierta para evitar pérdidas energéticas, del interior al exterior, durante las estaciones de invierno.

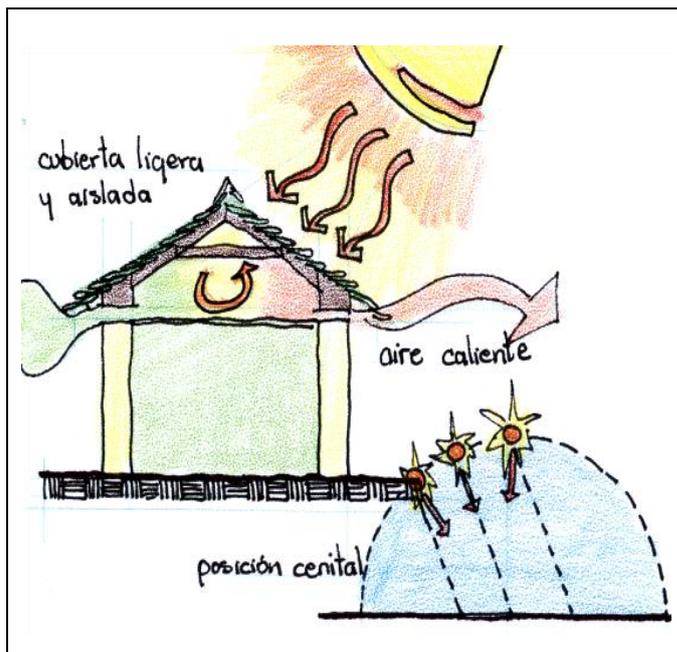


Fig. 3.45. Cubierta ligera y aislada

La cubierta es el elemento de mayor consideración en climas tropicales. En un clima cálido se debe aislar y generar una cámara de aire ventilada para evitar esta ganancia.

PARTE IV
ANALISIS DEL CONTEXTO INMEDIATO

4.1. ANALISIS DEL LUGAR DE ACTUACIÓN (Terreno)

4.1.1. UBICACIÓN TRAMA URBANA- SANTA CRUZ



Fig. 4.1. Plano división Política de Santa Cruz de la Sierra

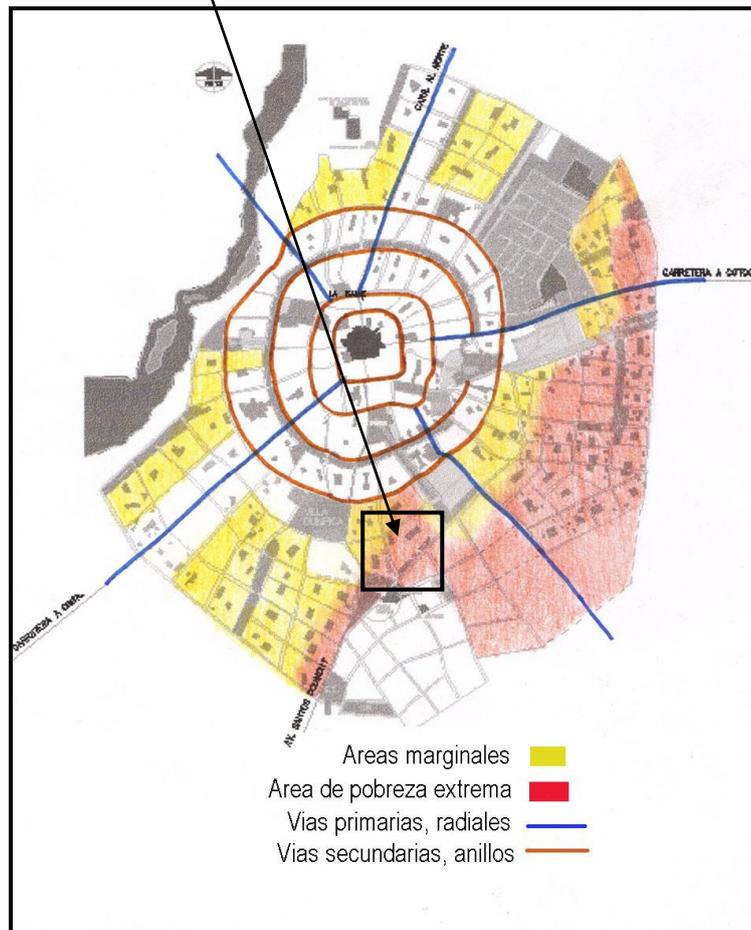


Fig. 4.2. Plano urbano de Santa Cruz de la Sierra

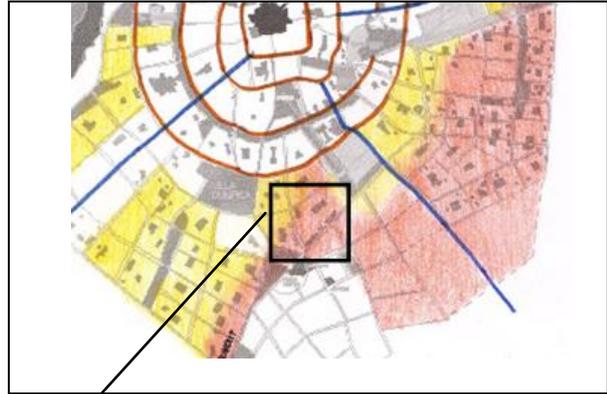


Fig.4.3. Plano sectorial de Santa Cruz de la Sierra



Fig. 4.4. Vista aérea de la zona



Fig.4.5. Vista aérea del terreno

El terreno se encuentra situado en una zona de pleno desarrollo y cerca de uno de los barrios más poblados con equipamiento propio, como es la zona del Plan Tres mil. Este barrio aun no tiene nombre, pero se encuentra sobre el 7^{mo} anillo. Se accede a él, por la prolongación de la avenida Che Guevara que es la que cruza el mismo barrio.

El lugar de actuación, se selecciono por tener algunas características como son: dimensiones, accesibilidad, ubicación y por encontrarse disponible en una zona en vías de crecimiento. Este terreno es el lugar seleccionado para la ubicación de la urbanización de viviendas sociales bioclimáticas para Santa Cruz de la Sierra.

El sistema vial por el cual se accede al terreno, es una vía primaria (radial) que permite una excelente accesibilidad por su ubicación, esta vía se encuentra asfaltada hasta el quinto anillo, sobre el séptimo anillo la vía no se encuentra aun consolidada, es decir que es una vía de tierra, por encontrarse en desarrollo.

Dentro de los alrededores no existen edificaciones aledañas de gran altura que puedan afectar el proyecto, la mayoría son viviendas familiares aisladas o perimetrales con patios o galerías alrededor y en algunos casos solo lotes vacios.⁵³

Como podemos ver en la figura 4.4 vista área de la zona, está se encuentra ya consolidada como trama urbana, pero aún está en proceso de desarrollo, la mayoría de las manzanas, tienen más del 50% habitado por edificaciones o en proceso de construcción.

Sobre las vías secundarias como son los anillos de circunvalación(línea roja), se encuentra implantado bolsones de área verde de grandes dimensiones, que un futuro será proveído por un equipamiento primario como ser; escuelas, bibliotecas, canchas de futbol, parques infantiles, jardines y áreas deportivas para uso y beneficio de los vecinos.

4.1.2. Vías de acceso



Fig. 4.6. Plano de vías principales que atraviesan la zona

⁵³ LOTES, se llama a los terrenos o solares donde se construyen las edificaciones



Fig. 4.7. Construcción del canal pluvial en la zona



Fig. 4.8. Fotos de la vía principal (séptimo anillo)

Al terreno se accede por una vía primaria por la que se llega a la zona, dos vías lo rodean una secundaria (7 anillos) y una vía terciaria (calle), donde se encuentra implantado el terreno. Las vías secundarias son los llamados anillos que rodean la ciudad y tienen un ancho de 30 metros. Este anillo es doble vía separado por un canal de aguas pluviales, que se conectan entre sí, por medio de rotondas o puentes de uso vehicular y peatonal; la vías terciarias son vías de menores dimensiones, estas miden 13 metros de ancho (calles).

El terreno tiene la ventaja de estar rodeado de buenos accesos y de vías principales. Las avenidas principales llamadas también radiales y anillos, no están aún pavimentadas dentro de la zona, así como también las vías de desagüe pluviales terminadas, ya que el área es un barrio nuevo que está en pleno crecimiento y desarrollo. Ver fig. 4.7.

4.1.3. Entorno mediato



Fig. 4.9. Vías principal de la zona



Fig.4.10. Vista del entorno inmediato



Fig. 4.11. Centro educativo del entorno

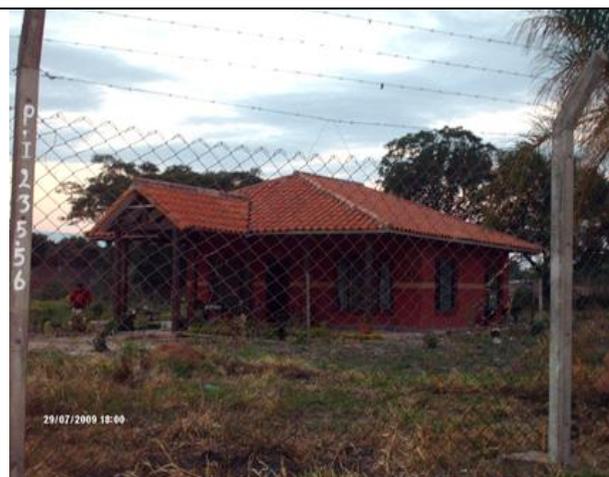


Fig. 4.12. Vivienda de la zona

El entorno de la zona está provisto de iluminación pública por las avenidas principales y calles. Dentro de los equipamientos de la zona, se pueden encontrar centros educativos como ser colegios, áreas verdes, así como también pequeñas tiendas de comercio. Además la zona está considerada como uno de los barrios más grandes de Santa Cruz como es el Plan Tres Mil, que se encuentra dotado de hospital propio, mercado, clínicas, alcaldía o ayuntamiento, su propia radio informativa y sus propios eventos sociales.

Esta zona es una pequeña ciudad dentro de la ciudad de Santa Cruz, por las dimensiones que la misma presenta, así como también por los equipamientos que tiene tanto primarios como secundarios. Es también una zona donde viven familias de nivel medio, predominando el nivel medio bajo y bajo. Además es considerada una de los barrios más grande y numerosos de la ciudad.

La zona está suministrada por los servicios de transporte, iluminación pública, luz eléctrica, agua potable. También se encuentra en vía de construcción los canales de agua pluvial y muy pronto la pavimentación de la vía principal. Las construcciones de los alrededor, predominan las viviendas de planta baja y se pueden apreciar varias en proceso constructivo.

La conformación urbana de las casas son igual al antiguo Plan Techin que aún se conserva, que consiste en dejar 5 metros de retiros en la parte frontal de la vivienda, este espacio es para uso de jardín, luego a partir de ese límite se puede apoyar la edificación utilizando un 60% de las líneas colindante del terreno, así lo establece el código de obra y construcción de la ciudad.

4.1.4. Referencias tipológicas de la zona.

TIPOLOGIA A

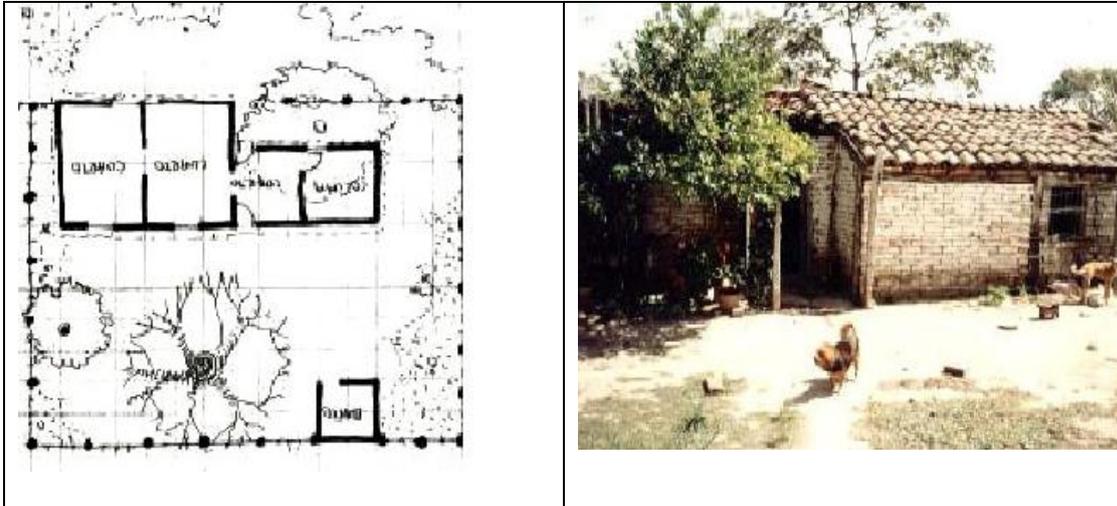


Fig. 4.13. Referencia tipológica A

TIPOLOGIA B

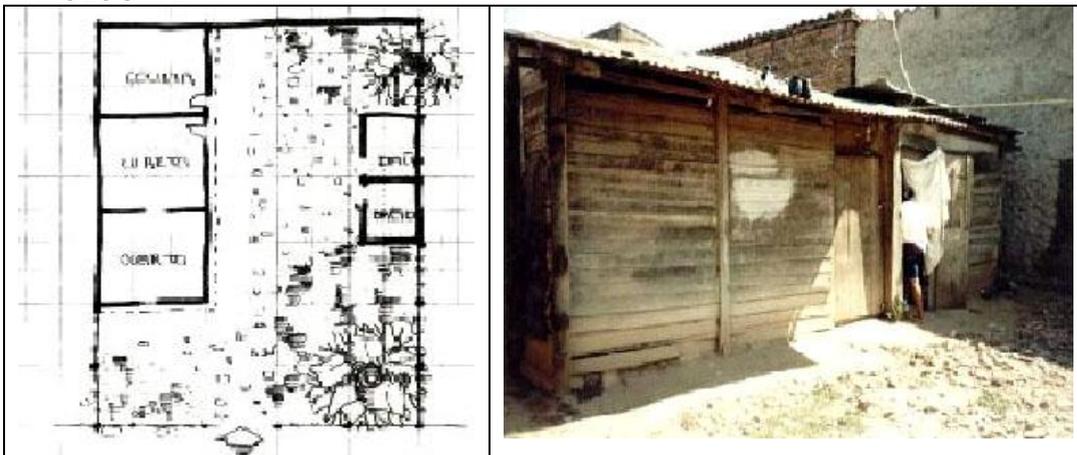


Fig. 4.14. Referencia tipológica B

TIPOLOGIA C

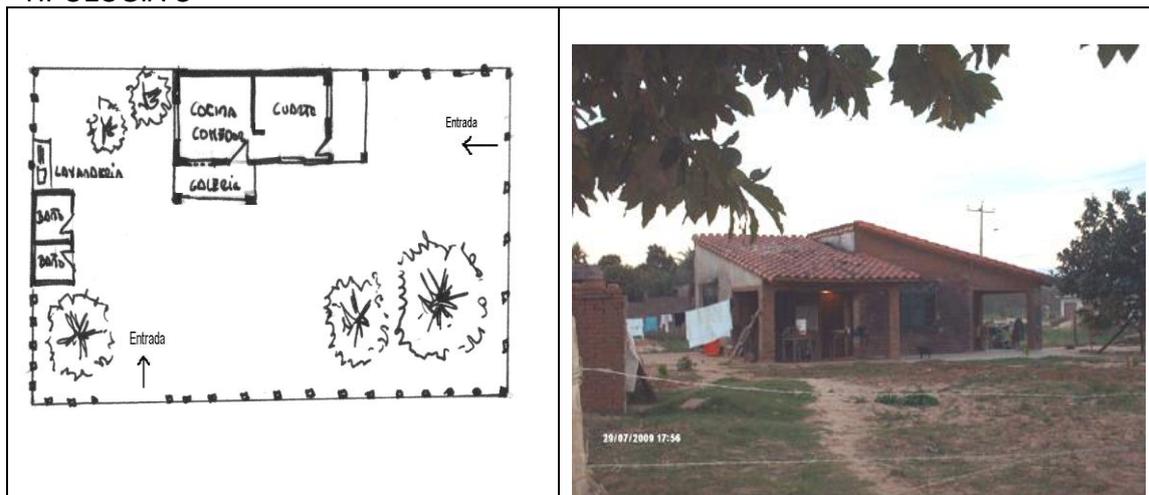


Fig. 4.15. Referencia tipológica C

En la zona se aprecian viviendas de nivel bajo o autoconstruidas por los propietarios, así como varios lotes vacíos, en muchos de los casos las familias que habitan estos lugares, son personas que alquilan o viven en calidad de vigilantes, es por eso que muchos propietarios dan sus terrenos para ser habitados por personas conocidas a ellos, a cambio las familias cuidan de este manteniéndolo limpio y evitando así que otras sin terreno propio lo habiten de forma ilegal.

Los materiales que se utilizan en estas viviendas de los alrededores son: cerramientos o muros de ladrillo visto, trozos de madera reciclada, cubierta de teja colonial y en otros casos cubierta de hoja de Motacu.⁵⁴

Podemos observar en las imágenes de las referencias tipológicas la forma como autoconstruyen las familias, los materiales que usan y la forma de situar las funciones dentro del terreno. Las funciones en la mayoría se distribuyen en forma lineal en el terreno, (dormitorios y cocina) o en forma de L.

En muchas ocasiones ellos solo construyen espacios y luego a cada uno le dan la función que ellos necesitan, supliendo las necesidades más básicas como son: cocinar, descansar y en algunas ocasiones una pequeña galería, como área social.⁵⁵

También podemos ver que las familias, casi siempre separan la zona de servicio de las otras zonas, como ser el baño y lavandería que se encuentran separadas de los dormitorios y cocina, (muchas veces por que estos espacios no están contruidos de forma adecuada para evitar los olores).

Se puede observar como la disposición de las funciones, siempre está rodeado de pequeños espacio verdes, esto casi intuitivamente es para separar las funciones; las principales de las de servicios, y también estas zonas verde le dan la utilidad de crear pequeñas huertas para uso domestico. La ventaja de la tierra cruceña, es que hay muchas plantas frutales que crecen sin necesidad de cultivarlas, como ser el tomate, papaya, naranja, aguacate, manga y otros. Estas mismas plantas ayudan a crear espacios sombreados alrededor de la vivienda.

⁵⁴ HOJA DE MOTACU- Se dice así a la palmera tradicional de la zona de la cual muchos usan sus hojas para la cubierta de las viviendas autoconstruidas.

⁵⁵ GALERIA- Se llama así al espacio que sirve de transición entre el exterior y el interior.

Como conclusión estas tipologías de vivienda, nos ayudan a comprender el modo en que las familias distribuyen las funciones de acuerdo a sus necesidades. Primero cubren las necesidades más básicas, que son comer, descansar (cocina, dormitorio) servicios (baño, lavandería) y luego las áreas sociales, (galería, estar social).

Muchas veces el presupuesto de las familias no alcanza para poder realizar todos los espacios requeridos, entonces las familias crea un solo espacio amplio para cubrir las necesidades principales. Este espacio está equipado para cumplir varias funciones, (cocinar, comer y descansar). También construyen otros espacios para el aseo (baño y lavandería), que se encuentran generalmente separados de la vivienda.

Este análisis de las referencias tipológicas, nos ayudará en el proyecto a poder realizar la distribución de los espacios, acorde con la funcionalidad así como las prioridades espaciales requeridas por las familias. De este modo se diseñará un proyecto de vivienda que no sea ajeno a la realidad de ellos, si no que estas formen parte de las familias y de su realidad.

4.1.5. Terreno de intervención



Fig. 4.16. Vistas del terreno desde una de las vías principales (Séptimo Anillo)

La topografía del terreno es llana, el terreno tiene 3717 m² y con muy poca altura a sus alrededores. Este no presenta ningún tipo de sombra en su entorno, esto asegura excelente iluminación a la vivienda en todo el año, pero también asoleamiento del cual tenemos que proteger.

Las obstrucciones de viento son casi nulas lo que permite que las viviendas posean una excelente ventilación en todo el año, los vientos predominantes son de norte-oeste al sur-este, es por esa razón que la vivienda debe emplear la ventilación cruzada en ese sentido.

Las áreas principales de uso común estarán orientadas al norte, y se proveerá de protección para los ambientes orientados hacia el sur, se evitará abrir vanos en las orientaciones este y oeste. Tendrán las viviendas ventilación cruzada para asegurar que sean frescas en verano y espacios verdes alrededor para proteger la edificación de los rayos solares.

Alrededor se puede apreciar vegetación dentro de los lotes que aún están vacíos, el tipo de vegetación que se da en la zona son árboles de rápido crecimiento, como son los árboles frutales de manga que no necesitan ser cultivados, así como también el de palmera de Motacu. En el caso de los árboles de manga, alcanzan una altura aproximada de 8 a 12 metros y cuenta con un exuberante follaje; en el caso de la palmera de Motacu, puede llegar a superar los 15 metros y su follaje es mediano, este último es muy común su uso en las vías públicas y áreas verdes.

El color superficial del terreno es de color rojizo, tipo arenoso, lo cual es un tipo de terreno que es apto para edificaciones de baja altura.

Según la zona, el código de obra permite la construcción de viviendas de uso familiar y mixto (vivienda comercio), comercio en la planta baja y vivienda en la primera planta. Se permite las edificaciones de baja altura sobre vías principales, altura máxima de 10 metros.

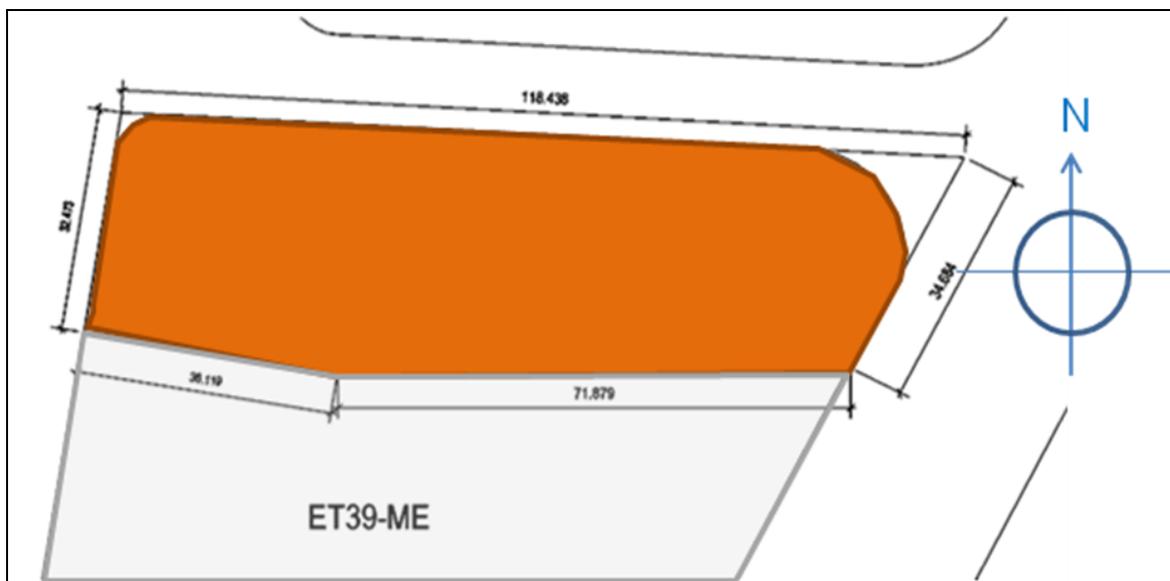


Fig. 4.17. Plano del terreno

4.2. TIPOLOGIA DE VIVIENDA SOCIAL EN SANTA CRUZ.

PLANO EN PLANTA

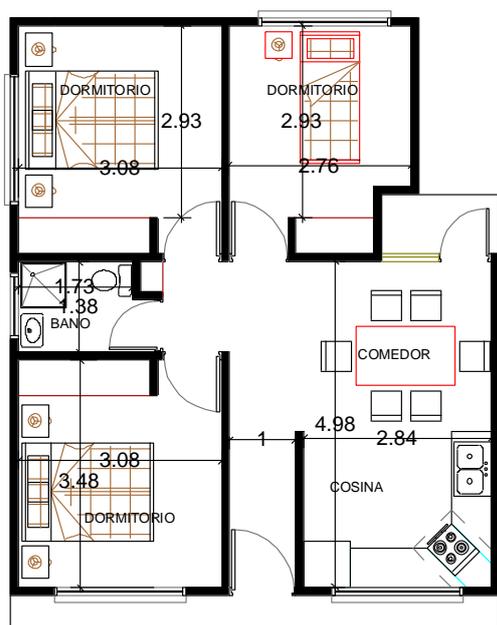


Fig. 4.18. Plano de vivienda tipo social actual

PLANO DE CIMIENTOS

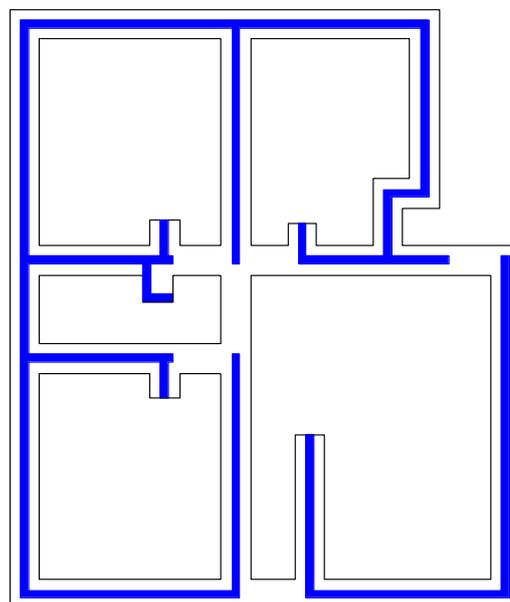


Fig. 4.19. Plano de cimentación

4.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto de vivienda unifamiliar que se muestra, es el tipo de vivienda social que se diseña y construye en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. Este es un modelo de vivienda social tipo diseñado para una familia de 5 integrantes y de nivel económico limitado.

En este apartado analizaremos este modelo de vivienda social actual y utilizaremos este modelo para hacer la comparación con la propuesta de proyecto, que se desarrollará en la siguiente parte, (Parte V, propuesta y diseño del prototipo de vivienda social pasiva para Santa Cruz de la Sierra).

La vivienda unifamiliar social actual, se encuentra localizada en la zona Villa Primero de Mayo, formado por familias de bajos recursos económico, donde los integrantes del hogar son obreros y la gran mayoría dedicados a la construcción.

La topografía del terreno, donde se encuentra ubicada la vivienda, generalmente es uniforme y no presenta ningún desnivel relevante.

La vivienda tiene 3 habitaciones, un baño compartido, una cocina comedor y una lavandería que se encuentra en la parte posterior de la vivienda.

Este es un modelo de vivienda y es parte de un conjunto habitacional de aproximadamente 50 viviendas. Este modelo ha sido diseñado para la construcción en conjunto, la misma que cuenta con los metros mínimos útiles para poder ser viable económicamente a las familias.

4.2.2. Objetivo de diseño

El objetivo de diseño de este modelo de vivienda social actual, es suplir las necesidades funcionales básicas, que son: descansar, comer y aseo personal.

Muchas de estas viviendas son diseñadas y pensadas para hogares con recursos limitados y una de las prioridades son el aspecto económico.

4.2.3. Aspectos constructivos

La estructura principal de la casa se resuelve con muros de ladrillo cerámico, cimentación corrida de piedra, y cubierta a dos aguas.

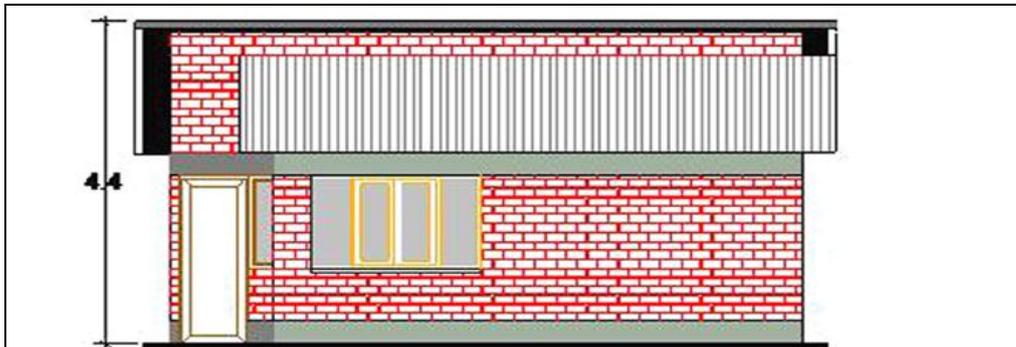


Fig. 4.22. Alzado posterior

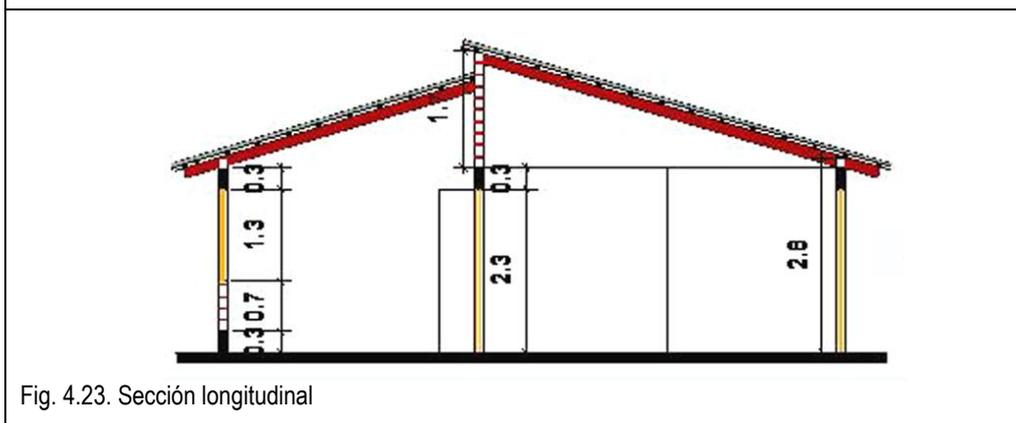


Fig. 4.23. Sección longitudinal

Los cimientos están constituidos por cimentación corrida (piedra mediana y hormigón) de 40 centímetros de ancho por 60 centímetros de profundidad.

El muro de los cerramientos son de ladrillo cerámico macizo, de un pie y con revoco interior de mortero, en la parte exterior el ladrillo es visto y no presenta ninguna impermeabilización del mismo ladrillo. Los muros interiores son realizados con el mismo método que el exterior, solo que este tienen revoco de mortero por ambas caras y muchas veces no están pintadas.

La cubierta de teja colonial, es sostenida por una viga de hormigón armado (forjado), y que comúnmente se le llama encadenado.

La estructura de la cubierta va apoyada sobre el encadenado, que es de tijera vista de madera, sobre este se coloca una capa de malla de gallinero, papel de construcción y mortero mezclado con paja, sobre esta capa se colocan los listones de madera de 3 x 3 centímetros de sección; entre los listones y la teja van dispuestas las tuberías de las instalaciones eléctricas. Por último se termina de armar la cubierta, colocando la teja cerámica que van apoyadas sobre los listones y se fijan entre ellas con mortero simple.

El techo o cielo raso interior, es de yeso de 2 centímetros de espesor, este se fija sobre la capa de malla de gallinero que se encuentra visible por la parte interior. Las tijeras de madera de 6 x 12 centímetros son recubiertas por una capa de barniz, que hace de protección de la misma tijera y prolonga su durabilidad.



Fig. 4.26. Vista exterior de la vivienda tipo social actual

Las instalaciones sanitarias son realizadas con tubo pvc, las cuales desembocan en las cámaras de inspección o registro y que terminan en un pozo absorbente de 8 metros de profundidad con un diámetro de 2 metros. Por lo general en esta zona aún no ha llegado el alcantarillado, por esa razón este pozo séptico es provisional hasta que se construya el alcantarillado. La instalación de agua es de tubo galvanizado.

INSTALACION SANITARIA

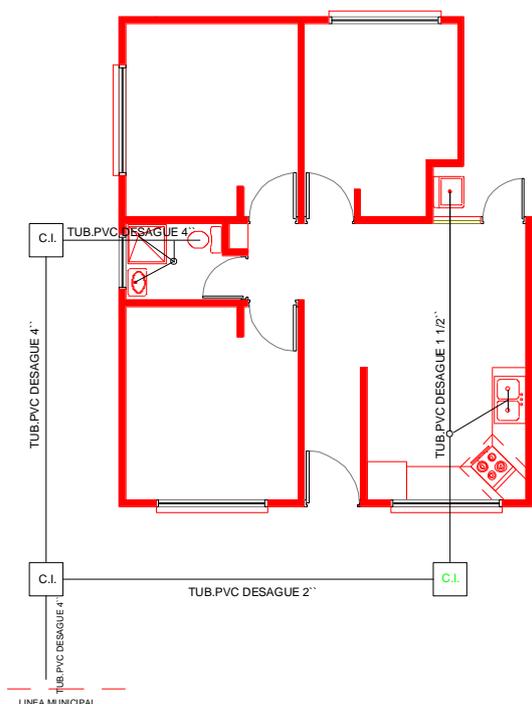


Fig. 4.20. Plano de instalaciones sanitarias

INSTALACION DE AGUA

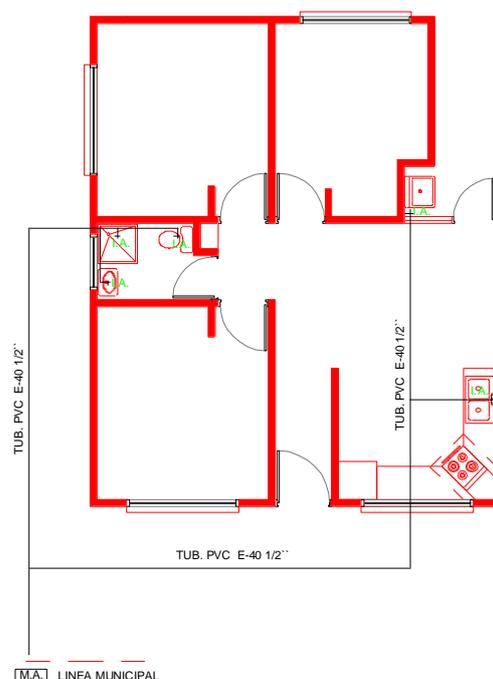


Fig. 4.21. Plano de instalaciones hidráulicas

La carpintería es de madera de construcción y la carpintería de las ventanas son de 4 hojas, dos fijas y 2 móviles. El vidrio de las ventanas es de vidrio simple de 4 mm de espesor. Las puertas son de madera maciza tanto las del interior como la exterior. El piso está revestido de baldosa cerámica.



Fig. 4.24. Alzado frontal



Fig. 4.25. Alzado lateral

4.2.4. Aspecto económico

El tipo de construcción de estas viviendas se considera el más económico de acuerdo con la tecnología, la mano de obra del lugar y materiales utilizados.

Estas viviendas son adaptadas en terrenos de 10 metros de frente por 25 de fondo. La casa está ubicada en la parte delantera del terreno, dejando 5 metros de retiro frontal para uso de jardín.

4.2.5. Conclusión parcial

Las viviendas sociales, como es el caso de este modelo que acabamos de analizar, es el más común y generalmente se construyen en barrios alejados del radio urbano o en las provincias cercanas a la ciudad, por ser el terreno de bajo coste.

Este modelo de viviendas social existente en la ciudad, no posee ningún tipo de diseño a nivel de volumen y tampoco brinda confort térmico en el interior. Además los materiales utilizados en la construcción de este modelo, son de poca calidad y no posee ningún tipo de aislamiento en la envolvente edificatoria del mismo.

En muchas construcciones de este tipo, el aspecto de confort tanto térmico, visual y espacial quedan desplazados a un segundo plano, solo prima el económico y el funcional, por esa razón este modelo que se construye en la actualidad, posee deficiencias térmicas dentro de los ambientes.

Generalmente estas viviendas unifamiliares de tipo social, no se encuentran acabadas completamente, faltando por concluir la parte de los acabados finos, (enlucido interior, pintura, impermeabilización de fachadas externas como el ladrillo visto y lavandería) ya que el propietario se encarga de completarlos por su cuenta. Frecuentemente las familias propietarias empiezan a realizar modificaciones o hacer ampliaciones de la misma casa, según sus necesidades.

La forma compacta y la tecnología utilizada, están pensados para que las viviendas sean de bajo coste. Estas viviendas son construidas para familias de recursos económicos limitados. El tamaño de los terrenos donde se ubican y construyen las viviendas sociales, es de tamaño reducido y habitualmente se encuentran alejados del radio urbano de la ciudad.

Las personas muchas veces asocian lo económico con la poca o ninguna calidad de una vivienda, las empresas constructoras han contribuido a que se forme este tipo de mentalidad, diseñando y construyendo en la actualidad este tipo de modelo de vivienda que posee muchas deficiencias a nivel térmico, espacial y visual.

Este modelo de vivienda social, será utilizado como modelo tipo, para realizar la comparación de comportamiento térmico, con relación a la propuesta de este trabajo de investigación, que se desarrollara en el próximo apartado, (Parte V, Propuesta y diseño del prototipo de vivienda social pasiva para Santa Cruz de la Sierra).

PARTE V
PROPUESTA Y DISEÑO DEL PROTOTIPO DE VIVIENDA
SOCIAL PASIVA PARA SANTA CRUZ DE LA SIERRA.

5.1. INTRODUCCION

El objeto de este trabajo, es probar que sí es posible crear un modelo arquitectónico de vivienda social, por medios de sistemas pasivos para la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, sin un incremento significativo en su coste actual.

Otro objetivo es la recuperación de materiales locales y sistemas constructivos que se han dejado de lado con el transcurso de los años.

5.1.1. Descripción del proyecto

Una de las premisas para el diseño de este proyecto, es la utilización de sistemas pasivos para el acondicionamiento energético del mismo. Con el manejo de la orientación, elementos arquitectónicos, materiales del entorno y vegetación; con la ayuda de estos elementos se pretende obtener una vivienda funcional a bajo coste económico que sea accesible a las familias. Además deberá brindar un alto nivel de confort térmico gracias al buen uso de los sistemas pasivos arquitectónicos.

5.1.2. Localización

Anteriormente se ha explicado con profundidad la localización en el capítulo 4.1 (Análisis del lugar de actuación), ahora solo se muestra el terreno donde se ubica el proyecto.

Este es un modelo de tipología edificatoria para una urbanización de 10 viviendas, ubicado en el barrio Plan Tres Mil, sobre el séptimo anillo.

El terreno es llano y no presenta ningún tipo de relieve. Los vientos predominantes provienen del lado noroeste y los vientos fríos del sureste.

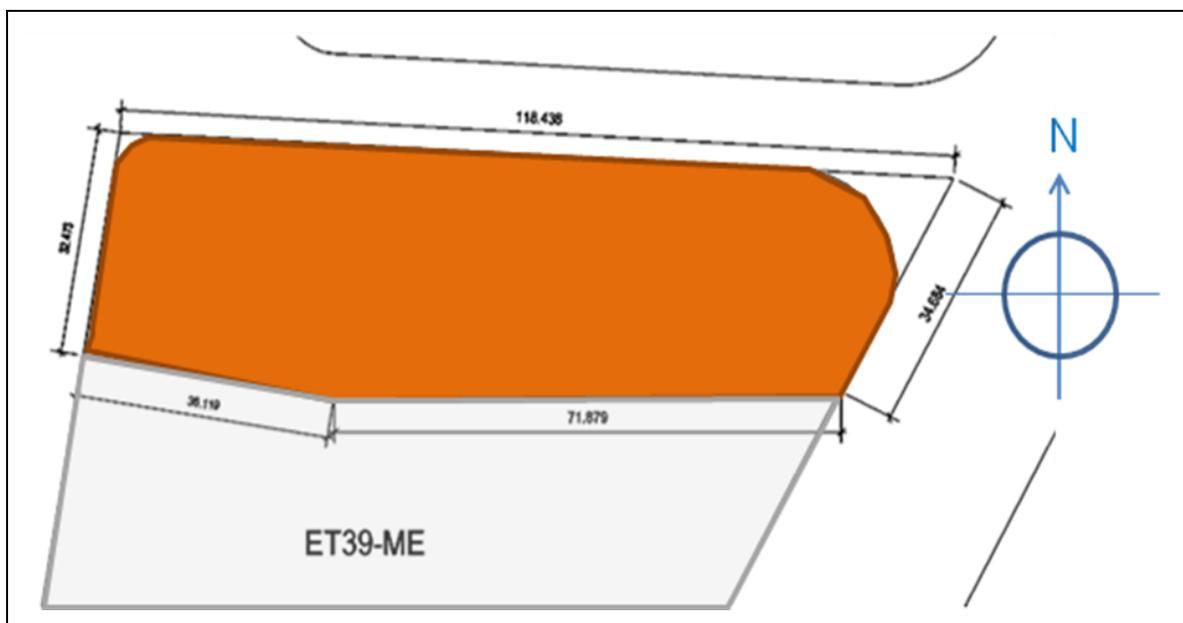


Fig. 5.1. Plano del terreno

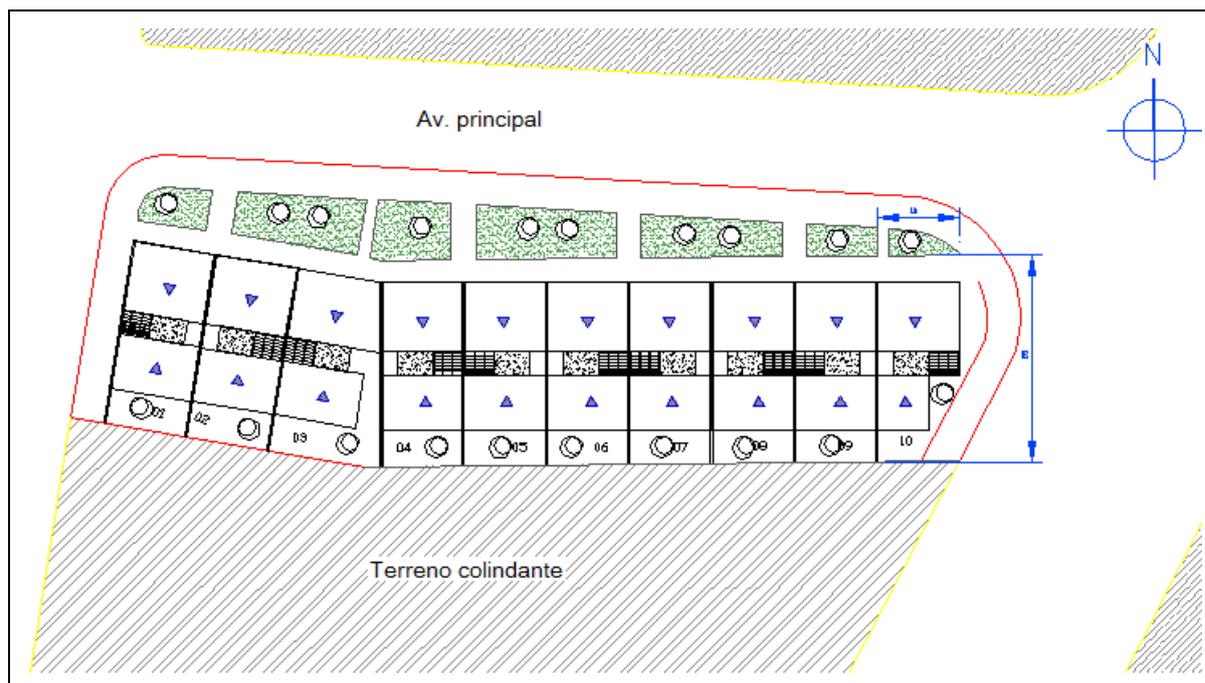


Fig. 5.2. Emplazamiento y tipología edificatoria definitiva

5.2. CONTEXTO

5.2.1. Objetivos del diseño urbano-Criterios de ordenación

En la fase de ordenación urbana se ha tomado en cuenta similares criterios bioclimáticos, al igual que en la etapa de diseño del modelo de las viviendas.

El terreno al no poseer mayores superficies y para tener un mayor aprovechamiento del mismo, se ha dividido en 10 parcelas, 8 de igual área y 2 con ciertas variaciones que se encuentra en los extremos.

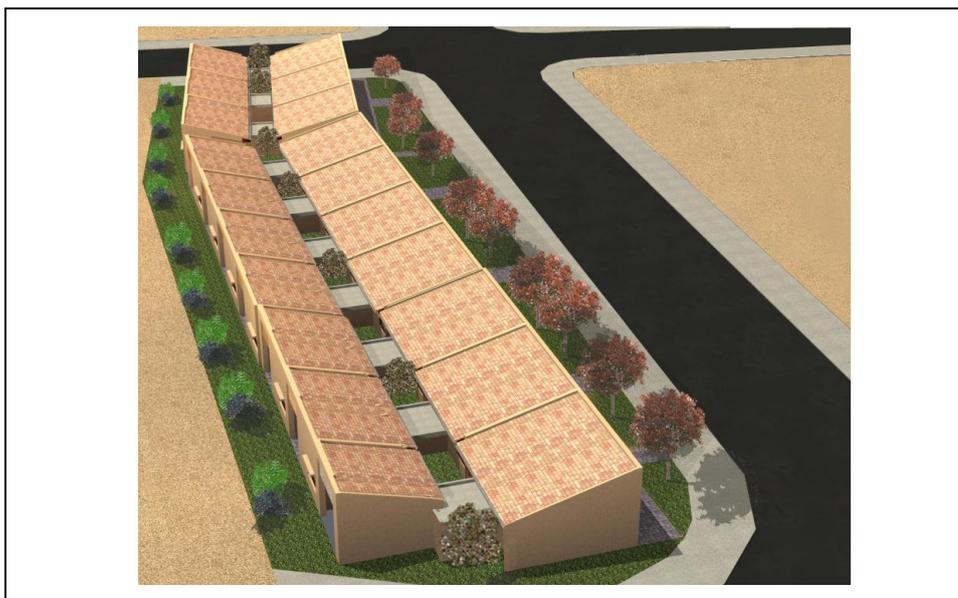


Fig. 5.3. Perspectiva aérea del conjunto habitacional

La implantación del terreno se encuentra ubicada en plena esquina, por donde atraviesan tres vías, una principal como es el séptimo anillo y dos de menor jerarquía en los laterales, permitiendo un fácil acceso a la propuesta.

La topografía del terreno es homogénea, y no presenta irregularidades topográficas, esto beneficia al conjunto urbanístico ya que no presenta ningún obstáculo para los vientos predominantes; del mismo modo las viviendas podrán tener iguales condiciones para el disfrute del paisaje y la captación de la iluminación.

La ordenación de las viviendas y el diseño urbanístico, ha sido pensada para que la misma pueda estar direccionada hacia los vientos predominantes, orientación norte, de donde provienen los vientos cálidos y un asoleamiento favorable, en este tipo de latitudes (latitud sur). Las fachadas orientadas hacia el este, oeste y sur, se controla la radiación incidente por medio de algunos parámetros arquitectónicos como son: patios cubiertos por vegetación, porches y protectores solares sobre ventanas.

Al momento de desarrollar el diseño urbano, se tomo en cuenta las orientaciones y el clima del lugar (cálido húmedo), de acuerdo con el análisis climático de Santa Cruz de la Sierra del capítulo 3.5; es por eso que se crean espacios porosos dentro de la vivienda, abriendo patios internos y favoreciendo la ventilación cruzada, de esa manera poder atenuar las altas humedades del interior de la misma.

5.2.2. Tratamiento del entorno

El proyecto de la urbanización, pretende integrarse en el medio sin perder su identidad. La urbanización de las viviendas sociales, mantiene un carácter privado dentro de la misma, sin perder su carácter social, por esta razón se ha creado un zona semipública de uso comunitario de los vecinos. La misma está compuesta de una franja verde ajardinada de uso peatonal y de descanso con apoyo de mobiliario urbano.

Esta franja verde tiene la función de generar un microclima adecuado para el conjunto urbanístico y también crear una barrera vegetal para minimizar los ruidos provocados por la vía principal, donde se encuentran localizadas las viviendas.



Fig. 5.4. Perspectiva orientación norte de las casas pareadas

La avenida que se encuentra en frente del terreno, es una vía principal, también en los extremos se encuentra dos vías de menor jerarquía, adoptando casi el carácter privado. Además esta urbanización se mantiene dentro de la escala humana por estar conformado por un número reducido de vivienda, (10 viviendas).

5.2.3. Objetivos generales de diseño

Los objetivos del diseño son:

Proyectar una vivienda de bajo presupuesto.

Proyectar una vivienda de elevado nivel bioclimático, sin necesidad de sistema de calefacción ni de acondicionamiento mecánico.

Construir una vivienda utilizando los materiales del entorno, como son los bloques de adobe utilizando la tierra arcillosa del lugar.

Utilizar materiales autóctonos que se han dejado de lado con el transcurso de los años.

5.2.4. Objetivos específicos del diseño arquitectónico

Se ha considerado en el diseño varios aspectos anteriormente analizados del área funcional como ser: autoconstrucción, disposición funcional básica, estructura formal, materiales del entorno, y futuras ampliaciones de las viviendas.

Una de las premisas importantes de diseño fue el uso de los sistemas pasivos de la arquitectura bioclimática, para conseguir viviendas con ambientes que se encuentren dentro del nivel de confort y con sensación térmica agradable dentro de los espacios habitables.

Se realizó en un principio tres propuestas de diseño que pudieran cumplir las premisas de diseño. La propuesta que se desarrolló, fue escogida por responder bioclimáticamente al sitio; las cubiertas favorecen la ventilación cruzada de las viviendas, por medio de la extracción de aire caliente por efecto venturi, y gracias a la diferencia de gradiente térmico entre fachadas, que actúa sobre la velocidad del aire.

La parte formal de las viviendas, está pensada por ser la forma más idónea, desde el punto de vista bioclimático, su función es, captar la ventilación noroeste y crear espacios porosos, para aprovechamiento de los vientos. Además también está pensada para un mayor aprovechamiento solar diurno que proviene del lado noreste, y evitar los rayos del atardecer, noroeste.

Era primordial el crear espacios verdes alrededor de la urbanización, así como también dentro de la misma vivienda, evitando obstruir la ventilación alrededor de las mismas; los patios internos tienen esa función, poder captar las brisas e introducirla a las viviendas de forma controlada, y de esa manera aprovechar el aire, para refrescar o calentar los espacios dependiendo de la necesidad requerida para cada estación.

El crear espacios verdes alrededor de la vivienda, controla de forma eficiente la incidencia solar, al mismo tiempo conseguir áreas con diferentes gradientes térmicos, favorece la ventilación en el interior de los espacios.

La forma de la cubierta está pensada también para la reutilización del agua de lluvia (almacenada y tratada por medio de filtro de arena), para uso en áreas de servicio.

La cubierta es un elemento que se ha tratado de forma especial, al recibir la incidencia solar el mayor tiempo del año, es necesario utilizar cubierta ventilada y aislada para este tipo de clima, así como lo sugiere los resultados del análisis climático de Santa Cruz (capítulo 3.10).



Fig. 5.5. Perspectiva aérea de la casa modelo

5.2.5. Solución arquitectónica

Se trata de una vivienda con un programa reducido y de bajo coste, por lo que la estructura arquitectónica es muy sencilla. Básicamente está estructurado en tres volúmenes, los dos del extremo son iguales, y se encuentran separados por una caja, que hace la función de conector. En la misma área se crean espacios abiertos a modo de patios para permitir la ventilación cruzada dentro de los bloques. La caja conectora central, también tiene la función de recoger las aguas pluviales de los dos bloques del extremo, para luego almacenarlos en tanques de poliuretanos, que por medio de filtro de arena serán purificados, y finalmente utilizados en las áreas de servicio.

La volumetría de este proyecto, está basado en la forma básica de la arquitectura cruceña, que se rescato, el mismo que está constituido por un volumen con la cubierta a una sola pendiente, y que de forma simétrica se refleja en el lado opuesto.

La zona social está ubicado en el primer volumen, la zona de servicio en el segundo, y la privada en el tercero, donde se ubican los dormitorios.

En invierno la zona central se transforma en un patio receptor de los rayos solares; en verano, en un patio fresco y sombreado, por medio de la parra vegetal de hoja caduca.

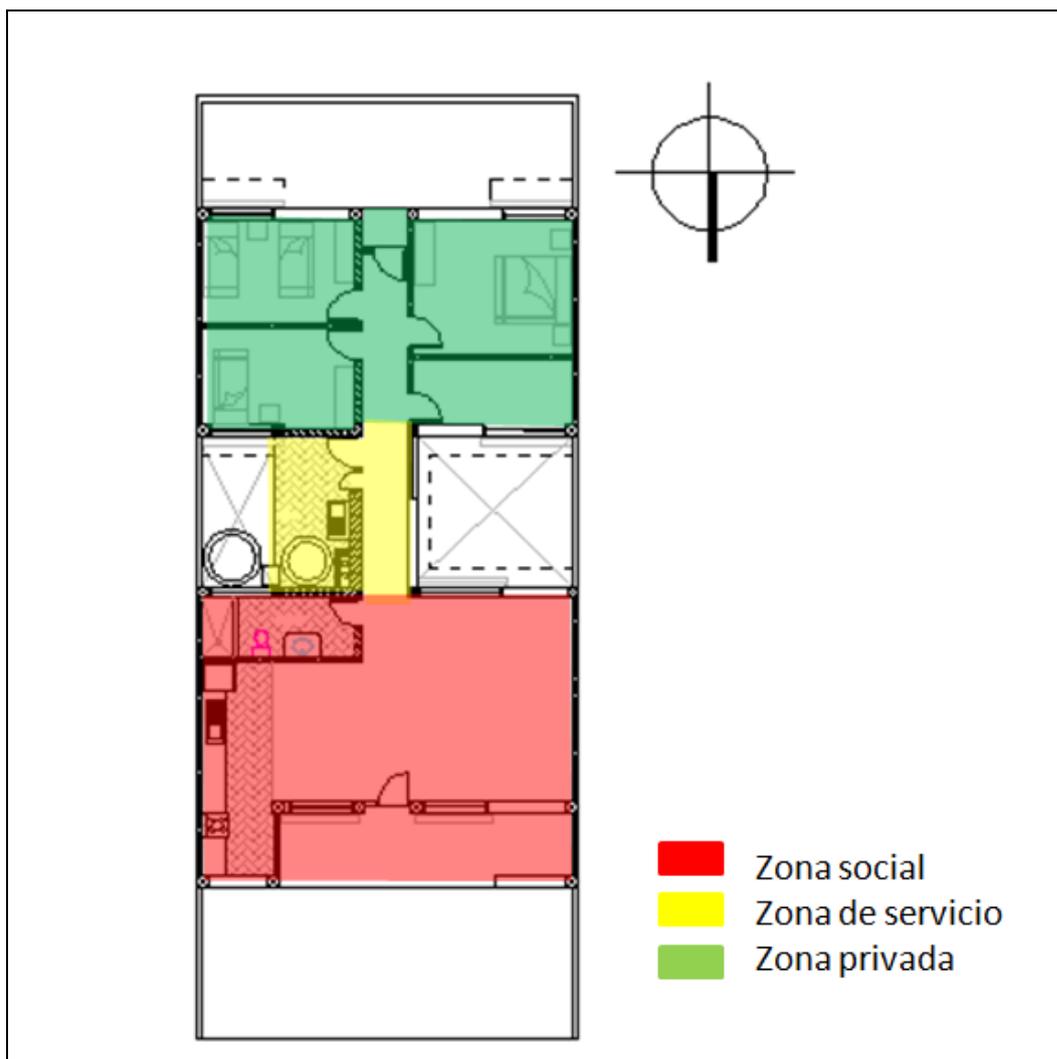


Fig. 5.6. Planta zonificada

5.3. OPTIMIZACION DE RECURSOS

5.3.1. Recursos naturales

Se aprovecha al máximo recursos tales como el sol (para calentar la vivienda en invierno), el agua de lluvia (para riego de jardín, cisternas de baños, y ducha) y los vientos predominantes (nor-oeste) para favorecer la ventilación cruzada dentro de los ambientes de la vivienda.

5.3.2. Recursos reciclados y reciclables

La gran mayoría de los materiales de la vivienda pueden ser recuperables, (carpintería, vidrios, vigas de madera, protecciones solares, artefactos sanitarios).

Por otro lado, se ha potenciado la utilización de materiales reciclados y reciclables, tales como tubería de agua de propileno, tubería de desagüe de polietileno, tableros de madera aglomerada para puertas interiores, base soporte de teja colonial para cubierta inclinada y teja cerámica.

5.3.3. Construcción

La vivienda se construirá con un consumo energético mínimo. Los materiales utilizados se han fabricado con una cantidad mínima de energía. Por otro lado, se construirá sin apenas recursos auxiliares y con poca mano de obra.

5.3.4. Uso

Debido a su características bioclimáticas, la vivienda tiene un consumo energético casi nulo. La vivienda se calienta por efecto invernadero, por medio de los vanos de ventanas y la inercia térmica de los muros (temporada de invierno).

La vivienda se refresca mediante sistemas pasivos, ventilación cruzada, ventilación nocturna, sistemas arquitectónicos y no necesita sistemas mecánicos de acondicionamiento, por lo que no consume energía para refrescarse (época de verano), ni para calentarse (época de invierno).

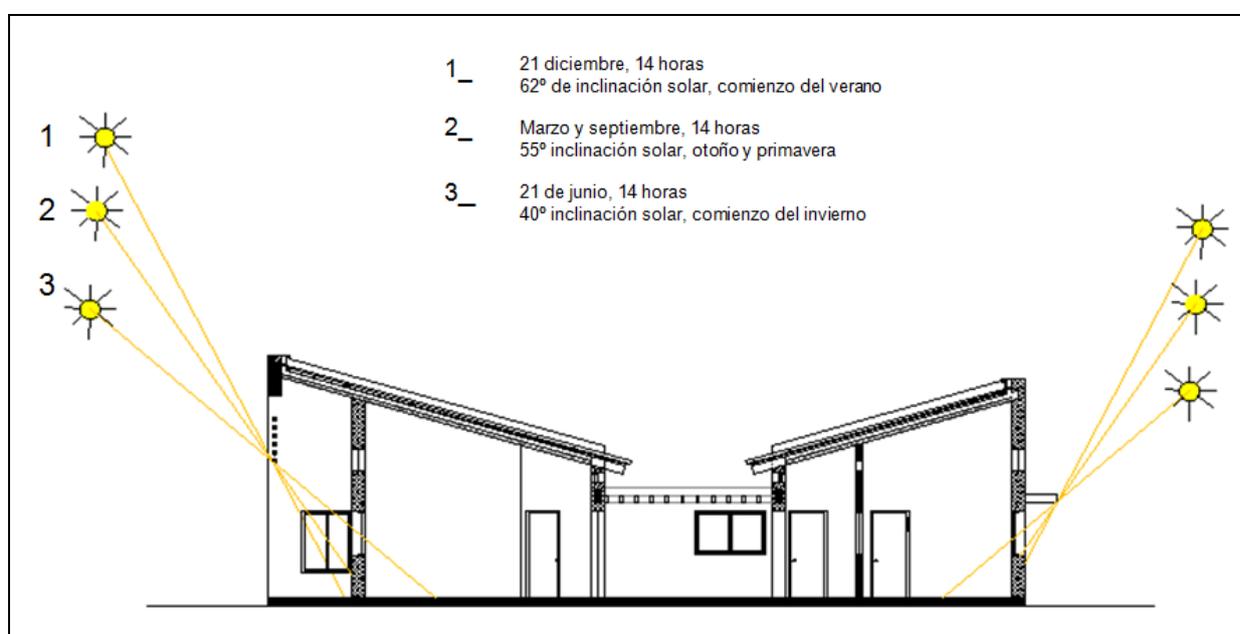


Fig. 5.7. Sección longitudinal de la casa modelo

5.3.5. Recursos económicos

Uno de los puntos importantes para la obtención de una vivienda, son el económico, y tomando en cuenta esto y la forma de vida de las familias, se plantea el proyecto en 2 etapas.

El proyecto está conformado formalmente en tres volúmenes, dos de los cuales se construyen en la primera etapa y el tercero en la segunda etapa, que podrá ser construida por cuenta del propietario.

La vivienda ha sido proyectada de forma racional, eliminando partidas o ítem innecesarios, lo cual permite su construcción a un precio reducido, gracias a la utilización de sistemas arquitectónicos bioclimáticos sencillos. Del mismo modo la vivienda es muy fácil de mantener: limpieza habitual, tratamiento bianual de la madera a base de aceites vegetales.

El costo por metro cuadrado de una vivienda convencional es de aproximadamente 130 dólares de este tipo, una vivienda varía entre 70- 80 metros cuadrados con 3 dormitorios.

La propuesta del proyecto tiene un incremento entre 15 y 20 % de su costo normal, esto por las protecciones solares adicionales, aislamiento de cubierta y por la adición de los equipos para almacenamiento de lluvia que las viviendas estándares no la contemplan.

5.4. DISEÑO

5.4.1. Diseño arquitectónico

La casa modelo fue diseñada para una familia de cinco integrantes, un matrimonio y tres hijos de la familia, ese es el número promedio de un hogar.

La vivienda se trata de adaptar al usuario, creando espacios abiertos, por eso la cocina comedor está integrado al estar social, esta área es un espacio diáfano y transparente pensando en la integración de la misma familia.

La intención fue diseñar una vivienda que se integrara con el entorno, y que posea su propia identidad, pero respetando las edificaciones tradicionales de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. Por esa razón la vivienda usa formas simples, y materiales tradicionales de la zona, igual que la cultura cruceña.

Este es un modelo de casa de una planta, se divide en tres áreas, una social, una de servicio y una privada; cada zona está contenida en un volumen. Se respeta la escala urbana de la zona, formando de esa manera, la vivienda de una sola planta.

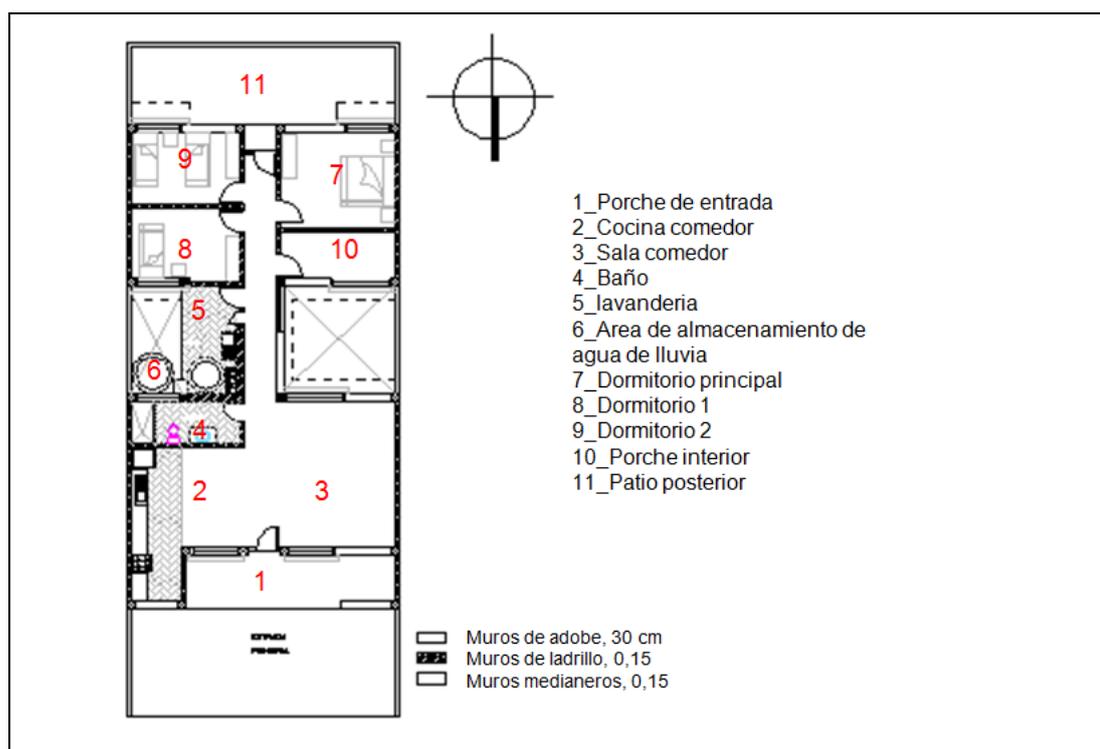


Fig. 5.8. Planta arquitectónica de la casa modelo

La parte social está ubicada en la parte frontal (primer modulo), junto con un porche recibidor, una vez dentro, se encuentra la cocina comedor abierto al estar social.

La parte de servicio se localiza en la parte central, a los laterales se encuentran los patios o espacio abiertos, para la entrada de luz y captura de los vientos cálidos en la época de verano.

En la parte posterior esta el área privada que son los dormitorios y una galería interior común de usos privado.

5.4.2. Estrategias del diseño pasivo

Este proyecto se caracteriza por el uso de energías pasivas como ser:

Protección solar.

Buena orientación.

Ventilación cruzada y ventilación nocturna.

Usos de patios y vegetación.

Usos de materiales con buenas propiedades climáticas y plásticas (bloques de adobe como cerramientos, retardo térmico de 10-12 horas)⁵⁶.

Uso de sistemas de recolección y almacenamiento de agua de lluvia.

Uso de sistema de bajo consumo (grifos, bombillas, inodoros y artefactos eléctricos).

Reutilización de tierra de excavación (tierra extraída de los canales pluviales municipales) que se encuentran sobre la avenida principal, donde está ubicado el proyecto.

5.4.3. Tratamiento de fachada según Orientación

La vivienda se alinea al norte, para situarse en la posición óptima de asoleamiento y ventilación noroeste. Esta posición beneficia a las viviendas para aprovechar al máximo la ventilación cruzada y la radiación solar.

Cada fachada contiene un tratamiento particular de acuerdo a la orientación, como veremos a continuación.

Norte, En la orientación norte la fachada está protegida por una galería o porche cubierto, que protege la entrada principal y los vanos de ventana de la radiación solar directa, al igual que de las lluvias. En esta zona se ubican las áreas que tienen mayor uso a lo largo del año, como ser: comedor, cocina y estar social. La radiación también se controla, en esta fachada por medio de bolillos de caña hueca a modo de celosía.

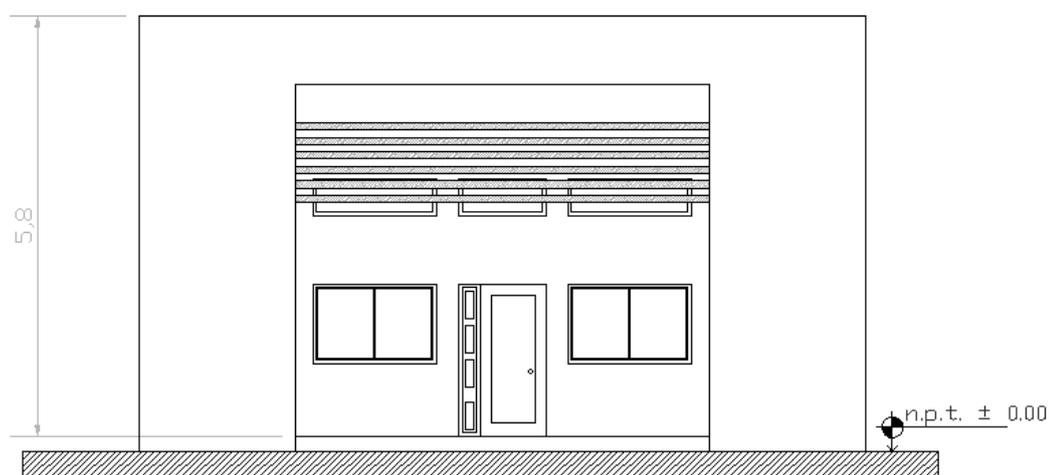


Fig. 5.9. Alzado orientación Norte

Sur La fachada sur posee voladizos que tienen la función de proteger las ventanas de las radiaciones solares directas. Además poseen protecciones solares sobre los vanos de

⁵⁶ Ministerio de fomento. Arquitectura de tierra. Edición secretaria técnica de ministerio de fomento, 1998 Madrid.

ventana, que consiste en una estructura de madera con lamas móviles. También lleva un sistema de deslizamiento manual para dejar la ventana libre de obstáculos y de esa manera captar la radiación en época de invierno.

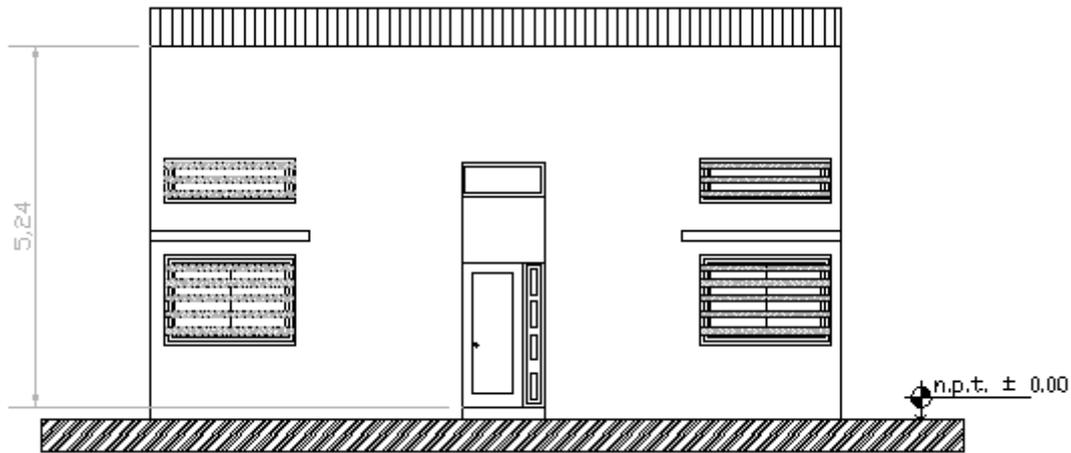


Fig. 5.10. Alzado orientación sur

Los vientos del sur este, castigan esta fachada con brisas frías, en época de invierno, por esa razón se evita colocar vanos de ventanas con grandes superficies, en esta orientación.

Este. En la fachada este, está ubicado un patio de servicio que contiene la lavandería y tendedero. En esta misma área están situados los tanques de almacenamiento de agua pluvial de la cubierta, que tiene un sistema de tratamiento de agua de lluvia a base de filtro de arena.

Oeste La radiación solar directa de esta fachada, es absorbida por la vegetación del patio, permitiendo la entrada de brisas frescas a los ambientes aledaños.

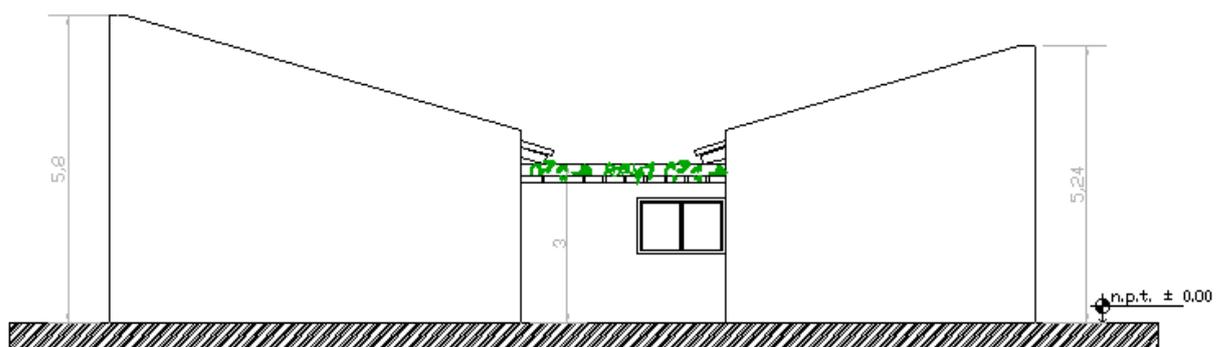


Fig. 5.11. Alzado orientación Oeste

5.5. Diseño Energético

5.5.1. Invierno

El proyecto contiene sistemas solares pasivos, para obtener el mejor confort térmico en la época de invierno.

En esta ciudad los inviernos son suaves, pero sin embargo se ha pensado en las épocas extrema de invierno, la temperatura media mínima es de 15 grados.

Los cerramientos de la envolvente son de adobes, por ser un material con un gran valor sostenible y por las buenas propiedades térmicas como: inercia térmica, buen comportamiento higrotermico, lento flujo energético y por ser un elemento que se puede conseguir en el medio que lo rodea. Debido a la inercia térmica de los muros, se evita las perdidas energéticas en la temporada de invierno.

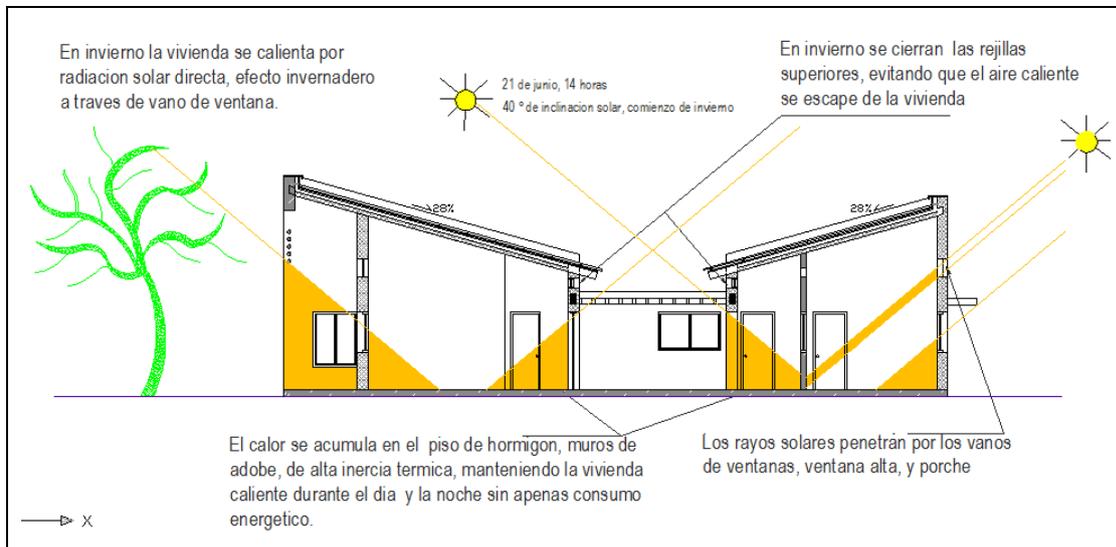


Fig. 5.12. Envoltura bioclimática, en época de invierno durante el día

Los muros y suelos interiores son los medios donde se almacenan la energía solar durante el día, y son soltados durante la noche. Los suelos tienen un acabado de hormigón pulido que almacena el calor durante el día, como también en los muros de adobe característico por su alta inercia térmica.

La inercia térmica de los bloques de adobe son idóneos por tener un retardo térmico de 10 a 12 horas, eso quiere decir que la ganancia solar almacenada durante el día, es desprendida durante la noche, cuando el sol desaparece y empiezan a bajar las temperaturas.

Durante el día se cierran las ventanas y se deslizan los protectores solares de ventana (estructura con lamas móviles), para dar paso a los rayos solares, de esa manera se tiene ganancia solar en el interior, calentando el aire del espacio que se desea acondicionar, a través de aberturas con huecos acristalados.

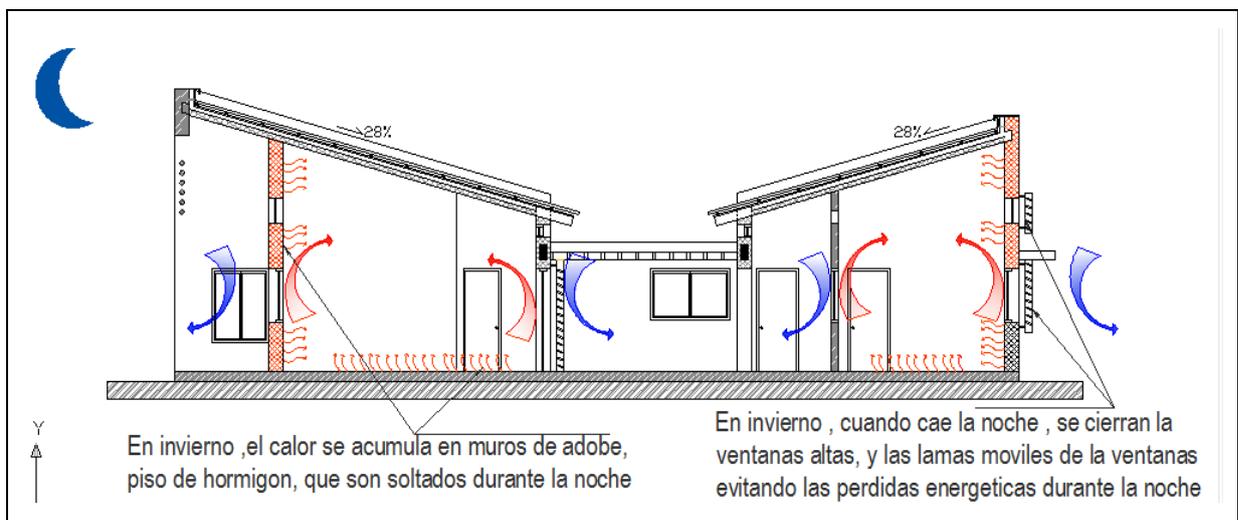


Fig. 5.13. Envoltura bioclimática, en época de invierno durante la noche

También las ganancias solares directa, se logran a través de las ventanas bajas y altas de la vivienda. En época de invierno los rayos solares son más bajos que en verano, esto beneficia a captar los rayos solares por medio de las aberturas. Además las ventanas altas encima de las puertas, facilitan la evacuación del aire caliente al exterior durante el verano, y capta la radiación solar durante el invierno.

En la noche los protectores son deslizados sobre las ventanas, y las lamas móviles son cerradas, al desaparecer la radiación directa, el edificio comienza a perder energía, por ese motivo las estrategias de conservación de calor y la limitación de pérdidas energéticas se consiguen sellando las ventanas con estos elementos.

Los patios y espacios abiertos no solo se utilizan para la iluminación-ventilación, también para el calentamiento pasivo en invierno por medio de los vanos de ventanas.

La puerta de vidrio del patio central posee una estructura de lamas móviles que se desliza y deja al descubierto la ventana, en época de invierno, ayudando a la captación de energía solar.

Las ventanas han sido dimensionadas de acuerdo a una proporción de 20- 40% (resultados de la estrategias de diseño pasivo, capítulo 3.10.5) con relación al muro, y teniendo en cuenta la orientación así como también las necesidades de luz natural; las mismas que se encuentran aisladas por medio de vidrios dobles, para lograr la mayor eficiencia energética sin ayuda de artificios añadidos.

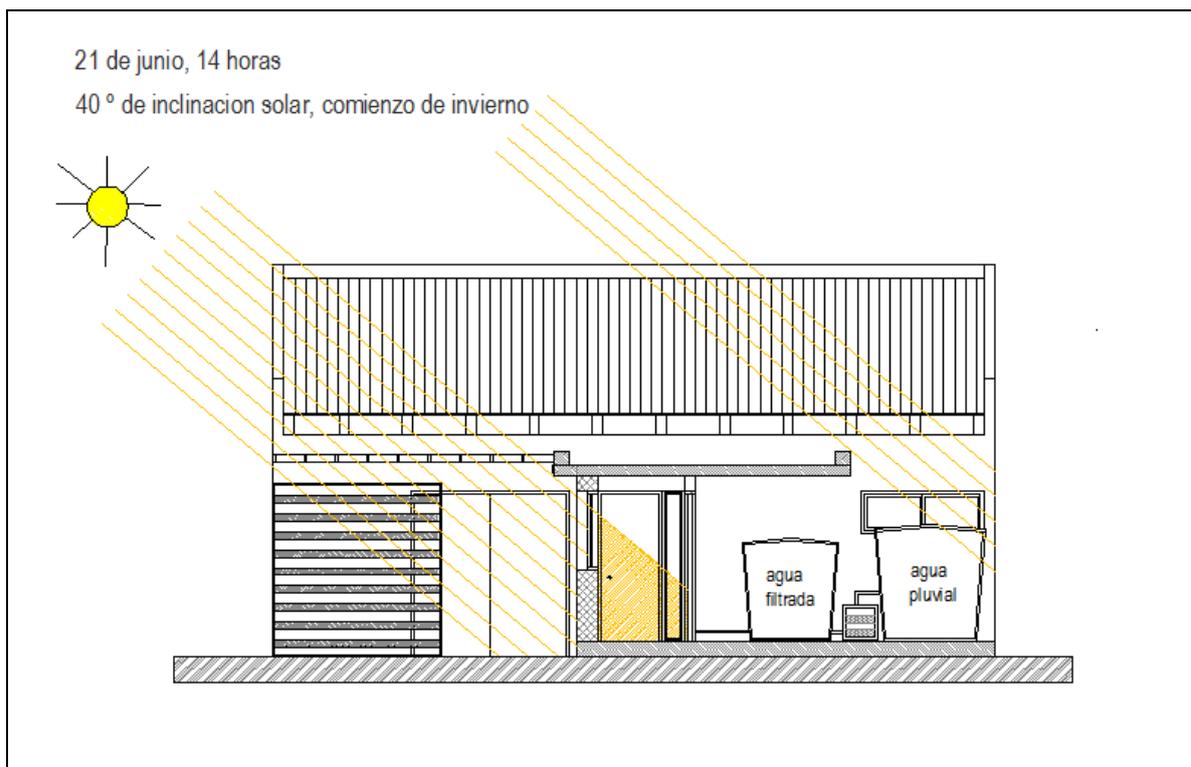


Fig. 5.14. Envoltente transversal bioclimática, en época de invierno durante el día

En invierno, la vegetación y elementos arquitectónicos funcionan como barrera para los vientos fríos (orientación sur-este).

5.5.2. Verano

El proyecto recurre a sistemas puramente pasivos, para obtener el mejor confort térmico en el interior de la vivienda, con estrategias sencillas que asocian, ventilación natural, inercia térmica de los muros, protección solar y ventilación nocturna.

La parte formal de la vivienda responde a un adecuado comportamiento energético respecto a la zona, su función es captar la ventilación noroeste y crear espacios porosos a modo de patio interior con vegetación, el patio interior hace posible la filtración de los rayos solares y favorecer la ventilación cruzada de la vivienda. Este modelo de vivienda ha sido diseñado justamente para optimizar estas corrientes de aire, en época de verano.

La forma de la cubierta tiene doble función, permite una ventilación cruzada natural basada en el gradiente de temperatura entre el aire del patio interior y las fachadas exteriores. Además la ventilación cruzada: favorece la circulación de aire y minimiza la sensación de humedad dentro de los ambientes.

La otra función de la cubierta es la de reutilizar y almacenar las aguas de lluvia, ayudando a que las aguas puedan ser recogidas por un forjado de hormigón previamente impermeabilizado, y posteriormente filtrada y almacenada en un tanque de plástico industrial para su uso en baños, lavanderías y grifos de jardín (agua no potable).

En este proyecto se utilizan, materiales naturales como ser: los bloques de adobe, caña hueca, teja colonial, madera, hormigón y ladrillo cerámico y uso de materiales locales (renovable o de menor impacto). La recuperación de materiales autóctonos de la región como son la caña hueca que se usan en las fachadas como protectores solares a modo de brise –soleil, también las varillas de caña hueca dentro de los muros de adobe a modo de refuerzo y caña triturada en forma horizontal, cada 30 centímetros en el interior de estos. La envolvente del edificio está constituida por bloques de adobe por su buen comportamiento térmico.

La protección solar, se consigue por medio de la prolongación de aleros sobre las ventanas, lamas móviles, porches para protección de aberturas y vegetación; todo esto se ha diseñado y pensado para proporcionar sombra y una máxima visión del exterior. De este mismo modo las protecciones solares en la fachada oeste, se protege por medio de un patio cubierto por vegetación para tamizar los rayos solares de esta orientación.

Los patios centrales cubiertos por vegetación de hoja caduca, forman un microclima, que crea una secuencia de temperatura interior-exterior, proporcionado sombra en la época de verano. La disposición de estos patios mejora las condiciones de ventilación, iluminación y el grado de privacidad de cada estancia.

Era necesario poder crear espacios altos y muy ventilados dentro de la vivienda para evitar el sobrecalentamiento, esto se logra haciendo que la vivienda posea caídas de techo más o menos extensa, y colocando aislamiento con cámara de aire en el interior de la cubierta; este ayuda y ventila el techo, y por medio de rejilla abatible se evita la concentración del aire caliente en este sector.

Al formar áreas verdes entre los espacios de la casa, se crean áreas con diferente gradiente térmico, favoreciendo la ventilación cruzada; la forma de la cubierta extrae el aire caliente por efecto venturi, y gracias al gradiente térmico entre fachadas, actuando sobre la velocidad del aire, acelerando la ventilación natural y la evacuación rápida del aire caliente del interior.

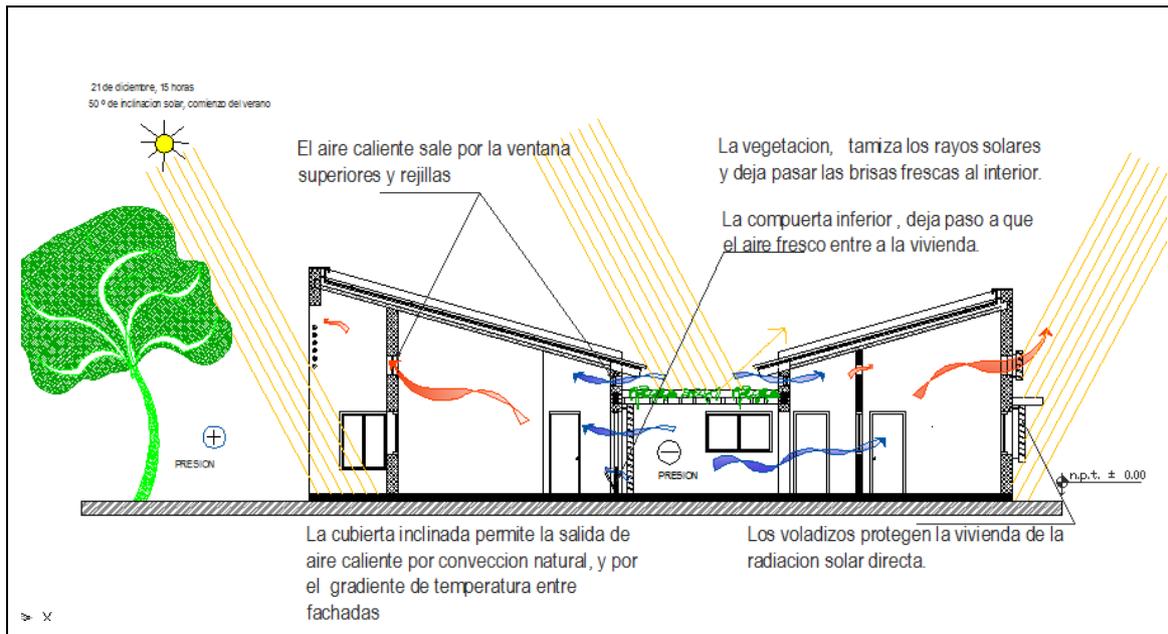


Fig. 5.15. Envoltura bioclimática, en época de verano durante el día

Por medio de la cubierta aislada con cámara de aire ventilada, se evita que se realice la transferencia de calor del exterior al interior.

Las rejillas móviles que se encuentran a la altura de la cubierta, ayudan a optimizar la ventilación cruzada de la cubierta, como también las ventanas y aberturas a nivel de barlovento. Estos vanos ayudan y favorecen aún más la aceleración de las brisas cruzadas en el interior de los espacios, en época de invierno estas aberturas son cerradas.

El aire fresco recorre toda la estancia de las viviendas y ascienden al calentarse, escapando por la parte superior de las ventanas de las fachadas. Ver fig. 5.16 y 5.17

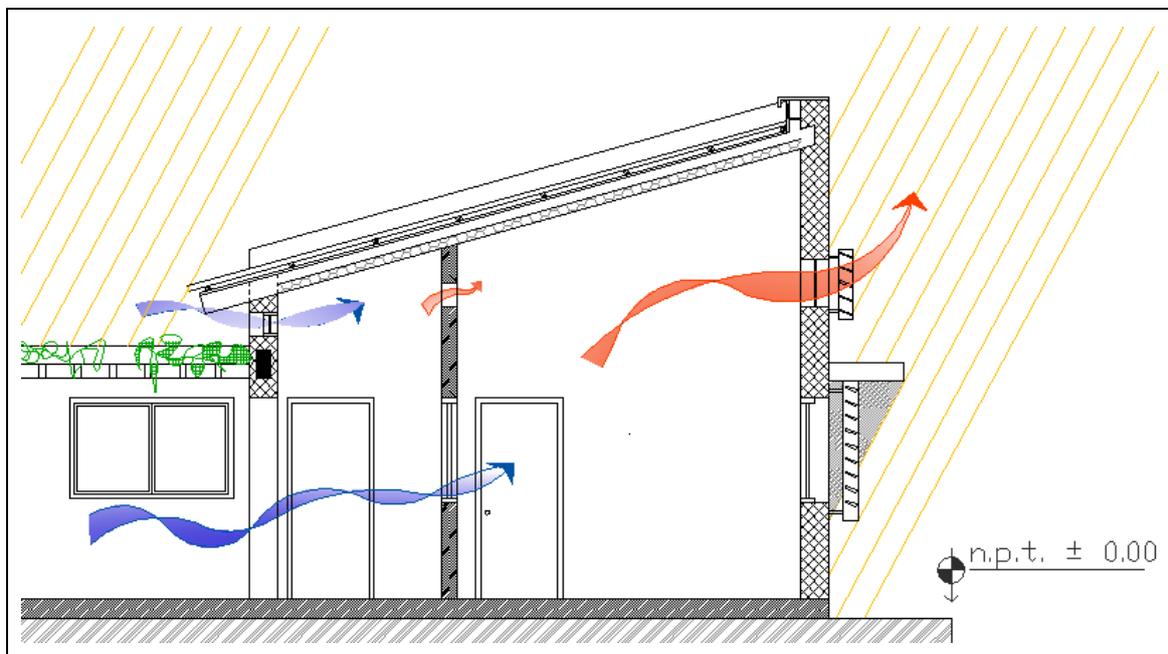


Fig. 5.16. Envoltura energética del volumen orientado hacia el sur, en verano durante el día

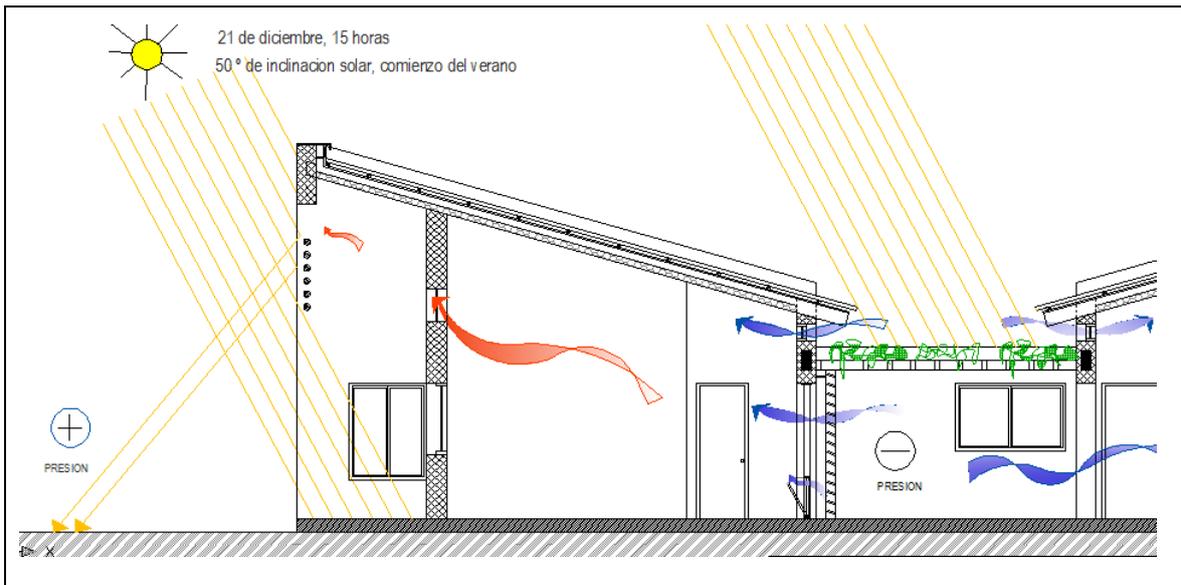


Fig. 5.17. Envoltura energética del volumen orientado hacia el norte, en verano durante el día

La vivienda se enfría por medios naturales, por medio de la ventilación nocturna, por la noche se abren las ventanas para refrescar la vivienda y por el día se cierran las aberturas, de ese modo se evita la transferencia de calor del exterior (temperatura de aire más cálida) hacia el interior.

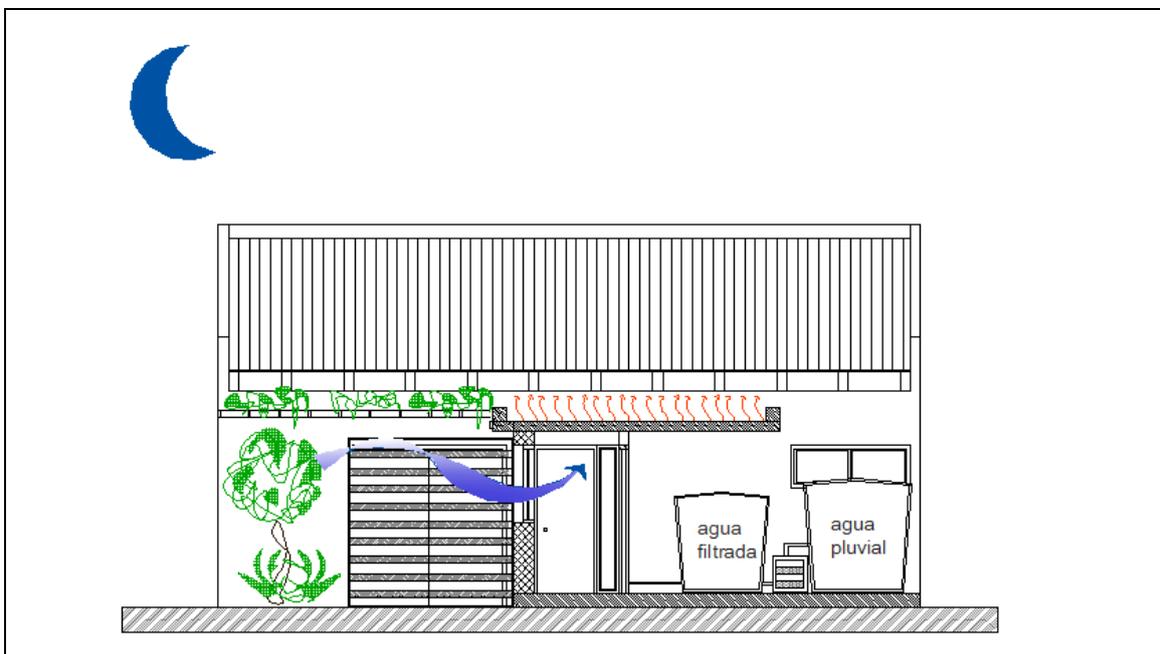


Fig. 5.18. Envoltura bioclimática transversal, en época de verano durante la noche

Debido a la inercia térmica de los muros de adobe, se evitan las pérdidas energéticas en la temporada de verano, con un desfase del flujo energético.

Los muros interiores que dividen los dormitorios de la zona privada, contienen pequeñas aberturas a la altura de la cubierta, de esa forma favorecen las corrientes de aire dentro de cada estancia, y evita el sobrecalentamiento del techo.

5.6. MATERIALES ECOLOGICOS

5.6.1. Cimentación y estructura

La cimentación es de concreto de piedra bolón (hormigón ciclópeo), seguido de tres hiladas de ladrillo macizo (0,30 centímetros) que sirven como sobrecimiento, las cuales son revestidos de una capa asfáltica como aislante. A continuación se colocan los bloques de adobe, cada 5 hiladas se cubre con una capa de caña triturada para evitar fisuras verticales. Las esquinas están reforzadas por columnas de ladrillo macizo, con nervio de fierro corrugado, tanto horizontal como verticalmente. Esta estructura portante recibe el peso de las vigas de encadenado y finalmente el peso de la cubierta.

El mortero interior de los bloques de adobe son de barro y el mortero externo de las fachadas son de mortero de cemento sobre una malla de gallinero como fijación. El mortero de cemento exterior es para proteger los bloques de adobe de la lluvia; el interior de las paredes se reviste de mortero de cal y enlucido de yeso como acabado fino. Los muros interiores son de ladrillo cerámico macizo.

Los cerramientos de la envolvente se han utilizado bloques de adobe de 26 x 12 x 8 centímetros de dimensión, reforzados por una varilla de caña hueca por el interior de los muros a modo de nervios.

5.6.2. Acabados exteriores

Los acabados están a base de enlucido de yeso y pintura a la cal.

5.6.3. Acabados interiores

Pintura a la cal sobre las paredes interiores, puertas a base de tablero de madera aglomerada, piso de hormigón pulido. La carpintería de las ventanas es de madera tratada con aceites vegetales así como las lamas móviles. Como acabado interior del techo, se han colocado unas varillas de caña hueca (chuchió) como acabado final del techo visto, (este último era utilizado por la arquitectura popular en un principio).

5.6.4. Cubierta

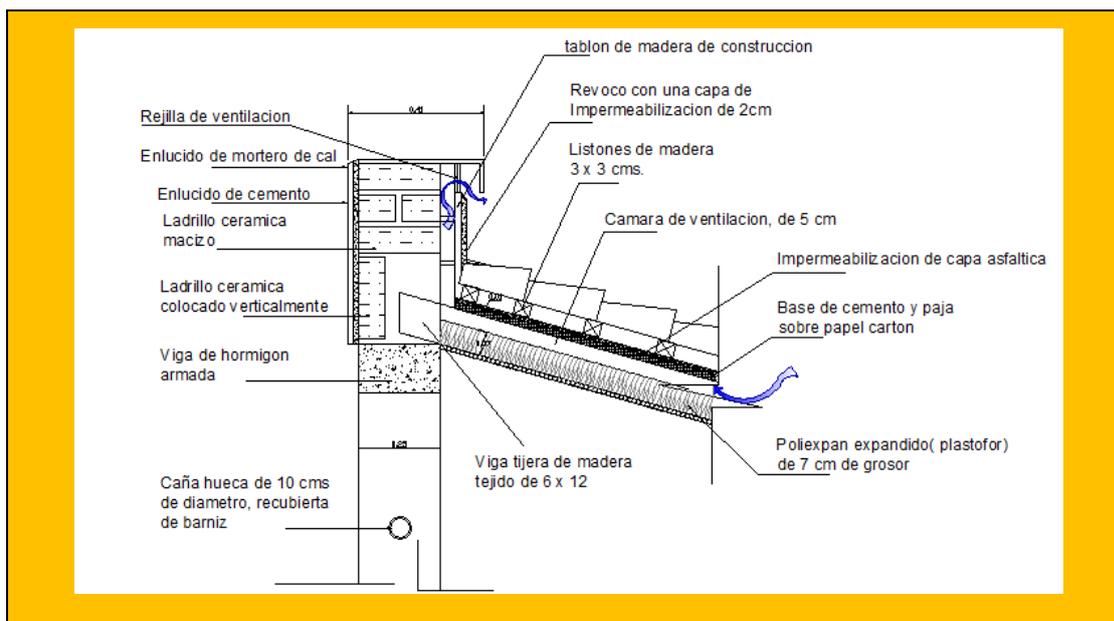


Fig. 5.19. Detalle constructivo de la cámara ventilada de cubierta

Cubierta inclinada que potencia la convección natural y genera un efecto chimenea para la extracción del aire caliente interior en verano. La cubierta inclinada esta en base a tijeras de madera colocadas a lo largo de la cubierta, sobre esta se coloca un tablero de madera aglomerada de 2 centímetros de grosor, encima de estos los listones de madera y finalmente la teja cerámica tipo colonial. Debajo del tablero se deja una cámara de aire ventilada, y se coloca un aislamiento interiormente en forma de placas de poliexpan extruido de 7 cm de grosor. Ver fig. 5.19.

Protectores solares

La carpintería de la vivienda es de madera, las lamas móviles de madera maciza y los protectores de ventana de marco metálico. Las lamas móviles, tienen doble función; en verano es de proteger las aberturas para evitar la ganancia solar y controlar la iluminación, en invierno se desliza para captar los rayos solares. Además tienen una estructura de fierro con un perfil adosado a la ventana, que hace posible que se pueda mover y de esa manera dar paso a los rayos solares durante el día (época de invierno). Cuando cae la noche esta estructura se vuelve a deslizar sobre el vano de ventana y cerrar las lamas, para evitar las pérdidas de calor del interior al exterior.

Las ventanas de la vivienda al tener un sistema de lamas móviles hacen posible la regulación de la luz natural durante el día, como también de la radiación directa y difusa.

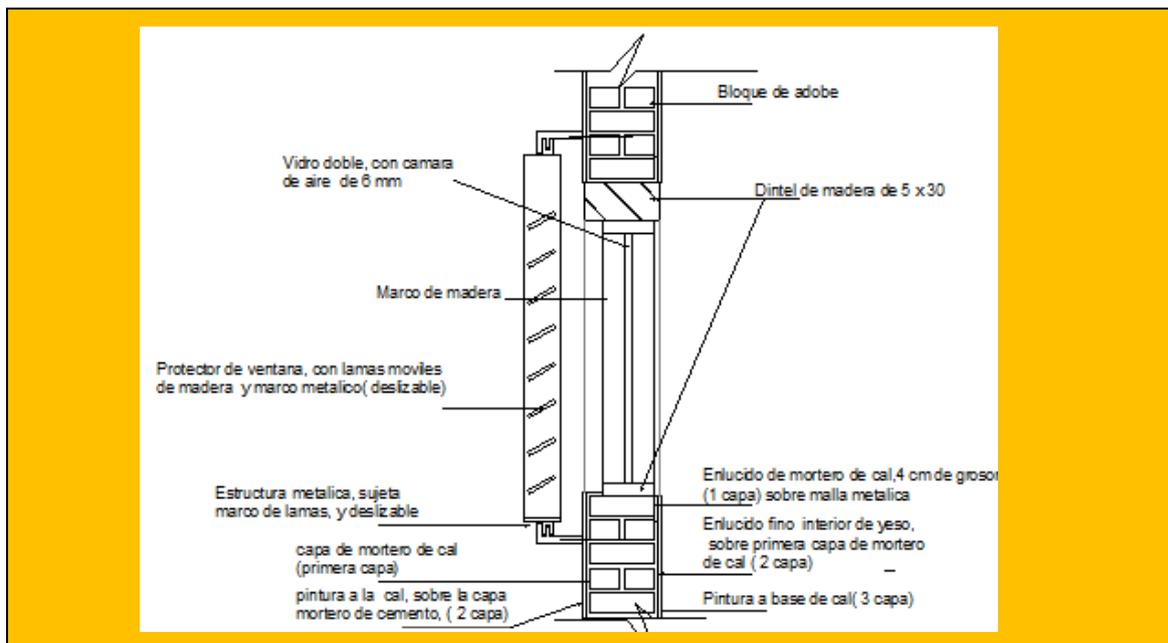


Fig. 5.20. Detalle constructivo de las protecciones solares de los vanos de ventanas

5.6.5. Otros

Tubería de agua de propileno, tubería de desagüe de polietileno.

Los artefactos sanitarios son de ahorro energético al igual que la mayoría de los artefactos, (duchas, inodoro, grifos).

La iluminación también ha sido propuesta de bajo consumo, como las bombillas y lámparas, (bombillas son de led).

Protecciones solares de madera maciza, tratadas con aceites vegetales.

5.7. CICLOS DE OCUPACIÓN

Se han tomado en cuenta los resultados del análisis de referencias tipológicas, que muestra la manera como las familias autoconstruyen sus viviendas según el desarrollo familiar.

Cuando se realizó el análisis de las referencias tipológicas de la zona (apartado 4.1.4) el resultado muestra que las familias crean sus espacios de acuerdo a sus necesidades. Estos primeros espacios que utilizan en la primera fase son generalmente multiuso, las familias les dan la función de acuerdo a las áreas que necesitan, que comúnmente son: un dormitorio, un baño común y una cocina comedor. Cuando la familia crece y se desarrolla, se concreta la segunda etapa, y esta comprende de otros espacios que utilizan como dormitorios y una sala de estar. Se ha querido tomar como referencia estos espacios y la prioridad que las familias le dan a cada uno.

5.7.1. Primera fase- matrimonio sin hijos

En esta etapa se considera la construcción solo del primer y segundo módulo, donde se localiza las áreas más básicas como: porche de entrada, que funciona como estar social, el área de cocina comedor, y un dormitorio provisional para el matrimonio.

En el segundo módulo se encuentra el área de servicio, constituido por lavandería y tendedero, en este mismo sector se encuentra el equipo de almacenamiento de las aguas pluviales.

5.7.2. Segunda fase-desarrollo de la familia hasta 3 hijos

En esta segunda fase se construye el tercer módulo, que contiene el área privada, como ser: las estancias para dormir y una galería privada. Este bloque está separada del primer módulo por medio de patios que proporcionan privacidad al último bloque.

La planta del dormitorio matrimonial se transforma en una sala de estar, de esa manera el primer módulo se convierte en una área completamente social.

5.8. CÁLCULO DE COMPROVACIÓN

Para poder establecer las comparaciones y conocer el alcance de la propuesta como también su comportamiento bioclimático, se realizará un análisis de los resultados a nivel general, por medio de simulaciones, tanto de la propuesta como de la vivienda tipo de Santa Cruz de la Sierra. Con estos datos, se mostrará la diferencia a nivel de comportamiento térmico interior entre ellas.

Las siguientes tablas de cálculo de transmitancia térmica de los elementos constructivos, muestran sus propiedades y características térmicas, los cuales se han utilizado tanto en la propuesta como en la vivienda tipo, demostrando las mejoras a nivel específico de cada material y la diferencia entre ellos (tablas de cálculo de transmitancia).

En este caso como vivienda para realizar la comparación de la propuesta, se tomará como modelo, la que se analizó en el apartado 4.2. Prototipo de vivienda social para Santa Cruz de la Sierra.

Los datos y tablas de cálculo que se muestran a continuación, son extraídos del libro de, Josep Solé Bonet - Aislamiento térmico en la edificación.

A continuación se describen algunos conceptos acerca de la resistencia térmica de materiales para una mejor comprensión.

Resistencia térmica (Rt) Habida cuenta que los materiales de construcción no se presentan en condiciones unitarias (especialmente por lo que hace referencia a su espesor), se usa el concepto resistencia térmica para caracterizar el aislamiento aportado por un producto de

construcción o una capa constitutiva de un cerramiento. La resistencia térmica = dificultad de la transmisión de calor.⁵⁷

Coefficiente de transmisión térmica U, Los elementos de construcción no suelen estar nunca formados por una sola capa de un material por lo que la simple resistencia térmica de sus capas no permite caracterizar globalmente le elemento. Para ellos se utiliza el coeficiente de transmisión térmica (también denominado transmitancia térmica).⁵⁸

El coeficiente de transmisión térmica representa la cantidad de calor por unidad de tiempo que atraviesa un cerramiento en condiciones unitarias de superficie y diferencia de temperatura. Al coeficiente de transmisión térmica se le representa con el símbolo U, y se expresa en $W/m^2 \times K$.⁵⁹

Para conocer el coeficiente de transmisión térmica de un cerramiento U, se obtiene mediante un cálculo partiendo de las características (resistencia térmica) de sus componentes.

La determinación de la transmitancia térmica es fundamental ya que a partir de la misma podremos obtener la transmisión de calor a través de los cerramientos. Cada material tiene una transmitancia térmica, mientras más bajos el valor de la U, menos conductivos es el material y más eficiente térmicamente. Por esa razón, se han utilizado materiales con conductividad baja (propuesta), como ser en muros, acristalamiento de ventanas, cubierta, protecciones solares y carpintería.

A continuación se explicará el cálculo del coeficiente de transmisión térmica de la envolvente de la casa social tipo actual y la comparación con la propuesta.

5.8.1. Cálculo de transmitancia térmica-cerramientos

Tabla Nº22. Cálculo de transmitancia térmica de los cerramientos de la vivienda social actual.

CERRAMIENTO DE LADRILLO MACIZO, CARA VISTA (Vivienda social actual)

Rse=0.04 m² x K/W

Rsi=0.13 m² x K/W

*No se contempla cámara de aire

MATERIAL	ESPESOR(m)	Lambda W/m x K	R. Térmica m ² x K/W	Densidad (kg/m ³)	Calor Esp. (J/kg K) x10
	d	λ	d/λ		
Rse			0.04		
Ladrillo macizo	0.125	0.87	0.14	1800	0.84
Mortero cemento (1,5cm)	0.015	1.40	0.011	2000	1,1
Rsi			0.13		

⁵⁷ Josep Solé Bonet. Aislamiento térmico en la edificación, Nou Silva equips SI, Barcelona 2000.

⁵⁸ Josep Solé Bonet. Aislamiento térmico en la edificación, Nou Silva equips SI, Barcelona 2000.

⁵⁹ Josep Solé Bonet. Aislamiento térmico en la edificación, Nou Silva equips SI, Barcelona 2000.

$$U=1/(0.04 + 0.14+ 0.011 + 0.13)$$

$$U=1/0.321$$

$$U=3.12 \text{ W/m}^2 \times \text{K}$$

Tabla Nº 23, Cálculo de transmitancia térmica de los cerramientos de la propuesta , bloque de adobe de 0,27

Mortero de cemento exterior=2cm

Bloques de adobe 0.27

Mortero de cal = 4 cm

Enlucido de yeso= 1.5 cm

MATERIAL	ESPESOR(m)	Lambda W/m x K	R. Térmica m ² x K/W	Densidad (kg/m ³)	Calor Esp. (J/kg K) x10
	d	λ	d/λ		
Rse			0.04		
mortero de cemento	0.02	1.40	0.014	2000	1.10
Bloques de adobe	0.27	0.60	0.45	1500	0.85
mortero de cal	0.04	0.70	0.05	1300	1.10
Enlucido de yeso	0.015	0.40	0.04	800	1.00
Rsi			0.13		

$$U=1/(0.04+ 0.014 +0.45+0.05+0.04+0.13)$$

$$U=1/0.724$$

$$U=1.38 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$$

$$U=1.38 \text{ W / m}^2 \times \text{K}$$

La envolvente de la vivienda social tipo, es de ladrillo visto por la cara externa (12 cm de espesor), por la cara interna está revestido por revoco de cemento. La envolvente de la propuesta, está constituido por bloques de adobes (27 cm de espesor), por la cara exterior revoco de cemento, por la cara interior mortero de cal y enlucido de yeso.

Los resultados de transmitancia de los cerramientos de bloques de adobe, nos da un valor de **U=1.38 W / m² x K**, en relación al los resultados del muro de ladrillo cara vista que es, **U=3.12 W/m² x K. 8**, (Ver tabla Nº 22 y 23).

Estos resultados demuestran que la resistencia térmica de la capa del cerramiento formado por el muro de ladrillo visto es baja con relación al conjunto de capa del muro de bloque de adobe. Por lo tanto la transferencia de calor transportado de las regiones de alta temperatura a regiones de baja temperatura también será más rápida en el muro de ladrillo.

5.8.2. Ventanas

Tabla Nº 24, Cálculo de transmitancia térmica de elementos transparentes, vivienda social actual.

CÁLCULO DE VENTANA CON VIDRIO SIMPLE sin cámara de aire(Vivienda social actual)

$$U h = (A_v \times U_{h,v} + A_m \times U_{h,m} + \Psi \times l) / A_v + A_m$$

Ventana= 1.5 ×1.10 = 1.65 m²

carpintería de madera (U_{h,m}= 1.2 W/m² x K)

vidrio simple sin cámara de aire= 5.7 W/ m² x K = U_{h,v}

ancho de marco de carpintería= 0.10 cm

*Ψ x l (estos se eliminan)

*Estos datos solo se usan en vidrios dobles

$$U h = (A_v \times U_{h,v} + A_m \times U_{h,m} + \Psi \times l) / A_v + A_m$$

$$A_v = 2 \times 0.90 \times 0.55 = 0.99 \text{ m}^2$$

$$A_m = 2 \times 0.1.5 \times 0.10 + 4 \times 1.10 \times 0.10 = 1.19 \text{ m}^2$$

$$U h = (A_v \times U_{h,v} + A_m \times U_{h,m}) / A_v + A_m$$

$$U_h = 0.99 \times 5.7 + 1.19 \times 1.2 / 0.99$$

$$\times 1.19$$

$$U_h = 7.07 / 2.18$$

$$U_h = 3.24 \text{ W / m}^2 \times \text{K}$$

Tabla Nº 25, Cálculo de transmitancia térmica, elementos transparentes propuesta

CÁLCULO DE VENTANA CON CAMARA DE AIRE DE 6 mm(propuesta)

Datos

Ventana= 1.5 ×1.10 = 1.65 m²

carpintería de madera (U_{h,m}= 1.2 W/m² x K)

vidrio doble con cámara de aire de 6 mm de calidad

estándar U_{h,v}= 3.3 W/ m² x K

Impacto intercalario Ψ= 0,04 (tabla)

Ancho de carpintería = 0.10

*U_{h,v} = 3.3

*U_{h,m}= 1.2

*Ψ= 0.04

* datos extraídos de tabla

$$U h = (A_v \times U_{h,v} + A_m \times U_{h,m} + \Psi \times l) / A_v + A_m$$

$$A_v = 2 \times 0.90 \times 0.55 = 0.99 \text{ m}^2$$

$$A_m = 2 \times 1.50 \times 0.10 + 4 \times 1.10 \times 0.10 = 1.19 \text{ m}^2$$

$$l = 2 (0.90 + 0.55 + 0.90 \times 0.55) = 5.8 \text{ m}^2$$

$$U h = (A_v \times U_{h,v} + A_m \times U_{h,m} + \Psi \times l) / A_v + A_m$$

$$U_h = 0.99 \times 3.3. + 1.19 \times 1.2 + 0.04 \times 5.8 / 2.18$$

$$U_h = 4.92 / 2.18$$

$$U_h = 2.25 \text{ W/ m}^2 \times \text{K}$$

coeficiente transmisión térmica elementos transparentes U_h
<p>*se consideran tres zonas</p> <p>*Zona vidriada caracterizada por $U_{h,v}$ y su superficie A_v</p> <p>*Zona de marco caracterizada por $U_{h,m}$ y su superficie A_m</p> <p>*Influencia del intercalario en vidrios dobles caracterizado por Ψ y su longitud L</p>

La cantidad de radiación solar que alcanza un edificio y penetra en el, fundamentalmente es a través de sus elementos transparentes, permite en régimen de invierno aportar una cierta cantidad de energía gratuita, pero en régimen de verano provoca un sobrecalentamiento que debe minimizarse en la medida de lo posible.

Tabla Nº 26, Valores de transmitancia térmica de vidrio $U_{h,v}$ (W / m² x K)

clase	tipo	Esp. cámara	Rell. aire	Rell. argón	Rell. kriptón
sencillo	estándar		5.7		
dobles	estándar	6 mm	3.3	3.0	2.7
		9 mm	3.0	2.8	2.6
		12 mm	2.9	2.7	2.5
	bajo emisivo	6 mm	2.6	2.1	1.5
		9 mm	2.1	1.7	1.2
		12 mm	1.8	1.5	1.2

Tabla Nº 27, Transmitancia térmica de marco de carpintería

transmitancia térmica de marco de carpintería		$U_{h,m}$ (W/m ² x K)
tipo		
madera		1.2 a 2.3
plástico		de 1.8 a 2.4
metálica	con rotura de puente térmico	de 2.6 a 3.8
	sin rotura de puente térmico	de 6.5 a 7.5

**Tabla Nº 28,
influencia del intercalario en vidrios dobles**

tipo de carpintería	vidrio doble estándar	Vidrio doble bajo emisivo.
madera o plástico	0.04	0.06
Metal. Con rotura puente térmico	0.06	0.08
Met. Sin rotura puente térmico	0.00	0.02

Los acristalamientos de ventana de la vivienda social actual, son de 4 mm de espesor, no contemplan ningún tipo de aislamiento térmico en el mismo. Los acristalamiento de la propuesta, tienen vidrios dobles con una cámara de aire intermedia de 6 mm, esta cámara funciona como aislante térmico, limitando la transferencia rápida de las ganancias energéticas por medio de este.

Los cálculos de elementos transparentes muestran que la transmitancia térmica de los vidrios de la vivienda social tipo existente nos dan un valor muy superior a la de la propuesta; vivienda social actual, $U_h=3.24 \text{ W / m}^2 \times \text{K}$; propuesta con cámara aislante $U_h= 2.25 \text{ W/ m}^2 \times \text{K}$. Podemos notar que el aislamiento de la cámara de aire de la propuesta, da mejores resultados con relación al vidrio sencillo sin cámara de aire.

5.8.3. Cubierta

Tabla Nº 29, Cálculo de transmitancia de cubierta de vivienda social actual (sin aislamiento ni cámara de aire)

MATERIAL	ESPESOR(m)	Lambda W/m x K	R. Térmica m ² x K/W	Densidad (kg/m ³)	Calor Esp. (J/kg K) x10
	d	λ	d/λ		
Rse	—	—	0.04	—	—
Teja colonia			0.05		
cámara aire no ventilada	0.03	—	0.18	—	—
mortero cemento	0.03	1.40	0.021	2000	1.10
enlucido yeso	0.015	0.40	0.038	800	1.00
Rsi	—	—	0.10	—	—

$$U=1/(Rse+r.ext +Rg+R.int+Rsi)*$$

$$U= 1/ (0.04+0.05+0.18+0.059+0.10)$$

$$U= 1/ 0.429$$

$$U= 2.33 \text{ W/ m}^2 \times \text{K}$$

*formula de cerramiento sin cámara de aire

Tabla Nº 30, Cálculo de cubierta con aislamiento y cámara de aire ventilada de la propuesta

MATERIAL	ESPESOR(m)	Lambda W/m x K	R. Térmica m ² x K/W	Densidad (kg/m ³)	Calor Esp. (J/kg K) x10
	d	λ	d/λ		
*Rse	—	—	0.04	—	—
Teja colonia			0.05		
cámara aire no ventilada	0.03	—	0.18	—	—
mortero cemento	0.03	1.40	0.021	2000	1.10
cámara de aire ventilada	0.05		0.18	—	—
polietileno expandido	0.07	0.037	1.89	20	1.45
Varillas de caña hueca	0.015	0.13	0.115		
*Rsi	—	—	0.10	—	—

* Valores extraídos de tabla

$$U=1/(Rse+r.ext +Rg+R.int+Rsi)*$$

$$U=1/(0.004+ 0.15+0.18+2.00+0.10)$$

$$U= 1/ 2,47$$

$$U= 0.40 \text{ W/ m}^2 \times K$$

La cubierta no ventilada de la casa social tipo actual, tiene una sola hoja formada por varias capas, que separa el interior de la vivienda del exterior, y esta constituida por una capa de mortero de cemento- paja, sobre este van los listones de madera y luego las tejas de cerámica. Por la parte interior lleva un acabado fino de enlucido de yeso. Todas estas capas forman la cubierta, que son sostenidas por una estructura de tijera de madera.

La cubierta con cámara de aire ventilada de la propuesta, mantiene las tijeras de madera como estructura portante. La cubierta está compuesta por dos hojas, formada por varias capas que están separadas por una cámara de aire ventilada. La hoja interior está formada por un tablero de fibra de madera, aislamiento y varillas de caña hueca; la hoja externa lleva listones de madera y tejas cerámicas.

Los resultados del cálculo de transmitancia de la cubierta sin aislamiento de la casa social tipo, dan resultados muy altos con relación a la cubierta ventilada aislada de la propuesta. La cubierta sin aislamiento nos da un coeficiente **U= 2.33 W/ m² x K**, muy superior a la cubierta ventilada con aislamiento con un coeficiente **U= 0.40 W/ m² xK**. (valor del coeficiente de transmitancia térmica, mientras más bajo, más resistente al flujo de calor) Ver tabla Nº 29 y 30.

La cámara de aire ocluida dentro del cerramiento de la cubierta, también aporta una cierta resistencia al flujo de calor, retrasando su paso a través de la estructura de la cubierta hacia el interior, sin embargo el aislamiento interior evita la transferencia de calor en las diferentes épocas del año.

Los aislantes térmicos son aquellos productos cuya conductividad térmica es inferior a 0.060 W/ M x K, y cuya resistencia térmica es superior a 0,25 m² x k/ W. Por lo tanto si el valor del

coeficiente de transmitancia térmica de un material U es elevado, será también menos resistente al flujo de calor.⁶⁰

5.8.4. Masa térmica

La masa térmica es la capacidad térmica que posee el edificio. La cantidad de calor que es capaz de almacenar un cerramiento debido a las variaciones de temperatura referidas a una cara del cerramiento se le denomina capacidad térmica y tiene el símbolo Cm. Más frecuentemente esta capacidad térmica es la cantidad de calor que acumulan las capas de un cerramiento en su interior debido a la oscilación de temperatura.⁶¹

Es fundamental para cada cerramiento (muros, vidrios o cubierta), calcular la transferencia de calor en función de su espesor, conductividad térmica, densidad y calor específico.

La masa térmica se calcula mediante la fórmula, $C = \text{Volumen} \times \text{densidad} \times \text{calor específico del material}$.

Tabla Nº 31, Cálculo de capacidad térmica de la propuesta

Material	Volumen m3	Densidad kg/m3	Calor esp. KJ/kg x K	TOTAL
muro adobe	33,47	1600	0,85	45519,2
pared interior	14,3	1800	0,84	21621,6
medianeras	19,62	1800	0,84	29665,4
muro de ladrillo macizo 0.30	6,84	1800	0,84	10342,1
cubierta teja*	36,24	1650	0,84	50228,6
cubierta Hormigon	2,46	2400	1,06	6258,2
suelo	27	1850	0,98	48951,0
				212586,2

Total/área útil= total
final

212586,2/ 125= **1700,68 k J/ m2· K (Area util)**

$C = V \times D \times \text{Cal. esp.}$
--

C= masa térmica

V= volumen

D= densidad de material

CAL. ESP= calor específico

⁶⁰ Josep Solé Bonet. Aislamiento térmico en la edificación, Nou Silva equips SI, Barcelona 2000.

⁶¹ Josep Solé Bonet. Aislamiento térmico en la edificación, Nou Silva equips SI, Barcelona 2000.

* Se considero el espesor de material del aislante hacia adentro

Msi= espesor x densidad
A= Volumen
Mi= Msi x área
Msi= masa de inercia interior
A= área de cada cerramiento

Tabla Nº 32, Cálculo de capacidad térmica de la casa actual

Material	Volumen m3	Densidad kg/m3	Calor esp. KJ/kg x K	TOTAL
muro de ladrillo	15	1800	0,84	22680,0
p.interior	2.5	1800	0,84	3780,0
cubierta teja*	18	1650	0,84	24948,0
suelo	13	1850	0,98	23569,0
				74977,0

Total/area util= total final

$$74977 / 65 \text{ m}^2 = 1153.49 \text{ KJ/K} \cdot \text{m}^2$$

Tabla Nº 33, Clasificación de capacidad térmica

CLASIFICACION SEGÚN SU INERCIA TERMICA		
Clase de inercia	Criterio masa interior Mi/ S útil	Criterio acumulación de calor C/S útil
Muy baja	< 100 kg/ m2	< 100 k J/ m2 · K
Baja	< 150 kg/ m2	< 150 k J/ m2 · K
Media	< 400 kg/ m2	< 400 k J/ m2 · K
Alta	> 400 kg/ m2	> 400 k J/ m2 · K

Para clasificar el edificio en función de su inercia térmica o capacidad de acumulación de calor, suele dividirse el resultado total de la capacidad térmica de la vivienda en la superficie útil de la misma, esto nos da un resultado en **k J/ m2· K**. Ver tabla Nº33.

De acuerdo con los criterios anteriores, los edificios pueden clasificarse en relación a la capacidad de acumulación de calor o inercia térmica según la tabla 33.

Según los resultados obtenidos en el cálculo de inercia térmica de la propuesta, nos da un resultado de **1700,68 k J/ m2 · K**, este es mayor de **400 k J/ m2 · K**. (ver tabla nº32). Sin

embargo los resultados de la masa térmica de la casa social actual nos da un valor de **1153.49 KJ/K · m2**, mucho menor que el de la propuesta. No obstante a pesar de que la masa térmica de la casa social es alta (de acuerdo a la tabla de clasificación), la de la propuesta es mucho superior con relación a esta.

5.8.5. Conclusión parcial

Se demuestra que la resistencia térmica del muro constituido por bloques de adobes son dos veces más resistentes al transferencia de calor, que los muros de ladrillo cara vista, limitando las ganancias o pérdidas de calor.

Queda comprobado que la cubierta ventilada- con aislamiento interior, es mucho más eficiente térmicamente con relación a la cubierta sin aislamiento. Por lo tanto, la cubierta ventilada con aislamiento, limita las ganancias térmicas del exterior y el flujo de calor es despreciable con relación a la cubierta no aislada

Se comprueba que la cámara aislante de los acristalamientos, mejoras las condiciones térmicas de los ambientes interiores y por lo tanto es más resistente al flujo de calor con relación a los cristales simple sin cámara de aire,(aislamiento) Ver tabla N° 24 y 25.

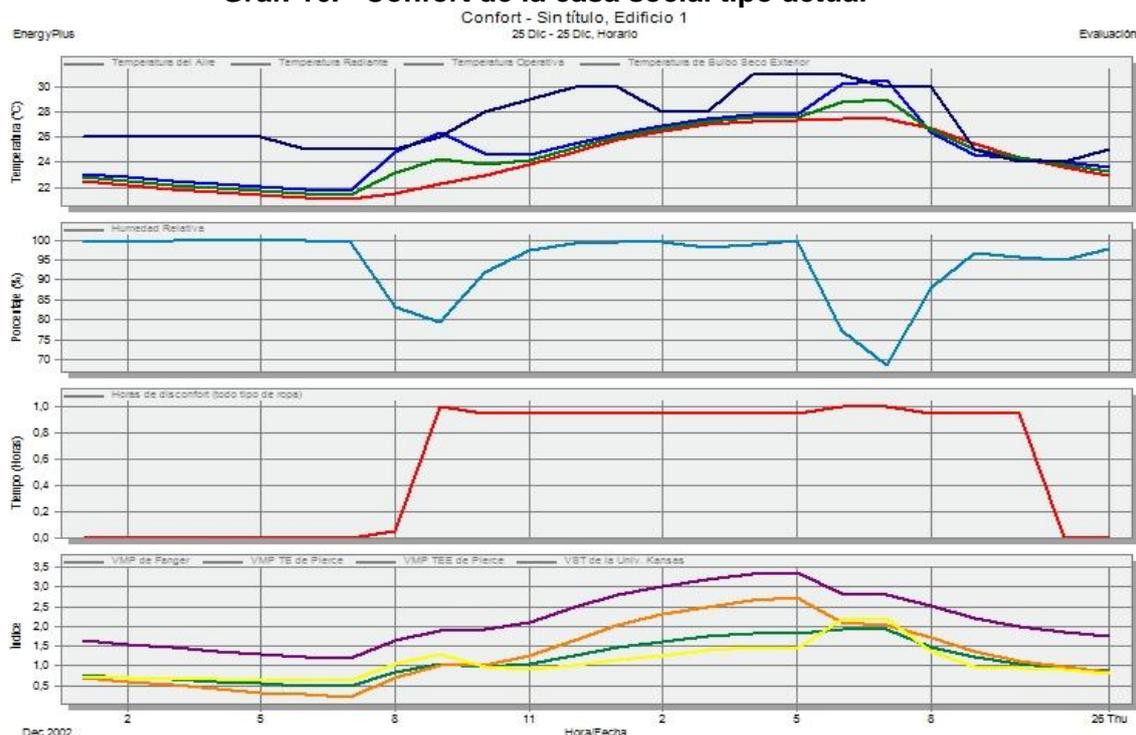
Se demuestra a través de los cálculos de los materiales, que la propuesta posee una alta inercia térmica, y mucho más que el de la casa actual, por lo tanto producirá una mejora en las condiciones de confortabilidad. A mayor capacidad térmica de los elementos de la vivienda, menores serán las variaciones de temperatura en el interior de los ambientes.

La inercia térmica es la propiedad de la estructura por la cual este elemento acumula, amortigua y desfasa la onda térmica.

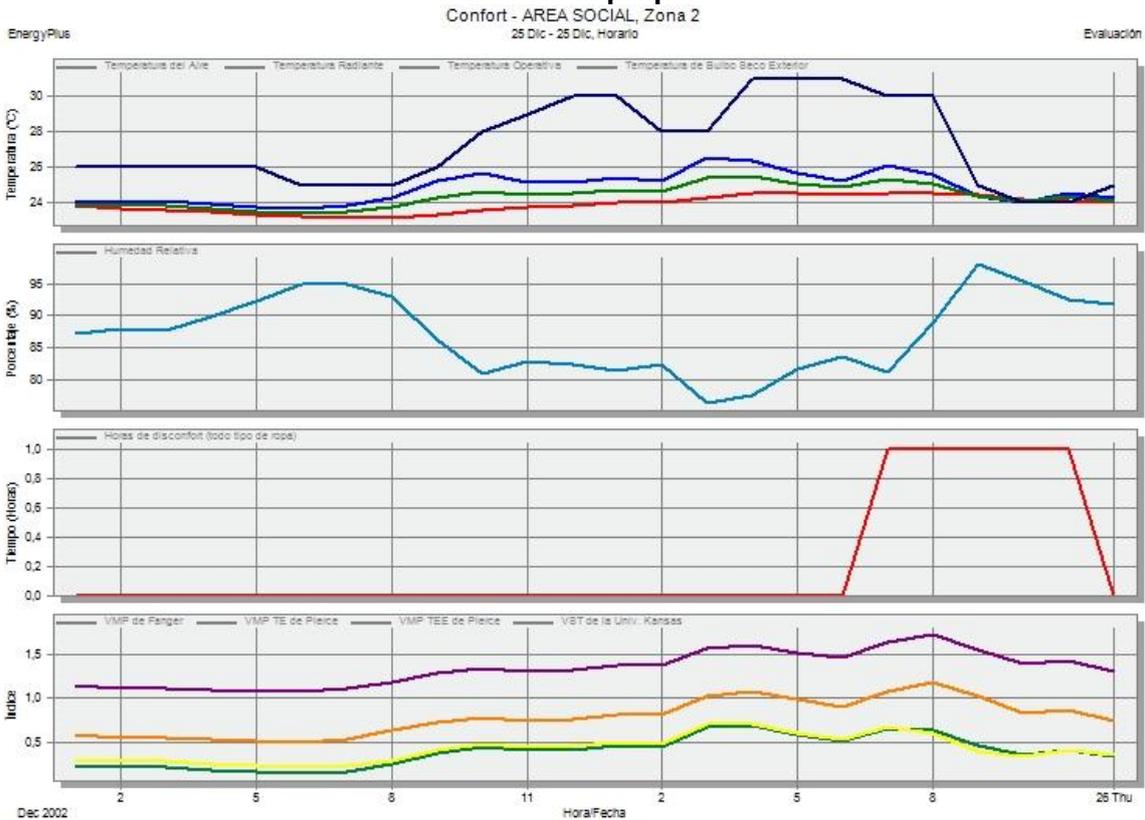
5.9. SIMULACIÓN TÉRMICA

Estas simulaciones mostraran los resultados de la temperatura interior de la vivienda tipo con respecto a la propuesta, y se demostrara las mejoras a nivel general.

Graf. 16. Confort de la casa social tipo actual



Graf. 17. Confort de la propuesta



El comportamiento térmico de la vivienda social existente, según el gráfico de confort, muestra que la temperatura interior no es constante a lo largo del día. En las horas más cálidas de la jornada, la temperatura del bulbo seco exterior se encuentra en 31 grados centígrados, mientras que en el interior presenta una temperatura de 29 grados centígrados. La temperatura exterior es muy cercana a la interior, encontrándose fuera de la zona de confort.

También podemos notar que la temperatura del aire interior, operativa y radiante, están relativamente juntas, esto aumenta el disconfort en los espacios interiores a consecuencia de esto. La temperatura radiante de la envolvente de la edificación afecta la temperatura operativa de forma negativa, cuando se encuentra demasiado próxima una de otra.

En el gráfico del comportamiento térmico de confort de la propuesta, podemos notar que la temperatura operativa interior se mantiene constante a lo largo del día, y al mismo tiempo se encuentra dentro de los márgenes de confort (24 - 26 grados centígrados), mientras que en el exterior presenta una temperatura de 31 grados centígrados, 5 grados por encima.

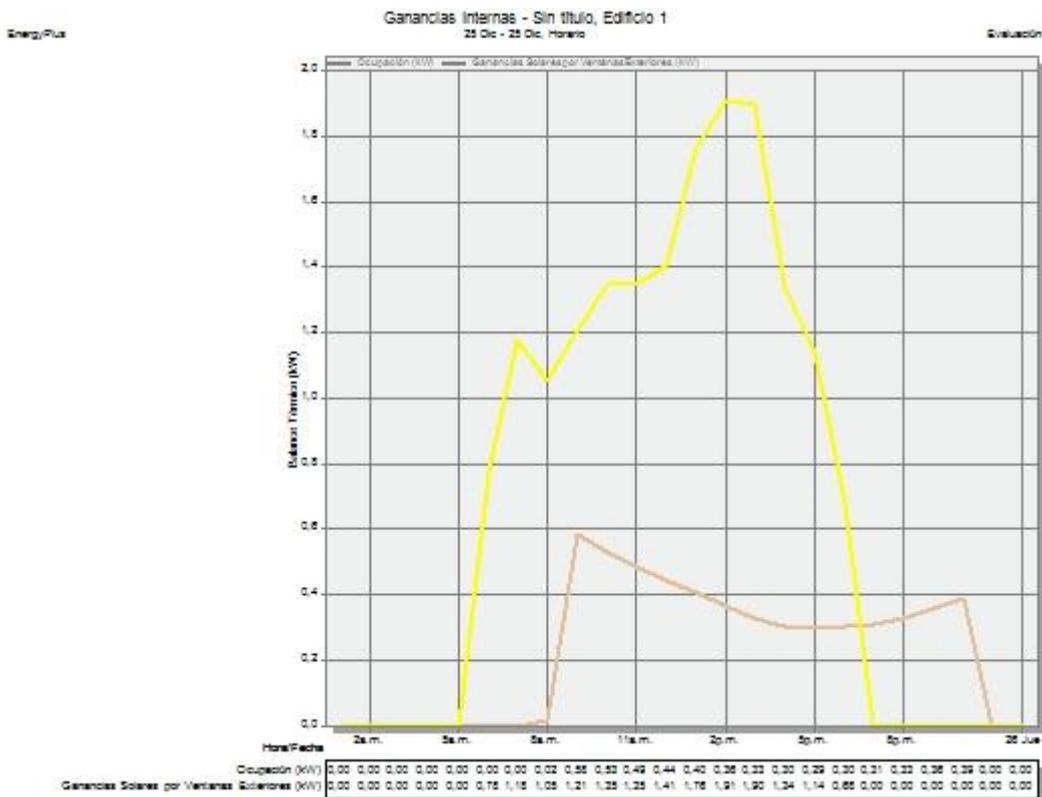
Durante la noche alrededor de las 22:00 horas hacia adelante, cuando las temperaturas bajan, en el interior oscila entre los 24.32 grados centígrados y en el exterior, presenta una temperatura de 24 grados centígrados; solo durante la noche, la temperatura operativa interior es muy similar a la temperatura del aire exterior.

Esto demuestra que la envolvente de la vivienda social actual posee muy poca masa térmica, y por lo tanto el flujo de calor atraviesa muy rápido la envolvente de la vivienda, consiguiendo por lo tanto un sobrecalentamiento de los espacios interiores y saliendo de la zona de confort.

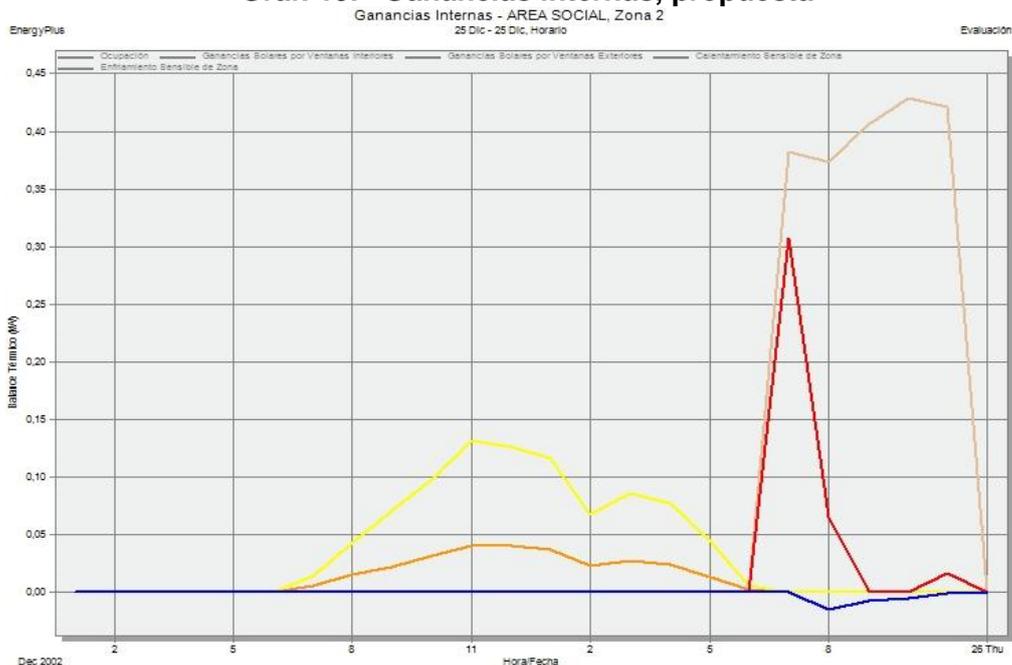
La temperatura interior de la propuesta, al ser constante a lo largo del día, demuestra tener un buen comportamiento térmico dentro de los espacios, ya que la inercia térmica de la envolvente de la vivienda amortigua la onda de calor; con relación a la vivienda social actual, que presenta muy poca inercia térmica en su estructura y por lo tanto la transferencia de calor del exterior al interior es muy rápida, en esta última.

Las horas de disconfort de la propuesta, es mucho menor que la que presenta la vivienda social actual. Estas se presentan a partir de las 19 hasta las 23 horas en el caso de la propuesta, esto se debe a la elevada humedad interior que se introduce por medio de las brisas exteriores, esto se limitaría, evitando abrir las ventanas durante estas horas, para que el aire exterior no afecte el interior y por lo tanto no suba la humedad relativa en el interior de los espacios. En el caso de la vivienda actual las horas de disconfort son desde las 9 hasta las 22 horas, eso quiere decir durante prácticamente todo el día, solo durante la noche cuando las temperaturas bajan, la sensación térmica interna es confortable.

Graf. 18. Ganancias internas, casa social actual

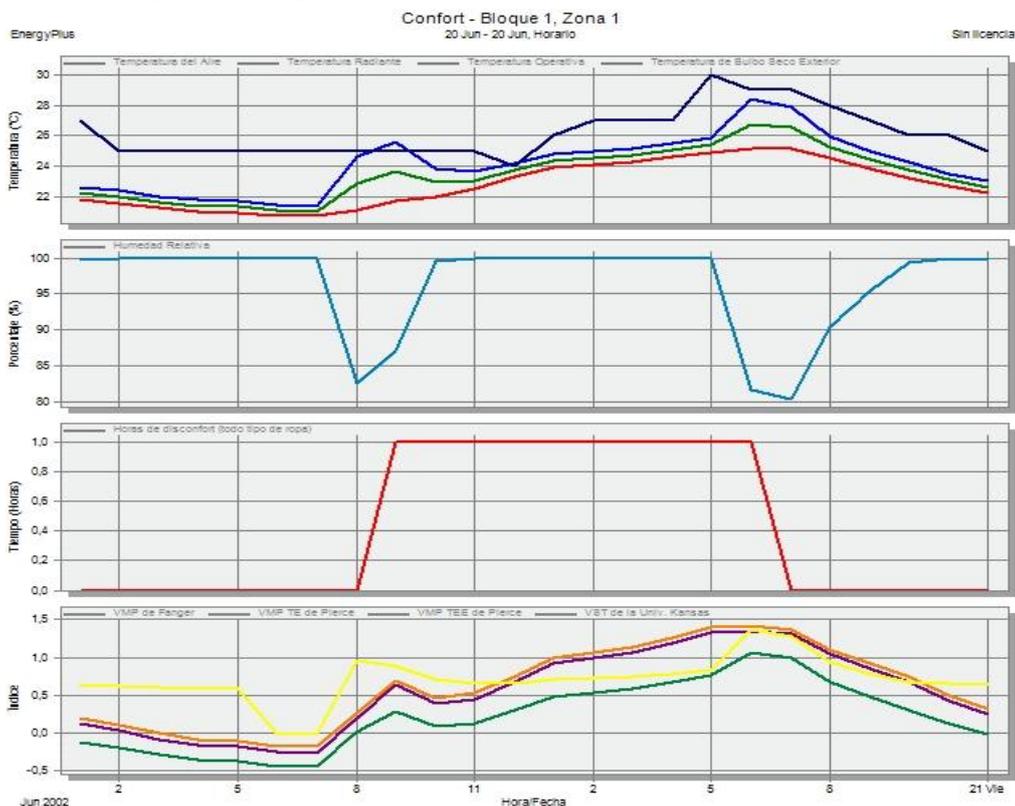


Graf. 19. Ganancias internas, propuesta



Como muestra el grafico de ganancias internas de la casa social actual, la mayoría son generadas por las ganancias solares por ventanas exteriores, en consecuencia por no poseer protecciones solares en ningunas de ellas, por ese motivo la elevada ganancias solares son muy altas. Sin embargo las ganancias solares de la propuesta que tiene protecciones solares en todas las aberturas, presenta un 90% menos que las ganancias de la vivienda social actual.

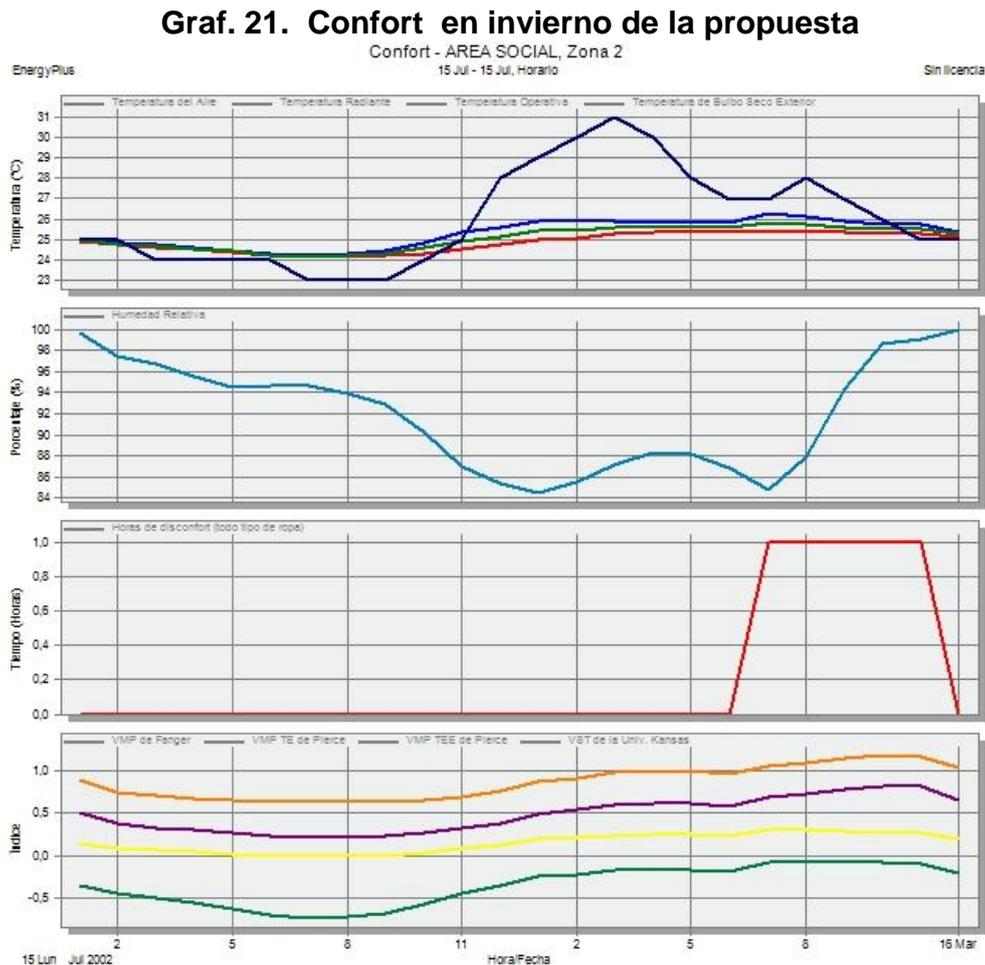
Graf. 20. Confort en invierno de la casa social actual



Según el gráfico de confort de la vivienda social actual, en época de invierno, su comportamiento termico tambien es inconstante a lo largo del dia, esto a la alta humedad y poca masa termica que esta presenta. La temperatura interior se presenta entre 21 y 25,5, mientras que la temperatura exterior esta entre los 24.5 y los 30 grados centigrados.

Según el gráfico de horas de disconfort al igual que la de verano, estas son a partir de las 9 horas de la mañana hasta las 22 horas de la noche.

Graf. 21. Confort en invierno de la casa actual



El gráfico de confort de la propuesta en temporada de invierno, muestra que es contantes con relacion a la de la vivienda social actual, al igual que su temperatura es mas elevada manteniendose entre los 25 y 26 grados centigrados, mientras que la temperatura exterior varia entre los 23 y 31 grados centigrados; la temperatuta interior esta muy cerca de la temperatura de confort. Tambien se puede notar que la diferencia entre la temperatura de verano e invierno no son marcada, ya que los invierno son muy suaves en esta ciudad.

5.9.1. Conclusión parcial

Según los resultados de las simulaciones realizadas en el programa desing builder, observamos que las simulaciones de la propuesta se acercan a la zona de confort sin necesidad de utilizar sistemas mecanicos.

Demostrando que tanto en la época de verano como la de invierno, la temperatura interior de la casa bioblumatica de la propuesta, se mantiene constante con relacion a la casa actual,

presentando una temperatura de 5 grados menos con relacion a la temperatura del bulbo seco exterior (horas picos), mejorando la sensacion termica y dismuyendo las horas de disconfort en el interior de de las estancias.

10. CONCLUSIONES

5.10.1. Conclusiones generales

A pesar de que este trabajo de investigación se ha contado con limitantes económicos, que han restringido la utilización de ciertos materiales con buenas propiedades térmicas, se ha conseguido controlar las condiciones de confort térmico, que garantiza la habitabilidad de las viviendas.

Se ha demostrado a través de los diferentes análisis, simulaciones y cálculos, que sí es posible construir un modelo de vivienda social bioclimática sin un incremento económico significativo del presupuesto de la misma. De esta forma, se pueden mejorar las condiciones de confort térmico dentro de las viviendas, mejorando a su vez la calidad de vida de las familias.

De este modo se demuestra, como, sin mayor coste económico, las viviendas propuesta puede reducir su consumo energético, poniendo en marcha varias estrategias arquitectónicas que permiten que la vivienda se autor regule térmicamente; solo por su estructura, sin recurrir a costosos y contaminantes mecanismos.

5.10.2. Conclusiones sobre el modelo de vivienda

Se ha conseguido un genera un diseño armónico que podríamos definirlo como bioclimático: conjunto de estrategias arquitectónicas que con llevan al ahorro energético y el control de la temperatura interior. Nada aparece fuera de lugar, cada elemento arquitectónico tiene un sentido y una función.

Se ha conseguido generar ventilación cruzada en el interior de la vivienda, mediante la forma de la cubierta, que extrae el aire caliente por efecto venturi, y gracias al gradiente térmico entre las diferentes fachadas, actuando sobre la velocidad del aire. Esta funciona en conjunto con el patio vegetal central.

Se ha conseguido crear un microclima beneficioso para el interior de la vivienda, gracias al uso de vegetación, de hoja caduca en el patio central. Éste funciona, como tamizador de los rayos solares y proporciona protección, a los vanos de puertas y ventanas de este sector; al mismo tiempo que actúa como espacio acumulador de aire fresco en su parte baja, para luego introducirlo al interior. Al estar el patio a menor temperatura que las fachadas exteriores se mejora la sensación térmica de los espacios aledaños de forma favorable.

Se ha demostrado que gracias a las protecciones solares en vanos de ventanas, y uso de elemento arquitectónicos como: voladizos y porche, han mejorado el comportamiento térmico de las viviendas en comparación con la vivienda social existente. El tipo de materiales utilizado en la envolvente como: los cerramientos con gran inercia térmica, cubierta y vidrio con cámara de aire, y aislamiento, evitando la transmisión energética excesiva del exterior al interior, ayudándonos acercándonos a la temperatura de confort.

Se ha conseguido bajar, aun más la temperatura interior de los ambientes de la vivienda modelo con relación a la vivienda tipo, sustituyendo el ladrillo macizo de cerámica, por materiales con buenas propiedades térmicas (cerramientos de bloques de adobe).

En época de verano el uso de la ventilación nocturna, permite el enfriamiento de la casa de forma pasiva.

Se ha conseguido una disminución máxima del consumo energético y la optimización de recursos mediante la utilización de recursos del lugar, como los bloques de adobe hechos de tierra arcillosa del sitio.

Se ha desarrollado el sistema de reciclado de aguas pluviales, que permite una mejora considerable, en término de uso de agua en la vivienda respecto al prototipo tradicional.

Esta propuesta, de reciclado de aguas pluviales, incrementa entre 15 a 20% el coste de la vivienda, con una amortización de la inversión, recuperada por el ahorro del consumo, en 2 años.

Se ha conseguido desarrollar un modelo de vivienda, que sirva de referencia para constructores y académicos de Santa cruz de la Sierra, y también podrá ser utilizado en aquellos lugares de la climatología es similar.

El desarrollo de este trabajo de investigación ayudará a aquellas personas que estén interesados en la arquitectura bioclimática. Les ayudará a entender con mayor claridad los conceptos que rigen este tipo de arquitectura; abriendo la investigación en un tema que falta mucho por desarrollar en estas latitudes como es el caso de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

5.11. ANEXOS

Lamina 1- Bosquejo de premisa de diseño I

Lamina 2- Bosquejo de premisa de diseño II

Lamina 3- planta y sección de conjunto

Lamina 4- planta arquitectónica de conjunto

Lamina 5-planta de techo y fachadas laterales

Lamina 6-planta arquitectónica y fachada

Lamina 7- secciones del proyecto

Lamina 8- planta de techo primera etapa

Lamina 9- planta arquitectónica y fachada

Lamina 10- secciones primera etapa

Lamina 11- planta y fachadas gemelas

Lamina 12- planta de cimentación y detalles

Lamina13- características bioclimáticas I

Lamina14- características bioclimáticas II

Lamina 15- características bioclimáticas III

Lamina 16- detalles constructivos I

Lamina 17- detalles constructivos II

Lamina 18- vistas orientación Nor-oeste

Lamina 19- vistas orientación Nor-este

Lamina 20- vistas frontal orientación norte

5.12. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS LIBROS

Cedure Arq. Fernando Prado Salmon. **Perfil ambiental de Santa Cruz de la sierra**, El País 2000.

Universidad Mayor de San Simón- Arq. Jorge Edgar Camacho Saavedra. Laboratorio de Confort Ambiental. **Caracterización climática para la vivienda tropical**, mayo 2006.

Instituto de la vivienda facultad de arquitectura y urbanismo. **Vivienda Social- Tipología del desarrollo progresivo**, universidad de chile.

José de Mesa y Teresa Gisbert. **Monumentos de Bolivia.** Gisbert, La Paz- Bolivia 2002.

Maritza Helena Castellanos Ramos. **Tesis doctoral- Manual de diseño de Arquitectura Bioclimática para el clima tropical colombiano**, Madrid 1992

Guillermo Enrique Gonzalo. **Manual de arquitectura bioclimática**, Nobuko, Tucuman- Argentina 2003.

Universidad Autónoma Metropolitana. **Introducción a la Arquitectura Bioclimática**, Limusa Noriega Editores, México 2001.

Javier Neila González. **Arquitectura Bioclimática (en un entorno sostenible)**, Munilla- Leira, Marzo 2004.

Víctor Olgay. **Arquitectura y Clima**, Gustavo Gili, S.A., Barcelona 1998

Guillermo Yañez. **Arquitectura Solar-** Aspecto pasivo bioclimáticos e iluminación natural, Rugarte s.l., Madrid 1988.

Carlos Flores Marini. **¿DE QUE TIEMPO ES ESTE BARROCO? Arquitectura Popular o Arquitectura Vernácula**, Universidad Autónoma de México.

Hugo Pereira Gigogne. **HABITERRA- Exposición Iberoamericana de construcciones de tierra, Escala tecnológica para vivienda Social**, talleres litográficos Escala, Colombia 1995.

Serra Florensa Rafael. **Arquitectura y energía natural**, Ediciones UPC, Barcelona 2001.

Camacho Saavedra Jorge. **Caracterización Bioclimática para la vivienda tropical- Santa cruz de la Sierra-** SENAM 2do SEMINARIO NACIONAL DEL AMBIENTE, Cochabamba, Mayo 2006.

Josep Solé Bonet. **Aislamiento térmico en la edificación**, Nou Silva equips SI, Barcelona 2000

Bibliografías de artículos y revistas

Diego Enrique Duran Caballero. **Monografía de santa Cruz**, Editorial Colegio la Salle, Santa Cruz 2002.

Bibliografía de Artículos publicados en internet

www.bolivia.com/turismo/ciudades/santa_cruz, Artículo publicado en Internet.

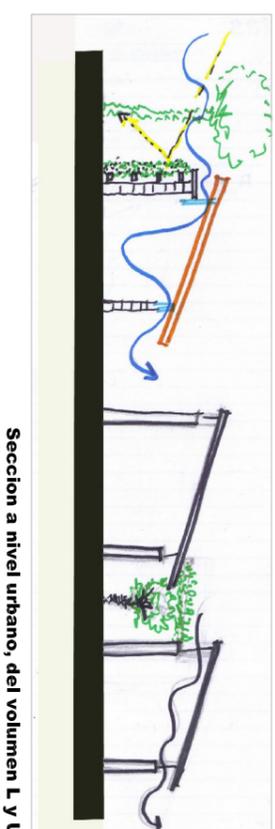
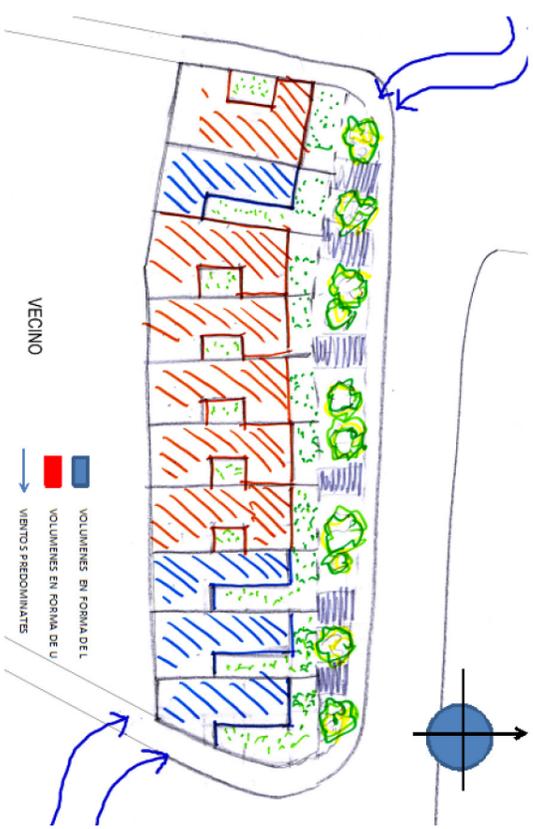
INE Instituto Nacional de Estadística, **Censo Nacional de población y vivienda 2001**, Publicado en internet.

RENASEH. **Panorama de la vivienda social en Bolivia**, Artículo en internet, octubre 2004.

Internet. **Arquitectura sostenible, conceptos Bioclimáticos Básicos.**

Jimena Ugarte, **Guía de Arquitectura Bioclimática- Construir en países cálidos**, Instituto de arquitectura tropical, Costa Rica.

PRIMEROS ESQUEMAS DEL DISEÑO URBANO



Sección a nivel urbano, del volumen L y U

El crear espacios verdes alrededor de la vivienda controla de forma eficiente la incidencia solar, al mismo tiempo tener áreas con diferente gradiente térmico, favorece la ventilación cruzada en toda la vivienda. Una de las premisas importantes de diseño fue tratar de usar sistemas pasivos, para conseguir viviendas con espacios con sensación térmica confortables dentro de ellas, haciendo buen uso de la orientación, elementos arquitectónicos, y utilización de materiales del lugar con propiedades aislantes.

Era primordial el crear espacios verdes alrededor de la urbanización al igual que dentro de la misma vivienda, evitando obstruir la ventilación; los patios tienen esa función poder captar la ventilación e introduciría a la vivienda de forma controlada, de esa manera aprovechar el aire para refrescar o calentar los espacios internos.

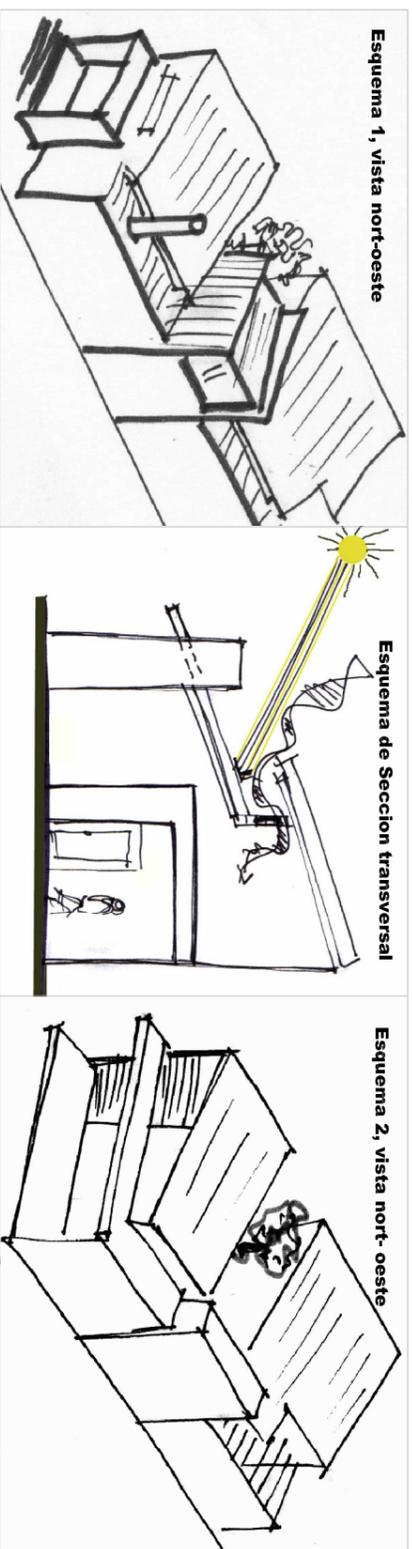
La cubierta es un elemento que se ha tratado de forma especial, al captar los rayos solares durante la mayoría del año. Además los resultados del análisis climático nos sugieren utilizar para este tipo de clima, cubiertas ventiladas. Por tal motivo era necesario poder crear espacios altos y muy ventilados para controlar la ventilación, esto se logra haciendo que la vivienda posea caldas de techo mas o menos extensas, y colocando cámara de aire y aislamiento en el interior de la cubiertas; al mismo tiempo se ventila el techo de cubiertas, por medio de rejillas abatibles, evitando la concentración del aire caliente en este sector.

El emplazamiento de las viviendas esta en un terreno con tres vías de acceso, una por la parte frontal y dos por el lateral. El terreno esta conformado por 10 parcelas, 8 de igual area y 2 con ciertas variaciones que se encuentra en los extremos.

En las premisas de diseño se tomo en cuenta la orientación de las viviendas, captando la orientación Norte de donde provienen los vientos calidos y un asoleamiento favorable; la fachada este y oeste se controla la radiación solar por medio de algunos parámetros arquitectónicos, así como en la fachada sur.

Al desarrollar el diseño urbano, se tomo en cuenta las orientaciones y el clima de Santa Cruz, que es sub tropical (calido y humedo), es por eso que se trata de crear espacios porosos en la vivienda, abriendo patios internos y favoreciendo la ventilación cruzada, de esa manera poder atenuar la alta humedad del interior de la vivienda. Se crean espacios de transición entre el exterior y el interior de la vivienda (galerías o porches), estos sirven como area social externa y tambien de protección de vanos y puertas tanto del asoleamiento como de las lluvias (época de verano y otoño).

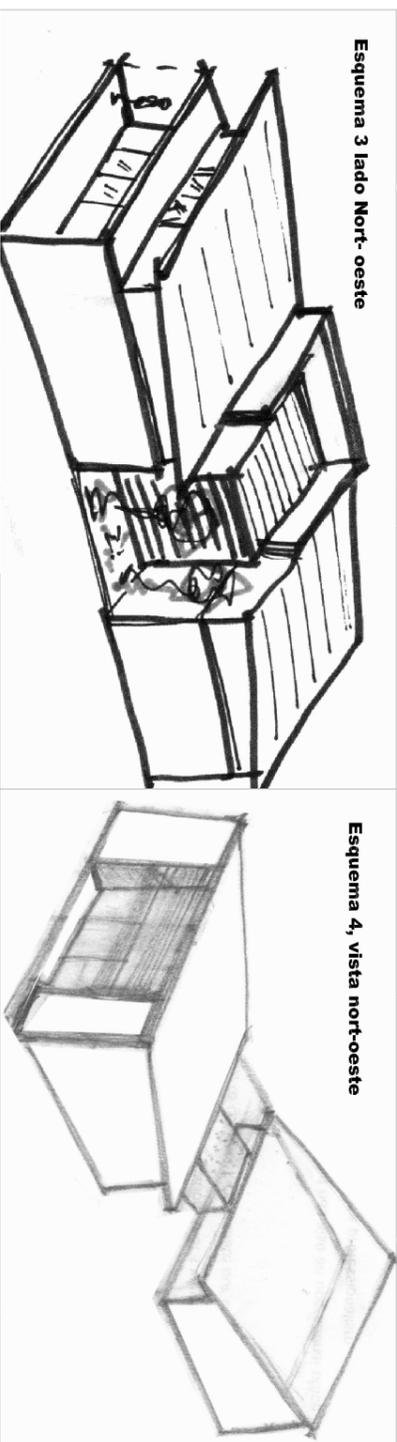
PRIMEROS ESQUEMAS DEL DISEÑO ARQUITECTONICO



Esquema 1, vista nort-oeste

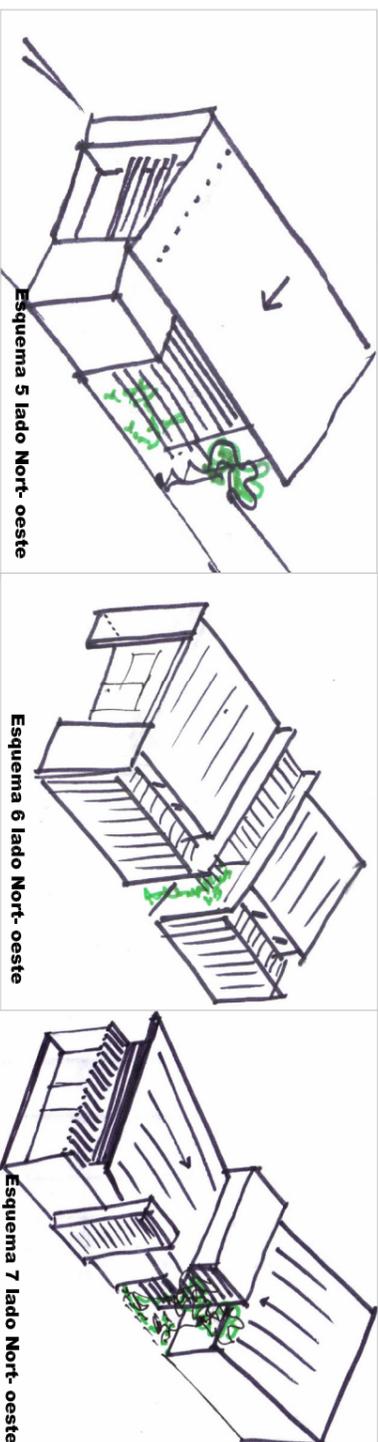
Esquema de Sección transversal

Esquema 2, vista nort-oeste



Esquema 3 lado Nort-oeste

Esquema 4, vista nort-oeste



Esquema 5 lado Nort-oeste

Esquema 6 lado Nort-oeste

Esquema 7 lado Nort-oeste

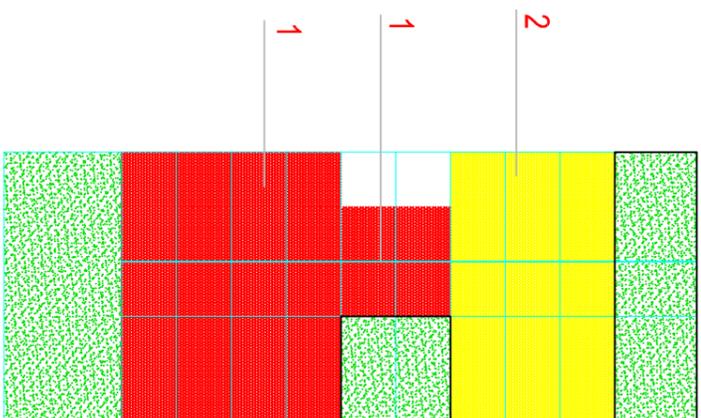
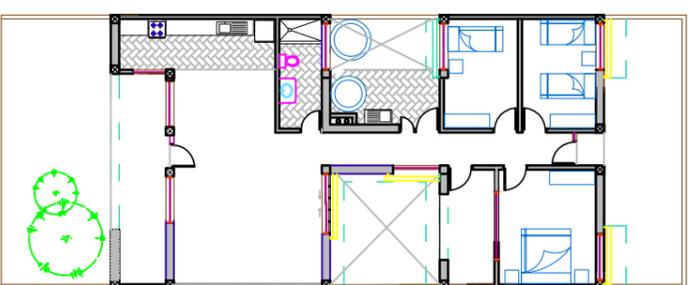
BOSQUEJOS DE PREMISAS DE DISEÑO I

ERIKA HURTADO HURTADO
ARQUITECTO

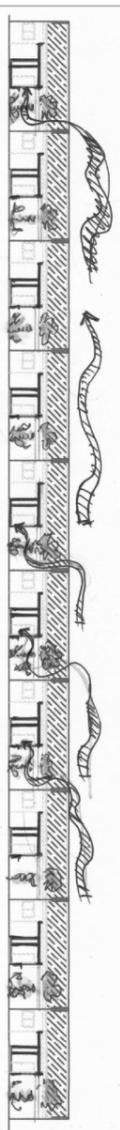
PROYECTO
**VIVIENDA
BIOCLIMATICA**
UBICACION:
SANTA CRUZ DE LA SIERRA, BOLIVIA

01

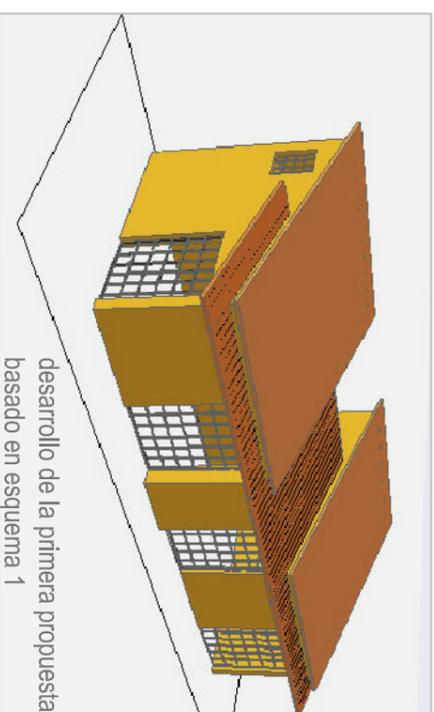
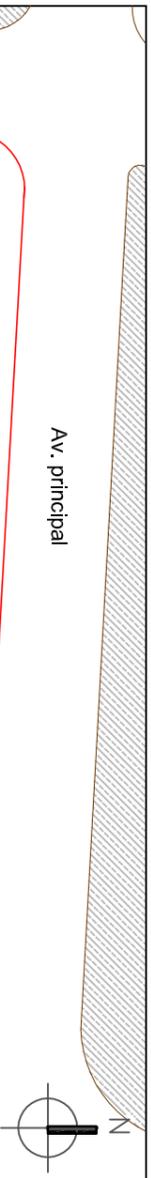
FECHA: AGOST, 2010



Primera etapa
 Segunda etapa
 Area verde



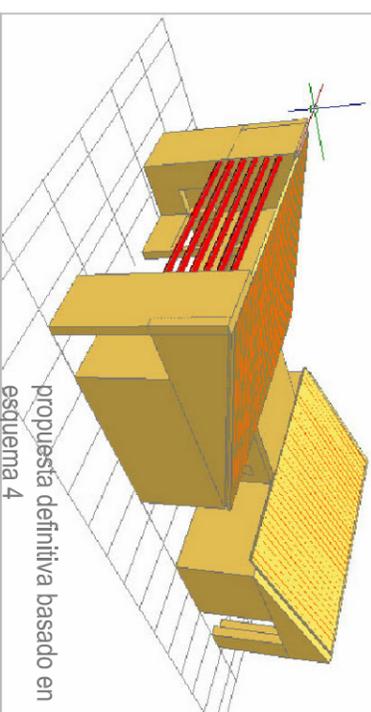
SECCION NORTE Y PLANTA DE LA URBANIZACION (PRIMERAS CORRECCIONES)



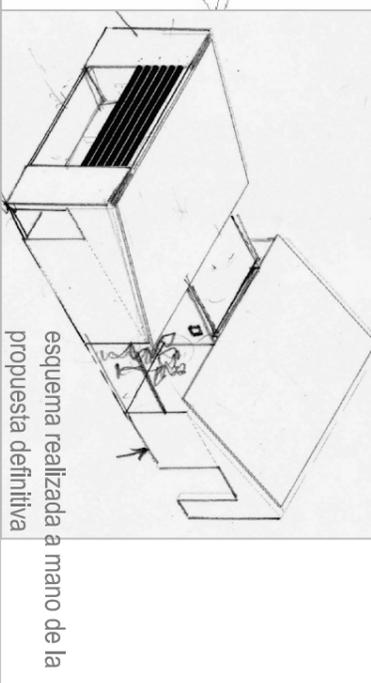
desarrollo de la primera propuesta, basado en esquema 1



desarrollo de la segunda propuesta, basado en esquema 5

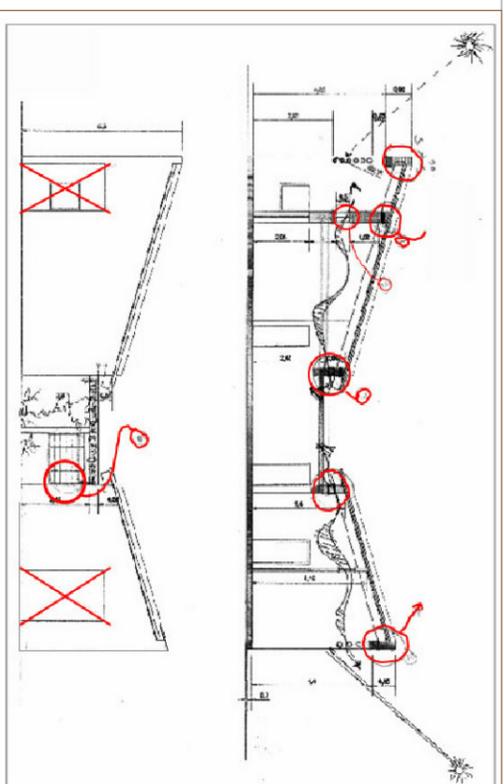


propuesta definitiva basado en esquema 4



esquema realizada a mano de la propuesta definitiva

Se realizaron tres propuestas de vivienda que pudieran cumplir las premisas de diseño, que se mencionaron anteriormente. En la primera propuesta se diseño un patio alrededor de la vivienda y se creo dos niveles diferentes de cubierta a modo de aberturas de ventilacion y tambien de iluminacion. La segunda propuesta posee un patio interior en la fachada oeste y un porche en la parte frontal, para proteccion de las puertas y vanos de ventana. La tercera propuesta y ultima del proyecto, posee dos patios alrededor de la vivienda, ubicados en la fachada este y oeste, un porche en la entrada y la parte central de la vivienda. La caída de techos estan pensados para tener un mejor control, almacenamiento y reutilizacion de las aguas de lluvia. Esta propuesta fue escogida por responder bioclimaticamente al sitio; las cubiertas favorecen la ventilacion cruzada de las viviendas, que gracias a la diferencia de gradiente termico entre fachadas, hace posible la ventilacion cruzada de forma pasiva, eliminando el aire caliente a la altura de los techos. En epoca de invierno, se mantendrian cerrados los vanos de ventana para poder captar la radiacion solar. En esta propuesta, se puede realizar la ampliacion de la vivienda por etapas, las cuales se diferencia claramente en los volúmenes. La propuesta final esta conformada por tres volúmenes, los dos primeros son construidos en la primera fase y el tercero en la segunda y ultima fase.



SECCIONES LONGITUDINALES, CORREGIDAS POR EL TUTOR

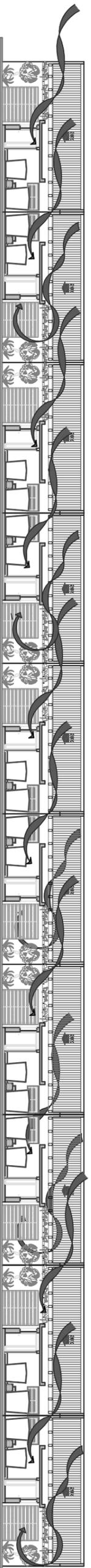




EMPLAZAMIENTO Y TIPOLOGIA EDIFICATORIA DEFINITIVA

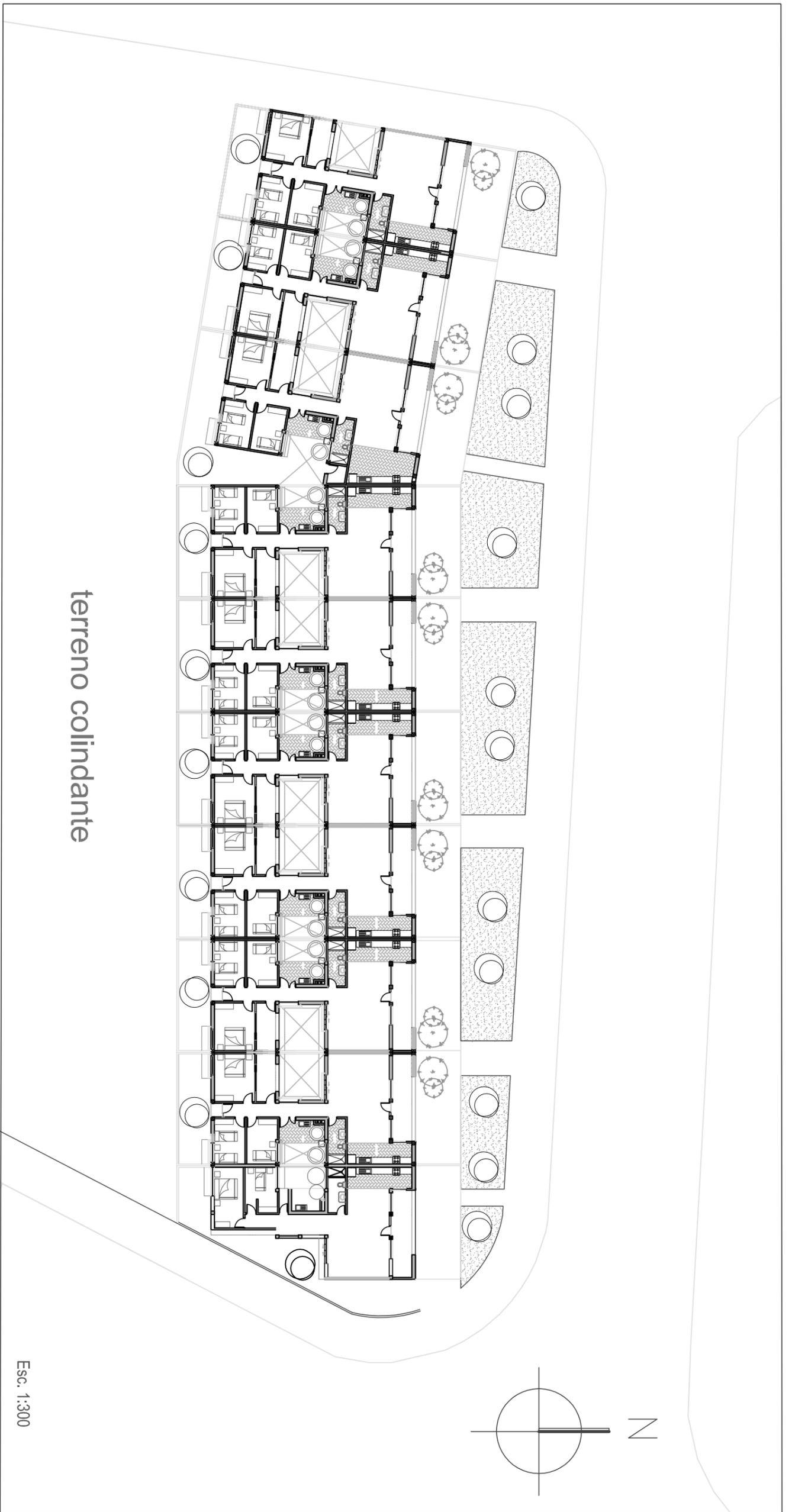
El proyecto se encuentra ubicado en un terreno que no presenta relieves, situado en un barrio en pleno desarrollo, como es la zona del plan tres mil; dotado por todos los servicios primarios basicos y cerca de una zona comercial importante para su desarrollo.

La implantacion del proyecto, esta situado en plena esquina donde se ubican tres vias, una principal como es el septimo anillo (actualmente se encuentra en consolidacion) y en los laterales del terreno se ubican 2 calles de menor jerarquia, permitiendo la ubicacion de tres accesos a la propuesta.

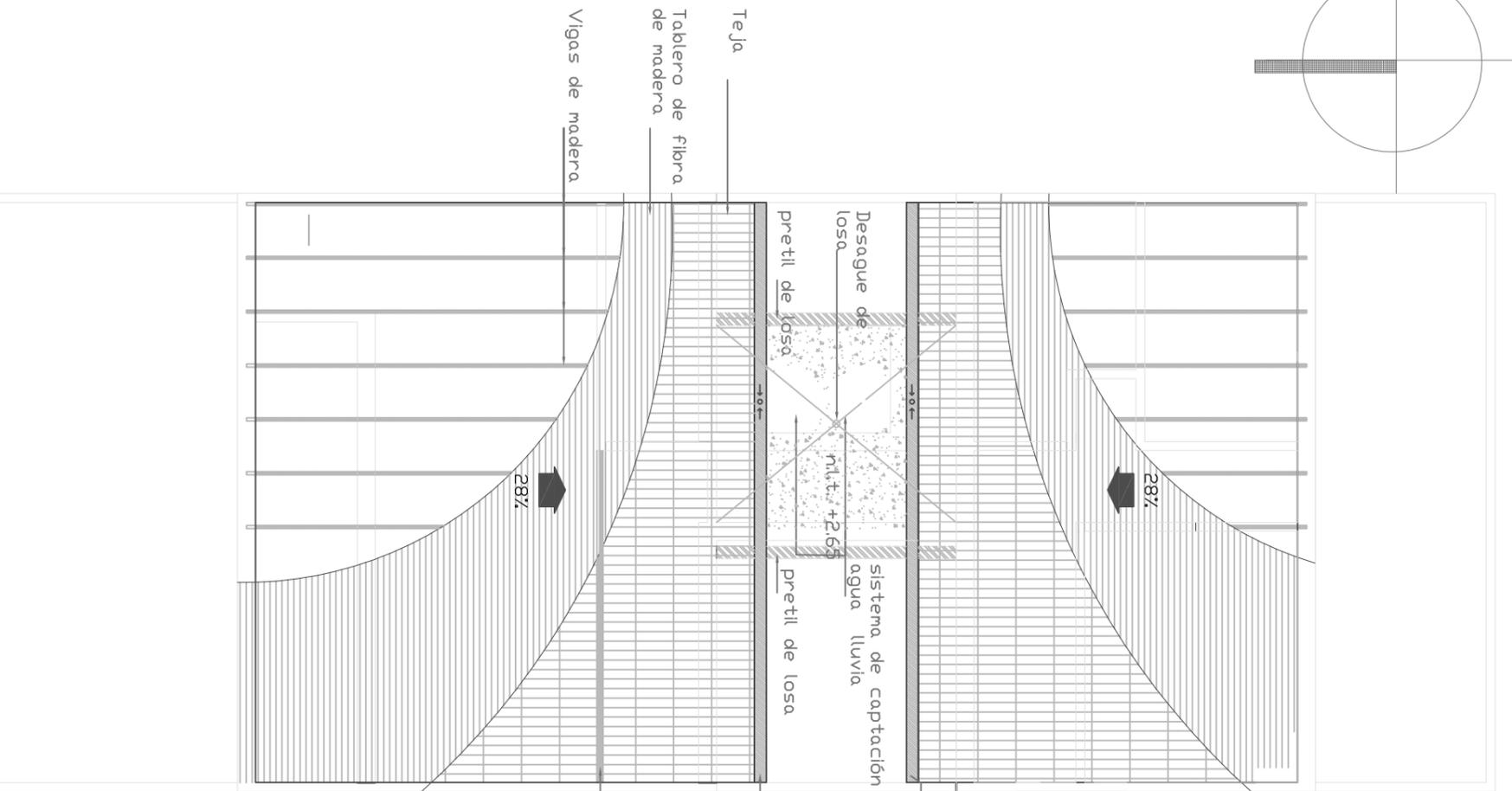
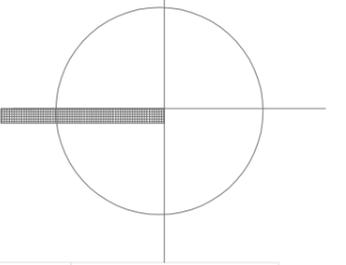


SECCION TRANSVERSAL DE LA URBANIZACION

Esc. s/e



El diseño de la urbanización de las casas bioclimáticas, tiene una disposición lineal, respetando la escala predominante de la zona del lugar. La urbanización, pretende integrarse en el medio sin perder su identidad, por esto se ha creado una franja de área verde frente de ella. Cada edificación y urbanización tiene la necesidad de crear espacios colectivos, donde cada vecino tenga la oportunidad de interactuar; esta franja verde tiene la función de convertir esta área en espacio de circulación y de relación entre los vecinos de la misma urbanización, de esta manera se evita la fragmentación entre espacio público y privado, y sobre todo generando espacio intermedios o semipúblicos que sirvan de convivencia vecinal.



PLANTA DE CUBIERTA

Quando se realizo el estudio de vivienda social, se demuestra que las familias crean sus espacios de acuerdo a sus necesidades, como son: 1 dormitorio, 1 baño comun y 1 cocina comedor. Cuando la familia se desarrolla y posee los medios economicos, comienza la segunda etapa, que se compone de otros ambientes, como son : otros dormitorios , una sala comedor y algunas areas externas como porche que son tipicas en los climas tropicales y subtropicales.

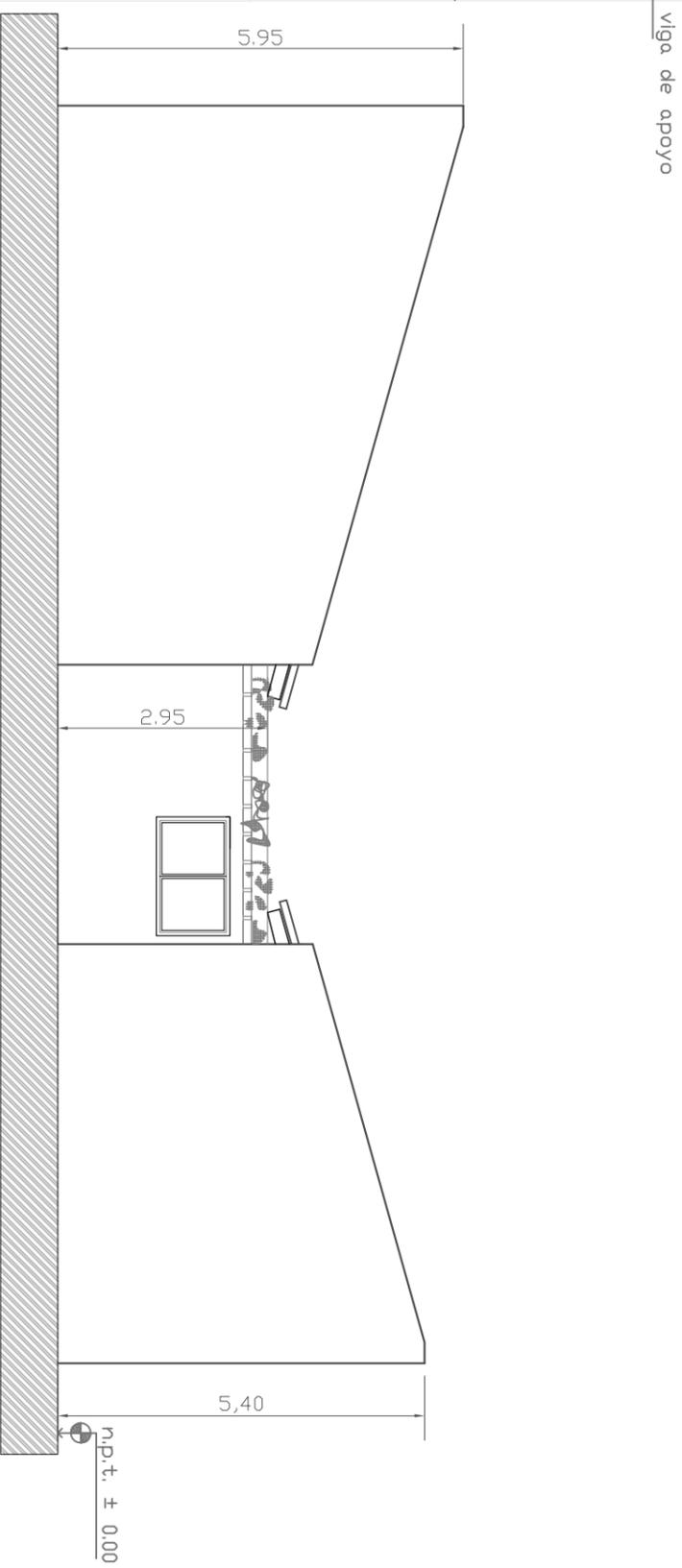
Uno de los puntos importantes para la obtencion de una vivienda, son el economico, y tomando en cuenta este punto y la forma de vida de las familias, se plantea el proyecto en 2 etapas.

El proyecto esta contenido formalmente en tres bloques, 2 de los cuales se construyen en la primera etapa y el tercero en la segunda. La primera etapa contempla las necesidades funcionales basicas de una familia de 3 miembros , en la segunda etapa se considera el crecimiento de la familia a 5 miembros. El bloque de la segunda etapa, contiene la zona privada donde se encuentran ubicados los dormitorios y una galeria exterior; el dormitorio provisional de la primera etapa se transforma en una sala de estar y convirtiendose el primer bloque en area social, seguido por un bloque de servicios y por ultimo el bloque de la zona privada; de esa manera se completa el proyecto.

En en el proyecto, se rescato la forma basica de la arquitectura tradicional Cruceña, que es una vivienda de teja colonial con la cubierta a una sola pendiente, y esta se reflejada en forma simetrica a lado sur.

Los dos bloques del extremo estan separados por un pequeño bloque a modo de caja, que tiene la funcion de recoger las aguas pluviales de los 2 bloques, y luego almacenarlos en tanques de poluretano, que por medio de filtro de arena seran purificados para luego el uso en las areas de servicios.

En este mismo espacio, se crean dos patios, uno de ellos en forma de jardin y el otro de servicio; el patio jardin tiene la funcion de crear espacio sombreados para refrescar o calentar los espacios interiores de la vivienda y tambien para el ingreso de ventilacion dentro de los ambientes interiores.



FACHADA DESTRE (lateral)

PLANTA DE TECHOS Y FACHADA LATERAL

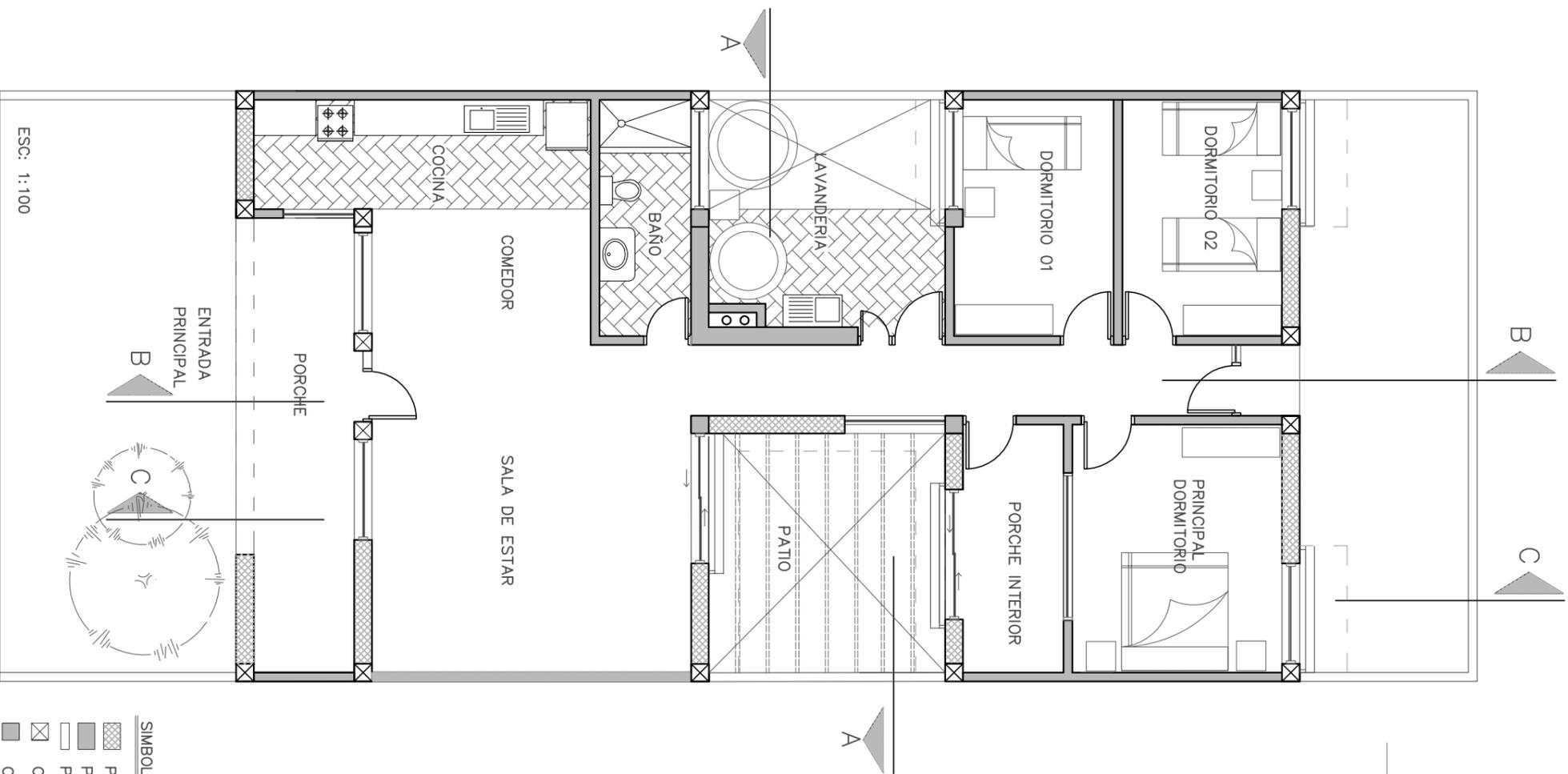
ERIKA HURTADO HURTADO
ARQUITECTO

ESC. 1:100

FECHA: AGOST, 2010

PROYECTO
VIVIENDA
BIOCLIMATICA

UBICACION:
SANTA CRUZ DE LA SIERRA, BOLIVIA



ESC: 1:100

PLANTA ARQUITECTONICA

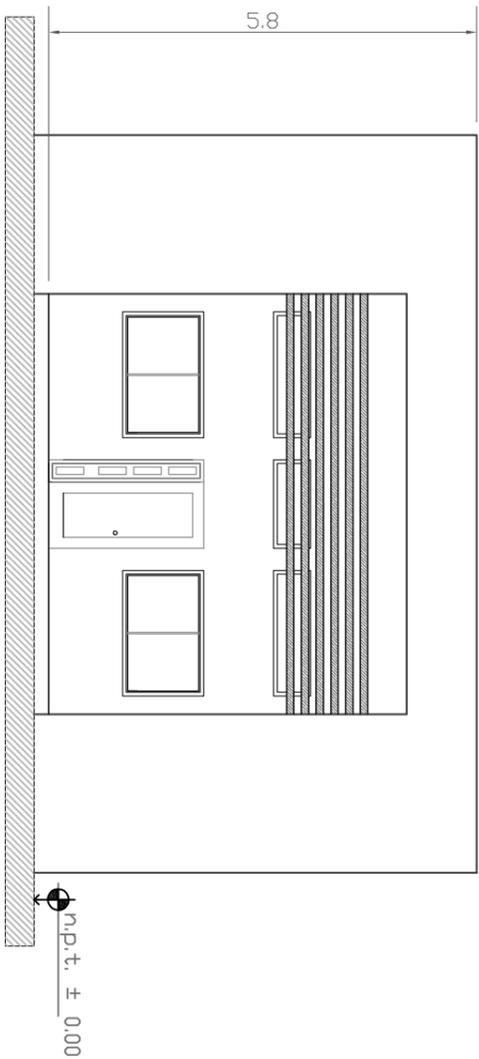
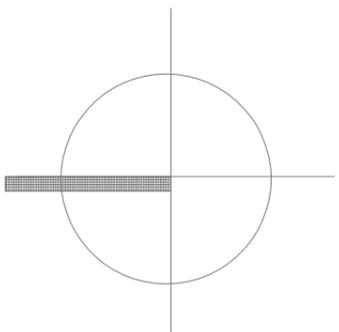
Segunda fase

- SIMBOLOGIA**
-  PARED DE ADOBE
 -  PARED DE LADRILLO
 -  PARED MEDIANERA DE LADRILLO
 -  COLUMNA DE LADRILLO
 -  COLUMNA DE HORMIGON

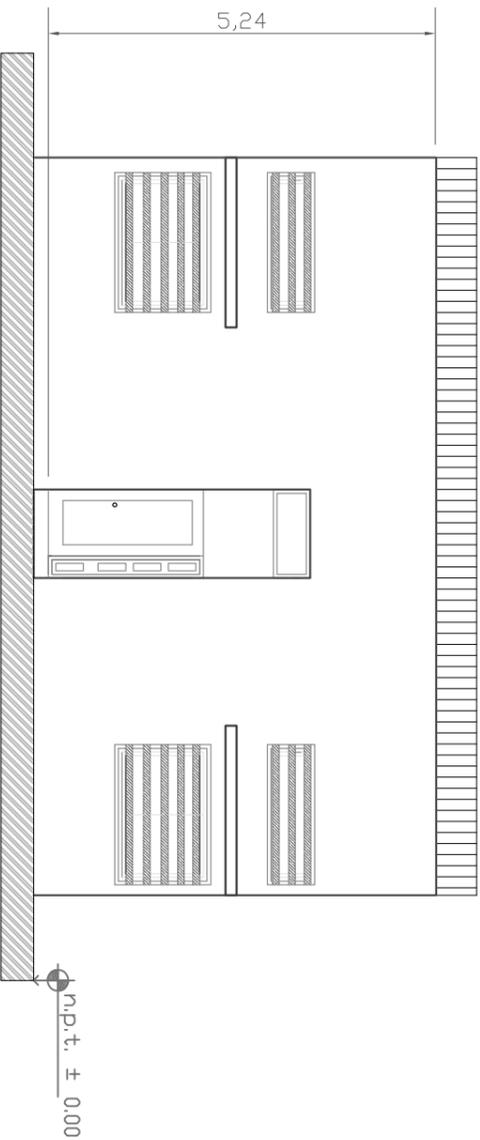
FUNCIONALIDAD

El proyecto como anteriormente es mostro, esta estructurado en tres volúmenes, los dos del extremos son similares, y se encuentran separados por una caja que hace la función de conector, en la misma área se crean espacios abiertos a modo de patios para permitir la ventilación cruzada dentro de los bloques.

La zona social se encuentra en el primer volumen, la zona de servicio en el segundo y la privada en el tercero, donde se ubican los dormitorios.



FACHADA NORTE (principal)



FACHADA SUR (posterior)

PLANTA ARQUITECTONICA Y FACHADAS

ESC: 1:100

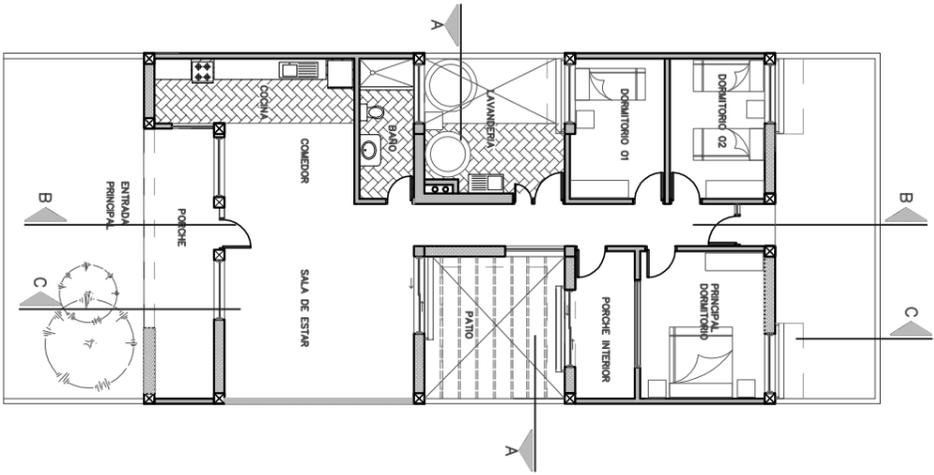
FECHA: AGOST, 2010

ERIKA HURTADO HURTADO
ARQUITECTO

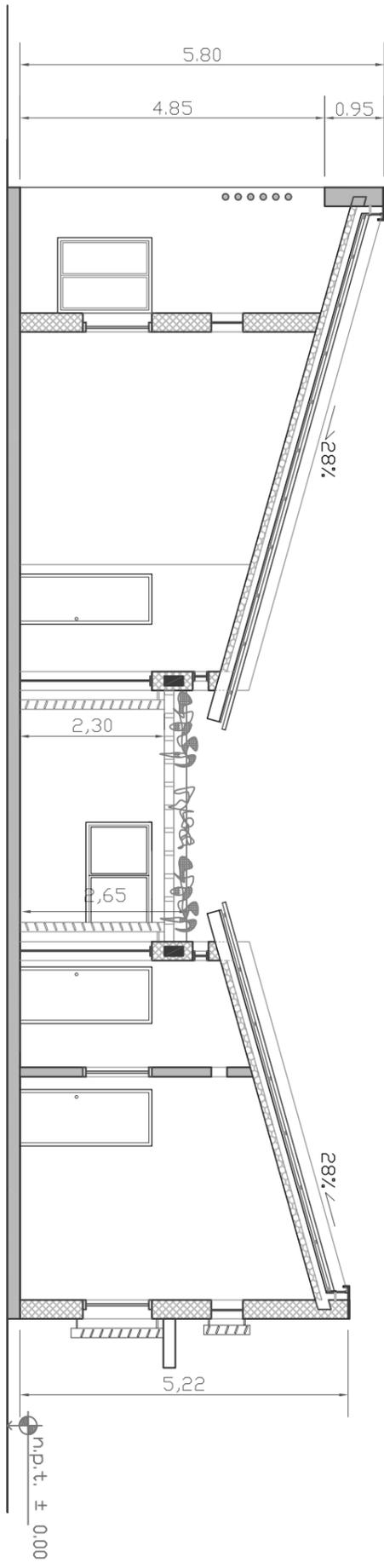
PROYECTO

VIVIENDA
BIOCLIMATICA

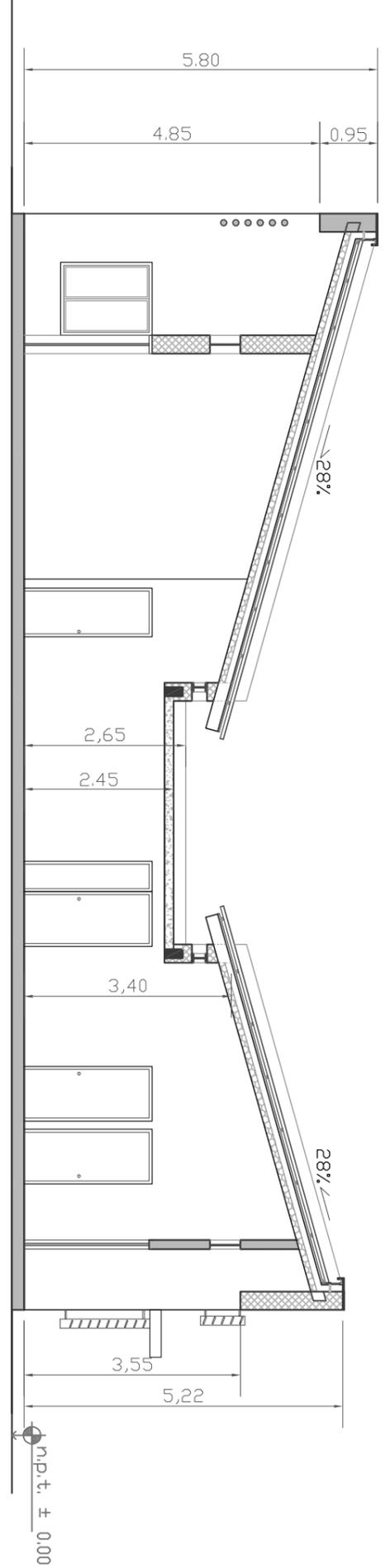
UBICACION:
SANTA CRUZ DE LA SIERRA, BOLIVIA



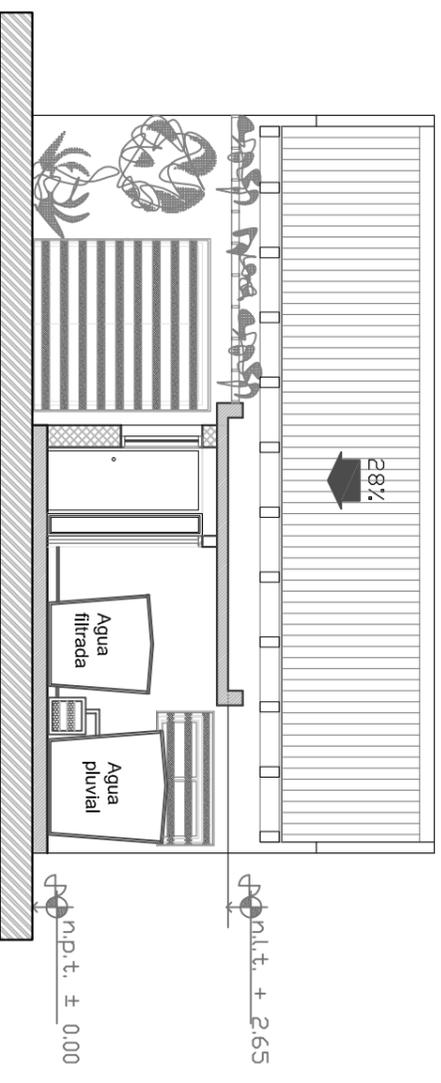
Esc. 1: 200



SECCION C - C



SECCION B - B



SECCION A - A

Esc. 1: 100

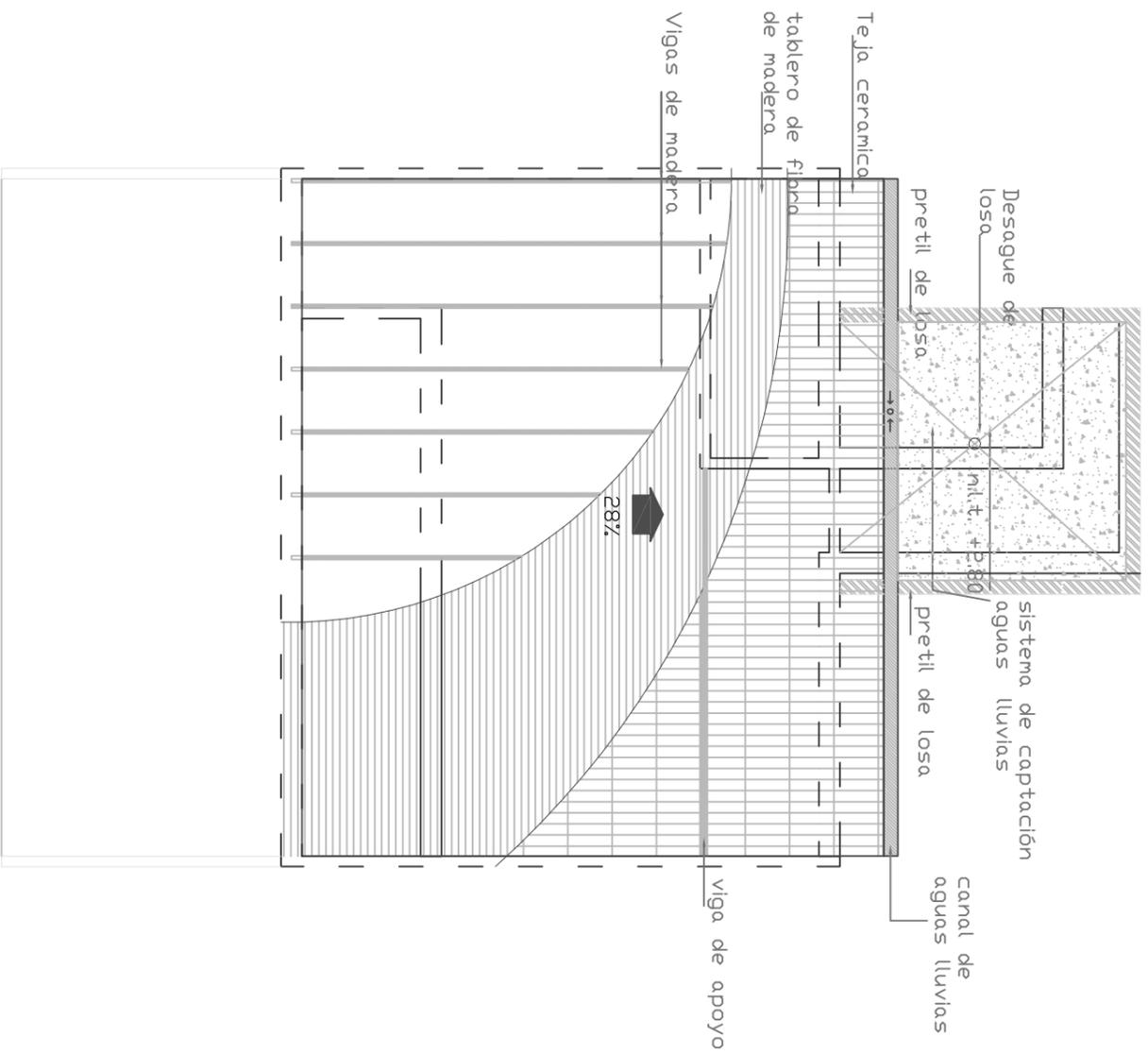
SECCIONES DEL PROYECTO

ESC. 1:100

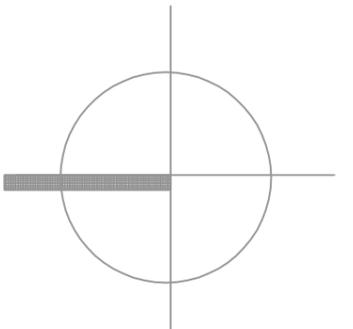
FECHA: NOV, 2009

ERIKA HURTADO HURTADO
ARQUITECTO

PROYECTO
VIVIENDA BIOCLIMATICA
UBICACION:
SANTA CRUZ DE LA SIERRA, BOLIVIA



PLANTA DE CUBIERTA



PRIMERA ETAPA

En la primera etapa del proyecto, se construyen los 2 primeros bloques, el primero contiene el porche, cocina comedor, baño comun y un dormitorio principal, este dormitorio es provisional, cuando la segunda etapa se construya, sera reemplazado por un sala de estar, para ello se retira el muro tabique que separa la cocina comedor del dormitorio.

El segundo bloque contiene el area de servicio, lavandería, y un patio de servicio en la orientación Este, en el lado Oeste se encuentra un patio jardín, cubierto de una pergola y sombreado por una capa vegetal (trepadora de hoja caduca).

PLANTA DE TECHOS (PRIMERA ETAPA)

ESC. 1:100

FECHA: AGOS, 2010

ERIKA HURTADO HURTADO
ARQUITECTO

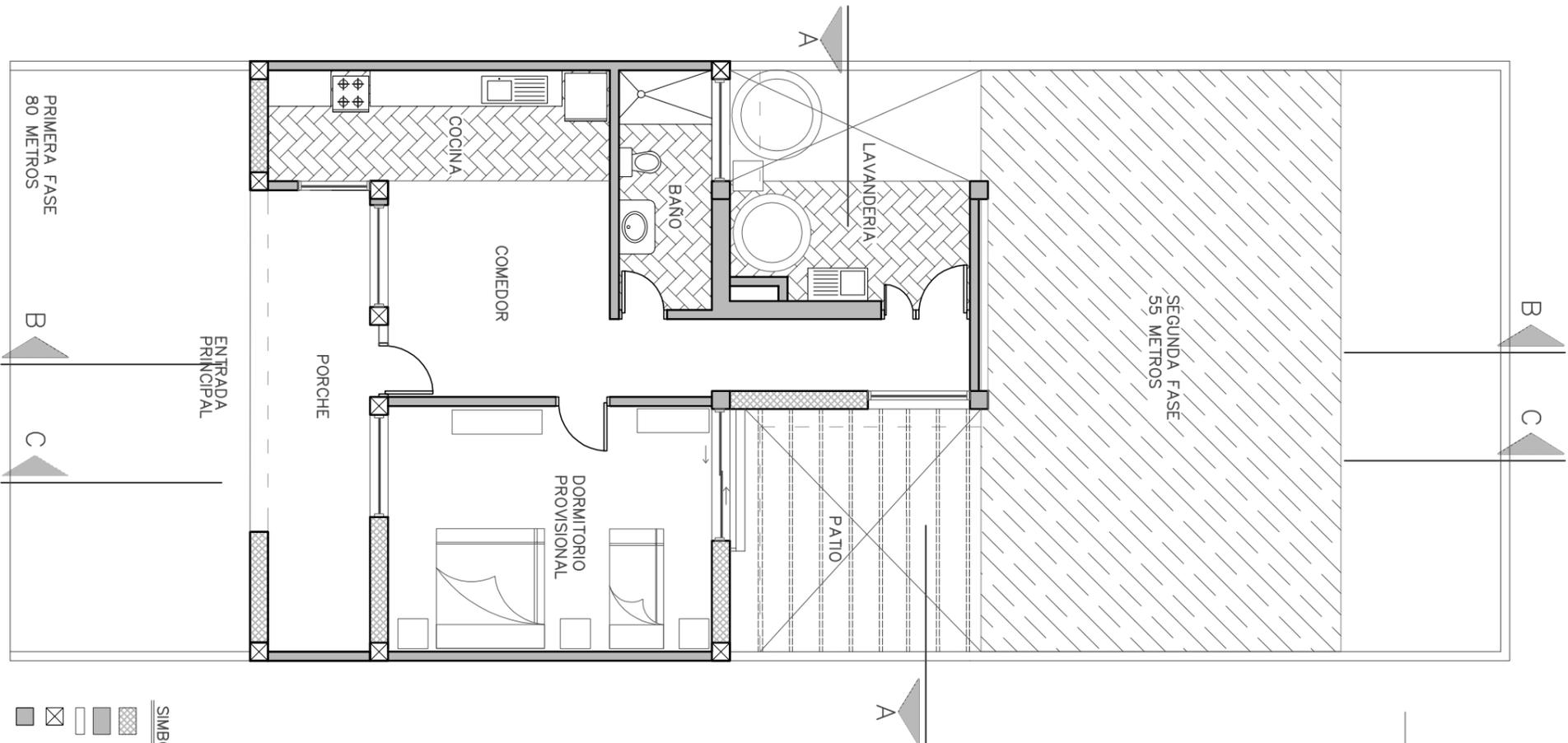
PROYECTO

VIVIENDA
BIOCLIMATICA

UBICACION:
SANTA CRUZ DE LA SIERRA, BOLIVIA

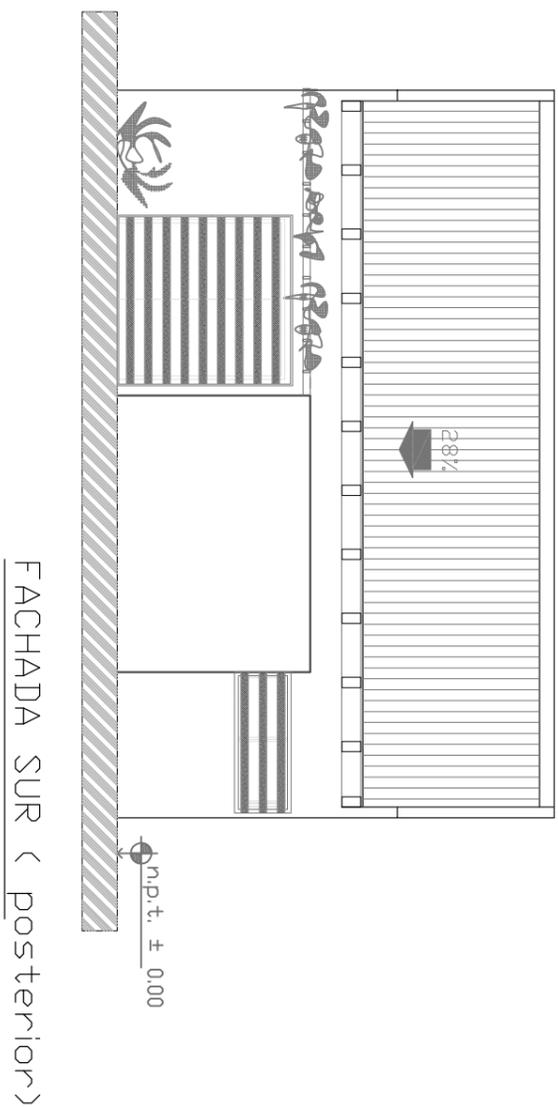
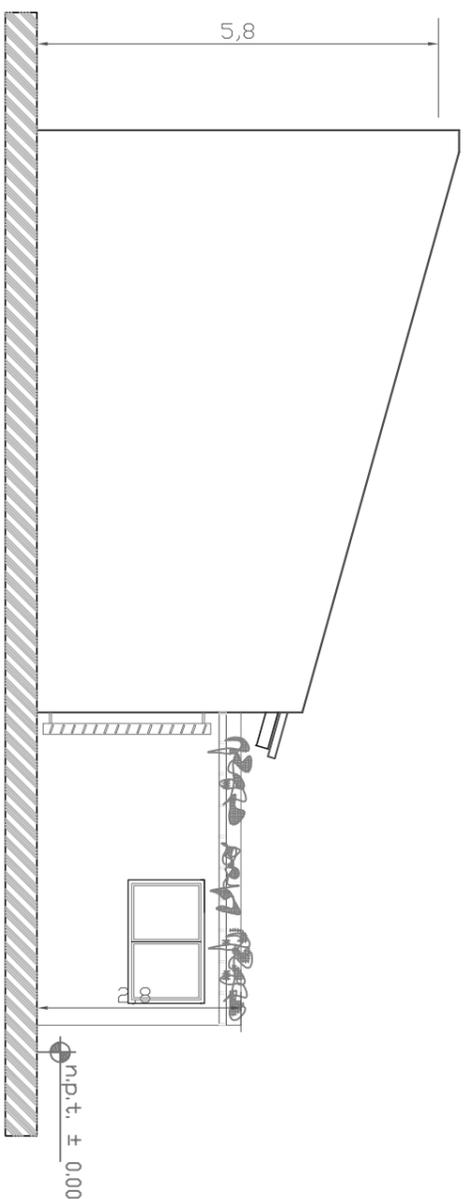
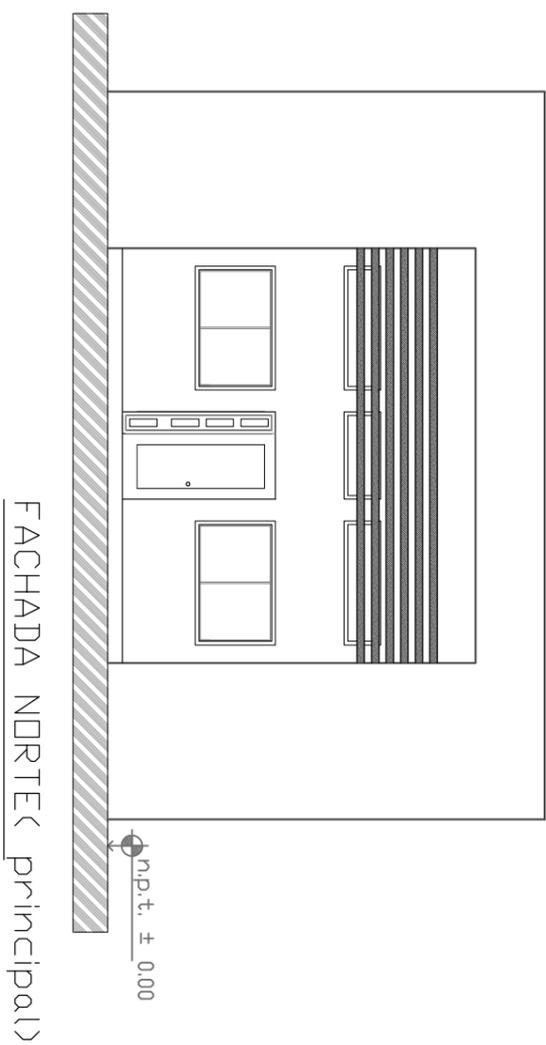
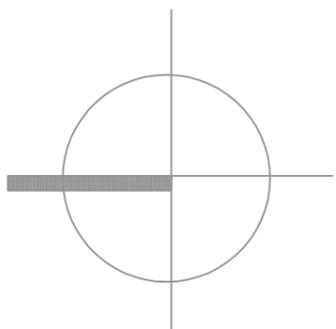
08

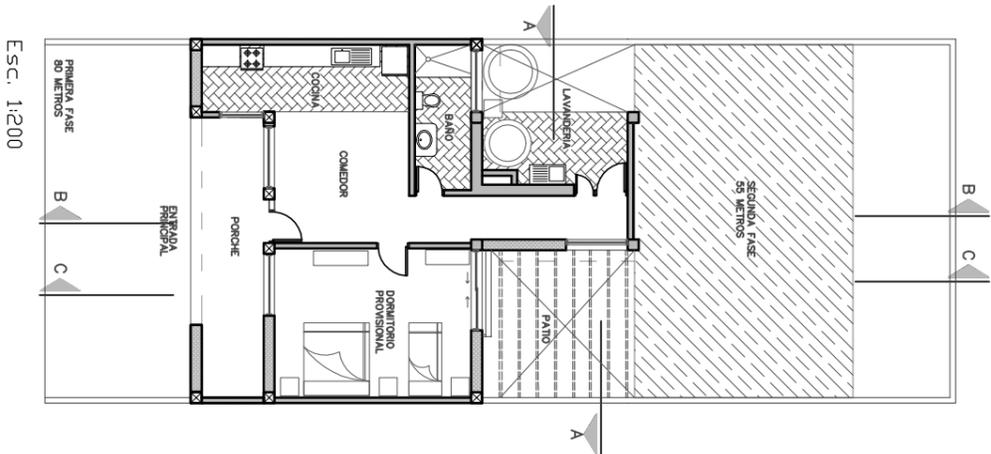
PLANTA ARQUITECTONICA
Primera fase



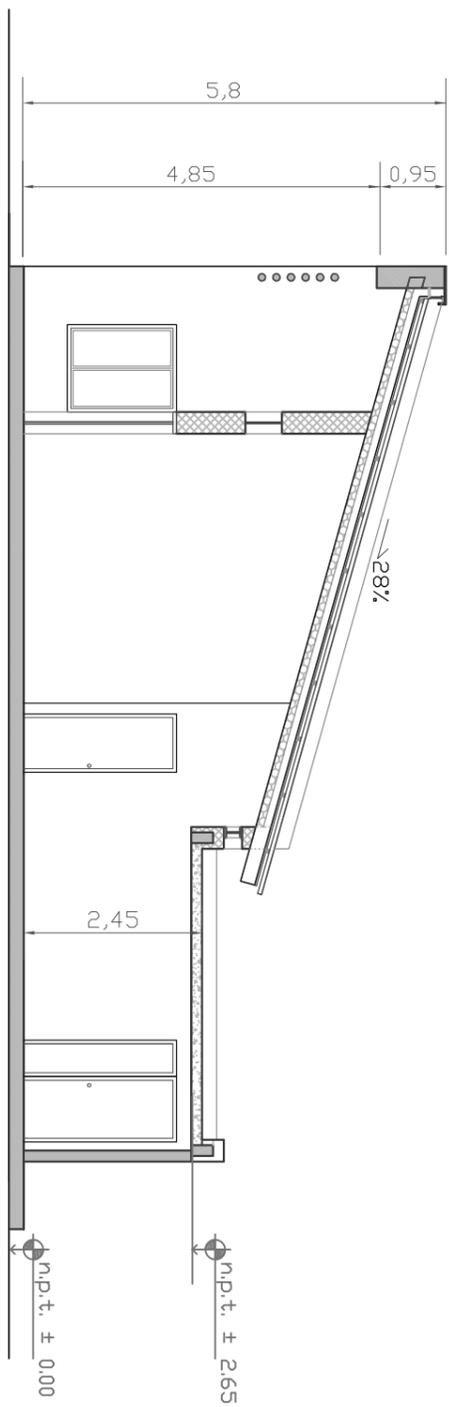
SIMBOLOGIA

	PARED DE ADOBE
	PARED DE LADRILLO
	PARED MEDIANERA DE LADRILLO
	COLUMNA DE LADRILLO
	COLUMNA DE HORMIGON

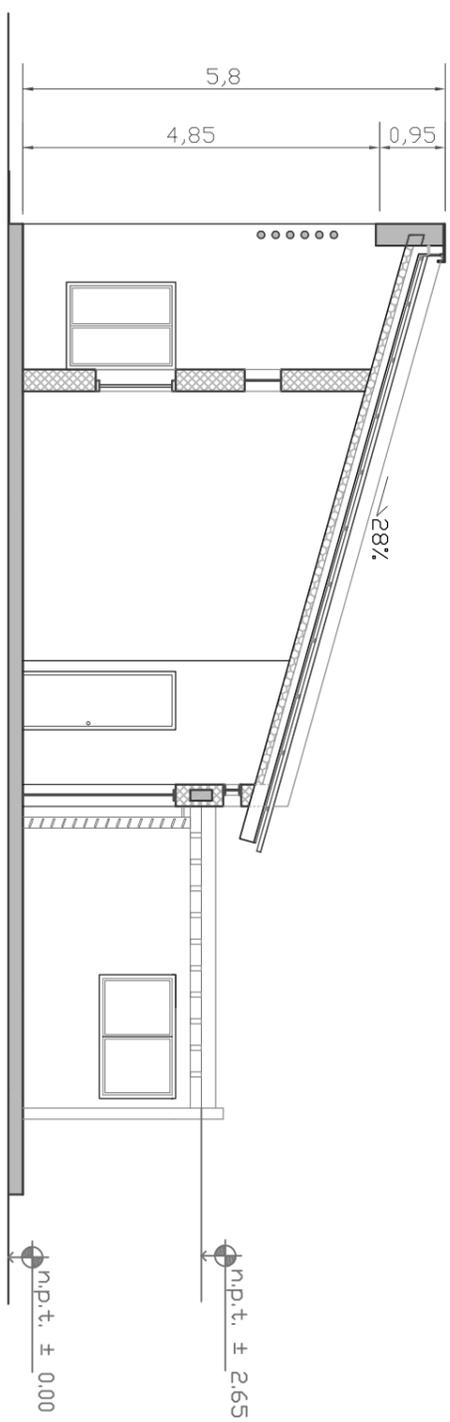




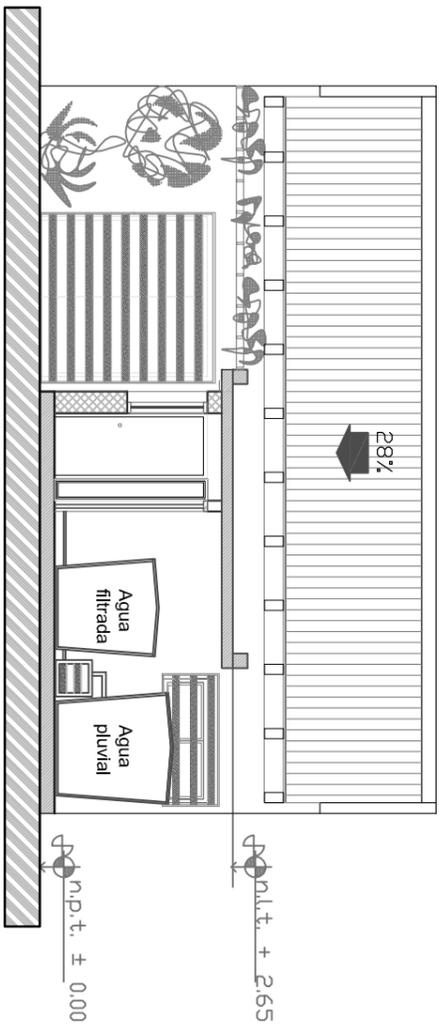
Esc. 1:200



SECCION B - B



SECCION C - C



SECCION A - A

Esc. 1:100

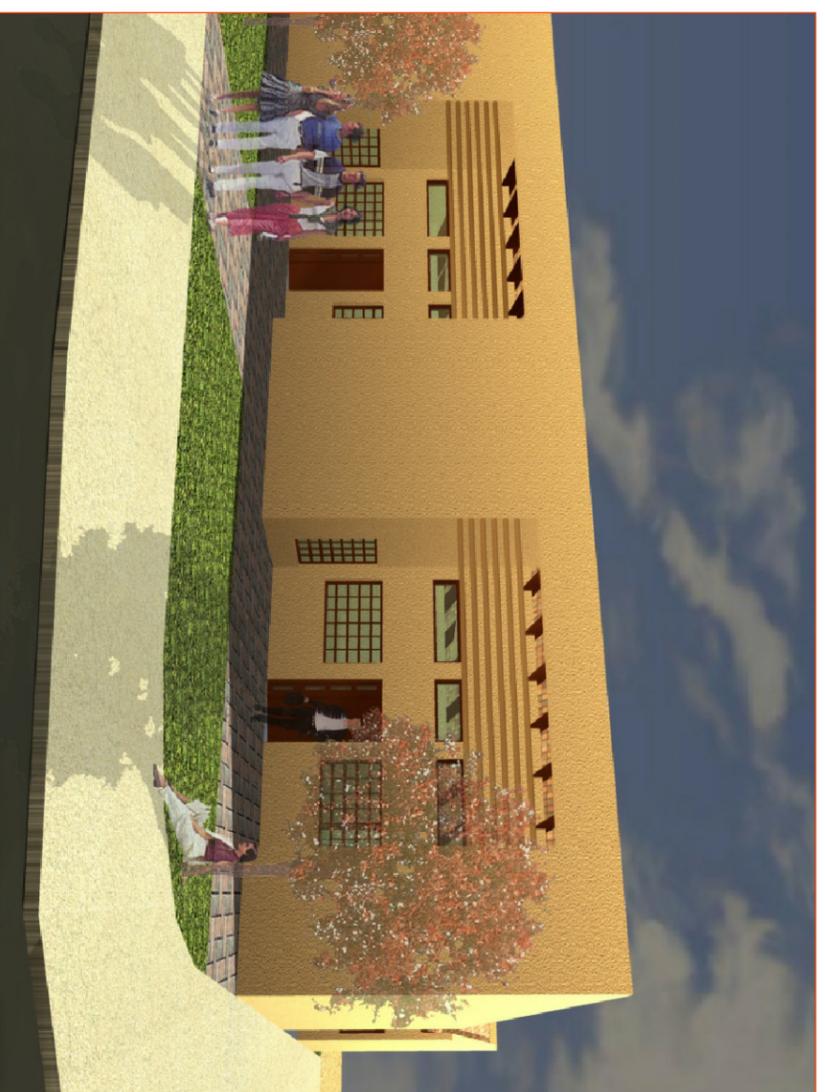
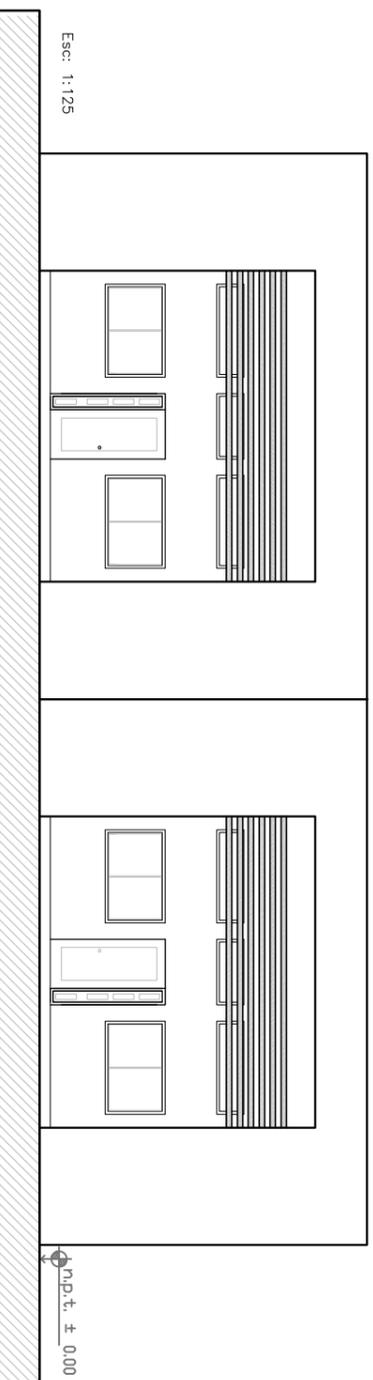
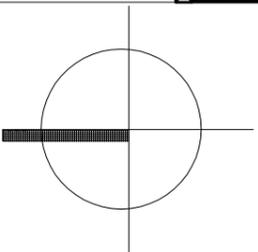
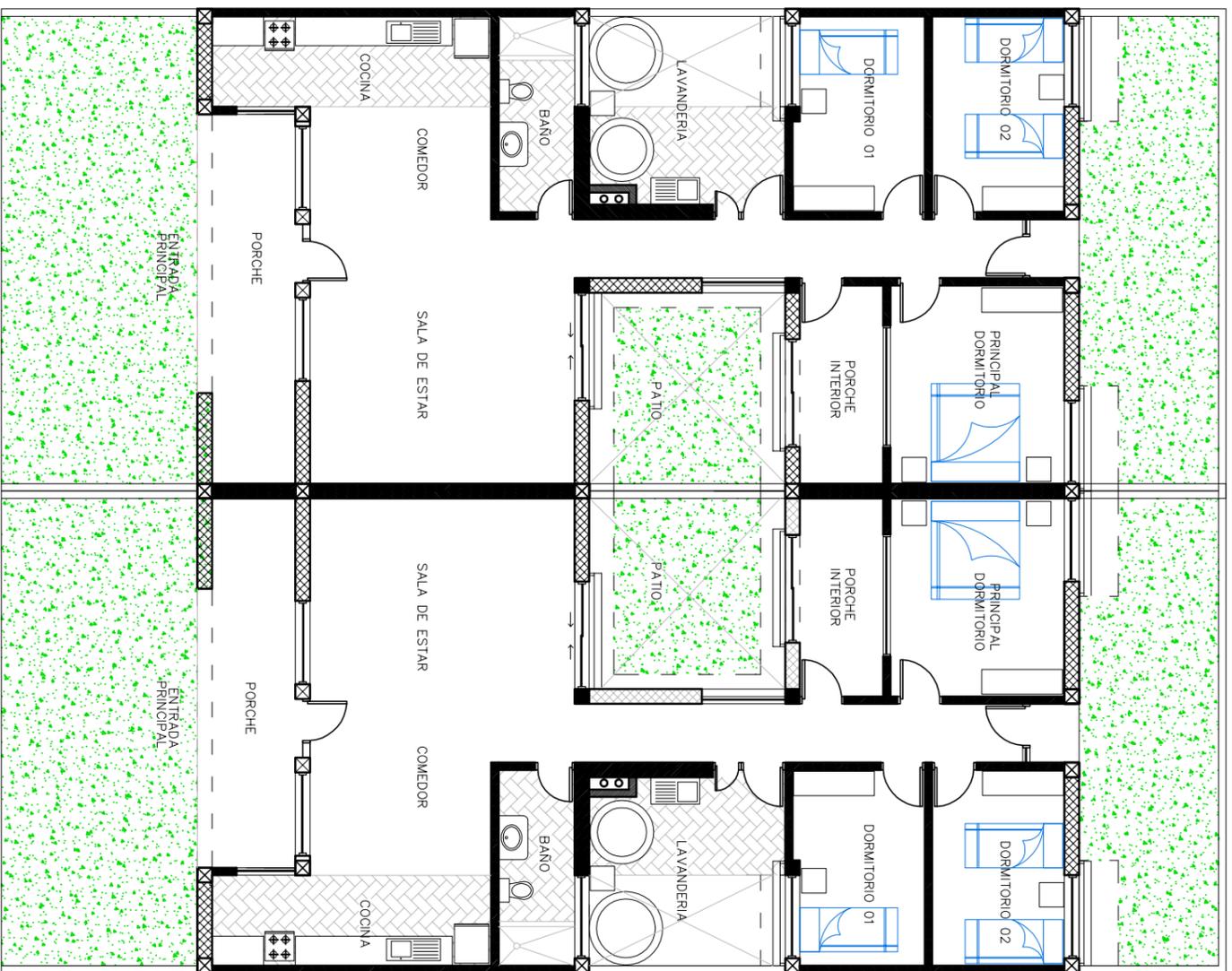
SECCIONES (PRIMERA ETAPA)

ESC. 1:100

FECHA: AGOS, 2010

ERIKA HURTADO HURTADO
ARQUITECTO

PROYECTO
**VIVIENDA
BIOCLIMATICA**
UBICACION:
SANTA CRUZ DE LA SIERRA, BOLIVIA



ASPECTO SOCIAL Y ECONOMICO

La urbanización de las viviendas sociales, mantiene un carácter privado dentro de la vivienda, pero sin perder su carácter social, por esta razón se ha creado un área semipública de uso comunitario de los vecinos. Esta área social se compone de una franja verde ajardinada de uso peatonal y de descanso con apoyo de mobiliario urbano, localizado en frente la misma; la necesidad de crear espacios colectivos dentro de la urbanización, es que respondan a unos condicionantes mínimos de sostenibilidad.

La vivienda es uno de los espacios más importantes en nuestra vida ya que permanecemos más del 50% de nuestro tiempo en ella y allí la importancia y la necesidad de regular nuestro microclima local.

El costo de la obra se afronta con la utilización de tecnología actuales fusionadas con materiales que se han rescatados por su alto valor cultural, sostenible y sus propiedades térmicas dentro de la construcción. Unos de los compromisos al diseñar el proyecto ha sido el ahorro y evitar el derroche económico y energético en la construcción de las viviendas.

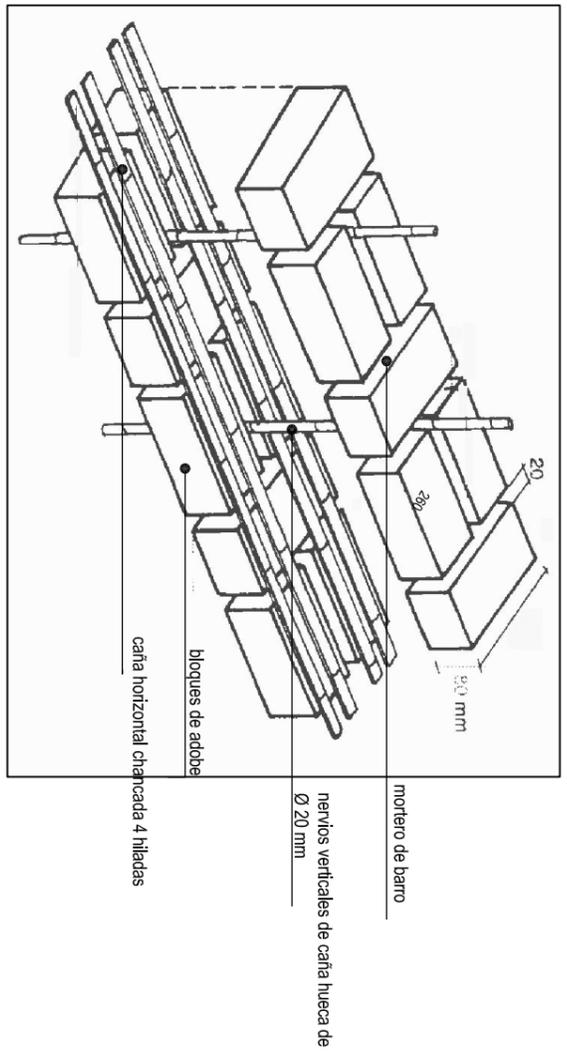
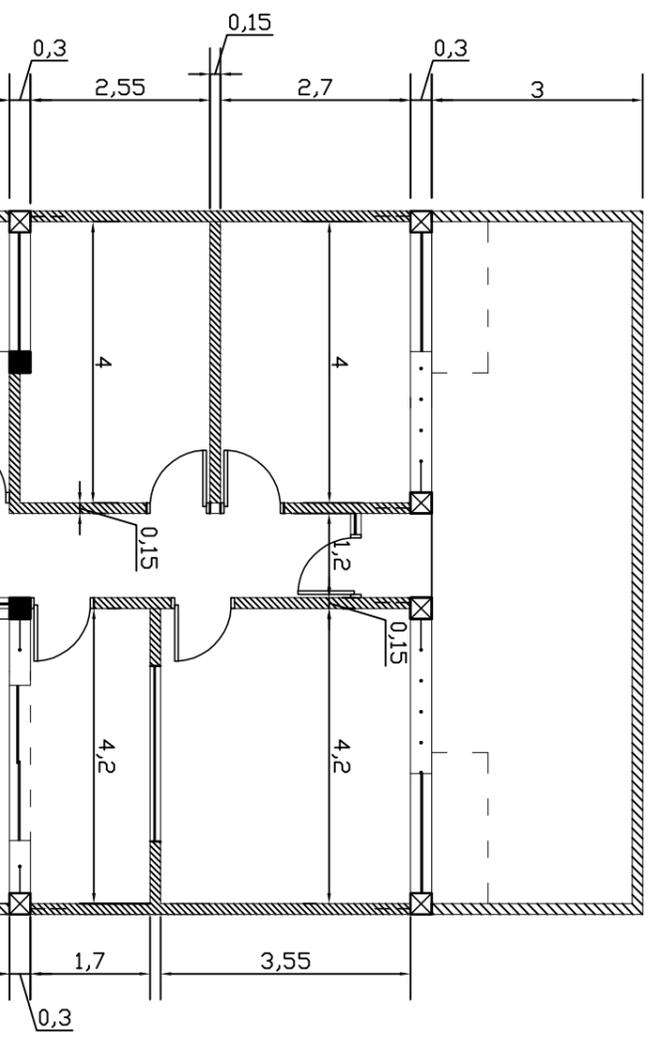
PLANTA Y FACHADA GEMELA

ESC. 1:125
FECHA: AGOS, 2010

ERIKA HURTADO HURTADO
ARQUITECTO

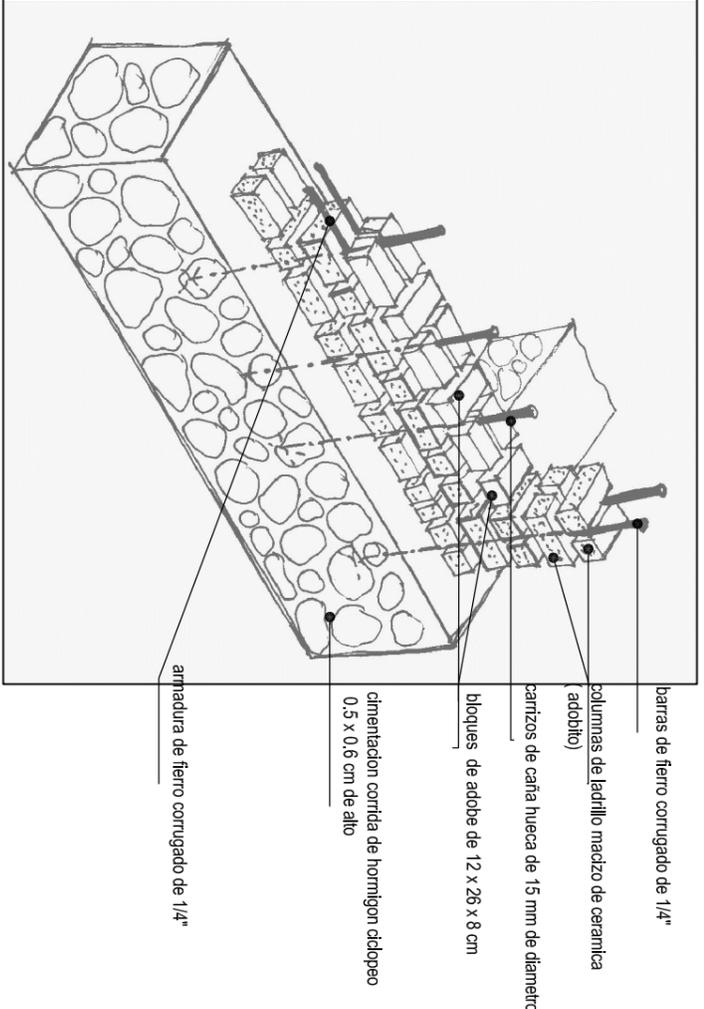
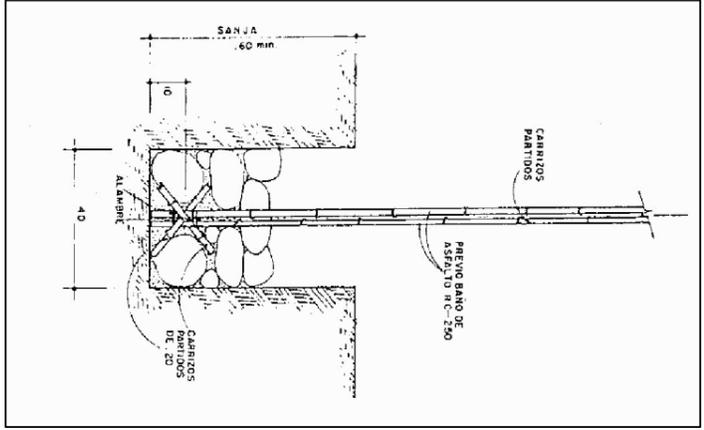
PROYECTO
**VIVIENDA
BIOCLIMATICA**
UBICACION:
SANTA CRUZ DE LA SIERRA, BOLIVIA

DETALLES DE CIMENTACION Y CERRAMIENTO

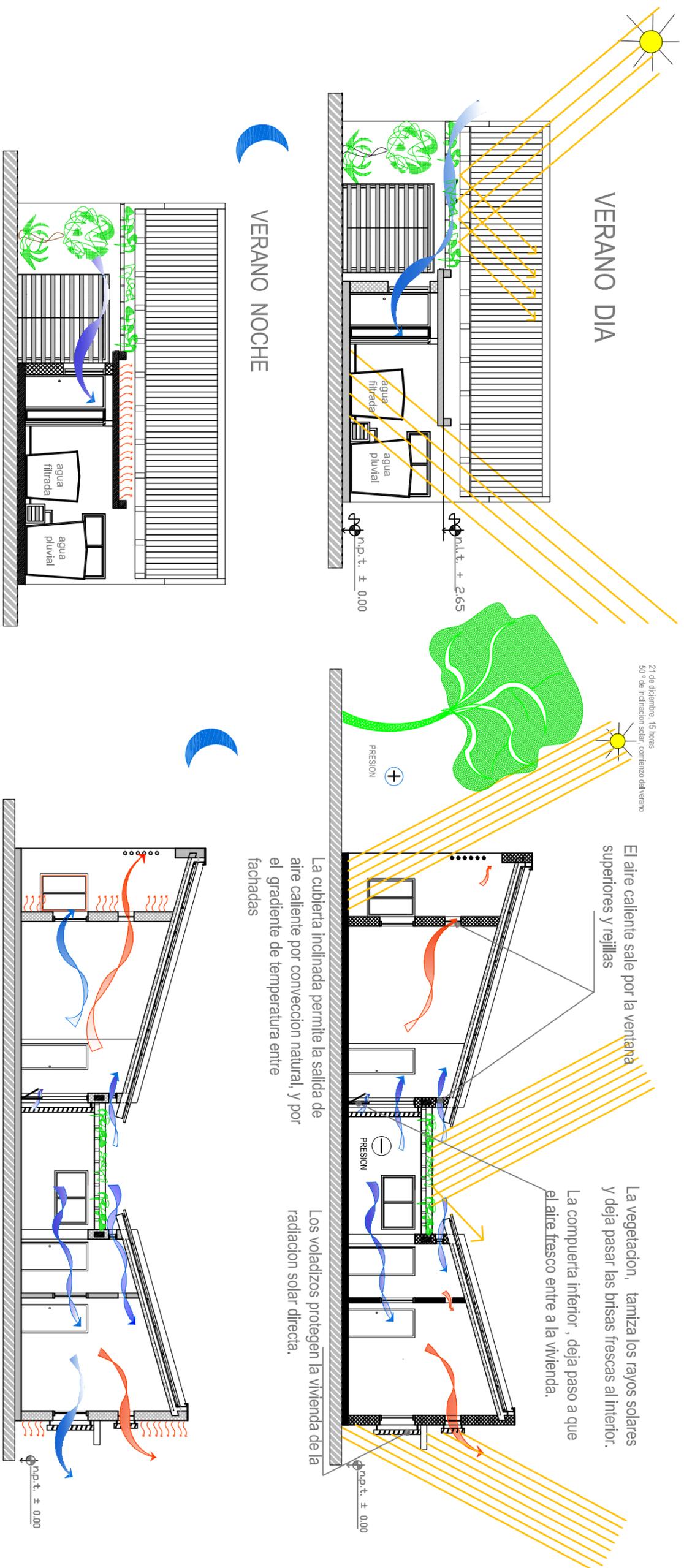


La cimentacion es de concreto de piedra bolon (hormigon ciclopeo), seguido de tres hiladas de ladrillo macizo (0,30 cm,) que sirve como sobrecimiento las cuales son revestidos de una capa asfáltica a modo de aislante, a continuacion se colocan los bloques de adobe, cada 5 hiladas se cubre con una capa de caña triturada para evitar fisuras verticales. Las esquinas estan reforzadas por columnas de ladrillo ceramico macizo, con nervios de fierro corrugado, tanto horizontal como verticalmente, esta estructura portante recibe el peso de las vigas de encadenado, y finalmente el peso de la cubierta.

El mortero interior de los bloques de adobe son de barro y el mortero externo de las fachadas son de mortero de cemento sobre una malla de gallinero como fijacion. El mortero de cemento exterior es para proteger los bloques de adobe de la lluvia, en el interior de las paredes se coloca un revoco de mortero de cal y un enlucido de yeso como acabado fino.



- SIMBOLOGIA**
- PARED DE ADOBE
 - ▨ PARED DE LADRILLO
 - ▩ PARED DE LADRILLO
 - ⊠ COLUMNA DE LADRILLO
 - COLUMNA DE HORMIGON



CARACTERISTICAS BIOCLIMATICAS II

ESC. 1:150
FECHA: AGOS, 2010

ERIKA HURTADO HURTADO
ARQUITECTO

ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS- VERANO

El proyecto recurre a sistemas puramente pasivos para obtener el mejor confort térmico en el interior de las viviendas, con estrategias sencillas que asocia ventilación natural, inercia térmica de los muros y protección solar.

La parte formal de las viviendas están pensadas por ser la forma más idónea desde el punto de vista climático y por responder a un adecuado comportamiento energético respecto a la zona, su función es captar la ventilación Noroeste y crear espacios porosos a modo de patio interior con vegetación, el patio interior hace posible la filtración de los rayos solares y favorecer la ventilación cruzada de las viviendas.

La forma de las cubiertas tienen doble función, permite una ventilación cruzada natural basada en el gradiente de temperatura entre el aire del patio interior y las fachadas exteriores.

Además que la ventilación cruzada: favorece la circulación de aire y minimiza la sensación de humedad dentro de los ambientes.

La otra función de la cubierta es la de reutilizar y almacenar las aguas de lluvia, ayudando a que las aguas puedan ser recogidas por un forjado de hormigón previamente impermeabilizado, y posteriormente filtradas y almacenadas en un tanque de plástico industrial para su uso en baños, lavanderías y grifos de jardín (agua no potable).

Se diseñaron ventanas altas por encima de las puertas para facilitar la extracción del aire caliente a la altura de los techos, así como también las ventanas bajas que favorecen la ventilación a la altura de barlovento.

Los cerramientos de las viviendas son de adobe, por ser un material con gran valor ecológico y también por las propiedades que tiene de inercia térmica, buen comportamiento higrotérmico, lento flujo energético, y por ser un elemento que se puede conseguir de forma fácil en el medio que lo rodea.

La recuperación de materiales autóctonos de la región como son la caña hueca que se usan en las fachadas como protectores solares a modo de brisa-soleil, y también las varillas de caña hueca dentro de los muros interiores de adobe a modo de refuerzo.

La protección solar de los vanos de ventana y puertas, con prolongación de aleros y porche cubiertas para dicho fin, del mismo modo la protección en la fachada oeste, diseñando un patio cubierto por vegetación, para tamizar los rayos solares de esta orientación.

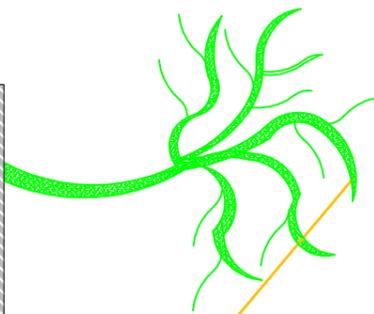
Uso de vegetación como medio para minimizar la radiación solar de la edificación en verano, para ello se usa vegetación de hoja caduca de la región para que en invierno pueda tener las ganancias solares.

PROYECTO

VIVIENDA
BIOCLIMATICA

UBICACION:
SANTA CRUZ DE LA SIERRA, BOLIVIA

En invierno la vivienda se calienta por radiación solar directa, efecto invernadero a través de vano de ventana.

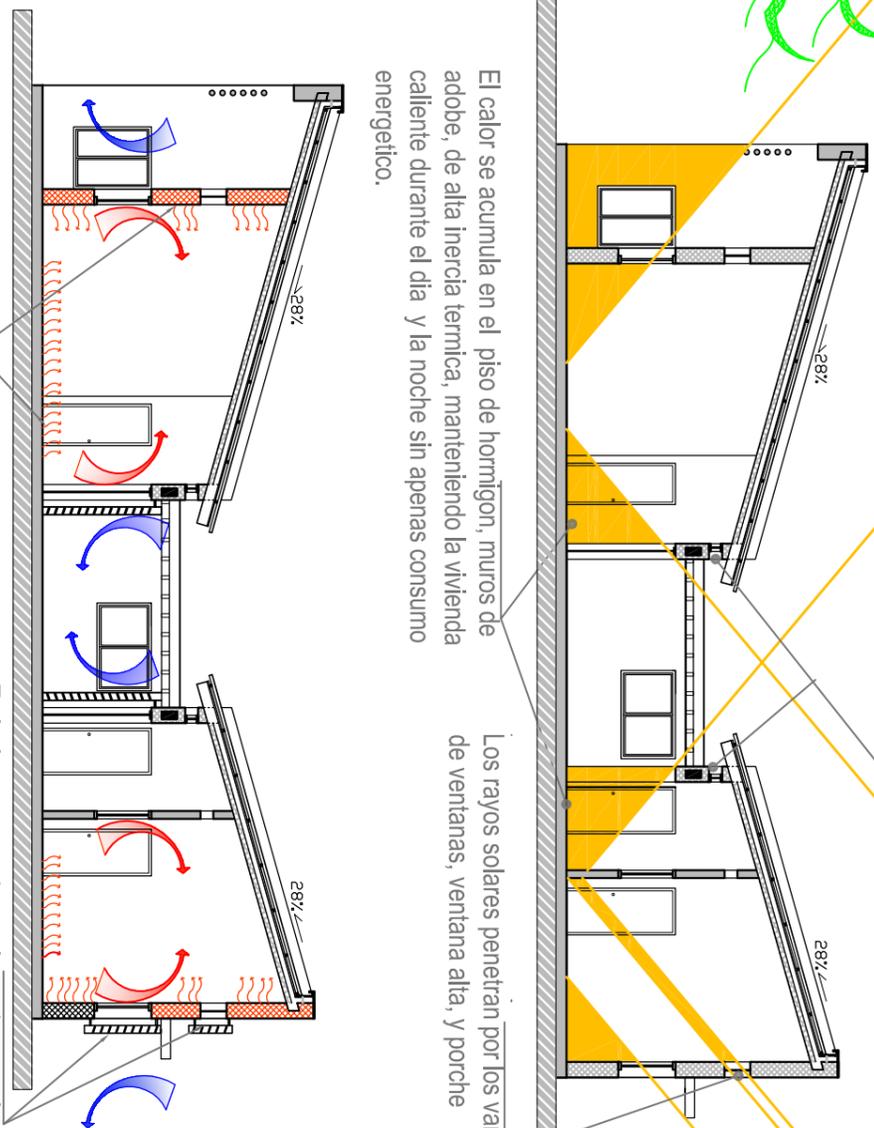


21 de junio, 14 horas
40° de inclinación solar, comienzo de invierno

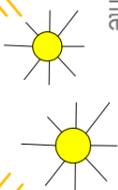
INVIERNO DIA

El calor se acumula en el piso de hormigón, muros de adobe, de alta inercia termica, manteniendo la vivienda caliente durante el día y la noche sin apenas consumo energetico.

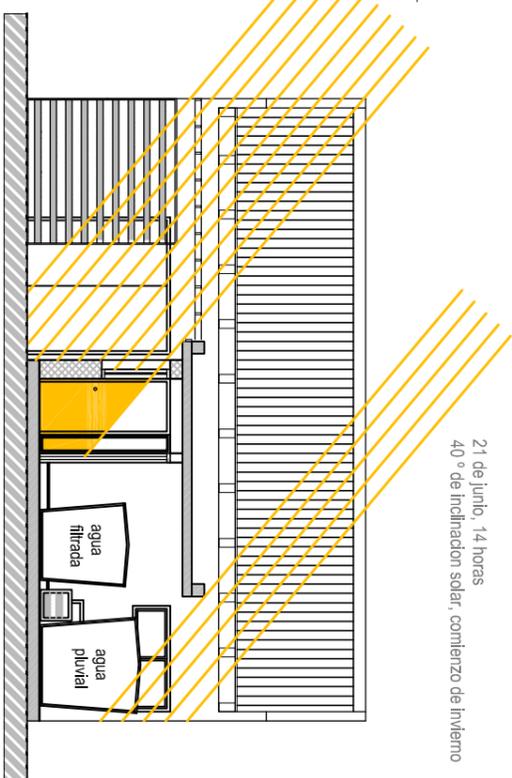
Los rayos solares penetran por los vanos de ventanas, ventana alta, y porche



En invierno se cierran las rejas superiores, evitando que el aire caliente se escape de la vivienda



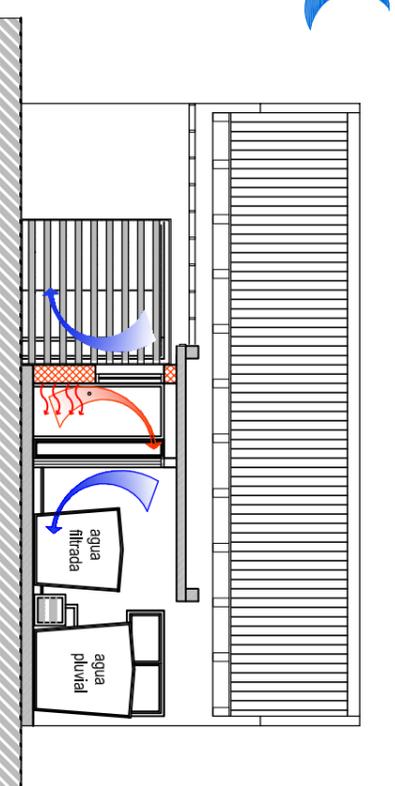
21 de junio, 14 horas
40° de inclinación solar, comienzo de invierno



INVIERNO NOCHE

En invierno, el calor se acumula en muros de adobe, piso de hormigón, que son soltados durante la noche

En invierno, cuando cae la noche, se cierran la ventanas altas, y las lamas móviles de la ventanas evitando las pérdidas energéticas durante la noche



ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS- INVIERNO

El proyecto contiene sistemas solares pasivos para obtener el mejor confort termico en la época de invierno. En esta ciudad los inviernos son suaves, pero sin embargo se ha pensado en las épocas extremas de invierno, la temperatura media anual es de 15 grados.

Los muros y suelos son los medios donde se almacena la energía solar durante el día, y luego son soltados durante la noche, los suelos tiene un acabado de hormigón, que almacenan el calor durante el día, como también en los muros de adobe característico por su alta inercia termica.

La inercia termica del adobe son idoneos por tener un retardo termico de 10 a 12 horas, eso quiere decir que la radiación solar captada durante el día, es desprendidas en la noche cuando el sol desaparece y las temperaturas bajan.

Durante el día se cierran las ventanas y se deslizan los protectores de ventanas (estructuras con lamas móviles) para dar paso a los rayos solares y de esa manera tener ganancia solar en el interior, calentando el aire del espacio que se desea acondicionar, a través de huecos acristalados.

En la noche los protectores son deslizados sobre las ventanas, y las lamas móviles son cerradas, al desaparecer la radiación directa, el edificio comienza a perder energía, por ese motivo las estrategias de conservación de calor y la limitación de las pérdidas energéticas se consiguen sellando las ventanas con estos elementos.

Se diseñaron ventanas altas por encima de las puertas para facilitar la evacuación del aire caliente al exterior durante el verano, y captar la radiación solar durante el invierno.

CARACTERISTICAS BIOCLIMATICAS II

ESC. 1:150

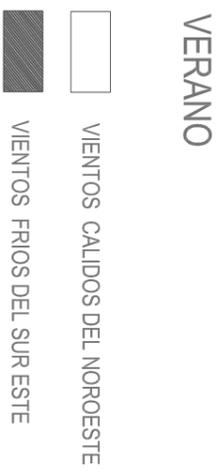
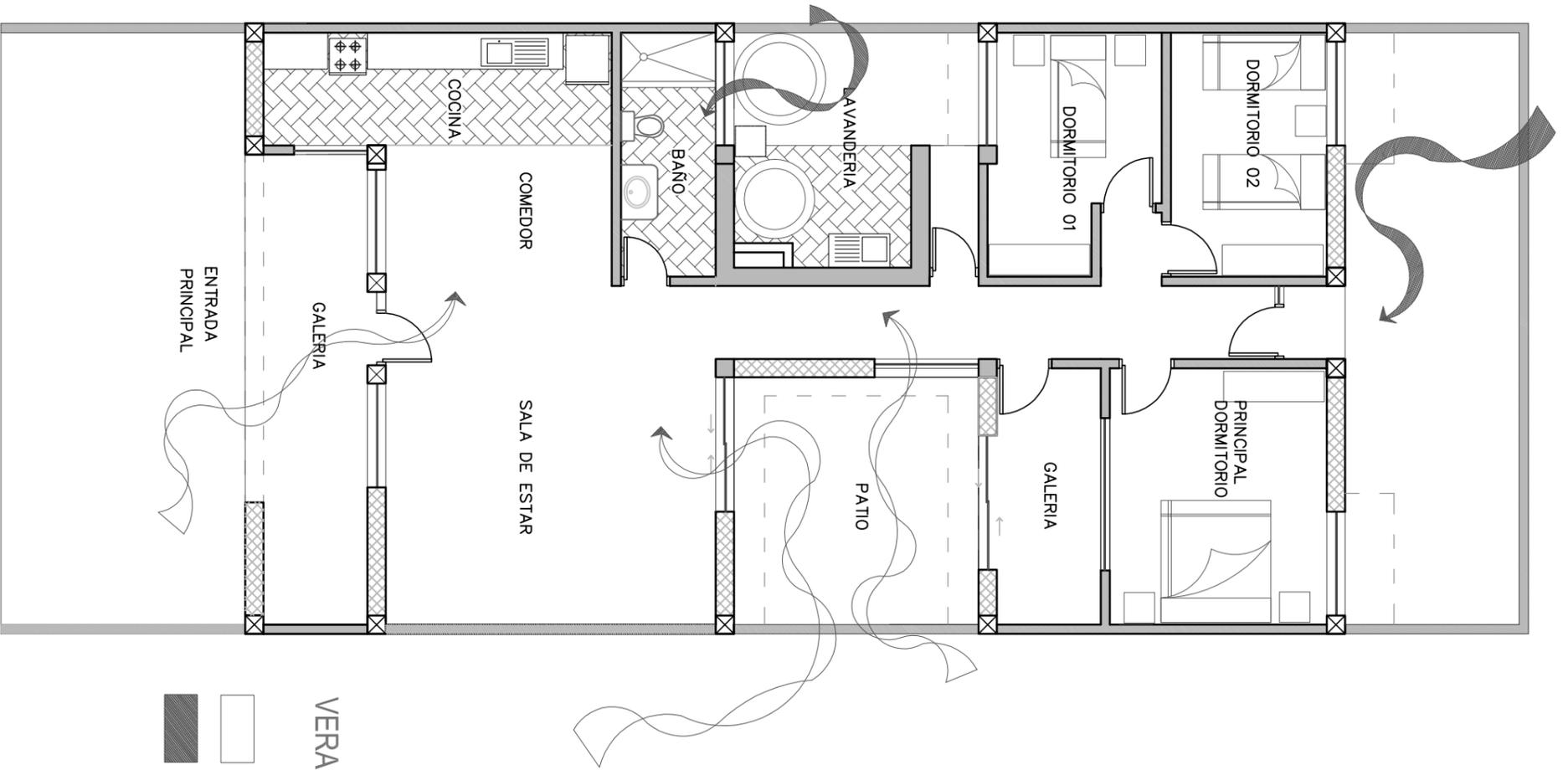
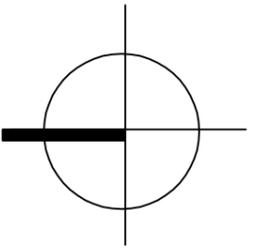
FECHA: AGOS, 2010

ERIKA HURTADO HURTADO
ARQUITECTO

PROYECTO

VIVIENDA
BIOCLIMATICA

UBICACION:
SANTA CRUZ DE LA SIERRA, BOLIVIA



ORIENTACION

Las viviendas son ubicadas hacia el norte, para situarse en la posición óptima de soleamiento y ventilación N.O., esta posición beneficia a las viviendas para aprovechar al máximo la ventilación cruzada y la radiación solar en las 2 fachadas principales que posee la vivienda (norte y sur). Cada fachada contiene un tratamiento particular de acuerdo a la orientación.

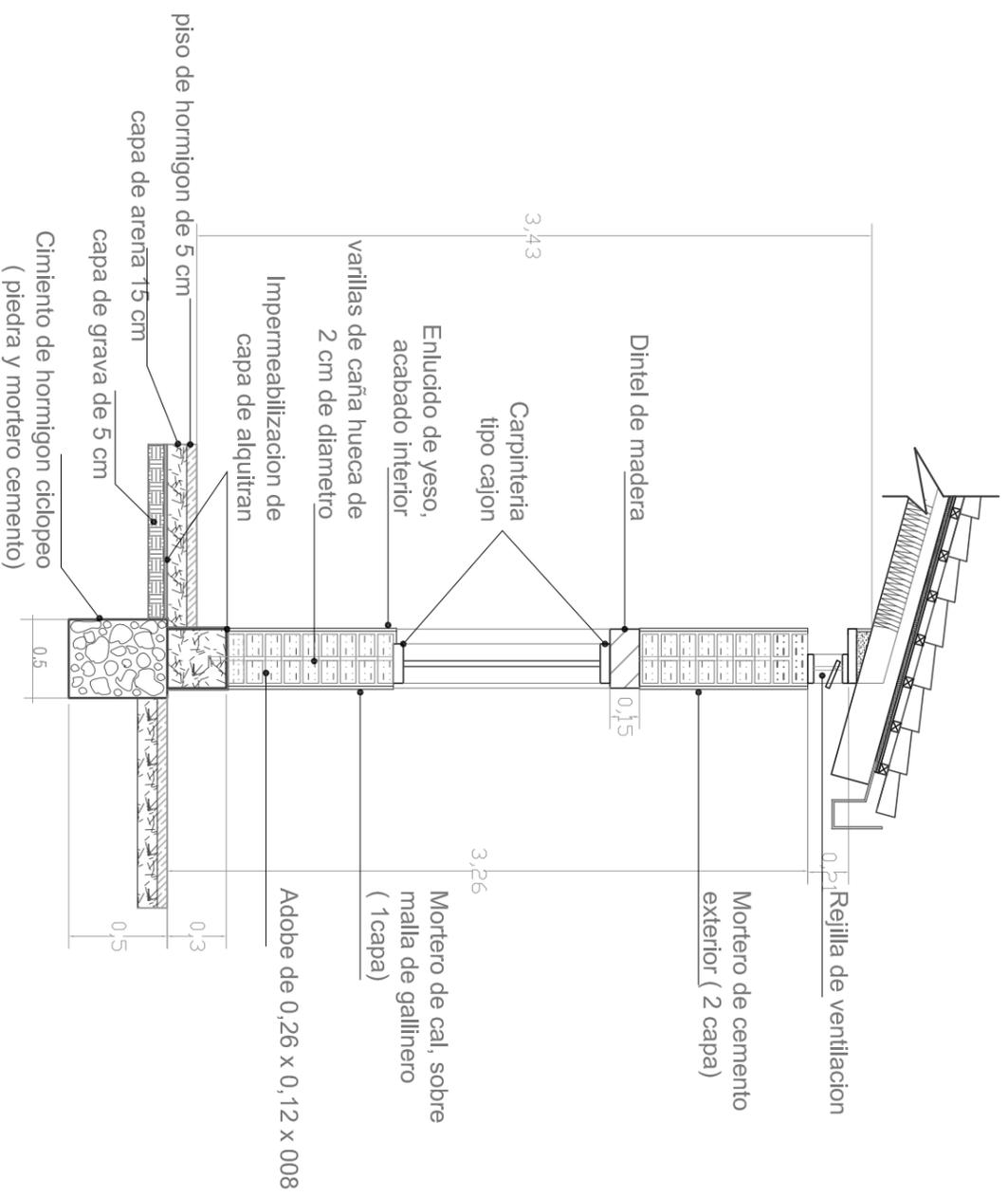
NORTE.-En la orientación Norte la fachada esta protegida por una galería o Portche cubierto, que protege la entrada principal de la radiación solar directa y las lluvias, en esta zona esta ubicado las áreas que tienen mayor uso a lo largo del año, como es el área social y cocina.

SUR.-La fachada sur es igual a la fachada norte formalmente, tiene un pequeño portche que protege la puerta posterior de la radiación y la lluvia; así como las ventanas exteriores que son protegidas por voladizos de hormigón armado.

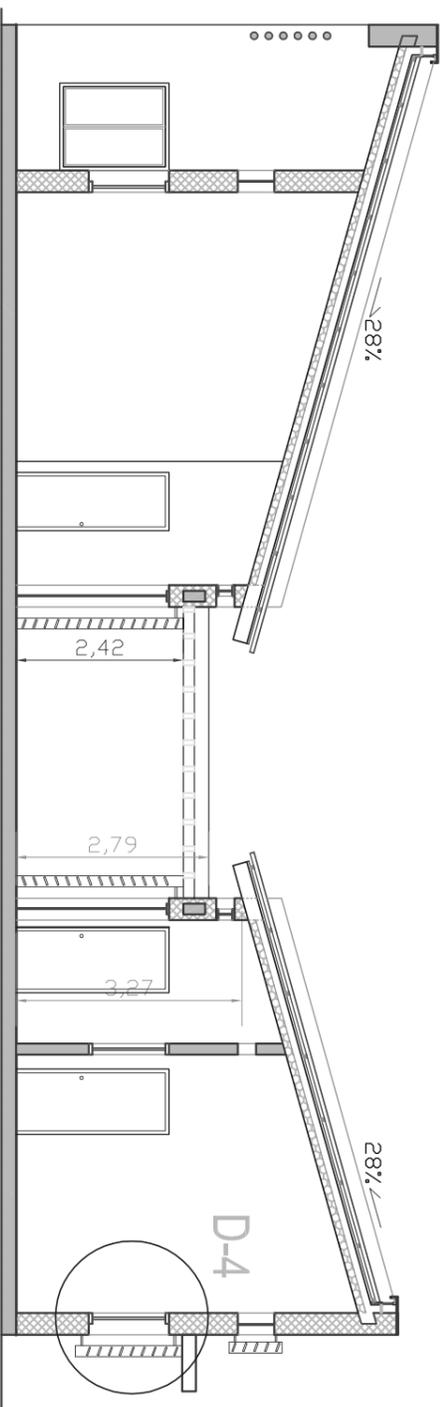
ESTE.- En la fachada Este, se ubica un patio de servicio, que contiene una lavandería y los tanques para la reutilización de agua de lluvia de las cubiertas, que son tratadas y luego usadas en sistema de baño, lavandería y grifos de jardín.

OESTE.-La incidencia directa en la fachada oeste será absorbida por la vegetación del patio y dejará pasar el aire fresco a los ambientes interiores.



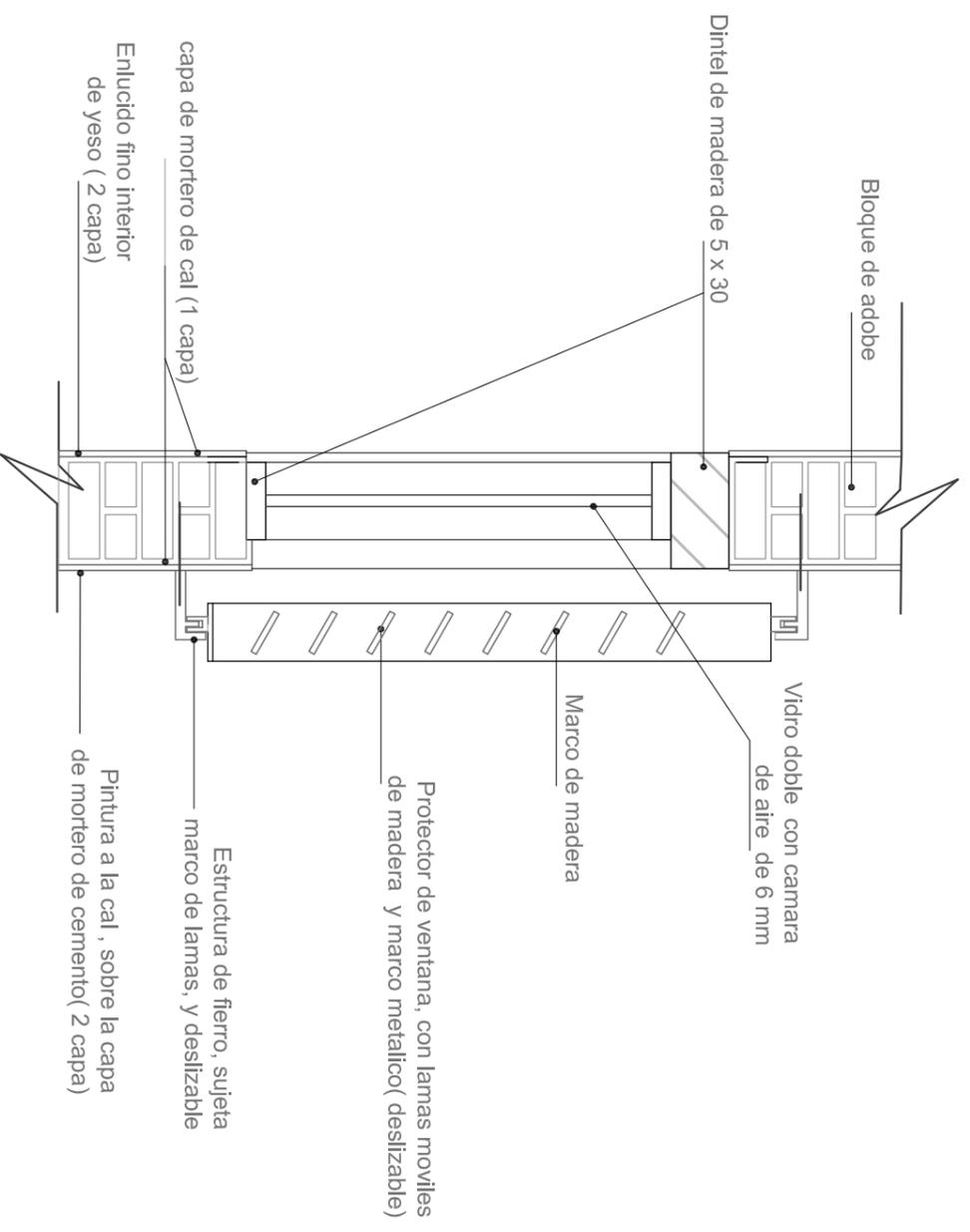


DETALLE CONSTRUCTIVO
ESC s/e



SECCION C - C

ESC 1:100



DETALLE CONSTRUCTIVO - 4
ESC s/e

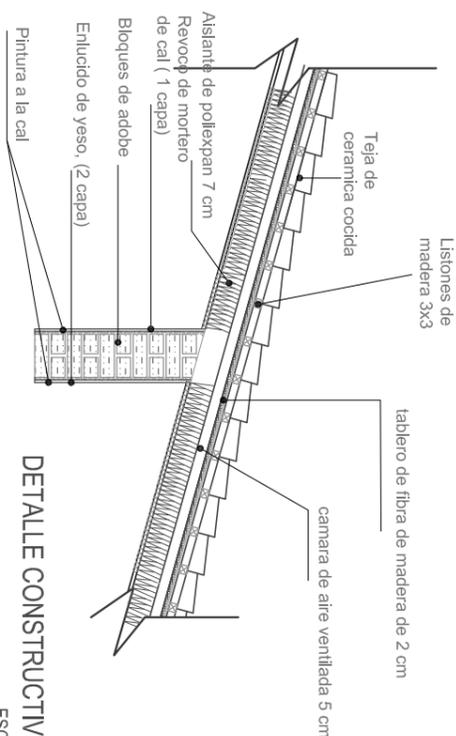
En este proyecto se plantea utilizar materiales del medio, rescatar el uso de antiguos materiales por su gran valor cultural y por el criterio de sostenibilidad que estos poseen, junto a materiales actuales; entre estos materiales estan el adobe, caña hueca, teja colonial, madera, hormigon y ladrillo ceramico.

El principal material para la construccion de los muros es el adobe, se usa por su gran inercia termica y su bajo coste, todo el cerramiento externo de la vivienda son de adobe y los internos son de ladrillo ceramico.

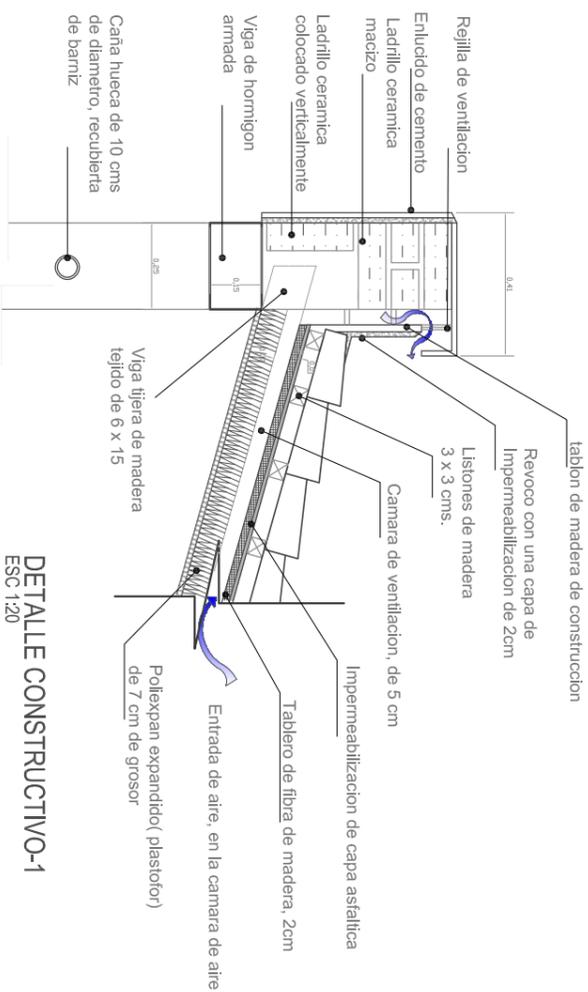
La carpinteria de las viviendas son de madera, las celosias o protectores de ventana son de madera y marco metalico, esta posee doble funcion, la primera es controlar la iluminacion interior y el segundo es para la proteccion privada de las viviendas.

En los cerramientos se han utilizado bloques de adobe de 26 x 12 x 8 cms de dimension, reforzados por una varilla de caña hueca por el interior de los muros a modo de nervios.

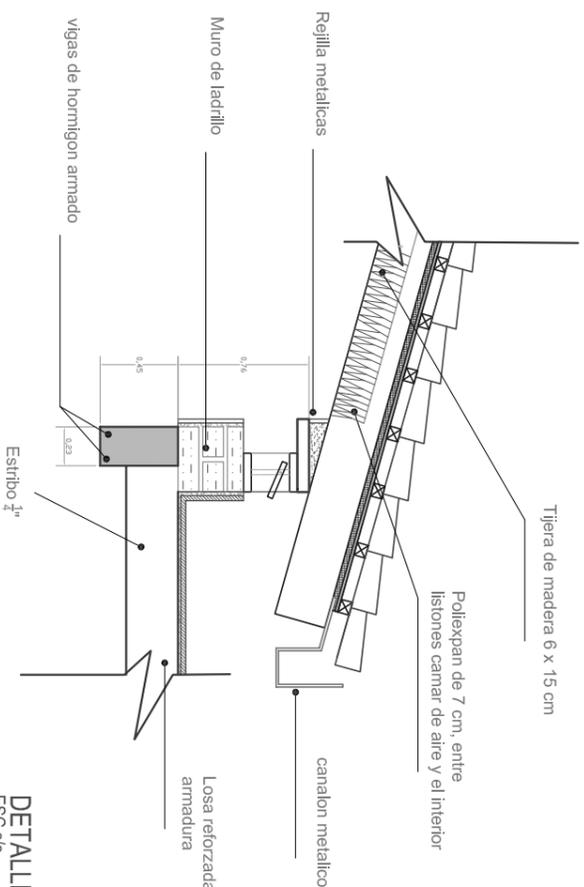
La vivienda esta sostenida por estructura formadas por columnas de ladrillo macizo, columnas de hormigon armado en la parte central que sostiene el forjado de hormigon (losa H⁹A° zona de servicio), y viga de encadenado de H⁹A° en todo el perimetro.



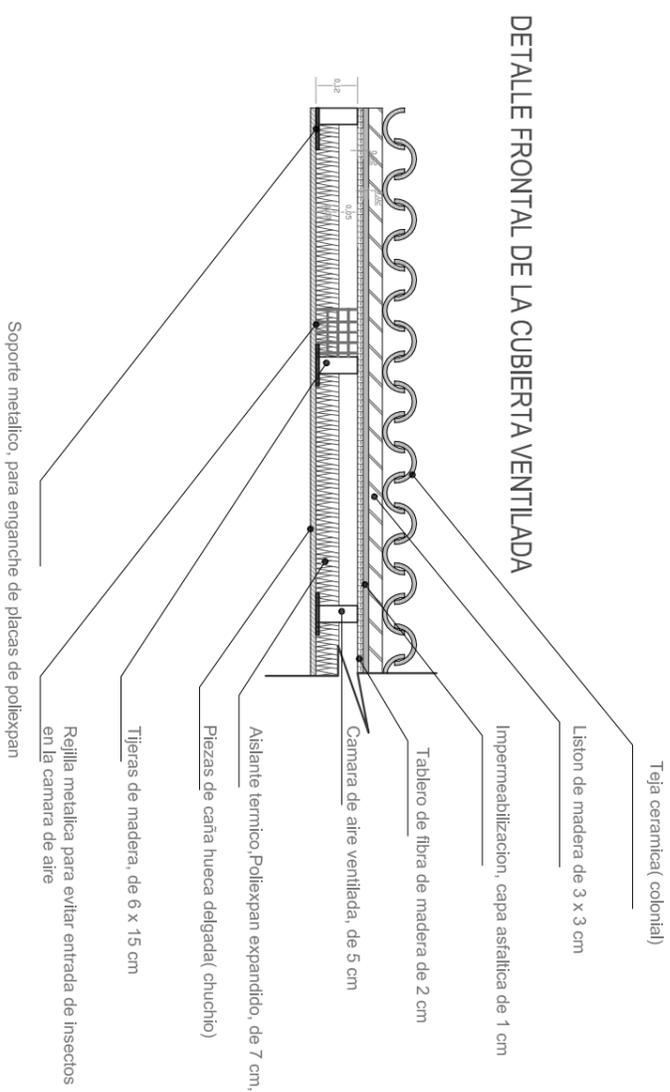
DETALLE CONSTRUCTIVO-3
ESC 1:25



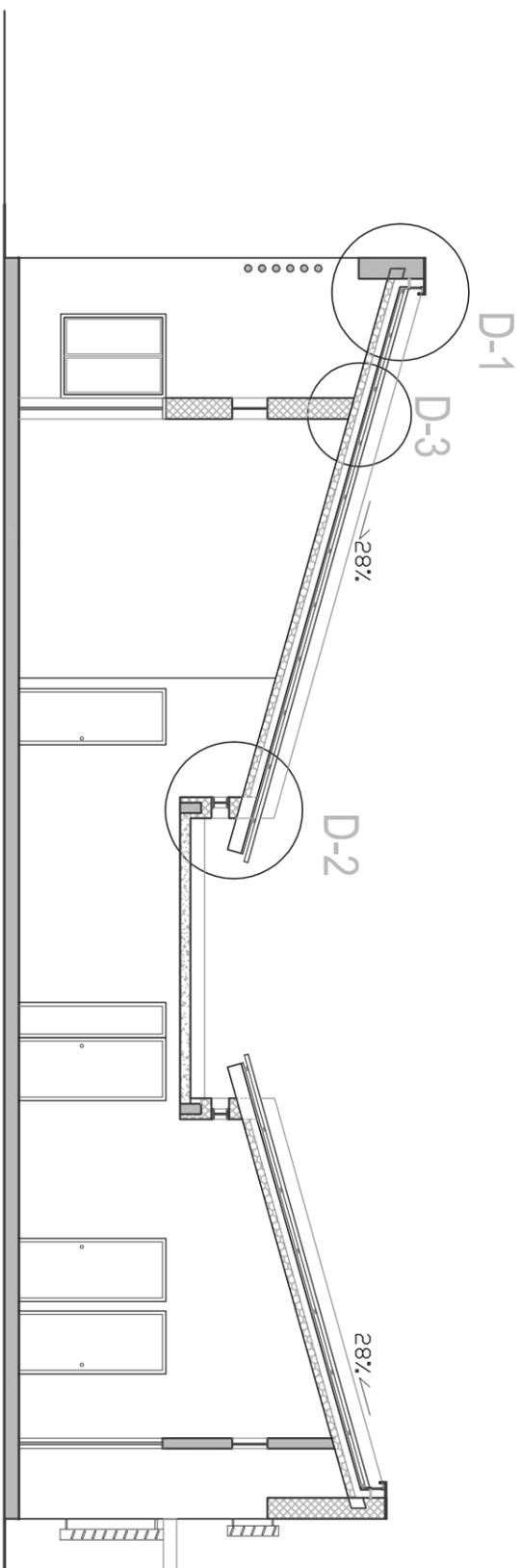
DETALLE CONSTRUCTIVO-1
ESC 1:20



DETALLE CONSTRUCTIVO-2
ESC 5/8



DETALLE FRONTAL DE LA CUBIERTA VENTILADA



SECCION B - B

n.p.t. ± 0,00

ESC 1:100

