

A vertical bar on the right side of the page, composed of several thin, parallel vertical stripes in various colors: yellow, light green, teal, dark green, purple, pink, and red.

# GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO

SEGÚN CLASIFICACIÓN DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE ARQUITECTURA

Seminario de Graduación para  
optar por el grado de Licenciatura  
en Arquitectura

**DIRECTOR:**

Msc. José Alí Porras Salazar

**ESTUDIANTES:**

Ana Laura Alfaro Murillo  
Nancy Aymerich Uhlenhaut  
Gina Blanco Laurito  
Laura Bolaños Álvarez  
Andrés Campos Monteros  
Rolando Matarrita Ortíz

## Agradecimiento

Deseamos expresar nuestras más sincera gratitud a todos aquellos que formaron parte, directa o indirectamente, del desarrollo y culminación de nuestra carrera académica a través del presente proyecto de investigación. Especialmente a nuestros familiares, amigos y compañeros que han sido un apoyo fundamental para cada uno de nosotros.

Agradecemos particularmente al Msc. en Arquitectura José Alí Porras Salazar, director de la investigación, por habernos hecho partícipes de un proceso tan enriquecedor; a los lectores, Msc. Arquitecta Eugenia Solís Umaña y Msc. Arquitecto Alberto Negrini Vargas por su gran colaboración a lo largo de la investigación. Así como al lector invitado Arquitecto Esteban Zamora Barahona quien también nos brindó valiosos aportes.

De igual forma hacemos extensivo el agradecimiento al personal del Centro Científico Tropical, especialmente al Msc. Vicente Watson Céspedes, lector invitado, que nos guio con su excepcional conocimiento. Así mismo, agradecemos al personal del Instituto Meteorológico Nacional por facilitarnos el acceso a los datos climáticos requeridos.

Finalmente, queremos dar gracias por las muestras de solidaridad y compañerismo; consejos, recomendaciones y palabras de aliento que, con tiempo, paciencia y cariño incondicional de muchas personas nos han llevado a donde estamos hoy.

A todos ustedes muchas gracias.

GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN CLASIFICACIÓN DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE. ANÁLISIS CLIMÁTICO DE ZONAS DE VIDA EXISTENTES EN EL PAÍS PARA LA DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS PASIVAS POR COMPONENTE DE LA ENVOLVENTE.

La presente investigación tiene como objetivo formular una “GUÍA” de estrategias pasivas de diseño bioclimático, basado en el análisis del clima de Costa Rica, según el sistema de clasificación de zonas de vida. Se determinan los rangos de confort de cada zona de vida, tomando datos de diversas estaciones climatológicas del Instituto Meteorológico Nacional. Con el objetivo de formular pautas a nivel general y específico para el diseño de espacios habitables que proporcionen ambientes confortables y saludables, sin que ello implique un mayor consumo energético o deterioro del medio ambiente.

El análisis se llevó a cabo mediante el estudio de las zonas de vida a nivel climático, vegetal y de arquitectura vernácula. Posteriormente se realiza la escogencia de estaciones climáticas representativas para definir el perfil de dichas zonas, mediante el procesamiento de los datos climáticos anuales y horarios por época lluviosa y seca. Esto se llevó a cabo con el uso de las herramientas de análisis Autodesk Ecotect Analysis y Climograma de Bienestar Adaptado. Es a partir de los resultados que se definen los rangos de confort por zona de vida y las estrategias pasivas efectivas (generales, por época y por intensidad de actividad metabólica) que dan paso a las pautas de diseño bioclimático.

En un nivel general se establecen pautas espaciales de orientación, configuración, distribución y uso de vegetación para todas las zonas de vida por piso altitudinal al que pertenecen. En un nivel más específico, se desarrollan pautas por las 3 componentes de la envolvente: inferior, vertical y superior. De cada pauta propuesta por componente se despliega diversas estrategias según el principio físico de su funcionamiento. Posteriormente se desarrolla a detalle una serie de ejemplos constructivos representativos por cada principio, los cuales tienen referencia directa con las zonas de vida en las que son aplicables.



|                    |   |
|--------------------|---|
| Introducción ..... | 1 |
|--------------------|---|

## Tomo 1

### Capítulo 1: Clima y Confort

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.1   | Definición de Clima y Tiempo .....                                     | 6  |
| 1.2   | Clasificaciones Climáticas .....                                       | 6  |
| 1.3   | Factores Climáticos .....  | 7  |
| 1.3.1 | Altitud .....  | 7  |
| 1.3.2 | Latitud .....  | 7  |
| 1.3.3 | Temperatura superficie del mar .....                                   | 7  |
| 1.3.4 | Temperatura superficie terrestre .....                                 | 7  |
| 1.3.5 | Continentalidad .....  | 8  |
| 1.3.6 | Orografía .....  | 8  |
| 1.4   | Elementos Climáticos .....   | 8  |
| 1.4.1 | Temperatura .....  | 8  |
| 1.4.2 | Humedad .....  | 8  |
| 1.4.3 | Viento .....   | 9  |
| 1.4.4 | Precipitación .....  | 9  |
| 1.4.5 | Radiación Solar .....  | 9  |
| 1.5   | Confort .....  | 10 |
| 1.6   | Mecanismos de intercambio de calor entre el cuerpo y el ambiente ..... | 10 |
| 1.7   | Índice de Bienestar .....  | 11 |
| 1.7.1 | Factores de Influencia según usuario .....                             | 11 |
| 1.8   | Índice de Confort Térmico .....  | 12 |
| 1.9   | Zonas de Confort en Diagramas Bioclimáticos .....                      | 12 |
| 1.9.1 | Diagrama de Olgyay .....   | 13 |
| 1.9.2 | Diagrama de Givonni (Ábaco Psicométrica) .....                         | 14 |
| 1.9.3 | Climograma de Bienestar Adaptado .....                                 | 16 |

### Capítulo 2: Zonas de Vida

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 2.1   | Definición de Zonas de Vida .....                         | 20 |
| 2.2   | Factores que determinan una Zona de Vida .....            | 20 |
| 2.2.1 | Primer nivel del sistema .....                            | 20 |
| 2.2.2 | Segundo nivel del sistema .....                           | 20 |
| 2.2.3 | Tercer nivel del sistema .....                            | 20 |
| 2.3   | Determinación de una Zona de vida en un sector dado ..... | 21 |
| 2.4   | Pisos Altitudinales .....                                 | 21 |
| 2.5   | Las Zonas de Vida en Costa Rica .....                     | 22 |
| 2.6   | Relación entre Zonas de Vida y el cambio climático .....  | 23 |
| 2.7   | Zonas de Vida y diseño arquitectónico .....               | 24 |
| 2.8   | Agrupación de la guía .....                               | 25 |

### Capítulo 3: Arquitectura Vernácula

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.1   | Arquitectura Vernácula .....   | 28 |
| 3.2   | Síntesis sobre el proceso evolutivo de la Arquitectura en Costa Rica ..... | 28 |
| 3.2.1 | Época Indígena – Pueblos Bri Brí / Cabécar .....                           | 28 |
| 3.2.2 | Época Colonial .....   | 30 |
| 3.2.3 | Siglo XIX .....  | 35 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| Introducción ..... | 43 |
|--------------------|----|

## Tomo 2

### Capítulo 4: Piso Basal

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.1    | Bosque Seco Tropical .....                          | 46 |
| 4.1.1  | Perfil Climático .....                              | 48 |
| 4.1.2  | Perfil Vegetal .....                                | 49 |
| 4.2    | Bosque Húmedo Tropical .....                        | 50 |
| 4.2.1  | Perfil Climático .....                              | 52 |
| 4.2.2  | Perfil Vegetal .....                                | 53 |
| 4.3    | Bosque Muy Húmedo Tropical .....                    | 54 |
| 4.3.1  | Perfil Climático .....                              | 56 |
| 4.3.2  | Perfil Vegetal .....                                | 57 |
| 4.4    | Rangos de Confort: Bosque Seco Tropical .....       | 60 |
| 4.4.1  | Estrategias de Confort .....                        | 60 |
| 4.4.2  | Estrategias de Confort según Días Tipo .....        | 60 |
| 4.4.3  | Parámetros de Confort por Actividad .....           | 61 |
| 4.5    | Rangos de Confort: Bosque Húmedo Tropical .....     | 62 |
| 4.5.1  | Estrategias de Confort .....                        | 62 |
| 4.5.2  | Estrategias de Confort según Días Tipo .....        | 63 |
| 4.5.3  | Parámetros de Confort según Actividad .....         | 64 |
| 4.6    | Rangos de Confort: Bosque Muy Húmedo Tropical ..... | 65 |
| 4.6.1  | Estrategias de Confort .....                        | 65 |
| 4.6.2  | Estrategias de Confort según Días Tipo .....        | 65 |
| 4.6.3  | Parámetros de Confort según Actividad .....         | 67 |
| 4.7    | Orientación .....                                   | 70 |
| 4.7.1  | Orientación según Trayectoria Solar .....           | 70 |
| 4.7.2  | Orientación según Vientos .....                     | 71 |
| 4.8    | Configuración Espacial .....                        | 72 |
| 4.8.1  | Inferior .....                                      | 72 |
| 4.8.2  | Habitable .....                                     | 74 |
| 4.8.3  | Superior .....                                      | 79 |
| 4.9    | Distribución Espacial .....                         | 81 |
| 4.10   | Vegetación .....                                    | 82 |
| 4.10.1 | Evitar la captación de calor .....                  | 82 |
| 4.10.2 | Control Solar .....                                 | 83 |
| 4.10.3 | Control de Vientos .....                            | 85 |

### Capítulo 5: Piso Premontano

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 5.1   | Bosque Húmedo Premontano .....                    | 88  |
| 5.1.1 | Perfil Climático .....                            | 90  |
| 5.1.2 | Perfil Vegetal .....                              | 91  |
| 5.2   | Bosque Muy Húmedo Premontano .....                | 92  |
| 5.2.1 | Perfil Climático .....                            | 94  |
| 5.2.2 | Perfil Vegetal .....                              | 95  |
| 5.3   | Bosque Pluvial Premontano .....                   | 96  |
| 5.3.1 | Perfil Climático .....                            | 97  |
| 5.3.2 | Perfil Vegetal .....                              | 98  |
| 5.4   | Rangos de Confort: Bosque Húmedo Premontano ..... | 100 |
| 5.4.1 | Estrategias de Confort .....                      | 100 |
| 5.4.2 | Estrategias de Confort según Días Tipo .....      | 100 |
| 5.4.3 | Parámetros de Confort por Actividad .....         | 101 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 5.5   | Rangos de Confort: Bosque Muy Húmedo Premontano | 103 |
| 5.5.1 | Estrategias de Confort                          | 103 |
| 5.5.2 | Estrategias de Confort según Días Tipo          | 104 |
| 5.5.3 | Parámetros de Confort según Actividad           | 105 |
| 5.6   | Orientación                                     | 108 |
| 5.6.1 | Orientación según Trayectoria Solar             | 108 |
| 5.6.2 | Orientación según Vientos                       | 109 |
| 5.7   | Configuración Espacial                          | 110 |
| 5.7.1 | Inferior  | 110 |
| 5.7.2 | Habitable                                       | 111 |
| 5.7.3 | Superior  | 114 |
| 5.8   | Distribución Espacial                           | 116 |
| 5.9   | Vegetación                                      | 117 |
| 5.9.1 | Evitar la Captación de Calor                    | 117 |
| 5.9.2 | Control Solar                                   | 119 |
| 5.9.3 | Control de Vientos                              | 120 |
| 5.9.4 | Filtro de Contaminantes                         | 121 |

## Capítulo 6: Piso Montano Bajo

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 6.1    | Bosque Húmedo Montano Bajo                        | 124 |
| 6.1.1  | Perfil Climático                                  | 125 |
| 6.1.2  | Perfil Vegetal                                    | 126 |
| 6.2    | Bosque Muy Húmedo Montano Bajo                    | 127 |
| 6.2.1  | Perfil Climático                                  | 129 |
| 6.2.2  | Perfil Vegetal                                    | 129 |
| 6.3    | Bosque Pluvial Montano Bajo                       | 130 |
| 6.3.1  | Perfil Climático                                  | 131 |
| 6.3.2  | Perfil Vegetal                                    | 133 |
| 6.4    | Rangos de Confort: Bosque Húmedo Montano Bajo     | 136 |
| 6.4.1  | Estrategias de Confort                            | 136 |
| 6.4.2  | Estrategias de Confort según Días Tipo            | 137 |
| 6.4.3  | Parámetros de Confort por Actividad               | 137 |
| 6.5    | Rangos de Confort: Bosque Muy Húmedo Montano Bajo | 138 |
| 6.5.1  | Estrategias de Confort                            | 138 |
| 6.5.2  | Estrategias de Confort según Días Tipo            | 138 |
| 6.5.3  | Parámetros de Confort por Actividad               | 139 |
| 6.6    | Rangos de Confort: Bosque Pluvial Montano Bajo    | 140 |
| 6.6.1  | Estrategias de Confort                            | 140 |
| 6.6.2  | Estrategias de Confort según Días Tipo            | 140 |
| 6.6.3  | Parámetros de Confort por Actividad               | 141 |
| 6.7    | Orientación                                       | 144 |
| 6.7.1  | Orientación según Trayectoria Solar               | 144 |
| 6.7.2  | Orientación según Vientos                         | 145 |
| 6.8    | Configuración Espacial                            | 146 |
| 6.8.1  | Inferior  | 146 |
| 6.8.2  | Habitable   | 146 |
| 6.8.3  | Superior  | 149 |
| 6.9    | Distribución Espacial                             | 151 |
| 6.10   | Vegetación  | 152 |
| 6.10.1 | Conservar Calor                                   | 152 |
| 6.10.2 | Control Solar                                     | 154 |
| 6.10.3 | Control de Vientos                                | 155 |

## Capítulo 7: Piso Montano

|       |                           |     |
|-------|---------------------------|-----|
| 7.1   | Bosque Muy Húmedo Montano | 158 |
| 7.1.1 | Perfil Climático          | 159 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 7.1.2 | Perfil Vegetal                            | 160 |
| 7.2   | Bosque Pluvial Montano                    | 161 |
| 7.2.1 | Perfil Climático                          | 161 |
| 7.2.2 | Perfil Vegetal                            | 162 |
| 7.3   | Rangos de Confort: Bosque Pluvial Montano | 164 |
| 7.3.1 | Estrategias de Confort                    | 164 |
| 7.3.2 | Estrategias de Confort según Días Tipo    | 164 |
| 7.3.3 | Parámetros de Confort por Actividad       | 165 |
| 7.4   | Orientación                               | 168 |
| 7.4.1 | Orientación según Trayectoria Solar       | 168 |
| 7.4.2 | Orientación según Vientos                 | 169 |
| 7.5   | Configuración                             | 170 |
| 7.5.1 | Espacio Inferior                          | 170 |
| 7.5.2 | Espacio Habitable                         | 170 |
| 7.5.3 | Espacio Superior                          | 172 |
| 7.6   | Configuración Espacial                    | 174 |
| 7.7   | Vegetación                                | 175 |
| 7.7.1 | Conservar Calor                           | 175 |
| 7.7.2 | Control de Vientos                        | 176 |

## Capítulo 8: Piso Subalpino

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 8.1   | Páramo Pluvial Subalpino                    | 180 |
| 8.1.1 | Perfil Climático                            | 181 |
| 8.1.2 | Perfil Vegetal                              | 182 |
| 8.2   | Rangos de Confort: Páramo Pluvial Subalpino | 184 |
| 8.2.1 | Estrategias de Confort                      | 184 |
| 8.2.2 | Parámetros de Confort por Actividad         | 184 |
| 8.3   | Orientación                                 | 188 |
| 8.3.1 | Orientación según Trayectoria Solar         | 188 |
| 8.3.2 | Orientación según Vientos                   | 189 |
| 8.4   | Configuración                               | 190 |
| 8.4.1 | Espacio Inferior                            | 190 |
| 8.4.2 | Espacio Habitable                           | 190 |
| 8.4.3 | Espacio Superior                            | 192 |
| 8.5   | Distribución Espacial                       | 194 |
| 8.6   | Vegetación                                  | 195 |
| 8.6.1 | Conservar Calor                             | 196 |
| 8.6.2 | Control de Vientos                          | 197 |

## Capítulo 9: Pautas Específicas

|       |                              |     |
|-------|------------------------------|-----|
| 9.1   | Generalidades                | 200 |
| 9.2   | Envoltente Inferior          | 208 |
| 9.2.1 | Disipar Calor                | 211 |
| 9.2.2 | Acumular Calor               | 215 |
| 9.2.3 | Conservar Calor              | 217 |
| 9.3   | Envoltente Vertical          | 219 |
| 9.3.1 | Evitar la Captación de Calor | 225 |
| 9.3.2 | Control Solar                | 231 |
| 9.3.3 | Disipar Calor                | 236 |
| 9.3.4 | Captar Calor                 | 241 |
| 9.3.5 | Acumular Calor               | 246 |
| 9.3.6 | Conservar Calor              | 249 |
| 9.4   | Envoltente Superior          | 253 |
| 9.4.1 | Evitar la Captación de Calor | 257 |
| 9.4.2 | Disipar Calor                | 262 |
| 9.4.3 | Captar Calor                 | 268 |
| 9.4.4 | Conservar Calor              | 270 |

## Capítulo 1: Clima y Confort

- Fig. 1.1.1: Zona de convergencia intertropical, Fuente: (ZCIT), (Modificado por autores)
- Fig 1.4.1 Principales elementos climáticos que influyen en el diseño arquitectónico. Fuente: Gonzalo, 2003. (Modificado por autores)
- Fig 1.4.2 Efectos percibidos por el cuerpo ante la influencia de variables ambientales y climáticas. Fuente: Mermet A (2005). Ventilación natural de edificios. (Modificada por autores)
- Fig 1.5.1 Mecanismos de Autoregulación. Fuente: Bustamante W. 2009. Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social. (Modificado por Autores)
- Fig 1.7.1 Valores ejemplares de MET según actividad. Fuente: ISO 7730. (Modificado por autores)
- Fig 1.7.2 Valores ejemplares de CLO según cantidad de ropa. Fuente: ISO 7730. (Modificado por autores)
- Fig 1.9.1 Diagrama Bioclimático de Olygay. Fuentes: Szokalay S, 2007. PLEA (2da edición) Modificado por autores)
- Fig 1.9.2 Estructura Diagrama Psicrométrico Fuente: Szokalay S, 2007. PLEA (2da edición) (Modificado por autores).
- Fig 1.9.3 Gráfico Ábaco Psicrométrico basado en los datos mensuales de la estación de Rancho Redondo. Cada línea representa un mes y sus datos mínimos y máximos promedios a través de un año. (Elaborado por Autores)
- Fig 1.9.4 Gráfico Ábaco Psicrométrico basado en los datos horarios promedio por 10 años de 10 días de la época seca y lluviosa de la estación de Rancho Redondo. Cada línea representa dos horas consecutivas del día tipo y sus datos mínimos y máximos promedios a través de los 10 años. (Elaborado por autores)
- Fig 1.9.5 Climograma de Bienestar adaptado (Elaborado por Autores)
- Fig 1.9.6 Gráficos de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad. Gráfico superior: Actividad baja referida al descanso. Gráfico medio: Actividad media referida a actividades de estudio, ver televisión, usar la computadora, etc. Gráfico inferior: Actividad alta referida actividades del quehacer doméstico como limpiar o lavar (Elaborado por autores).

## Capítulo 2: Zonas de Confort

- Fig 2.3.1 Diagrama para establecer Zonas de Vida. Fuente: Ecología Basada en Zonas de Vida.
- Fig 2.5.1. Ubicación de las Zonas de Vida de Costa Rica. Fuente: Ecología Basada en Zonas de Vida (Modificado por el autor)
- Fig 2.5.2 Mapa de Zonas de vida de Costa Rica. Según Holdridge. Fuente: Ecología Basada en Zonas de Vida (Modificado por el autor)
- Fig 2.5.3 Distribución de las Zonas de Vida de Costa Rica según ámbito y piso altitudinal. Fuente: Fournier 1980 (Modificado por el autor)
- Fig 2.6.1 Zonas de Vida Reclasificadas. Fuente CATIE. (Modificado por el autor)
- Fig 2.6.2 Zonas de Vida para el 2010. Fuente CATIE (Modificado por el autor)
- Fig 2.6.3 Zonas de Vida para el 2020. Fuente CATIE (Modificado por el autor)
- Fig 2.6.4 Zonas de Vida para el 2080. Fuente CATIE (Modificado por el autor)

## Capítulo 3: Arquitectura Vernácula

- Fig 3.2.1 Síntesis sobre el proceso evolutivo de la Arq. en Costa Rica. Fuente: Elaborado por Autores
- Fig 3.2.2 Mapa Región Bri - Brí / Cabecar. Elaborado por el autor
- Fig 3.2.3 Corte de Vivienda Cónica Elaborado por el autor
- Fig 3.2.4 Planta de Vivienda Cónica Elaborado por el autor
- Fig 3.2.5 Bloques de Adobe Fuente: Alberto Perez
- Fig 3.2.6 Asentamientos Coloniales Fuente Madrigal, Moas (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.7 Vivienda T2 Fuente Madrigal, Moas (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.8 Diagrama de Distribución Vivienda T2 Fuente Madrigal, Moas (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.9 Vivienda Rectangular Fuente: Madrigal, Moas (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.10 Diagrama de distribución Vivienda Rectangular Fuente: Madrigal, Moas (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.11 Vivienda Compacta Fuente: Madrigal, Moas (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.12 Diagrama de distribución Vivienda Compacta Fuente: Madrigal, Moas (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.13 Mapa Región Bri - Brí / Cabecar (Elaborado por el autor)
- Fig 3.2.14 Rancho sobre pilotes Fuente: Madrigal, Moas (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.15 Rancho sobre pilotes Fuente: Madrigal, Moas (Modificado por el autor)

- Fig 3.2.16 Rancho Rectangular Fuente: Madrigal, Moas (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.17 Rancho Rectangular Fuente: Madrigal, Moas (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.18 Teatro Nacional de Costa Rica, Construcción: 1985 Fuente: Panoramio.com
- Fig 3.2.19 Mapa Región con Viviendas de Vigueta (Elaborado por el autor)
- Fig 3.2.20 Corte - Casa de Vigueta el Alto de Quebradilla Fuente: Madrigal, Moas (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.21 Planta - Casa de Vigueta el Alto de Quebradilla Fuente: Madrigal, Moas (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.22 Hacienda Retes, Llano Grande de Cartago, Fuente: Panoramio.com
- Fig 3.2.23 Hacienda Retes Fuente: Panoramio.com
- Fig 3.2.24 Detalle de rejillas en fachadas Fuente: Woodbridge, Richard (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.26 Detalle de puerta con rejilla Fuente: Woodbridge, Richard (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.27 Vivienda Angosta. Fuente Madrigal, Moas (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.28 Vivienda del Valle Central. Fuente Madrigal, Moas (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.29 Mapa de Ubicación. Vivienda Bananera (Elaborado por el autor)
- Fig 3.2.30 Detalle de rejillas en fachadas. Fuente: Woodbridge, Richard. (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.31 1er Nivel Casa Bananera. Fuente, Madrigal Moas (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.32 2do Nivel Casa Bananera. Fuente, Madrigal Moas (Modificado por el autor)
- Fig 3.2.33 Casa Bananera Rural. Fuente, Madrigal Moas (Modificado por el autor)

## Capítulo 4: Piso Basal

- Fig. 4.1.1. Gráfico de Comportamiento Climático Anual, Estación Liberia. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Elaborado por autores).
- Fig. 4.1.2. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).
- Fig. 4.1.3. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).
- Fig. 4.1.4. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).
- Fig. 4.1.5. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R (Modificado por autores).
- Fig 4.2.1. Gráfico de Comportamiento Climático Anual. Estación Ceiba. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Elaborado por autores).
- Fig. 4.2.2. Gráfico de Comportamiento Climático Anual. Estación Limón. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Elaborado por autores).
- Fig. 4.2.3. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).
- Fig.4.2.4. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).
- Fig. 4.2.5. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).
- Fig. 4.2.6. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R (Modificado por autores).
- Fig. 4.3.1. Gráfico de Comportamiento Climático Anual, Estación La Mola. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Elaborado por autores).
- Fig. 4.3.2. Gráfico de Comportamiento Climático Anual, Estación Coto 47. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Elaborado por autores).
- Fig.4.3.3. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).
- Fig. 4.3.4. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).
- Fig. 4.3.5. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).
- Fig. 4.3.6. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R. (Modificado por autores).
- Fig. 4.4.1. Ábaco Psicrométrico basado en los datos mensuales promedio de la estación de Liberia. (Elaborado por autores).
- Fig. 4.4.2. Gráfico Ábaco Psicrométrico basado en los datos horarios promedio por 10 años de 10 días de la época seca y lluviosa de la estación de Liberia. (Elaborado por autores).
- Fig 4.4.3. Climogramas de Bienestar Adaptado de tres tipos de actividades, según su intensidad. (Elaborado por autores).
- Fig. 4.5.1. Gráfico Ábaco Psicrométrico basado en los datos mensuales promedio de la estación de la Ceiba (arriba) y Limón (abajo). Cada línea representa un mes del año y sus datos mínimos y máximos promedios (Elaborado por autores).
- Fig. 4.5.2. Ábaco Psicrométrico basado en los datos horarios promedio por 10 años de 10 días de la época seca y lluviosa de la estación de la Ceiba y Limón. (Elaborado por autores).
- Fig.4.5.3. Climogramas de Bienestar Adaptado de tres tipos de actividades, según su intensidad. (Elaborado por autores).
- Fig. 4.6.1. Ábaco Psicrométrico basado en los datos mensuales promedio de la estación de Coto 47 y La Mola. (Elaborado por autores).
- Fig. 4.6.2. Ábaco Psicrométrico basado en los datos horarios promedio por 10 años de 10 días de la



época seca y lluviosa de la estación de Coto 47 y La Mola. (Elaborado por autores).

Fig. 4.6.3. Gráficos de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad. (Elaborado por autores).

Fig. 4.7.1. Rango de orientación recomendado para el Piso Basal (Elaborado por autores).

Fig. 4.7.2. Radiación solar mensual sobre diferentes planos de la envolvente en latitud 10 (Modificado por autores).

Fig. 4.7.3. Vientos dominantes en el Pacífico Norte (Elaborado por autores).

Fig. 4.7.4. Vientos dominantes en el Pacífico Central y Sur (Elaborado por autores).

Fig. 4.7.5. Vientos dominantes región Atlántica (Elaborado por autores).

Fig. 4.8.1. Configuración del espacio inferior (Elaborado por autores).

Fig. 4.8.2. Propiedades de la superficie del suelo y sus implicaciones en el edificio. (Elaborado por autores).

Fig. 4.8.3. Variación de la temperatura en función de la altura mínima de piso terminado a cielo, ideal para las zonas de piso Basal (Modificado por autores).

Fig. 4.8.4. Cálculo de ángulos solares para patio interno, de un espacio habitable de un nivel. (Elaborado por autores).

Fig. 4.8.5. Configuraciones óptimas para región Pacífico Norte: bs-T y bh-T. (Elaborado por autores).

Fig. 4.8.6. Corte diagramático del funcionamiento espacio habitable con del patio central. (Elaborado por autores).

Fig. 4.8.7. Cálculo de dispositivos de control solar para el bs-T y zonas similares. (Elaborado por autores).

Fig. 4.8.8. Configuraciones óptimas tipo rectangular, región Pacífico Central, Pacífico Sur y Atlántico (Elaborado por autores).

Fig. 4.8.9. Corte diagramático de espaciado sencillo. (Elaborado por autores).

Fig. 4.8.10. Cálculo de dispositivos de control solar para el bh-T y bmh-T, excepto el bh-T de la zona norte el cual tiene mayor similaridad con las cartas desarrolladas para el bs-T. (Elaborado por autores).

Fig. 4.8.11. Corte transversal con trayectoria solar de todo un año. Ángulos de altitud solar del 1° de cada mes a las 12:00 mediodía. (Elaborado por autores).

Fig. 4.8.12. Ejemplos de configuración del espacio superior efectivos para el piso basal (Elaborado por autores).

Fig. 4.8.13. Gráfico de absorción de calor del cerramiento superior, según su inclinación con respecto al sol. (Elaborado por autores).

Fig. 4.8.14. Gráfico de configuración espacial y elementos de cerramiento general de la vivienda para las zonas de vida del piso basal (Elaborado por autores).

Fig. 4.9.1. Gráfico de disposición espacial de la vivienda para las zonas de vida según vientos predominantes del suroeste o noreste del piso Basal (Elaborado por autores).

Fig. 4.10.1. "Círculo de Escogencia por Afinidad Ecológica" elaborado por el arquitecto costarricense Alberto Negrini Vargas. (Modificado por autores).

Fig. 4.2. Tipos de paredes verdes (Elaborado por autores).

Fig. 4.10.3. Estratos de una cubierta verde (Elaborado por autores).

Fig. 4.10.4. Tipos de pantallas verdes: verticales y horizontales. (Elaborado por autores).

Fig. 4.10.5. Sombreamiento por arboles. Uso de vegetación para protección solar en fachadas y ventanas de orientación norte (Elaborado por autores).

Fig. 4.10.6. Efecto del viento cuando se cuenta con arboles y arbustos. (Elaborado por autores).

Fig. 4.10.7. Pantallas verdes como redireccionadores de viento. (Elaborado por autores).

## Capítulo 5: Piso Premontano

Fig. 5.1.1. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación Fabio Baudrit. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Elaborado por autores).

Fig. 5.1.2. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación Dulce Nombre. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Elaborado por autores).

Fig. 5.1.3. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 5.1.4. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 5.1.5. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 5.1.6. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R (Modificado por autores).

Fig. 5.2.1. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación Santa Lucía. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Elaborado por autores).

Fig. 5.2.2. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación Pérez Zeledón. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Elaborado por autores).

Fig. 5.2.3. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 5.2.4. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 5.2.5. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 5.2.6. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R (Modificado por autores).

Fig. 5.3.1. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 5.3.2. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 5.3.3. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 5.3.4. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R. (Modificado por autores).

Fig. 5.4.1. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos mensuales promedio de la estación de Fabio Baudrit y Dulce Nombre. (Elaborado por autores).

Fig. 5.4.2. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos horarios promedio por 10 años de 10 días de la época seca y lluviosa de Fabio Baudrit y Dulce Nombre. (Elaborado por autores).

Fig. 5.4.3. Gráficos de Climograma de Bienestar Adaptado tres tipos de actividades, según su intensidad. (Elaborado por autores)

Fig. 5.4.4. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos mensuales promedio de la estación de Santa Lucía y Pérez Zeledón. (Elaborado por autores)

Fig. 5.4.5. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos horarios promedio por 10 años de 10 días de la época seca y lluviosa de Santa Lucía y Pérez Zeledón. (Elaborado por autores)

Fig. 5.4.6. Gráficos de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad. (Elaborado por autores)

Fig. 5.6.1. Rango de orientación recomendado para el Piso Premontano. (Elaborado por autores).

Fig. 5.6.2. Radiación solar mensual sobre diferentes planos de la envolvente en latitud 10. (Modificado por autores).

Fig. 5.6.3. Vientos dominantes para sitios ubicados en la vertiente Pacífica. (Elaborado por autores).

Fig. 5.6.4. Vientos dominantes para sitios ubicados en la vertiente Atlántica. (Elaborado por autores).

Fig. 5.7.1. Configuración del espacio inferior. (Elaborado por autores)

Fig. 5.7.2. Propiedades de la superficie del suelo y sus implicaciones en el edificio. (Elaborado por autores)

Fig. 5.7.3. Configuración óptima en planta para el el piso Premontano (Elaborado por autores)

Fig. 5.7.4. Variación de la temperatura en función de la altura. (Modificado por autores)

Fig. 5.7.5. Corte diagramático del funcionamiento del espacio habitable, según las dos posibilidades de espaciado. (Elaborado por autores)

Fig. 5.7.6. Cálculo de dispositivos de control solar para el piso Premontano. (Elaborado por autores)

Fig. 5.7.7. Gráfico configuración de cerramiento superior. Corte transversal con trayectoria solar de todo un año. Ángulos de altitud solar del 1° de cada mes a las 12:00 mediodía. (Elaborado por autores)

Fig. 5.7.8. Ejemplos de configuración del espacio superior efectivos para el bosque Premontano. (Elaborado por autores)

Fig. 5.7.9. Gráfico de absorción de calor del cerramiento superior, según su inclinación con respecto al sol. (Elaborado por autores)

Fig. 5.7.10. Gráfico de configuración espacial y elementos de cerramiento general de la vivienda para las zonas de vida del piso Premontano. (Elaborado por autores)

Fig. 5.8.1. Gráfico de disposición espacial de la vivienda para las zonas de vida según vientos predominantes del noreste o suroeste del piso Premontano. (Elaborado por autores).

Fig. 5.9.1. "Círculo de Escogencia por Afinidad Ecológica" elaborado por el arquitecto costarricense Alberto Negrini Vargas. (Modificado por autores).

Fig. 5.9.2. Tipos de cubierta verdes: extensivas e intensiva (Elaborado por autores).

Fig. 5.9.3. Tipo de paredes verdes: fachada verde y muros vivos (Elaborado por autores).

Fig. 5.9.4. Tipos de pantallas verdes: verticales y horizontales. (Elaborado por autores).

Fig. 5.9.5. Uso de vegetación para protección solar en fachadas y ventanas de orientación norte (Elaborado por autores).

## Capítulo 6: Piso Montano Bajo

Fig. 6.1.1. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación de Rancho Redondo. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Elaborado por autores).

Fig. 6.1.2. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 6.1.3. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 6.1.4. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 6.1.5. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R (Modificado por autores).

Fig. 6.2.1. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación de Fraijanes. Fuente: Instituto

Meteorológico Nacional (Elaborado por autores).

Fig. 6.2.2. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 6.2.3. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 6.2.4. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 6.2.5. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R (Modificado por autores)

Fig. 6.3.1. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación Florex/ Empalme. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Elaborado por autores).

Fig.6.3.2. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 6.3.3. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 6.3.4. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 6.3.5. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R. (Modificado por autores).

Fig. 6.4.1. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos mensuales de la estación de Rancho Redondo. (Elaborado por autores)

Fig. 6.4.2. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos horarios promedio por 10 años de 10 días de la época seca y lluviosa de la estación de Rancho Redondo. (Elaborado por autores)

Fig. 6.4.3. Gráficos de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad (Elaborado por autores).

Fig. 6.5.1. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos mensuales promedio de la estación de Fraijanes. Cada línea representa un mes del año y sus datos mínimos y máximos promedios. (Elaborado por autores)

Fig. 6.5.2. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos horarios promedio por 10 años de 10 días de la época seca y lluviosa de la estación de Fraijanes. (Elaborado por autores)

Fig. 6.5.3. Gráficos de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad (Elaborado por autores).

Fig. 6.6.1. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos mensuales de la estación de Fraijanes. (Elaborado por autores)

Fig. 6.6.2. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos horarios promedio por 10 años de 10 días de la época seca y lluviosa de la estación de Fraijanes. (Elaborado por autores)

Fig. 6.6.3. Gráficos de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad. (Elaborado por autores).

Fig. 6.7.1. Trayectoria solar y rango de orientación recomendado para el Piso Montano Bajo. (Elaborado por autores).

Fig. 6.7.2. Radiación solar mensual sobre diferentes planos de la envolvente en latitud 10. (Modificado por autores).

Fig. 6.7.3. Efecto de los vientos debido a la orografía del terreno. (Elaborado por autores).

Fig. 6.7.4. Dirección de vientos dominantes en el Piso Montano Bajo. (Elaborado por autores).

Fig. 6.8.1. Configuración del espacio inferior. (Elaborado por autores)

Fig. 6.8.2. Propiedades de la superficie del suelo y sus implicaciones en el espacio inferior del edificio. (Elaborado por autores)

Fig. 6.8.3. Variación de la temperatura en función de la altura mínima de piso terminado a cielo, ideal para las zonas de piso Basal. (Modificado por autores).

Fig. 6.8.4. Configuraciones óptimas para el piso Montano Bajo. (Elaborado por autores).

Fig. 6.8.5. Corte diagramático del espaciamiento compacto doble para las zonas del Piso Montano Bajo. (Modificado por autores)

Fig. 6.8.5. Cálculo de dispositivos de control solar para el piso Montano alto. (Elaborado por autores)

Fig. 6.8.6. Grafico configuración de cerramiento superior. Corte transversal con trayectoria solar de todo un año. Ángulos de altitud solar del 1° de cada mes a las 12:00 mediodía. (Elaborado por autores)

Fig. 6.8.7. Ejemplos de configuración del espacio superior efectivos para el bosque Montano Bajo. (Elaborado por autores)

Fig. 6.8.8. Gráfico de absorción de calor del cerramiento superior, según su inclinación con respecto al sol. (Elaborado por autores)

Fig. 6.8.9 Gráfico de configuración espacial y elementos de cerramiento general de la vivienda para las zonas de vida del piso Premontano. (Elaborado por autores)

Fig. 6.8.10 Gráfico de disposición espacial de la vivienda para las zonas de vida según vientos predominantes del noreste o suroeste del piso Montano Bajo (Elaborado por autores).

Fig. 6.9.1. Gráfico de disposición espacial de la vivienda para las zonas de vida según vientos predominantes del noreste o suroeste del piso Montano Bajo (Elaborado por autores).

Fig. 6.10.1. "Círculo de Escogencia por Afinidad Ecológica" elaborado por el arquitecto costarricense Alberto Negrini Vargas. (Modificado por autores).

Fig. 6.10.2. Acciones climáticas y tipos de cubierta verdes: extensivas e intensiva (Elaborado por autores).

Fig. 6.10.3. Tipos de pantallasverdes (Elaborado por autores).

Fig. 6.10.4. Acciones de la vegetación sobre el viento. (Elaborado por autores).

## Capítulo 7: Piso Montano

Fig. 7.2.1 Gráfico de Comportamiento Climático Anual. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional. Estación Villa Mills. (Elaborado por autores).

Fig. 7.2.2 Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 7.2.3 Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig. 7.2.4 Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Modificado por autores).

Fig 7.3.1 Ábaco Psicométrico basado en los datos mensuales promedio de la estación de Villa Mills Florex. (Elaborado por autores).

Fig 7.3.2 Ábaco Psicométrico basado en los datos horarios promedio por 10 años de 10 días de la época seca y lluviosa de la estación de Villa Mills y Florex. (Elaborado por autores).

Fig 7.3.3 Gráficos de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad. (Elaborado por autores).

Fig 7.4.1 Radiación solar mensual sobre diferentes planos de la envolvente en latitud 10. (Modificación por el autor).

Fig 7.4.2 Rango de orientación recomendado para el Piso Montano. A (Diagrama elaborado por autores).

Fig 7.4.3 Dirección de vientos dominantes en el Piso Montano. (Elaborado por autores).

Fig 7.4.4 Efecto de los vientos debido a la orografía del terreno. (Elaborado por autores).

Fig 7.4.5 Diagrama ubicación protegida de los vientos (Elaborado por autores).

Fig 7.5.1 Configuración del espacio inferior (Elaborado por autores)

Fig 7.5.2 Propiedades de la superficie del suelo y sus implicaciones en el espacio inferior del edificio. (Elaborado por autores)

Fig 7.5.3 Variación de la temperatura en función de la altura. (Modificado por autores).

Fig 7.5.4 Configuraciones óptimas para edificaciones en el piso Montano.

Fig 7.5.5 Detalle de funcionamiento de muro de captación solar. (Elaborado por autores)

Fig 7.5.6 Grafico configuración de cerramiento superior. Corte transversal con trayectoria solar de todo un año. Ángulos de altitud solar del 1° de cada mes a las 12:00 mediodía. (Elaborado por autores)

Fig 7.5.7 Ejemplos de configuración del espacio superior efectivos para el bosque Montano. (Elaborado por autores)

Fig 7.5.8 Gráfico de absorción de calor del cerramiento superior, según su inclinación con respecto al sol. (Elaborado por autores)

Fig 7.5.9 Gráfico de configuración espacial y elementos de cerramiento general de la vivienda para las zonas de vida del piso Montano. (Elaborado por autores)

Fig 7.6.1 Gráfico de disposición espacial de la vivienda para las zonas de vida del piso Montano. (Elaborado por autores)

Fig. 7.7.1 "Círculo de Escogencia por Afinidad Ecológica" elaborado por el arquitecto costarricense Alberto Negrini Vargas. (Modificado por autores).

Fig. 7.7.2 Acciones protectoras de una barrera vegetal de un 15% a un 25 % de cobertura (Elaborado por autores).

## Capítulo 8

Fig. 8.1.1 Gráfico de Comportamiento Climático Anual. Chirripó. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Elaborado por autores).

Fig 8.2.1 Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos mensuales promedio de la obtenidos del libro \_\_\_\_\_. (Elaborado por autores)

Fig 8.2.2 Gráfico de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad. (Elaborado por autores)

Fig 8.3.1 Rango de orientación recomendado para el Piso Subalpino. A (Elaborado por autores).

Fig 8.3.2 Radiación solar mensual sobre diferentes planos de la envolvente en latitud 10. (Modificado por autores).

Fig 8.3.3 Vientos dominantes para el Piso Subalpino. (Elaborado por autores).

Fig 8.3.4 Ubicación protegida de los vientos (Elaborado por autores).

Fig 8.3.5 Aprovechamiento de las condiciones de la topografía para evitar las infiltraciones de viento a barlovento (Elaborado por autores).

Fig 8.3.6 La relación general de la profundidad del espacio con respecto a la altura del cielo (H) para la ventilación de espacios compactos (Elaborado por autores).  
 Fig 8.4.1 Configuración del espacio inferior. (Elaborado por autores)  
 Fig 8.4.2 Propiedades de la superficie del suelo y sus implicaciones en el edificio. (Elaborado por autores)  
 Fig 8.4.3 Configuraciones óptimas para edificaciones en el piso Montano. (Elaborado por autores)  
 Fig 8.4.4 Detalle de funcionamiento de muro de captación solar. (Elaborado por autores)  
 Fig 8.4.5 Gráfico configuración de cerramiento superior. Corte transversal con trayectoria solar de todo un año. Ángulos de altitud solar del 1° de cada mes a las 12:00 mediodía. (Elaborado por autores)  
 Fig 8.4.6. Ejemplos de configuración del espacio superior efectivos para el bosque Montano Bajo. (Elaborado por autores)  
 Fig 8.4.7. Gráfico de absorción de calor del cerramiento superior, según su inclinación con respecto al sol. (Elaborado por autores)  
 Fig 8.4.8 Gráfico de configuración espacial y elementos de cerramiento general de la vivienda para las zonas de vida del piso Subalpino. (Diagrama elaborado por autores)  
 Fig 8.5.1 Gráfico de disposición espacial de la vivienda para las zonas de vida del piso Subalpino. (Diagrama elaborado por autores)  
 Fig 8.6.1 “Círculo de Escogencia por Afinidad Ecológica” elaborado por el arquitecto costarricense Alberto Negrini Vargas. (Modificado por autores).  
 Fig. 8.6.2 Sombra de viento causada por barreras. (Elaborado por autores).  
 Fig. 8.6.3 Composición y acciones climáticas de la cobertura vegetal (Elaborado por autores).

## Capítulo 9

Fig. 9.2.1. Funcionamiento del contrapiso sobrepuesto (elaborado por autores).  
 Fig. 9.2.2. Ejemplos de elementos utilizados como canales ventilados (elaborado por autores).  
 Fig. 9.2.3. Patrones de aislamiento por hundimiento existentes (elaborado por autores).  
 Fig. 9.2.4. Esquema de espacio semi hundido (elaborado por autores).  
 Fig. 9.2.5. Esquema de funcionamiento de conductos enterrados (elaborado por autores).  
 Fig. 9.2.6 Esquema de ventilación con entradas de aire posicionadas en la parte mas baja y salidas de aire posicionadas en la parte mas alta del edificio para facilitar la renovación del aire por diferencia de temperatura (elaborado por autores)  
 Fig. 9.2.7. Esquema de acumulación de calor en suelos (elaborado por autores).  
 Fig. 9.2.8. Esquema de funcionamiento de sistemas de acumulación de calor indirecto en suelos: a. Colector externo con conductos para el retorno del aire enfriado, b. Tabique de separación al invernadero adosado separa el colector del espacio interno (elaborado por autores).  
 Fig. 9.2.9. Ejemplos de disposición y funcionamiento de cámara de aire en entrepiso como material aislante intermedio que permite mantener el calor del espacio inferior y superior contenidos (elaborado por autores).  
 Fig. 9.2.10. Comportamiento de los puentes térmicos en encuentros de piso y muro según la posición del aislante: (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.1. Esquema de cámara de aire simple y compuesta (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.2. Comportamiento de un cerramiento con aislante (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.3. Capacidad de atenuación del ciclo de temperatura exterior de diversos materiales, utilizados por su capacidad aislante (modificado por autores).  
 Fig. 9.3.4. Los materiales blancos puede reflejar el 90% o mas de radiación recibida, mientras que los negros solamente 15% o menos. En el caso del vidrio, una parte es reflejada hacia el exterior, otra parte pasa directamente hacia el interior y la restante es absorbida por la masa del vidrio, de la cual las 2/3 partes son irradiadas hacia el exterior y el 1/3 restante pasa hacia el interior. (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.5. Efecto de masa térmica (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.6.  
 Fig. 9.3.7 Esquema de composición de una pared verde y una Pared Oxigenada hacia el interior del espacio (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.8 Funcionamiento de la doble capa ventilada en materiales opacos variantes y soldados en materiales transparentes como el vidrio (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.9. Funcionamiento de la doble capa ventilada en materiales translúcidos como el vidrio (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.10 Ejemplificación de elementos fijos diseñados para el sombreado de los espacios (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.11. Esquema en isométrico de funcionamiento de diversas tipologías de dispositivos de sombreado móvil (elaborado por autores).

Fig 9.3.12. Esquema de funcionamiento de barreras solares sóidas y translúcidas (elaborado por autores).  
 Fig 9.3.13.  
 Fig. 9.3.14. Esquema de funcionamiento de fachadas micro-perforadas (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.15. Tipologías y densidad de micro-perforación para fachada (elaborado por autores)  
 Fig. 9.3.16. Esquema de utilización de vegetación como elemento de sombreado. (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.17. Esquema de relación entrada-salida de viento (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.18. Esquema de relación entrada-salida de viento en planta, de acuerdo a la dirección de entrada y proporción de la misma (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.19. Elementos redireccionadores en planta y fachada (elaborado por autores).  
 Figura 9.3.20. Elementos redireccionadores vegetales generan menor turbulencia que los elementos totalmente sólidos (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.21. Esquema de espacio diseñado como balcón y área de estar (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.22. Esquema de cerramientos temporales, rejillas móviles, cedazos y contraventanas (elaborado por autores)  
 Fig. 9.3.23. Esquema de comportamiento de un espacio termocinéticos típicamente observado en nuestro país (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.24. Esquema de invernadero adosado y muro trombe funcionando como estrategia de ventilación (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.25. Esquema de comportamiento de la radiación incidente en una superficie vidriada (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.26. Esquema de funcionamiento de un Invernadero adosado: (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.27. Porcentaje de reflectancia y absorción de diversos materiales (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.28. Comportamiento de doble cubierta hermética, el aire caliente se mantiene confinado en el volumen de aire superior (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.29. Esquema de funcionamiento de cerramiento con escasa masa térmica, provocando el paso rápido del calor al interior del espacio (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.30. Esquema de composición y funcionamiento del muro trombe a lo largo del día (elaborado por autores)  
 Fig. 9.3.31. Esquema de composición y funcionamiento de un muro de precalentamiento (elaborado por autores)  
 Fig. 9.3.32. Esquema de transferencia de calor de un muro acumulador en espacio interno (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.33. Ejemplos de disposición y funcionamiento de la cámara de aire: a. cámara de aire simple, b. cámara de aire compuesta (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.34. Comportamiento de los puentes térmicos en encuentros de piso y muro según la posición del aislante: Aislación interior: puente térmico significativo. Muro panel de madera: puente térmico débil. Aislación térmica exterior: puente térmico despreciable (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.35. Ejemplos de infiltraciones no deseadas en la envolvente: marcos de ventanas y puertas, ductos y encuentros entre materiales (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.36. Esquema de funcionamiento de los cerramientos temporales. (elaborado por autores).  
 Fig. 9.3.37. Ejemplos de cerramientos temporales: persianas verticales y horizontales, pantallas móviles (elaborado por autores).  
 Fig. 9.4.1. Esquema de funcionamiento de cubierta con cámara de aire (elaborado por autores).  
 Fig. 9.4.2. Comportamiento de doble cubierta hermética, el aire caliente se mantiene confinado en el volumen de aire superior (elaborado por autores).  
 Fig. 9.4.3. Comportamiento de una cubierta con y sin aislante (elaborado por autores).  
 Fig. 9.4.4. Capacidad de atenuación del ciclo de temperatura exterior de diversos materiales, utilizados por su capacidad aislante (elaborado por autores).  
 Fig. 9.4.5. a. En una superficie oscura, el calor absorbido puede llegar hasta el 85% o más, dando una temperatura superficial de 61°C, por su parte en una superficie clara, el calor absorbido se limita hasta a un 10%, resultando en una temperatura superficial 54°C (elaborado por autores).  
 Fig. 9.4.6. Diagramas de composición de una cubierta verde (elaborado por autores).  
 Fig. 9.4.7. Esquema de cubierta respirante, se pueden utilizar cenefas o aleros ventilados, lagrimero o cenefa para permitir el ingreso de aire por la parte inferior de la cubierta (elaborado por autores).  
 Fig. 9.4.8. Ejemplo de disposición y funcionamiento del espacio ventilado (elaborado por autores).  
 Fig. 9.4.9. Ejemplo de disposición y funcionamiento del espacio ventilado. De utilizar materiales aislantes deben colocarse en la cara exterior de la cubierta inferior (elaborado por autores).



aislantes deben colocarse en la cara exterior de la cubierta inferior (elaborado por autores).

Fig. 9.4.10. Funcionamiento de monitor unilateral (elaborado por autores).

Fig. 9.4.11. Funcionamiento de monitor bilateral combinado con espacio ventilado (elaborado por autores)

Fig. 9.4.12. Funcionamiento de monitor híbrido con extractor eólico (elaborado por autores).

Fig. 9.4.13. Funcionamiento de una chimenea solar (elaborado por autores).

Fig. 9.4.14. Ejemplos de sistema de extracción por viento con la base desorientada y orientador con veleta (tomados de Neila, p.31 6, 2004).

Fig. 9.4.15. Ejemplo de sistema de extracción por viento con remate mecánico (elaborado por autores).

Fig. 9.4.16. Diagrama de funcionamiento de torre evaporativa (elaborado por autores).

Fig. 9.4.17. Diagrama de adaptación de torre evaporativa en arquitectura del Medio Oriente (elaborado por autores).

Fig. 9.4.18. Esquema de comportamiento de la radiación incidente en una superficie vidriada en cubierta (lucernario) (elaborado por autores).

Fig. 9.4.19. Esquema de funcionamiento de la captación de calor por lucernario, se recomienda acompañarlo de un sistema acumulador de calor y de cerramientos temporales para evitar pérdidas por convección (elaborado por autores)

Fig. 9.4.20. Esquema de funcionamiento de cubierta con cámara de aire (elaborado por autores).

Fig. 9.4.21 Comportamiento de doble cubierta hermética, el aire caliente se mantiene confinado en el volumen de aire inferior (elaborado por autores).

Fig. 9.4.22. Comportamiento de una cubierta con y sin aislante (elaborado por autores).

Fig. 9.4.23. Capacidad de atenuación del ciclo de temperatura exterior de diversos materiales, utilizados por su capacidad aislante (elaborado por autores).

Fig. 9.4.24. Diagramas de composición de una cubierta verde (elaborado por autores)

## Capítulo 4

Fig.4.9.1 Tabla de áreas, volumen, relaciones y temporalidad de los espacios habitacionales para las zonas de vida del piso Basal (Elaborado por autores).

Tabla. 4.10.1. Protocolo de escogencia para Evitar la Captación de Calor. (Elaborado por autores).

Tabla 4.10.2. Protocolo de escogencia para Control Solar. (Elaborado por autores).

Tabla. 4.10.3. Protocolo de escogencia para Control de Vientos. (Elaborado por autores).

## Capítulo 5

Tabla 5.8.1. Tabla de áreas, volumen, relaciones y temporalidad de los espacios habitacionales para las zonas de vida del piso Premontano. (Elaborado por autores).

Tabla 5.9.1. Protocolo de escogencia para Evitar la Captación de Calor (Elaborado por autores).

Tabla 5.9.2. Protocolo de escogencia para el Control Solar. (Elaborado por autores).

## Capítulo 6

Tabla 6.9.1. Gráfico Tabla de áreas, volumen, relaciones y temporalidad de los espacios habitacionales para las zonas de vida del piso Montano Bajo (Elaborado por autores).

Tabla 6.10.1. Protocolo de escogencia para Conservar Calor. (Elaborado por autores).

Tabla 6.10.2. Protocolo de escogencia para el Control Solar. (Elaborado por autores).

Tabla 6.10.3. Protocolo de escogencia para el Control de Vientos. (Elaborado por autores).

## Capítulo 7

Tabla 7.5.1 Tabla de áreas, volumen, relaciones y temporalidad de los espacios habitacionales para las zonas de vida del piso Montano. (Elaborado por autores).

Tabla 7.7.1 Protocolo de escogencia para Conservar Calor. (Elaborado por autores).

Tabla 7.7.2 Protocolo de escogencia para el Control de Vientos. (Elaborado por autores).

## Capítulo 8

Tabla 8.5.1 Tabla de áreas, volumen, relaciones y temporalidad de los espacios habitacionales para las zonas de vida del piso Subalpino. (Elaborado por autores).

Tabla 8.6.1 Protocolo de escogencia para el Control de Vientos. (Elaborado por autores).

Tabla 8.6.2 Protocolo de escogencia para Conservar Calor. (Elaborado por autores).

## Capítulo 9

Tabla 5.3.1. Porcentaje de reflectancia y absortancia

Tabla 9.3.1. Porcentaje de reflectancia y absortancia de diversos materiales (elaborado por autores).

Tabla 9.3.2. Desfase en la transmisión de la energía en función del espesor del muro

Tabla 9.3.3. Fluctuaciones de temperatura en función del espesor del muro

Tabla 9.3.4. Características de transmisión de cristales (%). (Obtenido de Koenigsberger y otros, 1 997)

Tabla 9.3.5. Índices de absortancia y emisividad de superficies. (Obtenido de Koenigsberger y otros, p.295, 1997.)

En la tabla 9.4.1. se detallan los niveles de reflectancia para diferentes materiales de techo, según el Green Seal, Energy Star Home Project.

Tabla 9.4.2. Capacidades de absortancia y emisividad de algunos materiales comunes en la construcción. Fuentes: M. Evans (1980) y B. Givoni (1976), transcripción del autor.

# Introducción



Ésta investigación pretende ser una guía de estrategias y pautas de diseño bioclimáticas que orienten la búsqueda del confort higrotérmico en la arquitectura residencial costarricense. Bajo una clasificación del territorio nacional basado en el Sistema de Zonas de Vida elaborado por Leslie Holdridge, ésta guía se presenta como una herramienta para el planeamiento de espacios en busca de una arquitectura congruente con su contexto ambiental, climático y socioeconómico.

“La arquitectura bioclimática puede definirse como la arquitectura diseñada sabiamente para lograr un máximo confort dentro del edificio con el mínimo gasto energético. Para ello aprovecha las condiciones climáticas de su entorno, transformando los elementos climáticos externos en confort interno gracias a un diseño inteligente. Si en algunas épocas del año fuese necesario un aporte energético extra, se recurriría si fuese posible a las fuentes de energía renovables.” (García 2008).

La arquitectura del siglo XXI se ha visto afectada directamente por los efectos de la globalización; si bien este proceso "global" logra dinamizar cada cultura, enriqueciéndola con nuevos valores; también, puede suplantar el carácter propio de cada una, por elementos impersonales que poco se identifican con la cultura en la que se implantan. Este fenómeno es aun más claro en la Arquitectura, donde los nuevos diseños "internacionales" llegan como una moda a adquirir un valor casi emblemático, en comparación con los diseños característicos de cada país o región. Esto deja de lado, no solo, la esencia de la arquitectura típica de cada zona, sino también, las razones por las cuales fue creada; ya que, los nuevos modelos que se implantan corresponden a otro entorno, por ende, a diferentes adaptaciones climatológicas y necesidades funcionales.

En la actualidad, en Costa Rica, una casa que se construye en San Carlos, Alajuela posee prácticamente las mismas características que una casa desarrollada en Cot, Cartago; sin embargo, éstos sitios corresponden a Zonas de Vida diferentes, por lo que, para crear espacios

climáticamente confortables deberían tener características de adaptación a su entorno. Esto implicaría ir más allá de soluciones pasivas de adaptación, e incluir estrategias arquitectónicas completas que definan a cada Zona de Vida del país. Éste proyecto nace de un análisis climático y social de las 12 Zonas de Vida presentes en el territorio nacional y desarrolla una guía de pautas generales y específicas para cada una de ellas.

Al utilizar estas estrategias en el diseño de un edificio se propone como objetivo lograr un nivel alto de confort higrotérmico para los usuarios del mismo. Una de las premisas principales del diseño bioclimático habla de la necesidad de cada proyecto arquitectónico de adaptarse fielmente a su entorno. Una envolvente debe adaptarse a los elementos climáticos de cada zona así como a los factores que actúan sobre la misma.

La Guía de Diseño Bioclimático adaptada a las Zonas de Vida de Costa Rica no busca crear una receta de diseño y configuración arquitectónica para cada una de las regiones de Costa Rica; busca ofrecer una lista de herramientas que pueden ser utilizadas para comprender mejor cada zona desde el punto de vista climático y que pueden ser utilizadas para enriquecer la adaptación de cada proyecto a su sitio específico.

La aplicación de las estrategias bioclimáticas permite una arquitectura más responsable con el ambiente. Se pueden reducir gastos energéticos producidos por la luz artificial cuando las aperturas de un edificio están bien posicionadas, orientadas y proporcionadas. De igual forma los gastos en accesorios de confort como el aire acondicionado se pueden minimizar cuando un proyecto arquitectónico logra el máximo nivel de confort utilizando estrategias pasivas de diseño como por ejemplo: ventilación cruzada, utilización de materiales adecuados de construcción, configuración y orientación tanto del edificio como de los espacios internos según las implicaciones climáticas del sitio, entre otros, Son múltiples los beneficios que se producen al construir de una forma óptima.

**Tomo 1**

**Capítulo 1**  
**Clima y Confort**

## 1.1 Definición Clima y Tiempo

El clima de un lugar es el conjunto de valores promedio de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera; queda determinado por los denominados factores climáticos. Son características inalterables de un sitio, que darán lugar a los elementos climáticos más evidentes como la temperatura, humedad, precipitación, etc (Neila, 2004). Se obtiene un promedio, por lo general de 30 años, de estaciones meteorológicas instaladas en sitios específicos. Según se refiera al mundo, a una región o a una localidad, se habla de clima global, regional o local.

Se debe distinguir el término clima del término tiempo, entendiéndose a este como el resultado de las condiciones de la atmósfera en un lugar y un momento determinado (Gonzalo, 2003). Se puede hablar del tiempo de un día en particular, o de un segmento del mismo.

## 1.2 Clasificaciones climáticas

Existen diversos sistemas de clasificación climática, los cuales buscan sistematizar el comportamiento del clima en regiones geográficas. La utilización de éstos sistemas permite un entendimiento generalizado del clima en distintas zonas por lo cual se pueden anticipar las necesidades y el comportamiento de diferentes sitios.

La clasificación climática de Köppen, también llamada de Köppen-Geiger fue creada en 1900. Esta consiste en una clasificación climática mundial que identifica cada tipo de clima con una serie de letras que precisan el comportamiento de las temperaturas y precipitaciones que caracterizan cada tipo de clima, de igual forma, establece relaciones entre el clima la flora y fauna de cada lugar. El sistema de Köppen ubica a la región entre México y Brasil, y sus equivalentes en latitud dentro del Clima Tropical (Ver Fig 1.1.1). Los climas tropicales y cálidos son aquellos en los cuales el calor y la alta humedad son la nota dominante, por lo que los edificios en lugar de conservar calor, tienen como función principal proporcionar frescor a sus ocupantes en la mayor parte del año (Koenigsberger, et. al., 1977).

Unido a ello se caracterizan por tener dos estaciones muy definidas: una seca, cuya duración varía según la proximidad al Ecuador terrestre y centrada, para cada hemisferio, alrededor del solsticio de invierno; y una estación húmeda con gran cantidad de precipitaciones llamada monzónica, en torno al solsticio de verano.

Según este sistema de clasificación existen 3 divisiones de la región tropical:

1. Af – Ecuatorial
2. Am – Monzónico
3. Tropical de Sabana  
Aw (Con invierno seco)

Esta clasificación se define primero, como se menciono anteriormente, por patrones similares de clima y vegetación; Clima A, Tropical/Megatermal; Clima B, Seco (Árido y Semiárido); Clima C, Templado/Mesotermal; Clima D, Templado frío/Continental/Microtermal; y Clima E, Polar y de alta montaña; posteriormente cada una de estas delimitaciones posee sub-divisiones establecidas por patrones de temperatura y precipitación aun más afines.

Según el sistema de clasificación climática mundial de Wladimir Peter Köppen, gran parte de Costa Rica se sitúa en la sub-division de la franja Ecuatorial (Af), correspondiente al Clima A, caracterizada por que las lluvias superan los 60mm a lo largo de todos los meses del año, por

lo que no hay una estación seca totalmente definida; lugares como: los Chiles, Puerto Viejo, Guápiles, Guácimo, Siquirres, Matina y Limón, son ejemplo de este tipo de clima.

Países como: Guatemala, Nicaragua, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú y Brasil, poseen estas mismas características en algunos sectores de su territorio, a su vez, al igual que Costa Rica, se ven afectados por la influencia Monzónica (Am) y Sabana (AS: Invierno seco), donde en algún mes su precipitación es menor a los 60mm, y para el caso específico de Sabana, sí posee una estación seca un poco más definida; sin embargo, en su totalidad, estos países adquieren características climatológicas uniformes ya sean Ecuatoriales, Monzónica o Sabana por encontrarse en la clasificación de clima tipo A.

## 1.3 Factores Climáticos

Se denomina factores climáticos a aquellos que configuran el carácter climático de un lugar o microclima, modificando la radiación, temperatura, humedad, etc. Estos factores climáticos actúan en forma conjunta en la configuración del microclima de un lugar (Gonzalo, 2003). Los factores climáticos relevantes para manejo de esta guía son:

### 1.3.1 Altitud

La altitud referida al nivel del mar es un factor que influye directamente sobre la temperatura. A medida que ascendemos, la temperatura disminuye aproximadamente 1C cada 200m. Este fenómeno se debe al cambio que experimenta el aire, el cual a mayor altura posee menor cantidad de partículas solidas y pequeñas gotas de agua en suspensión, que son las encargadas de absorber y difundir la radiación solar aumentando la temperatura del aire (Gonzalo, 2003).

### 1.3.2 Latitud

Se llama latitud a la distancia en grados, minutos o segundos entre cualquier punto de la tierra y la línea conocida como Ecuador. La distancia se considera Norte o Sur, dependiendo del hemisferio en el que se encuentre el sitio. Por la forma de la tierra, hay una mayor dimensión en el área del Ecuador, lo que permite un mayor calentamiento de las masas de aire en esta zona. Dicha temperatura disminuye

progresivamente desde los trópicos y hacia los Polos. En el Ecuador la temperatura será en promedio mayor que la de otras zonas pero se mantendrá constante a lo largo del año; las zonas alejadas del ecuador varían sus estaciones climáticas con respecto a la traslación de la tierra alrededor del sol.

### 1.3.3 Temperatura Superficie del Mar

Las masas de agua tienen un efecto termorregulador que afecta la temperatura del aire que se pone en contacto con ellas. Sobre la tierra, el calentamiento es siempre mas elevado que sobre el mar, donde generalmente la temperatura suele ser menor y mas estable. De esta forma la temperatura de la superficie del mar puede disminuir la temperatura de las masas de aire. (Neila, 1994).

### 1.3.4 Temperatura Superficie Terrestre

La naturaleza de la superficie de la tierra, su color, composición y estructura influyen en el microclima regional o local. Si las superficies son inorgánicas, ya estén edificadas o sean tierras expuestas, el calentamiento y enfriamiento será intenso, la absorción del agua de lluvia será lenta y las escorrentías superficiales irán alterando lenta pero inexorablemente su constitución.

En las zonas cubiertas de vegetación, debido a la capacidad de la vegetación para mantener estable su temperatura, las variaciones día y noche serán mucho menores, se producirá una absorción correcta del agua de lluvia para su acumulación en los acuíferos subterráneos y habrá un equilibrio hídrico permanentes (Neila, 1994).

Fig. 1.1.1. Zona de convergencia intertropical. Fuente: ZCIT (modificado por autores).



### 1.3.5 Continentalidad

La cercanía de un sitio a masas de agua de gran tamaño como lo pueden ser lagos o el mar afecta directamente en la temperatura de un sitio. El agua tiene un calor específico más alto que la tierra, lo que le permite mantenerse en una temperatura más estable. Las masas de agua pueden ayudar a refrescar el viento que pasa por ellas absorbiendo parte del calor que en él se acumula, de igual forma, en zonas frías, el agua puede irradiar parte del calor que ha acumulado por radiación y calentar la masa de aire sobre él. La cercanía con el mar ayuda a disminuir las temperaturas extremas ya que el agua funciona como un fenómeno termorregulador que aumenta los mínimos y disminuye los máximos. Por el contrario una alta continentalidad puede acentuar la amplitud térmica.

### 1.3.6 Orografía

El factor orográfico mide la presencia o ausencia de barreras montañosas. Su efecto más inmediato es la alteración de la circulación de los vientos, en ocasiones incluso de la circulación general de la atmósfera, cuando se trata de grandes cordilleras y en cualquier caso de los vientos locales, re-direccionándose hacia valles o depresiones. Por otro lado, estas barreras dan lugar a dos territorios con insolación diferente, lo que provoca dos microclimas térmicos distintos y un nuevo movimiento de aires entre ellos (Neila, 1994).

## 1.4 Elementos Climáticos

Los elementos del clima son la resultante climatológica de los factores climáticos. Consideradas de forma conjunta sirven para definir y clasificar el clima de un lugar (ver Fig. 1.4.1 y 1.4.2).

### 1.4.1 Temperatura

La temperatura es la medición de la cantidad de energía calorífica acumulada en el aire. Generalmente se mide en grados Centígrados (°C) Centígrados, para la medición de dicha magnitud se utiliza un termómetro. Éste elemento se ve modificado por diferentes factores, como la inclinación de los rayos solares, la dirección y fuerza del viento, la latitud y la altura sobre el nivel del mar.

Cabe distinguir la diferencia entre temperatura y sensación térmica, pues son conceptos diferentes. A una misma temperatura, la sensación de calor percibida por el humano depende de factores como la humedad del aire, la fuerza del viento, la existencia de sombras que bloqueen la radiación directa del sol, etc. El concepto de temperatura es muy importante en el análisis y el comportamiento de las edificaciones arquitectónicas. Es uno de los elementos principales en el análisis de confort dentro y fuera de los edificios.

### 1.4.2 Humedad

Éste valor indica la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Es un valor que depende de la temperatura del aire y de las masas de agua presentes en una zona. Existe un punto máximo de saturación, en donde no se puede tener mayor cantidad de vapor de agua en el aire, la misma se convierte en líquido y cae como precipitación. Para medir la humedad de el aire se utiliza un Higrómetro y se expresa en g/kg.

Existen 2 tipos de humedad:

La humedad absoluta es la cantidad de agua por unidad de volumen de aire.

La humedad relativa expresa una relación entre la humedad existente y la que se podría tener como un máximo, se mide en un número porcentual (%).

Junto con la temperatura, la humedad incide directamente en las condiciones de confort ya que una alta humedad intensifica la sensación de calor.

### 1.4.3 Viento

Se conoce como viento al desplazamiento de aire desde un zona de alta presión hacia una de baja presión. Su origen se da en la rotación y traslación de la tierra. La radiación solar produce diferencias de temperatura en la atmósfera, lo que genera diferencias de presión, que son responsables del movimiento de la masa de aire. Se utiliza un anemómetro para medir la dirección así como la velocidad del viento, misma que usualmente se da en m/s.

Éstas masas de aire se mueven alrededor de los objetos produciendo zonas con presión positiva y otras con presión negativa. El viento es considerado como la principal estrategia de climatización en los climas cálidos y húmedos, aunque debe de ser incorporado dentro de las edificaciones con precisión pues más cantidad de la necesaria puede genera sensaciones de malestar en los ocupantes de un espacio.

### 1.4.4 Precipitación

Se conoce como precipitación cuando el vapor del aire se transforma en agua líquida u sólida y cae al suelo. Éste proceso sucede en las nubes, cuando alcanzan el punto de saturación y las gotas aumentan de tamaño. La precipitación puede caer en bajas cantidades como llovizna, o aumentar su nivel a lluvia fuerte.

En climas fríos también puede caer como granizo o incluso nieve. Como unidad de medición se utiliza el mm, suponiendo la altura que alcanzaría el agua llovida sobre una superficie plana e impermeable, se utiliza un pluviómetro para realizar dicha medición.

Desde el punto de vista arquitectónico, la precipitación es un factor determinante en la conceptualización de un diseño, ya que a diferentes niveles de agua llovida cambian las necesidades de una cubierta, como su inclinación o los materiales constructivos a utilizar.

### 1.4.5 Radiación Solar

La radiación solar es la cantidad de energía que llega a una superficie proveniente del sol. Es un parámetro que puede variar constantemente, tanto de forma diaria como mensual. La radiación puede venir de forma directa, difusa o reflejada, dependiendo de los movimientos relativos de la tierra y el sol así como las condiciones atmosféricas como la nubosidad.

Éste parámetro se mide en una superficie horizontal con la utilización de piranómetro en una zona libre de sombras. La unidad de medida es vatios por metro cuadrado (w/m2).

Fig. 1.4.1. Principales elementos climáticos que influyen en el diseño arquitectónico. Fuente: Gonzalo, 2003 (modificado por autores).

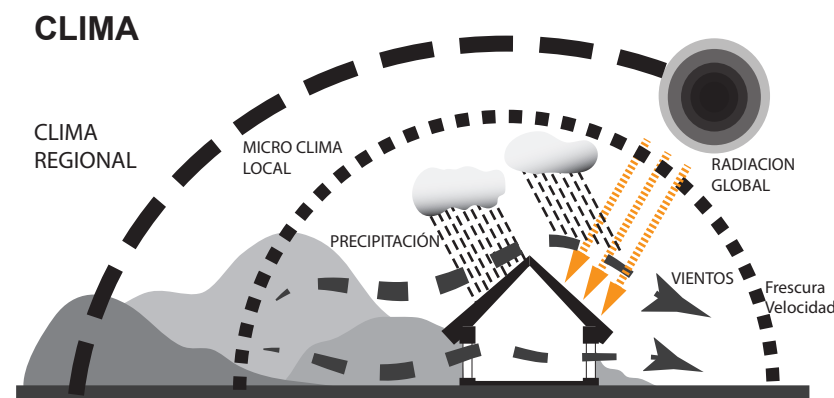


Fig. 1.4.2. Efectos percibidos por el cuerpo ante la influencia de variables ambientales y climáticas. Fuente: Mermet A, 2005. Ventilación natural de edificios (modificado por autores).

| Variable             | Unidad                              | Efecto sobre el cuerpo humano   |
|----------------------|-------------------------------------|---|
| Temperatura de bulbo | °C                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>. Exagerada pérdida de calor por convección cuando está baja.</li> <li>. Demasiado calor cuando está cercana a la temperatura corporal.</li> </ul> |
| Humedad              | °C (bulbo umedo) % humedad relativa | <ul style="list-style-type: none"> <li>. La pérdida de calor por evaporación aumenta o se inhibe.</li> </ul>  |
| Temperatura radiante | °C (bulbo umedo) % humedad relativa | <ul style="list-style-type: none"> <li>. Pérdida o ganancia de calor por radiación.</li> </ul>  |
| Viento               | Dirección y velocidad m/s           | <ul style="list-style-type: none"> <li>. Efecto de refrescamiento o acaloramiento dependiendo de la temperatura del aire.</li> </ul>  |
| Radiación solar      | W/m <sup>2</sup>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>. Acaloramiento</li> </ul>   |

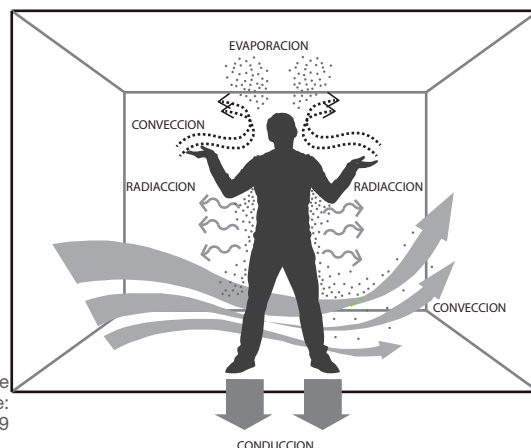


### 1.5 Confort

El concepto de confort, admite varias definiciones, pero en todas se halla presente el concepto de equilibrio energético entre el cuerpo humano y su entorno. La Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) define el confort como un estado de completo bienestar físico, mental y social. Sin embargo algunas definiciones más técnicas lo caracterizan como el estado en que el cuerpo humano se siente satisfecho y no necesita regular la temperatura, la humedad o la incandescencia utilizando sistemas de control del propio cuerpo, ya que se encuentra en equilibrio perfecto con el entorno. Otras definiciones lo catalogan como el estado ideal del hombre, que supone una situación de bienestar, salud y comodidad en la cual no existe en el ambiente distracción alguna o molestia que lo perturbe física o mentalmente (Seminario 1, 2012).

Para Baruch el confort puede entenderse como la ausencia de irritación o malestar térmico. Este autor define unas zonas de bienestar, cuya delimitación tienen un fundamento fisiológico y están determinadas por un conjunto de condiciones para las que los mecanismos termorreguladores se encuentran en un estado de mínima actividad.

En arquitectura bioclimática, interesa principalmente el confort higrotérmico, que combina parámetros ambientales como temperatura, humedad, radiación y viento de forma, de forma que generen equilibrio entre el cuerpo humano y su entorno. Lograr mantener a un usuario dentro de los límites del confort higrotérmico significa entender la zona de confort.



La zona de confort, puede ser definida como la franja de condiciones en las que los mecanismos de autorregulación son mínimos o como la zona delimitada por unos umbrales térmicos en la que el mayor número de personas manifiesten sentirse bien. Los límites del confort climático son muy estrechos ya que el cuerpo humano tiene internamente una temperatura que varía entre 36.5° y 37°C, el equilibrio térmico del cuerpo consiste en mantener la temperatura dentro de esos rangos. En el confort-disconfort climático, la temperatura y la humedad actúan como parámetros básicos, pues su combinación es la que determina la existencia o no de estrés ambiental en el cuerpo y la necesidad de una adaptación mayor o menor. El viento y la radiación son parámetros modificadores del confort: la última es capaz de aliviar el disconfort por frío aumentar el disconfort por calor, mientras que el viento, al contrario, aumenta el disconfort por frío y alivia o corrige el disconfort por calor.

### 1.6 Mecanismos de intercambio de calor entre el cuerpo y el ambiente

Es primordial entender y estudiar los factores que modifican la franja de confort; así como comprender y cuantificar la energía liberada por los usuarios de cada espacio durante los procesos de autorregulación, con el fin de sumarla a otras condicionantes del sitio y así obtener un panorama real de la situación calorífica de cada espacio.

Los principales procesos productores de calor en nuestro cuerpo son resultantes de actividades realizadas en determinado momento, en determinado lugar, tomando como generadores básicos de calor los procesos digestivos, la tensión muscular y los ajustes de autorregulación. Los procesos a través de los cuales el cuerpo humano intercambia calor con su entorno, pueden clasificarse en 5 (ver Fig. 1.6.1):

- Radiación térmica o calorífica es la emitida por un cuerpo debido a su temperatura, se da hacia el exterior y en todas direcciones.

Fig. 1.6.1. Mecanismos de autorregulación. Fuente: Bustamante W, 2009 (modificado por autores).

- Absorción de energía radiante directamente del sol o reflejada de objetos calientes pero no emisores.

- Conducción: es un mecanismo de transferencia de energía térmica entre dos cuerpos basado en el contacto directo, que tiende a igualar la temperatura entre ellos.

- Convección: se clasifica en natural y forzada. En la convección forzada se obliga al fluido a fluir mediante medios externos, como un ventilador o una bomba. En la convección natural el movimiento del fluido es debido a causas naturales, como el efecto de flotación, el cual se manifiesta con la subida del fluido caliente y el descenso del fluido frío.

- Evaporación: Condensación de la humedad atmosférica (ocasional). Procedente de la respiración, así como de la piel en el caso del sudor.

### 1.7 Índice de Bienestar

El bienestar es el resultado de la interacción compleja de un conjunto de parámetros. En lo relativo a los aspectos higrotérmicos, el parámetro fundamental es la temperatura, sin embargo también son importantes otros parámetros como la humedad, el movimiento del aire. Sin embargo desde el punto de vista arquitectónico es importante analizar los factores producto de la actividad humana, ya que éstos definen en gran parte el índice de bienestar.

#### 1.7.1 Factores de Influencia según usuario

Estos factores tienen que ver con las respuestas de los usuarios ante los estímulos a los que se ve expuesto según el ambiente o espacio en el que desarrolla sus actividades. Su importancia para entender el comportamiento y las necesidades que tendrán usuarios específicos en lugares y situaciones específicas. Conociendo estos detalles se pueden aplicar en la toma de decisiones de diseño para la búsqueda de un espacio con confort higrotérmico.

#### Actividad Metabólica

El ritmo al que pierde calor el organismo se denomina velocidad o metabolismo (M) (Neila, 2004). El metabolismo se refiere a la cantidad de energía producida ante la actividad muscular desempeñada. El cálculo de la tasa metabólica será necesario también para la evaluación de la carga física asociada a la tarea, esto debido a la relación que existe entre el nivel de esfuerzo requerido por la actividad desarrollada y el valor de la tasa metabólica.

La unidad metabólica es el MET equivalente a 58.15 Wm de superficie corporal. Se define como la cantidad de calor emitido por una persona por metro cuadrado de piel. Equivale a 58 W/m<sup>2</sup>. Considerando la equivalencia de 1 kcal/kg/h, significa que una persona que pese 60 kg gasta en 24 horas estando sentada: 1440 calorías. Cuando decimos que una persona está haciendo un ejercicio con una intensidad de 10 METs, significa que está ejerciendo una intensidad 10 veces mayor de lo que haría en reposo (ver Fig. 1.7.1).

Fig. 1.7.1. Valores ejemplares de MET según actividad. Fuente: ISO 7730 (modificado por autores).

| TASA METABÓLICA                   | MET  | W/M <sup>2</sup> |
|-----------------------------------|------|------------------|
| SIN ACTIVIDAD                     | 1    | 41               |
| SENTADO ACTIVIDAD CON LAS MANOS   | 1.2  | 70               |
| DE PIE ACTIVIDAD LIGERA           | 1.6  | 93               |
| TRABAJO CON TODO EL CUERPO DE PIE | 4.38 | 230              |

**Arropamiento**

Las características térmicas del vestido se miden en la unidad denominada clo y los metros cuadrados kelvin por vatio (m<sup>2</sup>KW), equivalente a una resistencia térmica de 0,18 m<sup>2</sup> hr °C/ Kcal, el cálculo se da a partir de combinaciones habituales de ropa o bien mediante la selección personalizada de las prendas.

Para esto existen datos definidos como valores asignados a cada prenda de vestimenta tal como se muestra en la tabla adjunta (ver Fig. 1.7.2). Los efectos que sobre el confort produce la vestimenta dependerán de la época del año y el clima local.

**Género**

Las mujeres tienen menor capacidad de adaptación al ambiente térmico. La temperatura de su piel, la capacidad de sudoración y la actividad metabólica son inferiores a los del hombre. Esto hace que las mujeres prefieran temperaturas 0,5 °C a 1 °C superiores al preferido por los hombres.

**Edad**

A medida que el individuo envejece pierde la capacidad de adaptación al medio debido a la disminución de la tasa metabólica y sudoración. Algunos autores proponen un incremento de 0.5°C por cada 20 años del individuo.

**Constitución Corporal**

Se refiere a la relación entre la superficie expuesta al ambiente y el volumen de cada individuo. Una persona obesa tiene una superficie de piel expuesta reducida en relación al volumen de su cuerpo, por lo que disipa calor con dificultad. Caso contrario a una persona delgada que tiene una mayor superficie en relación a su volumen, y por ello una capacidad de disipación de energía mayor

**1.8 Índice de Confort Térmico**

Es el resultado de la interacción compleja de un conjunto de parámetros. En lo referente a los aspectos higrotérmicos, la temperatura es el parámetro climático principal, sin embargo no se puede olvidar el movimiento del aire, la humedad y los factores referentes al usuario, como lo son el arropamiento (CLO), la actividad metabólica (MET), entre otros. Estos se agrupan según el número de magnitudes que se empleen, el grado de precisión que se obtenga o el objetivo que se pretenda (Neila, 2004).

**1.9 Zonas de Confort en Diagramas Bioclimáticos**

El límite superior de temperatura a que puede resistir el hombre es el punto de insolación debido a la radiación solar, y el límite mínimo es el punto de congelación. Entonces, la temperatura ideal de aire debe encontrarse en la media de los dos extremos. Debido a la subjetividad del concepto, se han propuesto rangos de confort según el punto de ubicación y localización geográfico, se recomiendan además de temperatura según la estación del año relacionados con valores de humedad relativa que suponen el confort térmico del usuario, admiten cierta fluctuación, según las características de cada uno. Por ejemplo el estándar alemán sitúa en 20.8 °C con una humedad relativa de 50%. El margen de temperatura entre los 15.6°C y los 24.4°C

como zona de confort ideal, con una humedad relativa al medio entre el 40% y el 70%. En Estados Unidos dicha zona de confort se sitúa entre los 20.56°C y los 26.7°C; mientras que en los trópicos el rango es de 23.3°C y los 26.7 °C con humedad relativa entre el 30% y el 70%. Queda claro entonces que los requerimientos térmicos aumentan o disminuyen de acuerdo a la localización geográfica, desfasando los límites de la zona de confort de ahí que cualquier perímetro definitivo del confort estará basado en asunciones arbitrarias (Olygay, 1998).

**1.9.1 Diagrama de Olygay**

Los hermanos Victor y Aladar Olygay desarrollaron su carta bioclimática (*The Bioclimatic Chart*), en la que se integran las dos variables fundamentales para el bienestar como es la temperatura y humedad, y se añaden otras como la radiación, la velocidad del viento y la evaporación como medidas correctoras. La forma del diagrama aparece en la imagen adjunta y en él se pueden distinguir (ver Fig. 1.9.1):

-Una zona de confort para una persona en reposo y a la sombra. Está delimitada por la temperatura del aire, que aparece en ordenadas y la humedad relativa del aire en %, en abscisas.  
-Una serie de líneas que representan las medidas correctoras que es preciso realizar en el caso de que las condiciones de temperatura y humedad salgan fuera de la zona de confort.

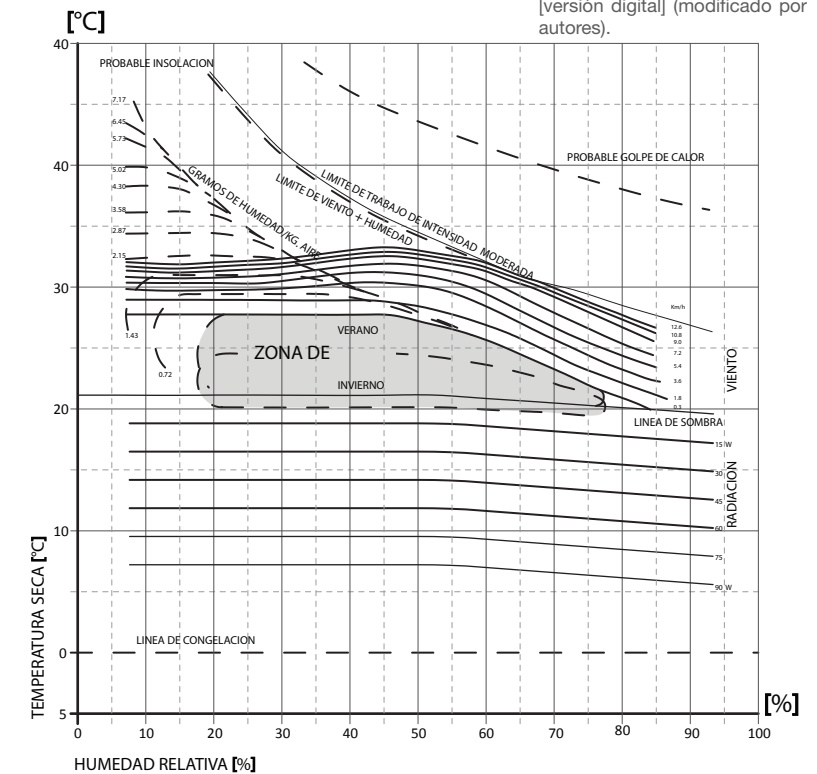
Estas líneas son: 1. La radiación expresada en Kcal/hora, se sitúa en el límite inferior de la zona de confort y con ella se dibuja la línea de sombra o límite a partir del cual el confort se pierde como consecuencia del frío. 2. El viento en m/s, se representa por una líneas crecientes con la temperatura y decrecientes con la humedad. 3. La línea de congelación, aparece en el borde inferior del gráfico e indica la temperatura mínima soportable antes de que aparezcan problemas de congelación en los miembros. 4. La línea de insolación, en la parte superior, indica posibles desmayos por la combinación de altas temperaturas y elevada humedad. El empleo del gráfico es muy simple y se pueden utilizar las temperaturas mensuales, medias o extremas, o los valores diarios. Los puntos situados por debajo de la zona de confort indican periodos infracalentados por lo que es necesaria la radiación solar para alcanzar la

confortabilidad. Los puntos situados por encima indican periodos sobrecalentados y el bienestar requiere del concurso de la ventilación (Fernández, 1994).

Fig. 1.7.2. Valores ejemplares de CLO según cantidad de ropa. Fuente: ISO 7730 (modificado por autores).

| ARROPAMIENTO         | clo  | k/w*M <sup>2</sup> | T OPERATIVA °c |
|----------------------|------|--------------------|----------------|
| calzoncillos         | 0.03 | 0.005              | 0.2            |
| medias               | 0.03 | 0.005              | 0.2            |
| camisa manga larga   | 0.25 | 0.039              | 1.6            |
| pantalón             | 0.25 | 0.039              | 1.6            |
| jacket               | 0.4  | 0.062              | 2.5            |
| zapatos suela gruesa | 0.04 | 0.006              | 0.3            |
| camisa manga corta   | 0.25 | 0.023              | 0.9            |

Fig.1.9.1. Diagrama Bioclimático de Olygay. Fuentes: Szokolay S, 2007. PLEA (2da edición) [versión digital] (modificado por autores).



### 1.9.2 Diagrama de Givoni (Ábaco Psicométrico)

Givoni introduce como variable el efecto de la propia edificación sobre el ambiente interno: el edificio se interpone entre las condiciones exteriores y las interiores y el objetivo fundamental de la carta bioclimática consiste en utilizar materiales constructivos, cuya respuesta ante unas determinadas condiciones exteriores permita crear un ambiente interior comprendido dentro de la zona de bienestar térmico. La carta se construye sobre un diagrama psicrométrico en el cual se distinguen diferentes zonas (ver Fig. 1.9.2).

-Una zona de bienestar térmico delimitada a partir de la temperatura del termómetro seco y la humedad relativa, sin tener en cuenta otros factores.

-Zona de bienestar ampliada por la acción de otros factores adicionales:

1. Hacia la derecha la zona de bienestar se puede ampliar en función de la masa térmica del edificio, representada por los tipos de materiales de la construcción; el enfriamiento evaporativo, que se produce cuando una corriente de aire seco y cálido pasa sobre una superficie de agua, parte de la cual se evapora produciendo un doble efecto positivo: descenso de la temperatura por la energía utilizada en el proceso de evaporación y aumento de la humedad ambiental. Fuera de estos límites y hacia la derecha del gráfico, solo se pueden conseguir las condiciones adecuadas con sistemas mecánicos de ventilación y deshumidificación.

2. Hacia la izquierda del gráfico la zona de confort se extiende siempre que se produzca calentamiento, que puede ser calentamiento pasivo, es decir utilizando la radiación solar directa, durante el día, o el calor almacenado en acumuladores, durante la noche y calentamiento mecánico, mediante el uso de sistemas convencionales de calefacción (Fernández, 1994).

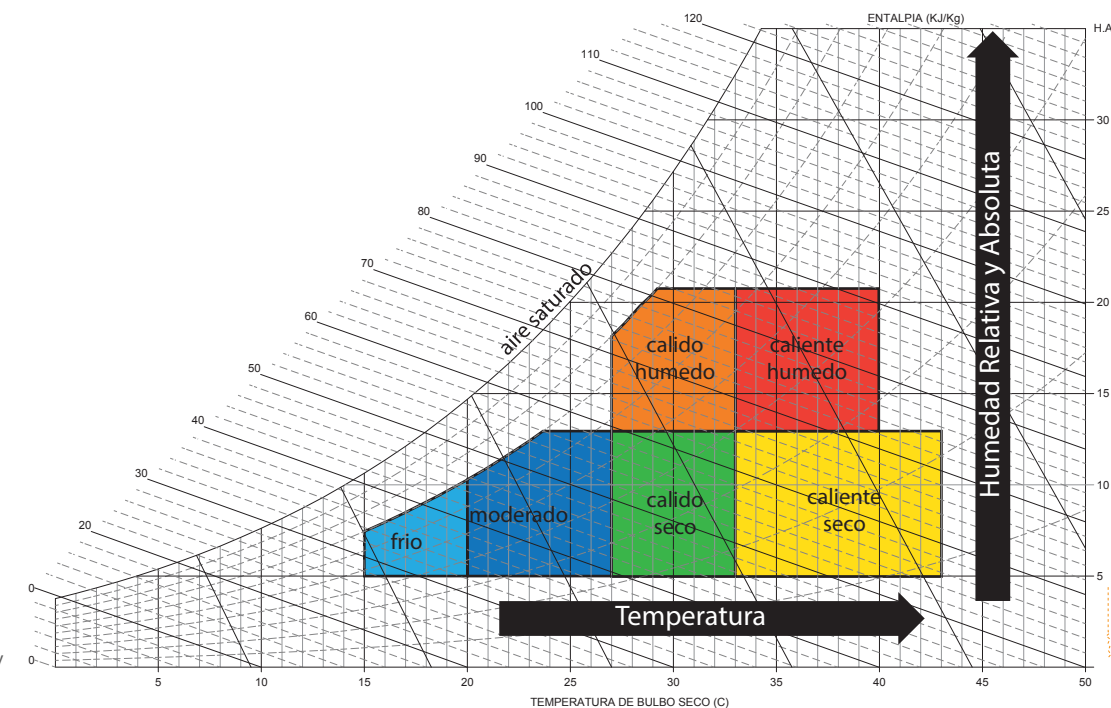


Fig. 1.9.2. Estructura Diagrama Psicométrico Fuente: Szokolay S, 2007. PLEA (2da edición) (modificado por autores).

### Rangos de Confort según según Ábaco Psicométrico

En el análisis de las Zonas de Vida que se detalla en el siguiente tomo, se establecen rangos de confort para cada una de ellas. Éstos rangos se basan en los datos obtenidos de una o dos estaciones escogidas estratégicamente tomando en cuenta los factores climáticos y de continentalidad del esta zona en particular.

### Ábaco Psicométrico General

Primero se realiza un gráfico general, cuya base son los datos promedio mensuales de todo un año. Mediante el proceso de interpolación de datos climáticos, a través del programa de Meteororm, se crea la base de datos que genera los diagramas psicrométricos representados mediante la herramienta de Climograma de bienestar de Weather tool, mostrando la zona de confort para esas condiciones climáticas determinadas, la cual es representada por un cuadro color amarillo y como poder ampliar dicha área mediante varias estrategias pasivas. Por otro lado muestra el comportamiento climático, representado por una línea roja por cada mes del año, la cual se traza a partir la ubicación de dos puntos el de temperatura mínima y el de la máxima, ambos con sus humedades respectivas. De éste grafico en particular se establece la zona de confort y las estrategias generales (ver Fig. 1.9.3).

### Ábaco Psicométrico según Día Tipo

Posteriormente se realiza un segundo gráfico bajo el mismo proceso de interpolación de datos mencionado anteriormente. Pero con datos promedios horarios de dos períodos determinados, uno de la época lluviosa y otro de la seca, por cada estación. Se tomaron datos por hora de un lapso de 10 días durante la década más reciente obtenida de la base de datos del Instituto Meteorológico Nacional (ver Fig. 1.9.4). Éstos 10 días se determinaron mediante la observación del comportamiento climático mensual de las estaciones escogidas. Se identificó en una primera etapa los períodos extremos del clima de cada estación, según la época lluviosa y seca. Posteriormente se escogieron los 10 días más cercanos a dichos extremos, es decir 10 días del período más lluvioso más extremo y 10 días del cálido.

Para este segundo gráfico la zona de confort y sus estrategias pasivas se mantienen iguales, lo que cambia son los gráficos de comportamiento, ya que se despliegan dos, uno para la época lluviosa (azul) y otro para la seca (rojo), a éstos se les llama los gráficos de comportamiento según los días tipo. En este caso, mediante un sistema de procesamiento y agrupación de datos, se establece que cada línea del comportamiento de cada día tipo representa dos horas consecutivas del día, es decir los datos climáticos promedios de las horas 00:00 y 01:00 están representadas por una línea, los de las 02:00 y 03:00 horas por otra y así sucesivamente hasta llegar a cubrir las 24 horas, estableciendo un total de 12 líneas que definen el comportamiento de los días tipo por época de cada estación. De ésta manera se pueden visualizar cuales estrategias sirven mejor según la época en que se encuentran, así como entender mejor las variaciones del comportamiento de una misma zona dependiendo de la época.

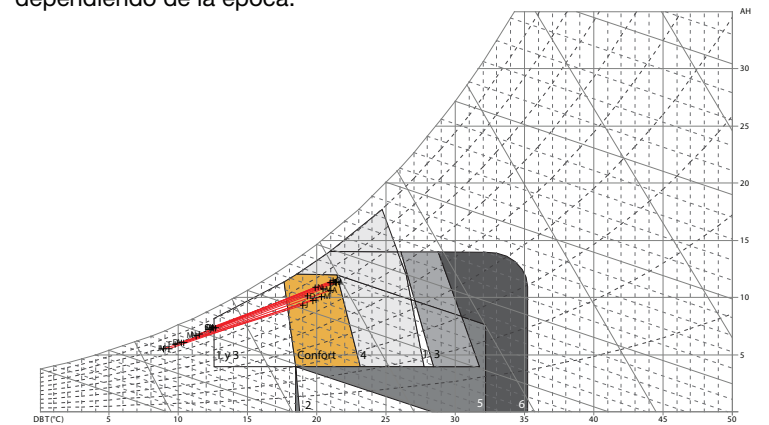


Fig 1.9.3 Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos mensuales de la estación de Rancho Redondo. Cada línea representa un mes y sus datos mínimos y máximos promedios a través de un año (elaborado por autores).

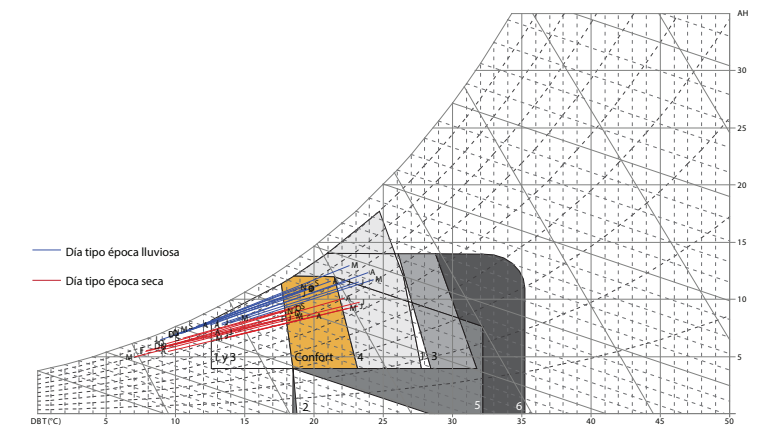


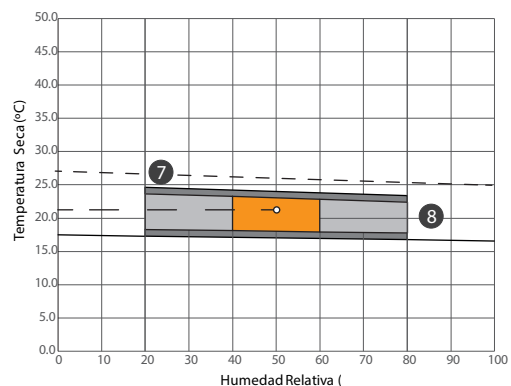
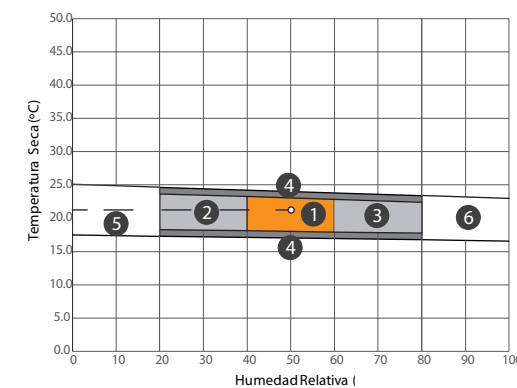
Fig 1.9.4 Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos horarios promedio por 10 años de 10 días de la época seca y lluviosa de la estación de Rancho Redondo. Cada línea representa dos horas consecutivas del día tipo y sus datos mínimos y máximos promedios a través de los 10 años (elaborado por autores).



### 1.9.3 Climograma de Bienestar Adaptado (CBA)

El CBA es un compendio de los climogramas de Olgay y de Givoni. Toma la estructura propuesta por Olgay con la incorporación de estrategias básicas empleadas en climograma de Givoni, con los avances de la teoría de bienestar mostrados por ASHARE. Se construye a partir de los datos de humedad relativa y temperatura del aire, representados en el eje X y Y respectivamente. (Ogyay, 1998)

El diagrama se ha elaborado a partir de las variables climáticas, para condiciones de uso convencional. Se utilizó una actividad fija que representa 1.25 MET, propia de viviendas o trabajo de oficinas. El arropamiento utilizado es de 1 CLO; el más frecuente durante todo el año. El aire se estudia totalmente en calma, y las paredes a la misma temperatura del aire, de forma que no se contemplan condiciones propias ni de verano ni invierno. El diagrama presenta áreas diferentes que muestran la relación de mayor o menor bienestar, así como la indicación de las estrategias arquitectónicas que hay que emplear para alcanzar el confort higrotérmico (Neila, 2004).



- Las áreas del climograma son (ver Fig. 1.9.5):
1. Área de bienestar saludable (menos del 10% insatisfechos)
  2. Área de bienestar algo seca para la salud (menos del 10% insatisfechos)
  3. Área de bienestar algo húmeda para la salud. (menos del 10% insatisfechos)
  4. Área de bienestar algo extendida
  5. Área térmicamente aceptable pero excesivamente seca.
  6. Área térmicamente aceptable pero excesivamente húmeda.
  7. Zona controlada por ventilación nocturna y masa térmica.
  8. Zona controlada por la ventilación permanente.
  9. Zona controlada por el enfriamiento evaporativo y masa térmica.
  10. Zona controlada por radiación solar y masa térmica.
  11. Zona controlada por las cargas internas.

Fig. 1.9.5 Climograma de Bienestar adaptado (elaborado por autores).

### Rangos de Confort según el Climograma de Bienestar Adaptado

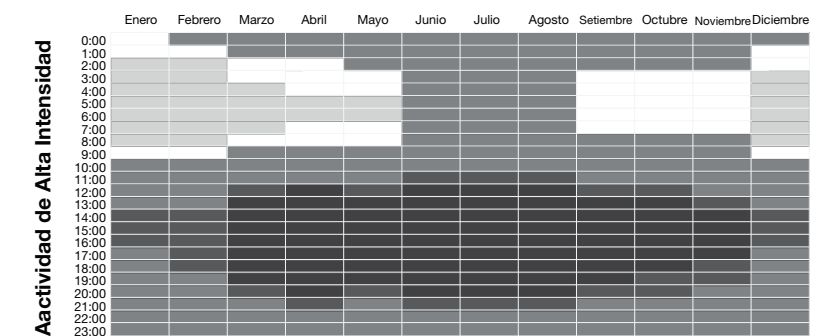
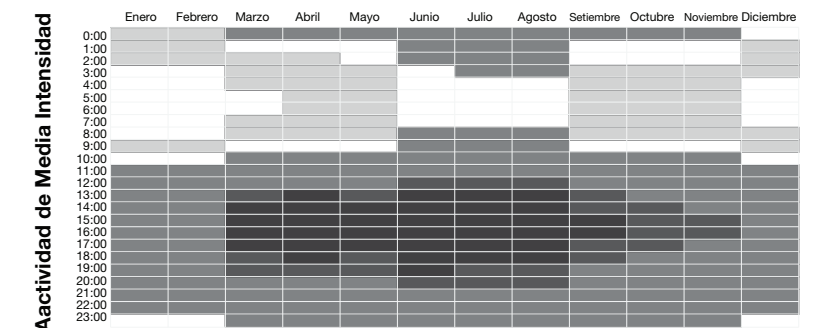
Los datos climáticos mensuales proporcionados por el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica se utilizan para el cálculo de los climogramas de bienestar adaptado, y así establecer los parámetros de confort promedio por horas durante todo año de tres actividades, según la clasificación de espacios que conforman una vivienda (ver Fig. 1.9.6).

Actividad de intensidad baja: ésta se relaciona a los espacios privados, se caracterizan por su principal actividad de descanso y estancia su mayor uso se da durante la noche.

Actividad de intensidad media: tiene relación con los espacios sociales se caracterizan por sus actividades de convivencia y su temporalidad se despliega a lo largo del día. como lo son: estar, conversar, descansar, comer, ver televisión, escuchar música etc.

Actividad de intensidad alta: tiene que ver con los espacios de soporte son en donde se realizan actividades de aseo, evacuación, almacenamiento, preparación, lavado, circulación, etc. La cocina tiene una connotación diversa por contar con cargas internas (electrodomésticos) que generan ganancia de calor en el espacio.

Con el análisis del comportamiento climático, de cada zona de vida, mediante los ábacos psicrométricos y los climogramas de bienestar adaptado, se establecen las estrategias Generales Y Específicas que comprenden éste piso altitudinal.



#### Simbología

- Calor excesivo ventilación artificial
- Necesidad de control solar
- Necesidad de disipación de calor
- 10% de usuarios confortables
- 20% de usuarios confortables
- Necesidad de calentamiento pasivo
- Frio excesivo. Necesidad de cargas internas

Fig.1.9.6. Gráficos de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad. Gráfico superior: Actividad baja referida al descanso. Gráfico medio: Actividad media referida a actividades de estudio, ver television, usar la computadora, etc. Gráfico inferior: Actividad alta referida actividades del quehacer doméstico como limpiar o lavar (elaborado por autores).



# Capítulo 2

## Zonas de Vida

## 2.1 Definición de Zonas de Vida

El sistema de Zonas de Vida fue elaborado por Leslie Holdridge para la clasificación del territorio basado en parámetros bioclimáticos. Dicho sistema fue publicado en 1947 y tuvo una actualización en 1967. Holdridge, definió el concepto Zona de Vida del siguiente modo:

«Una zona de vida es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, que se hacen teniendo en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, y que tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo». (Holdridge, 1947)

Holdridge observó que ciertos grupos de ecosistemas o asociaciones vegetales, corresponden a rangos de temperatura, precipitación y humedad, de tal forma que pueden definirse divisiones balanceadas de estos parámetros climáticos para agruparlas, eliminando la subjetividad al hacerlo. Con la utilización de éstos parámetros se identifican 40 diferentes regiones a las que se les conoce como Zonas de Vida. En Costa Rica encontramos 12 de éstas Zonas de Vida y 12 Zonas de Transición.

## 2.2 Factores que determinan una Zona de Vida

Al mismo tiempo, las zonas de vida comprenden divisiones igualmente balanceadas de los tres factores climáticos principales, es decir, calor, precipitación y humedad.

### 2.2.1 Primer nivel del sistema

El primer nivel se basa en 3 parámetros principales:

1. La bio temperatura media anual
2. La precipitación anual
3. La determinación de la relación entre la biotemperatura y la evotranspiración potencial (humedad) y la relación entre la humedad y la evontranspiración real

Bio-Temperatura:

$$tbio = t - [3 * \text{grados latitud}/100] * (t - 24)2 ]$$

Donde t = temperatura media mensual  
tbio = bio-temperatura media mensual.

El valor de Tbio resultante, debe colocarse sobre el diagrama de las Zonas de Vida, para lo cual puede unirse el valor en la escala de bio-temperatura que aparece a ambos lados del diagrama con un línea recta.

### 2.2.2 Segundo nivel del sistema

Elementos como el tipo de suelo, el patrón de distribución de la precipitación, la humedad del suelo, el comportamiento del viento y la existencia de neblina modifican los patrones establecidos por el primer nivel del sistema. Éstos generan asociaciones particulares dentro de las zona de vida. El término asociación es definido como un “ámbito de condiciones ambientales dentro de una zona de vida, junto con sus seres vivientes, cuyo complejo total de fisonomía de las plantas y de actividad de los animales es único”. Holdridge, L (1979, pag 32).

### 2.2.3 Tercer nivel del sistema

En el tercer nivel del sistema se encuentran los cambios temporales que ocurren en las zonas de vida. Estos cambios pueden ser producidos por animales o por el hombre. Se habla entonces de sucesión, término que puede definirse como “una serie de cambios del ecosistema en un área dada, que conduce progresivamente hacia una estructura y composición más complejas de la comunidad”.

## 2.3 Determinación de una Zona de Vida en un sector dado

El sistema creado por Holdridge presenta una pirámide en la que se ubican todas las Zonas de Vida pertenecientes al mismo. Para ubicar dentro del diagrama, la Zona de Vida de un sector dado se necesita obtener los tres factores que definen el primer nivel del sistema: la biotemperatura promedio anual, la precipitación promedio anual y la elevación sobre el nivel del mar.

Se debe de ubicar en el gráfico los datos promedio de biotemperatura y de precipitación. El punto donde se cruzan las líneas de estos 2 datos nos dará el hexágono que delimita un zona de vida. Después de este paso se debe ubicar la región latitudinal, esto se logra con el dato de la altura sobre el nivel del mar.

Con éstos 3 simples datos se puede ubicar la Zona de Vida de cualquier sitio del planeta. Se puede caracterizar cualquier tipo de región basado en las características preestablecidas para cada Zona de Vida (ver Fig. 2.3.1).

## 2.4 Pisos Altitudinales

El diagrama de Zonas de Vida presenta 7 pisos altitudinales entro los cuales las diferente Zonas de Vida se pueden ubicar. La altura sobre el nivel del mar cambia considerablemente la percepción climática de una región, aunque mantenga niveles de humedad, precipitación y temperatura similares a los de otra.

Los pisos altitudinales utilizados en el sistema son los siguientes:

1. Piso Basal: 0-700 msnm
2. Piso PreMontano: 700-1400 msnm
3. Montano Bajo: 1400-2700 msnm
4. Montano: 2400-3700 msnm
5. Sub Alpino : 2800-4000 msnm
6. Alpino: + 4000 msnm
7. Nival: +6000 msnm

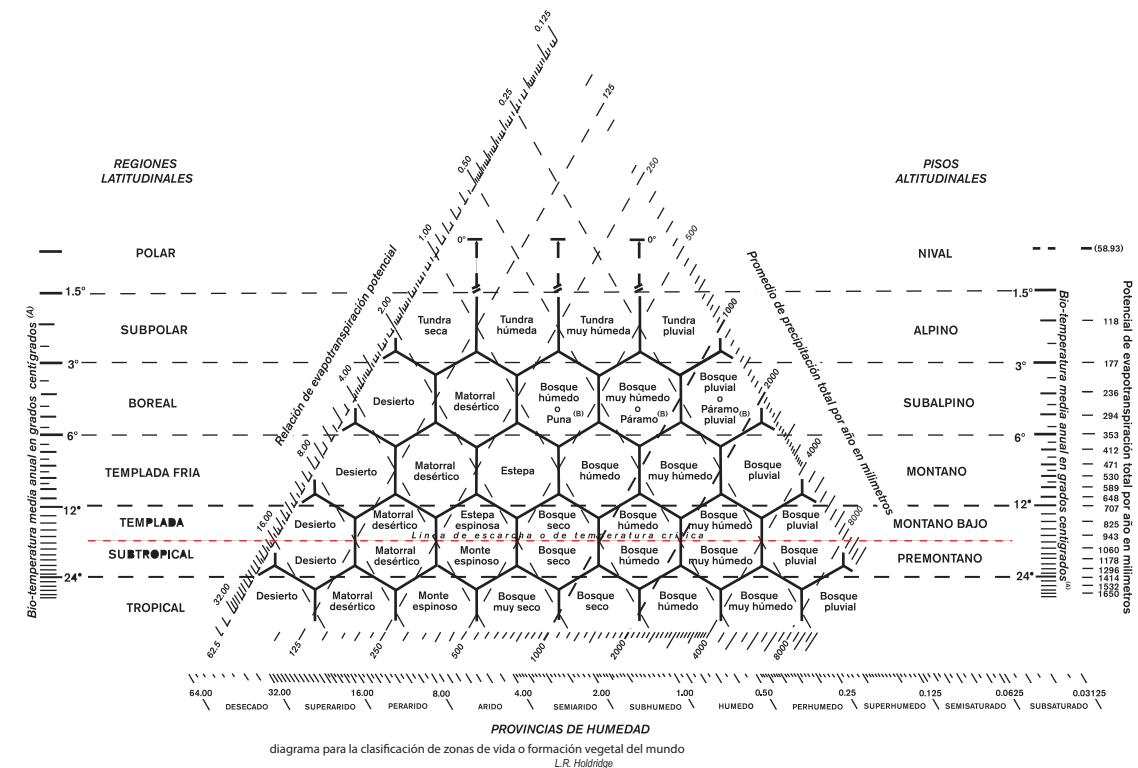


Fig. 2.3.1. Diagrama para establecer Zonas de Vida. Fuente: Ecología Basada en Zonas de Vida (elaborado por autores).

### 2.5 Las Zonas de Vida en Costa Rica

Nuestro territorio se divide en Costa Rica en 12 zonas de vida y 12 zonas de transición ubicadas en los primeros 5 pisos altitudinales (ver Fig 2.5.1, 2.5.2 y 2.5.3).

Cada Zona de Vida serán analizadas y estudiadas a profundidad en el segundo tomo de éste documento.



Fig. 2.5.1. Ubicación de las Zonas de Vida de Costa Rica. Fuente: Ecología Basada en Zonas de Vida (modificado por el autor).

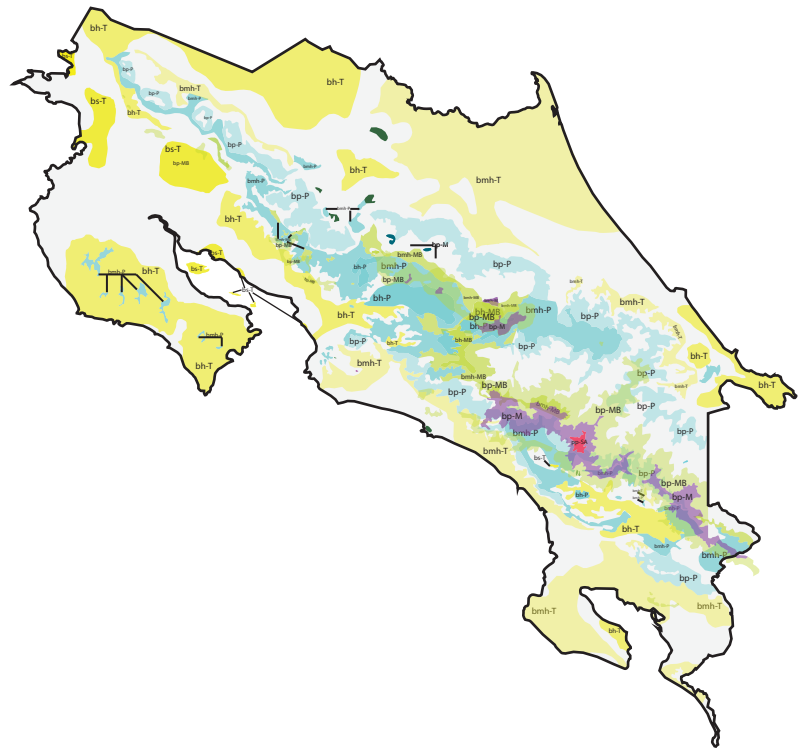


Fig. 2.5.2. Mapa de Zonas de vida de Costa Rica. Según Holdridge. Fuente: Ecología Basada en Zonas de Vida (modificado por el autor).

| PISO ALTITUDINAL  | ZONA VIDA                  | PRECIPITACIÓN        |
|---|----------------------------|----------------------|
| BASAL<br>(Influencia Costera)<br>Temperatura<br>+24 (21) °C<br>Rango Altitudinal<br>0-700<br>(msnm)             | Bosque Seco (bs-T)         | 800-2100mm (Pma)     |
|   | Bosque Húmedo (bh-T)       | 1800-4000 mm (Pma)   |
|   | Bosque muy Húmedo (bmh-T)  | 4000 - 6000 mm (Pma) |
| PREMONTANO<br>(Influencia Costera)<br>Temperatura<br>24 - 18 °C (26)<br>Rango Altitudinal<br>700-1400<br>(msnm) | Bosque Húmedo (bh-P)       | 1200-2200 mm (Pma)   |
|   | Bosque muy Húmedo (bmh-P)  | 1850-4000 mm (Pma)   |
|   | Bosque Pluvial (bp-P)      | 4000-6000 mm (Pma)   |
| MONTANO BAJO<br>Temperatura<br>18 - 12 °C (11)<br>Rango Altitudinal<br>1400-2700<br>(msnm)                      | Bosque Húmedo (bh-MB)      | 1400-2000 mm (Pma)   |
|   | Bosque muy Húmedo (bmh-MB) | 1850-4000 mm (Pma)   |
|   | Bosque Pluvial (bp-MB)     | +8000 mm             |
| MONTANO<br>Temperatura<br>12 - 6 °C (13 - 5.5)<br>Rango Altitudinal<br>2400-3700<br>(msnm)                      | Bosque muy Húmedo (bmh-M)  | 1800-2300 mm (Pma)   |
|   | Bosque Pluvial (bp-M)      | 2200-4500 mm (Pma)   |
| SUB-ALPINO<br>Temperatura<br>6 -3 °C (6.5 - 2.7)<br>Rango Altitudinal<br>2400-3820<br>(msnm)                    | Páramo Pluvial (pp-M)      | 1800 - 2300 mm (Pma) |

Fig. 2.5.3. Distribución de las Zonas de Vida de Costa Rica según ámbito y piso altitudinal. Fuente: Fournier 1980 (modificado por el autor).

### 2.6 Relación entre Zonas de Vida y el cambio climático

El Sistema de Zonas de Vida fue elaborado por Leslie Holdridge en 1967, desde entonces las condiciones climáticas han cambiado.

El IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) define el “Cambio Climático” como un cambio en el estado del clima identificable a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos. Cambio Climático puede referirse a cambios producidos naturalmente o producto de la actividad humana.

Producto del Cambio Climático sufrido en todo el globo en las últimas décadas se puede observar como algunas Zonas de Vida han ido desapareciendo al mismo tiempo que otras han aumentado su presencia en el territorio nacional.

Mildred Jiménez Méndez desarrolló durante el 2009, un estudio en el cual identificaba el comportamiento del cambio climático en Costa Rica en el CATIE. Importante destacar que para el 2010 las estaciones del Piso Basal han crecido de forma que acaparan la mayor parte del territorio. el Bosque Seco Tropical es ahora tan extenso como la mayor parte de Guanacaste, el Bosque Húmedo Tropical también creció absorbiendo parte de lo que antes era Bosque Muy Húmedo Tropical. Con este dato es claro que los niveles de humedad han venido disminuyendo (ver Fig 2.6.1 y 2.6.2).

Para el 2020 se espera que el Bosque Seco Tropical haya duplicado su tamaño y el Bosque Muy Húmedo Tropical se limite a el extremo norte de la provincia de Limón y otras pequeñas regiones al rededor del Golfo Dulce en el Pacífico Sur (ver Fig 2.6.3).

Al aumentar los niveles de temperatura promedio se espera que el Páramo Pluvial Sub Alpino, que hoy día se limita a la cima del Cerro Chirripó desaparezca y de ésta zona se integre al Bosque Pluvial Montano.

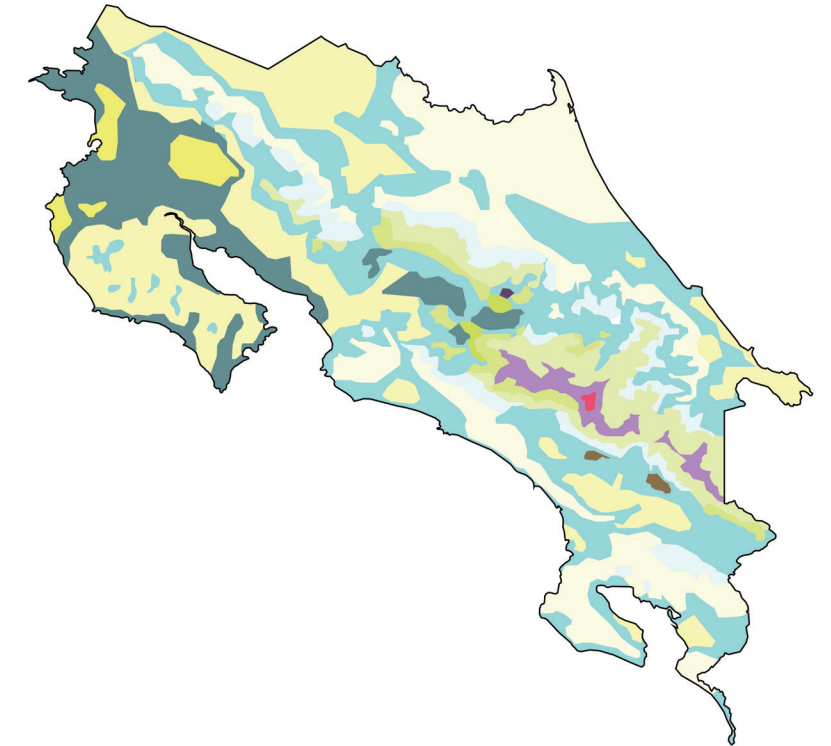


Fig. 2.6.1. Zonas de Vida Reclasificadas. Fuente CATIE (modificado por el autor).

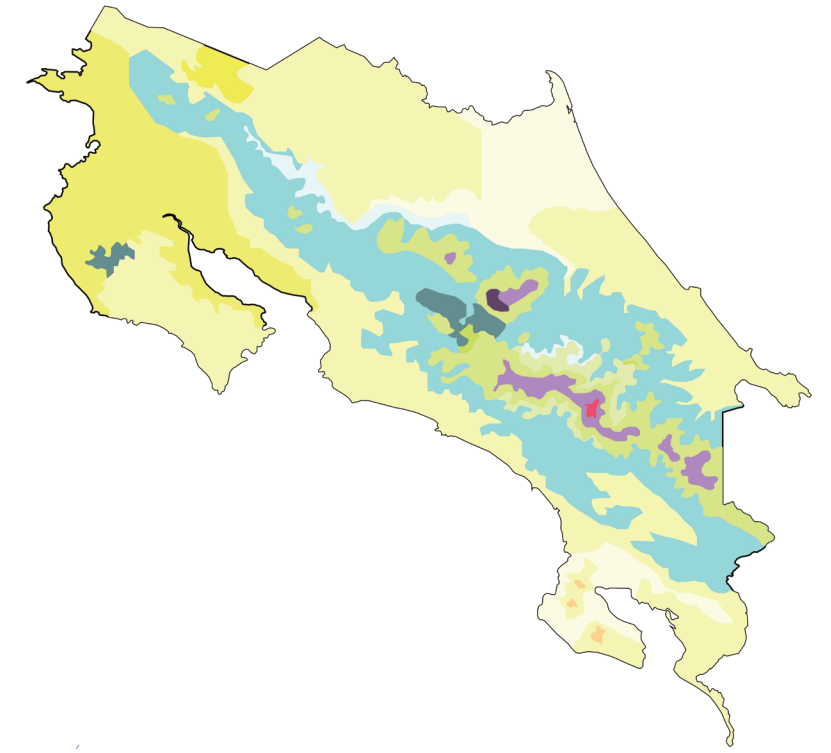


Fig 2.6.2. Zonas de Vida para el 2010. Fuente CATIE (modificado por el autor).

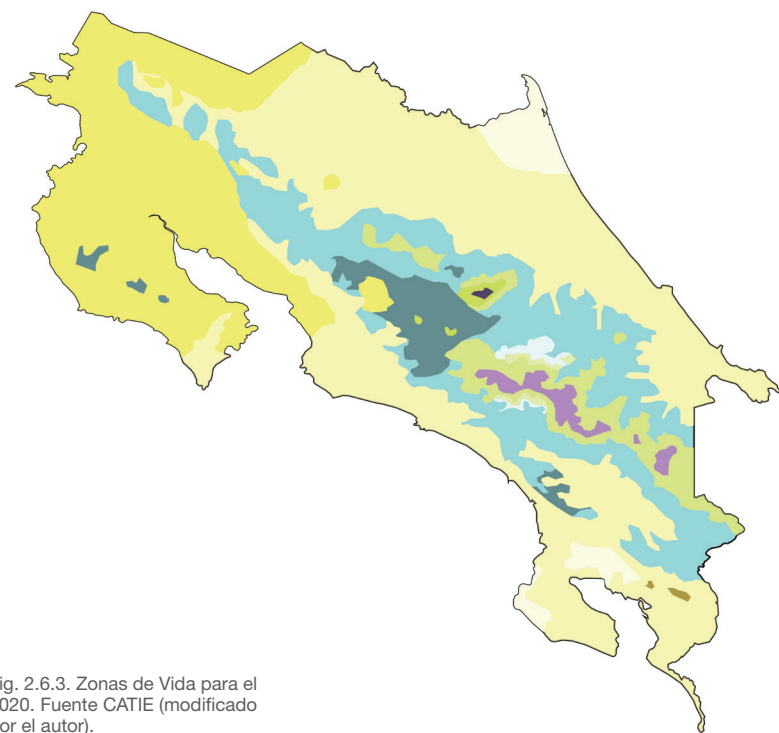


Fig. 2.6.3. Zonas de Vida para el 2020. Fuente CATIE (modificado por el autor).

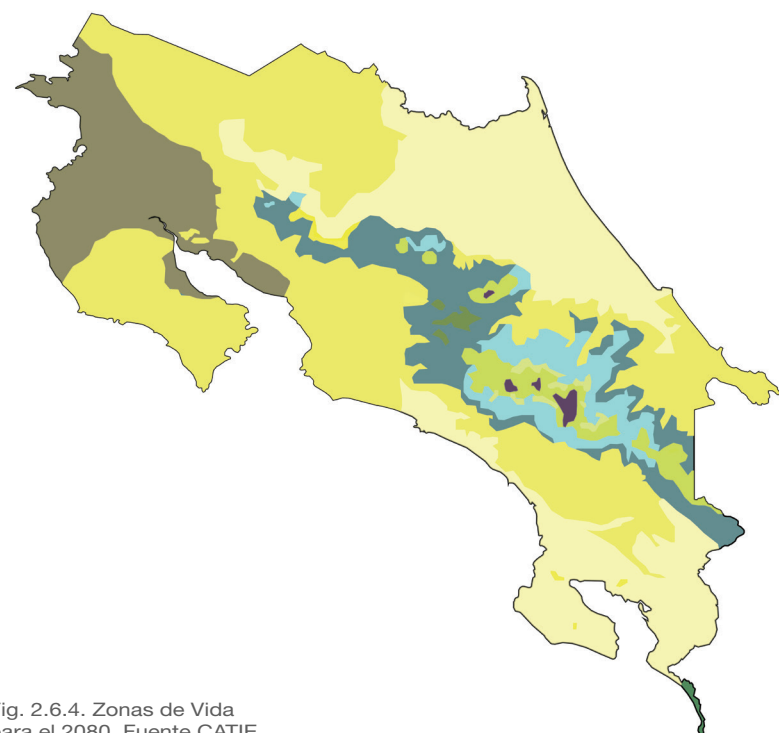
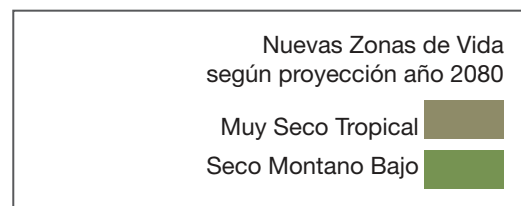


Fig. 2.6.4. Zonas de Vida para el 2080. Fuente CATIE (modificado por el autor).

Si las proyecciones de ésta investigación se cumplen, para el 2080 Costa Rica solamente tendría 8 Zonas de Vida, 2 de las cuales son nuevas (ver Fig. 2.6.4). La zona que originalmente se delimitó como Bosque Seco Tropical sería ahora Bosque Muy Seco Tropical y Valle Central, donde se encuentran las principales ciudades del país pasaría a considerarse Bosque Seco Montano Bajo. Para efectos de ésta guía es importante entender el proceso de Cambio Climático y sus implicaciones en el espacio construido. La arquitectura en Costa Rica debe de diseñarse de forma que sus estrategias bioclimáticas puedan responder a mayores niveles de temperatura y niveles más bajos de humedad. Al mismo tiempo es importante tomar conciencia sobre el fenómeno del Calentamiento Global y producir arquitectura responsable con el entorno. Cada proyecto arquitectónico debería aportar beneficios al lugar en el cual es construido.

### 2.7 Zonas de Vida y Diseño Arquitectónico

El confort climático ha sido desde siempre un factor determinante para el asentamiento humano. Los primeros asentamientos humanos son prueba de ello, donde los hombres buscaban primero un clima satisfactorio, en segundo lugar suelos fértiles y por último una topografía favorable. Esto explica el vínculo del ser humano ante el confort y las prácticas agronómicas, o bien, para nuestra actualidad: la comodidad y el trabajo estable, es decir, "construcciones relacionadas con el uso de la tierra" (Holdridge, L, 1979.)

Los asentamientos de las capitales de latinoamericanas son prueba del clima factor determinante para la creación de asentamientos humanos. 19 de éstas ciudades, están ubicadas cerca a la línea de evapotranspiración potencial, delimitada por las Zonas de Vida con mayor confort humano. Existen dos excepciones: Santiago en Chile y Lima en Perú; esta última ubicada en la Zona de Vida de Desierto Subtropical, ya que era la única zona que reunía las características para ser puerto marítimo, sin embargo, Cuzco, la capital de los Incas, si se encuentra en una Zona de Vida próxima a la línea de evapotranspiración potencial.

Un ejemplo mucho más específico de la relación entre el clima, el suelo y la topografía corresponde al Valle Central de Costa Rica, donde también se encuentra San José, su capital, y otras ciudades importantes como Alajuela, Heredia y Cartago; todas ubicadas en el sector superior de la faja premontana, uno de los climas de mayor confort, según el sistema de relaciones de vida de L. Holdridge. En esta región predominó como cultivo el café y se encuentra el 80% de la población del país. Al aumentar la altura sobre el nivel del mar, la franja cambia y se vuelve más fría, dejando paso a pastizales para ganado, cultivo de cereales y otros productos agrícolas como la papa. Éste es el caso de poblaciones como Zarcerro o algunos sectores de Cartago; esta es una zona con una población mucho menos densa en comparación a los sectores más bajos.

Con el crecimiento de la población, se han creado diversos asentamientos humanos que no se ubican dentro de la zona de confort, por lo que es pertinente estudiar el comportamiento climático de cada Zona de Vida de Costa Rica y entender los cambios que se deben de realizar para seguir ofreciendo altos niveles de confort a un usuario.

Esto no implica que la arquitectura debe ser la misma, por lo contrario, del mismo modo que en la naturaleza vemos diversidad de plantas que corresponden a un mismo entorno, la arquitectura a su vez, podría obedecer este mismo patrón de comportamiento. Una manera de enriquecer esta hipótesis, es tomando en cuenta estas mismas Zonas de Vida en otros países, y así analizar como la variable cultural afecta el desarrollo de estas respuestas de adaptación, es decir, la respuesta arquitectónica dada por cada cultura ante el mismo problema de adaptación climática.

### 2.8 Agrupación de la Guía

El sistema de clasificación planteado por Leslie Holdridge identifica dentro de Costa Rica 12 regiones climáticas con sus respectivas zonas de transición; éstas zonas a su vez se agrupan 5 Pisos Altitudinales. Las Zonas de Vida pertenecientes a un mismo Piso Altitudinal varían en niveles de precipitación y de humedad, y de esta forma los niveles máximos y mínimos de temperatura; sin embargo, debido a que en

comportamiento de las Zonas de Vida que componen cada piso se mantienen dentro de un rango no tan variable.

Para efectos del desarrollo de ésta guía de estrategias bioclimáticas basada en las Zonas de Vida se toma como elemento base de estudio cada una de las Zonas de Vida. Cada una es analizada individualmente a través de Estaciones Meteorológicas del IMN con el fin de identificar patrones de comportamiento climático anual y mensual.

Los patrones de comportamiento son similares en cada piso, por lo que las conclusiones a nivel de Pautas Generales así como Pautas Específicas están desarrolladas a partir del estudio de los diferentes pisos altitudinales.

# Capítulo 3

## Arquitectura Vernácula



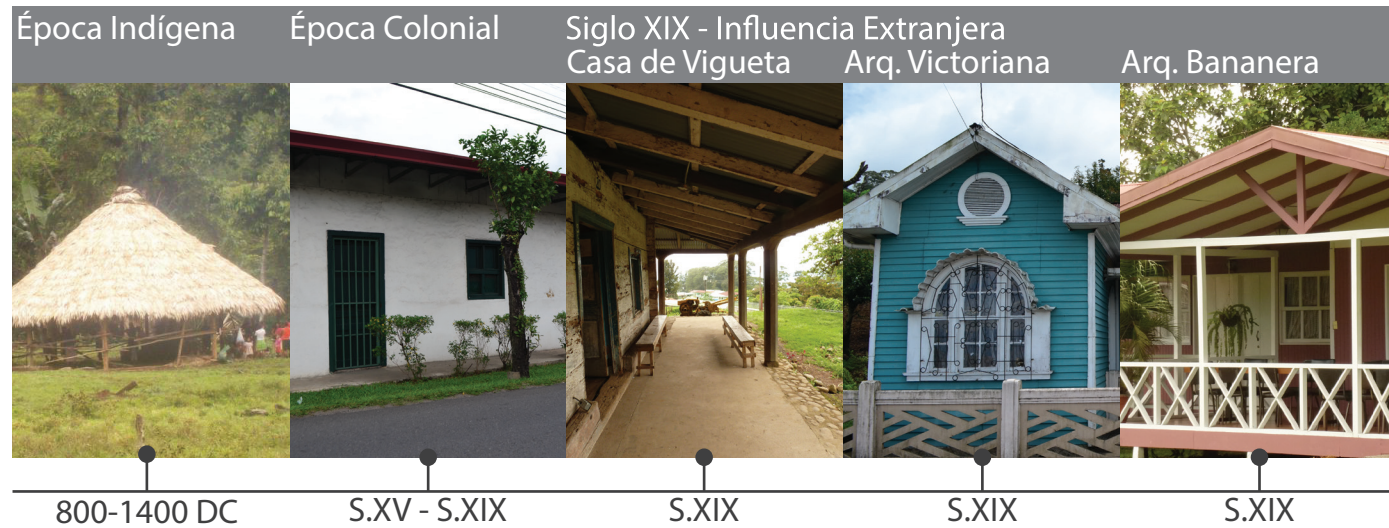


Fig. 3.2.1. Síntesis sobre el proceso evolutivo de la Arq. en Costa Rica (elaborado por autores).

### 3.1 Arquitectura Vernácula

El término "arquitectura vernácula" se refiere a estructuras realizadas por constructores empíricos, sin formación profesional como arquitectos. Al no seguir un proceso necesariamente técnico o especializado su origen proviene de conocimientos transmitidos de generación en generación que a través de un proceso histórico han buscado sacar el mayor partido posible de los recursos naturales disponibles para maximizar la calidad y el confort de las personas. Este tipo de arquitectura se caracteriza por la utilización de materiales de construcción disponibles en la región o en el lugar de asentamiento del objeto "http://arquitecturavernacula.com".

### 3.2 Síntesis sobre el proceso evolutivo de la Arquitectura en Costa Rica

Por lo tanto la inclusión de este tema en la investigación tiene como objetivo generar pautas climáticas con su debida correspondencia cultural, procurando el arraigo de la arquitectura a las zonas de vida en todos sus ámbitos.

La arquitectura vernácula está íntimamente relacionada al factor humano; quien la ocupa y concibe desde un inicio, o que a través del tiempo realiza adaptaciones según sus necesidades.

Si es interpretada de un modo vernáculo, la arquitectura llega a formar parte de la idiosincrasia de las personas, incluso estas manifestaciones pueden reflejar la forma de ser de un pueblo, y de algún modo, su propia identidad nacional o local (ver Fig 3.2.1).

#### 3.2.1 Época Indígena - Pueblos Bri Brí / Cabécar

Para el momento de la conquista española existía en Costa Rica una sociedad de 27000 indígenas. La sociedad se separaba en varios asentamientos de tamaño medio, en los que destacan las poblaciones Bri Bri y Cabécar.

Los pueblos de Costa Rica funcionaban con un sistema de Cacicazgo, mismo que se implementó desde 300 d.C. Ésta sociedad era principalmente agrícola, se alimentaba de cacao, plátano, maíz, frijoles y tubérculos. La caza y cría de cerdos y aves también era parte importante de la sociedad.

Los asentamientos tardíos evidencian la madurez de una sociedad, que ya empezaba a dejar plasmados ejemplos arquitectónicos de escala media. Hoy día hay vestigios de basamentos, calzadas, montículos funerarios y otros ejemplos.

#### T1. Vivienda Cónica Indígena (Bri-Brí / Cabecar)

Previo a la Colonia Española, se desarrollaron en Costa Rica varios asentamientos a cargo de los grupos indígenas Cabécar y Bri - Brí. Los vestigios de estas civilizaciones se ubican en la región Caribe Sur de nuestro país, propiamente en las Zonas de Vida (ver Fig. 3.2.3):

bh-T  
bmh-T

La arquitectura desarrollada por éstos grupos es simple y funcional; sin embargo se encuentran en ella características que la hacen muy interesante desde el punto de vista climático.

#### Tipología de Vivienda

La vivienda desarrollada por estos grupos se compone de una planta redonda u ovalada con un poste alto al centro. De la circunferencia de dicho círculo, salen unos postes que se encuentran en la parte superior formando un cono. Ésta estructura se cubre con hojas de palmera y en la cumbre una vasija de barro con la que evitaban filtraciones de agua.

La cubierta constituye prácticamente todo el cerramiento que esta expuesto al exterior, siendo su pendiente inclinada la manera de evitar que el abundante agua de lluvia se infiltre. En el caso estudiado, la pendiente es de un 105%. Con este tipo de pendientes se obtienen volúmenes sumamente altos y con un fácil manejo de las aguas llovidas.

Solamente una abertura se encuentra en este tipo de edificaciones, muchas veces protegida con un alero, lo que permitía que no ingresara agua a la edificación, de esta forma se evita que los fuertes vientos, normalmente acompañados con lluvia, penetren el espacio (ver Fig. 3.2.3 y 3.2.4).

La gran altura de estas viviendas, permite que el aire caliente suba al punto mas alto manteniendo el espacio lo más fresco posible.

Las estructura triangular como se ve en el corte de la imagen X es la forma geométrica más rígida, es por esto que su configuración funciona

muy bien en zonas sísmicas y ventosas como ésta, dando la rigidez necesaria a la vivienda. No es casualidad, además, que en esta zona de exuberante vegetación todos los materiales que se utilizaban en la estructura y cerramiento fueran de origen vegetal.

La vivienda cónica, presente en los asentamientos Cabécar y Bri-Brí se "constituye como una sabia respuesta a los determinantes climáticos y condiciones geográficas de las regiones donde se encuentran. Las fuertes y constantes lluvias, humedad, calor bochornoso, vientos azotadores, y sobre todo los constantes temblores" (Gutiérrez, 2008).



Fig. 3.2.2. Mapa Región Bri - Brí / Cabecar (elaborado por el autor).

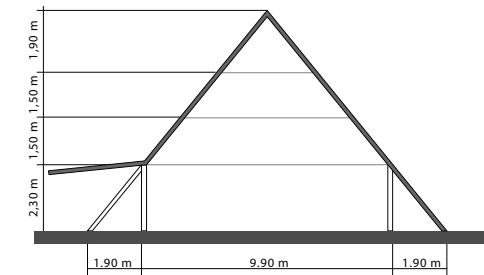


Fig. 3.2.3. Corte de Vivienda Cónica (elaborado por el autor).

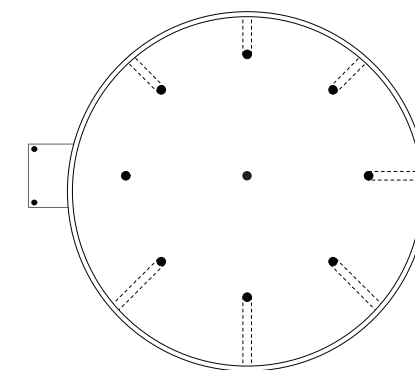


Fig. 3.2.4. Planta de Vivienda Cónica (elaborado por el autor).

### 3.2.2 Época Colonial

La arquitectura de tendencia aborígen en el país se mantuvo estable hasta la colonización española, quienes al llegar al país impusieron nuevas costumbres entre esas su arquitectura. No obstante para el imperio español; Costa Rica no representaba una zona de mucho interés de conquista, ya que no era una fuente significativa para la extracción de minerales ni contaba con suficientes indígenas ni mano de obra para evangelizar en beneficio de la corona.

“Distintas situaciones como la lejanía así como las escasas vías de comunicación hicieron que Costa Rica no fuese tan atractiva como zona de conquista española” Woodbridge, 1988.

La afirmación anterior se ve reflejada en la arquitectura; nuestro país no cuenta con un centro histórico de legado español o arquitectura de peso proveniente de esta época como si sucede en otros países de la región, sino que se desarrolló un arquitectura rural y fragmentada.

En la época colonial los españoles, además de construir algunas iglesias, otras edificaciones menores y casas con patio central, introdujeron la casa de adobe, o casa construida en tierra comprimida, mezclada con fibras naturales para adquirir mayor resistencia. Este tipo de arquitectura tuvo su mayor concentración en el pacífico norte y en el valle central zonas de mayor asentamiento español en la época.

La arquitectura de esta época se identifica por algunas de las siguientes características:

1. Desarrollo de una sociedad rural, carente de centros urbanos importantes.
2. Sociedad de pequeñas propiedades, los grandes latifundios se vendieron, heredaron o donaron rápidamente.
3. Sociedad homogenizada, las reducciones indígenas junto con una poca presencia española hicieron de Costa Rica una sociedad homogenizada socialmente.
4. Sociedad Aislada. Los centros poblados se desarrollaron de forma aislada tanto con el exterior del país como entre ellos mismos.

#### Beneficios de Construir con Adobe:

Éste sistema vió su colapso después de varios terremotos, como el de Cartago en 1910, debido a una pobre planificación estructural. Sin embargo algunos piensan que se debería retomar debido a sus beneficios.

Melissa Pietrantonio enlista varios de los beneficios de este sistema constructivo:

**Disponibilidad local:** Este material no depende de producción industrial para su elaboración.

**Ductilidad para el moldeado:** Se puede formar cualquier tipo de formas

**Bajo costo de fabricación:** No se requiere maquinaria especial ni procesos muy técnicos para la elaboración de este material.

**Bajo impacto ambiental:** Su producción representa el 1% de la energía que se requiere para construir con ladrillos y hormigón

**Aislante:** Este material es un buen aislante térmico y climático. Además regula la humedad ya que la absorbe y mantiene los espacios internos frescos y menos húmedos que el ambiente externo (ver Fig. 3.2.5).

Fig. 3.2.5. Bloques de Adobe.  
Fuente: Alberto Perez.



### T2. Vivienda Colonial en tierra

Con la llegada de los Españoles se inició un proceso de cambio en todos los aspectos de la pequeña sociedad costarricense. Una de las primeras tareas que tuvieron los colonizadores fue la de crear nuevos asentamientos para vivir y para poder controlar a las poblaciones locales. Es así como nace la Ciudad de Cartago y otros poblados más como Liberia, entre otros. Las Zonas de Vida desarrolladas por los Colonizadores fueron las siguientes:

- bs-T
- bh-T
- bh-P

Se introdujo un proceso constructivo nuevo: el adobe. Éste sistema resultó perfecto para la sociedad costarricense que no poseía recursos materiales ni humanos. Para la construcción con adobe se utilizaron grandes y pesados bloques que se elaboraban a partir de la mezcla de césped picado o bagazo de caña de azúcar, boñiga y tierra. Una buena construcción de adobe puede durar setenta y ochenta años (Hale, 1825). Este lenguaje arquitectónico, que se extendió por la Meseta Central y algunas poblaciones guanacastecas se caracteriza por carecer de ornamentación; es una arquitectura sencilla y uniforme (ver Fig. 3.2.6).

#### Casa en L (Casa Urbana)

Esta tipología está conformada por espacios muy definidos interconectados por un corredor continuo y un zaguán. El acceso principal da a la calle más importante, mientras que el acceso de servicio da a una calle secundaria (ver Fig. 3.2.7 y 3.2.8).

Esta compuesto por sala, zaguán, dormitorios, comedor, cocina, troja, corredor, área de horno, lavado y patio. La configuración en L de esta casa genera dos volúmenes perpendiculares entre si, en un extremo se ubica la sala separada de las otras áreas comunes y relacionada con el acceso y calle principal. El comedor, la cocina y las áreas de soporte están en el extremo contrario, relacionados con el acceso y calle secundaria. La forma en L en conjunto con sus tapias perimetrales conforman un patio interno entorno al cual giran todos los espacios conectándolos por medio del corredor.



Fig. 3.2.6. Asentamientos Coloniales. Fuente Madrigal, Moas (modificado por el autor).

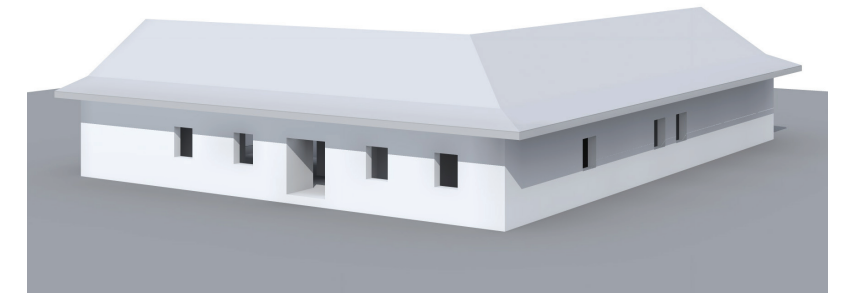


Fig. 3.2.7. Vivienda T2. Fuente Madrigal, Moas (modificado por el autor).

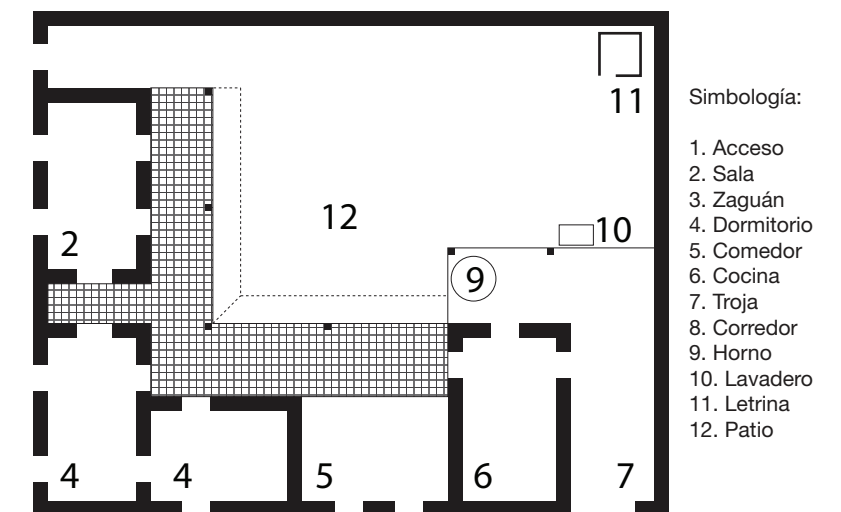


Fig. 3.2.8. Diagrama de Distribución Vivienda T2. Fuente Madrigal, Moas (modificado por el autor).



### Casa rectangular (Cara Rural)

Ésta vivienda es mas sencilla que la tipología anterior en cuanto a configuración. Su acceso es único y perpendicular a la calle. Los espacios son muy similares a la casa L pero reducidos en dimensión. La conexión entre ellos se da por medio de un corredor externo. Específicamente cuenta con: un unico acceso, sala, dormitorios, comedor y cocina integrados, troja (separada de la vivienda), corredor y área de horno, el patio es sustituido por el área verde circundante donde se ubican sus huertos.

En esta configuración los espacios se disponen linealmente, conectados por el patio externo. La sala, al igual que la cas L, se encuentra totalmente separada del área de cocina y comedor, los dormitorios se ubican en la parte intermedia del volumen.

Es destable que la configuración le da la espalda a la calle, convirtiendo el jardín en el antesala de la vivienda (ver Fig. 3.2.9 y 3.2.10).

Simbología:

1. Acceso
2. Sala
3. Zaguán
4. Dormitorio
5. Comedor
6. Cocina
7. Troja
8. Corredor
9. Horno
10. Lavadero
11. Letrina
12. Patio

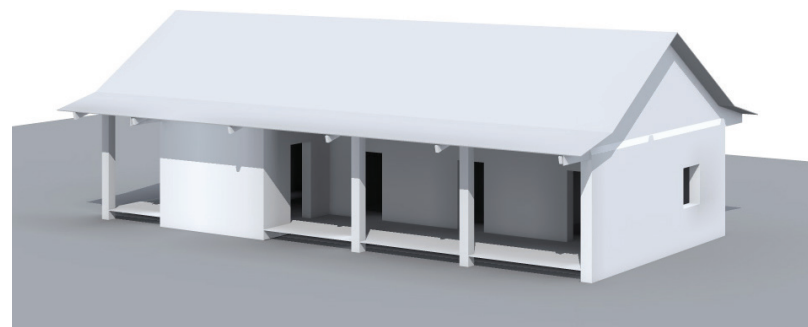


Fig. 3.2.9. Vivienda Rectangular  
Fuente: Madrigal, Moas (modificado por el autor).

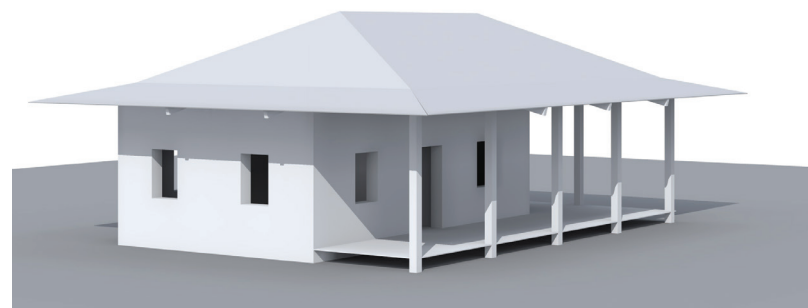


Fig. 3.2.11. Vivienda Compacta  
Fuente: Madrigal, Moas (modificado por el autor).

### Casa compacta (Casa Rural)

Es otra de las versiones rurales de esta tipología arquitectónica. Sencilla y de menor dimensión, comunica los espacios mediante un zaguán y el corredor se vuelve un espacio de soporte. Cuenta con: un único acceso, sala, dormitorios, cocina, corredor perimetral donde se ubica el horno y las pilas y troja (separada de la vivienda)

Esta sencilla disposición se desarrolla en un espacio cuadrado casi perfecto, el zaguán lo divide a la mitad. los espacios de desarrollan en los cuadrantes, teniendo la posibilidad de doble fachada por espacio, facilitando la ventilación e iluminación de los mismos. el corredor techado externo se despliega alrededor de dos lados del volumen, en él se disponen los espacio de soporte y el espacio del horno de leña (ver Fig. 3.2.11 y 3.2.12).

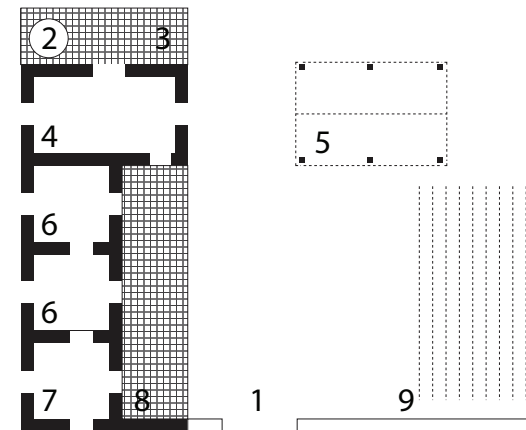


Fig. 3.2.10. Diagrama de distribución Vivienda Rectangular  
Fuente: Madrigal, Moas (modificado por el autor).

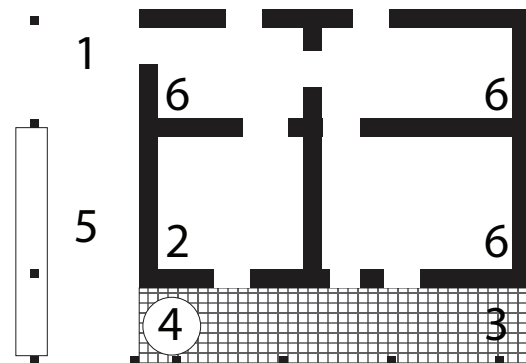


Fig. 3.2.12. Diagrama de distribución Vivienda Compacta  
Fuente: Madrigal, Moas (modificado por el autor).

### Observaciones finales

En todas las configuraciones los espacios se disponen linealmente o en cuadrantes de manera que los espacio que posean dos lados de sus envolventes libres para su mejor ventilación e iluminación.

Las aberturas en dos fachadas, la disposición de las mismas transversalmente al espacio y el ancho del espacio habitable no mayor a los 6 metros proporcionan de un sistema de ventilación cruzada efectivo.

En la vivienda en L, el patio interno es un elemento que potencia la ventilación de los espacios construidos.

Sus corredores techados conforman un espacio confortable de transición al espacio abierto, que protege las aberturas y las envolventes de la radiación solar y las lluvias.

El bajo porcentaje de aberturas, el grosor de su envolvente y el hecho que las aberturas fueran constituidas por paneles de madera giratorios, implica un mayor aislamiento térmico de los espacios internos, así como un mayor control de la ventilación

La circulación es lineal y simple, permite un mayor aprovechamiento espacial, solo en el caso de la vivienda compacta dicha circulación queda enclaustrada.

### T3. Rancho Chorotega

En la región de la Gran Nicoya se asentaron varias poblaciones provenientes del norte del continente. Éstos grupos son descendientes de grupos náhuatl-pipil-nicarao; se asentaron en lugares como la parte occidental de Nicaragua, la costa de Honduras, en El Salvador, Chiapas y Oaxaca. (Bobadilla, Francisco)

En Costa Rica estas poblaciones se ubicaron en la Gran Nicoya, zonas donde hoy día se encuentran las llanuras de la Provincia de Guanacaste. Las Zonas de Vida donde se asentaron éstas poblaciones son las siguientes: (ver Fig. 3.2.13).

Después de la conquista, la vivienda indígena chorotega se vio modificada por influencia española. Este tipo de rancho; su morfología, sistema constructivo y características pueden encontrarse aún hoy día en algunos asentamientos indígenas y en zonas aisladas.

La vivienda indígena se adapta a la volumetría implantada por los españoles. Adopta la forma rectangular y utiliza cubiertas de 2 o 4 aguas.

Esta vivienda se compone de tres partes: una central y dos laterales. Se construye con un sistema de horcones y varas, cubierto con hojas de palma. Las paredes se forran con ramas o pedazos de corteza



Fig 3.2.13 Mapa Región Bri - Bri / Cabecar (elaborado por el autor).



### Rancho Sobre Pilotes

Esta vivienda es simple en forma, con una muy buena organización. En la tipología básica se observa que el área de cocina se separa del volumen principal, estrategia que mantiene más fresca el área de descanso. La construcción se levanta del suelo y de esta forma se permite controlar la humedad interna al mismo tiempo que protege de animales.

El interior de la vivienda tiene techos altos y con pendientes pronunciadas. El Volumen de la cocina tiene una pendiente de 86% y el Volumen de Dormitorios una pendiente de 58%. Las cubiertas se ventilan por las paredes. Los aleros pronunciados ofrecen protección a las paredes contra la radiación solar y contra la lluvia.

Este tipo de edificación permite lograr al interior de ella, temperaturas iguales a las que se producen a la sombra en el exterior. Para que esto suceda, se depende del empajado del techo y de las paredes de varas, huáscaras de

coyol; de esta forma se permite la ventilación y una reducida cantidad de luz. (Madrigal, 1988)

Es interesante observar el tratamiento de los dos volúmenes mayores, por un lado, el área de descanso las paredes suben hasta topar con el techo y poseen aberturas móviles, permitiendo tener mayor control sobre la ventilación del área de descanso. En el área de la cocina, en cambio el cerramiento de paredes llega a un medio nivel permitiendo que el humo y el calor salgan con mayor facilidad (ver Fig. 3.2.14 y 3.2.15).

### Rancho Rectangular

Una segunda tipología se da en ranchos de menor tamaño con una configuración mucho más simple, aunque se mantiene una distribución que separa el área de descanso de el área de cocina.

Éste volumen rectangular tiene una cubierta a 2 aguas con una pendiente muy alta, de un 106%, lo que le permite mantener el aire caliente sobre el nivel habitable y al mismo tiempo drenar el agua llovida fácilmente. El volumen se constituye como una figura cerrada sin aberturas, la ventilación e iluminación psolamente entra por las rendijas de las mismas y la puerta única de ingreso (ver Fig. 3.2.16 y 3.2.17).

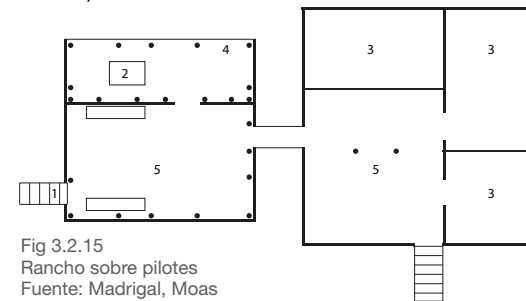


Fig 3.2.15  
Rancho sobre pilotes  
Fuente: Madrigal, Moas  
(modificado por el autor).

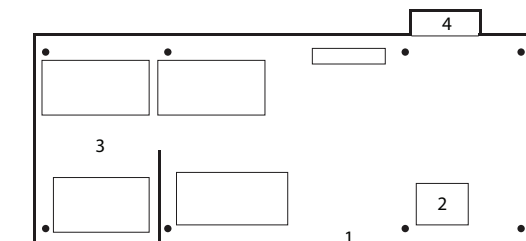


Fig 3.2.17  
Rancho Rectangular  
Fuente: Madrigal, Moas  
(modificado por el autor).

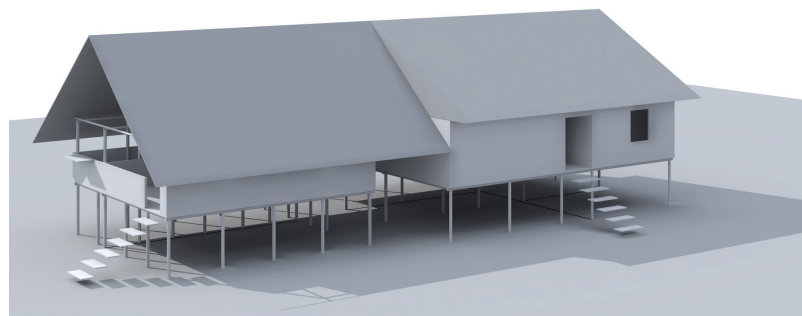


Fig 3.2.14. Rancho sobre pilotes.  
Fuente: Madrigal, Moas  
(modificado por el autor).

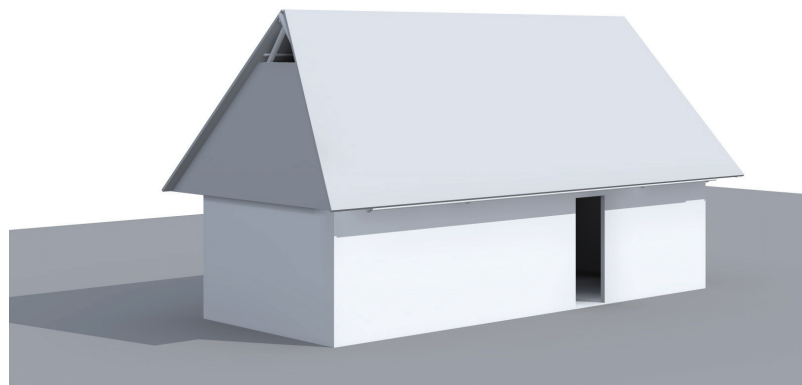


Fig. 3.2.16. Rancho Rectangular  
Fuente: Madrigal, Moas  
(modificado por el autor).

### Observaciones finales

Este tipo de arquitectura se constituyó, así como la arquitectura de barro, como uno de los símbolos de arquitectura vernácula nacional. Hoy día, en poblaciones alejadas o asentamientos indígenas se sigue utilizando este sistema constructivos.

Esta arquitectura logra la mismat temperatura en su interior, que la que se obtiene a la sombra. Su gran volumen por metro cuadrado, cerramientos permeables a la ventilación y ausencia de aberturas permiten que la temperatura y la humedad se mantengan bajas.

### 3.2.3 Siglo XIX

El domino español se mantiene hasta principios del siglo XIX cuando llega a nuestro país la noticias de Independencia. Una vez ratificada la separación, Costa Rica queda en manos de campesinos con poca experiencia administrativa y política.

“El costarricense del siglo XIX pone todos su esfuerzos en el vano afán de parecerse a los europeos, y por ello la arquitectura de este periodo es importada y de escasas repercusiones para el desarrollo de una arquitectura nacional” Woodbridge, 1988 (ver Fig. 3.2.18).

A pesar de que en temas meramente estéticos durante esta época se carece de una arquitectura de creación local, el proceso de desarrollo fue mostrando distintas adaptaciones que se realizaron a algunos estilos “importados” en algunos casos casi de manera obligada en función del clima de la zona en donde se desarrolla.

Durante principios de siglo se continúa la construcción con adobe, bahareque y la teja para la elaboración de las cubiertas. El ladrillo se intrduce poco después en la arquitectura pública sin repercutir en la arquitectura residencial. Durante principios de siglo se continúa la construcción con adobe, bahareque y la teja para la elaboración de las cubiertas. El ladrillo se intrduce poco después en la arquitectura pública sin repercutir en la arquitectura residencial.

La utilización de la madera, que durante la colonia era utilizado para edificaciones humildes, toma su apogeo en este período y se mantiene como material dominante para finales del siglo XIX hasta mediados de siglo XX aproximadamente. Como material estructural se utiliza principalmente el sistema de origen norteamericano conocido como “balloon frame house” en el cual la estructura operante se revestía con tablilla machihembrada. La amplia disponibilidad del recurso así como una mano de obra capacitada y una creciente industria local hacen que la madera se establezca como material por excelencia de la época.

Durante este siglo surgen algunas otras manifestaciones como la importación de arquitectura metálica (La Iglesia de Grecia y La Escuela de Varones) que no llega a tener mayor trascendencia en todo el territorio; también para 1850 se adopta el neoclasicismo que es posible observar en arquitectura del estado que fundamentalmente se utiliza como elemento de imagen y poder sin la finalidad alguna de corresponder a la zona de origen; de igual manera ocurre con el estilo ecléctico que se utiliza hasta avanzado el siglo XX el que además de utilizarse en edificios estatales trasciende a la arquitectura habitacional.

Fig. 3.2.18. Teatro Nacional de Costa Rica. Construcción: 1895  
Fuente: Panoramio.com



#### T4. Casa de Vigueta

Cuando los asentamientos llegaron a lugares alejados y aislados del país, como lo fue Pacayas, Llano Grande y otras zonas en su momento, se desarrolló un sistema de arquitectura básico, de rápida edificación que utilizó los elementos encontrados en el sitio para su creación.

Se encontraron este tipo de edificaciones en las siguientes Zonas de Vida (ver Fig. 3.2.19):

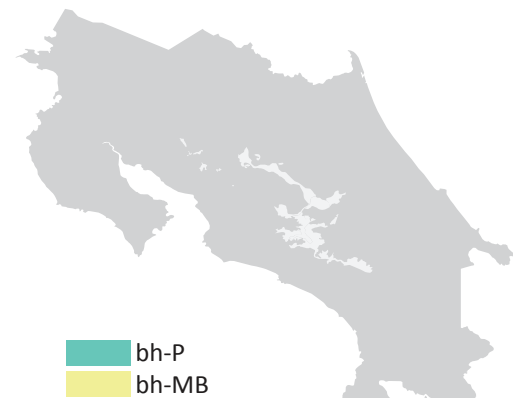


Fig 3.2.19  
Mapa Región con  
Viviendas de Vigueta  
(elaborado por el autor).

A este tipo de vivienda se le conoce como “Casa de Vigueta” por las piezas de madera que componen su estructura y cerramientos. Los árboles presentes se convertían en piezas del largo de la pared y estas se ensamblaban en los extremos.

Los techos eran cubiertos con tejas y tejas de madera. El piso de estas casas dependía de las condiciones del terreno; unos eran de tierra y otros de tablas sobre basas para aislarlo de la humedad.

Éste tipo de arquitectura no ha sido muy documentado y la mayoría de sus ejemplos se han desarmado para utilizar sus valiosas maderas. Algunos ejemplos se encuentran hoy día en pie.

#### Ejemplo 1. El Alto de Quebradilla en Dota

Esta casa, encontrada en Santa María de Dota es de planta rectangular, con un solo espacio. Esta levantada sobre bases grandes de piedras para guareserse de un manantial existente en la zona.

En el interior, en un extremo junto a una ventana se localiza la cocina; en el otro extremo se localiza una cama (ver Fig. 3.2.20 y 3.2.21).

La fachada frontal tiene una puerta y 2 ventanas, la fachada posterior solamente tiene una abertura para una puerta. Las ventanas son iguales, pequeñas, de tablas y corredizas. Este sistema era una solución apropiada para proteger de los vientos fríos presentes en la zona

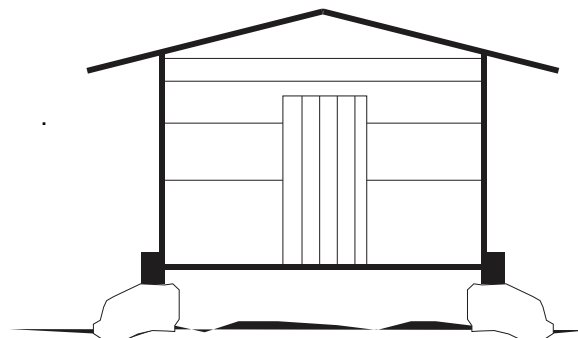


Fig. 3.2.20.  
Corte - Casa de Vigueta el Alto de Quebradilla  
Fuente: Madrigal, Moas  
(modificado por el autor).

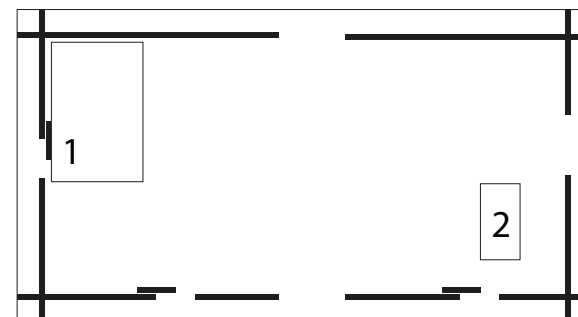


Fig 3.2.21  
Planta - Casa de Vigueta el Alto de Quebradilla  
Fuente: Madrigal, Moas  
(modificado por el autor).

#### Ejemplo 2. Hacienda Retes, Llano Grande de Cartago

Esta vivienda fue construida a finales del Siglo XIX. Se diferencia de las viviendas de vigueta por tener una distribución más compleja. Utiliza un pasillo central con habitaciones a ambos lados. La planta baja es utilizada como bodega y la alta como vivienda, la comunicación entre ellas es a través de una escalera ubicada en el corredor de la fachada.

La vivienda esta equipada con un cielo raso de tablas y esta bien acondicionada para las frecuentes temperaturas bajas de la zona (ver Fig. 3.2.22 y 3.2.23).

#### Observaciones Finales

La casa de vigueta es una muestra de ingenio y simplicidad en la arquitectura costarricense. Con pocos recursos se lograron construcciones consecuentes con el entorno, utilizando únicamente los materiales presentes en la zona.

Por su lejanía con los centros urbanos solamente se utiliza madera, cortada en sitio y clavos o tornillos para algunos amarres.

En su mayoría, las casas se levantan del suelo para evitar problemas de humedad y al mismo tiempo adaptarse a la irregularidad del terreno.

Las ventanas son pequeñas y se pueden cerrar totalmente con piezas de madera, de esta forma se puede controlar completamente la ventilación, controlando las bajas temperaturas característica de estas zonas. Las alturas son internas son bajas, característica que ayuda a mantener el calor ganado dentro del edificio.



Fig. 3.2.22.  
Hacienda Retes, Llano Grande de Cartago  
Fuente: Panoramio.com



Fig. 3.2.23.  
Hacienda Retes  
Fuente: Panoramio.com

#### T5. Vivienda Victoriana

El auge cafetalero produjo una estrecha relación entre la sociedad costarricense y la sociedad estadounidense y europea. En ambos lugares la revolución Industrial estaba cambiando la arquitectura doméstica.

La industria cambió los procesos constructivos introduciendo nuevos materiales, acabados y elementos decorativos. Producto del contacto entre CR y el extranjero, éstas tendencias llegaron y se adaptaron a nuestro contexto. Se pueden encontrar este tipo de arquitectura en las siguientes zonas de vida (ver Fig. 3.25):

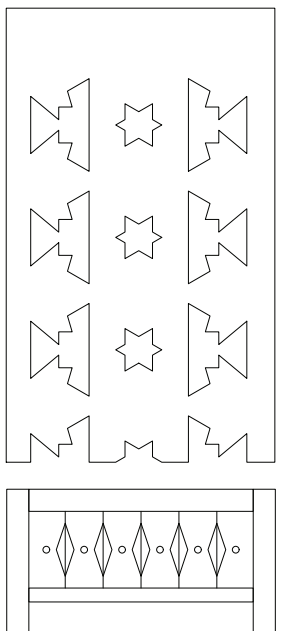
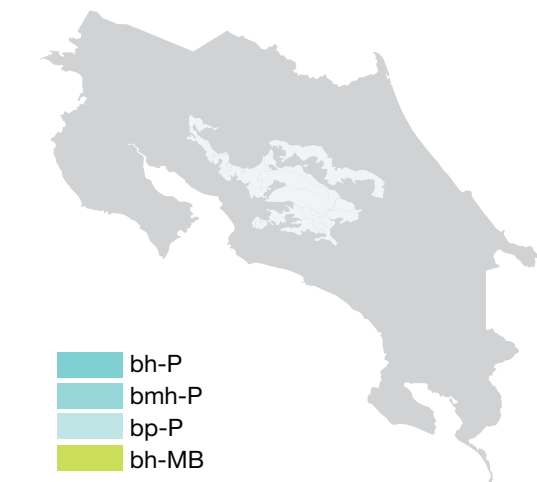


Fig. 3.2.24.  
Detalle de rejillas en fachadas  
Fuente: Woodbridge, Richard  
(modificado por el autor).

Fig. 3.2.25.  
Mapa de Ubicación  
Casa Victoriana

En Costa Rica la madera era barata y de fácil acceso además de resistente sísmicamente, lo que motivó un rápido desarrollo de este nuevo estilo constructivo. La cubierta se cambió por láminas de zinc, aligerando peso y permitiendo la construcción de paredes más angostas y espacios más altos.



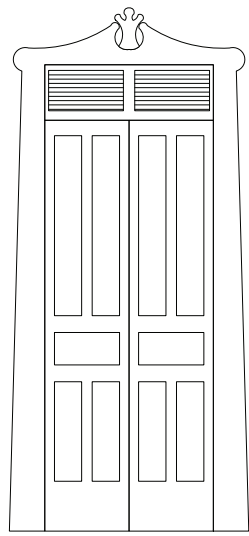


Fig 3.2.26  
Detalle de puerta con rejilla  
Fuente: Woodbridge, Richard  
(modificado por el autor).

Al país llegaron numerosa cantidad de elementos decorativos, desde láminas de zinc con texturas imitando a otros materiales a piezas de madera con motivos orgánicos que se utilizaron para decorar cielos, ventanas y barandas y otros elementos (ver Fig. 3.2.24, 3.2.26 y 3.2.30).

Tipologías predominantes:

La arquitectura victoriana cambió radicalmente la construcción en Costa Rica. La vivienda absorbió del extranjero numerosas configuraciones y estilos decorativos.

Es difícil identificar una tipología general de vivienda victoriana, sin embargo Richard Woodbridge identifica alguna de las configuraciones más frecuentes:

1. Casa con patio central techado; ampliamente ventilado por vanos en la parte alta, generalmente con frontón de acceso y/o corredor frontal.
2. Casa con pabellones laterales y corredor central.
3. Casa con pabellón y corredor lateral; casi siempre el pabellón es un techo a dos aguas.
4. Casa en esquina; generalmente la forman dos pabellones en forma de "L" que contienen un tercer volumen con corredor.
5. Casa con corredor al frente y frontón central de acceso.
6. Casa con doble frontón y corredor frontal.

Para motivos de ésta investigación, utilizaremos una vivienda urbana y una vivienda rural para realizar el análisis.

Casa urbana angosta

En los barrios obreros se desarrolló una vivienda que utilizaba el sistema constructivo de la época pero con un lenguaje más modesto.

Esta vivienda cuenta con un único acceso desde la calle pública y solamente dos fachadas libres, la primera da a la calle y la última a un pequeño patio. La fachada tiene tan solo 3m de frente.

La configuración es lineal, está conformado por un único espacio de dormitorio, una sala, una cocina, un baño, un área de pilas y un patio trasero. No existe área para circulación, cada espacio se comunica entre sí (ver Fig. 3.2.27).

Esta tipología de vivienda presenta la problemática de llevar luz y ventilación a los espacios intermedios de la edificación. La sala y las pilas son los espacios que cuentan con iluminación y ventilación directa por estar a los extremos del volumen, el primero cuenta con una ventana que da a la calle de acceso y el segundo cuenta con una pared a media altura con el resto de cerramiento de petatillo o abierto.

El baño se ventila a través del cuarto de pilas ya que sus cerramientos no llegan al techo. La cocina, dormitorio y sala utilizan un Monitor Bilateral ubicado en el centro del dormitorio. El baño, que se encuentra al lado de las pilas se ventila ya que sus paredes no llegan hasta el cielo.

Simbología:

1. Sala
2. Dormitorio
3. Cocina
4. Baño
5. Pila
6. Patio

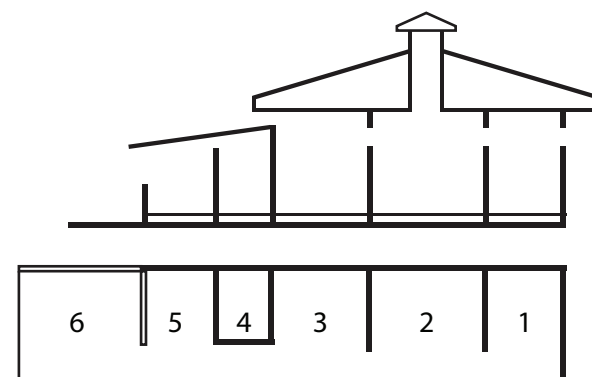
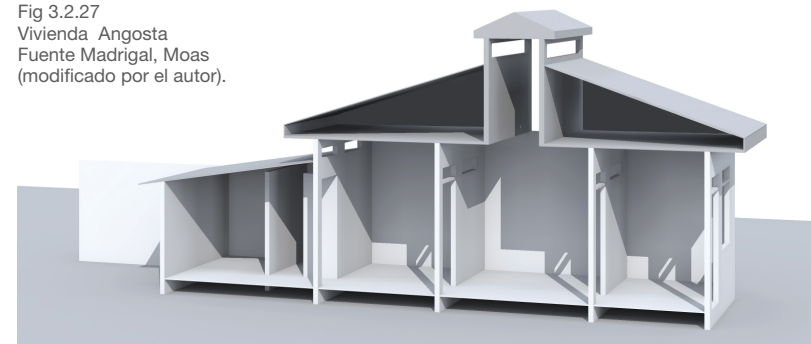


Fig 3.2.27  
Vivienda Angosta  
Fuente Madrigal, Moas  
(modificado por el autor).



Casa Rural Rectangular

Con el crecimiento de la sociedad, diferentes pueblos se empezaron a colonizar resultando en la creación de arquitectura con lenguajes victorianos en el ámbito rural.

La vivienda Rural Rectangular es un ejemplo de como se desarrollaron este tipo de viviendas en poblaciones como Pacayas, Santa Ana, Puriscal, etc.

La vivienda cuenta con un corredor frontal techado, que conecta un pasillo central con habitaciones a ambos lados. Al fondo, se ubica un espacio amplio que funciona como cocina y comedor.

Las actividades sociales están directamente relacionadas con el exterior, los dormitorios se aíslan y funcionan como elementos independientes.

Observaciones Finales

La individualidad fue uno de los objetivos de la época. La sociedad cambió la monótona arquitectura colonial, aunque existen elementos en común entre todos los casos, se encuentra una gran cantidad de elementos decorativos, barandas, rejillas de ventilación, entre otros.

En su mayoría, se utilizó una cubierta con cámara de aire ventilada por rejilla, de esta forma el calor de la radiación solar se detenía en dicho elemento. Los techos internos son altos y las casas por lo general son frescas.

En muchas viviendas se utilizaron láminas de zinc con imitación a materiales como ladrillo, piedra u madera. De esta forma se cerraron las fachadas laterales cuando no tenían aleros y se protegían contra la lluvia.

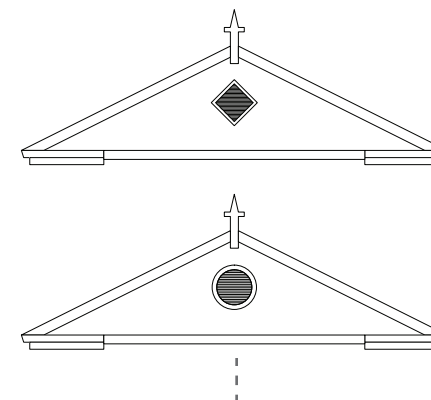
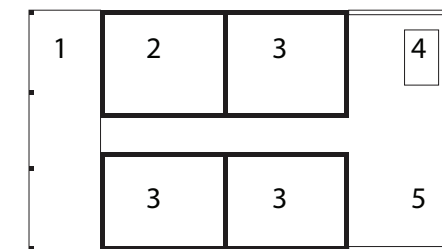


Fig. 3.2.28. Vivienda del Valle Central  
Fuente Madrigal, Moas  
(modificado por el autor).



Simbología:

1. Corredor
2. Sala
3. Dormitorio
4. Fogón
5. Comedor
6. Patio (con baño)

T6. Vivienda Bananera

Hacia finales del Siglo XIX, se desarrolla gran parte del caribe y zona sur de Costa Rica mediante la explotación bananera a cargo de la United Fruit Company. Ésta empresa estuvo a cargo de la construcción de vivienda para sus trabajadores y oficinas. Se utilizó para esta zona experiencias habitacionales desarrolladas en las plantaciones de los trópicos en otras partes del globo donde la empresa ya había trabajado. Se construyeron viviendas bien ventiladas, protegidas de la lluvia, de la humedad, de los insectos y de otros animales dañinos.

Estas viviendas se encuentran e las siguientes Zonas de Vida (ver Fig. 3.2.28):



Fig. 3.2.29.  
Mapa de Ubicación  
Vivienda Bananera  
(elaborado por el autor).

Fig. 3.2.30.  
Detalle de rejillas en fachadas  
Fuente: Woodbridge, Richard  
(modificado por el autor).

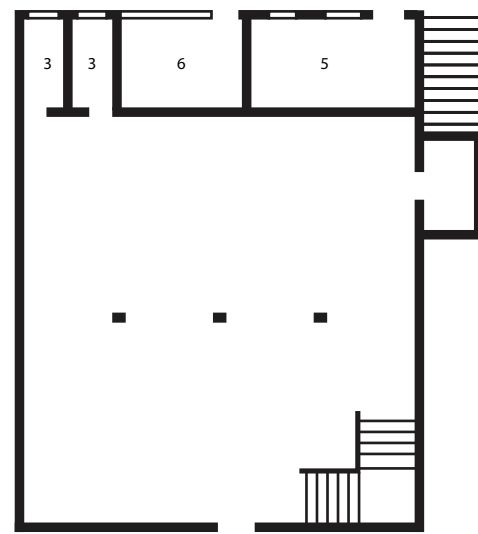
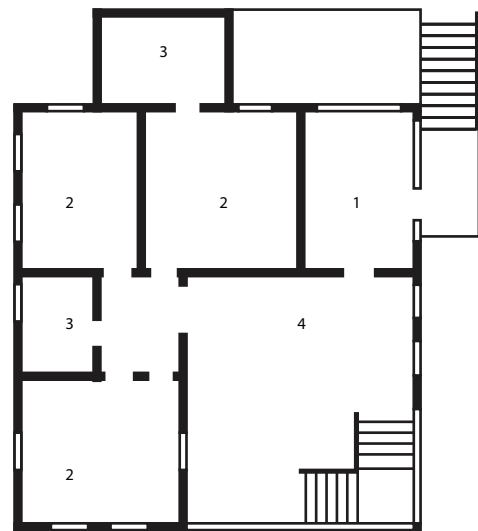


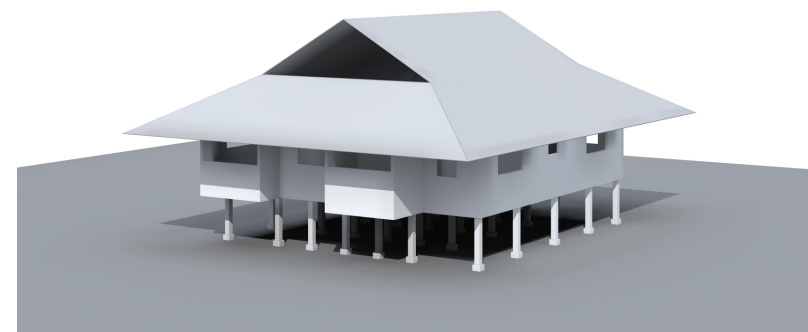
Fig. 3.2.31.  
1er Nivel Casa Bananera  
Fuente, Madrigal Moas  
(modificado por el autor).



Simbología:  
1. Cocina  
2. Dormitorios  
3. Baños  
4. Sala / Zona de estar  
5. Dormitorio Secundario  
6. Área de Lavado

Fig. 3.2.32.  
2do Nivel Casa Bananera  
Fuente, Madrigal Moas  
(modificado por el autor).

Fig. 3.2.33.  
Casa Bananera Rural  
Fuente, Madrigal Moas  
(modificado por el autor).



Las viviendas se diseñaron para ventilar y mantener frescos los interiores, los aleros para proteger la vivienda de las fuertes lluvias, se levantaron sobre pilotes para separarlas de la humedad del terreno y liberarlas de otros inconvenientes. También, colocaron cedazo en las puertas y ventanas para protegerse de los insectos sin tener que limitar la ventilación.

Aunque este tipo de vivienda se desarrolló de manera independiente al desarrollo de la sociedad del valle central y la costa pacífico, es hoy día uno de los mejores ejemplos de arquitectura vernácula adaptada al entorno

### Casa Rural de 2 pisos

La vivienda de 2 pisos desarrollada por la Compañía Bananera utilizaba 2 sistemas constructivos. El primer piso era desarrollado en concreto y el 2do nivel era construido con madera.

En la planta baja se ubica la sala, comedor, cocina y baño, el piso superior se ubican dos dormitorios. La circulación vertical sucede al exterior, entre un corredor y una terraza.

En el primer piso se ubican las áreas destinadas a servicios como el baño, lavadero, bodega y cuarto de servicio, En el segundo piso se ubican las habitaciones, la cocina, el baño y la zona de estar.

Las cubiertas son de una pendiente elevada y permiten la ventilación a través de las paredes, que tienen aberturas en el nivel más alto (ver Fig. 3.2.31 y 3.2.32).

### Casa Rural de 1 piso

La vivienda de 1 nivel era más humilde que la de 2 niveles. Se desarrolla levantada sobre pilotes para separarla de la humedad del suelo.

Éste único nivel es desarrollado en madera con una volumetría simple. La cubierta se desarrolla en 2 aguas. Los cerramientos verticales permiten la ventilación en las partes más altas. Las divisiones internas no llegan hasta el techo lo cual permite la ventilación a través de todos los espacios (ver Fig. 3.32).

### Observaciones finales

Las viviendas en el Caribe y zona sur de Costa Rica se desarrollaron como viviendas modestas, pero confortables al usuario.

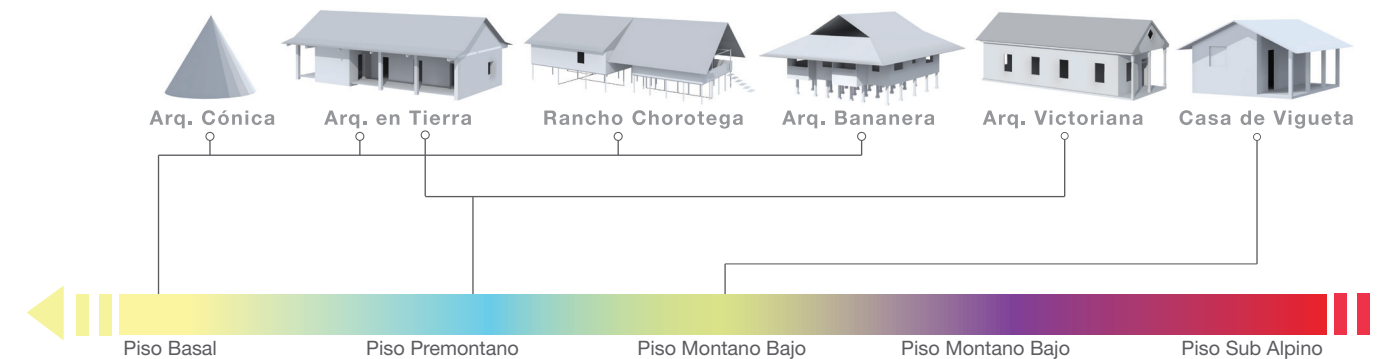
La ventilación es parte fundamental en el diseño de las viviendas, en todos los casos las paredes y otros elementos permiten que el viento pase a través. Las paredes utilizan rejillas, celosías de madera u aberturas, que siempre están protegidas con cedazo para impedir la entrada de animales al interior de la vivienda.

Aunque en esta zona no se utilizan monitores en las cubiertas, las paredes son permeables en las partes superiores permitiendo que la ventilación pase a través de el espacio.

En la mayoría de los casos se utilizaron pilotes para elevar la vivienda del suelo, de esta forma se protegió la vivienda de humedad, inundaciones y se permitió la ventilación por debajo del nivel de piso. Solamente las viviendas de concreto estaban dispuestas a nivel de suelo.

En su mayoría las viviendas no llegan al borde de propiedad, lo que permite tener fachadas todas las fachadas libres y ventilar por todas ellas.

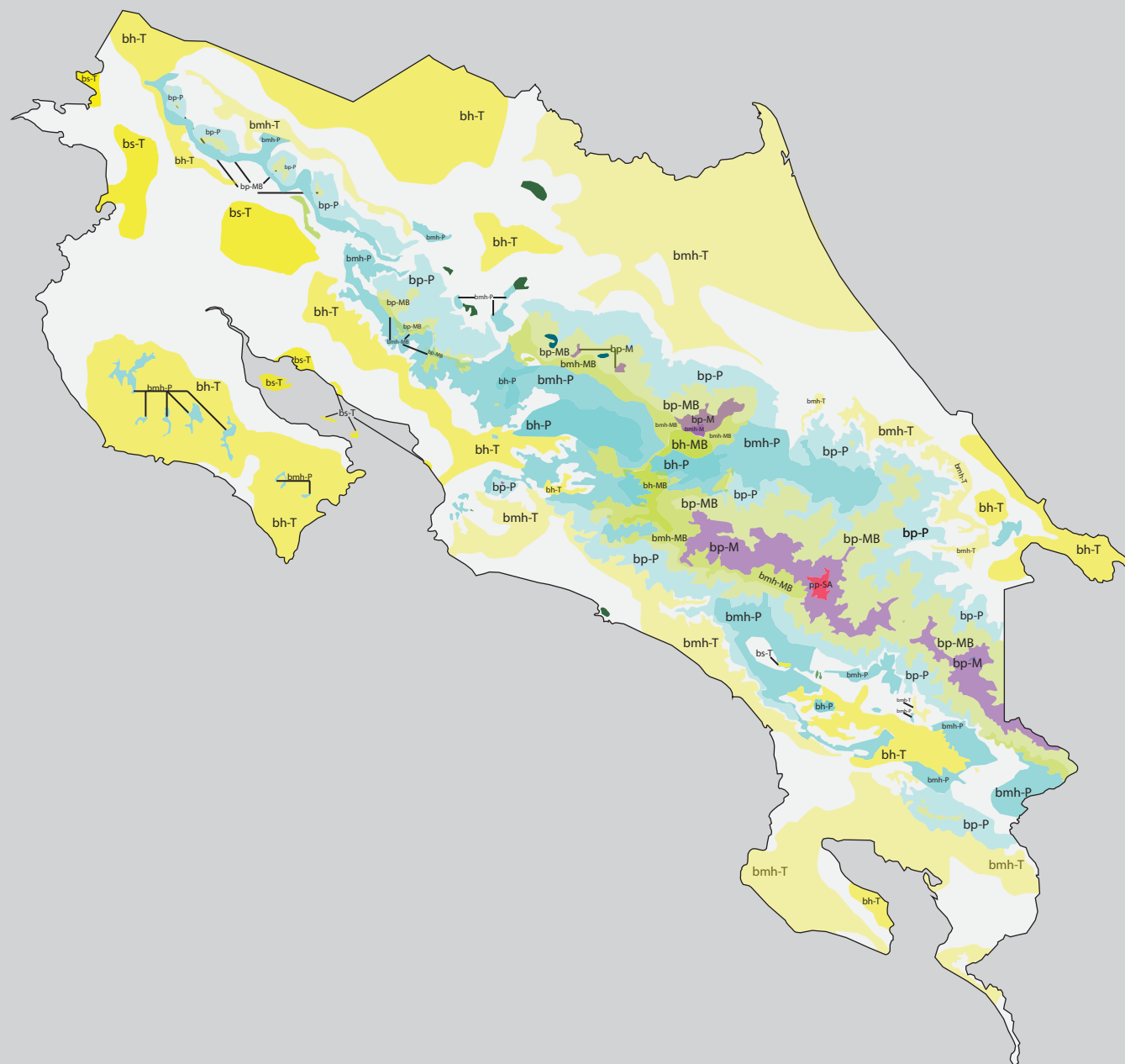
### Síntesis Gráfica de la Arquitectura Vernácula en Costa Rica



# GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO

SEGÚN CLASIFICACIÓN DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

## TOMO 2



La guía según Zonas de Vida se desarrolla a partir del análisis de las 12 Zonas de Vida que componen el territorio nacional, asociadas en sus respectivos pisos altitudinales. De esta forma se obtienen 5 grupos de zonas, que se analizaron tanto individual como grupalmente con el fin de obtener pautas y estrategias de diseño bioclimático que se adapten a cada caso.

Dentro de este capítulo se desarrollan consideraciones generales a nivel de forma, volumen y configuración del espacio según los requerimientos establecidos en el estudio de los rangos de confort obtenidos para cada una de las Zonas de Vida.

En una primera parte se desarrolla la Orientación ideal tomando en cuenta incidencia solar y de los vientos predominantes en las zonas de vida, buscando que dicha configuración sea la que mejor aproveche dichos elementos climáticos.

En un segundo punto se desarrollan los parámetros generales de la configuración que mejor se adaptan a las diversas zonas de vida de cada piso. Se comienza definiendo las posibilidades de emplazamiento del edificio al terreno, posteriormente se configura el espacio habitable, para concluir con la configuración de cubierta del mismo.

Posteriormente se establece a mayor detalle la distribución espacial ideal del edificio teniendo en cuenta las relaciones dimensionales planteadas en la parte de forma y volumen anterior, así como la incidencia solar y de los vientos predominantes en las zonas de vida y los requerimientos a nivel de confort según las actividades que se realizan en dichos espacios.

Como parte final se desarrollan Pautas Específicas de diseño bioclimático, adaptadas a los elementos del cerramiento horizontal inferior e intermedio, el cerramiento vertical y el cerramiento horizontal superior.

Dichas pautas se desarrollan a partir de varios principios:

- Evitar la captación de calor
- Disipar calor
- Control Solar
  
- Captar Calor
- Acumulación de Calor
- Conservar Calor

El primer bloque de principios se utiliza en los pisos altitudinales de menor altura sobre el nivel del mar: el Piso Basal y el Piso Premontano. En estas zonas el objetivo principal de la envolvente arquitectónica es mantener el espacio fresco, ventilado y la humedad controlada.

El segundo bloque de principios aplica para construcciones en el piso altitudinal Montano Bajo, Montano y Sub Alpino. Por las condiciones climáticas de éstas zonas el principio fundamental es mantener el calor dentro de la envolvente y así garantizar un espacio confortable para el usuario.

# PB

(Piso Basal)

## Capítulo 4 - Piso Basal



### Zonas de Vida

**bosque seco Tropical (bs-T)**

Perfil Climático  
Perfil Vegetal

**bosque húmedo Tropical (bh-T)**

Perfil Climático  
Perfil Vegetal

**bosque muy húmedo Tropical (bmh-T)**

Perfil Climático  
Perfil Vegetal

### Rangos de Confort

**bosque seco Tropical (bs-T)**

Estrategías de Confort  
Estrategías de Confort según días tipo  
Parámetros de Confort por actividad

**bosque húmedo Tropical (bh-T)**

Estrategías de Confort  
Estrategías de Confort según días tipo  
Parámetros de Confort por actividad

**bosque muy húmedo Tropical (bmh-T)**

Estrategías de Confort  
Estrategías de Confort según días tipo  
Parámetros de Confort por actividad

### Pautas Generales Piso Basal

**Orientación**

Trayectoria Solar  
Vientos

**Configuración Espacial**

Inferior  
Habitable  
Superior

**Distribución Espacial**

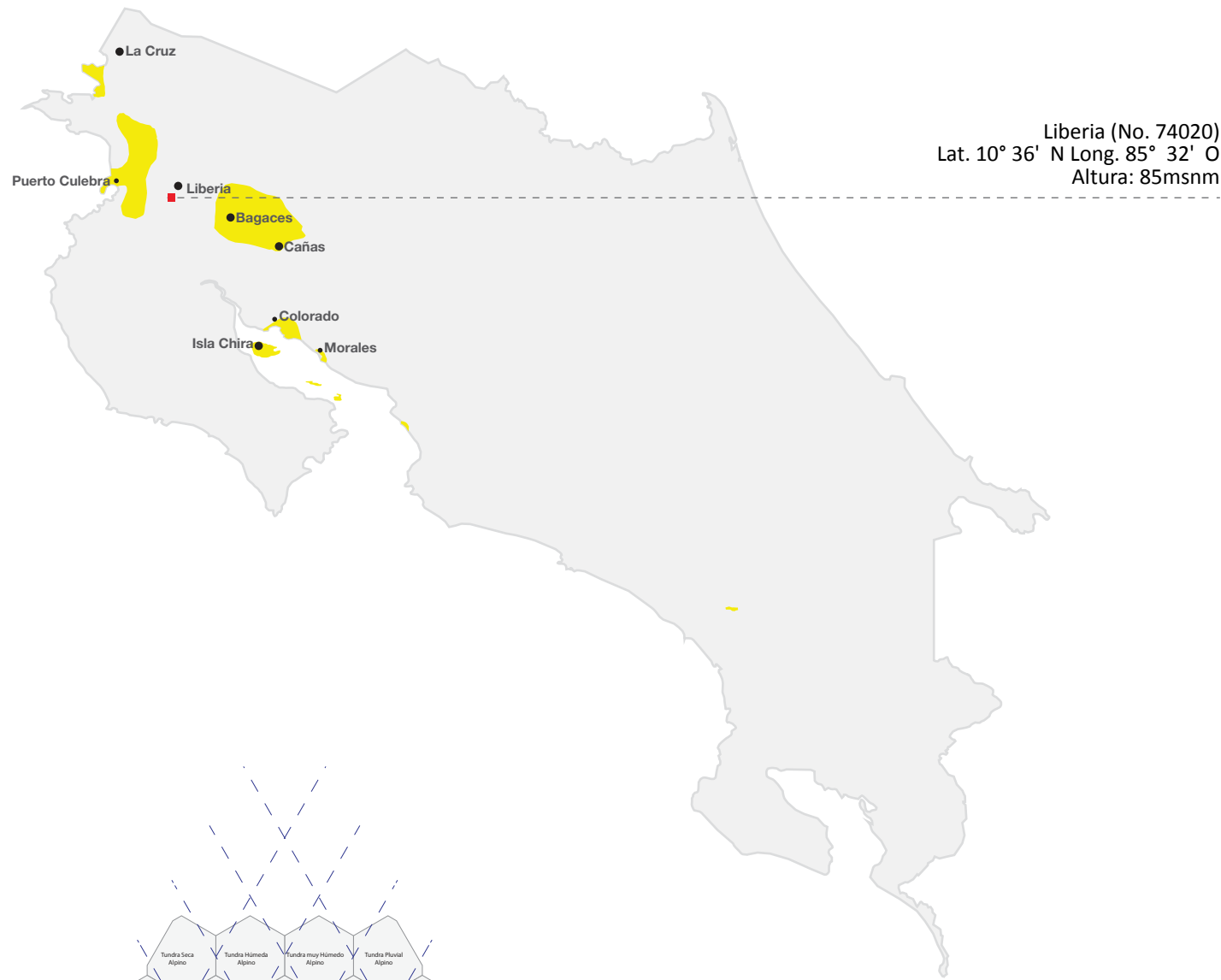
**Vegetación**

Protocolo para la escogencia  
de especies vegetales



# ZV 1

## 4.1 bosque seco Tropical



Para el análisis de el Bosque Seco Tropical se utilizó como referencia la Estación Meteorológica No. 74020 ubicada en la Ciudad de Liberia. Se utilizaron los datos mensuales para la elaboración de un Gráfico de Comportamiento Climático Anual (ver Fig. 4.1.1) así como datos horarios durante un periodo de 10 años. Todos éstos datos pertenecen al Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica.

### IGUÍA SEGÚN ZONAS DE VIDAI

GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

El Bosque Seco Tropical se ubica principalmente en Guanacaste y en las llanuras del río Tempisque. Se distingue de los demás bosques del país por poseer una extensa época seca y por albergar especies vegetales semi-caducifolias, que pierden las hojas como mecanismo de defensa antes el clima. La época lluviosa es abundante en precipitación y durante éste tiempo el bosque se mantiene mojado y húmedo. En las plantas abundan las hojas y el paisaje adopta el color verde. (Holdridge, 1971)

Centros de población como Cañas, Bagaces, Guardia y La Cruz se encuentran dentro de la zona pura. Son ciudades pequeñas con centros urbanos y periferia rural. La ciudad de Liberia es el centro de desarrollo más cercano, no obstante no esta propiamente dentro de la Zona de Vida. Este sector es de topografía muy plano, lo que facilita actividades como la ganadería y agricultura, aunque en el periodo seco se necesita riego constante.

Éste bosque aunque en menor magnitud se encuentra presente al norte de la provincia de Puntarenas, con poblaciones como Chomes y el grupo de Islas en Golfo de Nicoya en las que destacan Isla Chira, Isla Caballo y la Isla San Lucas. Este sector tiene estrecha relación con el océano Pacífico tanto en las actividades cotidianas de sus habitantes como en la explotación de actividades económicas turísticas y de pesca.

Posee un rango de biotemperatura media anual que varía entre 24°C y 24,5°C cuya temor media anual varía entre 24°C y 27,8°C. El período seco consecutivo es de 6.5 meses. La precipitación oscila entre 800 y 2100 mm de precipitación media anual.

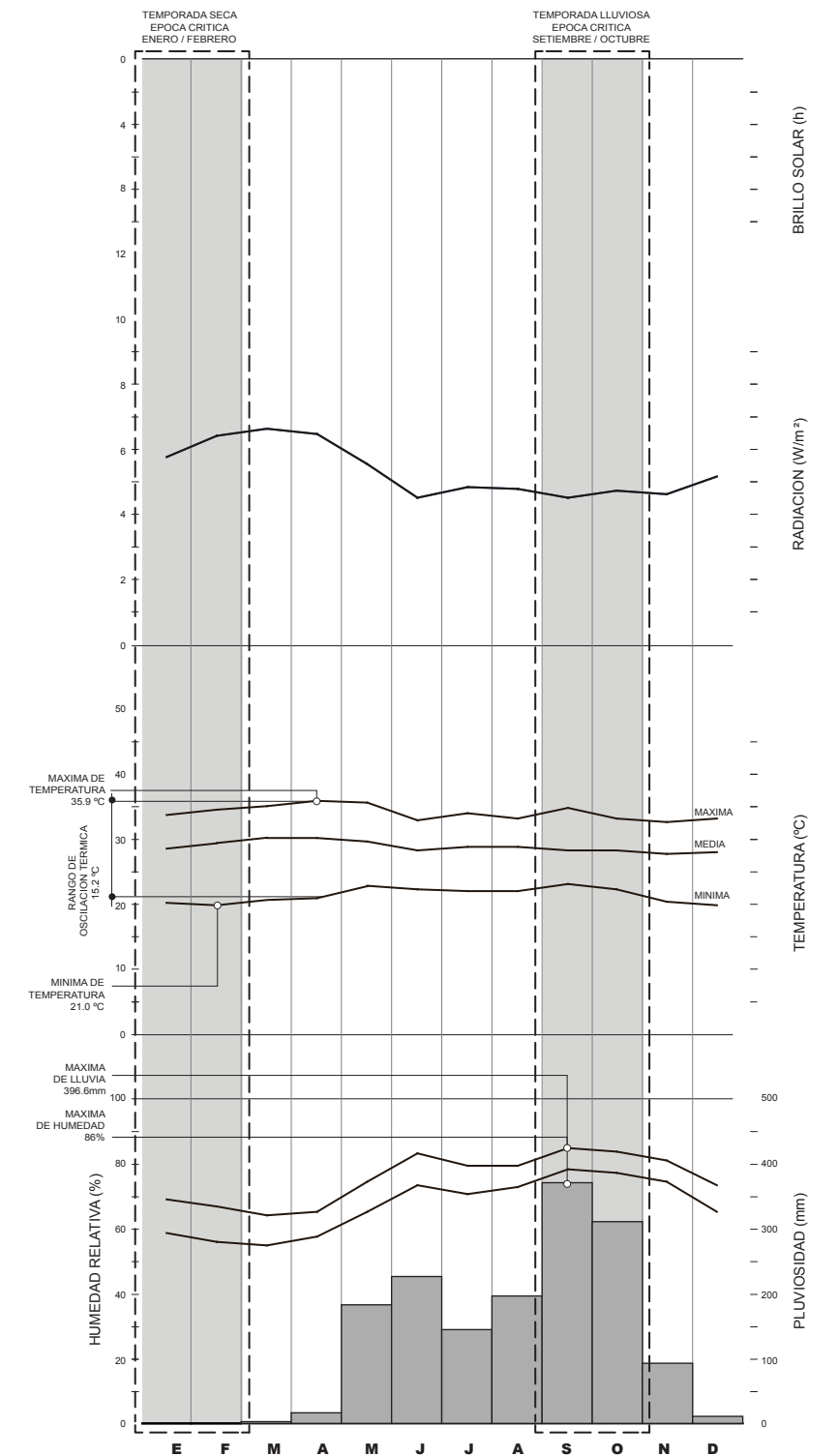


Fig. 4.1.1. Gráfico de Comportamiento Climático Anual de Liberia. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (elaborado por autores).

Temperatura en C

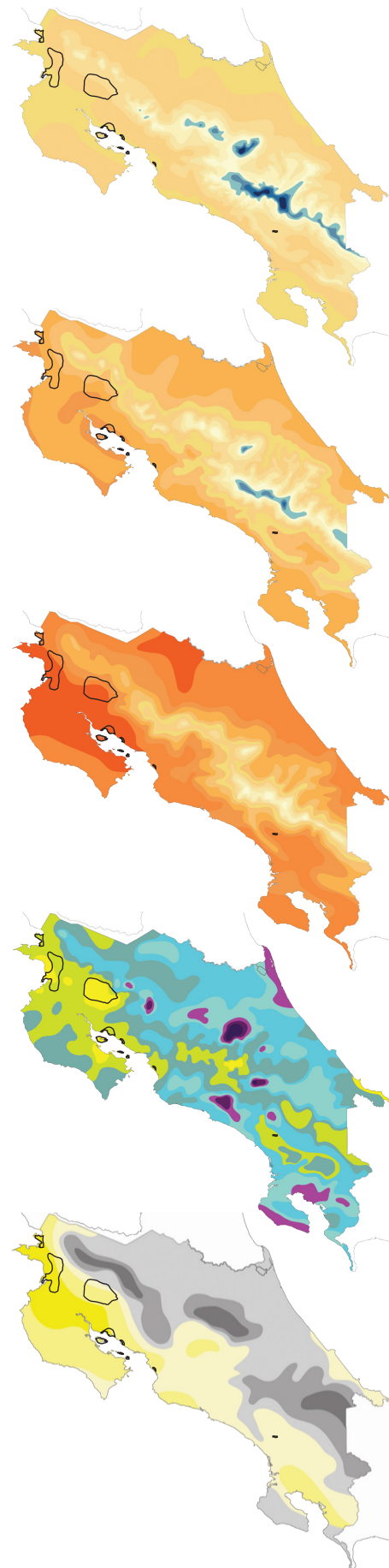
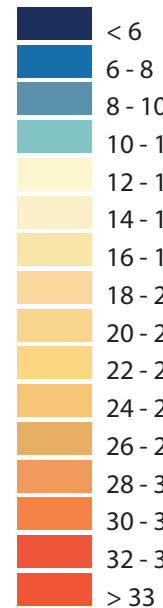


Fig. 4.1.2. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

Precipitación en mm.

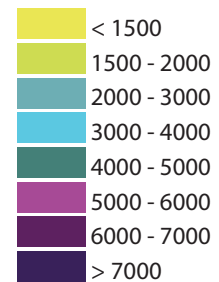


Fig. 4.1.3. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

Brillo Solar

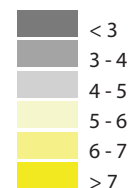


Fig. 4.1.4. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

4.1.1 Perfil Climático

Temperatura

Esta es la Zona de Vida con mayores niveles de temperaturas del país, Guanacaste es la subzona climática que presenta mayores temperaturas dentro de este bioclima.

La temperatura máxima alcanza los 36°C durante el mes de abril en la época seca, la media se mantiene estable a lo largo del año cercana a lo 30°C. La singularidad de esta Zona es que las temperaturas descienden en la noche y la madrugada hasta los 20°C, provocando oscilaciones diarias de temperatura de hasta 15.2 °C (ver Fig. 4.1.2).

Precipitación

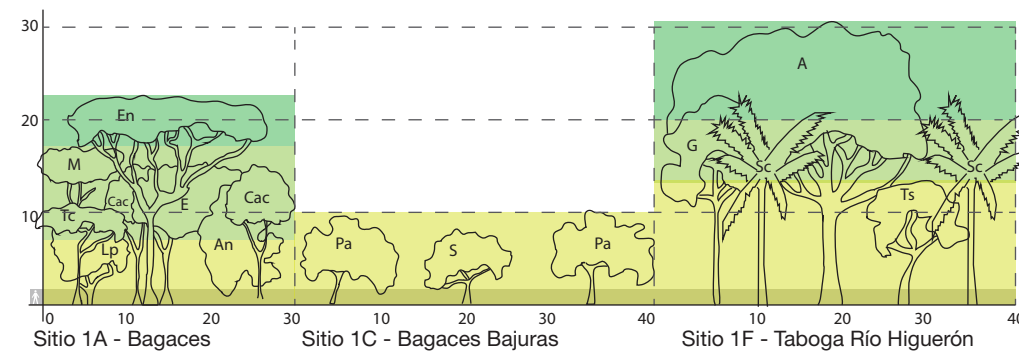
Esta zona de vida presenta dos estaciones muy marcadas, la época seca comprendida entre los meses de diciembre a marzo. El mes con menor precipitación es enero con 1,4mm de precipitación. La época lluviosa sucede entre marzo y octubre, siendo el mes más lluvioso setiembre con 396,6mm. Anualmente se recibe un promedio de 1677.9mm de lluvia (ver Fig. 4.1.3).

Humedad

La humedad relativa para esta zona también se encuentra asociada a la temporada seca y a la llegada de la época lluviosa. Por lo tanto, durante la época seca se mantiene casi estable al 60-65% entre diciembre y marzo, siendo marzo el mes menos húmedo con 61% de humedad. A partir de abril aumenta con rapidez hasta alcanzar su pico máximo en Setiembre y Octubre con 86% de humedad.

Brillo Solar

En Guanacaste la mayor cantidad de horas de brillo solar se da en el sector noroeste en la costa Pacífica en Bahía Salinas, Bahía Culebra y los poblados que se ubican a lo largo de este litoral, con una exposición mayor a las 7 horas diarias. En la mancha de bosque correspondiente a Bagaces y Cañas la exposición es menor entre 5 y 7 horas por la influencia de la Cordillera Volcánica de Guanacaste. Según los datos de la estación de Liberia el mes con mayor brillo solar es enero con 9.6 horas de sol mientras que setiembre es el mes con menor Brillo solar con solo 5.3 horas de sol (ver Fig. 4.1.4).



Sitio 1A, Bagaces  
En - Enterolobium cyclocarpum  
M - Machaerium biovulatum  
Tc - Tabebuia chrysantha  
Cac - Casearia aculeata  
E - Eugenia Sp.  
An - Annona holosericea  
Cac - Casearia aculeata  
Lp - Luehea speciosa

Sitio 1C, Bagaces Bajura  
Pa - Parkinsonia aculeata  
S - Pithecolobium dulce

Sitio 1F, Taboga Río Higerón  
A - Anacardium excelsum  
G - Guarea sp.  
Sc - scheelea rostrata  
Ts - Trichilia sp.

Fig. 4.1.5. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R (modificado por autores).

4.1.2 Perfil Vegetal

Esta Zona de Vida presenta bosques semi-caducifolios con dos o tres estratos de árboles: los árboles de dosel tienen entre 20 y 30m de altura, son árboles de troncos robustos y hojas a menudo compuestas, pequeñas y deciduas durante la época seca (ver Fig. 4.1.5). El componente principal son las leguminosas mimosas y cesalpinosas.

El segundo estrato posee árboles entre los 10 y 20m de altura, con troncos delgados, curvos o inclinados y con una mayor cantidad de especies siempre verdes. La familia de plantas más frecuente es Rubiaceae. Las epífitas son ocasionales siendo las bromelias las de mayor presencia. El estrato arbustivo alcanza entre 2 y 5m de altura y a menudo presenta espinas o púas.

El Sitio de estudio 1A se caracteriza por tener árboles entre 25 y 30m con una cobertura boscosa a nivel de dosel de 87%. Las especies principales son anchas tipo sombrilla.

El Sitio 1C es un bosque diferente al encontrado usualmente en este bioclima. Su paisaje se asemeja al de una sabana árida y seca, con árboles pequeños y esparcidos entre sí. Solamente existe un nivel de bosque principal. En la época seca este bosque se torna verde, aunque la densidad de especies sigue siendo la misma. Una de las especies principales encontradas en este sitio es Parkinsonia Aculeata.

El Sitio 1F - Taboga Río Higerón se caracteriza por poseer una alta densidad en palmeras, en especial la especie shcheelea rostrata. Es un bosque sumamente denso y oscuro; el dosel posee una densidad de cobertura de un 87%. La mayoría de los árboles crece a nivel de la corona y solo unos pocos crecen por debajo. La altura mayor registrada en esta zona de estudio fue 34m. (Holdridge, 1971)

“Algunas especies vegetales comunes de esta zona de vida son: Anacardium excelsum (espavel), Enterolobium cyclocarpum (guanacaste), Samanea saman (cenizaro), Tabebuia rosea (roble sabana), Hymenaea courbari (guapinol), Manilkara sapota (chicle), Cochlospermum vitifolium (poro poro), Calycophyllum candidissimum (madroño), Bombacopsis quinatum (pochote).

En sitios donde el fuego es frecuente, unido a suelos poco fértiles, se desarrolla una vegetación dominada por Curatella americana (raspa guacal) y Byrsonima crassifolia (mance), y en los suelos originados por tobas volcánicas se presenta Quercus oleoides (roble).” (Quesada, 2007)



# ZV 2

## 4.2 bosque húmedo Tropical



Para el análisis de el Bosque Húmedo Tropical se utilizaron como referencia las Estaciones Meteorológicas No. 72157, 81003 en Limón y Upala respectivamente. Se utilizaron los datos mensuales para la elaboración de un Gráfico de Comportamiento Climático Anual (ver Fig. 4.2.1 y Fig.4.2.2) así como datos horarios durante un periodo de 10 años. Todos éstos datos pertenecen al Instituto Meteorológico Nacional de

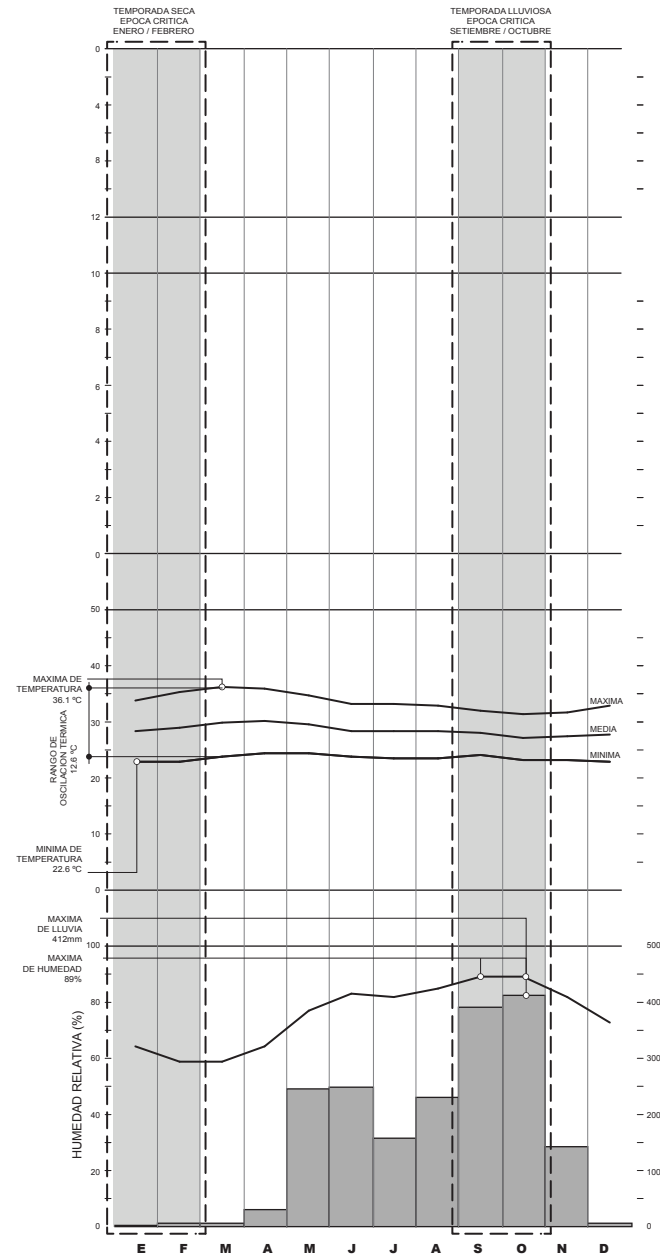


Fig. 4.2.1. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación la Ceiba. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (elaborado por autores).

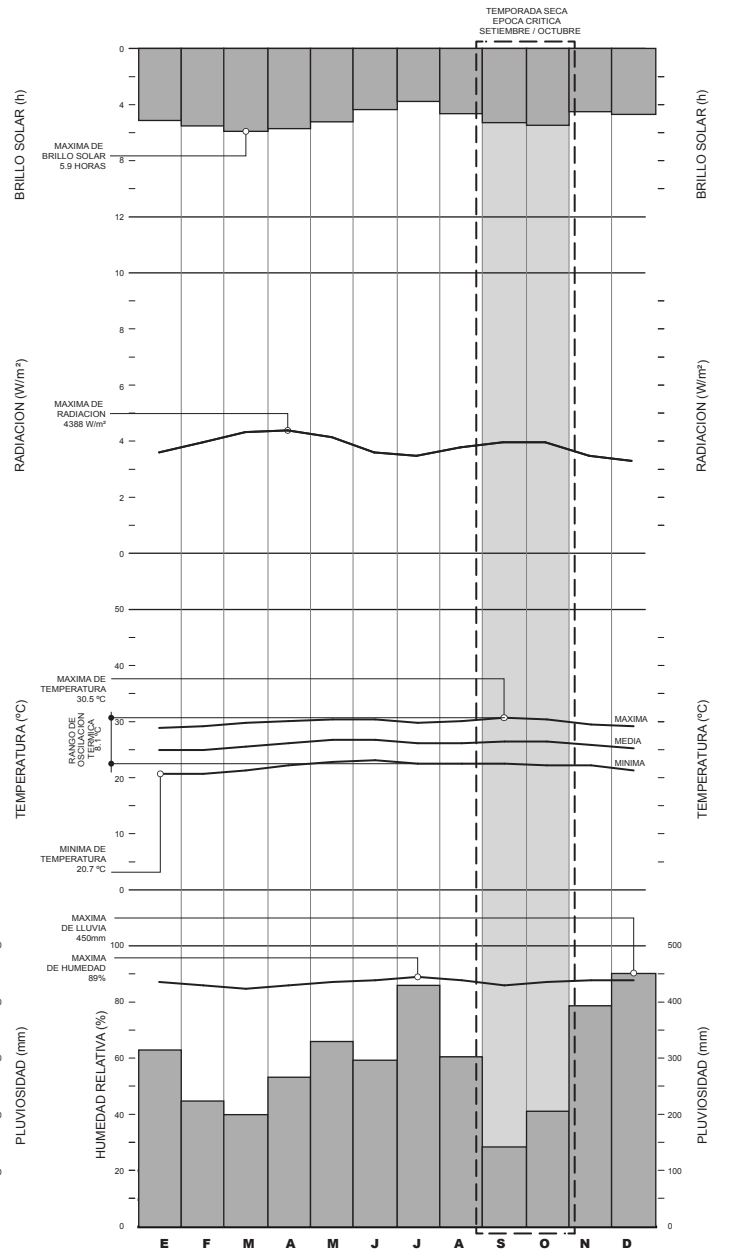


Fig. 4.2.2. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación de Limón. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (elaborado por autores).

El Bosque Húmedo Tropical es la Zona de Vida se ubica en las zonas costeras de nuestro país, entre los 0 y 500 msnm. Éste bosque representa un 5,5% del territorio nacional con 283 213 ha. (Quesada, 2007). Existe influencia directa con las costeras tanto Caribe como Pacifico.

Esta amplia región climática se divide en subzonas que, aunque compartan rangos de precipitación, humedad y evapotranspiración, por condiciones estacionales se comportan a nivel climático de forma diferente. El bosque húmedo tropical es el ecosistema terrestre de mayor abundancia de animales y plantas, tanto en cantidad así como en diversidad, de Costa Rica. (Holdridge, 1971)

Temperatura en C

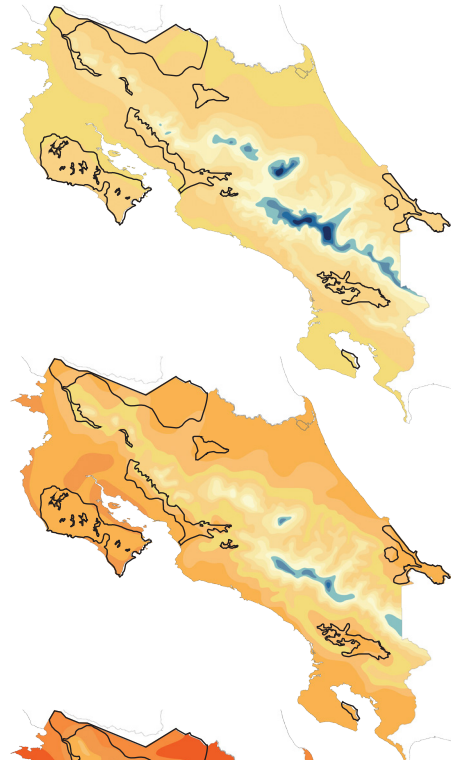
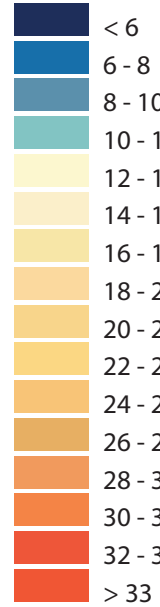


Fig. 4.2.3. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

Precipitación en mm.

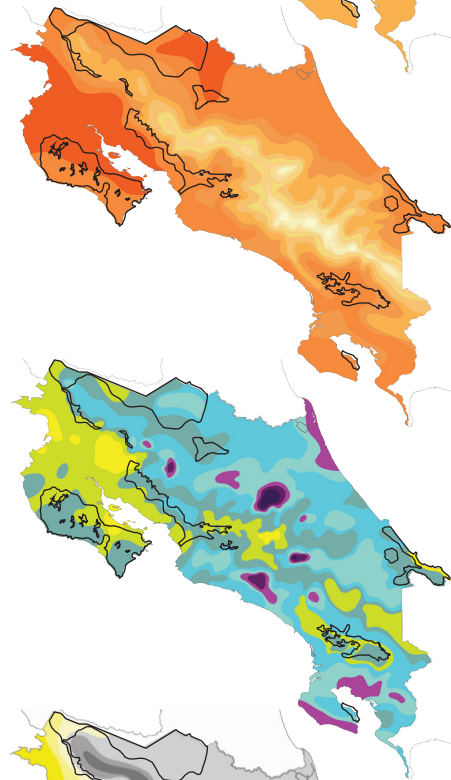


Fig. 4.2.4. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

Brillo Solar

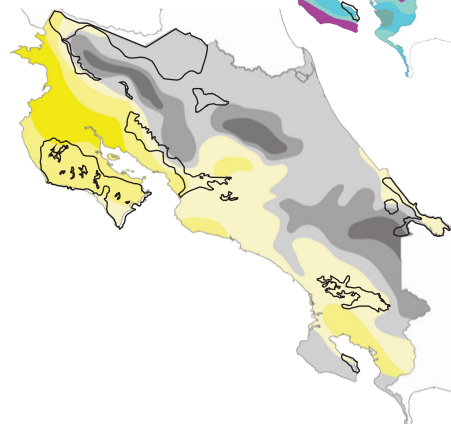
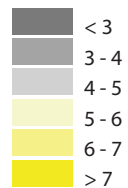


Fig. 4.2.5. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

4.2.1 Perfil Climático

Temperatura

El bosque húmedo tropical se reconoce por ser una de las zonas con mayor temperatura en el territorio nacional.

La estación La Ceiba presenta un máximo de temperaturas en el mes de marzo llegando a 36,1°C y un mínimo de 23,5°C, lo cual significa un desfase de 12,6°C. En Limón el mes más caliente sucede en setiembre con un máximo de 30,5°C y un mínimo de 22,4°C con un desfase de 8,1°C.

En La Ceiba el mes con menor temperatura es octubre, con un máximo de 31,1°C y un mínimo de 23,1°C, lo que significa un desfase de 8°C. En Limón, el mes con menor temperatura es enero con un máximo de 28,9°C y un mínimo de 20,7°C, con un desfase de 8,2°C. Lo anterior refleja la relación entre la estación lluviosa y los máximos y mínimos de temperatura (ver Fig.4.2.3).

Precipitación

La región caribe de bh-T posee su época lluviosa a lo largo de todo el año con una disminución en los meses de setiembre y octubre, por el contrario, la región pacífica tiene su época lluviosa entre mayo y noviembre, con una clara época seca entre diciembre y marzo.

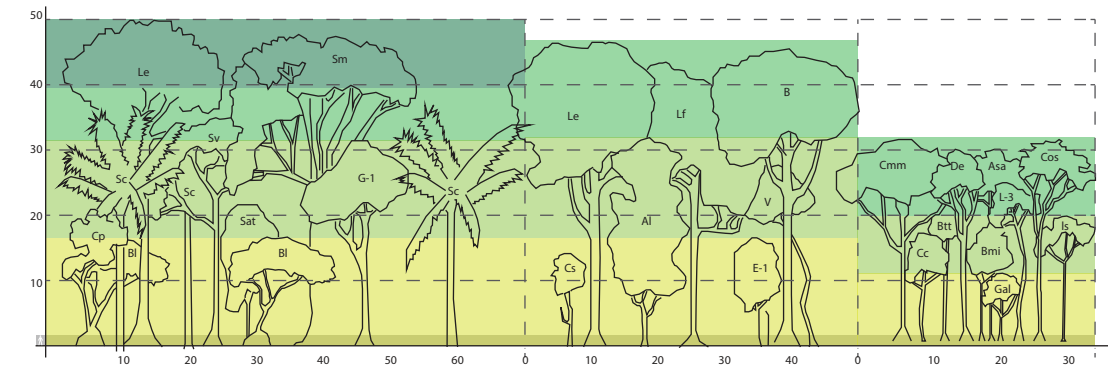
La estación Ceiba marca una precipitación anual de 1862,4mm mientras que la estación de Limón presenta 3566.5mm anuales (ver Fig. 4.2.4).

Humedad

Ésta zona, como su nombre lo indica, tiene altos niveles de humedad a lo largo del año. La Ceiba tiene un promedio de 76% anual, su menor humedad en febrero y marzo con un 59% y la mayor en setiembre y octubre con un 89%. En Limón el promedio es de 87,1% con el menor nivel en marzo con 85% y el mayor en julio con 89%.

Brillo Solar

Según los mapas de brillo solar, la zona pacífico, en especial la Península de Nicoya presenta mayores niveles de Brillo Solar. La estación de Limón identifica el mes de julio como el de menor horas de brillo solar, siendo solamente 3,8 horas mientras que marzo cuenta con 5,9 horas de brillo (ver Fig.4.2.5).



Sitio 1A – Barranca  
Le – Luehea seemannii  
Sc – Scheelea rostrata  
Sv – Sapium cf. macrocarpum  
Sm – Spondias mombin  
G – Guarea sp.  
Cp – Cecropia peltata  
Bi – Bravaisia integerrima

Sitio 3 – Turrialba  
Al – Alfaroa costaricensis  
B – Brosimum costaricanum  
E – Eugenia Sp.  
Cs – Croton sp.  
Le – Luehea seemannii  
Lf – Lafoensia punicifolia

Sitio 20D – Los Inocentes S.  
Cmm – Calocarpum mammosum  
Cc – Calatola costaricensis  
Btt – Brosimum costaricanum  
De – Dendropanax arboreus  
Asa – Aspidosperma megalocarpum  
Coc – Cocoloba Montana  
Bmi – Bumelia persimilis  
Fig. 4.2.6. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R (modificado por autores).

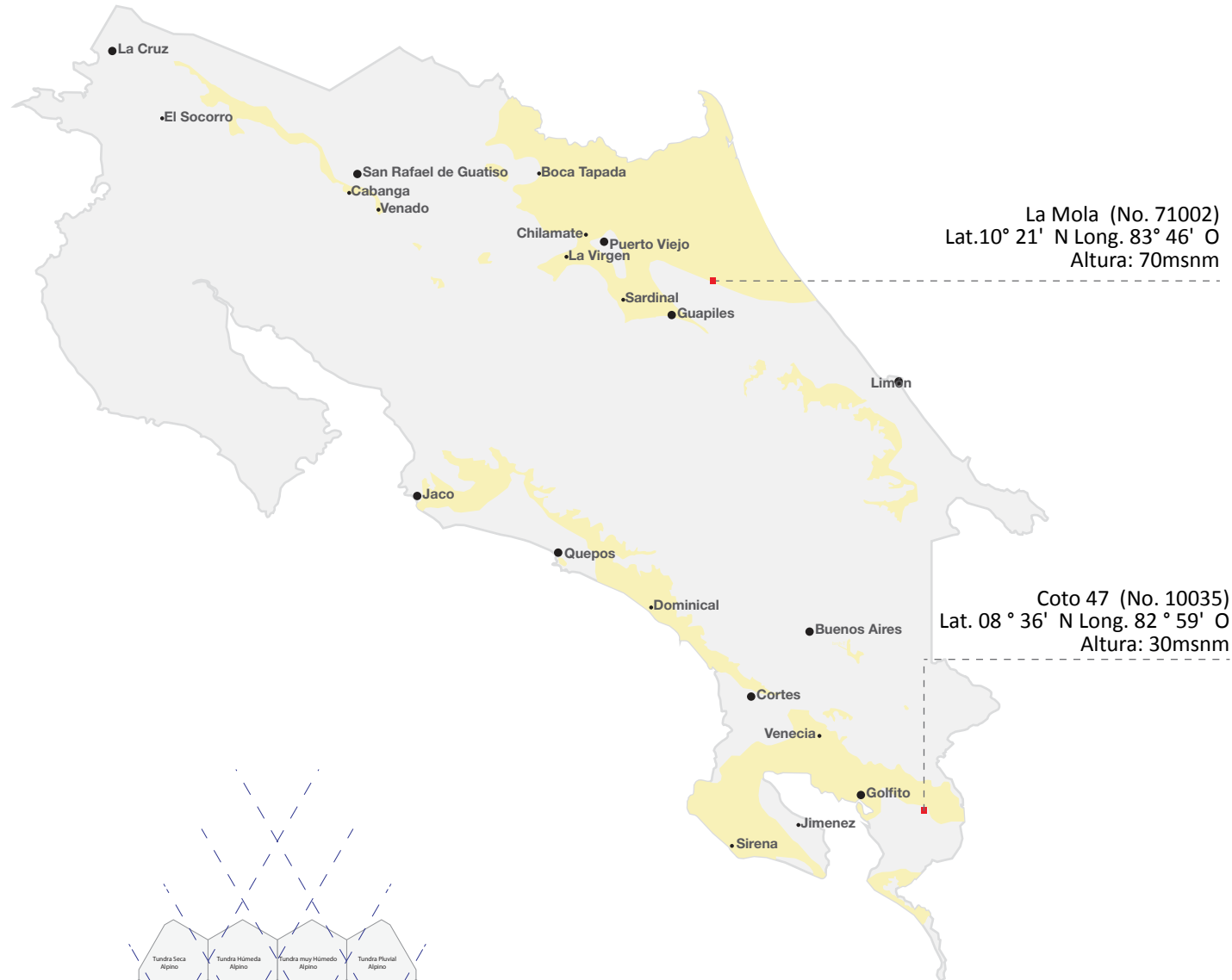
4.2.2 Perfil Vegetal

La vegetación natural de este bioclima está constituida por bosques relativamente altos y relativamente densos. Sus árboles llegan a medir en promedio de 30 a 40m y presentan una estructura vertical de 3 estratos predominantes. Existe un abundante sotobosque, con un predominio de especies perennifolias. La altura media del dosel superior puede alcanzar entre 30 y 4 m de altura. En bosques no perturbados se pueden encontrar más de 150 especies de porte arbóreo, por lo cual son considerados como bosques diversos (Quesada, 1997). (ver Fig. 4.2.6).

La vegetación es siempre verde, excepto en las zonas con largo período seco, en donde es semicaducifolia. Las epífitas son abundantes pero no en exceso. Entre las especies predominantes encontramos bromélias, musgos, líquenes y orquídeas, así como infinidad de árboles como Cordia alliodora (laurel), Carapa guianensis (caobilla), Terminalia amazonia (roble coral), Virola koschnyi (fruta dorada), Brosimum alicastrum (ojoche), Calophyllum brasiliensis (cedro maría), Vochysia ferruginea (botarrama).” (Quesada, 2007)

# ZV 3

## 4.3 bosque muy húmedo Tropical



### IGUÍA SEGÚN ZONAS DE VIDA I

GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

Para el análisis de el Bosque Muy Húmedo Tropical se utilizaron como referencia las Estaciones Meteorológicas No. 71002 y 10035 ubicadas en La Mola y Coto respectivamente. Se utilizaron los datos mensuales para la elaboración de un Gráfico de Comportamiento Climático Anual (ver Fig.4.3.1 y Fig.4.3.2) así como datos horarios durante un periodo de 10 años. Todos éstos datos pertenecen al Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica.

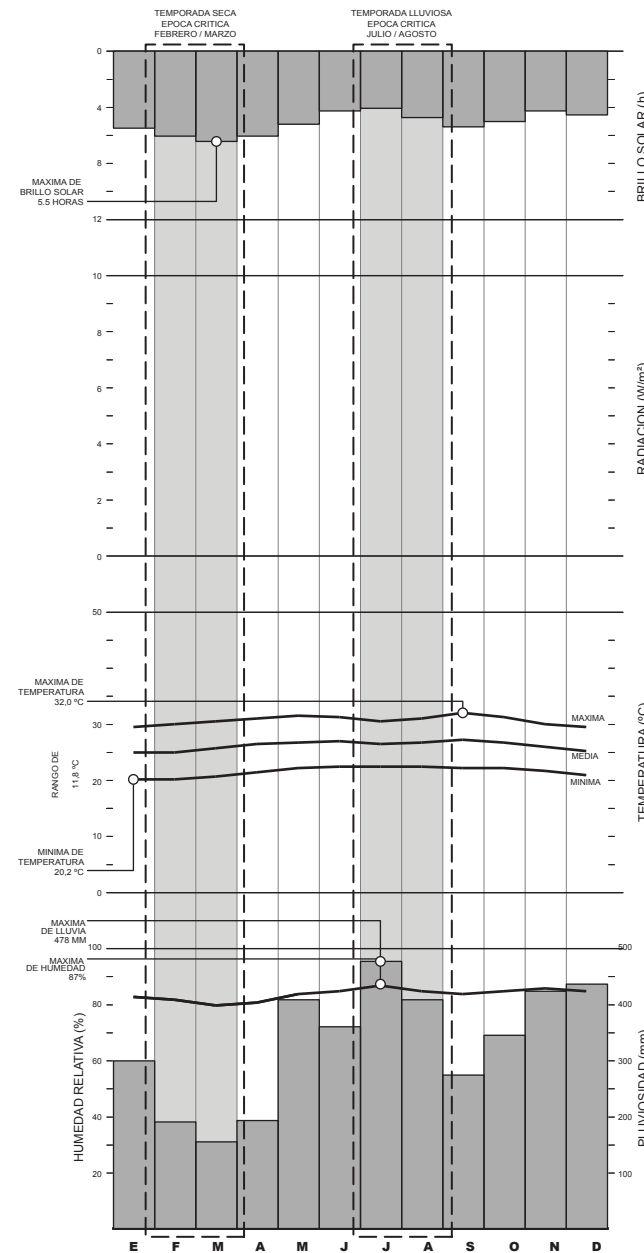


Fig. 4.3.1. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación La Mola. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (elaborado por autores).

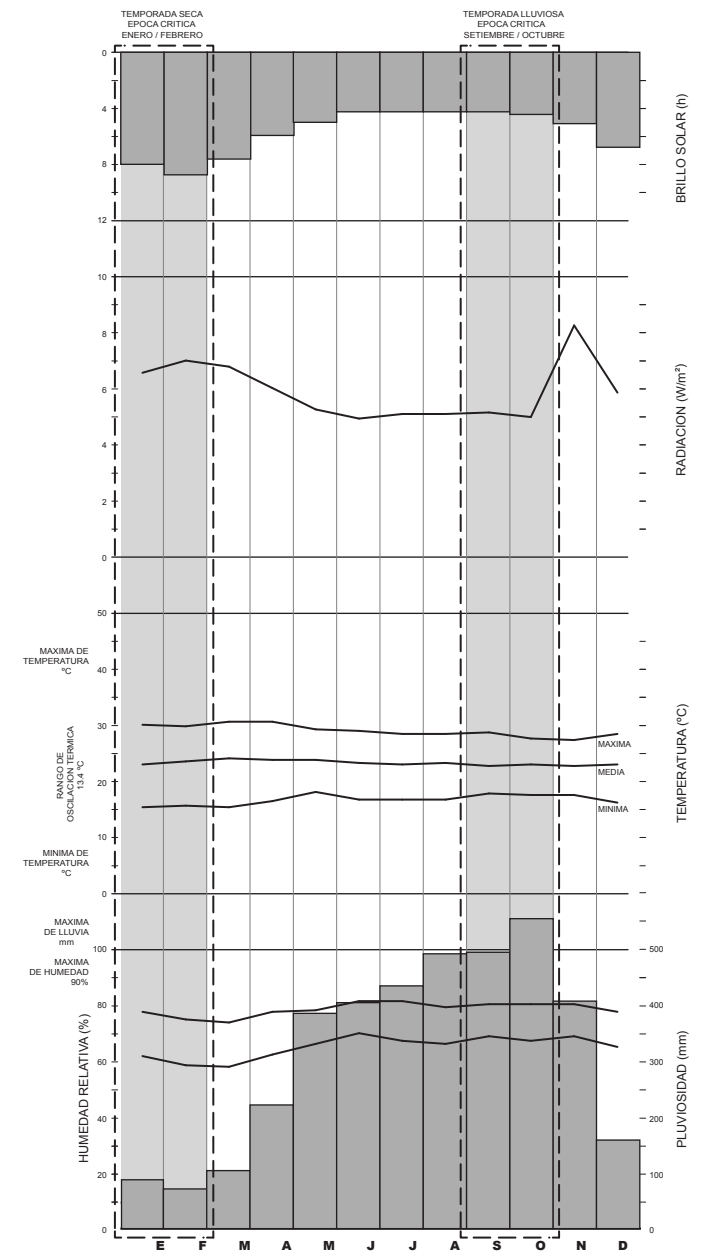


Fig. 4.3.2. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación Coto 47. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (elaborado por autores).

El bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) es la Zona de Vida más extensa Costa Rica, representa un 10,5% con 539 391ha. Ésta zona se divide en tres principales grupos, situadas alrededor de todo el país; desde gran parte del Pacífico central, hasta la Región Brunca y la región Huetár, tanto Norte, como Atlántica; las cuales a pesar de su fragmentada ubicación, que define diferentes tipos de alturas, presentan

las mismas características en cuanto a tipos de vegetación y promedios climáticos.

Esta zona de vida se localiza en las extensas llanuras del noreste del país (San Carlos-Sarapiquí y Tortugero), región Atlántico Sur y en la región del Pacífico Sur (específicamente la Península de Osa) (Fournier, 1980).



Temperatura en C

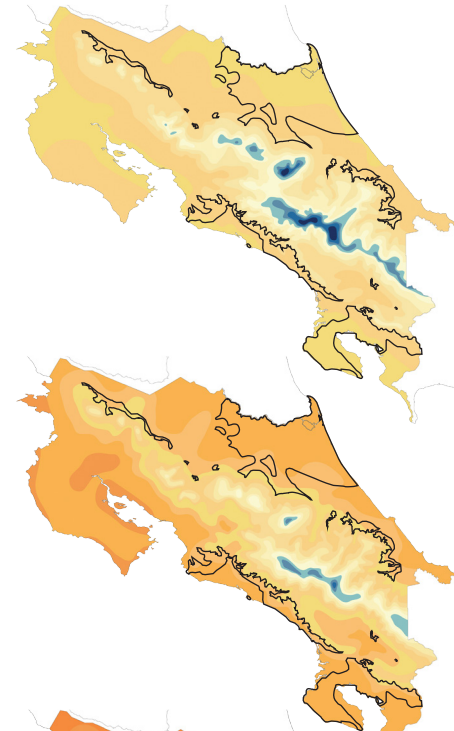
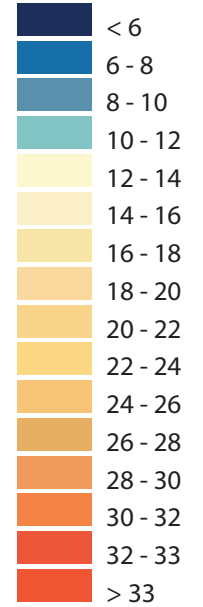


Fig.4.3.3. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

Precipitación en mm.

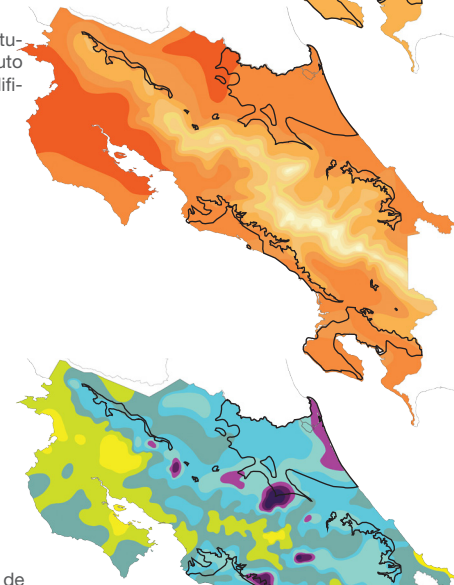
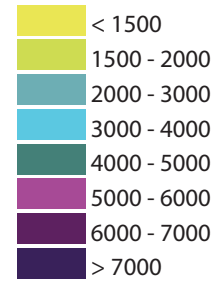


Fig. 4.3.4. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

Brillo Solar

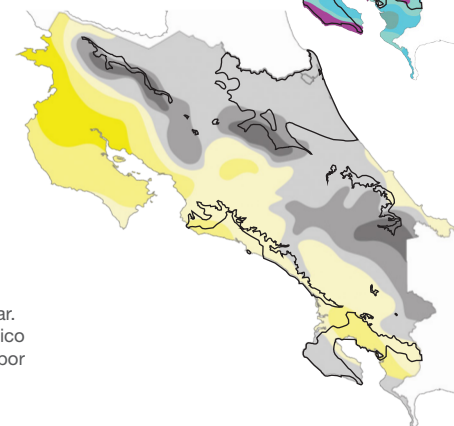
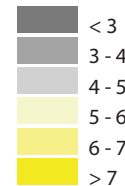


Fig. 4.3.5. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

4.3.1 Perfil Climático

Temperatura

Los mapas de temperatura indican que ésta zona se caracteriza por ser de las zonas más calientes del país, así como todo el Piso Basal.

La estación de La Mola presenta máximos de temperatura en setiembre con un rango entre 32°C y un mínimo de 22.3°C, para un desfase de 9.7°C. La estación Coto 47 presenta un máximo de temperaturas en marzo, entre 33,7°C y 21,4°C, lo que produce un desfase de 12.3°C (ver Fig. 4.3.3).

Precipitación

El Bosque Muy Húmedo Tropical presenta los niveles de precipitación más altos del piso basal. La estación de La Mola presenta un promedio anual de 3980mm de precipitación; no posee un período seco, aunque de mayo a diciembre se da el pico de precipitación, con un ligero valle en setiembre. El mes más seco es abril con 193mm de lluvia y el mes más lluvioso es Julio con 477,7mm de precipitación.

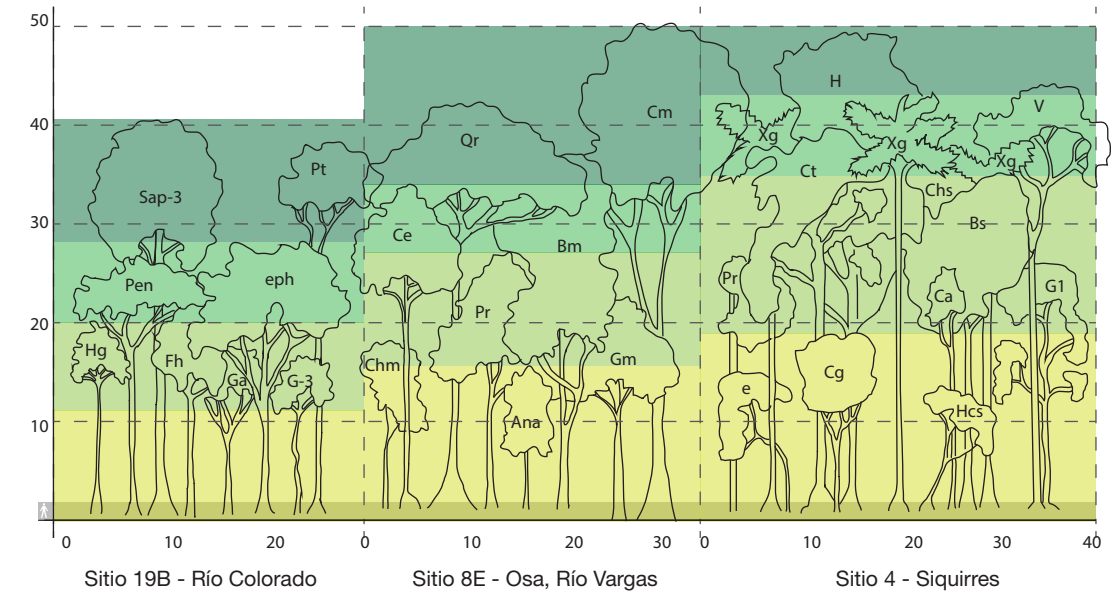
La estación Coto 47 posee una época seca más marcada, sin embargo, el promedio anual es de 4086,2mm. La estación lluviosa sucede entre mayo y noviembre con un máximo en octubre de 593mm y un mínimo en febrero de 77,5mm (ver Fig.4.3.4).

Humedad

Ésta zona se caracteriza por tener altos niveles de humedad, aún en sus épocas de poca lluvia. La Mola presenta un promedio anual de 84% de Humedad con un mínimo en abril de 81% y un máximo de 87% en Julio. Coto 47 presenta un 85% de Humedad anual con un mínimo de 79% en Febrero y un máximo de 88% en Junio y Julio.

Brillo Solar

Según el mapa de Brillo Solar, las zonas con mayor índice de soleamiento suceden en Guanacaste y Pacífico Central. Las regiones de Bmh-T de la costa de Limón y Pacífico Sur presentan considerablemente menor nivel de brillo solar. La estación Coto 47 tiene un máximo de 8.8 horas de brillo en febrero y un mínimo de 4.2 en julio. La estación La Mola presenta un máximo de 5.5 horas en Marzo y un mínimo de 3.5 en horas (ver Fig.4.3.5).



- Sitio 19B
  - Sap 3 - Sapotaceae
  - Pen - Pentaclethra macroloba
  - Hg - Hernandia didymantha
  - Fh - Rheedea sp.
  - Ga - Guarea aligera
  - Eph - Veconcibea pleiostemona
- Sitio 8E -
  - Qr - Dipterodendron costaricense
  - Ce Cecropia obtusifolia
  - Chm - Chimarrhis latifolia
  - Pr - Protium sp.
  - Bm - Brosimum Sapiifolium
  - Ana - Annonaceae
  - Gm - Grias Fendeleri
- Sitio 4
  - H - Hasseltia floribunda
  - Cg- Croton glabellus
  - Pr - Protium spp.
  - Chs - Chrysophyllum sp.
  - Hcs - Hedyosmum
  - G - Guarea spp.
  - V - Virola sebifera
  - Xg - Iriartea gigantean

Fig. 4.3.6. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R. (modificado por autores).

4.3.2 Perfil Vegetal

“El bosque se caracteriza por presentar una estructura vertical de 4 a 5 estratos perennifolios, bien diferenciados, un abundante sotobosque, dominado por diferentes especies de palmeras. Se presentan árboles emergentes que sobrepasan los 50 m de altura.

En bosques no perturbados se pueden encontrar más de 150 especies de porte arbóreo, por lo cual son considerados como muy diversos, al igual que la anterior Zona de Vida”. (Quesada, 1997).

El sitio 4 se caracteriza por poseer árboles altos, siempre verdes y mucha variedad de especies. La más importante de las presentes es la Carapa Guianensis que representa un 7% del total de especies encontradas. Se encuentran largas lianas en los árboles altos, mucho musgo en los troncos y exceso de humedad en toda la vegetación (ver Fig. 4.3.6).

Este sitio se reconoce como de 4 estratos, con especies que llegan a medir 48m de altura, en el dosel solo se encuentra un 9% de la vegetación. El estrato más denso es el segundo en altura con un 47% de las especies.

El sitio 8E es un bosque multi estrato cuyo estrato superior mide entre 35 y 50m de alto. Los troncos son masivos y sus especies presentan amplias gambas. Entre las especies predominantes están Dipteredondron, Carapa, Pterocarpus, Dussia y Ceiba.

El sitio 19B se caracteriza por ser siempre verde y de hojas anchas con 2 estratos principales. El dosel se compone de árboles entre 30 y 40m de alto, con troncos rectos y delgados. La densidad del bosque es intermedia, entre 60 y 80%. Las copas de los árboles no se tocan entre sí por lo que el sotobosque es iluminado.





# | RANGOS DE CONFORT |

GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

Estrategias pasivas:

1. Calentamiento solar pasivo
2. Efecto de masa térmica
3. Masa térmica + ventilación nocturna
4. Ventilación Natural
5. Enfriamiento evaporativo directo
6. Enfriamiento evaporativo indirecto

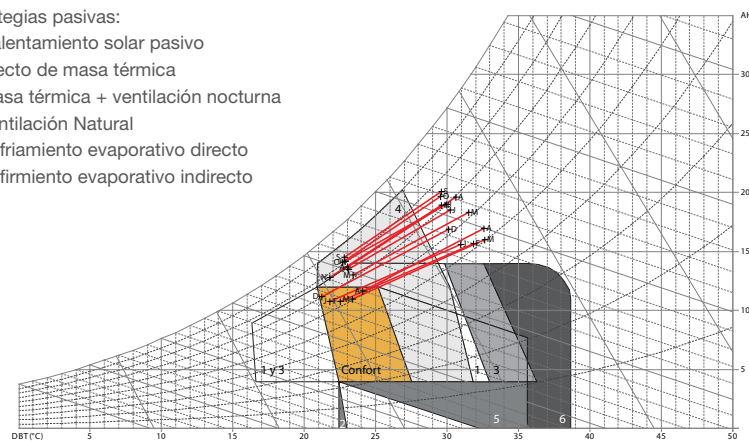


Fig. 4.4.1. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos mensuales promedio de la estación de Liberia. Cada línea representa un mes del año y sus datos mínimos y máximos promedios (elaborado por autores).

Estrategias pasivas:

1. Calentamiento solar pasivo
2. Efecto de masa térmica
3. Masa térmica + ventilación nocturna
4. Ventilación Natural
5. Enfriamiento evaporativo directo
6. Enfriamiento evaporativo indirecto

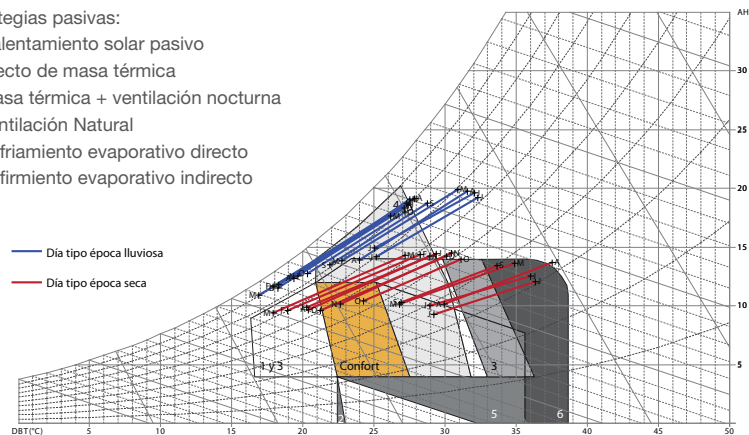


Fig. 4.4.2. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos horarios promedio por 10 años de 10 días de la época seca y lluviosa de la estación de Liberia. Cada línea representa dos horas consecutivas del día tipo y sus datos mínimos y máximos promedios a través de los 10 años (elaborado por autores).

#### 4.4 Rangos de Confort: Bosque Seco Tropical

Los rangos de confort para esta Zona de Vida se basan en los datos obtenidos de la estación de Liberia, la cual se ubica a 85 msnm, Lat. 10° 36'N y Long. 85°32'O. El área de confort para el bs-T se delimita por: un límite superior que se encuentra entre los 20,9 °C y los 25,1 °C de temperatura de bulbo seco y una humedad entre 60% a 79%, y un límite inferior que va de los 22,3°C y los 27,5°C de temperatura y una humedad entre 18% a 24%. A partir de estos valores se despliegan las estrategias pasivas para extender dicha área, con la finalidad de cubrir los rangos de comportamiento de la zona (ver Fig.4.4.1).

##### 4.4.1 Estrategias de Confort

El gráfico de comportamiento promedio mensual (ver Fig. 4.4.1) muestra que las oscilaciones de temperatura y humedad de esta estación son superiores a los establecidos por la zona de confort, esto puede ser solucionado ampliando la zona de confort mediante el empleo de estrategias pasivas. La más efectiva, es la de ventilación natural, la cual soluciona la sensación de calor durante las temperaturas mínimas y medias, a lo largo de todos los meses. En un segundo lugar de efectividad están las estrategias de masa térmica más ventilación nocturna y enfriamiento evaporativo indirecto, para el rango de meses de la época seca, durante las temperaturas bajas y medias. Las temperaturas más altas no son cubiertas por ninguna de las estrategias presentadas en el diagrama psicométrico, sin embargo estrategias de control solar, como por ejemplo el auto sombreado del edificio, dispositivos (parasoles) y/o elementos externos (vegetación) de protección solar, en conjunto con las estrategias pasivas mostradas anteriormente, minimizar el sobrecalentamiento del espacio habitable, disminuyendo los valores de la temperatura interna espacial con respecto a la externa ambiental.

##### 4.4.2 Estrategias de Confort según Días Tipo

En el gráfico de los días tipo (ver Fig.4.4.2) vemos un comportamiento bastante distinto entre la época de lluvia y la seca. En la época seca la zona tiende a ser menos húmeda, lo que permite observar como las estrategias de masa térmica, ventilación nocturna y enfriamiento por evaporación indirecta funcionan para esa época en específico a lo largo del día y la noche. Sin embargo, es durante la época lluviosa que la

estrategia de ventilación es más efectiva, aunque las primeras horas de la madrugada quedarán, por fuera del rango de confort extendido ya que las temperaturas son menores que las recomendables y la humedad muy elevada.

Por otro lado las horas cercanas al medio día, si bien están sobre los rangos recomendables de humedad, las altas temperaturas ocasionan un desfase hacia la derecha del gráfico, lo que indica que la ventilación natural es ineficiente durante estas horas y, como se mencionó anteriormente, el control solar es necesario.

##### 4.4.3 Parámetros de Confort por Actividad

A nivel general, después de las bajas temperaturas experimentadas a lo largo de la noche, en el este la sensación de calor siempre es menor con respecto al oeste (ver Fig. 4.4.3).

Dentro de los parámetros observados para esta zona de vida, el mes de Diciembre es el mes más fresco de todos, durante esta época del año el sol se encuentra inclinado hacia el sur, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación.

Para actividades de baja intensidad la necesidad de calentamiento va de las 02:00 a 8:00 horas aproximadamente, esto se puede solucionar parcialmente con calentamiento pasivo por radiación solar y arropamiento; la necesidad de ventilación va de las 12:00 a las 20:00 horas y el control solar comienza es necesario a partir de las 13:00 horas. En el caso de la actividad media, la necesidad de disipación de calor comienza a partir de la 12:00 hasta las 20:00 horas, el control solar se establece a partir de las 13:00 horas hasta el final del día. Para las actividades de alta intensidad el control solar es necesario a partir de la 11:00 horas y la necesidad de ventilación se da en el transcurso de la tarde y la noche.

Por otro lado Abril es el mes más cálido el cual indica el rango máximo de calor excesivo de esa zona para los usuarios, durante esta época del año el sol se encuentra en inclinación tanto norte como sur, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación.

Para una persona en reposo, el gráfico de actividad de baja intensidad indica una necesidad de ventilación constante de las 11:00 a las 22:00 horas hasta el final del día. Para el usuario realizando una actividad media la necesidad de ganancia de calor se da de las 4:00 a las 7:00

horas y podría solucionarse solo con arropamiento, sin necesidad de hacer ninguna intervención espacial; la necesidad de ventilación va de las 12:00 a las 20:00 horas y el control solar comienza es necesario a partir de las 12:00 horas. Los usuarios que realicen actividades pesadas estarán cómodos solo durante las primeras horas de la mañana.

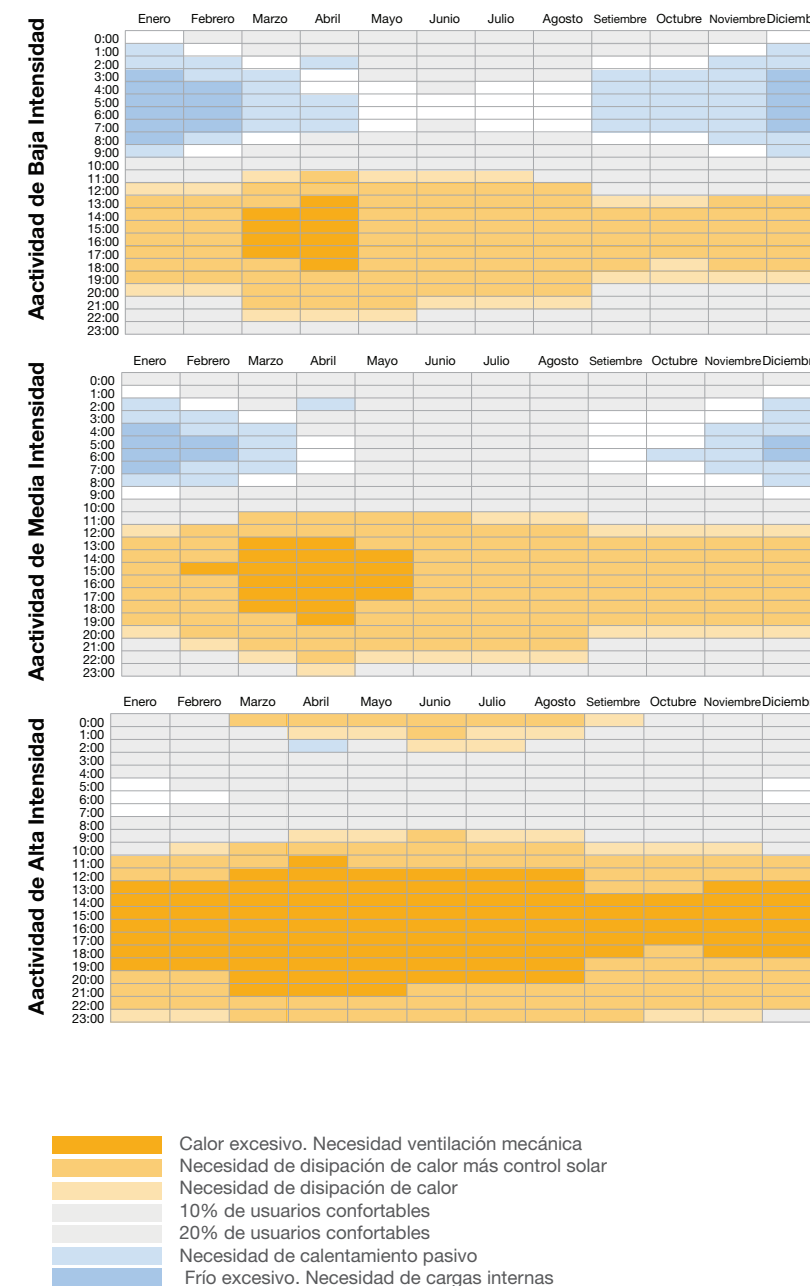


Fig. 4.4.3. Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad. Gráfico superior: Actividad baja referida al descanso. Gráfico medio: Actividad media referida a actividades de estudio, ver televisión, usar la computadora, etc. Gráfico inferior: Actividad alta referida actividades del quehacer doméstico como limpiar o lavar (elaborado por autores).

- Estrategias pasivas:
1. Calentamiento solar pasivo
  2. Efecto de masa térmica
  3. Masa térmica + ventilación nocturna
  4. Ventilación Natural
  5. Enfriamiento evaporativo directo
  6. Enfriamiento evaporativo indirecto

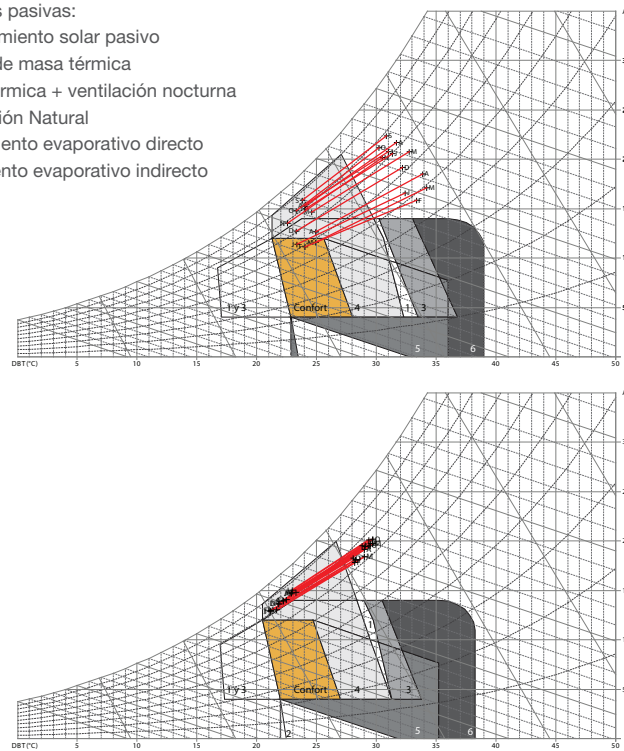


Fig. 4.5.1. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos mensuales promedio de la estación de la Ceiba (arriba) y Limón (abajo). Cada línea representa un mes del año y sus datos mínimos y máximos promedios (elaborado por autores).

- Estrategias pasivas:
1. Calentamiento solar pasivo
  2. Efecto de masa térmica
  3. Masa térmica + ventilación nocturna
  4. Ventilación Natural
  5. Enfriamiento evaporativo directo
  6. Enfriamiento evaporativo indirecto

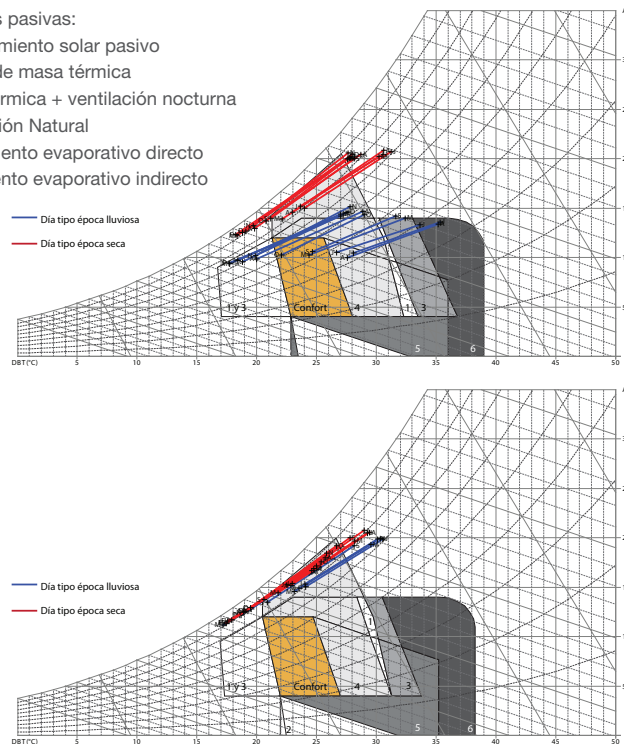


Fig. 4.5.2. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos horarios promedio por 10 días de la época seca y lluviosa de la estación de la Ceiba (arriba) y Limón (abajo). Cada línea representa dos horas consecutivas del día tipo y sus datos mínimos y máximos promedios a través de los 10 años (elaborado por autores).

#### 4.5 Rangos de Confort: Bosque Húmedo Tropical

Los rangos de confort para esta zona de vida se basan en los datos obtenidos de dos estaciones. La primera es estación de Ceiba en la Región Pacífico Norte, la cual se ubica a 20 m.s.n.m, Lat. 10° 06' N y Long. 85° 19' O. Y la segunda es la estación de Limón en la Región Caribe, 5 m.s.n.m, Lat. 9° 57' N y Long. 83° 01' O. Si bien parte de la zona de vida se encuentra en la Zona Norte, su comportamiento climático se encuentra en un punto intermedio con respecto a las dos estaciones aquí analizadas, teniendo un comportamiento muy similar a la de Limón por lo cual la estrategias son las mismas para ambas sub zonas.

La zona de confort establecida para esta zona, basándose en los 2 rangos de las subzonas. En la Ceiba se establece con un límite superior que se encuentra entre los 21,2°C y los 24,8°C de temperatura de bulbo seco y una humedad entre 70% a 85%, y un límite inferior que va de los 23°C a los 27°C y del 18% al 22% respectivamente. Y por otro lado Limón tiene un límite superior entre los 20,5°C y los 24,7°C de temperatura seca y una humedad entre 61% a 80%, y un límite inferior que va de los 22°C y los 27°C y del 18% al 23% respectivamente. A partir de estos valores es que se despliegan las estrategias pasivas para extender dicha área, con la finalidad de cubrir los rangos de comportamiento de la zona (ver Fig. 4.5.1).

##### 4.5.1 Estrategias de Confort

Los gráficos de comportamiento promedio mensual (ver Fig. 4.5.1) muestran a nivel general que las oscilaciones de temperatura y humedad de las dos estaciones son superiores a los establecidos por la zona de confort, esto puede ser solucionados ampliando la zona de confort mediante el empleo de estrategias pasivas. La más efectiva, y única en el caso de la Región Caribe, es la de ventilación natural; la cual soluciona la sensación de calor en gran parte de las temperaturas mínimas y medias a lo largo de todos los meses.

En un segundo lugar de efectividad y aplicando solamente para los meses de época seca de la estación Región Pacífico Norte, esta la estrategia de masa térmica más ventilación nocturna y enfriamiento por evaporación indirecta. Las temperaturas más altas no son cubiertas por ninguna de las estrategias presentadas en el diagrama psicrométrico, sin embargo estrategias de control solar, como por ejemplo el

autosombreamiento del edificio, dispositivos (parasoles) y/o elementos externos (vegetación) de protección solar, en conjunto con las estrategias pasivas mostradas anteriormente, mejoran su efectividad evitando el sobrecalentamiento del espacio habitable.

##### 4.5.2 Estrategias de Confort según Días Tipo

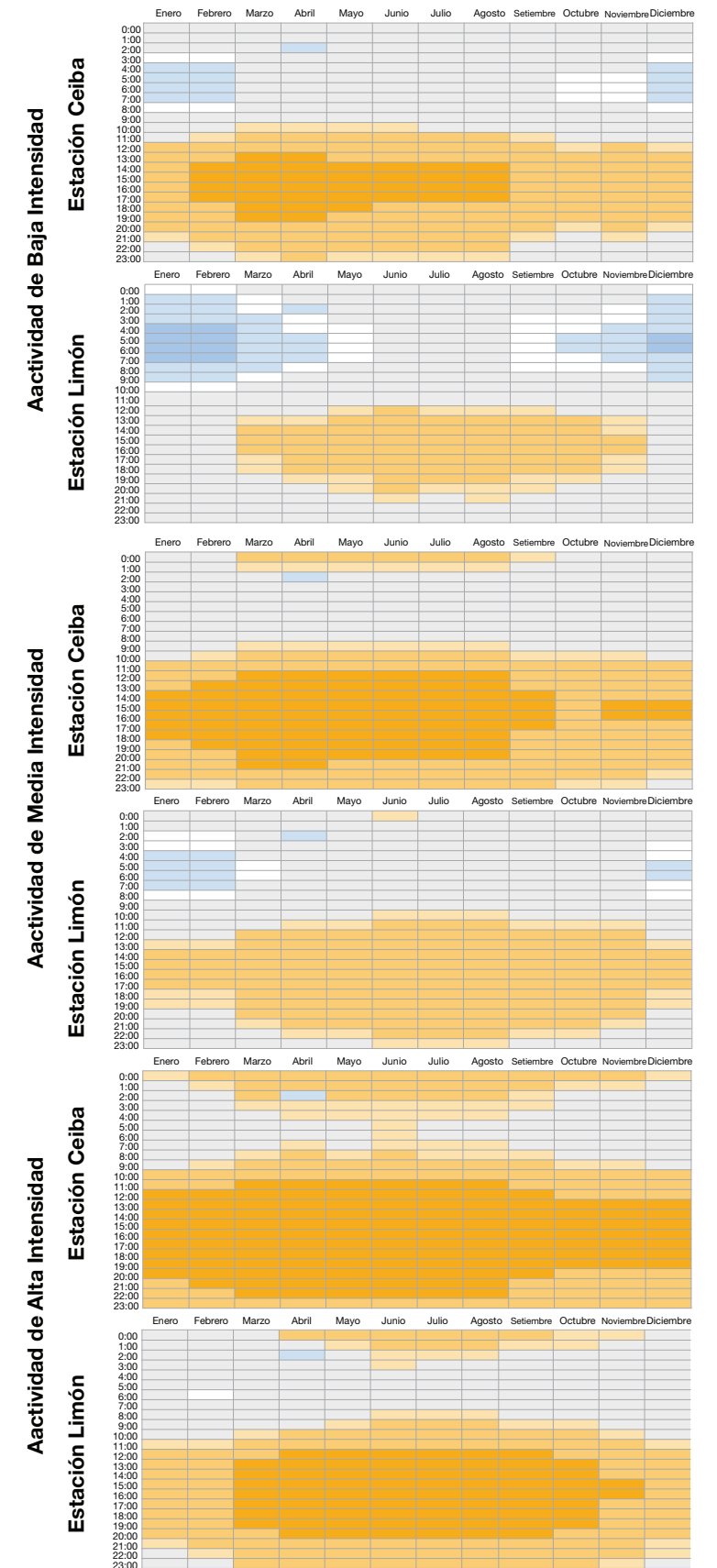
En el gráfico de los días tipo (ver Fig.4.5.2) vemos que en la estación de la Región Pacífico Norte se da un comportamiento bastante distinto entre la época de lluvia y la seca. En la época seca el comportamiento de la subzona tiende a ser menos húmedo, lo que permite observar como las estrategias de masa térmica y ventilación nocturna y enfriamiento evaporativo indirecto funcionan para esa época en específico a lo largo del día y la noche.

En la época lluviosa la estrategia de ventilación es más efectiva; aunque las primeras horas de la madrugada quedarán por fuera del rango de confort extendido del gráfico, desplazadas hacia la izquierda cerca al límite superior del gráfico, lo que significa que las temperaturas son menores que las recomendables y la humedad muy elevadas. Son necesarios sistemas de deshumidificación alternativos así como materiales resistentes a la humedad, para evitar su deterioro prematuro, sobretodo si esto cumple una función aislante en la edificación.

Por otro lado, en las horas cercanas al mediodía, las altas temperaturas y humedad ocasionan un desfase hacia la derecha y arriba del gráfico, lo que indica que la ventilación natural es ineficiente durante estas horas y, como se mencionó en el gráfico de promedio mensual, el control solar es necesario como estrategia complementaria y de prevención, para contrarrestar la sensación de calor excesivo, así como estrategias contra la humedad excesiva, para lograr mayor confortabilidad en el espacio construido.

Fig.4.5.3. A la derecha Gráficos de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad. Dos gráficos superiores: Actividad baja referida al descanso. Dos gráficos medios: Actividad media referida a actividades de estudio, ver televisión, usar la computadora, etc. Dos gráficos inferiores: Actividad alta referida actividades del quehacer doméstico como limpiar o lavar (elaborado por autores).

- Calor excesivo. Necesidad ventilación mecánica
- Necesidad de disipación de calor más control solar
- Necesidad de disipación de calor
- 10% de usuarios confortables
- 20% de usuarios confortables
- Necesidad de calentamiento pasivo
- Frio excesivo. Necesidad de cargas internas





En el caso de la estación en la Región Caribe hay un comportamiento muy similar entre el día tipo lluvioso y el cálido, aunque este último es más estable. La estrategia de ventilación natural es la única que extiende efectivamente el área de confort y cubre la mayoría de rangos de horas medias. También son necesarias estrategias preventivas de control solar y sombreadamiento (durante las horas más cercanas al mediodía); y el arropamiento y sistemas de deshumidificación (para las horas de la madrugada), discutidas en la subzona anterior. Si bien las dos estaciones analizadas son parte de una misma zona de vida vemos como existen diferencias entre ellas debido a factores de continentalidad. Si se observa la subzona del Pacífico Norte se podrá notar su gran similitud con la zona bs-T, ya que tiende a ser más seca que la Caribe, la cual tiene mayor influencia de los vientos Alisios.

#### 4.5.3 Parámetros de Confort según Actividad

A nivel general, después de las bajas temperaturas experimentadas a lo largo de la noche, en el este la sensación de calor siempre es menor con respecto al oeste. (ver Fig. 4.5.3).

Dentro de los parámetros observados para esta zona de vida, tenemos que el mes de Diciembre es el mes más fresco de todos, durante esta época del año el sol se encuentra en inclinación sur, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación.

Para actividades de baja intensidad, en la estación de la Región Pacífico Norte se experimentan madrugadas bastante confortables y la necesidad de disipación de calor se da a partir de las 12:00 a las 20:00 horas. En la Región Caribe durante la madrugada y primeras horas de la mañana se puede experimentar una sensación leve de frío (solucionable con el arropamiento), la cual va disminuyendo al acercarse al mediodía, para continuar con una tarde bastante confortable.

En cuanto a las actividades medias las madrugadas y mañanas son confortables, en la Caribe el control solar se necesita a partir de las 13:00 horas hasta el final del día y la ventilación de las 13:00 a las 19:00 horas. La estación Pacífica tiene un nivel aceptable de confortabilidad en las horas de la mañana, la necesidad de ventilación y control solar empieza a partir de las 11:00 horas.

Para la actividad alta en la Región Caribe el control solar y las ventilación son necesarios a partir de las 10:00 horas hasta cerca la media noche. En la R.P.N. se intensifica necesitando ambas estrategias apartar de las 10:00 horas, la ventilación debe prolongarse hasta medianoche.

Por otro lado Junio es el mes más cálido, el cual indican el rango máximo de calor excesivo de esa zona para los usuarios, durante esta época del año el sol se encuentra en inclinado hacia el norte, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación.

Referente a la actividad de baja intensidad, la estación más cálida es la Pacífica, con necesidad de control solar y ventilación de las 11:00 horas hasta el fin del día. La Caribe tiene una necesidad de control solar de las 12:00 horas en adelante, la ventilación es necesaria como complemento del control solar.

Para la actividad media, a partir de las 10:00 horas la radiación empieza a generar una sensación de calor excesivo, en la Pacífica necesitando de control solar a partir de esa hora hasta al final del día, por otro lado la ventilación es requerida durante toda la tarde hasta pasada la medianoche. La Caribe requiere de control solar a partir de las 10:00 horas, acompañadas de la estrategia de ventilación durante toda la tarde y la noche.

Los usuarios que realizan actividades de alta intensidad, en el caso de la Pacífica sufre de mayor calor, siendo excesivo durante todas las horas de la tarde y noche. En la Caribe se presenta un leve rango de confort entre las 4:00 a las 7:00 horas, pero a partir de ahí, el usuario estará sometido a una sensación de calor creciente, la cual llega a su punto máximo a mediodía hasta las 19:00 horas.

## 4.6 Rangos de Confort: Bosque Muy Húmedo Basal

Los rangos de confort para esta zona de vida se basan en los datos obtenidos de dos estaciones. La primera es estación de Coto 47 en la Región Pacífico Sur, la cual se ubica a 30 msnm, Lat. 08° 36' N y Long. 82° 59' O. Y La segunda es la estación de La Mola en la Región Caribe, 70 msnm, Lat. 10° 21' N y Long. 83° 46' O.

La zona de confort establecida para esta zona, basándose en los 2 rangos de las subzonas. En la Pacífica se establece con un límite superior que se encuentra entre los 20,7°C y los 25°C de temperatura de bulbo seco y una humedad entre 60% a 79%, y un límite inferior que va de los 22,2°C a los 27,3°C y del 18% al 23% respectivamente. Y la Caribe tiene un límite superior entre los 20,5°C y los 24,5°C de temperatura y una humedad entre 61% a 80%, y un límite inferior que va de los 22,8°C y los 26,8°C y del 19% al 24% respectivamente. A partir de estos valores es que se despliegan las estrategias pasivas para extender dicha área, con la finalidad de cubrir los rangos de comportamiento de la zona (ver Fig. 4.6.1).

### 4.6.1 Estrategias de Confort

Los gráficos de comportamiento promedio mensual (ver Fig. 4.6.1). Muestran a nivel general que los rangos de humedad de las 2 estaciones son superiores a los establecidos por la zona de confort, así como las temperaturas medias y mayores registradas. En éste caso en particular y para de ambas estaciones, esto puede ser solucionados ampliando la zona de confort mediante una única estrategia, la ventilación natural, la cual soluciona la sensación de calor en gran parte de las temperaturas mínimas y medias a lo largo de todos los meses.

### 4.6.2 Estrategias de Confort según Días Tipo

En ambas subzonas el gráfico de comportamiento (ver Fig.4.6.2) indica altas temperaturas y altos porcentajes de humedad. El día prototipo lluvioso y seco tiene un comportamiento muy similar en ambas sub zonas, aunque varía la amplitud de temperatura y diferencias de humedad entre las épocas, siendo la el día tipo de la estación seca el que posee mayor fluctuación de estos dos elementos entre las horas más frescas de la noche y las de horas más cálidas del día. La ventilación natural es la única que extiende eficazmente el área de confort para esta zona de vida, aunque no la cubre en su totalidad.

Estrategias pasivas:  
1. Calentamiento solar pasivo  
2. Efecto de masa térmica  
3. Masa térmica + ventilación nocturna  
4. Ventilación Natural  
5. Enfriamiento evaporativo directo  
6. Enfriamiento evaporativo indirecto

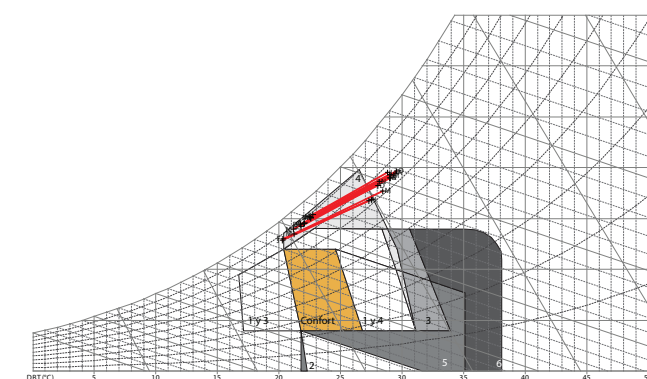
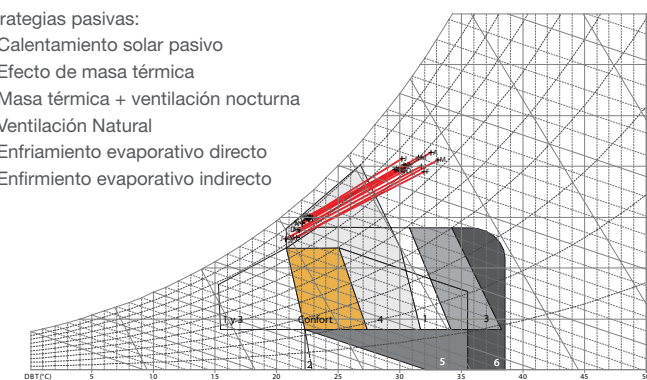


Fig. 4.6.1. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos mensuales promedio de la estación de Coto 47 (arriba) y La Mola (abajo). Cada línea representa un mes del año y sus datos mínimos y máximos promedios (elaborado por autores).

Estrategias pasivas:  
1. Calentamiento solar pasivo  
2. Efecto de masa térmica  
3. Masa térmica + ventilación nocturna  
4. Ventilación Natural  
5. Enfriamiento evaporativo directo  
6. Enfriamiento evaporativo indirecto

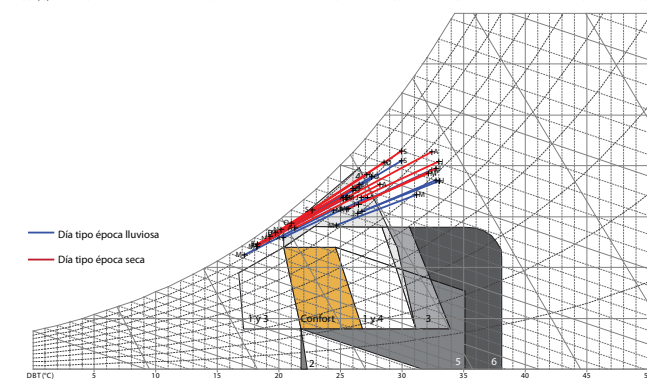
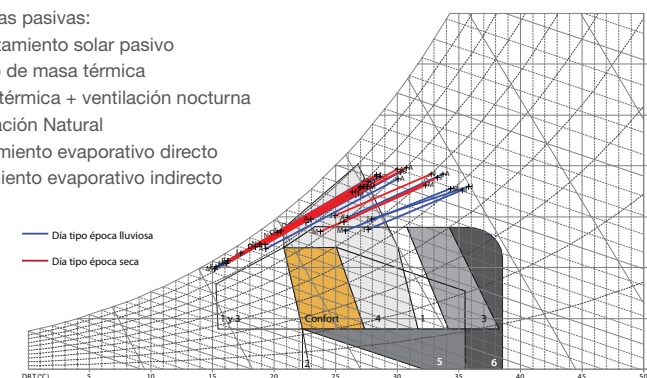
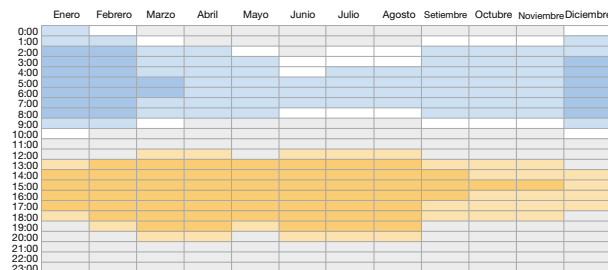


Fig. 4.6.2. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos horarios promedio por 10 días de la época seca y lluviosa de la estación de Coto 47 (arriba) y La Mola (abajo). Cada línea representa dos horas consecutivas del día tipo y sus datos mínimos y máximos promedios a través de los 10 años (elaborado por autores).

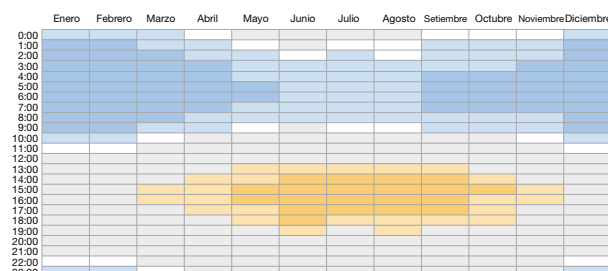


Aactividad de Baja Intensidad

Estación Coto 47

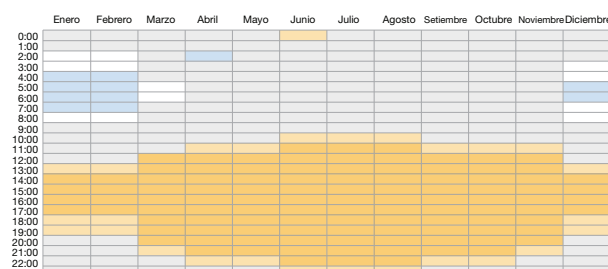


Estación Mola

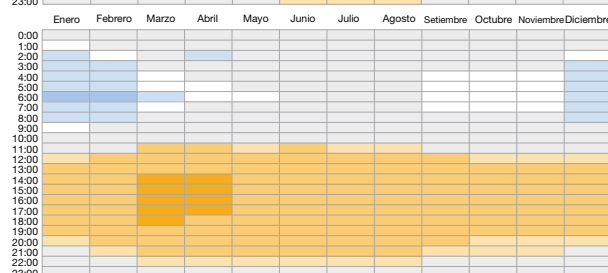


Aactividad de Media Intensidad

Estación Coto 47

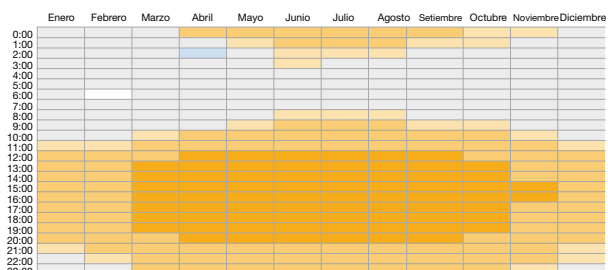


Estación Mola

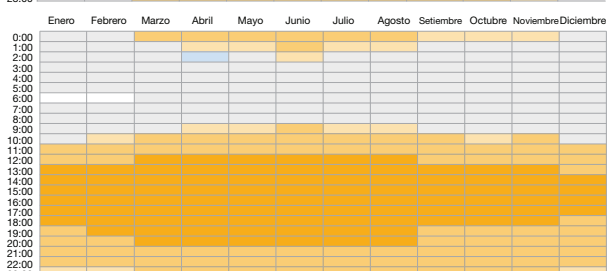


Aactividad de Alta Intensidad

Estación Coto 47



Estación Mola



Las primeras horas de la madrugada las temperaturas son menores que las confortables y la humedad es muy elevada, siendo necesarios sistemas de deshumidificación. En resumen el día prototipo lluvioso y seco tiene un comportamiento muy similar, aunque varía la amplitud de temperatura y diferencias de humedad entre las épocas, siendo la del día tipo de la estación seca el que posee mayor fluctuación de estos dos elementos entre las horas más frescas de la noche y las de horas más cálidas del día. En estos gráficos se puede ver a mayor detalle como la estrategia de ventilación natural, es la única que extiende eficazmente el área de confort para esta zona de vida, aunque no la cubre en su totalidad.

Las primeras horas de la madrugada están desplazadas hacia la izquierda, lo que significa que las temperaturas son menores que las recomendables y la humedad muy elevadas, siendo necesarios sistemas de deshumidificación alternativos (así como materiales resistentes a la humedad, para evitar su deterioro prematuro, sobretodo si esto cumple una función aislante en la edificación). Por otro lado, el desfase hacia la derecha y arriba del gráfico en las horas cercanas al mediodía, indican que la ventilación natural es ineficiente y el control solar, como por ejemplo el autosombreamiento del edificio, dispositivos (parasoles) y/o elementos externos (vegetación) de protección solar, es necesario como estrategia complementaria y de prevención para contrarrestar la sensación de calor excesivo; así como estrategias contra la humedad excesiva.

- Calor excesivo. Necesidad ventilación mecánica
- Necesidad de disipación de calor más control solar
- Necesidad de disipación de calor
- 10% de usuarios confortables
- 20% de usuarios confortables
- Necesidad de calentamiento pasivo
- Frío excesivo. Necesidad de cargas internas

Fig. 4.6.3. A la izquierda Gráficos de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad. Dos gráficos superiores: Actividad baja referida al descanso. Dos gráficos medios: Actividad media referida a actividades de estudio, ver televisión, usar la computadora, etc. Dos gráficos inferiores: Actividad alta referida actividades del quehacer doméstico como limpiar o lavar (elaborado por autores).

### 4.6.3 Parámetros de Confort según Actividad

A nivel general, después de las bajas temperaturas experimentadas a lo largo de la noche, en el este la sensación de calor siempre es menor con respecto al oeste (ver Fig. 4.6.3).

Dentro de los parámetros observados para esta zona de vida, tenemos que el mes de Diciembre y Enero son los meses más frescos de todos, durante esta época del año el sol se encuentra inclinado hacia el sur, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación.

En la estación de la Pacífica para la actividad baja se experimentan madrugadas y mañanas bastante frías con posible necesidad de calentamiento de las 3:00 horas a las 8:00 horas, las cuales se pueden ver resueltas con el arropamiento; por otro lado las tardes son totalmente confortables con una pequeña necesidad de ventilación de las 14:00 a 17:00 horas. En la Caribe durante la madrugada y la mañana se experimenta una sensación de frío, acompañada de la necesidad de calentamiento de la 1:00 a las 9:00 horas, para continuar con una tardes bastante confortables.

En el caso la Pacífica, para actividad de media intensidad se experimenta una leve sensación de frío, con necesidad de calentamiento de las 2:00 a las 8:00 horas; en las horas de la tarde, específicamente a partir de las 13:00 horas, el control solar y ventilación serán necesarios. Para el caso de la Caribe, la cual es más confortable que la subzona anterior, se experimenta la sensación de frío de las 3:00 horas a las 8:00 horas, ésta puede ser solucionada en parte con la ganancia de calor por radiación solar de la mañana, mientras que durante la tarde solamente es necesaria la ventilación de las 14:00 horas a las 17:00 horas.

Para la actividad alta en la Pacífica se experimenta un nivel aceptable de confortabilidad en las horas de la mañana. La necesidad de ventilación y control solar empieza a partir de las 11:00 horas en adelante, teniendo de las 12:00 horas a las 19:00 las horas críticas de calor excesivo. En el caso de la Caribe, las mañanas son mucho más confortables y el control solar es necesario a partir de las 12 horas al igual que la necesidad de ventilación la cual se extiende hasta las 21 horas, el rango de calor excesivo es menor que la sub zona anterior y va de las 13:00 a las 19:00 horas.

Por otro lado Junio es el mes más cálido, el cual indican el rango máximo de calor excesivo de esa zona para los usuarios, durante esta época del año el sol se encuentra en inclinación norte, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación.

En cuanto a la actividad baja se refiere, la estación más cálida es Pacífica, el calor excesivo se extiende a lo largo del año durante la tarde, con necesidad de control solar y ventilación de las 12:00 horas hasta el fin del día.

La Caribe es la menos cálida, el calor excesivo solo ocurre en pocas horas de la tarde durante la mitad del año, teniendo una necesidad de control solar de las 14:00 horas hasta las 17 horas y ventilación de las 13:00 a las 18:00 horas. En ambas regiones las horas de la madrugada y primeras horas de la mañana tienen las temperaturas más frías, manejables a nivel de arropamiento.

Para la actividad de media intensidad, la Pacífica sufre de mayor calor excesivo, en las horas de la madrugada y la mañana el usuario esta bastante confortable, es a partir de las 11:00 horas que la radiación empieza a generar una sensación de calor excesivo, necesitando de control solar a partir de esa hora hasta al final del día, la ventilación es requerida durante toda la tarde hasta cercana la medianoche. La Caribe, por otro lado, requiere de control solar a partir de la 11:00 horas hasta el final del día y ventilación de las 11:00 hasta las 22:00 horas. Si bien Junio es el mes con más horas con necesidad de disipación de calor y control solar, marzo llega a ser más extremo con sensación de calor excesivo durante las horas de la tarde.

En cuanto a la actividad de alta intensidad, en el caso de la Pacífica el usuario sufre de mayor sensación de calor a partir de las 8:00/9:00 hasta la 1:00 horas, siendo excesivo de las 12:00 a las 20:00 horas de la. En la Caribe la sensación de calor va de las 10:00 hasta las 24:00 horas, y de las 13:00 a las 19:00 horas es excesivo. Para ambas zonas el control solar y la ventilación, son necesarias para maximizar la confortabilidad del usuario realizando este tipo de actividad.



# | PAUTAS GENERALES |

GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

#### 4.7 Orientación

La correcta orientación en un emplazamiento dado es un paso fundamental hacia el aprovechamiento o protección de los diferentes elementos climáticos. Para efectos de este análisis, se tomó la trayectoria solar y la dirección de los vientos dominantes como punto de partida para establecer un rango de orientación óptima.

##### 4.7.1 Orientación según trayectoria solar

Como se mencionó anteriormente, al Piso Basal pertenecen tres Zonas de Vida. El bs-T se caracteriza por ser la zona más caliente del país; donde el aire seco, las precipitaciones mínimas en verano y la humedad aumentan la sensación de calor y disconfort. Por otro lado, el bh-T y el bmh-T se caracterizan por un calor “pegajoso” a partir de los altos niveles de humedad relativa.

En condiciones de calor y humedad excesiva, la orientación del edificio obedece principalmente a tres objetivos: evitar la captación solar, mantener el control solar y disipar el calor por medio de la ventilación cruzada. Tomando en cuenta estos objetivos y datos climáticos procesados por medio de diversos métodos de análisis, se establece que la orientación óptima para este piso altitudinal debe estar sobre el eje este-oeste con una inclinación máxima de 20° hacia el sur (ver Fig.4.7.1). Esta configuración con fachadas largas en el norte-sur, son las más eficientes para la disminución de los impactos solares más desfavorables en los espacios internos. Es necesario tener datos de radiación, tanto para superficies horizontales como para superficies verticales. Así se pueden valorar las envolventes con riesgo de sobrecalentamiento o de pérdidas energéticas (ver Fig. 4.7.2).

Los estudios realizados arrojan que los buques mayores deben estar en las fachadas norte y sur; siempre y cuando cuenten con dispositivos de control solar para evitar la ganancia térmica en los espacios internos. Las aberturas que dan al este admitirán el sol, pero a una hora en que la temperatura del aire todavía es muy baja. Deben evitarse aberturas en el oeste, siempre que sea posible, ya que la captación solar por medio de radiación y conducción, coincidirá con las temperaturas de aire más altas.

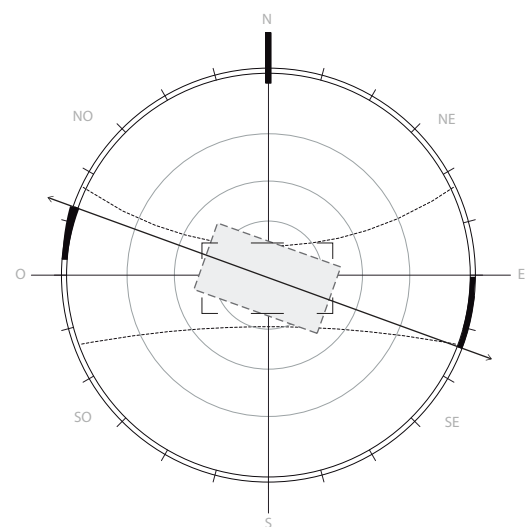


Fig.4.7.1. Rango de orientación recomendado para el Piso Basal (elaborado por autores).

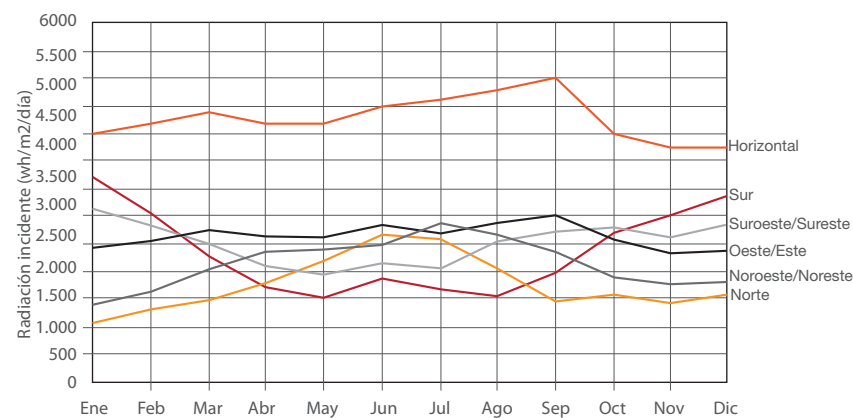
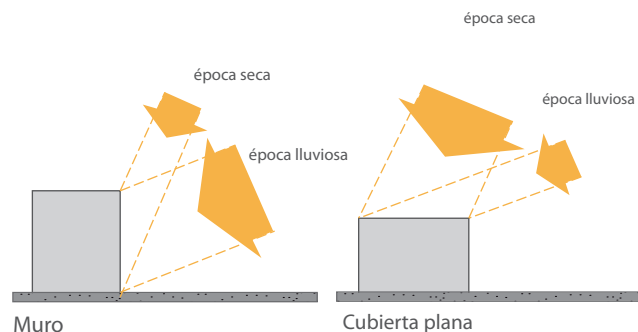


Fig.47.2. Radiación solar mensual sobre diferentes planos de la envolvente en latitud 10 (modificado por autores).

##### 4.7.2 Orientación según Vientos

Para el bs-T y bh-T, en la época seca, (Diciembre a Marzo) y la del verano (Julio a Agosto), los vientos dominantes provienen del noreste, se conocen como Alisios. Dichos vientos, después de atravesar las cordilleras de Guanacaste y Tilarán pierden su humedad, por éste motivo se deben refrescar para que la ventilación sea efectiva como método de disipación de calor. En la época lluviosa que va de Abril a Agosto y de Setiembre a Noviembre; después de la interrupción del verano, la brisa marina procedente del Golfo de Nicoya interactúa con los vientos Alisios a través del denominado frente de brisas (Zarate,1974), los vientos son predominantemente del suroeste, lo cual implica que se requiere protección contra lluvia al ventilar los espacios (ver Fig. 4.7.3).

En cuanto al bosque muy húmedo en la región Pacífico Central, la configuración debe buscar abrirse hacia el suroeste, para los espacios que necesitan ventilación durante el día, ya que de ahí proviene la mayor influencia. Durante las horas de la noche debido a los vientos Alisios y el fenómeno de la brisa marina la dirección cambia siendo predominante el noreste, las brisas marinas incursionan de Enero a Febrero aportando lluvias esporádicas, el verano desaparecen debido a la protección de los Alisios dada por la fila Brunqueña (fuente: IMN). Conforme la zona baja hacia el Pacífico Sur se suman los vientos ecuatoriales del oeste durante el día y durante la noche las brisas calmas provenientes de la Cordillera de Talamanca son de dirección norte y noreste (ver Fig. 4.7.4).

Para el bh-T y bmh-T en la zona Atlántica, la influencia directa de los Alisios es predominante durante prácticamente todo el año y sobretodo en las horas del día. Durante la noche la dirección cambia brisa de la tierra hacia el mar con dirección oeste. En el norte predomina el bosque muy húmedo en extensas llanuras, hacia el sur donde se encuentra el bosque húmedo, las pendientes del terreno de carácter más montañoso provocan vientos del oeste (ver Fig. 4.7.5).

Los estudios realizados arrojan que las aberturas mayores deben estar perpendiculares a la

dirección de los vientos dominantes y a la altura del cuerpo a barlovento; esto con el fin de disipar el calor por medio de la ventilación cruzada.

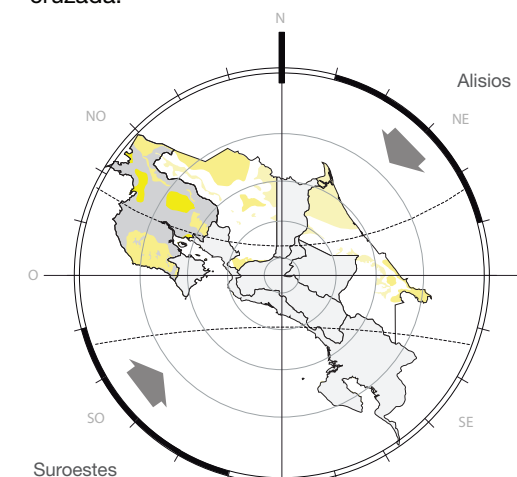


Fig. 4.7.3. Vientos dominantes en el Pacífico Norte (elaborado por autores).

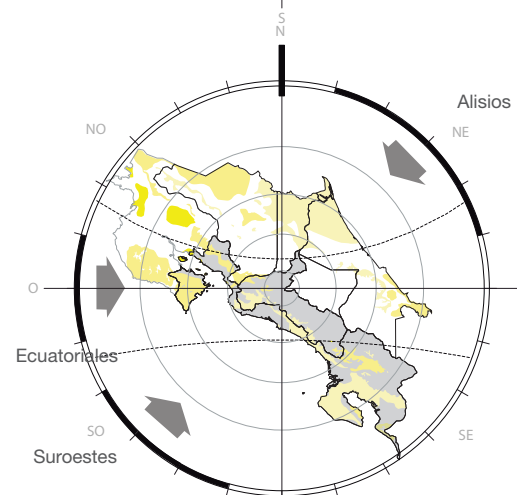


Fig. 4.7.4. Vientos dominantes en el Pacífico Central y Sur (elaborado por autores).

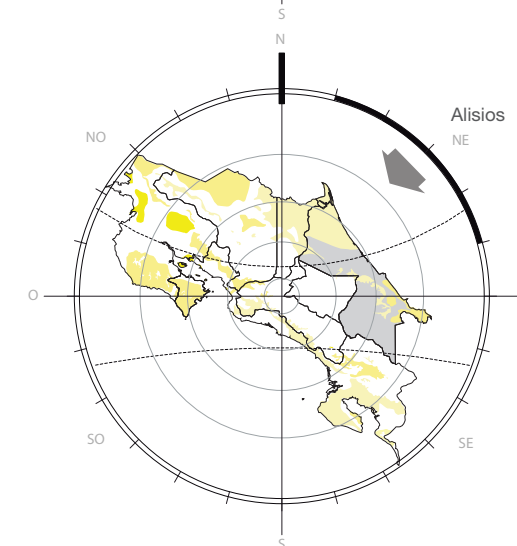


Fig. 4.7.5. Vientos dominantes región Atlántica (elaborado por autores).



Fig. 4.8.1. Configuración del espacio inferior (elaborado por autores).

Figura a. Configuraciones que propician la mitigación de calor por estrategia de enfriamiento conductivo:

a.1. Cerramiento horizontal en contacto directo con el suelo.

a.2. Cerramiento horizontal semienterrado.

Figura b. Configuraciones que propician la mitigación de calor por estrategia de enfriamiento convectivo:

b.1. Cerramiento horizontal elevado.

b.2. Tipología de arquitectura bananera cerramiento horizontal sobre pilotes.

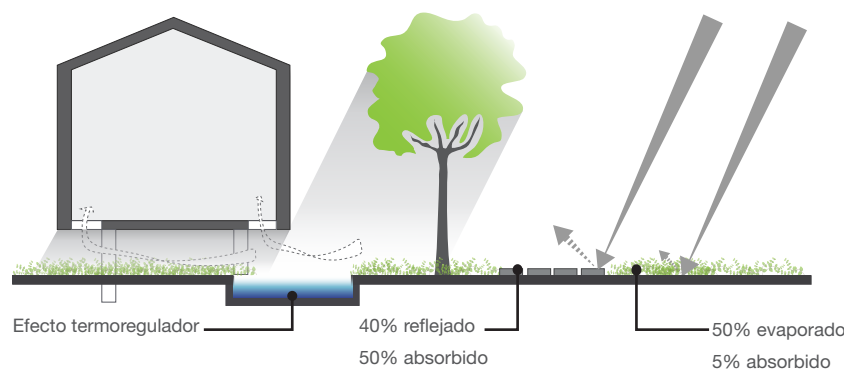
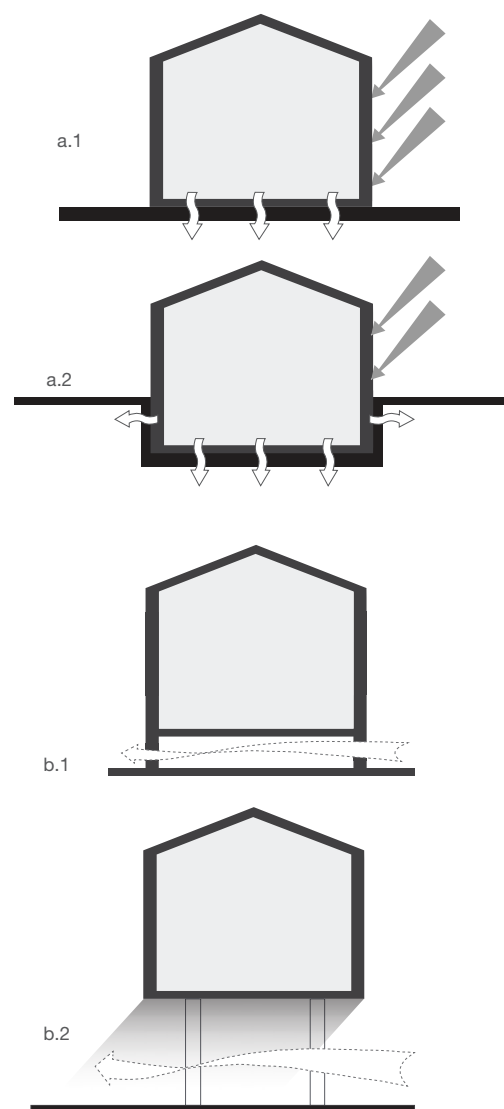


Fig. 4.8.2. Propiedades de la superficie del suelo y sus implicaciones en el edificio. En las zonas del piso Basal se recomienda rodear el edificio de vegetación, como estrategia de control solar como de enfriamiento del aire y absorción de radiación (elaborado por autores).

## 4.8 Configuración Espacial

### 4.8.1 Inferior

Según las necesidades y exigencias del entorno y su clima, se puede configurar el espacio inferior. Las Zonas de Vidas comprendidas en este piso altitudinal el espacio inferior cumple una función de disipador del calor, según este principio se establece la configuración ideal, basado en el tipo de estrategia que se desee implementar.

La primera configuración es cuando el espacio inferior es nulo, esto se da en dos modalidades, la primera cuando el nivel del cerramiento horizontal inferior se posa directamente sobre el suelo (ver Fig.4.8.1 a.1), y la segunda cuando el cerramiento horizontal inferior se puede posicionar por debajo del nivel de suelo generando un espacio con el menor contacto con el ambiente posible (ver Fig.4.8.1 a.2). Bajo esta configuración yace el principio de enfriamiento por conducción, que establece que cuando dos superficies entran en contacto, la energía calorífica busca el equilibrio entre ambas. El elemento constructivo tiende a ceder su calor al elemento con menor temperatura; es decir, la superficie terrestre.

Utilizando la segunda modalidad, se protege parte del cerramiento de la radiación para el confort higrotérmico en esta zona, y a su vez toma mayor ventaja de las propiedades inercia térmica del suelo, cuyo efecto puede ser utilizado como amortiguador y retardante de la variación de temperatura que se produce entre el día y la noche en el espacio construido.

Se pueden observar algunos casos en el bosque seco Basal, donde el nivel de piso terminado está casi al mismo nivel de acera de acceso, enterrando así la estructura del contrapiso de madera. Cabe señalar que esta zona de vida es la única del piso Basal en la que es aplicable esta configuración como estrategia de mitigación de calor, ya que es la más seca, de terrenos más rocosos y que no están expuestos a tantas inundaciones como las zonas del Atlántico. Más detalles sobre la correcta utilización de esta configuración se puede observar en las Estrategias Específicas del Cerramiento Horizontal Inferior.

Como segunda configuración, el espacio habitable se eleva del nivel del suelo lo suficiente para generar un espacio libre. Bajo esta configuración yace el principio

de enfriamiento por convección, el aire que circula por el espacio inferior comprendido entre la superficie del suelo y el elemento constructivo disipa el calor (ver Fig.4.8.1 b.1 y b.2).

En arquitectura vernácula de este tipo se observa en la casa bananera, se establece 2,3 m aproximadamente para dicho espacio. Esto permite la creación de espacios inferiores abiertos y utilizables bastante confortables. Esta modalidad es utilizada en el bosque húmedo y muy húmedo, pues brinda sombra, fomenta la ventilación de los espacios habitables, ya que al elevarlos captan mejor las brisas y los protege de la humedad.

En algunos casos los núcleos húmedos y las cocinas se establecen en este espacio, revelando únicamente las áreas de estancia y dormitorio; logrando un mejor control de humedad y permitiendo que el calor de la cocina no interfiera con el confort de los demás espacios.

En bosque seco tropical existen algunos casos de viviendas elevadas, la arquitectura bananera por ejemplo podían llegar a tener 1,7 m a 2,3m de elevación. También ranchos más humildes, se posaban sobre pequeños pilotes hechos de piedra que apenas los elevan del suelo; posiblemente se configuraban así debido al terreno era seco y polvoriento, en especial en la época seca.

Para ambas configuraciones aquí establecidas, es importante tener en cuenta que las características naturales del terreno que se encuentra debajo de las edificaciones en el caso de que sean edificios elevados y/o a su alrededor. Las superficies vegetales y de agua pueden moderar las temperaturas extremas y estabilizar las condiciones del ambiente inmediato (ver Fig. 4.8.2).

#### Superficie vegetal

La utilización de elementos naturales desde plantas pequeñas como zacate hasta los árboles contribuyen a mejorar la calidad y el confort del espacio construido. La capa de vegetación que cubre el suelo reduce la temperatura, ya que absorbe la radiación solar; es decir no se calienta sino que invierte esta energía en procesos de fotosíntesis, conservando su temperatura y disipando el calor restante al ambiente mediante la evapotranspiración que se produce en sus hojas. Se debe de considerar que a mayor densidad en el follaje de la vegetación que rodee una edificación, mayor nivel de sombreado, además es necesario utilizar especies siempre verdes para

que en la época seca, donde las temperaturas alcanzan su máximo, siga existiendo protección de radiación. Por el contrario no se recomienda tener pavimentos negros pues absorben el calor, lo irradian y se transmiten al interior.

#### Superficie de agua

El efecto termorregulador es una característica que posee las masas de agua que les permiten disminuir la temperatura del aire alrededor de ellas. El agua utiliza el calor del aire para pasar del estado líquido a vapor y de ésta forma la temperatura del aire se ve reducida y la humedad relativa del aire aumenta.

Las superficies de agua deben orientarse en las fachadas que poseen menores niveles de incidencia solar crítica, y protegerlas con mecanismos de control solar como pérgolas o vegetación que generen sombra sobre ellos, de esta forma la radiación solar no producirá aumento en la temperatura del agua ni el aire y se controla el deslumbramiento y la reflexión de calor. Por otro lado se deben de posicionar preferiblemente en las fachadas que reciben los vientos predominantes, de forma que estos se enfríen antes de entrar a las edificaciones.

La instalación de terrazas, elementos tipo puente y otros sobre los espejos de agua producen que parte de la superficie del agua se mantenga totalmente protegida de la radiación, de esta forma la masa de agua mantiene su temperatura baja y es más fácil que el efecto de termorregulación funcione. Para climas calientes, es recomendable utilizar una amplia masa de agua. El efecto termorregulador funciona por contacto directo entre el aire y el agua por lo que se recomienda utilizar espejos de agua grandes en proporción a la fachada (ver Fig. 4.8.2). Así mismo se recomienda una profundidad de 20cm de agua, de ésta forma se evitará el calentamiento.

Esta estrategia funciona en zonas secas como en el bs-T. En zonas más húmedas como el bh-T se recomienda la utilización de un diseño mixto, el cual facilite un uso alterno del área destinada a espejos de agua durante la época lluviosa. En zonas de humedad alta y época lluviosa en casi todo el año como el bmh-T no se recomienda aplicar esta estrategia.



### 4.8.2 Habitable

De acuerdo a las diferencias climáticas en este piso altitudinal, se plantean configuraciones del espacio habitable para dos regiones :

- Región Pacífico Norte (bs-T y bh-T)
- Región Pacífico Central, Pacífico Sur y Atlántico (bh-T y bmh-T)

Región Pacífico Norte: bs-T y bh-T

Para establecer las primeras proporciones del espacio habitable se toma como referencia la variable cultural de la arquitectura Chorotega, donde las viviendas contaban con alturas de piso a cielo de 3 metros en adelante, lo cual resulta ideal como estrategia de mitigación de calor, ya que por un lado al aumentar el volumen de espacio interno se calienta menos el espacio y, por el otro lado, al elevar la altura del cielo se concentraba el aire caliente en la parte superior del espacio alejándolo del usuario. Alturas de 2,8 a 3 metros funcionan muy bien bajo los principios mencionados anteriormente de variación la temperatura interna de un espacio según su altura (ver Fig.4.8.3).

Debido a las altas temperaturas y exposición del volumen a la radiación solar en verano, se plantean configuraciones con vacíos y patios internos, con el fin de que la vivienda se vuelque sobre si misma generando un microclima de espacios sombreados. Si bien el ancho mínimo para éstos es dado por el Reglamento de Construcciones, aquí se proponen otras proporciones con la intención de entender su lógica a nivel de confort.

El patio se considera como un espacio fresco que incrementa la ventilación y sombreado en los espacios internos, por esto su eje longitudinal debe ir de norte a sur, es decir transversal a la trayectoria solar, permitiendo tener mayor control de las alturas solares cercanas a los 90 grados y generando el mayor sombreado sobre las fachadas las fachadas más largas. Por este motivo, el ancho de los patios se deben diseñar a partir de la relación espacial del mismo con respecto a las posiciones solares norte, las cuales son las mas perpendiculares y difícil de proteger (ver Fig.4.8.4). El uso de vegetación o dispositivos de control solar en estos espacios mitigan aún más la incidencia solar. Los espejos de agua mencionados en la configuración del

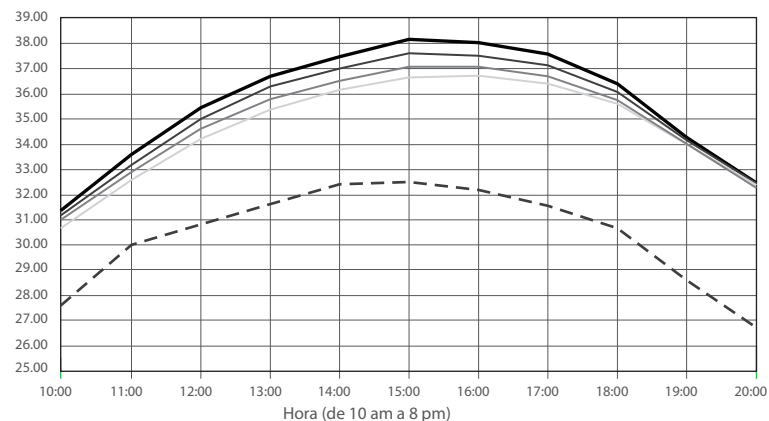


Fig. 4.8.3. Variación de la temperatura en función de la altura mínima de piso terminado a cielo, ideal para las zonas de piso Basal (modificado por autores).

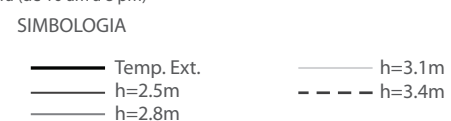
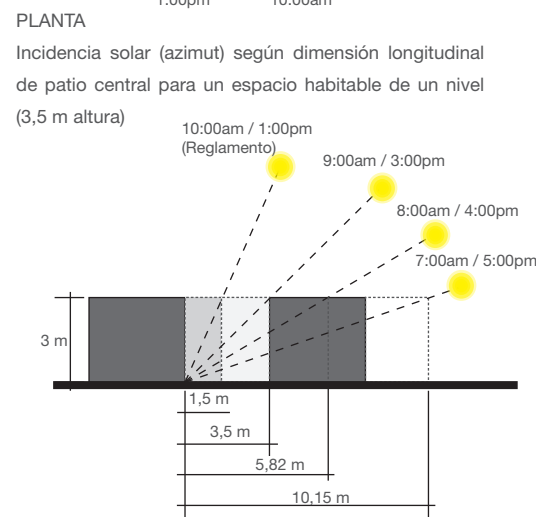
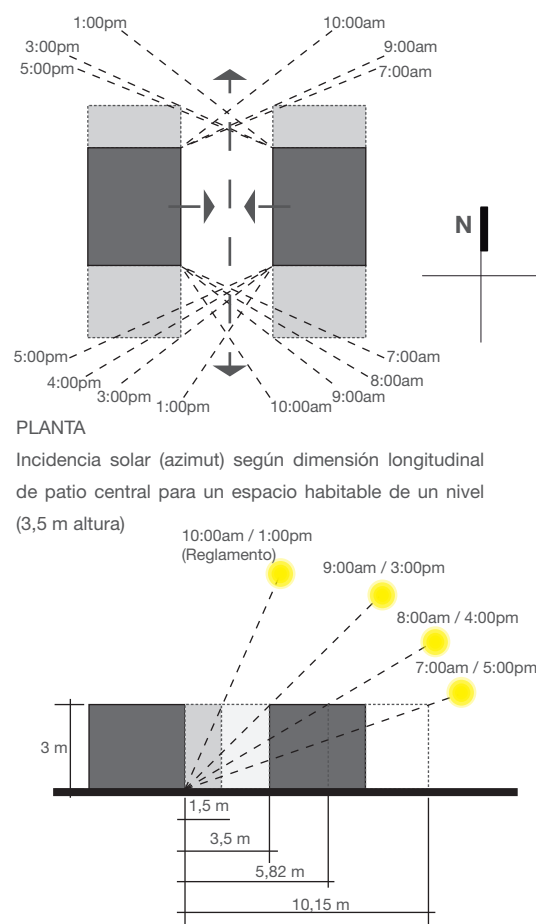


Fig. 4.8.4. Cálculo de ángulos solares para patio interno de un espacio habitable de un nivel.

Las dimensiones mínimas del patio para espacios habitables varía reglamentariamente según la altura de los muros que lo limiten, para espacios de altura de 3,5 m, la dimensión menor es de 1,5 m y el área de 3,00 m<sup>2</sup>.

Al disponerse el patio central con su eje longitudinal transversalmente a la trayectoria solar, permite mayor control de las alturas solares perpendiculares variando su ancho, como se ve evidencia en el corte transversal (elaborado por autores).



CORTE TRANSVERSAL. Incidencia solar (altura solar) según dimensión mínima de patio central para un espacio habitable de un nivel (3,5 m altura). Entre menos ancho, mayor es el sombreado, de las fachadas más largas.

espacio interior, se adaptan perfectamente a estos jardines, humedeciendo y refrescando más es espacio interno.

Se plantearon tres diferentes configuraciones formales existiendo así la posibilidad de adaptarse según la lotificación y contexto de la vivienda las cuales se pueden observar en la Fig.4.8.5.

Para cualquiera de estas configuraciones se recomienda la planta abierta, de distribución sencilla, con habitaciones a un solo lado de la circulación, ya que permite la disposición de mayor cantidad de aberturas en paredes opuestas, fomentando así la ventilación cruzada. Las aberturas de entrada de aire deben de estar a barlovento, se debe procurar que su área sea igual o 25% menor al área de las aberturas de salida. Se recomienda una distancia máxima entre la abertura de entrada y la de salida de 5 veces la altura del espacio habitable (ver Fig.4.8.6). Si esta dimensión es menor se deben establecer dispositivos de control de velocidad del aire, velocidades de 0.5 m/s a 0.8 m/s son las más recomendadas (Frixanet, Victor. Arquitectura Bioclimática).

Cabe mencionar que la división de los espacios no debe obstruir el diseño de la ruta del aire; por este motivo se debe de establecer cerramientos principalmente paralelos a la dirección del aire. Para los cerramientos perpendiculares se recomienda que sean móviles (que permitan el paso durante el día pero den privacidad durante la noche), o con aberturas o rejillas en su parte superior para permitir la salida del aire.

La proporción de aberturas en esta zona se debe ocupar entre un 25% a un 40% del área de la envolvente vertical y requieren ser provistas de estrategias de control solar. El sombreado, se alcanza tanto a nivel de volumetría (espacios salientes superiores generan sombra sobre los espacio inferiores), configuración de aleros o dispositivos de parasoles. Lo importante es establecer la relación proporcional tomando en cuenta la posición solar, en la Fig.4.8.7 se desarrolla el cálculo de dichas proporciones para cada punto cardinal, según su orientación solar óptima y el rango de protección por tipo de actividad.

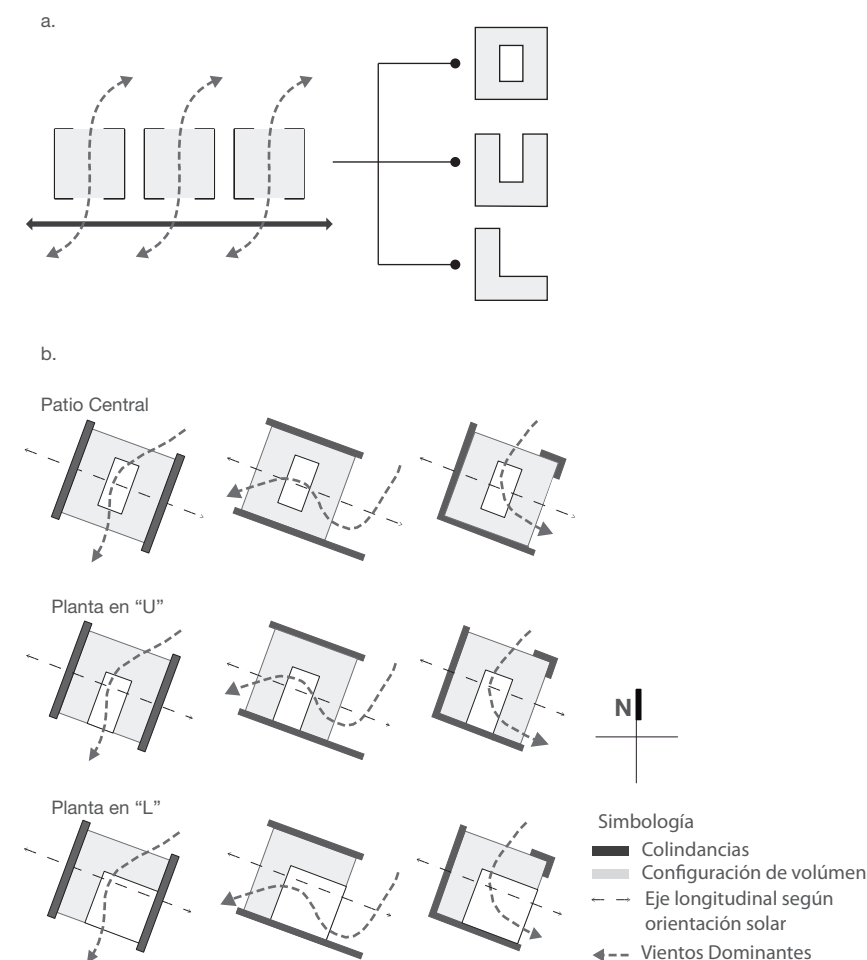


Fig.4.8.5. Configuración óptima en planta para bosque seco bosque húmedo región Norte (elaborado por autores):  
a. Espaciamento y forma.  
b. Posibilidades configuración según posibles colindantes

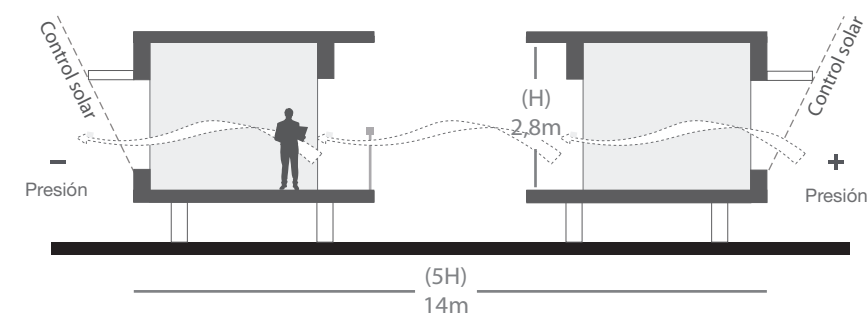
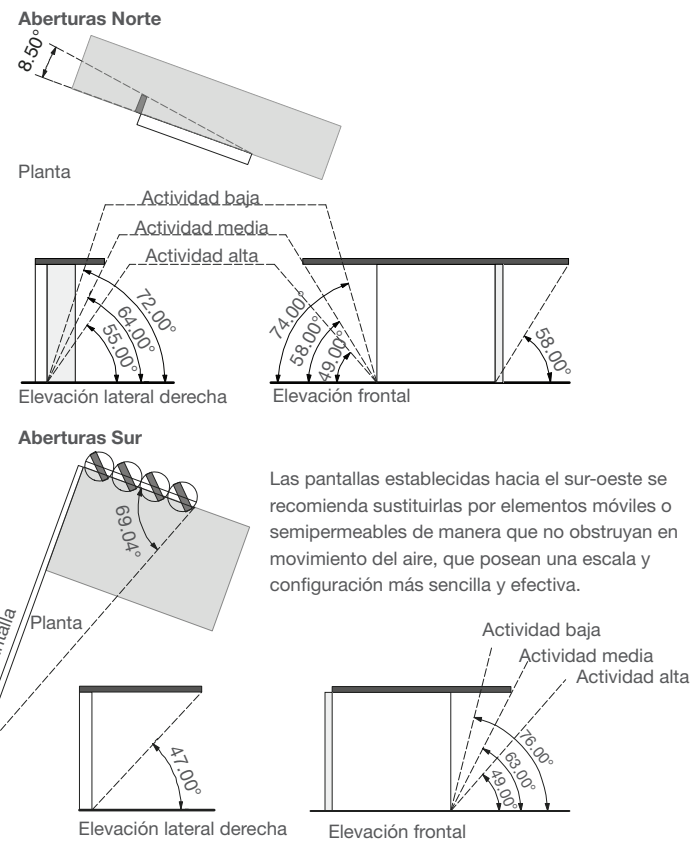
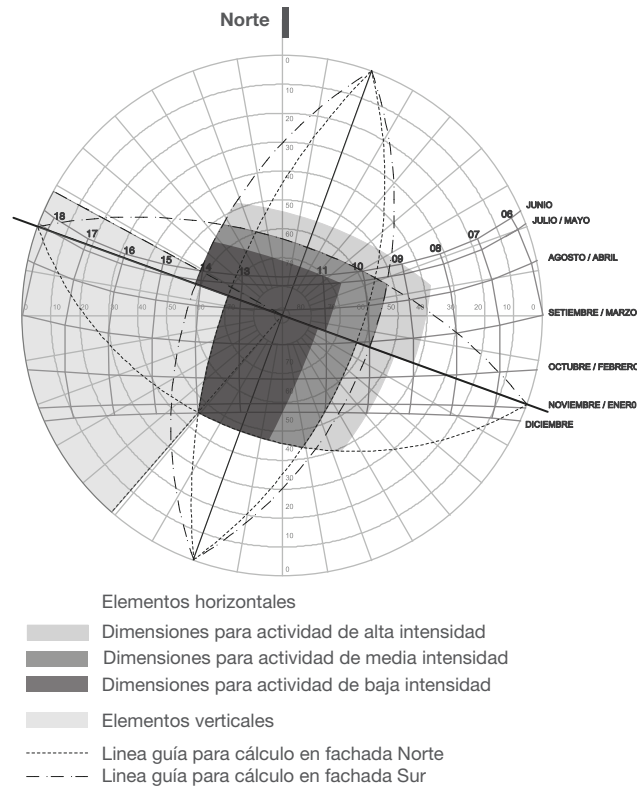


Fig. 4.8.6. Corte diagramático del funcionamiento espacio habitable con del patio central. Para que la ventilación cruzada sea efectiva se debe contar con una distancia de 5 veces la altura del espacio habitable. En caso de existir paredes internas, se debe procurar que sean paralelas a dirección de los vientos dominantes para no obstruir su paso (elaborado por autores).

Carta solar Norte y Sur



Carta solar Este y Oeste

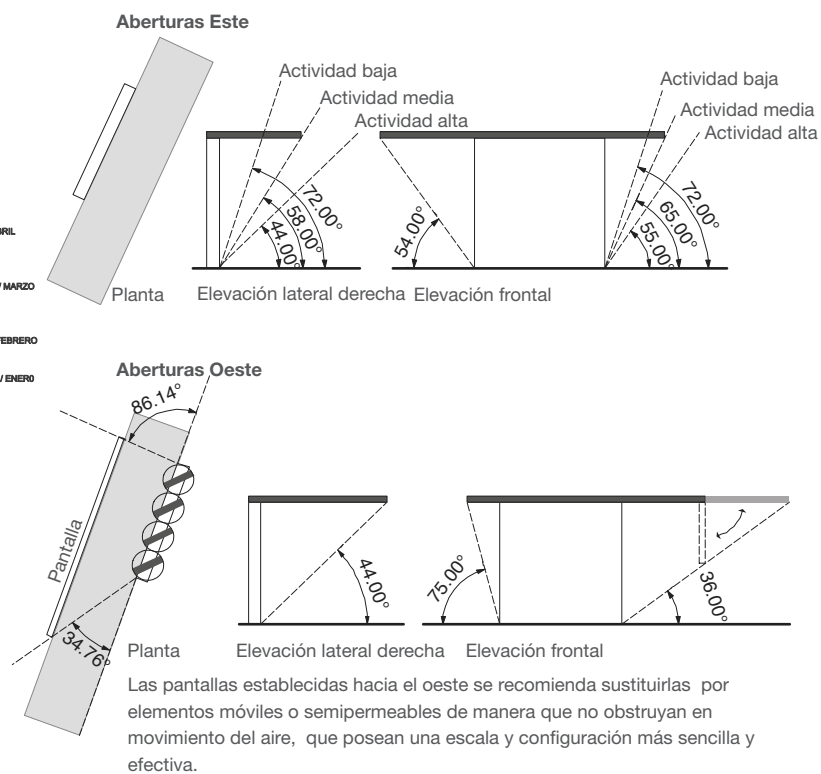
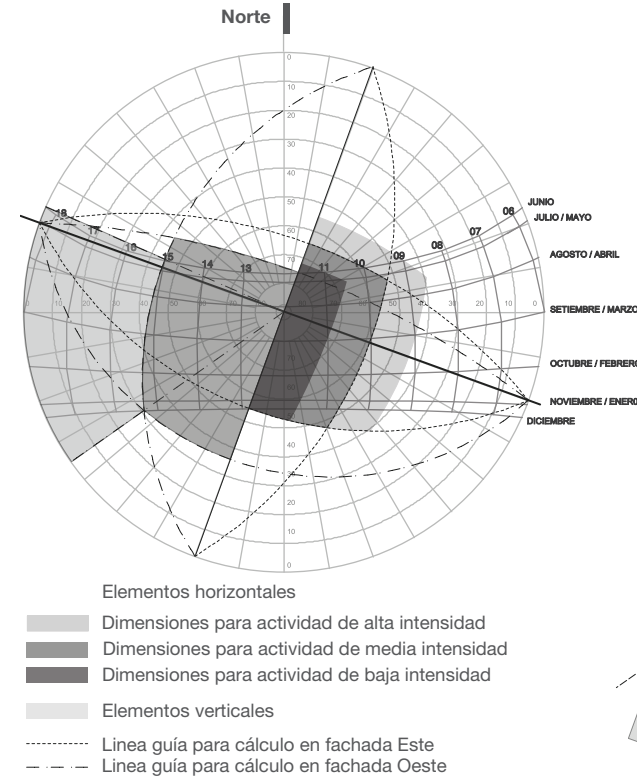


Fig.4.8.7. Cálculo de dispositivos de control solar para el bs-T y zonas similares. Estas dimensiones se toman a partir de los rangos de necesidad de control solar establecidos en el capítulo de rangos de Confort según la intensidad de la actividad que se desarrolla en cada espacio y partiendo de la orientación solar recomendada, en este caso 20° rotada con respecto al eje longitudinal que va de este a oeste. Para una mejor efectividad se deben de tomar en cuenta las sombras producidas por los edificios circundantes existentes sobre el edificio a diseñar (elaborado por autores).

Región Pacífico Central, Pacífico Sur y Atlántico: bh-T y bmh-T

En el caso de estas regiones, la configuración formal responde principalmente a los elementos climáticos de precipitación y alta humedad relativa. En cuanto a la altura del espacio habitable, se toma como referencia la variable cultural de la arquitectura bananera, donde las viviendas contaban con una altura de piso a cielo de alrededor de 3 metros y plantas alargadas sin vacíos internos. Dicha arquitectura ha funcionado por excelencia y sirve como ejemplo a seguir para las soluciones climáticas del entorno.

Se plantean configuraciones rectangulares dentro del rango de orientación descrito anteriormente (ver Fig.4.8.8). Los espacios habitables deben contar con una sola fila de habitaciones (de manera que permita la disposición de mayor cantidad de aberturas en paredes opuestas) fomentando así la ventilación cruzada. Además una circulación perimetral cubierta que de sombra al edificio y lo proteja de las fuertes lluvias. El uso de balcones o terrazas cubiertas, como recintos habitables en el exterior sirven para el mismo fin.

De acuerdo a la orientación según vientos dominantes, las aberturas de entrada de aire deben de estar a barlovento, se debe procurar que su área sea igual o 25% menor al área de las aberturas de salida. Se recomienda una distancia entre la abertura de entrada y la de salida de 5 veces la altura del espacio habitable (ver Fig.4.8.9). Si esta dimensión es menor se deben establecer dispositivos de control de velocidad del aire entrante para evitar altas velocidades del aire, velocidades de 0.5 m/s a 0.8 m/s son las más recomendadas (Frixanet, Víctor. Arquitectura Bioclimática).

Cabe mencionar que la división de los espacios no debe obstruir el diseño de la ruta del aire; por este motivo se debe de establecer cerramientos principalmente paralelos a la dirección del aire. Para los cerramientos perpendiculares se recomienda que sean móviles (que permitan el paso durante el día pero den privacidad durante la noche), o con aberturas o rejillas en su parte superior para permitir la salida del aire.

La proporción de aberturas en esta zona debe ocupar 40% a un 80% del área de la envolvente vertical y requieren ser provistas de estrategias de control solar. El sombreado, se alcanza tanto a nivel de volumetría (espacios salientes superiores generan sombra sobre los espacios inferiores), configuración de aleros o dispositivos de parasoles. Lo importante es establecer la relación proporcional tomando en cuenta la posición solar, en la Fig.4.8.10 se desarrolla el cálculo de dichas proporciones para cada punto cardinal, según su orientación solar óptima y el rango de protección por tipo de actividad. En caso de existir divisiones internas, estas deben permitir la circulación del aire entre espacios, por medio de aberturas, rejillas o bien que no lleguen hasta el cielo. Al igual que la otra región, se recomiendan barreras vegetales en el este y el oeste, principalmente, como medida para evitar la captación de calor en el volumen por medio del aislamiento orgánico y para refrescar los espacios de acuerdo a dirección de los vientos dominantes.

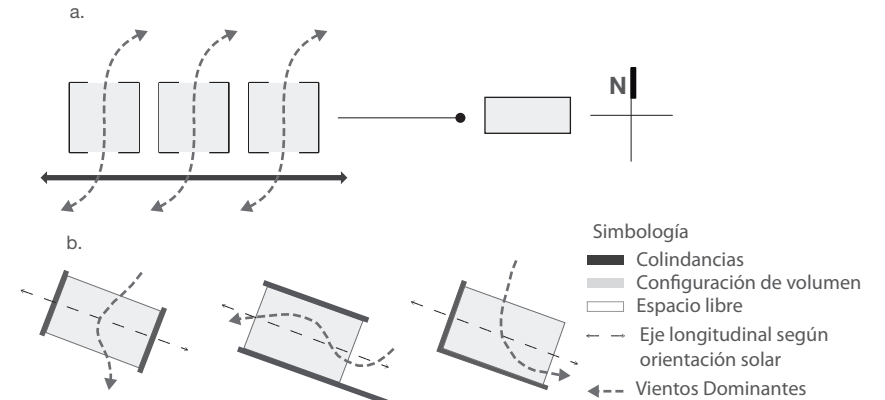


Fig.4.8.8. Configuración óptima en planta para el bosque seco y el bosque húmedo región Norte. (elaborado por autores):

- a. Espaciamento y forma.
- b. Posibilidades configuración según posibles colindancias.

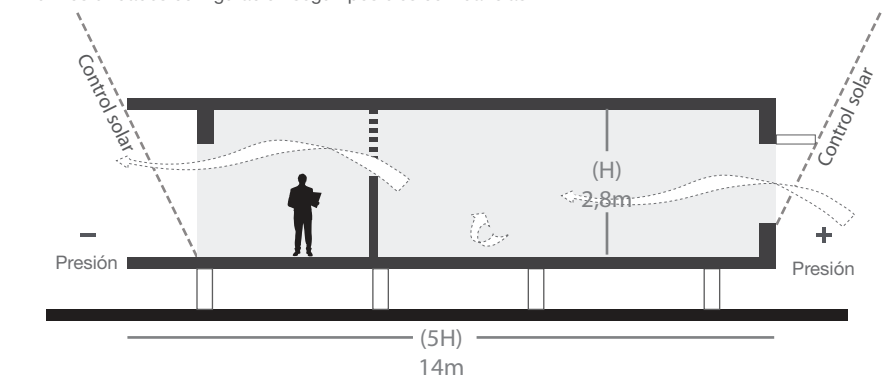
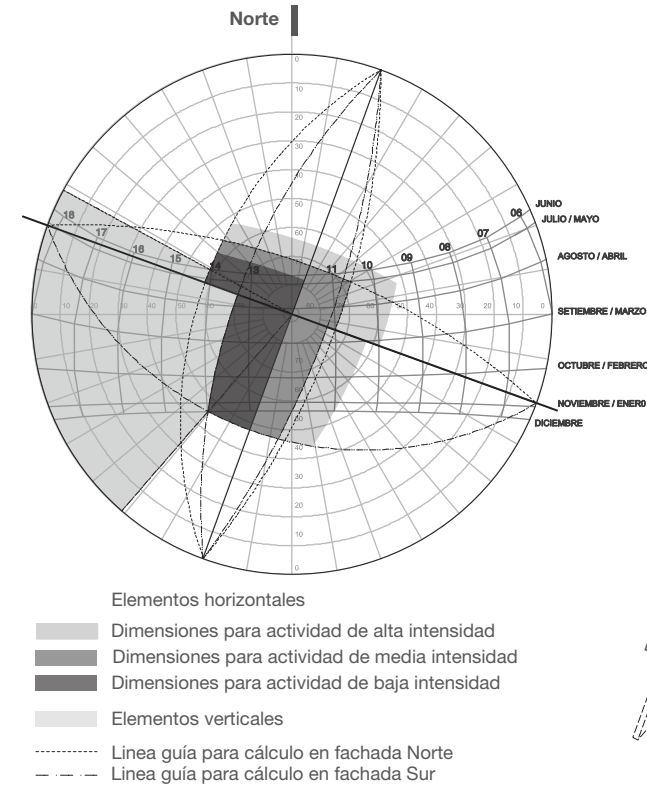


Fig.4.8.9. Corte diagramático de espaciamento sencillo Para que la ventilación cruzada sea efectiva se debe contar con una distancia de 5 veces la altura del espacio habitable. En caso de existir paredes internas, se deben procurar que sean paralelas a dirección de los vientos dominantes para no obstruir su paso (elaborado por autores).



**Carta solar Norte y Sur**



**Carta solar Este y Oeste**

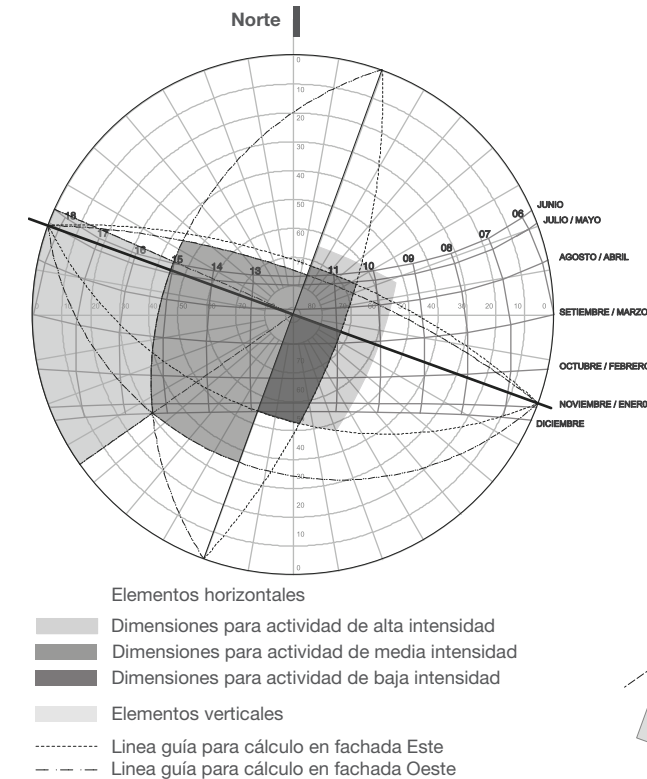
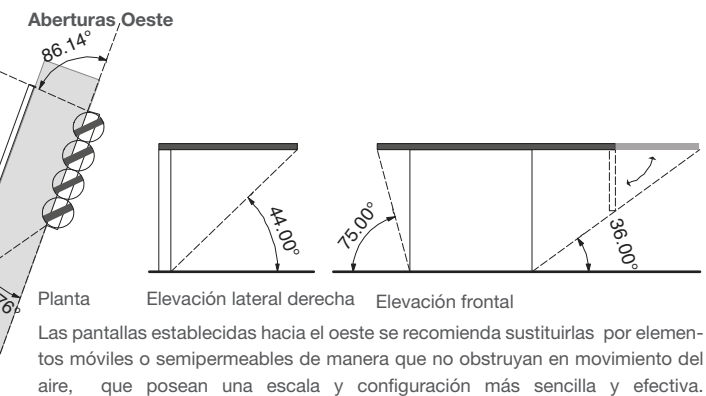
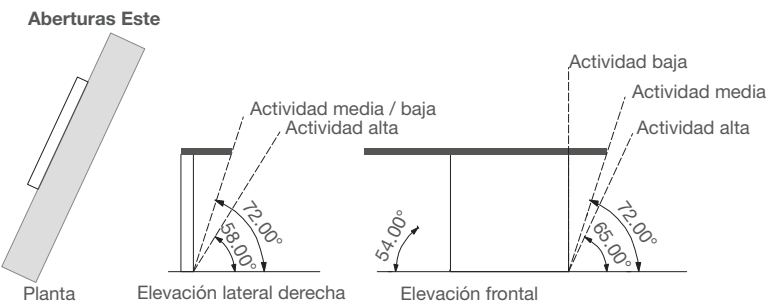
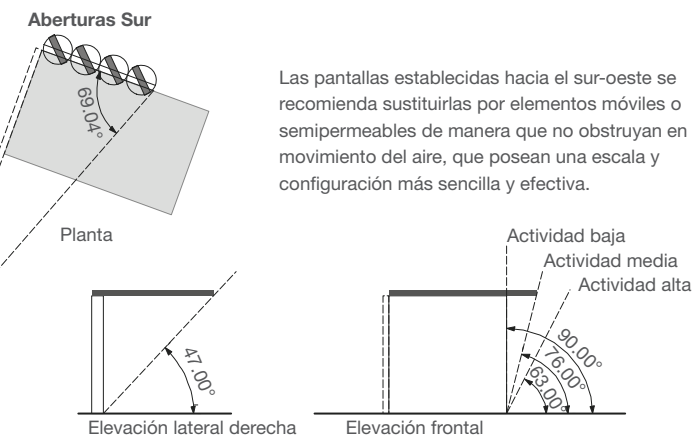
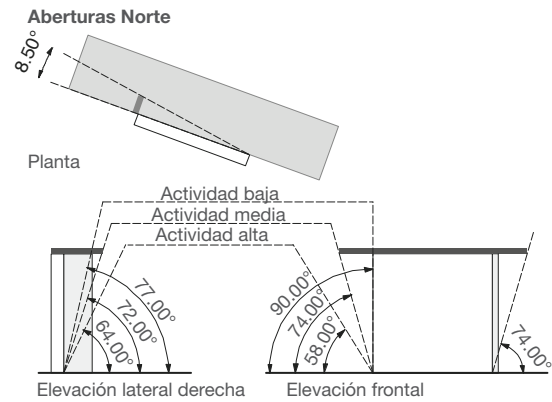


Fig.4.8.10. Cálculo de dispositivos de control solar para el bh-T y bmh-T, excepto el bh-T de la zona norte el cual tiene mayor similitud con las cartas desarrolladas para el bs-T. Estas dimensiones se toman a partir de los rangos de necesidad de control solar establecidos en el capítulo de rangos de confort según la intensidad de la actividad que se desarrolla en cada espacio y partiendo de la orientación solar recomendada, en este caso 20° rotada con respecto al eje longitudinal. Para mejor efectividad se deben tomar en cuenta las sombras producidas por los edificios circundantes existentes sobre el edificio a diseñar (elaborado por autores).



**4.8.3 Superior**

La envolvente superior recibe la mayor cantidad de radiación con respecto a las otras envolventes debido a su posición, en el caso del piso basal los altos niveles de radiación, humedad y precipitación exigen configurarla como un elemento que responda efectivamente a los requerimientos de éstas zonas. Como primera medida, se recomienda una envolvente con disposición este-oeste de su eje longitudinal, siguiendo la misma lógica del edificio comentada en capítulo de orientación, de manera que se disponga la mayor área principalmente hacia el norte y/o el sur. Por otro lado, varias direcciones de pendiente, generan mayor cantidad de sombra sobre el edificio y permiten que, de la totalidad de la envolvente, la incidencia solar sea solo parcial y por ende se dé una menor ganancia de calor. (ver Fig. 4.8.11).

Basado en la observación de viviendas vernaculares, la configuración más utilizada en la arquitectura de estas zonas es la plana inclinada de dos o cuatro aguas simétricas entre sí, haciendo que los rayos solares incidan directamente solo en la mitad o la cuarta parte de la superficie de la envolvente respectivamente. Éstas a su vez se configuran abiertas para fomentar la estrategia de disipación de calor mediante el movimiento interno del aire (ver Fig. 4.8.12.a). Otras tipologías son válidas para este tipo de clima, como por ejemplo, las chimeneas solares y torres de enfriamiento (ver Fig. 4.8.12.b), éstas se desarrollan a mayor detalle en las Pautas Específicas de este piso.

Las pendientes observadas van de un 25% a 60% en la arquitectura colonial, y 100% o más en ranchos chorotegas, esto responde al principio que establece que entre más perpendicular se disponga la superficie con respecto a los rayos del sol más calor puede absorber, o en el caso contrario repeler. Cada 10° de inclinación del plano de la techumbre representan entre un 10 a 15% de menor ganancia de calor (Salomón, 1982 citado por Gozáles, 2009). Tomando en cuenta éstos principios se recomienda el uso de cubiertas planas inclinadas, de configuraciones simples e inclinación pronunciada de 30% o más (ver Fig.4.8.13), para lograr una menor incidencia solar, generar una buena escorrentía y ampliar el volumen de aire interno para evitar su rápido calentamiento.

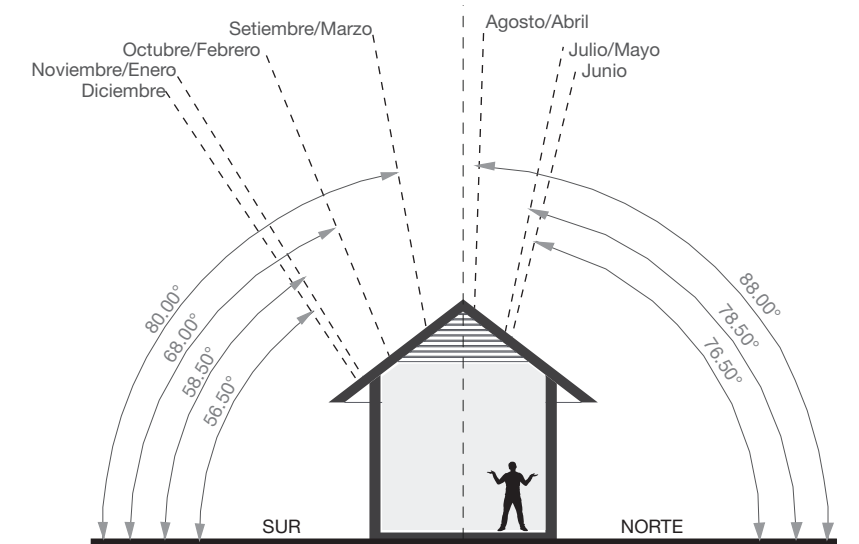


Fig.4.8.11. Gráfico izquierdo: configuración de cerramiento superior. Corte transversal con trayectoria solar de todo un año. Ángulos de altitud solar del 1° de cada mes a las 12:00 mediodía (elaborado por autores).

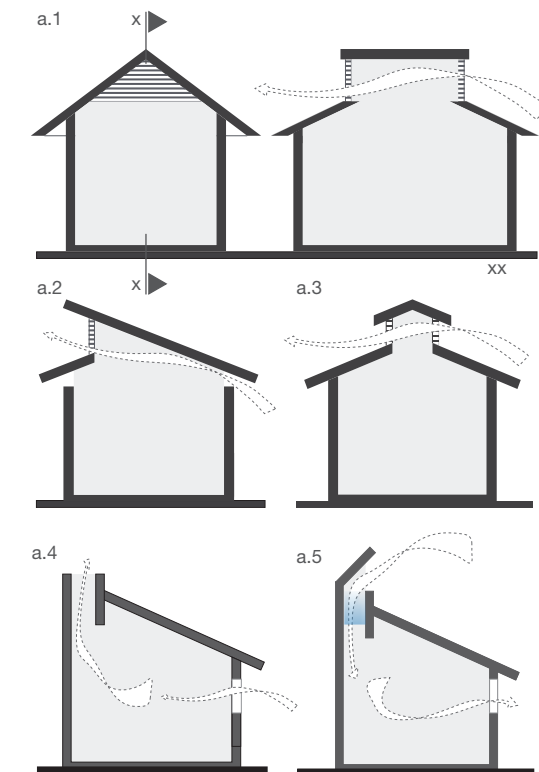


Fig.4.8.12. Ejemplos de configuración del espacio superior efectivos para el piso Basal (elaborado por autores).  
Figura a. Configuraciones que propician la mitigación de calor por estrategia de aislamiento resistivo (aplicables a cubiertas simples de 1 o más aguas) ejemplos:  
a.1. Tipología arquitectura bananera y de ranchos chorotegas de 4 aguas con rejillas o espacio para ventilación.

Figura b. Configuraciones que propician la mitigación de calor por estrategia de disipación:  
b.1. Monitor unilateral  
b.2. Monitor central.  
b.3. Chimenea solar  
b.4. Torre evaporativa  
Todas estas configuraciones pueden establecerse con cubiertas curvas ya que aplican las mismas pautas de configuración para éstas.

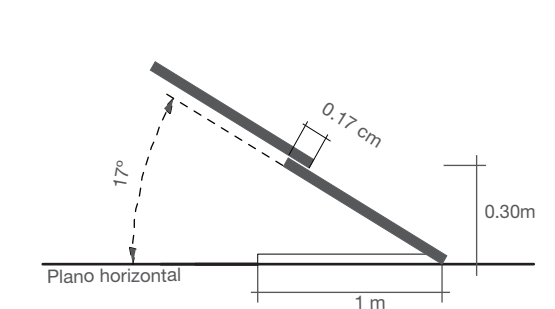


Fig.4.8.13. Gráfico de absorción de calor del cerramiento superior, según su inclinación con respecto al sol. Cada 10° de inclinación del plano del cerramiento horizontal superior, representa de 10% a 15% de menor ganancia de calor por radiación aproximadamente. Traslape aproximado según pendiente para zonas lluviosas, el traslape es inversamente proporcional a la pendiente (elaborado por autores).

En el caso de las envolventes curvas, a pesar de que la exposición solar es continua, tienen por principio de configuración una ganancia de calor baja; ya que la incidencia de la radiación solar en ellas es perpendicular al arco en un solo punto siempre y cuando se mantenga la disposición Este-Oeste. Por este motivo cubiertas de este tipo pueden ser utilizables también en este clima.

Cabe mencionar que el uso de aleros, pérgolas, terrazas o corredores perimetrales techados minimizan las ganancias solares, teniendo en cuenta los ángulos solares que se quieren evitar, y protegen contra las lluvias. En la arquitectura vernácula observada en esta investigación, el diseño de corredores y terrazas implica una proyección de 2 a 3 metros de la envolvente superior.

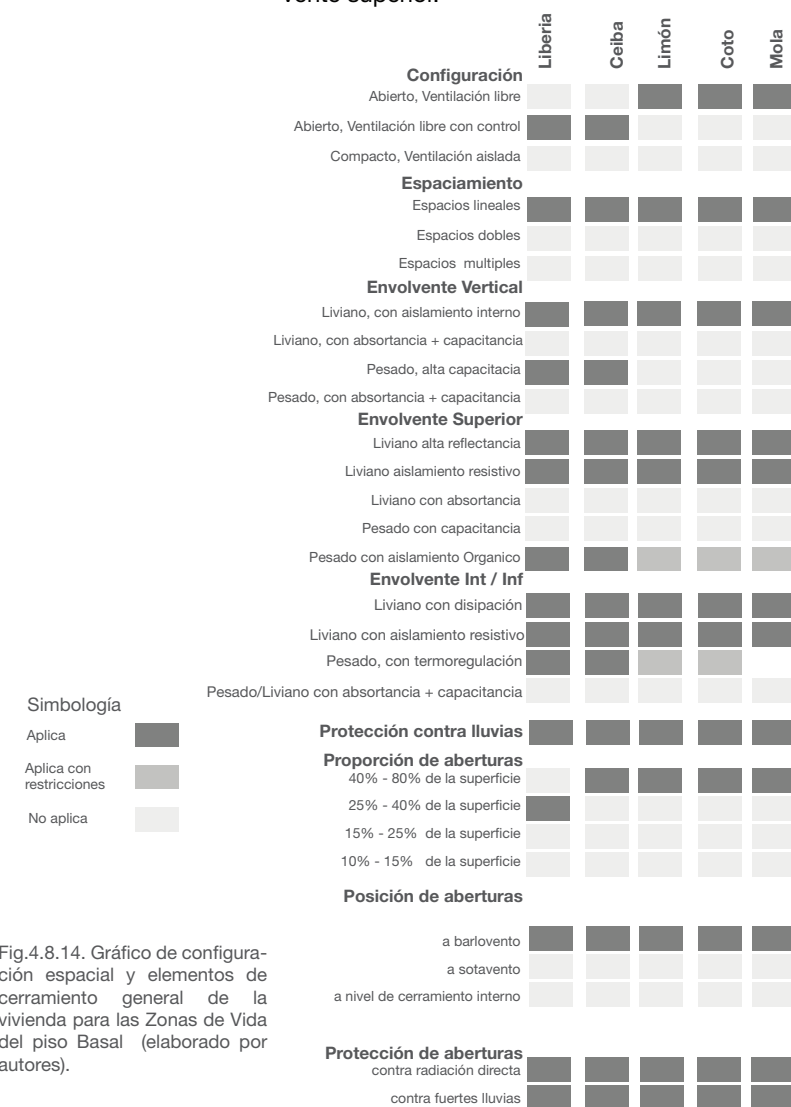


Fig. 4.8.14. Gráfico de configuración espacial y elementos de cerramiento general de la vivienda para las Zonas de Vida del piso Basal (elaborado por autores).

En la tabla de la Fig. 4.8.14 se enumera los aspectos generales de configuración tanto del espacio como de los elementos constructivos. Se debe buscar un edificio de espacios abiertos y de disposición simple que permita la ventilación cruzada de manera efectiva.

En el lado Pacífico por ser más seco se deben tener controles de ventilación para evitar que el calor externo ingrese al espacio. Sistemas de enfriamiento del aire se discutirán a mayor detalle en las Pautas Específicas aplicables a estas zonas.

Las aberturas son grandes para el bhm-T y el bh-T de la región Caribe y Norte, y medianas para el bs-T y el bh-T de la región Pacífico Norte, lo cual es parte de la estrategia de control de ventilación expuesta anteriormente. Conjuntamente se debe contemplar la protección contra lluvias y radiación directa, esta última se define como estrategia de control solar, establecida en las pautas específicas del cerramiento vertical para el piso basal.

En cuanto a la envolvente vertical para los lugares más secos y cálidos tanto cerramiento liviano como pesado son utilizables como estrategias de mitigación de calor. El primero bajo el principio de aislamiento resistivo o control convectivo y el segundo mediante el principio de aislamiento capacitivo. Cabe mencionar que los materiales de alta inercia térmica se deben disponer en los cerramientos externos de la edificación. Para las zonas más húmedas la masa térmica pierde efectividad aislante si no se impermeabiliza.

Para la envolvente inferior e intermedio, las condiciones son las mismas para todas las zonas de vida, puede ser pesado o liviano, siendo el segundo de mayor conveniencia en las zonas de mayor humedad. Se configura como un elemento disipador del calor, existen dos posibilidades de enfriamiento, conductivo y convectivo, comentados con mayor detalle dentro de las pautas específicas.

La envolvente superior se debe establecer liviano y aislado tanto a nivel resistivo como radiante, a su vez dicha configuración puede fusionarse con estrategias de disipación de calor para mejorar la función del elemento.

Todas estas estrategias referentes a los diversos tipos de cerramientos se desarrollan en las pautas específicas, sumadas a otras posibilidades que se pueden trabajar en conjunto.

#### 4.9 Distribución Espacial

La distribución espacial se establece a partir de la definición de las necesidades a nivel de confort por tipo de actividad según los parámetros de confort arrojados por los Climogramas de Bienestar Adaptados y la temporalidad de uso aquí establecida (ver Fig. 4.9.1 y Tabla 4.9.1).

Para las actividades de reposo, se toma el rango de 20:00 a las 8:00 horas para definir su posicionamiento espacial, ya que las demandas de confort por tipo actividad no son altas y su uso se intensifica en las horas de la noche y madrugada, donde las temperaturas caen hasta los límites más bajos de la zona, los espacios destinados a esta actividad se proponen disponerlos al sur. Aunque recibe más radiación con respecto al norte a lo largo del año, el sur, se complementa mejor con estas actividades ya que la sensación de calor no se incrementa significativamente por actividad metabólica y, por temporalidad de uso se da fuera de las horas más cálidas. Posiciones hacia el este también son válidas ya que después de las bajas temperaturas experimentadas a lo largo de la noche, la sensación de calor siempre es menor con respecto al oeste y a partir de medio día la incidencia solar sobre este punto deja de ser directa.

Para las actividades de carácter social relacionados a la actividad media, se toma el rango de las 8:00 a las 22:00 horas para definir su posicionamiento. Estos deben procurar el norte, donde la inclinación solar se prolonga menos a lo largo del año con respecto al sur, haciéndola la ubicación más fresca. Además las alturas solares se mantienen cerca a los 90 grados, facilitando el control solar a las horas de uso del espacio. El este también es válido como en el caso de las actividades bajas.

Los espacios de servicio relacionados a la actividad de intensidad alta, exceptuando la cocina, tiene un uso intermitente a lo largo del día; es por este motivo que se ubican en los puntos orientados al oeste, ya que es la ubicación más fresca durante las horas de la mañana, cuando se realizan mayormente las actividades de servicio, y el sol no incide directamente en el espacio aún. Si se desea ubicar espacios de mayor estancia al oeste se debe implementar necesariamente las estrategias para evitar la ganancia de calor, ya que ésta es la ubicación más cálida (debido a la acumulación de calor en el ambiente a lo largo del día que se suma al calor por radiación) y de mayor dificultad de control solar por los ángulos de incidencia, cuando el sol se acerca al horizonte.

En el caso de la cocina que tiene cargas internas de calor por los electrodomésticos, se debe evitar la transferencia de ese calor a los demás espacios.

Es por este motivo que debe ir dispuesta estratégicamente a sotavento, de manera que no interfiera con la ruta de viento del edificio; por ende se debe tener en cuenta los vientos predominantes de cada zona y como ingresan al edificio.

Los espacios de circulación, deben reducirse al mínimo para no tener pasillos enclaustrados internos que impidan el movimiento del aire, en el caso de corredores externos se recomienda sean cubiertos de manera que generen un espacio de transición entre el exterior y el interior que refresque el cerramiento horizontal y/o los proteja contra la lluvia, las terrazas y balcones puede servir para el mismo fin.

En cuanto a dimensiones se establecen relaciones específicas a nivel de altura, largo y ancho del espacio habitable y el porcentaje de aberturas con respecto al área de cerramiento vertical, cumpliendo con las áreas mínimas para espacios de vivienda, del Reglamento de Construcciones de Costa Rica éstas son mayores a las establecidas ya que se busca establecer espacios acordes a las

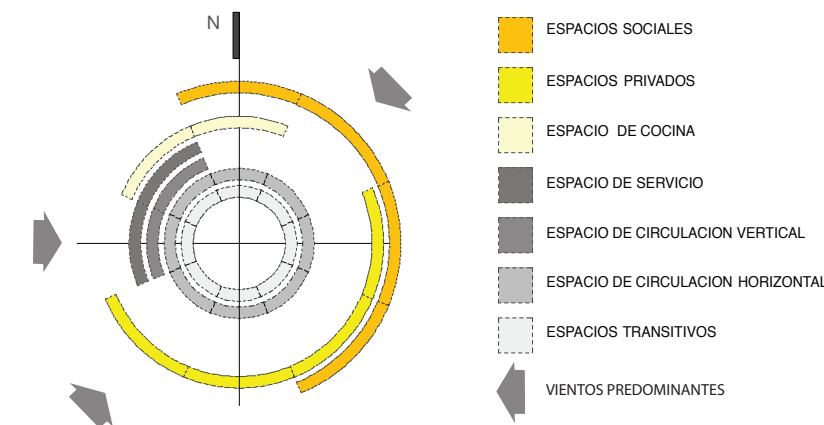


Fig. 4.9.1. Gráfico de disposición espacial de la vivienda para las zonas de vida del piso Basal (elaborado por autores).

|                   | AREA (m <sup>2</sup> ) | ALTURA (m)  | VOLUMEN (m <sup>3</sup> ) | RELACION LARGO-ANCHO (m) | RELACION ABERTURA CERRAMIENTO (%) | RELACION CERRAMIENTO (%)         | # pers. |
|-------------------|------------------------|-------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------|
|                   |                        |             |                           |                          | bs-T<br>bh-T(R.P.N.)              | bh-T(R.C.)<br>bhm-T              |         |
| SALA              | 7                      | 2,80 - 3,00 | 19,6                      | 1:1.2                    | 20%-40%<br>(de área de la pared)  | 40%-80%<br>(de área de la pared) | 5       |
| COMEDOR           | 7,5                    |             | 21                        | 1:1.2                    |                                   |                                  | 6       |
| ESTUDIO           | 5                      |             | 14                        | 1:1.25                   |                                   |                                  | 2       |
| DORMITORIO PRINC. | 10                     |             | 28                        | 1:1.45                   |                                   |                                  | 2       |
| DORMITORIO SEC.   | 8,10                   |             | 22,68                     | 1:1.3                    |                                   |                                  | 2       |
| COCINA            | 5,5                    |             | 15,4                      | 1:1.2                    |                                   |                                  | 2       |
| CUARTO DE PILAS   | 3,6                    |             | 8,64                      | 1:1.4                    |                                   |                                  | 2       |
| BAÑO              | 4,1                    |             | 6,24                      | 1:1.25                   |                                   |                                  | 1       |
| GARAGE            | 14,3                   |             | 34,32                     | 1:2.1                    |                                   |                                  | -       |
| CIRCULACIÓN       | ancho min. 1,2m        |             | -                         | ancho min. 1,2m          |                                   |                                  | -       |
| ESP. AMORTIGUADOR | -                      | -           | -                         | -                        |                                   |                                  |         |

Tabla 4.9.1. Tabla de áreas, volumen, relaciones y temporalidad de los espacios habitacionales para las zonas de vida del piso Basal (elaborado por autores).



Observaciones:

- Es importante aclarar que las especies recomendadas en este documento, son ejemplos no exhaustivos a utilizar.
- Algunas especies recomendadas no sólo cumple como estrategias bioclimáticas sino que también fueron escogidas por su belleza paisajística, sus beneficios ambientales, por brindar frutos, floración y por atraer animales.

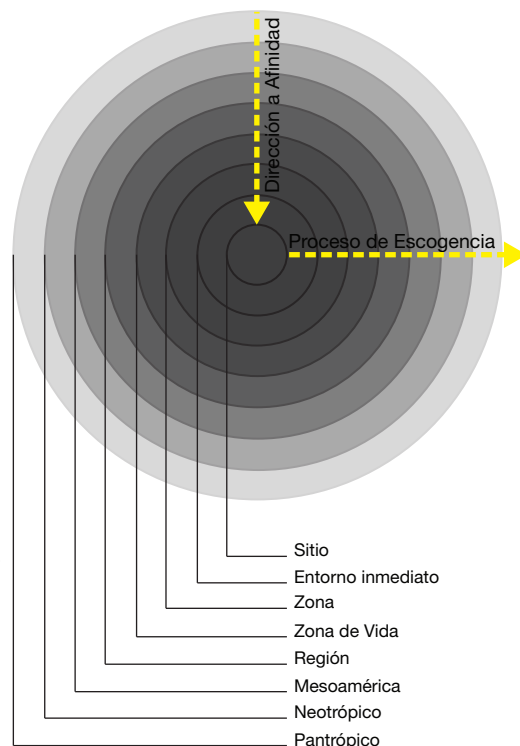


Fig. 4.10.1. "Círculo de Escogencia por Afinidad Ecológica" elaborado por el arquitecto costarricense Alberto Negrini Vargas. (modificado por autores).

### 4.10 Vegetación

La vegetación permite dar sombra, filtrar el polvo en suspensión, hacer de pantalla a los vientos al mismo tiempo que favorece la ventilación, limpia la atmósfera, oxigena el aire y lo refresca por evapotranspiración (Ugarte, 2007). La escogencia de cada especie vegetal debe responder primeramente a una necesidad climática-arquitectónica. De ésta forma las especie debe cumplir una lista de características y requerimientos que se necesitan para poder llevar a cabo su función como estrategia bioclimática en cada proyecto.

Se tomó el protocolo "Círculo de Escogencia por Afinidad Ecológica" elaborado por el arquitecto costarricense Alberto Negrini Vargas para la escogencia de las especies vegetales incluidas en este apartado (ver Fig. 4.10.1). Como punto de partida, se recomienda utilizar especies encontradas en cada sitio; en caso de que ninguna sirva para la función necesitada, se deberá de buscar en el entorno inmediato. Dicho proceso se repite hasta llegar a el grupo de plantas del Pantrópico. Al escoger una planta siguiendo este protocolo de escogencia, se garantiza que cada especie utilizada se adaptará plenamente al entorno donde se introduzca y funcionará de manera integral con el contexto.

En este piso altitudinal se identifican tres pautas principales como usos de la vegetación dentro de la arquitectura: Como barreras y pantallas para evitar la captación de calor, como control solar y como control de vientos.

#### 4.10.1 Evitar la Captación de Calor

Una forma de evitar la captación de calor es por medio de un elemento orgánico ya que este no se calienta; por el contrario, absorbe la radiación solar e invierte esta energía en procesos de fotosíntesis, conservando su temperatura y disipando el calor restante al ambiente mediante la evapotranspiración que se produce en sus hojas. El aislamiento orgánico se puede dar en las envolventes verticales y/o en envolventes horizontales; por ejemplo, trepadoras en paredes y cubiertas verdes. En ambos casos de deben tomar las medidas necesarias de riego y de aislantes para evitar problemas de humedad en los espacios (ver Tabla. 4.10.1).

| Pauta:                      | Evitar la Captación de Calor   |              |                   |                    |                   |                   |                    |                   |                         |                           |                       |                |              |                 |                   |                |                      |                       |                |                           |                       |                      |                           |                             |                 |                    |                   |  |
|-----------------------------|--|--------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------|--------------|-----------------|-------------------|----------------|----------------------|-----------------------|----------------|---------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--|
| Usos:                       | Paredes Verdes<br>Cubiertas Verdes   |              |                   |                    |                   |                   |                    |                   |                         |                           |                       |                |              |                 |                   |                |                      |                       |                |                           |                       |                      |                           |                             |                 |                    |                   |  |
| Características:            | Raíces pequeñas y fuertes<br>Resistentes a la radiación directa<br>Resistentes al viento<br>Denso  |              |                   |                    |                   |                   |                    |                   |                         |                           |                       |                |              |                 |                   |                |                      |                       |                |                           |                       |                      |                           |                             |                 |                    |                   |  |
| Condicionantes:             | Sistema de riego y drenaje eficiente<br>Buena impermeabilización y aislantes<br>Instalación debe ser realizada por un profesional  |              |                   |                    |                   |                   |                    |                   |                         |                           |                       |                |              |                 |                   |                |                      |                       |                |                           |                       |                      |                           |                             |                 |                    |                   |  |
| Especies Sugeridas:         | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre Común</th> <th>Nombre Científico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Alacrán (cubierta)</td><td>Cyathula prostata</td></tr> <tr><td>Bellísima (pared)</td><td>Antigonon leptopus</td></tr> <tr><td>Bellísima (pared)</td><td>Antigonon guatemalensis</td></tr> <tr><td>Dissotis (cubierta/pared)</td><td>Dissotis rotundifolia</td></tr> <tr><td>Hiedra (pared)</td><td>Hedera hélix</td></tr> <tr><td>Ipomoea (pared)</td><td>Ipomoeae Violacea</td></tr> <tr><td>Jalapa (pared)</td><td>Allamanda cathartica</td></tr> <tr><td>Morning Glory (pared)</td><td>Ipomoea indica</td></tr> <tr><td>Portulaca(pared/cubierta)</td><td>Portulaca grandiflora</td></tr> <tr><td>Roble Sabana (pared)</td><td>Clystosoma callistegiodes</td></tr> <tr><td>Selaginela (cubierta/pared)</td><td>Selaginella spp</td></tr> <tr><td>Widilia (cubierta)</td><td>Wedelia trilobata</td></tr> </tbody> </table> | Nombre Común | Nombre Científico | Alacrán (cubierta) | Cyathula prostata | Bellísima (pared) | Antigonon leptopus | Bellísima (pared) | Antigonon guatemalensis | Dissotis (cubierta/pared) | Dissotis rotundifolia | Hiedra (pared) | Hedera hélix | Ipomoea (pared) | Ipomoeae Violacea | Jalapa (pared) | Allamanda cathartica | Morning Glory (pared) | Ipomoea indica | Portulaca(pared/cubierta) | Portulaca grandiflora | Roble Sabana (pared) | Clystosoma callistegiodes | Selaginela (cubierta/pared) | Selaginella spp | Widilia (cubierta) | Wedelia trilobata |  |
| Nombre Común                | Nombre Científico  |              |                   |                    |                   |                   |                    |                   |                         |                           |                       |                |              |                 |                   |                |                      |                       |                |                           |                       |                      |                           |                             |                 |                    |                   |  |
| Alacrán (cubierta)          | Cyathula prostata  |              |                   |                    |                   |                   |                    |                   |                         |                           |                       |                |              |                 |                   |                |                      |                       |                |                           |                       |                      |                           |                             |                 |                    |                   |  |
| Bellísima (pared)           | Antigonon leptopus   |              |                   |                    |                   |                   |                    |                   |                         |                           |                       |                |              |                 |                   |                |                      |                       |                |                           |                       |                      |                           |                             |                 |                    |                   |  |
| Bellísima (pared)           | Antigonon guatemalensis  |              |                   |                    |                   |                   |                    |                   |                         |                           |                       |                |              |                 |                   |                |                      |                       |                |                           |                       |                      |                           |                             |                 |                    |                   |  |
| Dissotis (cubierta/pared)   | Dissotis rotundifolia  |              |                   |                    |                   |                   |                    |                   |                         |                           |                       |                |              |                 |                   |                |                      |                       |                |                           |                       |                      |                           |                             |                 |                    |                   |  |
| Hiedra (pared)              | Hedera hélix   |              |                   |                    |                   |                   |                    |                   |                         |                           |                       |                |              |                 |                   |                |                      |                       |                |                           |                       |                      |                           |                             |                 |                    |                   |  |
| Ipomoea (pared)             | Ipomoeae Violacea  |              |                   |                    |                   |                   |                    |                   |                         |                           |                       |                |              |                 |                   |                |                      |                       |                |                           |                       |                      |                           |                             |                 |                    |                   |  |
| Jalapa (pared)              | Allamanda cathartica   |              |                   |                    |                   |                   |                    |                   |                         |                           |                       |                |              |                 |                   |                |                      |                       |                |                           |                       |                      |                           |                             |                 |                    |                   |  |
| Morning Glory (pared)       | Ipomoea indica   |              |                   |                    |                   |                   |                    |                   |                         |                           |                       |                |              |                 |                   |                |                      |                       |                |                           |                       |                      |                           |                             |                 |                    |                   |  |
| Portulaca(pared/cubierta)   | Portulaca grandiflora  |              |                   |                    |                   |                   |                    |                   |                         |                           |                       |                |              |                 |                   |                |                      |                       |                |                           |                       |                      |                           |                             |                 |                    |                   |  |
| Roble Sabana (pared)        | Clystosoma callistegiodes  |              |                   |                    |                   |                   |                    |                   |                         |                           |                       |                |              |                 |                   |                |                      |                       |                |                           |                       |                      |                           |                             |                 |                    |                   |  |
| Selaginela (cubierta/pared) | Selaginella spp  |              |                   |                    |                   |                   |                    |                   |                         |                           |                       |                |              |                 |                   |                |                      |                       |                |                           |                       |                      |                           |                             |                 |                    |                   |  |
| Widilia (cubierta)          | Wedelia trilobata  |              |                   |                    |                   |                   |                    |                   |                         |                           |                       |                |              |                 |                   |                |                      |                       |                |                           |                       |                      |                           |                             |                 |                    |                   |  |

Tabla. 4.10.1. Protocolo de escogencia para Evitar la Captación de Calor (elaborado por autores).

Dadas las condiciones climáticas de este piso altitudinal se recomienda que las especies seleccionadas sean de bajo mantenimiento y altamente resistentes a la radiación solar. Mientras más claras y brillantes sean las hojas, mayor será la reflexión de la radiación que incide en ellas. Tanto las paredes como las cubiertas verdes, reducen las variaciones térmicas entre la temperatura interior y la temperatura exterior ya que cumplen la función de retraso y amortiguamiento por medio del aislamiento orgánico.

Las paredes verdes pueden ser utilizada en el interior como en el exterior de los espacios, siempre y cuando tenga un sistema de riego eficiente; principalmente en verano (ver Fig. 4.10.2). En el caso de las cubiertas verdes, se debe considerarse si va a ser extensiva o intensiva, con el fin de calcular adecuadamente la estructura que deberá soportarla. La temperatura superficial de una cubierta vegetal puede ser 25°C menor que una cubierta inorgánica convencional (ver Fig. 4.10.3). Más adelante en el apartado de estrategia específicas para evitar la captación de calor, se explicará el comportamiento térmico porcentual de una cubierta verde.

#### 4.10.2 Control Solar

Como estrategia para el control solar se utiliza la vegetación como segundas pieles, ya que aporta sombra y reduce el soleamiento directo sobre las aperturas y/o envolventes (Neila, 2004). Dicho sombreado se da por medio de dispositivos horizontales y verticales para pantallas verdes, así como también árboles cercanos a las construcciones (ver Tabla 4.10.2).

La pantalla verde es una estructura independiente de la envolvente vertical cubierto de plantas de rápido crecimiento. Este sistema permite un ingreso controlado de la luminosidad reduciendo la radiación solar directa, de forma que filtra el exceso de claridad natural y atenúa los efectos de reverberación o encandilamiento gracias a la presencia de sombra. Por otra parte, los procesos de convección colaboran refrescando la envolvente, disminuyendo la incidencia solar y por ende la transmisión de calor al interior del espacio (Ugarte, 2007).

Hay dos tipos de pantallas; las verticales y las horizontales, mejor conocidas como pérgolas verdes (ver Fig. 4.10.4).

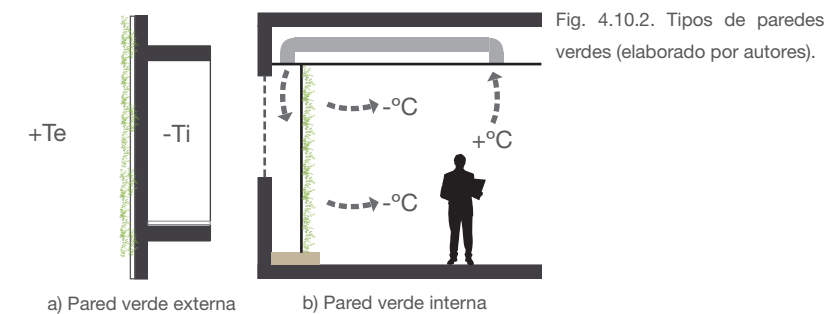


Fig. 4.10.2. Tipos de paredes verdes (elaborado por autores).

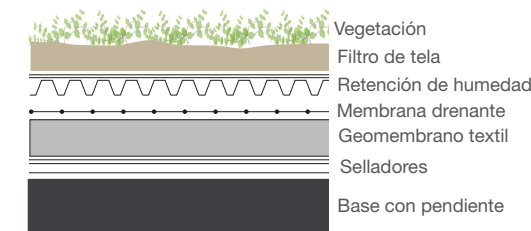


Fig. 4.10.3. Estratos de una cubierta verde (elaborado por autores).

Tabla 4.10.2. Protocolo de escogencia para Control Solar (elaborado por autores).

| Pauta:                      | Control Solar  |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
|-----------------------------|--|--------------|-------------------|--------------------------|----------------|------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------------|---------------|----------------------|---------------|-----------------|------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|---------------------|----------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------|--------------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|--------------------|--|----------------------------|--|---------------------------|--|
| Ejemplos:                   | Vegetación como doble piel<br>Vertical (pantallas) y Horizontal (pérgolas)<br>Árboles en el entorno inmediato  |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Características:            | Siempre verde<br>Multi capa<br>Denso<br>Sombra directa   |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Condicionantes:             | Sistema de riego y drenaje eficiente<br>Distancia entre árbol y construcción<br>Árboles con raíces no invasivas  |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Especies Sugeridas:         | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre Común</th> <th>Nombre Científico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Almendo de playa (árbol)</td><td>Andira inermis</td></tr> <tr><td>Bellísima (enredadera)</td><td>Antigonon leptopus</td></tr> <tr><td>Bellísima (enredadera)</td><td>Antigonon guatemalensis</td></tr> <tr><td>Cacao (árbol)</td><td>Theobroma cacao</td></tr> <tr><td>Caimito (árbol)</td><td>Chrysophyllum cainito</td></tr> <tr><td>Caoba (árbol)</td><td>Swietenia macrophyll</td></tr> <tr><td>Cedro (árbol)</td><td>Cedrela odorata</td></tr> <tr><td>Cenizaro (árbol)</td><td>Samanea saman</td></tr> <tr><td>Garrobo (enredadera)</td><td>Syngonium podophyllum</td></tr> <tr><td>Helecho blanco (enredadera)</td><td>Pteris ensiformis</td></tr> <tr><td>Ipomoea (enredadera)</td><td>Ipomoeae violacea</td></tr> <tr><td>Jalapa (enredadera)</td><td>Allamanda cathartica</td></tr> <tr><td>Limoncillo (árbol)</td><td>Zanthoxylum limoncello</td></tr> <tr><td>Paste (enredadera)</td><td>Luffa cylindrica</td></tr> <tr><td>Raspaguacal (enredadera)</td><td>Petrea volubilis</td></tr> <tr><td>Roble Sabana (enredadera)</td><td>Clystosoma callistegiodes</td></tr> <tr><td>Tamariando (árbol)</td><td>Tamarindus indica</td></tr> <tr><td>Thumbergia (enredadera)</td><td>Thumbergia grandiflora</td></tr> <tr><td>Ventana (enredadera)</td><td>Monstera adansonii</td></tr> <tr><td></td><td>Monstera friedrichst halii</td></tr> <tr><td></td><td>Monstera obliqua expilata</td></tr> </tbody> </table> | Nombre Común | Nombre Científico | Almendo de playa (árbol) | Andira inermis | Bellísima (enredadera) | Antigonon leptopus | Bellísima (enredadera) | Antigonon guatemalensis | Cacao (árbol) | Theobroma cacao | Caimito (árbol) | Chrysophyllum cainito | Caoba (árbol) | Swietenia macrophyll | Cedro (árbol) | Cedrela odorata | Cenizaro (árbol) | Samanea saman | Garrobo (enredadera) | Syngonium podophyllum | Helecho blanco (enredadera) | Pteris ensiformis | Ipomoea (enredadera) | Ipomoeae violacea | Jalapa (enredadera) | Allamanda cathartica | Limoncillo (árbol) | Zanthoxylum limoncello | Paste (enredadera) | Luffa cylindrica | Raspaguacal (enredadera) | Petrea volubilis | Roble Sabana (enredadera) | Clystosoma callistegiodes | Tamariando (árbol) | Tamarindus indica | Thumbergia (enredadera) | Thumbergia grandiflora | Ventana (enredadera) | Monstera adansonii |  | Monstera friedrichst halii |  | Monstera obliqua expilata |  |
| Nombre Común                | Nombre Científico  |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Almendo de playa (árbol)    | Andira inermis   |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Bellísima (enredadera)      | Antigonon leptopus   |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Bellísima (enredadera)      | Antigonon guatemalensis  |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Cacao (árbol)               | Theobroma cacao  |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Caimito (árbol)             | Chrysophyllum cainito  |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Caoba (árbol)               | Swietenia macrophyll   |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Cedro (árbol)               | Cedrela odorata  |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Cenizaro (árbol)            | Samanea saman  |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Garrobo (enredadera)        | Syngonium podophyllum  |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Helecho blanco (enredadera) | Pteris ensiformis  |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Ipomoea (enredadera)        | Ipomoeae violacea  |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Jalapa (enredadera)         | Allamanda cathartica   |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Limoncillo (árbol)          | Zanthoxylum limoncello   |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Paste (enredadera)          | Luffa cylindrica   |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Raspaguacal (enredadera)    | Petrea volubilis   |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Roble Sabana (enredadera)   | Clystosoma callistegiodes  |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Tamariando (árbol)          | Tamarindus indica  |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Thumbergia (enredadera)     | Thumbergia grandiflora   |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Ventana (enredadera)        | Monstera adansonii   |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
|                             | Monstera friedrichst halii   |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
|                             | Monstera obliqua expilata  |              |                   |                          |                |                        |                    |                        |                         |               |                 |                 |                       |               |                      |               |                 |                  |               |                      |                       |                             |                   |                      |                   |                     |                      |                    |                        |                    |                  |                          |                  |                           |                           |                    |                   |                         |                        |                      |                    |  |                            |  |                           |  |

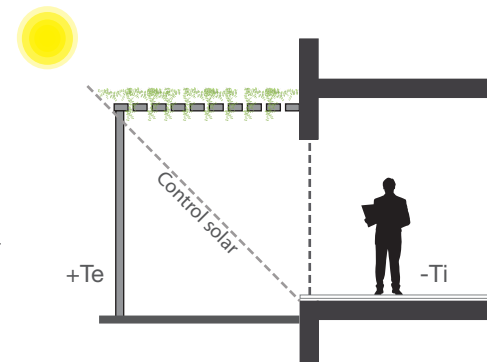
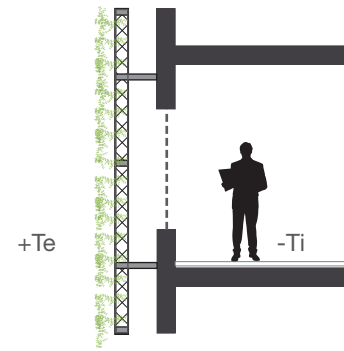


Fig. 4.10.4. Tipos de pantallas-verdes: verticales y horizontales (elaborado por autores).

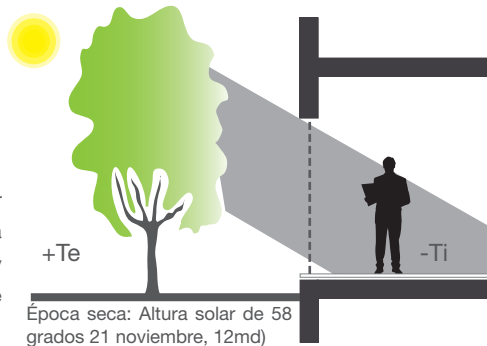
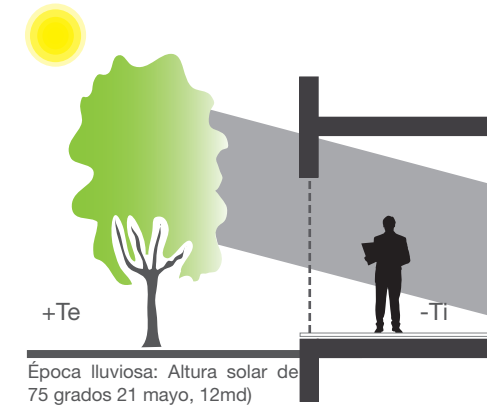


Fig. 4.10.5. Sombreamiento por arboles. Uso de vegetación para protección solar en fachadas y ventanas de orientación norte (elaborado por autores).

Ambas estas conformadas por un panel estructural o bloque modular diseñados para ser el medio que le de el sustento a las plantas. En este tipo de estrategia la tierra no es un requerimiento esencial para el crecimiento de algunas especies; sin embargo, la luz, el agua y el dióxido de carbono si lo son para se mantenga siempre verde y lleve a cabo su proceso de fotosíntesis.

En este piso altitudinal convienen las pantallas con especies de hoja perenne y de poca porosidad para proteger y resistir la radiación incidente en verano, especialmente en el bosque seco Tropical. Las pantallas verticales dan mejor resultado orientándolas en el este y oeste, ya que el ángulo de sombra horizontal mide su eficacia. Por otro lado, los dispositivos horizontales; como las pérgolas verdes, se medirán por el ángulo de sombra vertical y funcionan en las orientaciones norte y sur. También se puede utilizar los dispositivos combinados; recomendados en cualquier orientación.

Otra manera de control solar es el sombreado por medio de árboles (ver Fig. 4.10.5). La vegetación funciona como elemento de control térmico, proporcionando sombra y minimizando los efectos del calor. En la sombra de mediodía de los árboles la temperatura puede ser casi 3°C más baja que en el sol en las mismas condiciones (Guimaraes, 2008). Si se tiene la posibilidad sombrear con arboles del entorno es preferible que estén orientados en el sur y en el norte. Las especies de hoja perenne son las recomendadas; este tipo de árboles funcionan como protección solar en verano justo cuando el sol tiene su inclinación máxima hacia el sur. De igual modo en invierno, funcionan para evitar la ganancia solar en el interior del volumen.

Consideraciones:

Los árboles de hoja perenne pueden filtrar de un 60 a un 90% de la radiación solar mientras que los de hoja caducifolia reducen el soleamiento de un 20 a un 40 %.

Algunas especies trepadoras y árboles recomendadas no sólo cumplen la función de control solar, sino que también sirven como alimento por fructificación.

Hay árboles mencionados que deben estar ubicados en cercas alejados de la propiedad ya que buscan agua y pueden dañar tuberías. Estos brindan sombreado a distancia.

4.10.3 Control de Vientos

El conocimiento de los efectos de la vegetación sobre le viento hace posible utilizarlos para controlarlos (ver Tabla 4.10.3). Anteriormente en orientación según vientos, se dijo que este piso altitudinal requiere de ventilación cruzada debido a su alta temperatura en la zona Pacífica y a la alta humedad en la zona Atlántica. Para lograr esta ventilación cruzada se debe recordar que se obtiene la mayor velocidad de aire en el interior si el viento incide perpendicular a la fachada; sin embargo Givoni encontró que si el viento incide a 45°, aumenta la velocidad media del aire interior.

Con el diseño de elementos vegetales como árboles, arbustos o pantallas puede crearse zonas de alta o baja presión alrededor de la vivienda con respecto a sus aberturas. Por las condiciones climáticas, la vegetación puede ayudar a canalizar e inducir el flujo del aire dentro de los espacios cuando así convenga. Se debe tomar en cuenta los ajustes pertinentes para que no eliminen las brisas frías deseables durante el periodo de sobrecalentamiento y crear movimientos de aire directos y acelerados sobre la zona habitable (García, 2005). Por ejemplo, el follaje masivo y denso de un árbol funciona como un bloque que al paso del aire constante, la velocidad del aire debajo de el se incrementa. También un arbusto tiene influencia en el patrón del flujo de aire, según su altura y su cercanía a las aberturas (ver Fig. 4.10.6).

En los casos donde el volumen este mal orientado con respecto al viento, se puede recurrir a la vegetación como pantallas para re direccionar e inducir el aire en el interior. La utilización de redireccionadores debe darse cuando se necesita controlar la dirección del viento con la finalidad de que éste circule efectivamente por los determinados espacios; eliminando el aire caliente acumulado. Esto se logra ya que se crean zonas de baja o de alta presión por medio de las barreras (ver Fig. 4.10.7). Las pantallas vegetales no sólo funcionan como estrategia para controlar y re direccionar el curso del viento; sino que también cumplen como estrategia para disipar el calor por medio del enfriamiento convectivo (ver en pautas específicas). Su correcta utilización eliminar hasta un 90% del calor solar, cumpliendo al mismo tiempo una doble función (Germer, 1983).

| Pautas:                    | Control de Vientos  |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
|----------------------------|---|--------------|-------------------|-----------------|---------------|---------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------------|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|---------------|--------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|------------------|---------------------|----------------------|---------------------|------------------------|----------------------------|----------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|--|----------------------------|--|---------------------------|--|
| Ejemplos:                  | Pantallas a 1,3m, un nivel y 2 niveles<br>Barreras redireccionadoras de viento<br>Árboles   |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Características:           | Siempre Verde<br>Resistentes al viento<br>Denso   |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Condicionantes:            | Sistema de riego  |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Especies Sugeridas:        | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre Común</th> <th>Nombre Científico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Achiote (árbol)</td><td>Bixa orellana</td></tr> <tr><td>Amapolita (barrera)</td><td>Malva viscosus arboreus</td></tr> <tr><td>Bellísima (enredadera)</td><td>Antigonon leptopus</td></tr> <tr><td>Bellísima (enredadera)</td><td>Antigonon guatemalensis</td></tr> <tr><td>Café (barrera)</td><td>Coffea arabica</td></tr> <tr><td>Caña india (barrera)</td><td>Dracaena deremensis</td></tr> <tr><td>Capulín (barrera)</td><td>Muntingia calabura</td></tr> <tr><td>Cenízaro (árbol)</td><td>Samanea saman</td></tr> <tr><td>Clavelón (barrera)</td><td>Hibiscus rosa-sinensis</td></tr> <tr><td>Garrobo (enredadera)</td><td>Syngonium podophyllum</td></tr> <tr><td>Ipomoea (enredadera)</td><td>Ipomoea violacea</td></tr> <tr><td>Jalapa (enredadera)</td><td>Allamanda cathartica</td></tr> <tr><td>Macadamia (barrera)</td><td>Macadamia integrifolia</td></tr> <tr><td>Morning Glory (enredadera)</td><td>Ipomoea indica</td></tr> <tr><td>Roble Sabana (enredadera)</td><td>Clystosoma callistegiodes</td></tr> <tr><td>Ventana (enredadera)</td><td>Monstera adansonii</td></tr> <tr><td></td><td>Monstera friedrichst halii</td></tr> <tr><td></td><td>Monstera obliqua expilata</td></tr> </tbody> </table> | Nombre Común | Nombre Científico | Achiote (árbol) | Bixa orellana | Amapolita (barrera) | Malva viscosus arboreus | Bellísima (enredadera) | Antigonon leptopus | Bellísima (enredadera) | Antigonon guatemalensis | Café (barrera) | Coffea arabica | Caña india (barrera) | Dracaena deremensis | Capulín (barrera) | Muntingia calabura | Cenízaro (árbol) | Samanea saman | Clavelón (barrera) | Hibiscus rosa-sinensis | Garrobo (enredadera) | Syngonium podophyllum | Ipomoea (enredadera) | Ipomoea violacea | Jalapa (enredadera) | Allamanda cathartica | Macadamia (barrera) | Macadamia integrifolia | Morning Glory (enredadera) | Ipomoea indica | Roble Sabana (enredadera) | Clystosoma callistegiodes | Ventana (enredadera) | Monstera adansonii |  | Monstera friedrichst halii |  | Monstera obliqua expilata |  |
| Nombre Común               | Nombre Científico   |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Achiote (árbol)            | Bixa orellana   |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Amapolita (barrera)        | Malva viscosus arboreus   |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Bellísima (enredadera)     | Antigonon leptopus  |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Bellísima (enredadera)     | Antigonon guatemalensis   |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Café (barrera)             | Coffea arabica  |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Caña india (barrera)       | Dracaena deremensis   |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Capulín (barrera)          | Muntingia calabura  |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Cenízaro (árbol)           | Samanea saman   |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Clavelón (barrera)         | Hibiscus rosa-sinensis  |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Garrobo (enredadera)       | Syngonium podophyllum   |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Ipomoea (enredadera)       | Ipomoea violacea  |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Jalapa (enredadera)        | Allamanda cathartica  |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Macadamia (barrera)        | Macadamia integrifolia  |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Morning Glory (enredadera) | Ipomoea indica  |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Roble Sabana (enredadera)  | Clystosoma callistegiodes   |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
| Ventana (enredadera)       | Monstera adansonii  |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
|                            | Monstera friedrichst halii  |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |
|                            | Monstera obliqua expilata   |              |                   |                 |               |                     |                         |                        |                    |                        |                         |                |                |                      |                     |                   |                    |                  |               |                    |                        |                      |                       |                      |                  |                     |                      |                     |                        |                            |                |                           |                           |                      |                    |  |                            |  |                           |  |

Tabla. 4.10.3. Protocolo de escogencia para Control de Vientos (elaborado por autores).

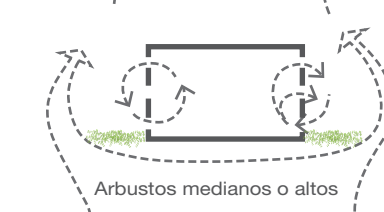
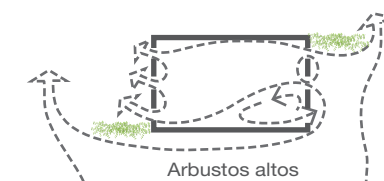
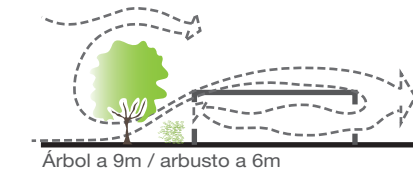


Fig. 4.10.6. Efecto del viento cuando se cuenta con arboles y arbustos (elaborado por autores).

Fig. 4.10.7. Pantallas verdes como redireccionadores de viento (elaborado por autores).

# PPM

(Piso Premontano)

## Capítulo 5 - Piso Premontano



### Zonas de Vida

**bosque húmedo Premontano (bh-P)**

Perfil Climático  
Perfil Vegetal

**bosque muy húmedo Premontano (bmh-P)**

Perfil Climático  
Perfil Vegetal

**bosque pluvial Premontano (bp-P)**

Perfil Climático  
Perfil Vegetal

### Rangos de Confort

**bosque húmedo Premontano (bh-P)**

Estrategias de Confort  
Estrategias de Confort según días tipo  
Parámetros de Confort por actividad

**bosque muy húmedo Premontano (bmh-P)**

Estrategias de Confort  
Estrategias de Confort según días tipo  
Parámetros de Confort por actividad

### Pautas Generales Piso Basal

**Orientación**

Trayectoria Solar  
Vientos

**Configuración Espacial**

Inferior  
Habitable  
Superior

**Distribución Espacial**

**Vegetación**

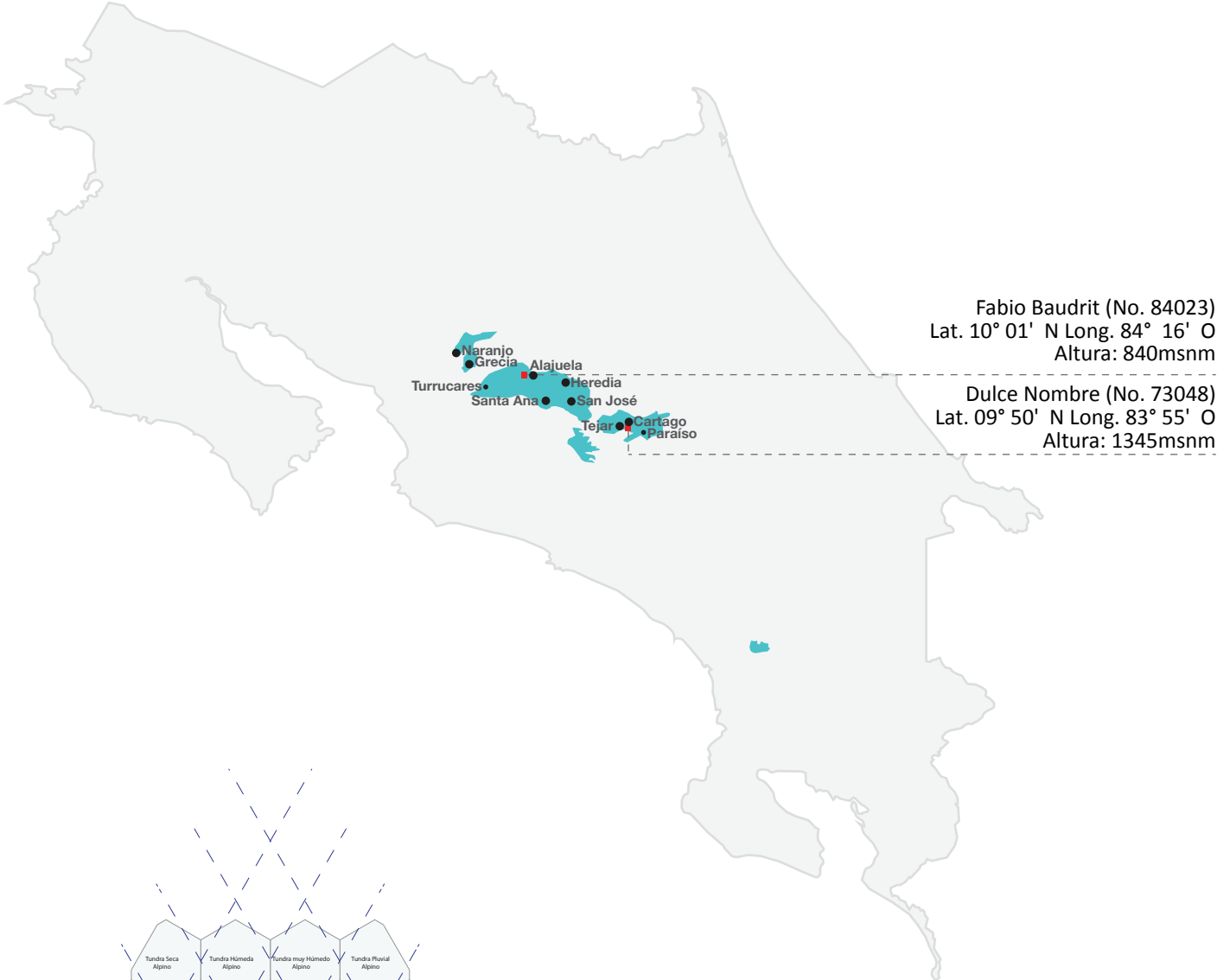
Protocolo para la escogencia  
de especies vegetales





# ZV 4

## 5.1 bosque húmedo Premontano



Fabio Baudrit (No. 84023)  
 Lat. 10° 01' N Long. 84° 16' O  
 Altura: 840msnm

Dulce Nombre (No. 73048)  
 Lat. 09° 50' N Long. 83° 55' O  
 Altura: 1345msnm



Para el análisis del Bosque Húmedo Premontano se utilizaron como referencia las Estaciones Meteorológicas Fabio Baudrit No. 84023 y Dulce Nombre No. 73048. Se utilizaron los datos mensuales para la elaboración de un Gráfico de Comportamiento Climático Anual (ver Fig. 5.1.1 y Fig. 5.1.2) así como datos horarios durante un periodo de 10 años. Todos éstos datos pertenecen al Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica.

### IGUÍA SEGÚN ZONAS DE VIDA I

GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

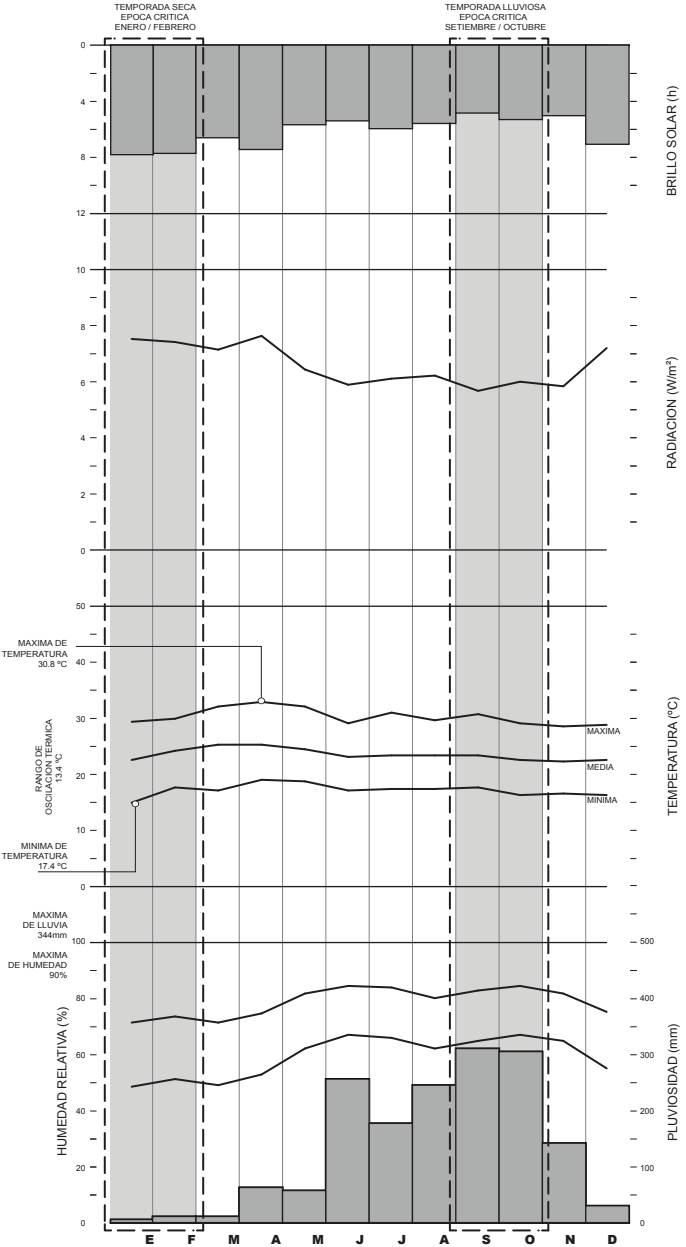


Fig. 5.1.1. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación Fabio Baudrit. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (elaborado por autores).

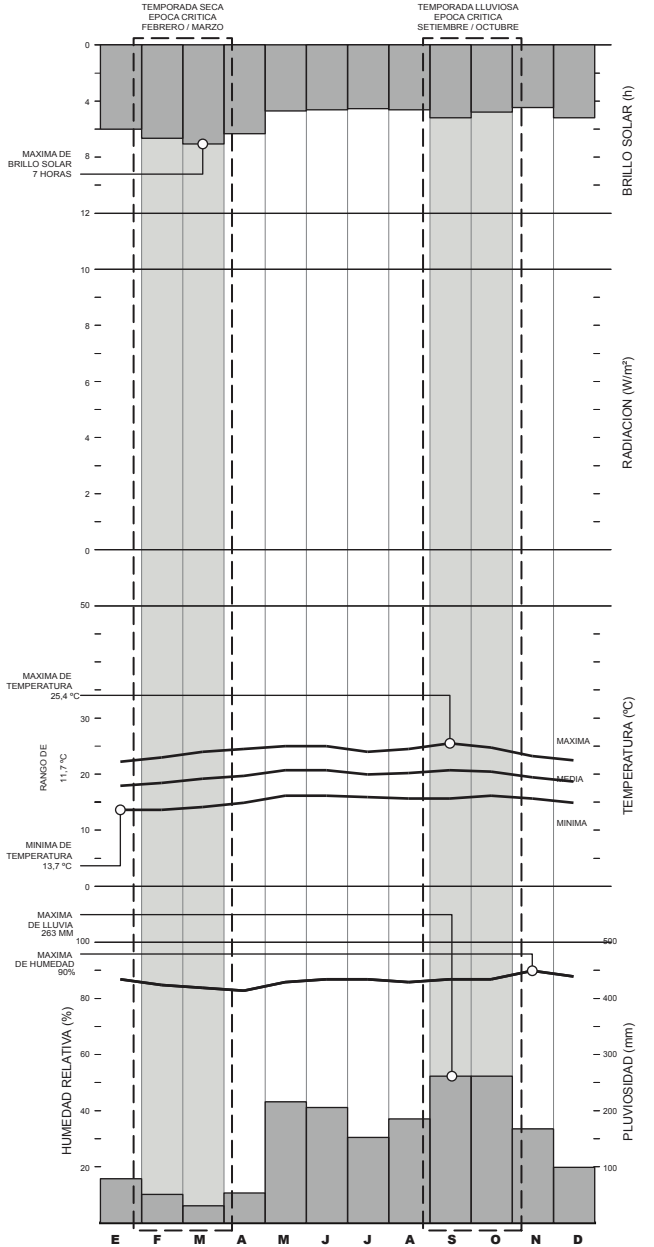


Fig. 5.1.2. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación Dulce Nombre. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (elaborado por autores).

Este es un bioclima sumamente atractivo para el asentamiento humano desde el punto de vista de confort y agrícola. Por estar razones es la zona de vida más apreciada del país debido a su clima. Además posee una tierra plana, lo que facilitó el crecimiento de asentamientos urbanos.

Por éstas condiciones se ha consolidado como la Zona de Vida donde se han desarrollado las ciudades principales del país. En ella se ubica la ciudad de Cartago, San José, Heredia y Alajuela, entre otras. Ésta área se limita al Valle Central del país. En esta zona se presentan extensas áreas de suelos volcánicos, fértiles donde el bosque original mayormente ha desaparecido, ejemplo el Valle Central (Fournier, 1980).

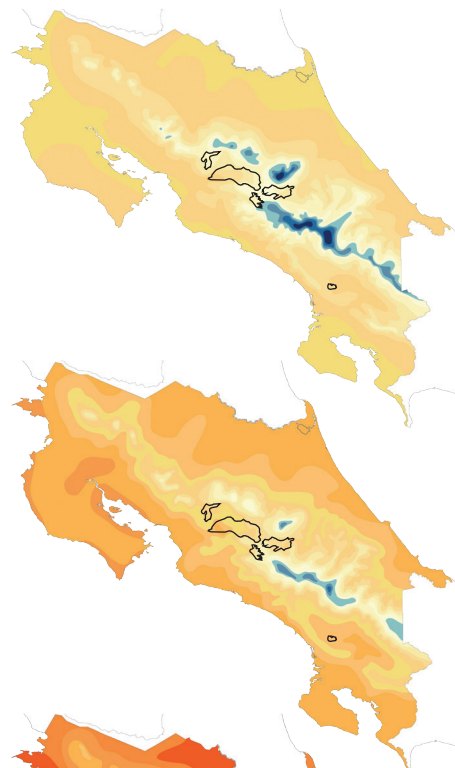
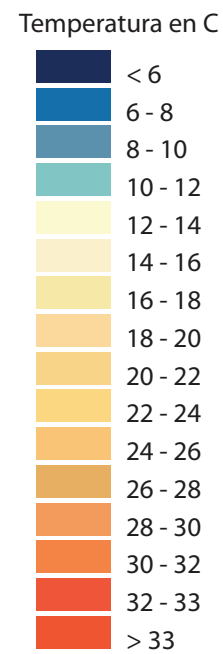


Fig. 5.1.3. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

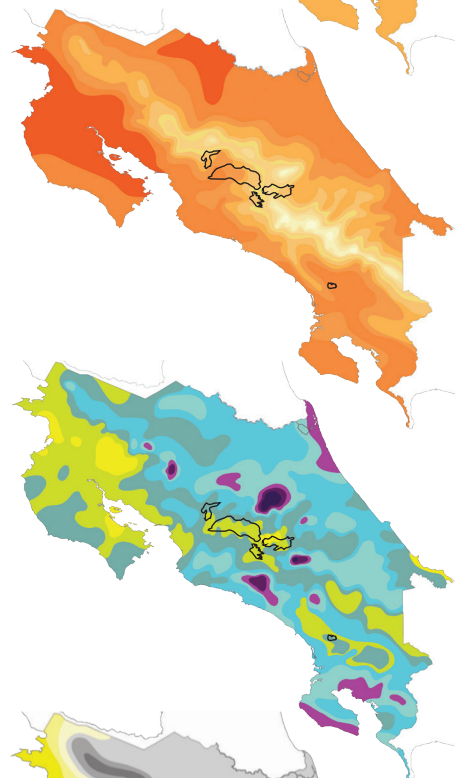
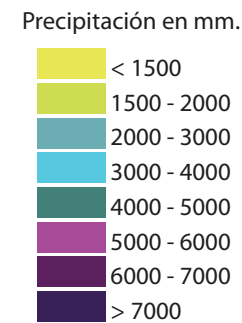


Fig. 5.1.4. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

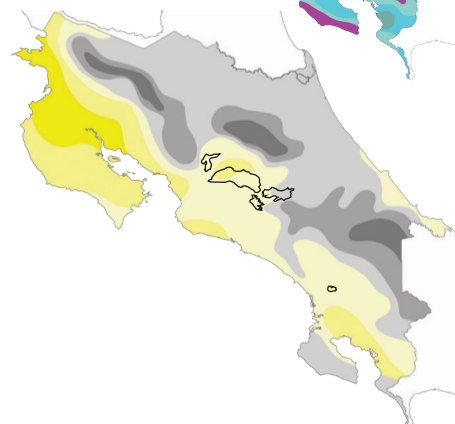
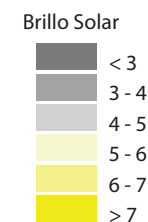


Fig. 5.1.5. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

### 5.1.1 Perfil Climático

#### Temperatura

La biotemperatura media anual, según el CCT, oscila entre 17°C, y 24°C. La estación Fabio Baudrit presenta el máximo de temperatura en el mes de abril, con un máximo de 30,8°C y un mínimo de 18,5°C, produciendo una oscilación de 12,3°C; el mes con menor temperatura es octubre con un máximo de 27,2°C y un mínimo de 17,7°C produciendo una oscilación de 9,5°C. En Dulce Nombre la temperatura máxima se alcanza en mayo y junio con un máximo de 25°C y un mínimo de 16,1°C, produciendo una oscilación de 8,9°C; la temperatura mínima sucede en enero con un máximo de 22,3°C y un mínimo de 13,7°C, produciendo una oscilación de 8,6°C (ver Fig. 5.1.3).

#### Precipitación

Según los datos de del CCT, ésta zona tiene un rango de precipitación entre 1200 y 2200mm anuales. (Quesada, 2007)

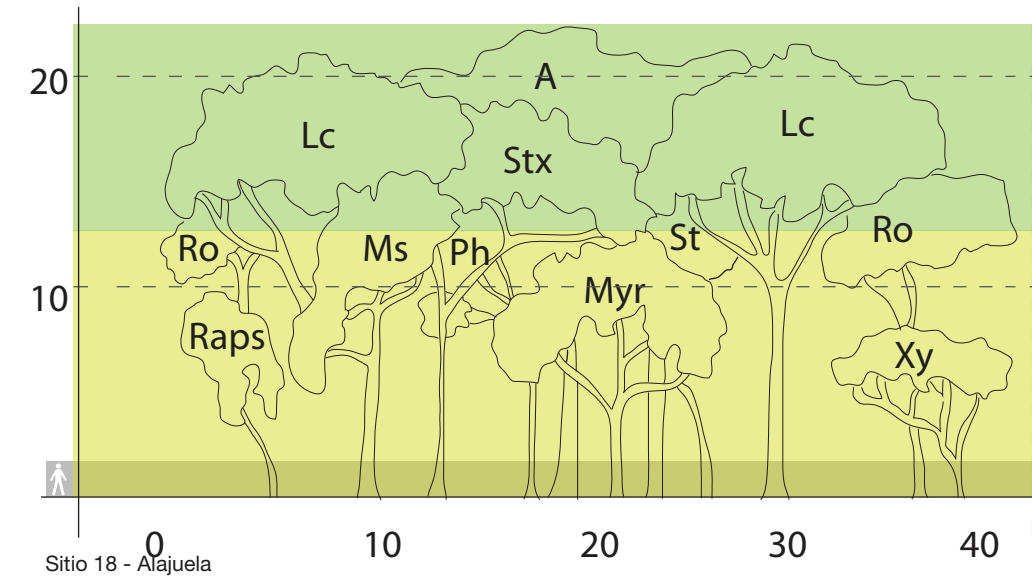
La estación Dulce Nombre tiene un promedio anual de 1773,2mm con una época lluviosa que va de mayo a noviembre. El mes más lluvioso es setiembre con 262,9mm y el más seco es marzo con 31,9mm. La estación Fabio Baudrit tiene un promedio anual de 1745,5mm, presenta una estación lluviosa de junio a noviembre y su pico sucede en octubre con un promedio de 326,7mm. El mes más seco es enero con solo 8mm de precipitación (ver Fig. 5.1.4).

#### Humedad

Ésta zona se caracteriza por tener niveles altos de humedad a lo largo del año, sin embargo, en su época seca llegan a disminuir considerablemente en comparación con otras zonas. Fabio Baudrit tiene un promedio anual de 79% de humedad, el mes más húmedo es Octubre con 89% y el mes más seco es Marzo con 68%. Dulce Nombre tiene un promedio de 86% y se mantiene más estable a lo largo del año. La humedad mayor sucede en Noviembre con un 90% y la menor en Abril con un 83%.

#### Brillo Solar

Ésta zona tiene niveles de brillo solar similares a los presentes en zonas más cálidas como la costa del Pacífico. Dulce Nombre tiene hasta 7 horas de brillo en Marzo y 4.4 en Noviembre. Fabio Budrit tiene 9.5 horas en Febrero y 4.9 en Junio, Julio y Setiembre (ver Fig. 5.1.5).



Sitio 18 - Alajuela  
A - Anacardium Excelsum  
Lc - Luehea candida  
Stx - Styrox sp.  
Ro - Roupala complicate  
Raps - Rapanea guianensis  
Ms - Miconia argentea  
Ph - Phoebe Mexicana  
Myr - Eugenia sp.

Fig. 5.1.6. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R (modificado por autores).

### 5.1.2 Perfil Vegetal

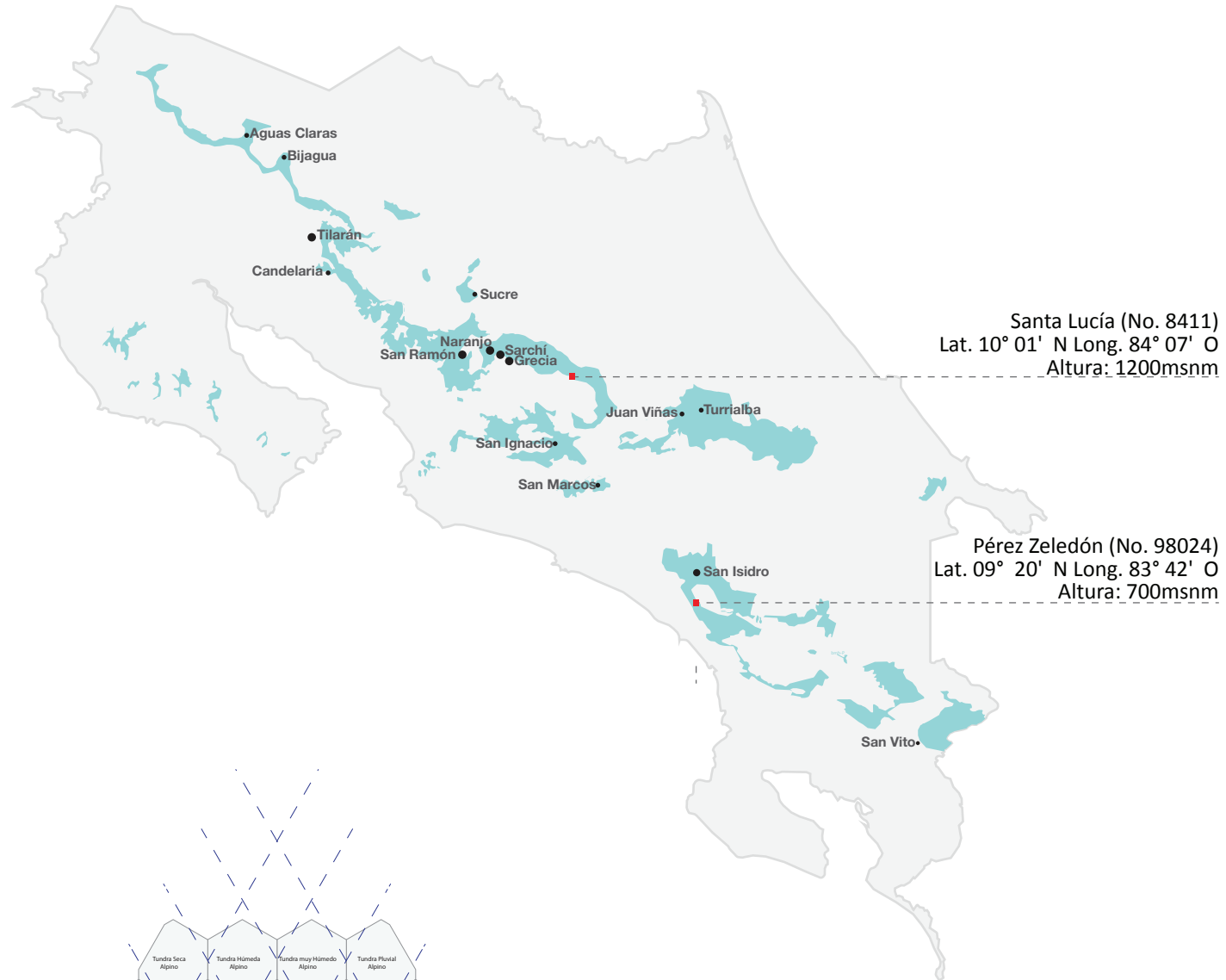
El bosque húmedo Premontano es semidecídúo, con poca cantidad de epífitas. Presenta dos estratos claramente definidos, con árboles de fustes cortos y macizos. Es un bosque poco denso y con una altura aproximada de 25metros (ver Fig. 5.1.6). (Holdridge, 1071)

El Sitio 18 se presenta con 2 estratos de árboles semicaducifolios. Los árboles del dosel llegan a medir entre 20 y 25m de altura con raíces amplias y extensamente esparcidas. La altura del dosel es bastante uniforme, solo algunas especies de Cedrela sobrepasan ésta altura promedio. Los árboles de este sector se caracterizan por tener hojas compuestas y por ser caducifolios en ésta época.

El sotobosque, por el contrario, se caracteriza porque sus especies de árboles y arbustos son siempre verdes. Es es rico en especies y es relativamente denso. Entre las especies características de esta zona de vida están los géneros Nectandra, Persea, Cinnamomun de la Familia Lauraceae, Cupania de la Familia Sapindaceae, Eugenia de la familia Myrtaceae, Cedrela salvadorensis (cedro), Cedrela tonduzii (cedro dulce), Albizia adinocephala (carboncillo), Dendropanax arboreus (fosforillo). (Quesada, 2007)

# ZV 5

## 5.2 bosque muy húmedo Premontano



Para el análisis del Bosque Muy Húmedo Premontano se utilizaron como referencia las Estaciones Meteorológicas Santa Lucía No. 8411 y Pérez Zeledón No. 98024. Se utilizaron los datos mensuales para la elaboración de un Gráfico de Comportamiento Climático Anual (ver Fig. 5.2.1 y Fig. 5.2.2) así como datos horarios durante un periodo de 10 años. Todos éstos datos pertenecen al Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica.

**IGUÍA SEGÚN ZONAS DE VIDA I**  
GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

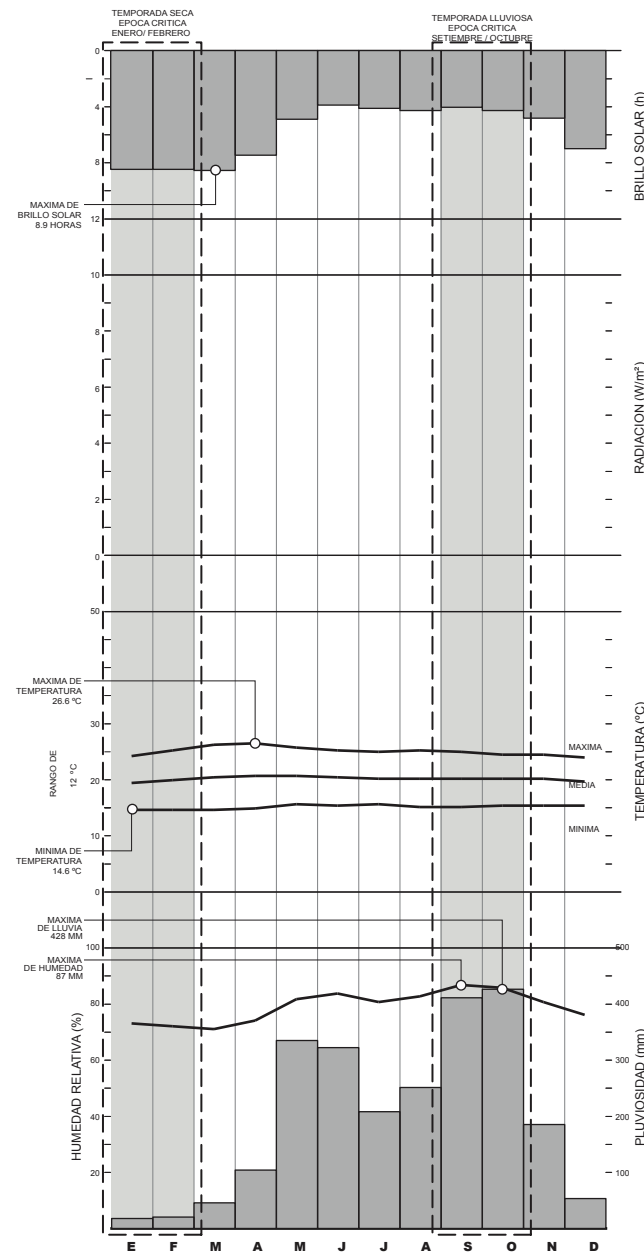


Fig. 5.2.1. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación Santa Lucía. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (elaborado por autores).

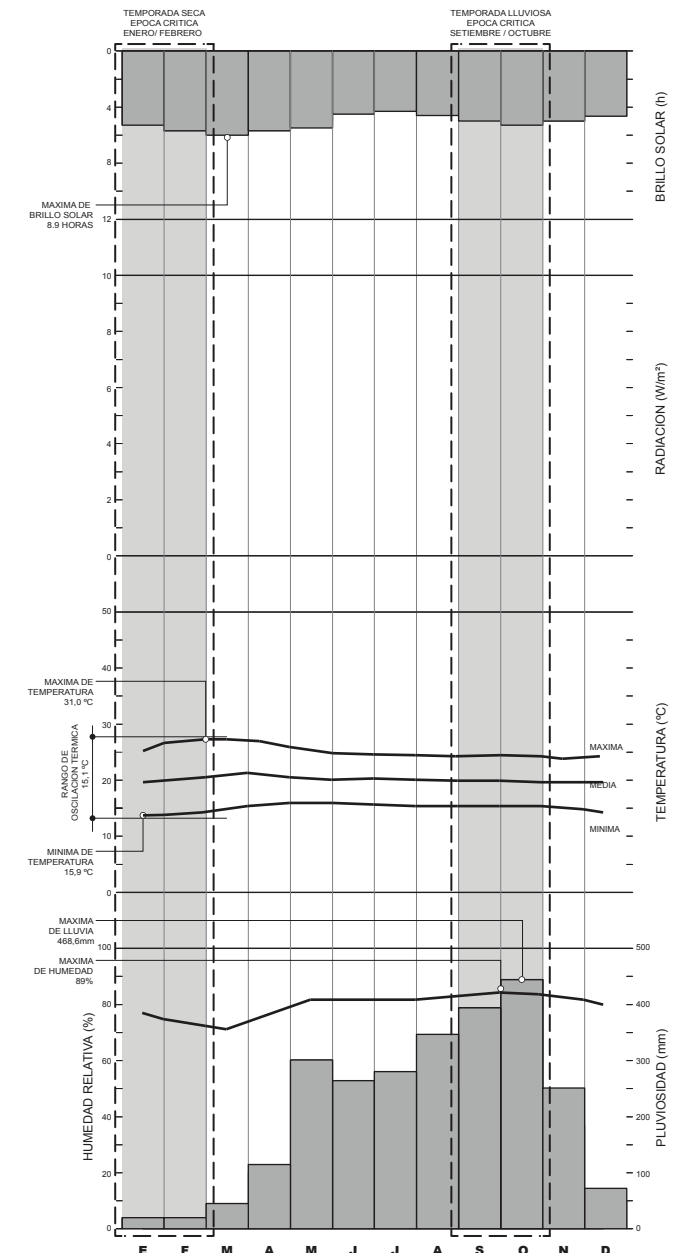


Fig. 5.2.2. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación Pérez Zeledón. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (elaborado por autores).

El Bosque muy húmedo Premontano se presenta a lo largo de las cordilleras éste país. Su desarrollo se produjo cuando las poblaciones del Valle Central emigran buscando nuevas tierras que cultivar. El clima de esta zona es favorable para el asentamiento y la agricultura, aunque no el óptimo debido a sus altos niveles de precipitación. En esta zona se caracteriza por cultivos de tipo permanente y pastizales.

Podemos encontrar poblaciones del Valle Central como Moravia, Santo Domingo de Heredia, San Ramón, Grecia y Palmares. Fuera de ésta zona también se ubican poblaciones como Bijagua, San Isidro del General y Coto Bruz.

Se extiende a lo largo del territorio nacional en las faldas de las montañas y cumbres de las cordilleras. El rango altitudinal va de los 1400 a 2700 msnm. (Holdridge, 1971)





Temperatura en C

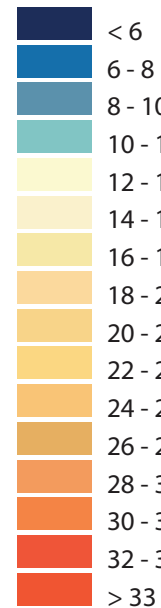
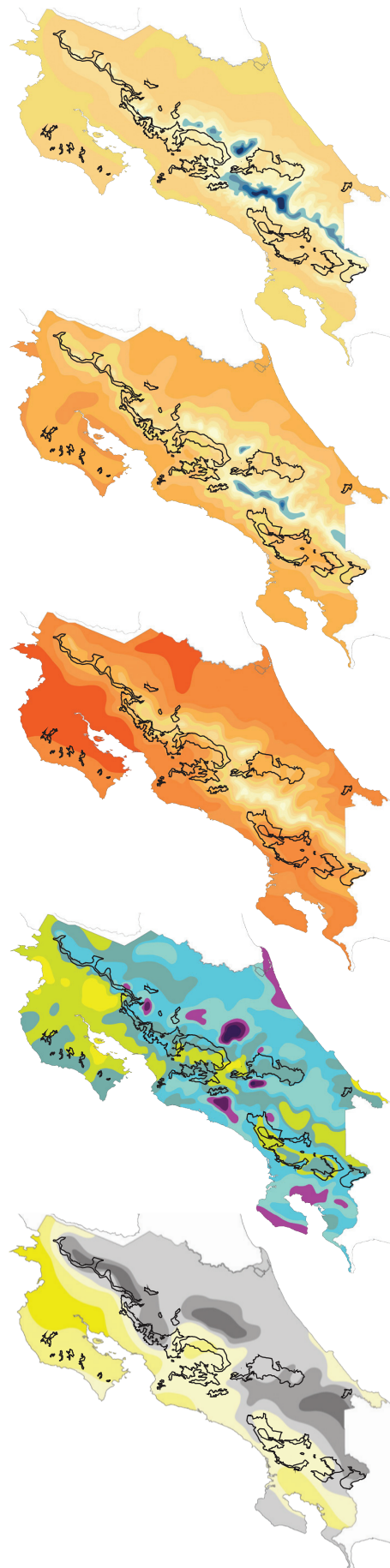


Fig. 5.2.3. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).



5.2.1 Perfil Climático

Los principales sistemas montañosos de nuestro país crean una división marcada entre la zona Pacífica y Atlántica. En ésta última los vientos alisios elevan los niveles de humedad y precipitación. Mientras que la zona Pacífica, al encontrarse a sotavento, factores como la neblina, la humedad y precipitación se dan en menor cantidad, lo que se ve reflejado en el aumento de las temperaturas.

Temperatura

Para esta región se identifica una biotemperatura que varía entre 17°C y 24°C. La estación de Santa Lucía presenta su máximo de temperatura en abril, con una máxima de 26,6°C y una mínima de 11,6°C. La temperatura mínima sucede en enero con una máxima de 24,3°C y una mínima de 14,6°C. En Pérez Zeledón la máxima sucede en marzo con 31°C en el nivel máximo y 17°C en el mínimo. La temperatura mínima sucede en diciembre con una máxima de 27,6°C y una mínima de 16,8°C (ver Fig. 5.2.3).

Precipitación

Ésta zona posee un rango de precipitación amplio, entre 2000 y 4000mm anuales. (Quesada, 2007) Las dos estaciones estudiadas presentan un comportamiento muy similar. Santa Lucía tiene una precipitación anual de 2394,7mm y Pérez Zeledón de 2728,7mm. La estación lluviosa para ambos casos va de abril a noviembre, octubre es el mes de mayor precipitación con 428mm y 468mm respectivamente. enero es el mes más seco con 20,4mm y 28,1mm respectivamente (ver Fig. 5.2.4).

Humedad

La humedad en esta zona se mantiene en niveles altos pero no excesivos. En Santa Lucía el promedio anual es de 79% con un nivel máximo de 87% en setiembre y un mínimo de 71% en marzo. Pérez Zeledón tiene un promedio anual de 85%, un máximo de 90% en octubre y un mínimo de 76% en febrero y marzo.

Brillo Solar

Por su nubosidad, ésta zona tiene un nivel medio de brillo solar, con mayores niveles en las zonas que ven al pacífico. Santa Lucía tiene su máximo de brillo en marzo con 8.9 horas de sol y solo 4 horas en Junio. Pérez Zeledón tiene 8.6 horas en Febrero y 4 horas en agosto (ver Fig. 5.2.5).

Precipitación en mm.

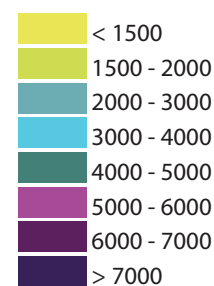


Fig. 5.2.4. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

Brillo Solar

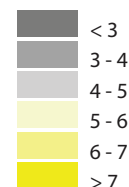
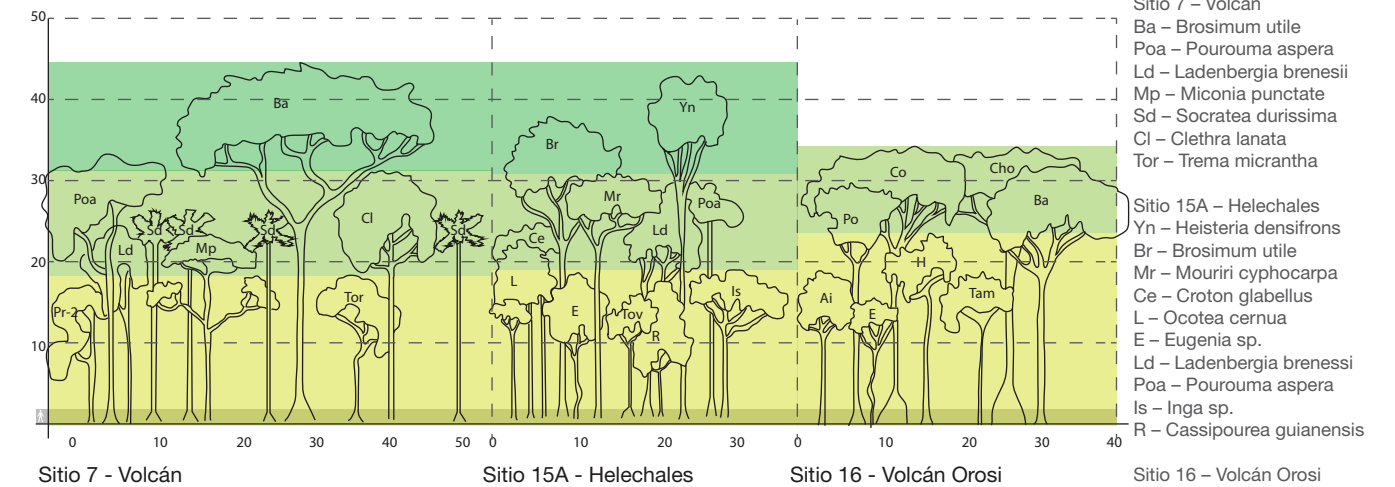


Fig. 5.2.5. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).



5.2.2 Perfil Vegetal

La vegetación natural inalterada del bosque muy húmedo Premontano se caracteriza por ser de densidad media; de dos a tres estratos, siempreverde, con algunas especies deciduas durante la estación seca. Hay moderada o abundante cantidad de epifitas.

Los árboles del dosel generalmente son de 30-40m de altura con las copas redondas anchas y troncos relativamente cortos y lisos. Las gambas son comunes pero pequeñas. Las cortezas son, en su mayoría, café o grises, moderadamente gruesas y escamosas o con lisuras; las hojas a menudo forman manojos en los extremos de las ramas (ver Fig. 5.2.6).

Los arboles del sotobosque son de 10-20m de alto con coronas densas, a menudo con corteza lisa y oscura. Las raíces adventicias y las hojas largas y angostas son comunes y, ocasionalmente, se encuentran helechos. El estrato de arbustos es de 2-3m de alto, a menudo denso y el suelo esta completamente desnudo con excepción de los helechos. Hay epifitas pero no son muy conspicuas. Los bejucos trepadores herbáceos son muy abundantes y los arboles, en su mayoría, están cubiertos por una densa capa de musgo.

Las especies dominantes de esta Zona de Vida poseen troncos delgados, son altos y su dosel es de medianamente denso a denso en la parte superior de las copas.

El Sitio 7, es un bosque compuesto principalmente por árboles siempre verdes que forman un dosel de 40m de alto. Las coronas de los árboles van de medianas a grandes con troncos altos y delgados.

Se configura en 3 estratos, El dosel se compone de 9 especies de mas de 38m. El estrato medio tiene 43 especies que varían entre 12 y 34m y el estrato inferior contiene solamente 6 especies. Las especies principales son Sacoglottis amazonica y Brosimum Utile.

El Sitio 15A es un bosque de mediana altura, siempre verde que se desarrolla en 2 y tres estratos. Los árboles del dosel miden entre 35 y 45m con un tronco delgado y alto. Las coronas tienen forma de sombrilla. En este sitio todas las especies se entrelazan, generando una densidad uniforme desde 1.5m de altura hasta el dosel.

El Sitio 16 se caracteriza por tener árboles de hojas anchas y siempre verdes. Sus árboles son de altura intermedia y se desarrollan en 2 estratos. Los árboles más altos llegan a medir 30m y tienen coronas relativamente anchas. Muchos cuentan con gambas anchas y densas. El Sotobosque se caracteriza por ser limpio, es un bosque recorrible. (Holdridge, 1971)

La vegetación del bosque original esta constituida por especies como: Scheffera morototoni (fosforilo), Vochysia allenii (botarrama), Ruopala montana (carne asada), Cedrela odorata (Cedro amargo), Turpinia occidentalis (falso cristóbal), Ulmus mexicana (tirá). (Quesada, 2007)

- Sitio 7 - Volcán
- Ba - Brosimum utile
- Poa - Pourouma aspera
- Ld - Ladenbergia brenesii
- Mp - Miconia punctate
- Sd - Socratea durissima
- Cl - Clethra lanata
- Tor - Trema micrantha
- Sitio 15A - Helechales
- Yn - Heisteria densifrons
- Br - Brosimum utile
- Mr - Mouriri cyphocarpa
- Ce - Croton glabellus
- L - Ocotea cernua
- E - Eugenia sp.
- Ld - Ladenbergia brenesii
- Poa - Pourouma aspera
- Is - Inga sp.
- R - Cassipourea guianensis
- Sitio 16 - Volcán Orosi
- Cho - Chrysophyllum sp.
- H - Hasseltia floribunda
- E - Eugenia sp.
- Aii - Alfaroa costaricensis
- Po - Pouteria sp.
- Tam - Terminalia bucidoides
- Ba - Sacoglottis amazonica

Fig. 5.2.6. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R (modificado por autores).

# ZV 6

## 5.3 bosque pluvial Premontano



El Instituto Meteorológico Nacional no posee estaciones con información completa en esta zona. Para efectos de estudio se utilizó una comparación con las zonas cercanas y los mapas de datos climáticos del Instituto Meteorológico Nacional.

**IGUÍA SEGÚN ZONAS DE VIDA I**  
GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

El bosque pluvial Premontano se ubica en las cordilleras de Guanacaste, Tilarán, Volcánica Central y Talamanca; siendo la única Zona de Vida que recorre todas las provincias de Costa Rica.

Parques nacionales y área protegidas abarcan gran parte del área del Bp-P, donde 13 ríos tienen su nacimiento y se encauzan en todas las vertientes del país. En general, esta Zona de Vida limita el desarrollo de actividades agropecuarias, debido a la excesiva precipitación, la alta tasa de humedad y las pronunciadas pendientes de su terreno. Son pocos los asentamientos humanos en esta Zona de Vida.

Por los vientos predominantes, la zona caribe se comporta diferente a la pacífica. Los vientos alisios provenientes del Atlántico, forman fajas de nubes provocando niveles de precipitación más altos que el Pacífico. Estos efectos climáticos se ven reflejados en el crecimiento rápido de la vegetación, mayor cantidad de precipitaciones y alta humedad.

La mayoría de los asentamientos humanos se dan en la provincia de San José en los cantones de Dota, Pérez Zeledón y Acosta. En Puntarenas sólo se da un pueblo ubicado en el cantón de Coto Brus. Vale resaltar que la mayoría de estos sitios son de carácter rural.

### 5.3.1 Perfil Climático

#### Temperatura

El rango de biotemperatura y el de temperatura media anual varía entre 15°C y 24°C; manteniéndose constante a lo largo del año. El gráfico demuestra como la temperatura no tiene cambios drásticos, se mantiene constante a lo largo del año. El mes más caluroso es abril que llega a una temperatura promedio de 22 °C sin embargo, en otros meses la temperatura llega a 20°C (ver Fig. 5.3.1).

#### Precipitación

El clima del bp-P se caracteriza por presentar una época lluviosa que va de mayo a diciembre, donde la precipitación es superior a los 4000 mm anuales. Por ser una zona pluvial, los otros meses del año se mantienen con lluvias esporádicas (ver Fig. 5.3.2)

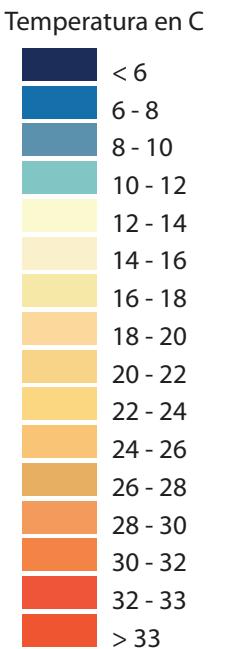
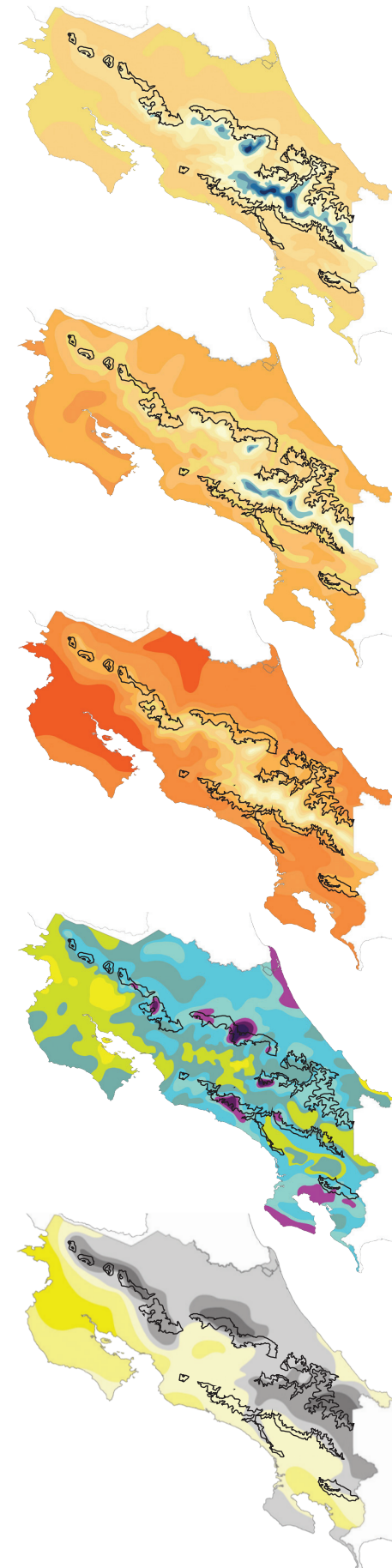


Fig.5.3.1. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

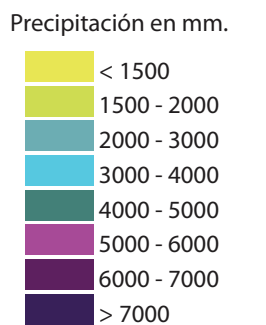


Fig. 5.3.2. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

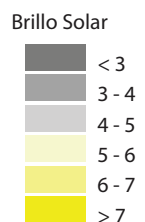


Fig. 5.3.3. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).



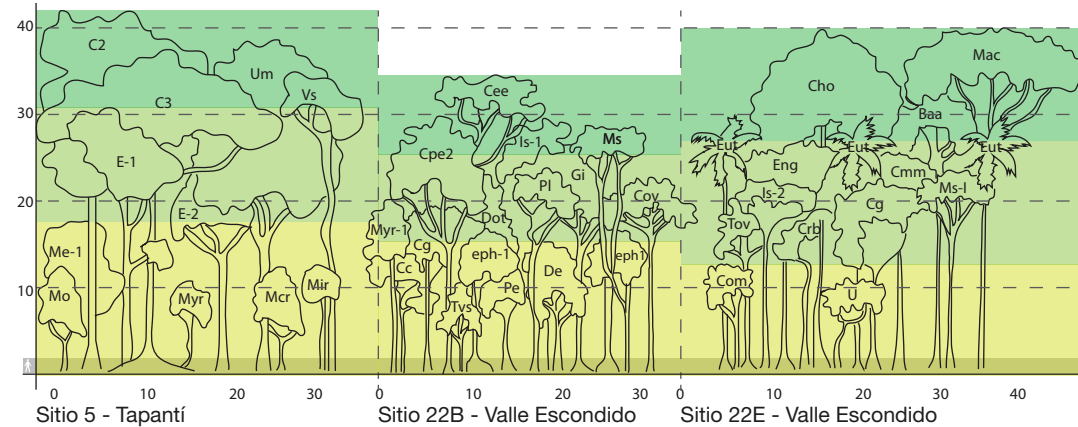


Sitio 5 – Tapantí  
C2 – Quercus  
C3 – Ficus sp.  
E1 – Eugenia sp.  
Me-1 Melastomaceae  
Mo – Moraceae  
Myr – Myrsinaceae  
Vs – Virola sp.

Sitio 22B – Valle Escondido  
Cee – Cecropia insignis  
Ms – Miconia holosericea  
Gi – Guarea sp.  
Myr – Parathesis melanosticta  
Tvs – Tovomita sp.  
De – Dendropanax arboreus  
Cg – Croton glabellus  
Pl – Palicourea galeottia  
Eph – Euphorbiaceae  
Poa – Pourouma aspera  
Pr Protium copal

Sitio 22E – Valle Escondido  
Cho – Chrysophyllum mexicanum  
Mac – Calophyllum brasiliense  
Baa – Billia colombiana  
Cmm – Calocarpum sp.  
Eng – Enterolobium  
Ms – Miconia lonchophylla  
Eut – Euterpe panamensis  
Cg – Croton glabellus  
Cmm – Calocarpum sp.

Fig. 5.3.4. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R. (modificado por autores).



Este bosque se caracteriza por mantenerse siempre verde; debido a las precipitaciones constantes durante todo el año. En el mapa se demuestra como en las partes de mayor altura; como por ejemplo los alrededores del parque nacional Arenal, Braulio Carrillo, Macizo del Cerro de la Muerte y el Cerro de las Vueltas, las precipitaciones anuales superan los 4000 mm llegando en algunos sectores a los 6000mm. (Ver Fig. 5.3.2)

En las partes bajas se mantiene en un rango de los 2000 a los 4000mm anuales. Estas áreas abarcan principalmente los sectores de Guanacaste, San José y Puntarenas.

#### Humedad:

La humedad posee una tasa alta que va de un 81 a 90% a lo largo del año. Aumenta en los meses más fuertes de lluviosos.

#### Brillo Solar

El mapa demuestra como la vertiente Atlántica posee menos horas de brillo solar. El rango de oscila entre 3 y 4 horas, esto se debe a que en esta región llueve un poco más que en la región del Pacífico, causando además un bosque de estatura más alto y más tupido (ver Fig. 5.3.3).

En la región Sur, las horas de brillo solar aumentan de 5 a 6 horas, se debe a que el bosque es menos denso y menos nuboso.

### 5.3.2 Perfil Vegetal

Los bosques en esta zona de vida son siempreverdes, con abundantes epífitas, con alta diversidad, densos, con alturas que superan los 30 m. (Quesada, 2007)

El Sitio 5, se caracteriza por ser muy variable debido a su suelo inestable. Es común encontrar grandes árboles siempre verdes que no forman

un dosel uniforme. La altura mayor promedio es de 42m. Se obtiene una densidad de 84% de densidad en el dosel (ver Fig. 5.3.4).

Éste bosque se desarrolla en tres estratos claramente definidos. El dosel se compone del 30% de las especies, el estrato intermedio se compone de 30% de especies y el estrato inferior de 40%.

Entre las especies más importantes podemos encontrar Quercus, Bosimum sp. Ulmus mexicana y Ochroma Lagopus. Las hojas de estos árboles son de mediano tamaño. Sobre éstos árboles crece abundante cantidad de epífitas.

El Sitio 22B posee un dosel cerrado pero irregular. Debajo del dosel se encuentra un ambiente sumamente húmedo con una capa de neblina constante, en todos los árboles se encuentran grandes cantidades de musgo.

Los árboles predominantes son Vochysia Ferruginea, que pertenecen al estrato emergente. Son árboles con troncos de hasta 60cm de diámetro y gambas en sus raíces.

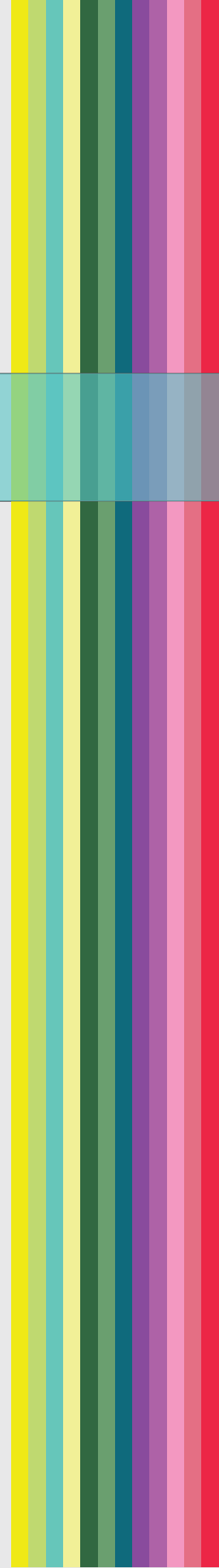
El Sitio 22E se desarrolla como un bosque de multi estratos, siempre verde, con hojas anchas y una densidad muy alta. Los árboles del dosel miden entre 35 y 45m de altos. Sus copas son esféricas y no presentan gambas. (Holdridge, 1971)

Las especie más frecuentes de esta zona de vida son: Ulmus mexicana (tirá), gran cantidad géneros de la familias Myrtaceae, Melastomataceae, Rosaceae, Lauraceae, también comienza a presentarse individuos del género Quercus que luego llegar a dominar los bosques de altura. (Quesada, 2007)



## RANGOS DE CONFORT

GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE





## 5.4 Rangos de Confort: Bosque Húmedo Premontano

Los rangos de confort para esta zona de vida se basan en los datos obtenidos de dos estaciones. La primera es estación de Fabio Baudrit de Alajuela, en la Región Central Norte, 840 msnm, Lat. 10° 01' N y Long. 83° 23'. Y la segunda es la estación de Dulce Nombre de Cartago, en la Región Central Sur, la cual se ubica a 1345 msnm, Lat. 09° 50' N y Long. 83° 55' O.

La zona de confort establecida para esta zona, basándose en los 2 rangos de las subzonas, en la Sur se establece con un límite superior que se encuentra entre los 21°C y los 25,2°C de temperatura bulbo seco y una humedad entre 59% a 78%, y un límite inferior que va de los 22,3°C a los 27,5°C y del 18% al 23% respectivamente. Y la Norte tiene un límite superior entre los 18,5°C y los 22,3°C de temperatura y una humedad entre 70% a 90%, y un límite inferior que va de los 19,5°C y los 24,3°C y del 20% al 29% respectivamente. La clara distancia entre rangos de confort de las subzonas responde a la influencia del contexto, la Norte tiene una menor altitud influencia de los vientos del suroeste, haciéndola más cálida, en comparación a la Sur la cual es más fresca ya que se encuentra a mayor altitud y cercanía al litoral Caribe permitiendo la influencia de los vientos Alisios (ver Fig. 5.4.1).

### 5.4.1 Estrategias de Confort

El gráfico de comportamiento promedio mensual de la Norte muestra mayor desplazamiento de las líneas mensuales lo que indica diferencias significativas entre los meses de época seca y los de lluviosa. Las bajas temperaturas logran estar dentro de los parámetros de confort establecido, pero son desplazadas hacia arriba del mismo debido a los altos porcentajes de humedad que les acompañan. En el caso de las temperaturas más altas, existen humedades confortables pero el gráfico es desplazado hacia la derecha del área de confort por las mismas.

La ventilación natural es la única estrategia efectiva en esta subzona extendiendo el área de confort para cubrir gran parte de las temperaturas mínimas y medias a lo largo de todos los meses. Las temperaturas más altas no son cubiertas por ninguna de las estrategias presentadas en el diagrama psicrométrico, sin embargo el control solar, como por ejemplo el auto-sombreamiento del edificio, dispositivos (parasoles) y/o elementos externos (vegetación) de protección solar, en conjunto con las

estrategias pasivas mostradas anteriormente, previenen el sobrecalentamiento del espacio habitable, minimizando los rangos la temperatura interna con respecto a la externa.

En el caso de la estación Norte el comportamiento es muy similar de un mes a otro, aunque la gran longitud de cada línea mensual indica, al igual que el la subzona anterior, una amplia variación de las condiciones climáticas en el transcurso del día y la noche. Se observa que parte del gráfico esta dentro del área de confort, para el resto, se establecen varias estrategias pasivas efectivas, la de mayor efectividad en esta zona, es la masa térmica con ventilación nocturna, la cual busca minimizar las fluctuaciones de temperaturas características de esta subzona, cubriendo todos los meses. La estrategias de ventilación natural, masa térmica o la de enfriamiento por evaporación indirecta individualmente extienden el área de confort hacia la derecha cubriendo las temperaturas altas de todos los meses.

### 5.4.2 Estrategias de Confort según Días Tipo

En el comportamiento de los días tipo (ver Fig. 5.4.2) se observa en la estación Norte mayor diferencia entre las estaciones lluviosa y seca, en el caso de la primera vemos que en el período más intenso de lluvia las temperaturas pueden descender significativamente y la humedad aumentar, haciendo que la única estrategia parcialmente efectiva sea la ventilación natural.

En la época seca extrema vemos que la estrategia de masa térmica con ventilación nocturna llega a funcionar para todo un día, así como la de enfriamiento indirecto que funciona para los rangos de las temperaturas más altas durante el día.

Para la Norte, como en el comportamiento promedio mensual, las épocas lluviosa y seca son muy similares, la estrategia más efectiva en ambas es la masa térmica más ventilación nocturna, la cual extiende la zona de confort tanto para todas las temperaturas altas como para la gran mayoría de las bajas.

En segundo lugar la masa térmica, el enfriamiento evaporativo indirecto y la ventilación natural, como estrategias individuales tienen grado de efectividad limitado solamente para las horas de mayor temperatura y principalmente de la época seca.

Durante la época lluviosa, las temperaturas mínimas con las altas humedades características que las acompañan, se salen en su totalidad de la zona de confort extendida de cualquier estrategia pasiva.

### 5.4.3 Parámetros de Confort por Actividad

A nivel general, después de las bajas temperaturas experimentadas a lo largo de la noche, en el este la sensación de calor es casi nula con respecto al oeste, de hecho en estas zonas las madrugadas y mañanas tienden a ser frías (ver Fig. 5.4.3).

Dentro de los parámetros observados para esta zona de vida, tenemos que el mes de Enero y Diciembre son los meses más frescos, durante esta época del año el sol se encuentra inclinado hacia el sur, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación.

En cuanto la actividad baja se observa que existe la necesidad de calentar a partir de la 23:00 hasta las 10:00 horas en ambas subzonas, las tardes son bastante confortables, siendo a nivel general la estación Sur un poco más fría que la Norte en horas cercanas a medianoche, el frío se puede resolver con arropamiento.

Para la Norte al realizar una actividad de intensidad media, el usuario experimentará mañanas de frío leve y tardes con necesidad de ventilación de las 12:00 a las 20:00 horas y control solar a partir de las 13:00 horas, en el caso de la Sur la necesidad de calentamiento va de las 3:00 a las 8:00 horas, las tardes y noches son bastante confortables.

Referente a la actividad de alta intensidad, en la Norte el usuario experimentará madrugadas levemente frías y mañanas bastante confortables, es a partir de las 12:00 hasta las 21:00 horas que la ventilación es requerida, por su lado en control solar es constante a partir de las 12:00 horas hasta que el sol se oculte.

Para la Sur tiene condiciones similares a la subzona anterior en las madrugadas y mañanas, y es levemente más fresca en las tardes, teniendo una necesidad de ventilación a partir de las 12:00 hasta las 20:00 horas y el control solar se requiere de las 13:00 horas en adelante.

Por otro lado abril y junio son los meses más cálidos, el primero para la Norte y el segundo para la Sur, éstos indican el rango máximo de

Estrategias pasivas:

1. Calentamiento solar pasivo
2. Efecto de masa térmica
3. Masa térmica + ventilación nocturna
4. Ventilación Natural
5. Enfriamiento evaporativo directo
6. Enfriamiento evaporativo indirecto

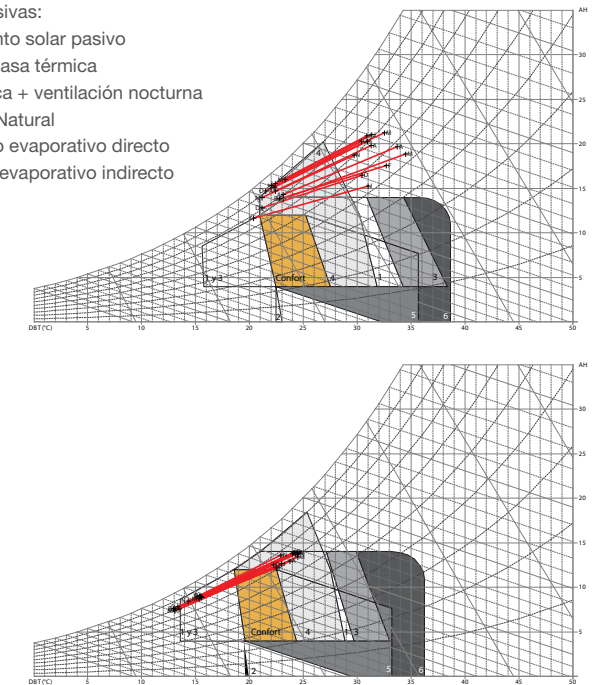


Fig. 5.4.1. Gráfico Ábaco Psicrométrico basado en los datos mensuales promedio de la estación de Fabio Baudrit (arriba) y Dulce Nombre (abajo). Cada línea representa un mes del año y sus datos mínimos y máximos promedios (elaborado por autores).

Estrategias pasivas:

1. Calentamiento solar pasivo
2. Efecto de masa térmica
3. Masa térmica + ventilación nocturna
4. Ventilación Natural
5. Enfriamiento evaporativo directo
6. Enfriamiento evaporativo indirecto

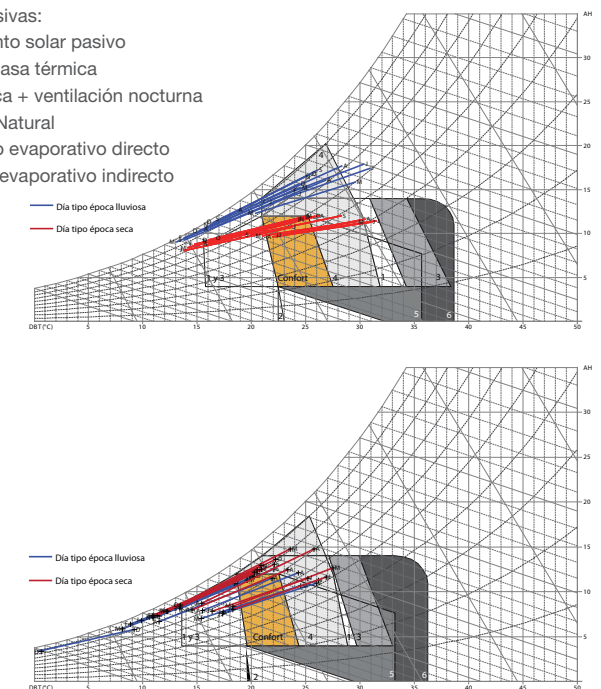
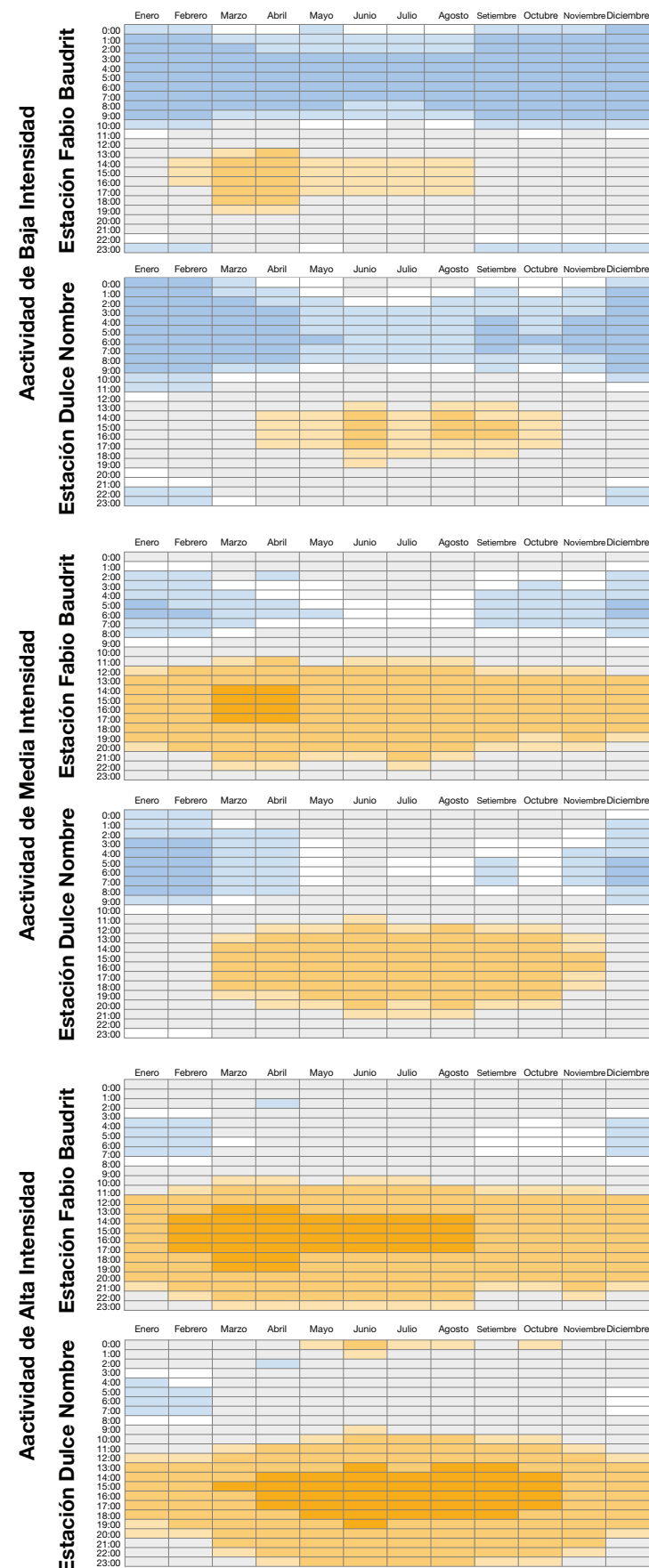


Fig. 5.4.2. Gráfico Ábaco Psicrométrico basado en los datos horarios promedio por 10 años de 10 días de la época seca y lluviosa de Fabio Baudrit (arriba) y Dulce Nombre (abajo). Cada línea representa dos horas consecutivas del día tipo y sus datos mínimos y máximos promedios a través de los 10 años (elaborado por autores).





calor excesivo de esa zona para los usuarios, durante esta época del año el sol se encuentra en inclinación norte, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación.

Para la actividad baja, en la Norte existe una necesidad de ganancia de calor de las 3:00 a las 8:00 horas, mientras la necesidad de ventilación y control solar se da solamente en la tarde para la 13:00 hasta las 18:00 horas. La Sur tiene madrugadas más confortables, con un leve frío manejable a nivel de arropamiento, en la tarde la necesidad de control solar es leve, de 14:00 a las 17:00 hora, la necesidad de ventilación va de las 13:00 a las 19:00 horas.

Por otro lado, la actividad media en la Norte tiene la necesidad de ventilación y control solar comienza a partir de 11:00 horas, prolongándose la primera hasta las 21:00 horas, las mañanas y madrugadas son bastante confortables. En el caso de la Norte los rangos de mayor calor se dan en Junio de las 12:00 a las 20:00 horas con necesidad de control solar y ventilación.

Por último la actividad de alta intensidad para la Norte requiere ventilación a partir de las 10:00 hasta las 23:00 horas y control solar a partir de las 11:00 horas hasta el final del día. La Sur tiene necesidad de ventilación a partir de las 9:00 hasta las 1:00 horas y el control solar se establece de las 10:00 horas en adelante

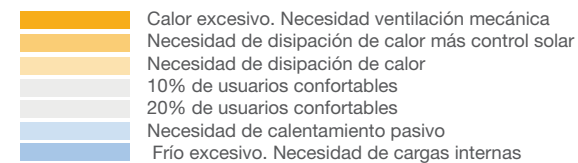


Fig. 5.4.3. Gráficos de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad. Dos gráficos superiores: Actividad baja referida al descanso. Dos gráficos medios: Actividad media referida a actividades de estudio, ver televisión, usar la computadora, etc. Dos gráficos inferiores: Actividad alta referida actividades del quehacer doméstico como limpiar o lavar (elaborado por autores).

### 5.5 Rangos de Confort: Bosque Muy Húmedo Premontano

Los rangos de confort para esta zona de vida se basan en los datos obtenidos de dos estaciones, las cuales demarcan los límites altitudinales de la zona. La primera es estación de Santa Lucía, en la Región Central, la cual se ubica a 1200 msnm, Lat. 10° 01' N y Long. 84° 07' O. Y la segunda es la estación de Pérez Zeledón, en la Región Pacífico Sur, 700 msnm, Lat. 9° 20' N y Long. 83° 42'.

La zona de confort establecida para esta zona, basándose en los 2 rangos de las subzonas. En la Central. se establece con un límite superior que se encuentra entre los 18,7°C y los 23,6°C de temperatura de bulbo seco y una humedad entre 70% a 90%, y un límite inferior que va de los 19.9°C a los 24.5°C y del 20% al 28 % respectivamente. Y la Pacífico Sur tiene un límite superior entre los 28°C y los 20°C de temperatura y una humedad entre 82% a 64%, y un límite inferior que va de los 21°C y los 26°C y del 19% al 26% respectivamente (ver Fig. 5.4.4.).

#### 5.5.1 Estrategias de Confort

El gráfico de comportamiento promedio mensual de la estación Pacifico Sur muestra que las temperaturas medias logran estar dentro de los parámetros de confort establecidos.

En el caso de las temperaturas altas las estrategias efectivas son la ventilación y masa térmica, mientras que para las temperaturas bajas, las estrategias efectivas son la masa termica y calentamiento pasivo.

La estrategia de masa térmica funciona para ambos casos extremos de temperatura ya que, por un lado busca evitar el sobrecalentamiento en el día utilizando materiales macizos que resistan el paso del calor, y por otro conservar parte del calor absorbido durante el día para liberarlo en las horas de la noche. Esto en conjunto minimiza las fluctuaciones de temperaturas del día a la noche características de esta estación y evidenciadas por la longitud de las líneas de cada mes en el gráfico de comportamiento, las cuales entre más horizontales sean más grandes son los rangos de tempratura que cubren.

En el caso de la estación Central el comportamiento mensual se desplaza hacia arriba del área de confort, quedando casi en su totalidad fuera de ésta. La estrategia de ventilación es la de mayor efectividad sobretudo para las temperaturas medias y altas, aunque en algunos meses las temperaturas altas se salen de alcance.

Estrategias pasivas:

1. Calentamiento solar pasivo
2. Efecto de masa térmica
3. Masa térmica + ventilación nocturna
4. Ventilación Natural
5. Enfriamiento evaporativo directo
6. Enfriamiento evaporativo indirecto

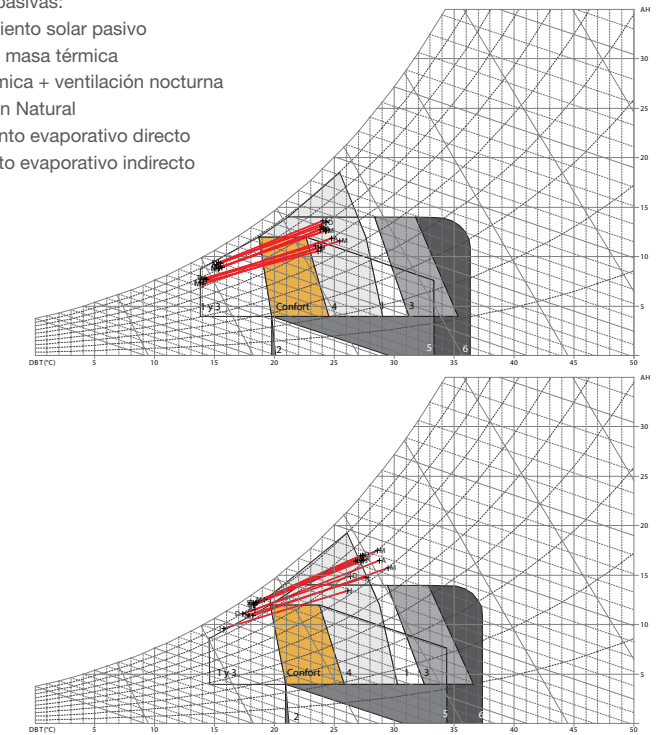


Fig. 5.4.4. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos mensuales promedio de la estación de Santa Lucía (arriba) y Pérez Zeledón (abajo). Cada línea representa un mes del año y sus datos mínimos y máximos promedios (elaborado por autores).

Estrategias pasivas:

1. Calentamiento solar pasivo
2. Efecto de masa térmica
3. Masa térmica + ventilación nocturna
4. Ventilación Natural
5. Enfriamiento evaporativo directo
6. Enfriamiento evaporativo indirecto

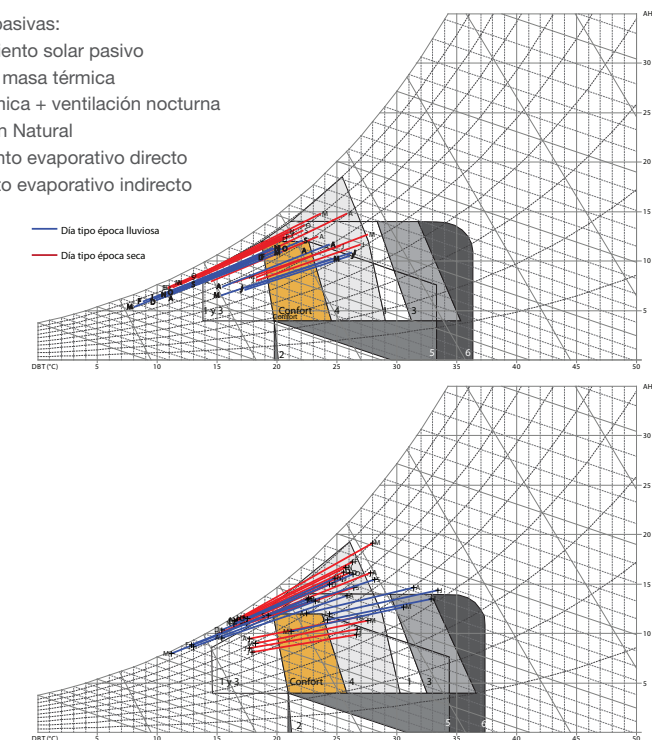
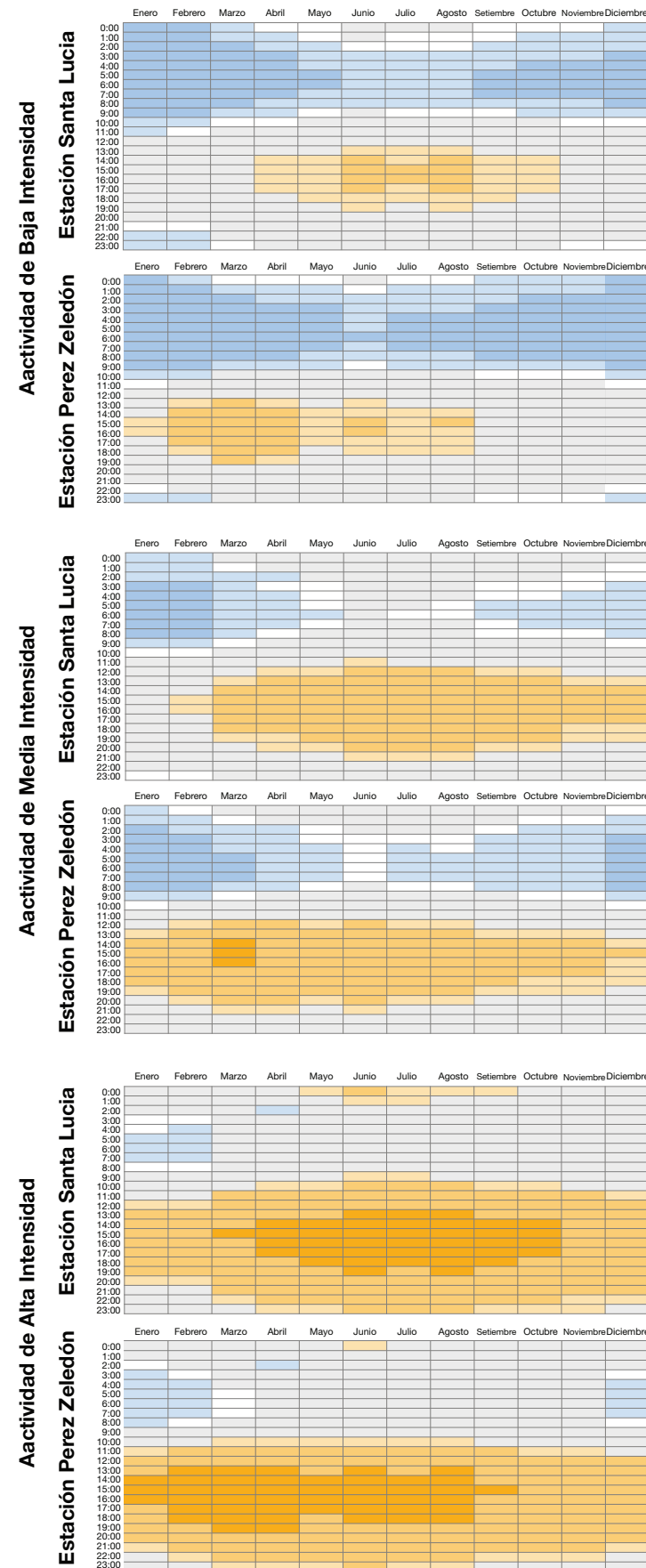


Fig. 5.4.5. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos horarios promedio por 10 días de la época seca y lluviosa de Santa Lucía (arriba) y Pérez Zeledón (abajo). Cada línea representa dos horas consecutivas del día tipo y sus datos mínimos y máximos promedios a través de los 10 años (elaborado por autores).



La masa térmica más calentamiento pasivo para las temperaturas bajas solo es efectiva en muy pocos de los meses sobretodo para los meses de la época seca en la que los rangos de humedad son menores.

### 5.5.2 Estrategias de Confort según Días Tipo

En el comportamiento de los días tipo se observa (ver Fig. 5.4.5) que para la estación de la Región Central las épocas lluviosa y seca, son muy similares en comportamiento, la mayor diferencias es el desplazamiento del gráfico de la época seca más a la derecha con respecto a la lluviosa, indicando una aumento general en las temperaturas.

Las estrategias más efectivas en ambas épocas son la masa térmica y ventilación como se explicó anteriormente el las estrategias generales, éstas extiende la zona de confort tanto para todas las temperaturas altas como para la gran mayoría de las bajas. En segundo lugar, el enfriamiento evaporativo indirecto tiene un grado de efectividad limitado solamente para las horas de día de mayor temperatura y principalmente de la época seca.

Por otro lado para en la estación del Pacífico Sur la diferencia entre las estaciones lluviosa y seca es más notoria, en el caso de la primera vemos que en el período más intenso de lluvia las temperaturas se mantienen constantes y la humedad aumenta significativamente, haciendo que las únicas estrategias parcialmente efectivas sean la ventilación natural y la masa térmica para las horas menos húmedas.

En la época seca extrema vemos una gran variación a nivel de humedad a lo largo del día, la estrategia de masa térmica con ventilación llega a funcionar para gran parte del día y la noche ayudando a reducir la fluctuación de temperatura; el enfriamiento indirecto y la masa térmica funcionan solamente para los rangos de las temperaturas más altas durante el día.

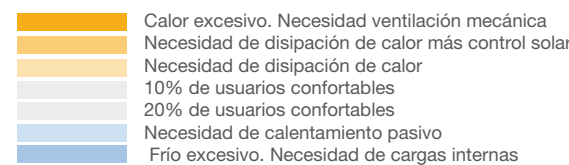


Fig. 5.4.6. Gráficos de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad. Dos gráficos superiores: Actividad baja referida al descanso. Dos gráficos medios: Actividad media referida a actividades de estudio, ver televisión, usar la computadora, etc. Dos gráficos inferiores: Actividad alta referida actividades del quehacer doméstico como limpiar o lavar (elaborado por autores).

### 5.5.3 Parámetros de Confort según Actividad

A nivel general, después de las bajas temperaturas experimentadas a lo largo de la noche, en el este la sensación de calor es casi nula con respecto al oeste, de hecho en estas zonas las madrugadas y mañanas tienden a ser frías (ver Fig. 5.4.6).

Dentro de los parámetros observados para esta zona de vida, tenemos que el mes de enero es el mes más fresco de todos, durante esta época del año el sol se encuentra inclinado hacia el sur, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación.

Para ambas zonas y tomando la actividad de baja intensidad, existe una la necesidad de calentamiento durante las madrugadas y mañana, específicamente de las 24:00 a las 9:00 horas. A partir de ahí las tardes son bastante confortables, teniendo la estación Sur una pequeña necesidad de ventilación.

En cuanto a la actividad media, la Central presenta únicamente una necesidad de calentamiento de las 3:00 a las 8:00 horas, la sensación leve de frío puede ser solucionada a nivel de arropamiento. En cuanto a la Pacífico Sur hay mayor fluctuación de temperaturas diarias con respecto a las nocturnas, la calentamiento se necesita de las 2:00 a las 8:00 horas, la necesidad de disipación de calor se da de las 13:00 a las 19:00 horas, y la necesidad de control solar a partir de las 14:00 horas.

Para la actividad de alta intensidad la Central tiene madrugadas confortable y mañanas con una leve sensación de frío. La necesidad de de disipación de calor se da hasta en la tarde de las 12:00 hasta las 20:00 horas, el control solar es de las 13:00 horas en adelante. En la Pacífico Sur las mañanas poseen mañanas más frescas con respecto a la región anterior, el requerimiento de disipación va de 11:00 a las 21:00 horas y el control solar se necesita a partir de las 12:00 horas.

Por otro lado marzo y junio son los meses más cálidos, el primero para la Pacífico Sur y el segundo para la Central, durante esta época del año el sol se encuentra inclinado hacia el norte, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación.

En lo que corresponde a la actividad de baja intensidad, para la Región Central se experimenta en la madrugada una sensación de frío leve que puede ser solucionada con arropamiento; en la tarde una necesidad de ventilación de las 13:00 a las 19:00 horas con un mínimo control solar de las 14:00 a las 15:00 horas. En el caso de la estación Pacífico Sur se intensifica la sensación de frío la cual va de 1:00 a las 9:00 horas y la necesidad de disipación de calor y control solar aumenta de las 13:00 a las 19:00 horas.

Referente a la actividad media y para ambas sub zonas el control solar es a partir de las 12:00 horas hasta finalizar el día, la disipación es necesaria desde las 11:00-12:00 hasta las 21:00 horas, fuera de ese rango de horas el resto del día es bastante confortable.

Para los usuarios que realicen actividades pesadas estarán cómodos durante las primeras horas de la mañana. Pasadas las 9:00 de la mañana, es donde se experimenta la sensación de calor. El rango máximo de calor excesivo es 12 horas a partir de las 11:00 a.m. en la Pacífico Sur y de 14 horas a partir de las 10:00 a.m. en la Central, ambos en el mes de junio. El control solar es necesario a partir de las 10:00 a 11:00 horas en adelante y disipación de calor constante durante las horas de la tarde y noche.

Si bien los comportamientos son similares en los meses extremos, a nivel general las estación del Pacífico Sur es extrema, con una mayor cantidad de horas de calor excesivo y frío excesivo con respecto a la estación de la Región Central.





# | PAUTAS GENERALES |

GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

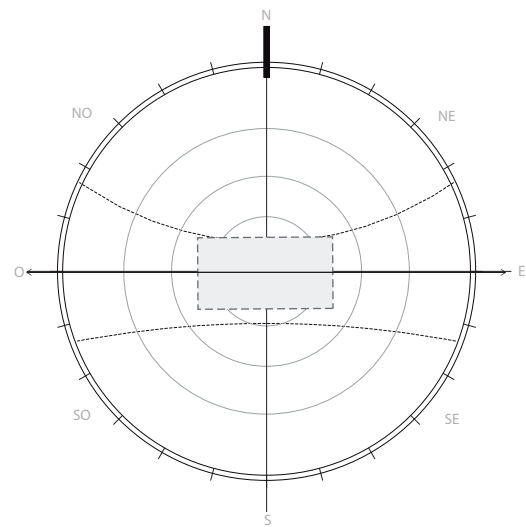


Fig. 5.6.1. Rango de orientación recomendado para el Piso Premontano (elaborado por autores).

## 5.6 Orientación

La correcta orientación es un paso fundamental hacia el aprovechamiento o protección de los diferentes elementos climáticos. Para efectos de este análisis, se toma la trayectoria solar y la dirección de los vientos dominantes como punto de partida para establecer un rango de orientación óptima.

### 5.6.1 Orientación según trayectoria solar

Como se describió anteriormente, este piso altitudinal cuenta con tres Zonas de Vida ubicadas en el Valle Central, vertiente Pacífico y Atlántico. A nivel climático, se registran temperaturas máximas en el día, mientras que las noches son más cómodas y frescas. Al poseer características del clima templado, es necesario establecer un equilibrio estacional que reduzcan o permitan la producción de calor, radiación y convección.

A través de los diversos métodos usados en el análisis del clima, se establece que la orientación óptima para este piso altitudinal debe estar sobre el eje este-oeste (ver Fig. 5.6.1). Las fachadas más largas deben estar en el norte y en el sur; dichas envolventes son captadoras de radiación solar en verano (sur) y en invierno (norte). Esta configuración rectangular es la más eficiente para la disminución de los impactos solares desfavorables en los espacios internos. Es necesario tener datos de radiación, tanto para superficies horizontales como para superficies verticales. Se debe valorar las envolventes con riesgo de sobrecalentamiento o de pérdidas energéticas (ver Fig. 5.6.2).

Como consecuencia de esta orientación y de la trayectoria solar, las aberturas mayores deben ubicarse en las fachadas norte y sur. Estos buques deben ocupar de un 40 a un 80% de la envolvente vertical siempre y cuando cuenten con dispositivos de control solar para evitar la ganancia térmica en los espacios internos (ver estrategias específicas de control solar). Los buques que dan al este admitirán el sol, pero a una hora en que la temperatura del aire todavía es muy baja. No se recomiendan aberturas en el oeste; estas deben evitarse siempre que sea posible, ya que se debe disminuir la ganancia térmica por medio de radiación directa, cuando la temperatura del aire ha alcanzado sus máximos diarios.

En muchos casos por condiciones de topografía, lotificación, entre otros, la vivienda debe orientarse en una posición diferente a la óptima. En estos casos se debe procurar respetar la distribución espacial y cumplir en la medida de lo posible con las estrategias específicas descritas más adelante.

### 5.6.2. Orientación según Vientos

El sistema orográfico de Costa Rica, esta orientado de noroeste a sureste, por lo cual se crea una división marcada entre las zonas ubicadas en la región Pacífica y la región Atlántica. Los sitios ubicados en la vertiente Pacífica es afectada por la Zona de Convergencia Intertropical y los vientos ecuatoriales provenientes del suroeste (ver Fig. 5.6.3). La vertiente Atlántica se influencia de los vientos Alisios del noreste que llegan de forma casi perpendicular a las cordilleras (ver Fig. 5.6.4). Estos vientos traen nubosidad y lluvias débiles que llegan al Valle Central gracias a los pasos entre montañas elevando los niveles de humedad. En estos sitios se recomienda una ventilación cruzada adecuada y separar las áreas que donde se produce humedad del resto de la edificación.

En las partes bajas, como Alajuela centro, se encuentra un clima más seco con marcada influencia del Pacífico. En las partes medias que corresponden a San José, Heredia y Cartago principalmente, se experimentan vientos de las dos vertientes. Por último, en las zonas altas pertenecientes al bp-P, se da una confluencia de vientos de ambas vertientes por lo que no hay datos que indiquen la dirección de los vientos dominantes (Fuente: IMN). En cuanto a las fluctuaciones del viento durante el día, los vientos predominante de las mañanas en la época lluviosa son de carácter alisios débiles. En la época seca y durante el veranillo, dominan los vientos Alisios durante todo el día. Por la tarde predominan los del oeste (Alvarado, 2008).

Por lo desarrollado anteriormente, se plantea la orientación de las aberturas a barlovento de los vientos predominantes (Alisios), sobretodo en la época de verano cuando se necesita la ventilación como mecanismo de disipación. Aunque para las altitudes menores es importante mantener una ventilación constante durante todo el año por eso se debe de tener en cuenta también los vientos del suroeste.

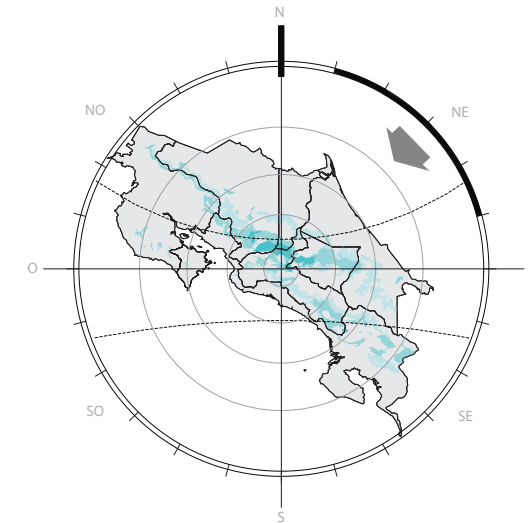


Fig. 5.6.3. Vientos dominantes para sitios ubicados en la vertiente Pacífica (elaborado por autores).



Fig. 5.6.4. Vientos dominantes para sitios ubicados en la vertiente Atlántica (elaborado por autores).

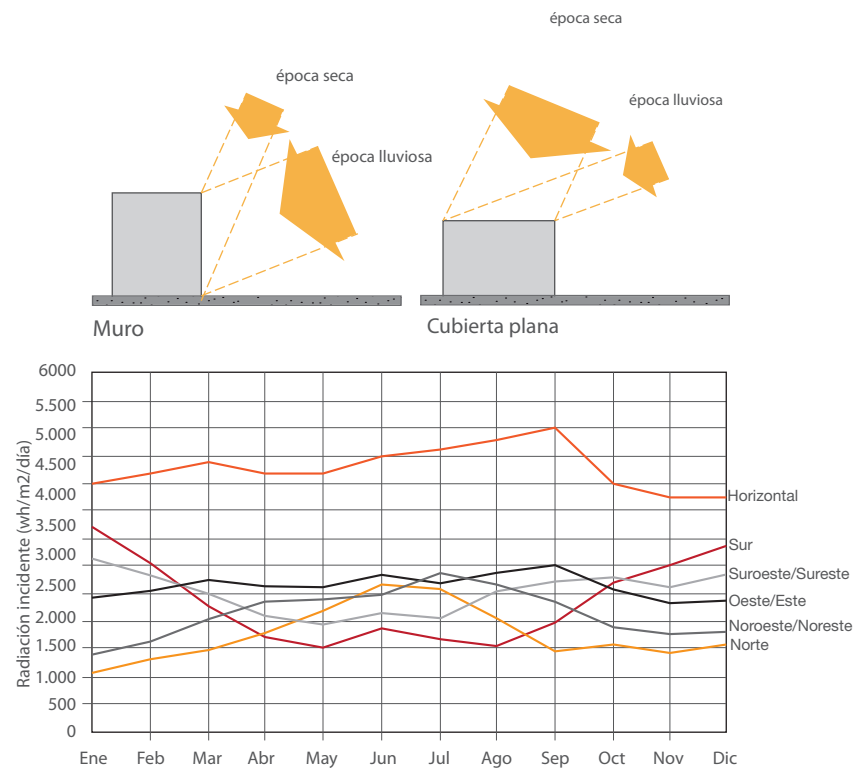


Fig. 5.6.2. Radiación solar mensual sobre diferentes planos de la envolvente en latitud 10 (modificado por autores).

Fig. 5.7.1. Configuración del espacio inferior (elaborado por autores).

Figura a. Configuraciones que propician la mitigación de calor por estrategia de enfriamiento conductivo:

- a.1. Cerramiento horizontal en contacto directo con el suelo.
- a.2. Cerramiento horizontal semienterrado.

Figura b. Configuraciones que propician la mitigación de calor por estrategia de enfriamiento convectivo:

- b.1. Cerramiento horizontal elevado.
- b.2. Tipología de arquitectura bananera cerramiento horizontal sobre pilotes.

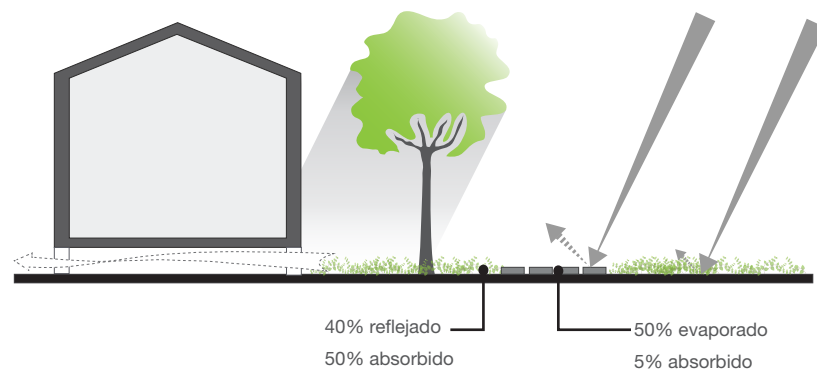
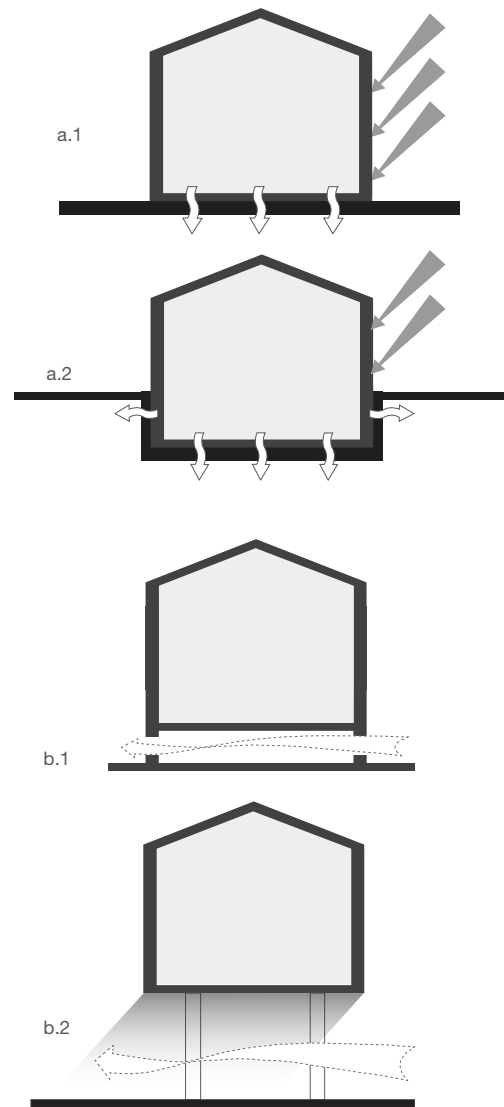


Fig. 5.7.2. Propiedades de la superficie del suelo y sus implicaciones en el edificio. En las zonas del piso Premontano se recomienda rodear el edificio de vegetación, como estrategia de control solar como de enfriamiento del aire, y absorción de radiación (elaborado por autores).

## 5.7 Configuración Espacial

### 5.7.1 Inferior

El espacio inferior se puede configurar a partir de las necesidades y exigencias del entorno y su clima, para las Zonas de Vida comprendidas en este piso altitudinal el espacio inferior busca disipar del calor, basado en el tipo de estrategia que se desee implementar (ver Fig. 5.7.1).

La primera configuración es cuando el espacio inferior es nulo, esto se da en dos modalidades, la primera cuando el nivel del cerramiento horizontal inferior se posa directamente sobre el suelo (ver Fig. 5.7.1 a.1), y la segunda cuando el cerramiento horizontal inferior se puede posicionar por debajo del nivel de suelo generando un espacio con el menor contacto con el ambiente posible (ver Fig. 5.7.1 a.2). Bajo esta configuración yace el principio de enfriamiento por conducción, que establece que cuando dos superficies entran en contacto, la energía calorífica busca el equilibrio entre ambas. El elemento con mayor temperatura; es decir el elemento constructivo, tiende a ceder su calor al elemento con menor temperatura; la superficie terrestre.

Utilizando la configuración semienterrada, se protege parte del cerramiento de la radiación y a su vez toma ventaja de las propiedades del suelo, cuyo efecto puede ser utilizado como amortiguador y retardante de la variación de temperatura que se produce entre el día y la noche en el espacio construido.

Se pueden observar algunos casos de estudio en el bosque húmedo Premontano, en la vertiente Pacífica Norte, donde el nivel de piso terminado está casi al mismo nivel de acera de acceso, enterrando así la estructura del contrapiso de madera. Cabe señalar que esta configuración es aplicable como estrategia de disipación de calor, ya que es la vertiente más seca, de terrenos más rocosos y que no están expuestos a inundaciones. Más detalles sobre la correcta utilización de esta configuración se desarrolla en las Estrategias Específicas del Cerramiento Horizontal Inferior.

Como segunda configuración es cuando el espacio habitable se eleva del nivel del suelo, lo suficiente para generar un espacio inferior vacío. Bajo esta configuración yace el principio de enfriamiento por convección, el aire que circula por el espacio inferior comprendido entre la superficie del suelo y el elemento constructivo disipando el calor (ver Fig. 5.7.1 b.1 y b.2).

En la arquitectura vernácula de esta Zona de Vida lo observamos principalmente la casa de adobe y bahareque, en dichos casos el espacio inferior se configura con una altura promedio de 0,60 m aproximadamente, utilizando pilotes o bases de piedra. Disponen de rejillas que delimitaban dicho espacio impidiendo el ingreso de animales, pero permitiendo el recorrido libre del aire. Esta tipología se desarrolla y se recomienda en los bosques húmedo y muy húmedo Premontano de las partes centrales del país, cuyas altitudes están dentro de los rangos medios y altos de este piso.

En los casos de bosque húmedo y muy húmedo Premontano de vertiente Atlántica, cuyas altitudes están dentro de los rangos bajos de este piso; los ejemplos de arquitectura bananera establecen dimensiones mayores para dicho espacio que van de 1,7m a 2,3 m aproximadamente. Esta modalidad permite la creación de espacios inferiores abiertos y utilizables. Brinda sombra, refresca y protege de la humedad a los espacios habitables.

Para ambas configuraciones aquí establecidas, es importante tener en cuenta que las características naturales del terreno que se encuentra debajo de las edificaciones en el caso de que sean edificios elevados y/o a su alrededor. Las superficies vegetales y de agua pueden moderar las temperaturas extremas y estabilizar las condiciones del ambiente inmediato (ver Fig. 5.7.2).

### Superficie vegetal

La utilización de elementos naturales desde plantas pequeñas como zacate hasta los árboles contribuyen a mejorar la calidad y el confort del espacio construido. La capa de vegetación que cubre el suelo reduce la temperatura, ya que absorbe la radiación solar; es decir no se calienta sino que invierte esta energía en procesos de fotosíntesis, conservando su temperatura y disipando el calor restante al ambiente mediante la evapotranspiración que se produce en sus hojas.

Se debe de considerar que a mayor densidad en el follaje de la vegetación que rodea una edificación, mayor nivel de sombreado. Es necesario utilizar especies siempre verdes para que en la época seca, donde las temperaturas alcanzan su máximo, siga existiendo protección de radiación.

### 5.7.2 Habitable

La configuración del espacio habitable se determina a partir de las relaciones con el exterior: posibilidades de aportación solar, exposición a vientos y superficie de intercambio térmico. Al aumentar el volumen de espacio interno se calienta menos, concentrándose el aire caliente en la parte superior alejándolo del usuario. Dadas las condiciones de este piso se establece una altura de 2,6 a 2,8 metros como estrategia de amortiguación de calor tomada de la arquitectura vernácula (ver Fig. 5.7.3).

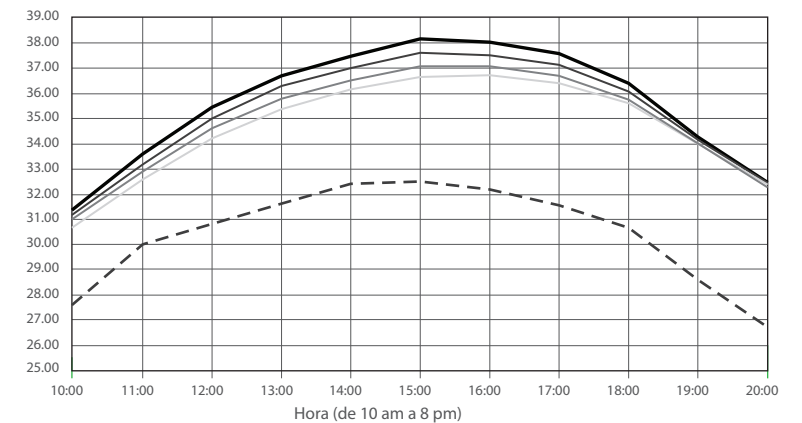


Fig. 5.7.3. Variación de la temperatura en función de la altura.

(modificado por autores). SIMBOLOGIA  
 Temp. Ext. h=3.1m  
 h=2.5m h=3.4m

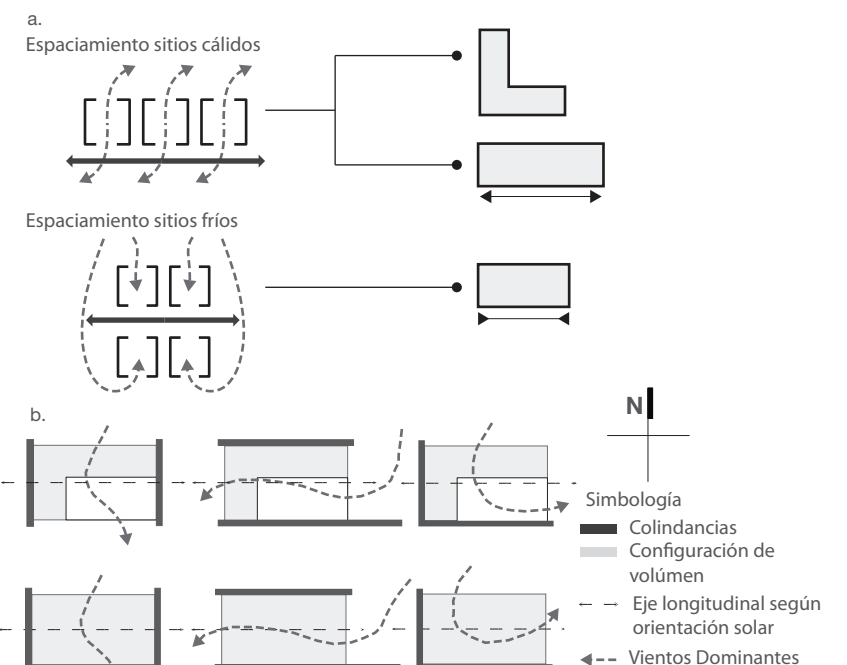
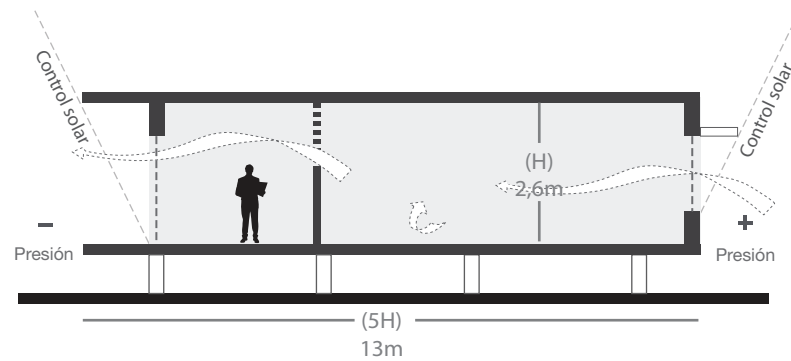


Fig. 5.7.4. Configuración óptima en planta para el piso Premontano (elaborado por autores):  
 a. Espaciamiento y forma.  
 b. Posibilidades configuración según posibles colindancias.



Para los sitios ubicados en las partes cálidas, por ejemplo Alajuela, es necesario configuración simple, los espacios habitables deben contar con una sola fila de habitaciones (de manera que permita la disposición de mayor cantidad de aberturas en paredes opuestas), fomentando así la ventilación cruzada (ver Fig. 5.7.4). Además una circulación perimetral cubierta que de sombra al edificio y lo proteja de las fuertes lluvias.



a. Corte diagramático de espaciamento sencillo. Para que la ventilación cruzada sea efectiva se debe contar con una distancia de 5 veces la altura del espacio habitable.

b. Corte diagramático de espaciamento doble. Las entradas del aire a barlovento deben de ser independientes. En la primera configuración la entrada del espacio izquierdo se da a nivel del piso, en la segunda se establece una barrera externa de redirección del viento predominante, esta puede ser de vegetación o un elemento constructivo existente en el lugar. Las salidas se pueden dirigir hacia el espacio superior del edificio (si no hay un segundo nivel que lo impida), un pasillo o abertura adyacente.

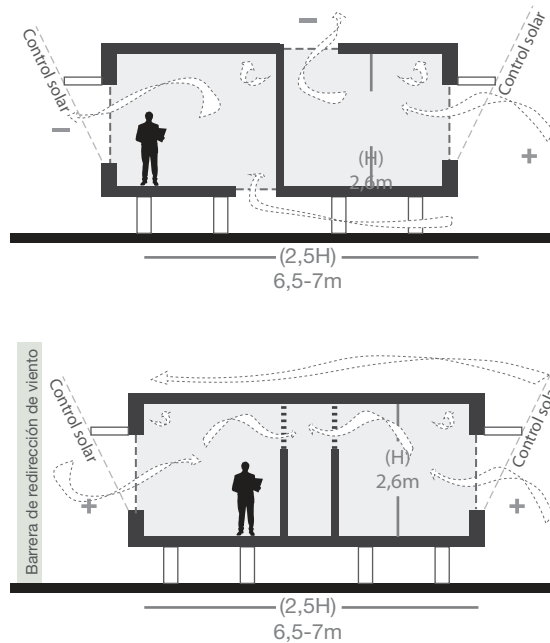


Fig. 5.7.5. Corte diagramático del funcionamiento del espacio habitable, según las dos posibilidades de espaciamento (elaborado por autores):

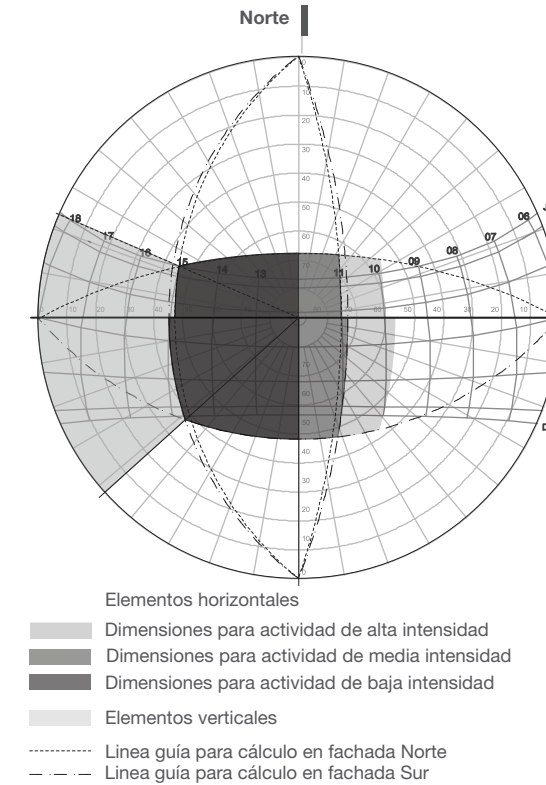
- a. Espaciamento sencillo para las zonas cálidas de altitud inferior.
- b. Espaciamento doble para las zonas menos cálidas de altitud superior.

El uso de balcones o terrazas cubiertas, como recintos habitables en el exterior sirven para el mismo fin. La división interna de los espacios no debe obstruir el diseño de la ruta del aire; por este motivo se deben establecer cerramientos principalmente paralelos a la dirección del aire. Para los cerramientos perpendiculares se recomienda que sean móviles (que permitan el paso durante el día y cerrarse durante la noche), o con aberturas o rejillas en su parte superior para permitir la salida del aire. Para sitios más frescos, como Cartago, San José y Heredia, se establece una proporción menos alargada de espaciamento doble con la finalidad de controlar la ventilación de los espacios individualmente y mantener una temperatura más constante y cálida en el, ya que tienden a enfriarse durante la madrugada (ver Fig 5.7.4).

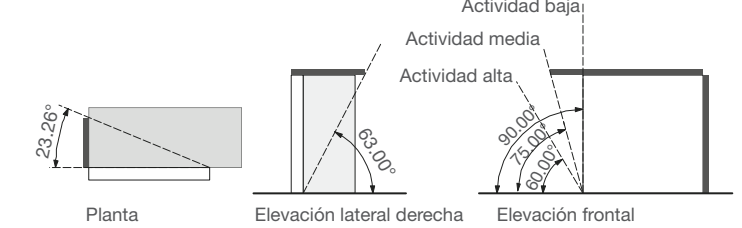
Las aberturas de entrada de aire deben de estar a barlovento, se debe procurar que su área sea igual o 25% menor al área de las aberturas de salida. Se recomienda una distancia entre la abertura de entrada y la de salida de 5 veces la altura del espacio habitable (ver Fig. 5.7.5.a). En cuanto a las configuraciones de espaciamento doble, recomienda una distancia entre la abertura de entrada y la de salida de 2,5 veces la altura del espacio habitable (ver Fig. 5.7.5.b). Para crear ventilación cruzada efectiva en aberturas dispuestas a 90 grados la una de otra, se recomienda mantener dimensiones espaciales no menores a 4,5 m x 4,5 m. Si estas dimensiones son menores se deben establecer dispositivos de control de velocidad del aire entrante para evitar altas velocidades del aire, velocidades de 0.25 m/seg. a 0.50 m/seg, son las más recomendadas (Frixanet, Víctor. Arquitectura Bioclimática).

La proporción de aberturas en esta zona debe ocupar 40% a un 80% del área de la envolvente vertical y requieren ser provistas de estrategias de control solar. El sombreado, se alcanza tanto a nivel de volumetría (espacios salientes superiores generan sombra sobre los espacio inferiores), configuración de aleros o dispositivos de parasoles. Es importante establecer la relación proporcional tomando en cuenta la posición solar, en la Fig. 5.7.6 se desarrolla el cálculo de dichas proporciones para cada punto cardinal, según su orientación solar óptima y el rango de protección por tipo de actividad.

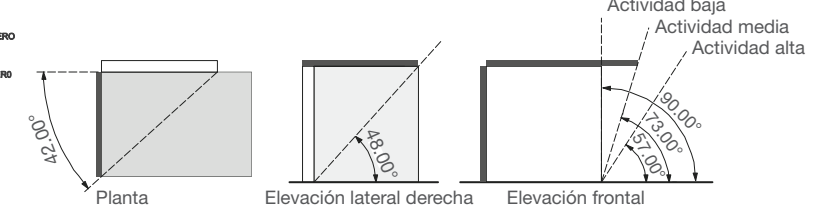
Carta solar Norte y Sur



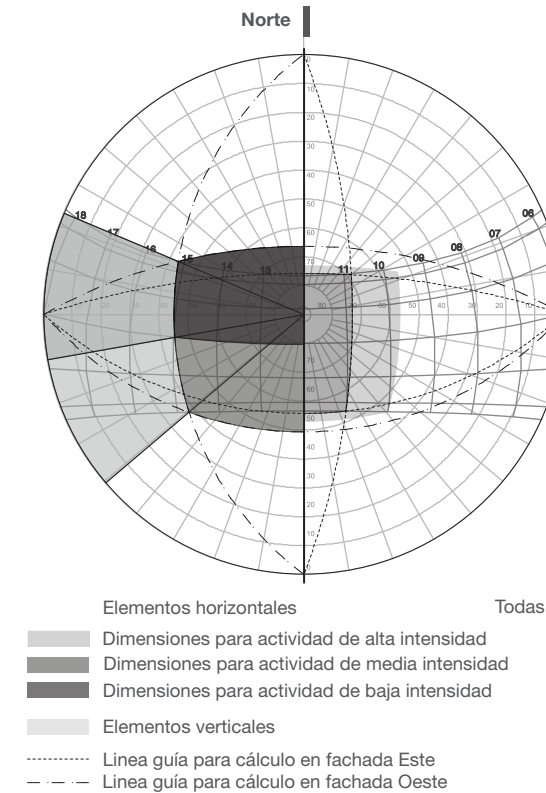
Aberturas Norte



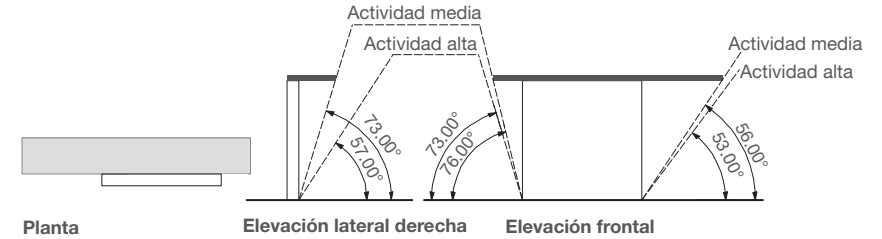
Aberturas Sur



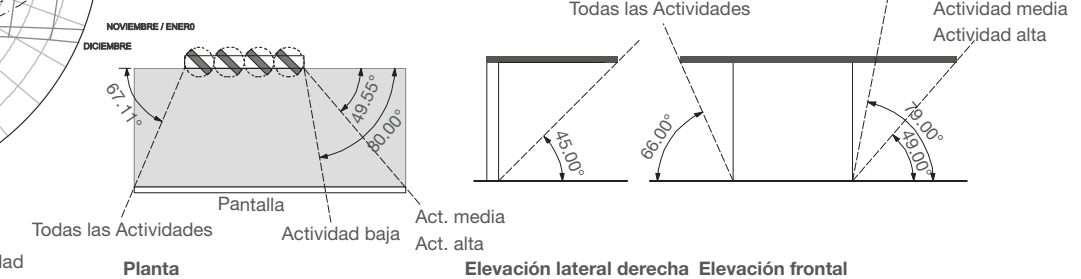
Carta solar Este y Oeste



Aberturas Este



Aberturas Oeste



Las pantallas establecidas hacia el oeste se recomienda sustituirlas por elementos móviles o semipermeables de manera que no obstruyan en movimiento del aire y que posean una escala y configuración más sencilla y efectiva.

Fig. 5.7.6. Cálculo de dispositivos de control solar para el piso Premontano. Estas dimensiones se toman a partir de los rangos de necesidad de control solar establecidos en el capítulo de rangos de confort según la intensidad de la actividad que se desarrolla en cada espacio y partiendo de la orientación solar recomendada, en este caso 20° rotada con respecto al eje longitudinal que va de este a oeste. Para una mejor efectividad se deben de tomar en cuenta las sombras producidas por los edificios circundantes existentes sobre el edificio a diseñar (elaborado por autores).

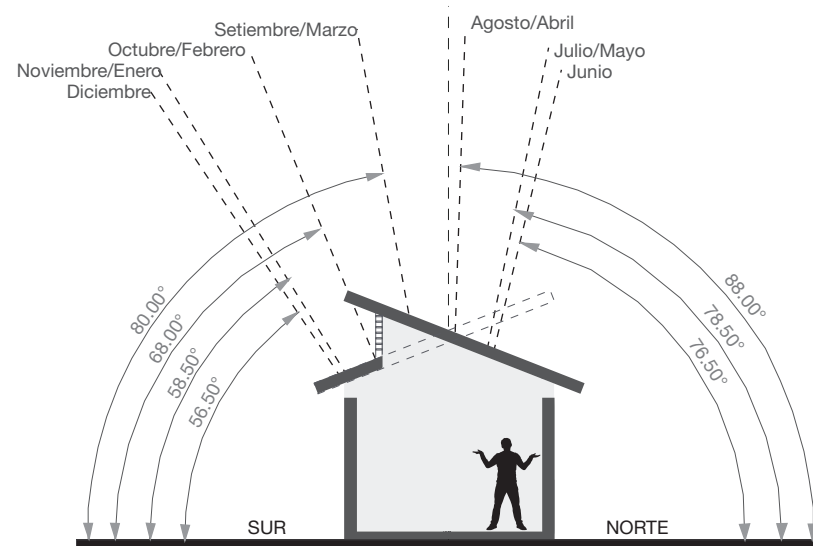


Fig. 5.7.7. Gráfico configuración de cerramiento superior. Corte transversal con trayectoria solar de todo un año. Ángulos de altitud solar del 1º de cada mes a las 12:00 mediodía (elaborado por autores).

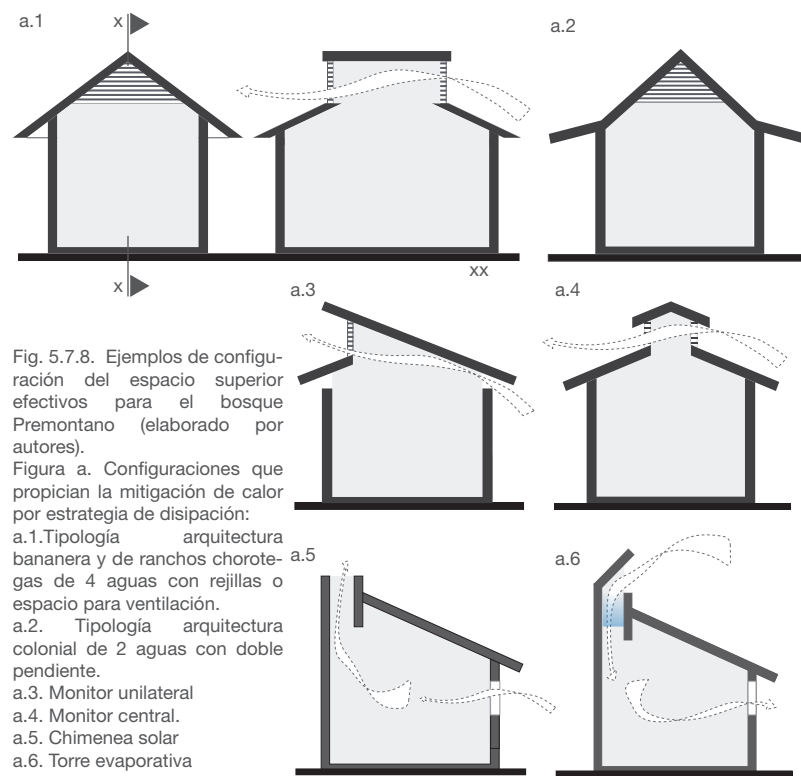
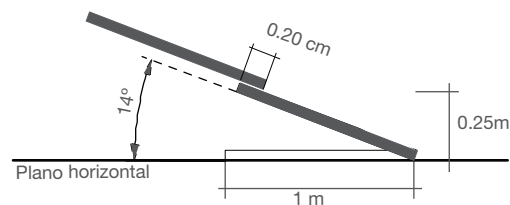


Fig. 5.7.8. Ejemplos de configuración del espacio superior efectivos para el bosque Premontano (elaborado por autores).

Figura a. Configuraciones que propician la mitigación de calor por estrategia de disipación:

- a.1. Tipología arquitectura bananera y de ranchos chorotegas de 4 aguas con rejillas o espacio para ventilación.
- a.2. Tipología arquitectura colonial de 2 aguas con doble pendiente.
- a.3. Monitor unilateral
- a.4. Monitor central.
- a.5. Chimenea solar
- a.6. Torre evaporativa

Fig. 5.7.9. Gráfico de absorción de calor del cerramiento superior, según su inclinación con respecto al sol. Cada 10° de inclinación del plano del cerramiento horizontal superior, representa de 10% a 15% de menor ganancia de calor por radiación aproximadamente. Traslape aproximado según pendiente para zonas lluviosas, el traslape es inversamente proporcional a la pendiente (elaborado por autores).



### 5.7.3 Superior

La envolvente superior recibe la mayor cantidad de radiación con respecto a las otras envolventes debido a su posición, en el caso del piso Premontano los altos niveles de radiación, precipitación y humedad exigen configurarla como un elemento que responda efectivamente a los requerimientos de éstas zonas. Como primera medida, se recomienda una envolvente con disposición este-oeste de su eje longitudinal, siguiendo la misma lógica del edificio comentada en capítulo de orientación, de manera que se disponga la mayor área principalmente hacia el norte, para que reciba menor radiación a lo largo del año (ver Fig. 5.7.7).

Basado en la observación de viviendas vernaculares, la configuración más utilizada es la plana inclinada. En el caso urbano con edificios de viviendas de dos fachadas libres, se configuraban de una o de dos aguas facilitando la evacuación de aguas; para viviendas rurales con todas sus fachadas libres se configuraban con dos o cuatro (o más) aguas simétricas, de esta manera los rayos solares inciden directamente solo en la mitad o la cuarta parte de la superficie de la envolvente respectivamente, reduciendo la ganancia de calor y generando sombra en todas las fachadas. Es característico encontrar una doble pendiente en este tipo de cubiertas vernáculos, incrementado la pendiente en el área central del volumen donde se disponen monitores o salidas de aire. Todas éstas tipologías a su vez se configuran abiertas para fomentar la estrategia de disipación de calor mediante el movimiento interno del aire (ver Fig. 5.7.8). Otras tipologías son válidas para este tipo de clima como las chimeneas solares y torres de enfriamiento (ver Fig. 5.7.8.b.3 y b.4), éstas se desarrollan a mayor detalle en las Pautas Específicas de este piso.

Las pendientes observadas son variadas, van de un 20% hasta un 60% en la arquitectura colonial, responden al principio que establece que entre más perpendicular se disponga la superficie con respecto a los rayos del sol más calor puede absorber, o en el caso contrario repeler. Cada 10° de inclinación del plano de la techumbre representan entre un 10 a 15% de menor ganancia de calor (Salomón, 1982 citado por Gozáles, 2009). Se recomienda configuraciones simples de inclinación pronunciada de 25% o más (ver Fig. 5.7.9), para lograr una menor incidencia de los

rayos perpendiculares del sol, generar una buena escorrentía de la lluvia y dar mayor frescor del espacio habitable al ampliar el volumen de aire interno que amortigüe el calor transferido del exterior. Paralelo a la pendiente del cerramiento el traslape del material tiene una relación inversamente proporcional, si se desea la utilización de pendientes menores a las recomendadas se necesita mayor traslape de materiales para que este funcione correctamente durante la época lluviosa.

En el caso de las envolventes curvas, a pesar de que la exposición solar es continua, tienen por principio de configuración una ganancia de calor baja; ya que la incidencia de la radiación solar en ellas es perpendicular al arco en un solo punto siempre y cuando se mantenga la disposición Este-Oeste. Por este motivo cubiertas de este tipo pueden ser utilizables también en este clima.

Cabe mencionar que el uso de aleros, pérgolas, terrazas o corredores perimetrales techados minimizan las ganancias solares, teniendo en cuenta los ángulos solares que se quieren evitar, y protegen contra las lluvias. En la arquitectura vernácula observada en esta investigación, el diseño de corredores y terrazas implican una proyección de 2 a 3 metros de la envolvente superior.

En resumen la configuración espacial (ver Fig. 5.7.10) se debe buscar un edificio de espacios abiertos en las zonas más cálidas y de baja altitud y compacto en los casos de mayor altitud donde el clima es más frío.

En cuanto a la envolvente vertical, los de una alta inercia térmica, son utilizables en los cerramientos externos como estrategia de aislamiento capacitivo, sumando ventilación nocturna y reflectancia para mejorar su eficacia. Y los cerramientos livianos, si bien se calientan rápidamente por la radiación se enfría de la misma manera, para estas zonas funcionan en conjunto la estrategia de ventilación y aumento de su capacitancia y reflectancia. Se deben de tomar precauciones contra la humedad, en especial en las subzonas de altitudes mayores. Las aberturas son grandes para todas las zonas, conjuntamente se debe de contemplar la protección contra lluvias y radiación directa, esta última se define como estrategia de control solar.

Para el envolvente inferior e intermedio, las condiciones son las mismas para todas las zonas de vida, puede ser pesado o liviano. En el caso de las zonas bajas y cálidas se configura como un elemento disipador del calor, ya sea mediante enfriamiento conductivo o convectivo.

La envolvente superior debe ser liviano aislado tanto a nivel resistivo como radiante, a su vez dicha configuración puede fusionarse con estrategias de disipación de calor para mejorar la función del elemento.

Todas éstas estrategia referente a los diversos tipos de cerramientos se explican a mayor detalle en las pautas específicas, sumadas a otras posibilidades que se pueden trabajar en conjunto.

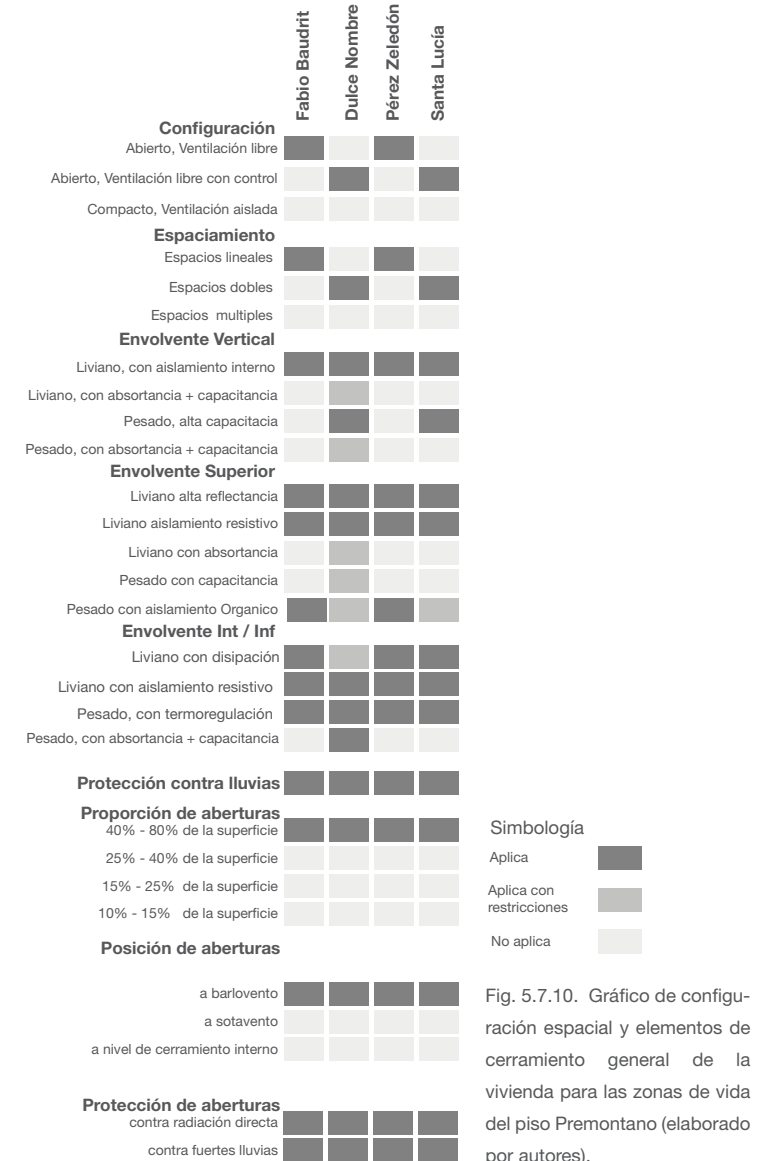


Fig. 5.7.10. Gráfico de configuración espacial y elementos de cerramiento general de la vivienda para las zonas de vida del piso Premontano (elaborado por autores).



### 5.8 Distribución Espacial

La distribución espacial se establece a partir de la definición de las necesidades a nivel de confort por tipo de actividad según los parámetros de confort arrojados por los Climo-gramas de Bienestar Adaptados y la temporalidad de uso aquí establecida (ver Fig. 5.8.1 y Tabla 5.8.2).

Para las actividades de reposo, se toma el rango de 20:00 a las 8:00 horas para definir su posicionamiento espacial, ya que las demandas de confort por tipo actividad no son altas y su uso se intensifica en las horas de la noche y madrugada, donde las temperaturas caen hasta los límites más bajos de la zona, los espacios destinados a esta actividad se propone disponerlos al sur. Aunque recibe más radiación con respecto al norte a lo largo del año, el sur se complementa mejor con éstas actividades ya que la sensación de calor no se incrementa significativamente por actividad metabólica y, por temporalidad de uso se da fuera de las horas más cálidas. Posiciones hacia el este también son

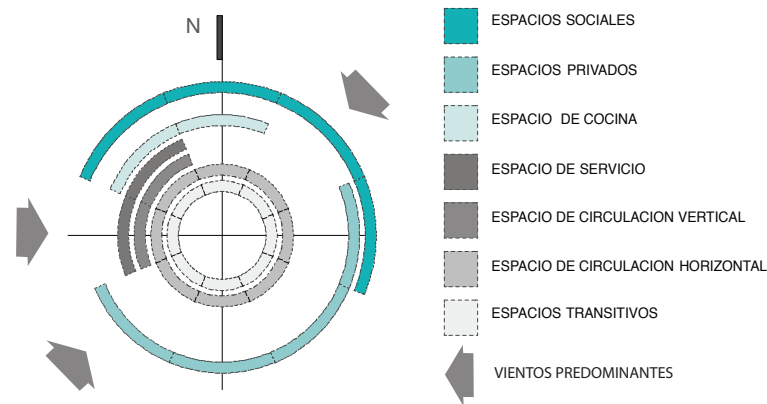


Fig. 5.8.1. Gráfico de disposición espacial de la vivienda para las zonas del piso Premontano (elaborado por autores).

válidas ya que después de las bajas temperaturas experimentadas a lo largo de la noche, la sensación de calor siempre es menor con respecto al oeste y a partir de medio día la incidencia solar sobre este punto deja de ser directa.

Para las actividades de carácter social relacionados a la actividad media, se toma el rango de las 8:00 a las 22:00 horas para definir su posicionamiento. Estos deben procurar el norte, donde la inclinación solar se prolonga menos a lo largo del año con respecto al sur, haciéndola la ubicación más fresca. Además las alturas solares se mantienen cerca a los 90 grados, facilitando el control solar a las horas de uso del espacio. El este también es válido como en el caso de las actividades bajas.

Puntos como el noroeste u suroeste son viables para espacios tanto de descanso como de estancia, siempre y cuando se implementen estrategias para evitar la ganancia de calor. Al no disponerse totalmente hacia el oeste el control solar es manejable, ya que los ángulos de incidencia solar horizontales del atardecer no llegan directamente a esa ubicación

Los espacios de servicio relacionados a la actividad de intensidad alta, exceptuando la cocina, tiene un uso intermitente a lo largo del día; es por este motivo que se ubican en los puntos orientados al oeste, ya que es la ubicación más fresca durante las horas de la mañana, cuando se realizan mayormente las actividades servicio, y el sol no incide directamente en el espacio aún. En el caso de la cocina que tiene cargas internas de calor por los electrodomésticos, se debe evitar la transferencia de ese calor a los demás espacios. Es por este motivo que debe ir dispuesta estratégicamente a sotavento, de manera que no interfiera con la ruta de viento del edificio; por ende se debe tener en cuenta los vientos predominantes de cada zona y como ingresan al edificio.

Los espacios de circulación, deben de reducirse al mínimo para no tener pasillos enclaustrados internos que impidan el movimiento del aire, en el caso de corredores externos se recomienda sean cubiertos de manera que generen un espacio de transición entre el exterior y el interior que refresque el cerramiento horizontal y/o los proteja contra la lluvia, las terrazas y balcones puede servir para el mismo fin.

En cuanto a dimensiones se establecen relaciones específicas a nivel de altura, largo y ancho del espacio habitable y el porcentaje de aberturas con respecto al área de cerramiento vertical, cumpliendo con las áreas mínimas para espacios de vivienda, del Reglamento de Construcciones de Costa Rica éstas son mayores a las establecidas ya que se busca establecer espacios acordes a las relaciones aquí propuestas.

| AREA (m2)         | ALTURA (m)      | VOLUMEN (m3) | RELACION LARGO-ANCHO (m) | RELACION ABERTURA CERRAMIENTO (%)               | 12:00 p.m. a 4:00 a.m. | 4:00 a.m. a 8:00 a.m. | 8:00 a.m. a 12:00 p.m. | 12:00 p.m. a 4:00 p.m. | 4:00 p.m. a 8:00 p.m. | 8:00 p.m. a 12:00 a.m. | # pers. |
|-------------------|-----------------|--------------|--------------------------|---|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|---------|
| SALA              | 7               | 18,2         | 1:1,2                    | 40%-80%<br>(de área de la cerramiento vertical) |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 5       |
| COMEDOR           | 7,5             | 19,5         | 1:1,2                    |   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 6       |
| ESTUDIO           | 5               | 13           | 1:1,25                   |   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 2       |
| DORMITORIO PRINC. | 10              | 26           | 1:1,45                   |   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 2       |
| DORMITORIO SEC.   | 8,10            | 21,06        | 1:1,3                    |   |                        |                       |                        |                        |                       | 2                      |         |
| COCINA            | 5,5             | 14,3         | 1:1,2                    | 10%<br>(de área de piso)                        |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 2       |
| CUARTO DE PILAS   | 3,6             | 8,64         | 1:1,4                    |   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 2       |
| BAÑO              | 4,1             | 6,24         | 1:1,25                   |   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 1       |
| GARAGE            | 14,3            | 34,32        | 1:2,1                    |   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | -       |
| CIRCULACIÓN       | ancho mín. 1,2m | -            | ancho mín. 1,2m          |   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | -       |
| ESP. AMORTIGUADOR | -               | -            | -                        |   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | -       |

Tabla 5.8.2. Tabla de áreas, volumen, relaciones y temporalidad de los espacios habitacionales para las zonas de vida del piso Premontano (elaborado por autores).

### 5.9 Vegetación

La vegetación permite dar sombra, filtrar el polvo en suspensión, hacer de pantalla a los vientos al mismo tiempo que favorece la ventilación, limpia la atmósfera, oxigena el aire y lo refresca por evapotranspiración (Ugarte, 2007).

La escogencia de cada especie vegetal debe responder primeramente a una necesidad climática-arquitectónica. De ésta forma la especie debe cumplir una lista de características y requerimientos que se necesitan para poder llevar a cabo su función como estrategia bioclimática en cada proyecto.

Se tomó el "Círculo de Escogencia por Afinidad Ecológica" elaborado por el arquitecto costarricense Alberto Negrini Vargas para la escogencia de las especies vegetales incluidas en este apartado (ver Fig. 5.9.1). Como punto de partida, se recomienda utilizar especies encontradas en cada sitio; en caso de que ninguna sirva para la función necesitada, se deberá de buscar en el entorno inmediato. Dicho proceso se repite hasta llegar a el grupo de plantas del Pantrópico. Al escoger una planta siguiendo este protocolo de escogencia, se garantiza que cada especie utilizada se adaptará plenamente al entorno donde se introduzca y funcionará de manera integral con el contexto.

En este piso altitudinal se identifican cuatro pautas principales como usos de la vegetación dentro de la arquitectura. Al ubicarse los centros de población más importantes del país en este piso altitudinal, se incorpora la vegetación como filtro de contaminantes del aire y del ruido. Además como barreras y pantallas para evitar la captación de calor, como control solar y control de vientos.

#### 5.9.1 Evitar la Captación de Calor

La vegetación es una herramienta eficaz para evitar la captación de calor ya que las plantas absorben la radiación solar y disipan el calor restante al ambiente mediante la evapotranspiración (ver Tabla 5.9.1). Este proceso permite estabilizar la temperatura del aire por retención de agua en sus hojas y por evaporación de agua en la superficie. Cuando el agua entra en contacto con el aire caliente no saturado, se producen dos fenómenos; primero sucede un

Observaciones:

- Es importante aclarar que las especies recomendadas en este documento, son ejemplos no exhaustivos a utilizar.
- Algunas especies recomendadas no sólo cumple como estrategias bioclimáticas sino que también fueron escogidas por su belleza paisajística, sus beneficios ambientales, por brindar frutos, floración y por atraer animales.

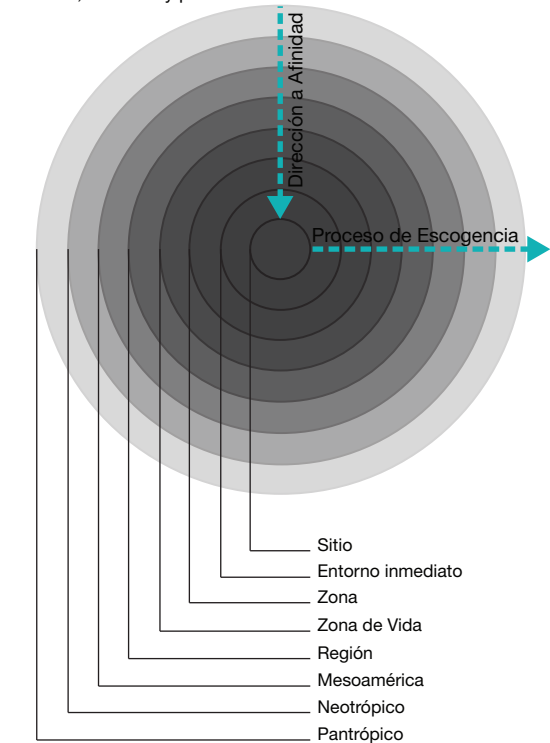


Fig. 5.9.1. "Círculo de Escogencia por Afinidad Ecológica" elaborado por el arquitecto costarricense Alberto Negrini Vargas (modificado por autores).

| Pauta:              | Evitar la Captación de Calor  |  |
|---------------------|---|--|
| Ejemplos:           | Paredes Verdes<br>Cubiertas Verdes  |  |
| Características:    | Raíces pequeñas y fuertes<br>Resistentes a la radiación directa<br>Resistentes al viento<br>Densos  |  |
| Condicionantes:     | Sistema de riego y drenaje eficiente<br>Buena impermeabilización y aislantes<br>Instalación debe ser realizada por un profesional   |  |
| Especies Sugeridas: | <b>Nombre Común</b><br>Agua Marina (cubierta)<br>Ala de Ángel (cubierta)<br>Amaranto (cubierta)<br>Bailarina (pared)<br><br>Bellísima (pared)<br>Bellísima (pared)<br>Bromelia (cubierta/pared)<br>China (cubierta)<br>Hiedra (pared)<br>Ipomoea (pared)<br>Jalapa (pared)<br>Morning Glory (pared)<br>RobleSabana(pared) | <b>Nombre Científico</b><br>Evolvulus glomeratus<br>Begonia coccinea<br>Gomphrena globosa<br>Schlumbergera x bucleyii<br>Schlumbergera truncata<br>Antigonon leptopus<br>Antigonon guatemalensis<br>Bromelia spp.<br>Impatiens walleriana<br>Hedera hélix<br>Ipomoeae Violacea<br>Allamanda cathartica<br>Ipomoea indica<br>Clystosomacallistegiodes |

Tabla 5.9.1. Protocolo de escogencia para Evitar la Captación de Calor (elaborado por autores).



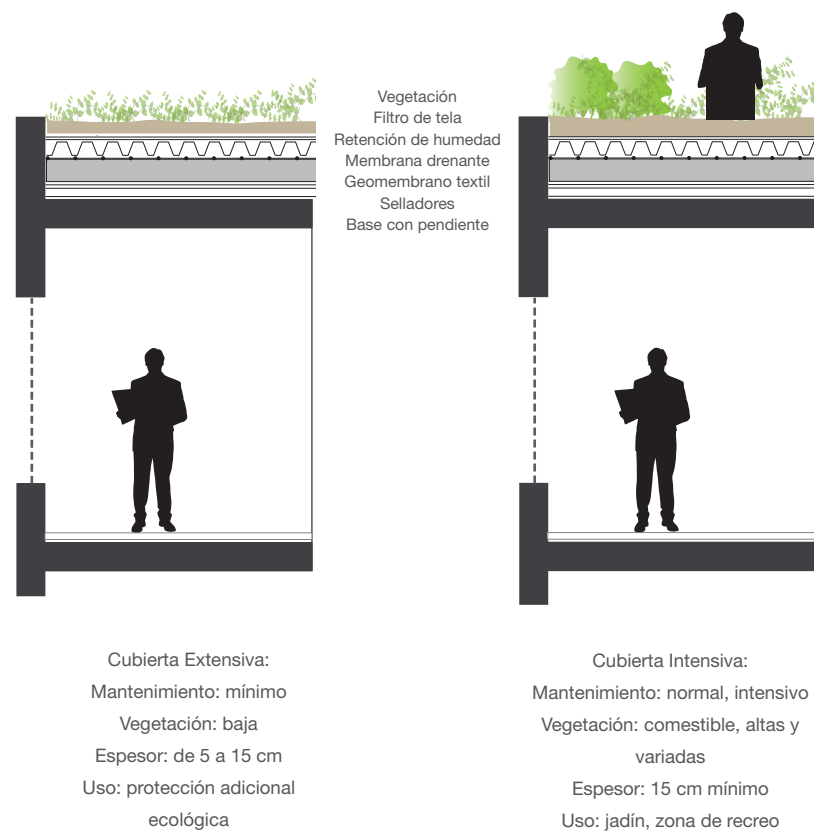


Fig. 5.9.2. Tipos de cubierta verdes: extensivas e intensiva (elaborado por autores).

intercambio de calor entre el aire y el agua y por otra parte la evaporación baja la temperatura del aire, al extraer la energía necesaria a su evaporación. Impide la temperatura nocturna bajar bruscamente y mantiene la temperatura diurna más baja que la de la atmósfera (Ugarte, 2007). Las paredes y las cubiertas verdes son ejemplificaciones de aislamiento orgánico que cumple con esta pauta. Ambas son un excelente medio para retrasar y amortiguar las variaciones térmicas entre el interior y el exterior de los espacios. Además, regulan el escurrimiento del agua ya que retienen las aguas pluviales; deben asegurarse todos los componentes aislantes para evitar problemas de humedad en los espacios, así como garantizar el uso de un sistema de riego eficiente.

Las cubiertas verdes son cubiertas convencionales a la que se le agrega un sustrato y vegetación. El retraso verificado fue de 4 horas y el amortiguamiento de 6° C. Las hojas en la cubierta cumplen funciones como aislamiento térmico y acústico, controlan el agua de lluvia, mejoran la calidad del aire, entre otros.

Existen dos tipos de cubiertas verdes:

-Extensivas: Con un espesor delgado de suelo que fluctúa entre los 5 y los 15 cm. Poseen especies de menores dimensiones como musgos y plantas herbáceas que requieran poco mantenimiento y no supongan cargas extras a la estructura. Este tipo de cubiertas se recomiendan para rehabilitar edificios en ciudades altamente densificadas como lo son los centros de población que abarca este piso altitudinal (ver Fig. 5.9.2).

-Intensivas: Con un mínimo de 15cm como profundidad de suelo; requiere de un refuerzo estructural con sistemas de mantenimiento e irrigación. Este tipo de cubierta verde da cabida a vegetación muy variada como árboles pequeños, plantas o incluso hortalizas (ver Fig. 5.9.2).

En cuanto a las paredes verdes hay dos tipos principales:

-Las fachadas verdes: Utilizan enredaderas que pueden crecer directamente en la pared o en estructuras especialmente diseñadas. Las raíces de las plantas están en la tierra, en el suelo, no directamente en las paredes (ver Fig. 5.9.3.a).

-Los muros vivos: Es en el cual las raíces crecen en la pared misma. Están hechas con paneles modulares que suelen ser contenedores para el crecimiento de las plantas. Es un sistema hidropónico donde tienen un sistemas de riego, y un medio en el cual puedan crecer (ver Fig. 5.9.3.b).

Ambas pueden ser utilizadas en el exterior y pueden cumplir la función de enfriamiento. Esto se da cuando la pared vegetal es humedecida por el sistema de riego, al pasar el aire por dicha barrera trae consigo la humedad adherida a las plantas, lo que refresca el flujo de viento que ingresa posteriormente al interior del espacio (ver aislamiento orgánico en pautas específicas).

### 5.9.2 Control Solar

Para el control solar se utiliza la vegetación como segundas pieles, aportando sombra y disminuyendo la radiación solar incidente sobre las aperturas y/o las envolventes (Neila, 2004). Dicho sombreado se da por medio de pantallas verdes y árboles cercanos a las construcciones (ver Tabla 5.9.2).

Las pantallas verdes son independientes del cerramiento vertical; pueden ser verticales, horizontales y/o compuestas (ver Fig. 5.9.4). Están conformadas por paneles modulares o bloques que incorporan perforaciones para acomodar las plantas, preferiblemente de crecimiento rápido. Este sistema permite un ingreso controlado de la luminosidad reduciendo drásticamente la radiación solar directa, de forma que filtra el exceso de claridad natural y atenúa los efectos de reverberación o encandilamiento gracias a la presencia de sombra. Por otro lado, los procesos de convección colaboran refrescando la envolvente, dosificando la incidencia y por ende la transmisión de calor al interior del espacio. Se deben tomar las precauciones de riego y de aislantes para evitar problemas de humedad en los espacios.

Además esta el sombreado de envolventes con árboles en el entorno. Si se tiene la posibilidad de sombrear colocando árboles en el entorno, conviene situar en la fachada sur especies que sean de hoja perenne.

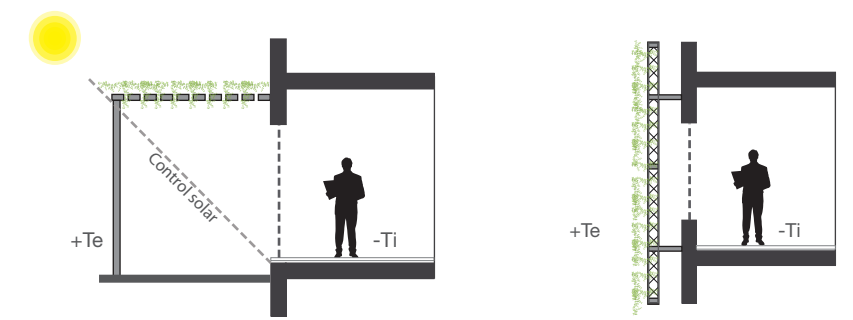


Fig. 5.9.4. Tipos de pantallas verdes: verticales y horizontales (elaborado por autores).

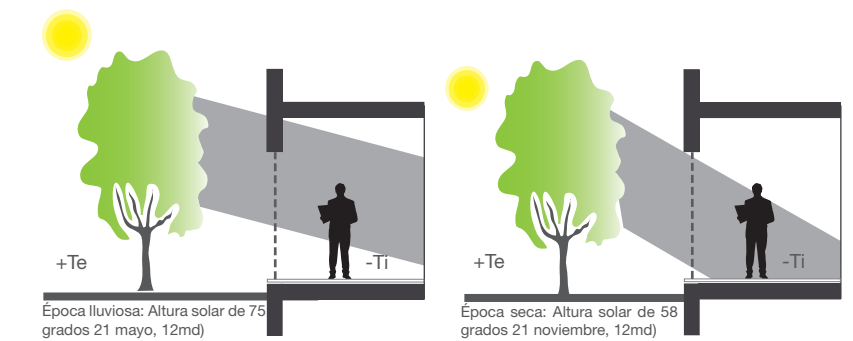


Fig. 5.9.5. Uso de vegetación para protección solar en fachadas y ventanas de orientación norte (elaborado por autores).

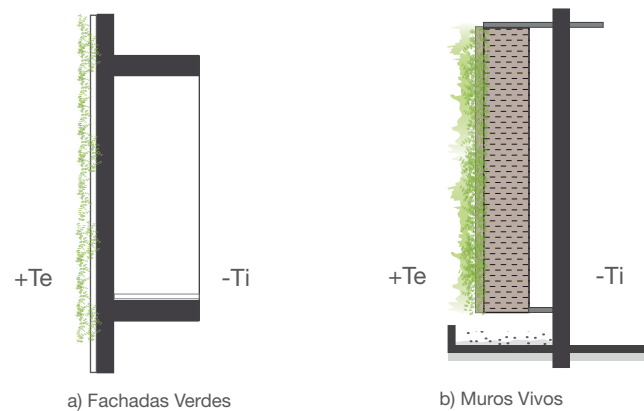


Fig. 5.9.3. Tipo de paredes verdes: fachada verde y muros vivos (elaborado por autores).

| Pauta:              | Control Solar  |   |
|---------------------|--|---|
| Ejemplos:           | Vegetación como doble piel Vertical (pantallas) y Horizontal (pérgolas) Árboles en el entorno inmediato  |   |
| Características:    | Siempre verde<br>Multi capa<br>Densa<br>Sombra directa   |   |
| Condicionantes:     | Sistema de riego y drenaje eficiente<br>Distancia entre árbol y construcción<br>Árboles con raíces no invasivas  |   |
| Especies Sugeridas: | <b>Nombre Común</b><br>Aguacate (árbol)<br>Caoba (árbol)<br>Cas (árbol)<br>Filodendro (enredadera)<br>Jalapa (enredadera)<br>Ipomoea (enredadera)<br>Maracuyá (enredadera)<br>Raspaguacal (enredadera)<br>Triquitraque (enredadera)<br>Thumbergia (enredadera)<br>Ventana (enredadera) | <b>Nombre Científico</b><br>Persea americana<br>Swietenia macrophylla<br>Psidium friedrichsthalianum<br>Philodendrum microstictum<br>Allamanda cathartica<br>Ipomoeae violacea<br>Passiflora edulis<br>Petrea volubilis<br>Pyrostegia venusta<br>Thumbergia grandiflora<br>Monstera adansonii<br>Monstera friedrichst halii<br>Monstera obliqua epilata |

Tabla 5.9.2. Protocolo de escogencia para el Control Solar (elaborado por autores).

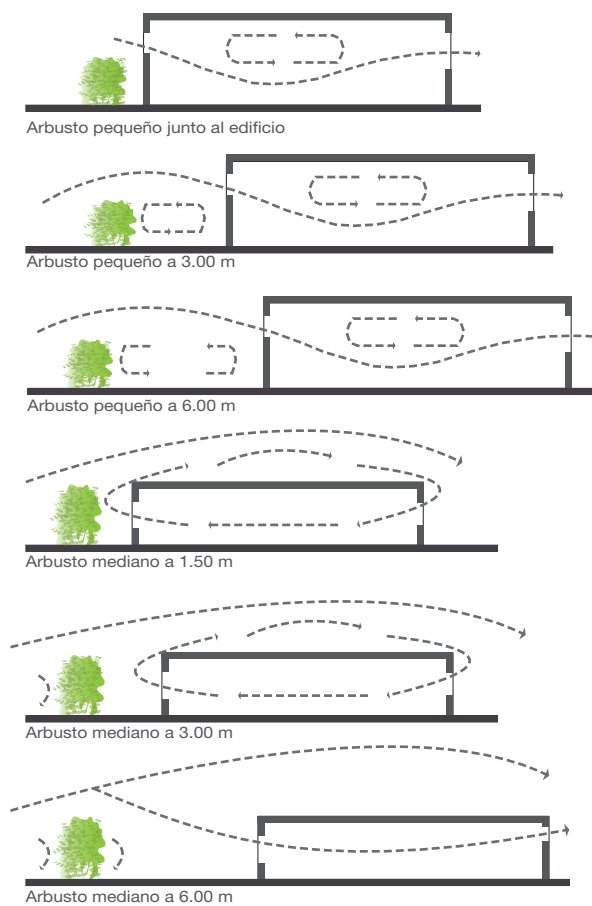


Fig. 5.9.6. Arbustos pequeños y medianos como barreras redireccionadoras de viento (elaborado por autores).

Este tipo de árboles funciona como protección solar en verano, justo cuando el sol tiene su inclinación máxima. En el norte convienen los árboles de hoja caduca; ya que en invierno el sol tiene su inclinación máxima en esta orientación, por lo que conviene la ganancia solar para contrarrestar el frío (ver Fig. 5.9.5).

Un árbol de hoja perenne puede filtrar de un 60 a un 90% de la radiación solar, mientras que un árbol de hoja caduca puede filtrar de un 20 a un 40% (Ugarte, 2007).

### 5.9.3 Control de Vientos

La incorporación de vegetación en el diseño causa distintos efectos en la dirección y velocidad del viento (ver Tabla 5.9.3). La vegetación puede ayudar a obstruir y deflectar el paso del viento o a canalizarlo e inducirlo dentro del volumen cuando así convenga (García, 2005).

Cuando se utiliza la vegetación para inducir la ventilación dentro de los espacios se deben procurar no eliminar las brisas frías en verano y crear movimientos de aire directos y acelerados sobre las zonas habitables. El follaje denso de un árbol funciona como un bloque que al paso del aire la velocidad del viento se incrementa debajo de él. Los arbustos o pantallas también tiene su influencia en el patrón del flujo del aire según su cercanía y altura con las aberturas (ver Fig. 5.9.6). Las pantallas vegetales también funcionan para inducir el flujo del aire dentro del espacio en caso de que el volumen este mal orientado.

En los casos cuando lo que se quiere es obstruir el paso del viento, conviene crear barreras contra el viento. Entre mayor sea la altura de la barrera, mayor será la protección. Estas deben ubicarse a una distancia donde proporcione el mayor efecto de protección, generalmente entre dos y tres veces la altura de la construcción. Se recomienda que tengan una porosidad o densidad de 15 a 24% (García, 2005).

Este piso altitudinal tiene zonas con comportamientos distintos. Por un lado en la vertiente Atlántica; los alisios soplan con fuerza desde el noreste. Estos deben ser considerados a la hora de orientar las aberturas y el posicionamiento de las especies vegetales ya que debido a la alta humedad relativa,

| Pauta:              |  | Control de Vientos  |  |
|---------------------|--|---|--|
| Ejemplos:           |  | Pantallas a 1,3m, un nivel y 2 niveles<br>Barreras redireccionadoras de viento<br>Arboles   |  |
| Características:    |  | Siempre Verde<br>Resistentes al viento<br>Denso   |  |
| Condicionantes:     |  | Sistema de riego  |  |
| Especies Sugeridas: |  | <b>Nombre Común</b><br>Achiote (árbol)<br>Amapolita (barrera)<br>Bambú Verde (barrera)<br>Bellísima (barrera)<br>Bellísima (barrera)<br>Capulín (barrera)<br>Clavelón (barrera)<br>Colpachí (árbol)<br>Garrobo (barrera)<br>Jalapa (barrera)<br>Manzana Rosa (árbol)<br>Morning Glory (barrera)<br>Triquitraque (barrera)<br>Trueno (árbol) | <b>Nombre Científico</b><br>Bixa orellana<br>Malvaviscus arboreus<br>Dendrocalamus strictus<br>Antigonon leptopus<br>Antigonon guatemalensis<br>Muntingia calabura<br>Hibiscus rosa-sinensis<br>Croton smithianus<br>Syngonium podophyllum<br>Allamanda cathartica<br>Syzygium jambos<br>Ipomoea indica<br>Pyrostegia venusta<br>Ligustrum lucidum |

Tabla 5.9.3. Protocolo de escogencia para el Control de Vientos (elaborado por autores).

se debe canalizar e inducir el viento en el interior de los espacios para obtener una ventilación cruzada efectiva. En la región Pacífica, los vientos dominantes soplan del suroeste; también se deben tomar en cuenta para una ventilación cruzada inducida. En las partes bajas de la región Central; es decir bosque húmedo Premontano, se debe inducir el flujo del aire en los espacios para una ventilación cruzada efectiva, mientras que en las partes altas y más frías; pertenecientes al bosque pluvial Premon-tano, se procura obstruir el paso del viento en el interior.

### 5.9.4 Filtro de Contaminantes

Ante los problemas energéticos y ecológicos que enfrentamos hoy en día, no hay que olvidar los beneficios que proporcionan las plantas. Ellas pueden ayudar a solucionar problemas concretos como:

- La contaminación visual, el deslumbramiento y el reflejo de cristales, metales y materiales urbanos que afectan nuestra vista.
- Las variaciones de temperatura en los desiertos urbanos las cuales causan que las calles estén muy calientes, frías o con mucho viento.
- La contaminación acústica que afecta a nuestros oídos.
- La contaminación del aire que obstruye el paso de los rayos del sol y altera las condiciones climáticas (García, 2005).

Dado que este piso altitudinal cuenta con los centros de población más importantes del país, se incluye la vegetación como elemento primordial para aminorar la contaminación en las ciudades (ver Tabla 5.9.4). Vale resaltar que cualquier especie vegetal funciona, el punto está en incluirla como parte del paisaje urbano en lugar de erradicarla. En una calle arbolada pueden encontrarse de 1000 a 3000 partículas de polvo por unidad de aire, mientras que una calle sin árboles las partículas pueden llegar a 10000 o 12 000 (ver Fig. 5.9.7).

Las plantas por medio de sus troncos, ramas, hojas y vellosidades son capaces de filtrar partículas contaminantes en el aire, así como también son capaces de enfriar la temperatura del aire por medio de la evapotranspiración.

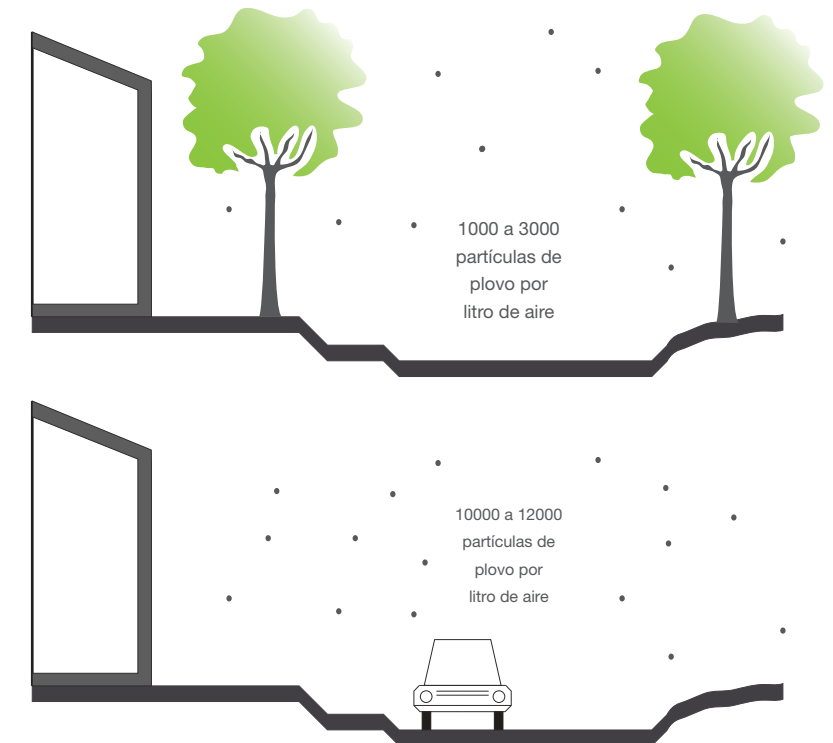


Fig. 5.9.7. Arbustos como barreras redireccionadoras de viento (elaborado por autores).

| Pautas:             |  | Filtro de Contaminantes  |   |
|---------------------|--|--|---|
| Ejemplos:           |  | Vegetación urbana<br>Especies vegetales en vivienda<br>(internas y externas)   |   |
| Características:    |  | Hojas grandes<br>Denso<br>Color verde  |   |
| Condicionantes:     |  | Fácil mantenimiento  |   |
| Especies Sugeridas: |  | <b>Nombre Común</b><br>Baco (árbol)<br>Caobilla (árbol)<br>Llama del bosque (árbol)<br>Millonaria (trepadora)<br>Orgullo de la India (árbol) | <b>Nombre Científico</b><br>Brosimum utile<br>Guarea Sp<br>Spathodea campanulata<br>Epipremnum aureum<br>Lagerstroemia speciosa |

Tabla 5.9.4. Protocolo de escogencia para Filtro de Contaminantes (elaborado por autores).

# PMB

(Piso Montano Bajo)

## Captítulo 6 - Piso Montano Bajo



### Zonas de Vida

**bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB)**

Perfil Climático  
Perfil Vegetal

**bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB)**

Perfil Climático  
Perfil Vegetal

**bosque pluvial Montano Bajo (bp-MB)**

Perfil Climático  
Perfil Vegetal

### Rangos de Confort

**bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB)**

Estrategias de Confort  
Estrategias de Confort según días tipo  
Parámetros de Confort por actividad

**bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB)**

Estrategias de Confort  
Estrategias de Confort según días tipo  
Parámetros de Confort por actividad

**bosque pluvial Montano Bajo (bp-MB)**

Estrategias de Confort  
Estrategias de Confort según días tipo  
Parámetros de Confort por actividad

### Pautas Generales Piso Basal

**Orientación**

Trayectoria Solar  
Vientos

**Configuración Espacial**

Inferior  
Habitable  
Superior

**Distribución Espacial**

**Vegetación**

Protocolo para la escogencia  
de especies vegetales



# ZV 7

## 6.1 bosque húmedo Montano Bajo



Rancho Redondo (No. 84018)  
 Lat. 09° 57' N Long. 83° 57' O  
 Altura: 1780msnm



Para el análisis del Bosque Húmedo Montano Bajo se utilizó como referencia la Estación Meteorológica Rancho Redondo No. 84018. Se utilizaron los datos mensuales para la elaboración de un Gráfico de Comportamiento Climático Anual (ver Fig. 6.1.1) así como datos horarios durante un período de 10 años. Todos éstos datos pertenecen al Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica.

### IGUÍA SEGÚN ZONAS DE VIDAI

GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

El Bosque Húmedo Montano Bajo es una pequeña Zona de Vida que se ubica al Este del Valle Central sobre las lomas del Volcán Irazú, el Volcán Turrialba y las zona de Los Santos. Se delimita entre 1400 y 2100 msnm. (Quesada, 2007)

Es una zona apta para la agricultura así como para el asentamiento humano. Su importancia en la dinámica nacional radica primeramente en la agricultura, en segundo lugar el sector turismo debido a la relación a los 2 volcanes presentes en la zona y en tercer lugar el asentamiento urbano.

Este bioclima se ubica en las partes altas de la ciudad de Cartago, específicamente en poblaciones como Cot, San Juan de Chicué, y Rancho Redondo en Cartago. También algunos pueblos de la provincia de San José como San Marcos de Tarrazú pertenecen a este bioclima.

#### 6.1.1 Perfil Climático

##### Temperatura

El bosque húmedo Montano Bajo se caracteriza por tener una biotemperatura anual media que varía entre 12°C y 17°C. Las temperaturas son relativamente bajas de acuerdo a la altitud en la que se localiza (ver Fig. 6.1.2).

La estación de Rancho Redondo presenta un promedio anual de temperatura de 16,4°C como temperatura media, 11,7°C como temperatura mínima y 21,1°C como la máxima.

La temperatura máxima sucede en mayo con 21,9°C en la máxima y 13°C en la mínima, esto produce una oscilación de 8,9°C. La temperatura mínima sucede en enero con 20,7°C en la máxima y 9,7°C en la mínima, para una oscilación de 11°C.

##### Precipitación

El rango de precipitación de esta Zona de Vida oscila entre 1400 y 2000mm como promedio anual con una clara estación lluviosa que va de Mayo a Noviembre (ver Fig. 6.1.3). (Quesada, 2007)

La estación de Rancho Redondo presenta un promedio de precipitación anual de 2544,9mm. El mes con mayor precipitación es octubre con 473,5mm de precipitación, y el de menor precipitación es febrero con 18,2mm.

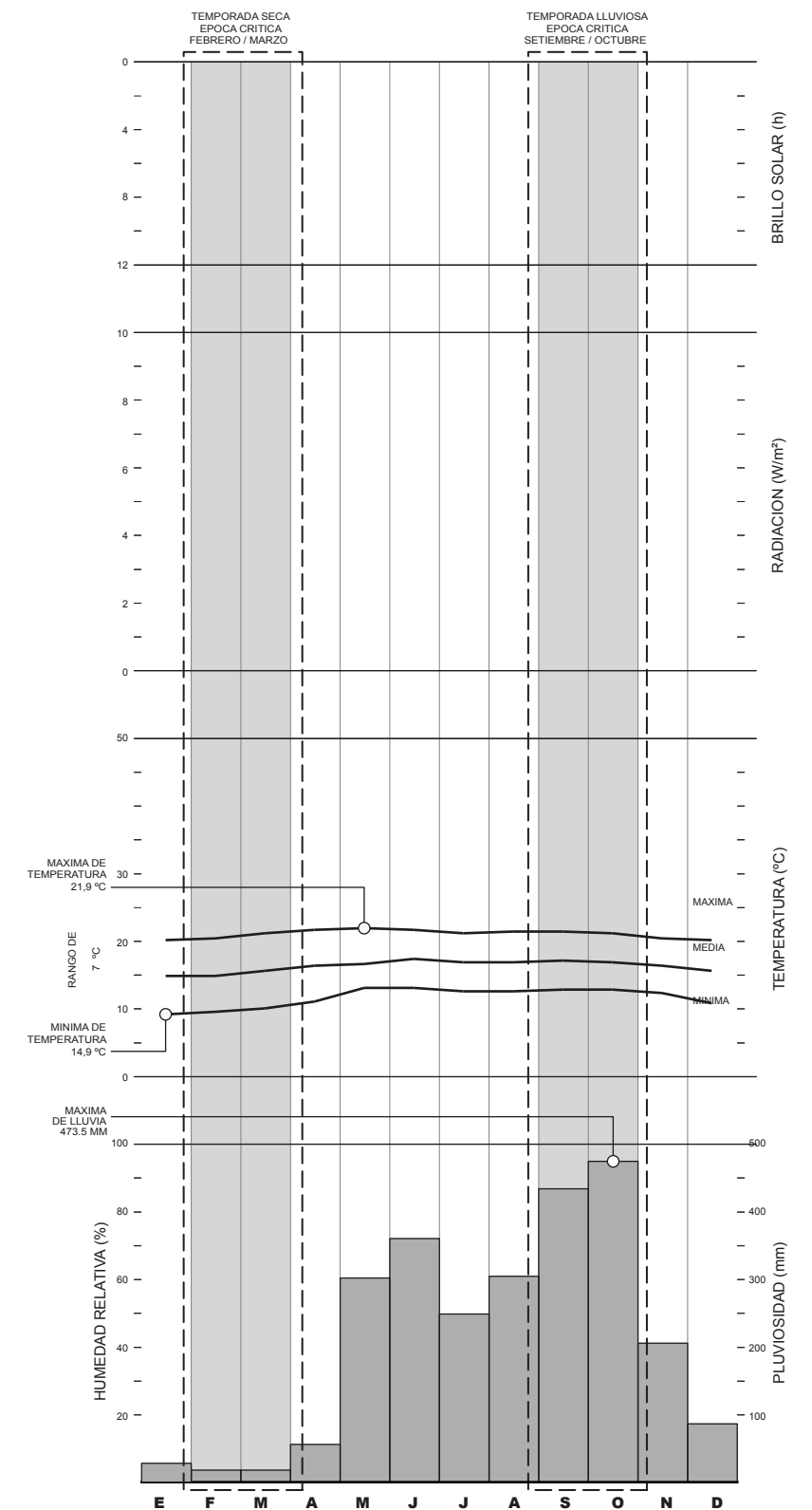


Fig. 6.1.1. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación de Rancho Redondo. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (elaborado por autores).

Temperatura en C

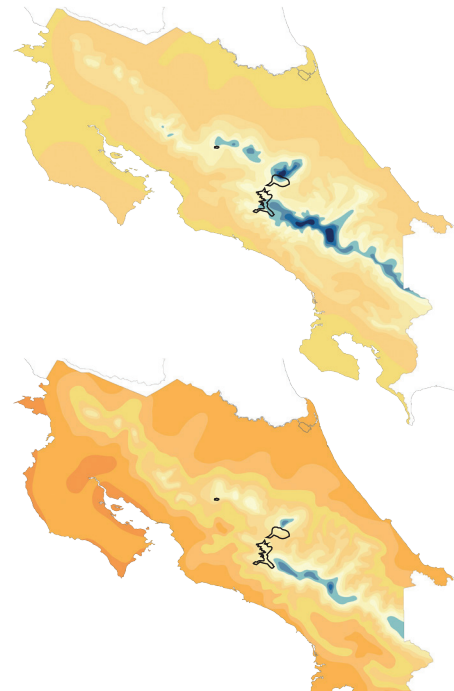
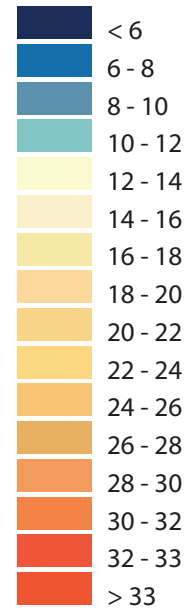


Fig. 6.1.2. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

Precipitación en mm.

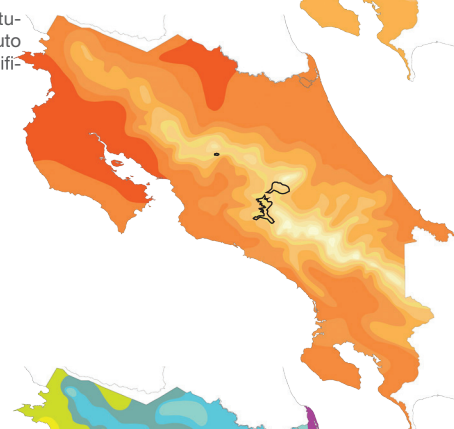
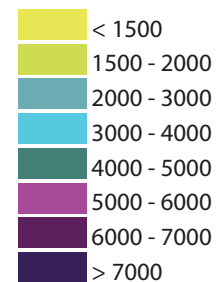


Fig. 6.1.3. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

Brillo Solar

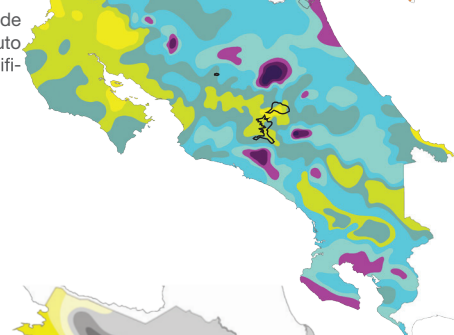
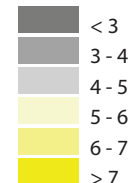


Fig. 6.1.4. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

Sitio 17 - Irazú  
Oc - Oreopanax  
Cor - Cornus disciflora  
Mca - Ocotea seibertii  
Cyo - Cleyera theaeoides  
Fa - Fuchsia arborescens  
Scl - Solanum sp.  
Crm - Cestrum aurantiacum

Humedad

En esta zona se registra una humedad alta y estable a lo largo del año. El promedio es 88% de humedad en casi todos los meses. Marzo es el mes más seco con 82% de humedad.

Brillo Solar

La estación Rancho Redondo no presenta información sobre el brillo solar, sin embargo de los mapas climáticos del Instituto Meteorológico se desprende que, ésta zona, cuenta con un nivel medio de brillo solar. Aproximadamente se reciben de 4 a 5 horas de sol diarias en promedio (ver Fig. 6.1.4).

6.1.2 Perfil Vegetal

El Bh-MB es un bosque abierto, siempre verde, de altura intermedia y con dos estratos definidos (ver Fig. 6.1.5). (Quesada, 2007)

Los árboles del dosel son generalmente Quercus spp. Entre 30 y 35m de altura. El segundo estrato posee árboles siempre verdes con 20m de altura. El estrato de arbustos es denso, alcanza una altura entre 2 y 5m, y posee plantas a menudo con hojas alargadas. El estrato del suelo, es abierto con hierbas de hojas anchas. Aunque se pueden encontrar epifitas y musgos.

La mayor parte de la vegetación ha sido destruida para dedicar los terrenos al cultivo de pastos y hortalizas. No existen bosques inalterados en este ecosistema. En los bosques que todavía se pueden encontrar se localizan las siguientes especies: Quercus sp., Xanthoxylum limoncello, Quercus oocarpa, Phoebe mollicela, entre otras.

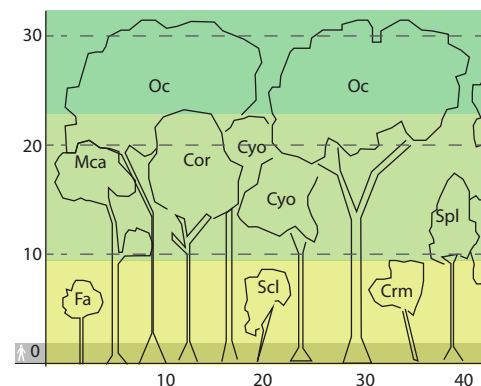


Fig. 6.1.5. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R (modificado por autores).

# ZV 8

## 6.2 bosque muy húmedo Montano Bajo



Fraijanes (No. 84030)  
Lat. 10° 05' N Long. 84° 11' O  
Altura: 1850msnm



Para el análisis de el Bosque Muy Húmedo Montano Bajo se utilizó como referencia la Estación Meteorológica Fraijanes No. 84030. Se utilizaron los datos mensuales para la elaboración de un Gráfico de Comportamiento Climático Anual (ver Fig. 6.2.1) así como datos horarios durante un periodo de 10 años. Todos éstos datos pertenecen al Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica.

Temperatura en C

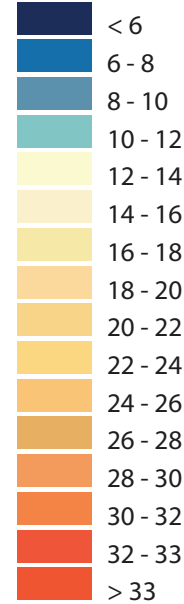


Fig. 6.2.2. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

Precipitación en mm.

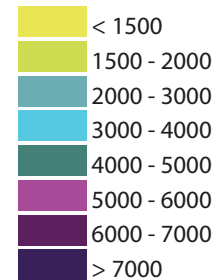


Fig. 6.2.3. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

Brillo Solar

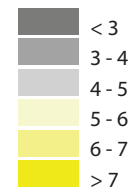


Fig. 6.2.4. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

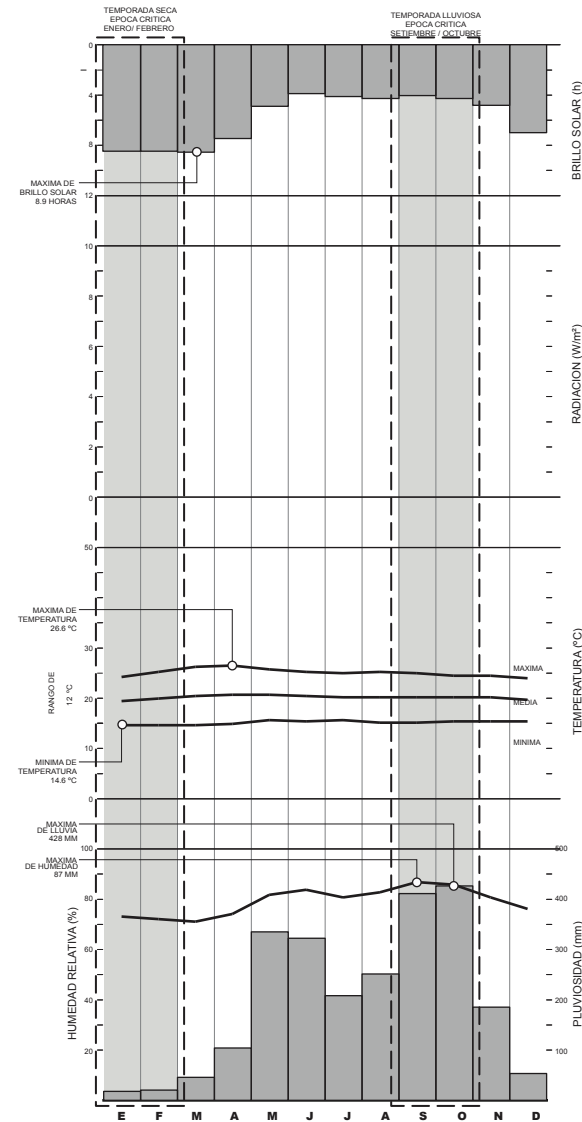
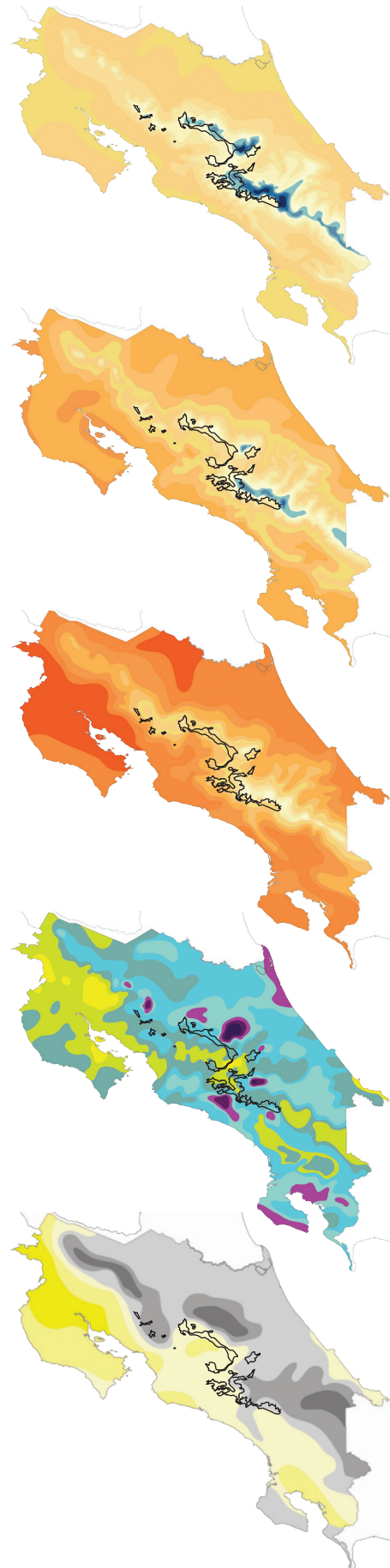


Fig. 6.2.1. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación de Fraijanes. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (elaborado por autores).

El bosque muy húmedo montano bajo se ubica en las lomas sur de la meseta central del país; al alrededor del Valle Central. Se ubica sobre las lomas del Volcán Irazú, el Volcán Poas y el Volcán Arenal.

En esta pequeña región que se encuentran poblados como Santa Elena, Monteverde, San José de la Montaña, Poasito, Fraijanes y San Gerardo de Dota.

Por su terreno quebrado y altamente húmedo no ha sido apto para el desarrollo agrícola, sin embargo ha sido utilizado para el desarrollo de ganadería de leche. Por su cercanía con los volcanes y zonas protegidas es una zona que se caracteriza, así mismo, por un alto movimiento turístico.

6.2.1 Perfil Climático

Temperatura

El Bosque Muy Húmedo Montano Bajo se caracteriza por tener una biotemperatura media entre 12 y 17°C. La estación de Fraijanes presenta una temperatura estable a lo largo del año. La temperatura máxima sucede en abril con un máximo de 22,5 °C y un mínimo de 12,8°C. La temperatura mínima sucede en enero con una máxima de 22,5°C y una mínima de 12,8°C (ver Fig. 6.2.2).

Precipitación

Este bioclima se caracteriza por tener altos niveles de precipitación. El rango de precipitación oscila entre 1850 y 4000mm como promedio anual. El período seco varía entre 0 y 8mm (ver Fig. 6.2.3). (Quesada, 2007)

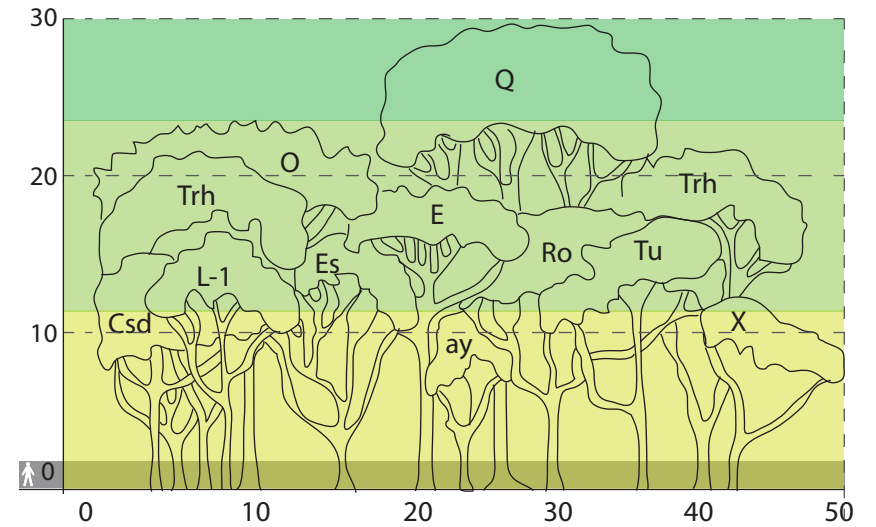
Humedad

La humedad se mantiene alta y constante a lo largo del año. Además, debido a su altura, esa es una zona con presencia de neblina a lo largo del año.

Según la estación de Fraijanes, el promedio de humedad es 85% con un máximo en los meses de setiembre y octubre de 90%. La mínima se reporta en febrero con 78%. Solo febrero y marzo reportan niveles de humedad inferiores a 80%.

Brillo Solar

Debido a los factores de nubosidad, asociados a la precipitación, ésta zona presenta un brillo solar con grandes variaciones a lo largo del año. En la época seca se obtienen hasta 8.6 horas diarias de brillo solar, como en el mes de febrero. Por el contrario, en el mes de setiembre se obtienen solamente 3.2 horas de Brillo Solar (ver Fig. 6.2.4).



Sitio 10 - Río de la Hoja

- O - Oreopanax xalapense
- Trh - Trichilia havanensis
- Csd - Conostegia oerstediana
- L-1 Ocotea seibertii
- Es - Eugenia storkii
- E - Eugenia sp.
- Ay - Ardisia sp.
- Ro - Roupala complicata
- Trh - Turpinia occidentalis
- X - Zanthoxylum limoncello

Fig. 6.2.5. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R (modificado por autores).

6.2.2 Perfil Vegetal

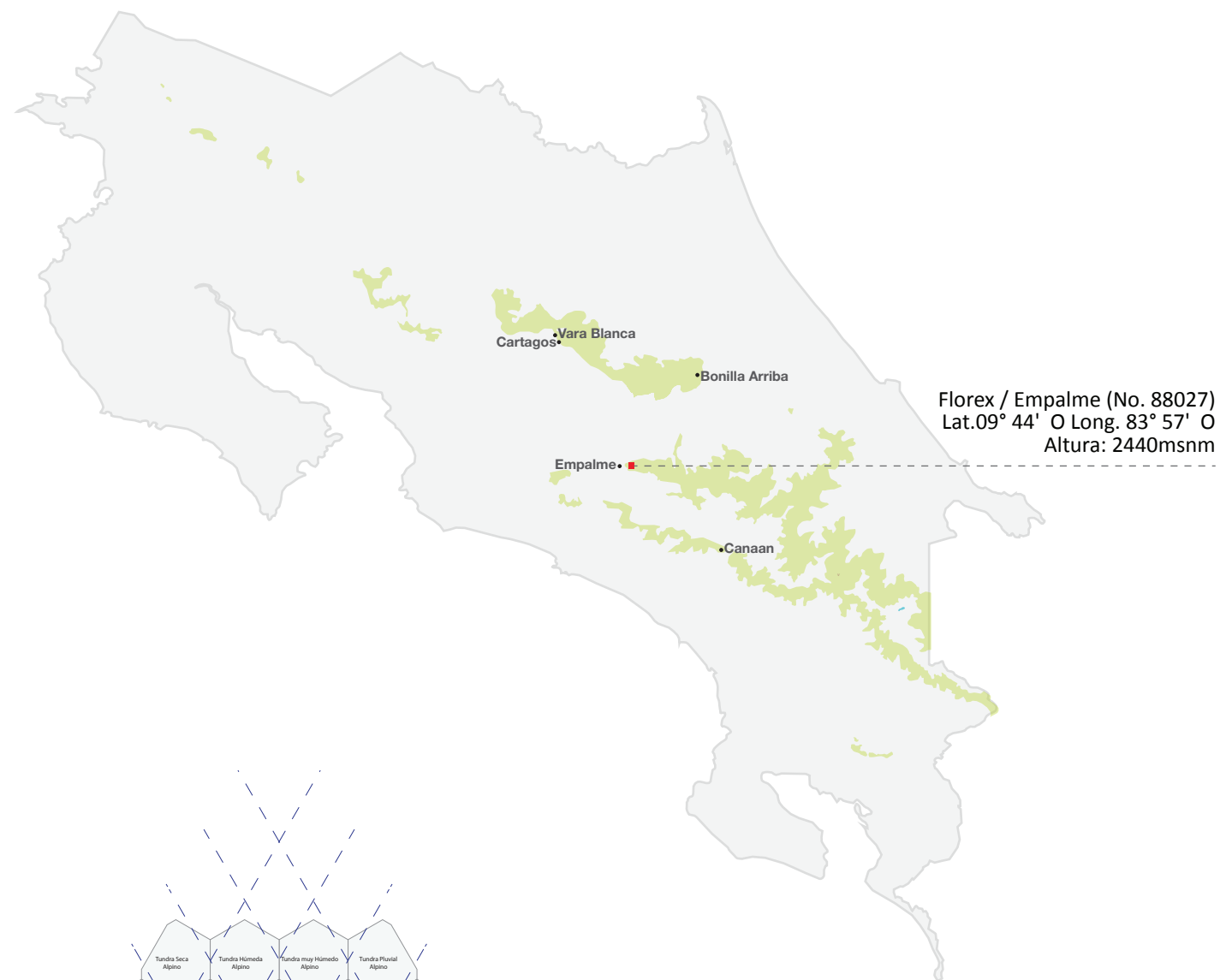
El Sitio 10 se caracteriza por tener un dosel bajo, entre 20 y 30m. Las coronas son amplias lo que permite una cobertura del 100% generando debajo un espacio oscuro y sombrío (ver Fig. 6.2.5).

Entre las especies predominantes se encuentran Roupala Complicata, oreopanax Xalapense, Trichilia havanensis, entre otras. Entre todas las especies se observa una consistencia en el tamaño de las hojas, siendo estas grandes y uniformes. De los árboles grandes cuelgan diferentes especies de epífitas así como de lianas y enredaderas. (Holdridge, 1071)



# ZV 9

## 6.3 bosque pluvial Montano Bajo



Para el análisis de el Bosque Pluvial Montano Bajo se utilizó como referencia la Estación Meteorológica Florex / Empalme No. 88027. Se utilizaron los datos mensuales para la elaboración de un Gráfico de Comportamiento Climático Anual (ver Fig. 6.3.1) así como datos horarios durante un periodo de 10 años. Todos éstos datos pertenecen al Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica.



### IGUÍA SEGÚN ZONAS DE VIDAI

GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDAI DE HOLDRIDGE

El bosque pluvial Montano Bajo se caracteriza por ser una de las zonas de vida con mayores rangos de precipitación. Posee una excesiva humedad relativa y neblina, es por esto que también se le conoce como bosque nuboso. El período seco se caracteriza por ser moderado no mayor a 3 meses. (Quesada, 2007)

Dichas condiciones climáticas, sumado a las pronunciadas pendientes, son grandes limitantes para el desarrollo humano y sus actividades de uso de suelo. En esta zona no existen asentamientos humanos a gran escala.

Se extiende a lo largo del territorio nacional en las faldas de las montañas y cumbres de la cordillera de Talamanca y algunos sitios de la Cordillera Volcánica Central, entre el rango altitudinal de 1400 a 2700 msnm. (Fournier, 1980).

Específicamente, se puede encontrar en los extremos a barlovento de la Cordillera de Central, en las vertientes del Pacífico y del Atlántico de la Cordillera de Talamanca, en la parte superior de la Cordillera de Tilarán y en las proximidades de las alturas volcánicas en la Cordillera de Guanacaste.

Existen variaciones en el comportamiento climático de dicha zona, causados por la influencia de los vientos alisios y a la geomorfología del territorio nacional. El sistema montañoso Central, de Talamanca y Guanacaste atraviesan el país longitudinalmente, dividiendo a esta zona en dos sub zonas climáticas diferentes: la Atlántica y la Pacífica.

Los datos climáticos específicos no son abundantes, por lo que se recopiló información de diversas estaciones cercanas a la zona, con el fin de definir un poco más su comportamiento. Se utilizaron los datos de la estación de Fraijanes que se encuentra en una zona con características similares climáticas y posee una altura sobre el nivel del mar cercana a la de la estación Florex.

#### 6.3.1 Perfil Climático

##### Temperatura

Esta zona se caracteriza por tener temperaturas promedio anuales entre los 12°C y 16°C en la vertiente Atlántica y de 16°C a 20°C grados en la Pacífica.

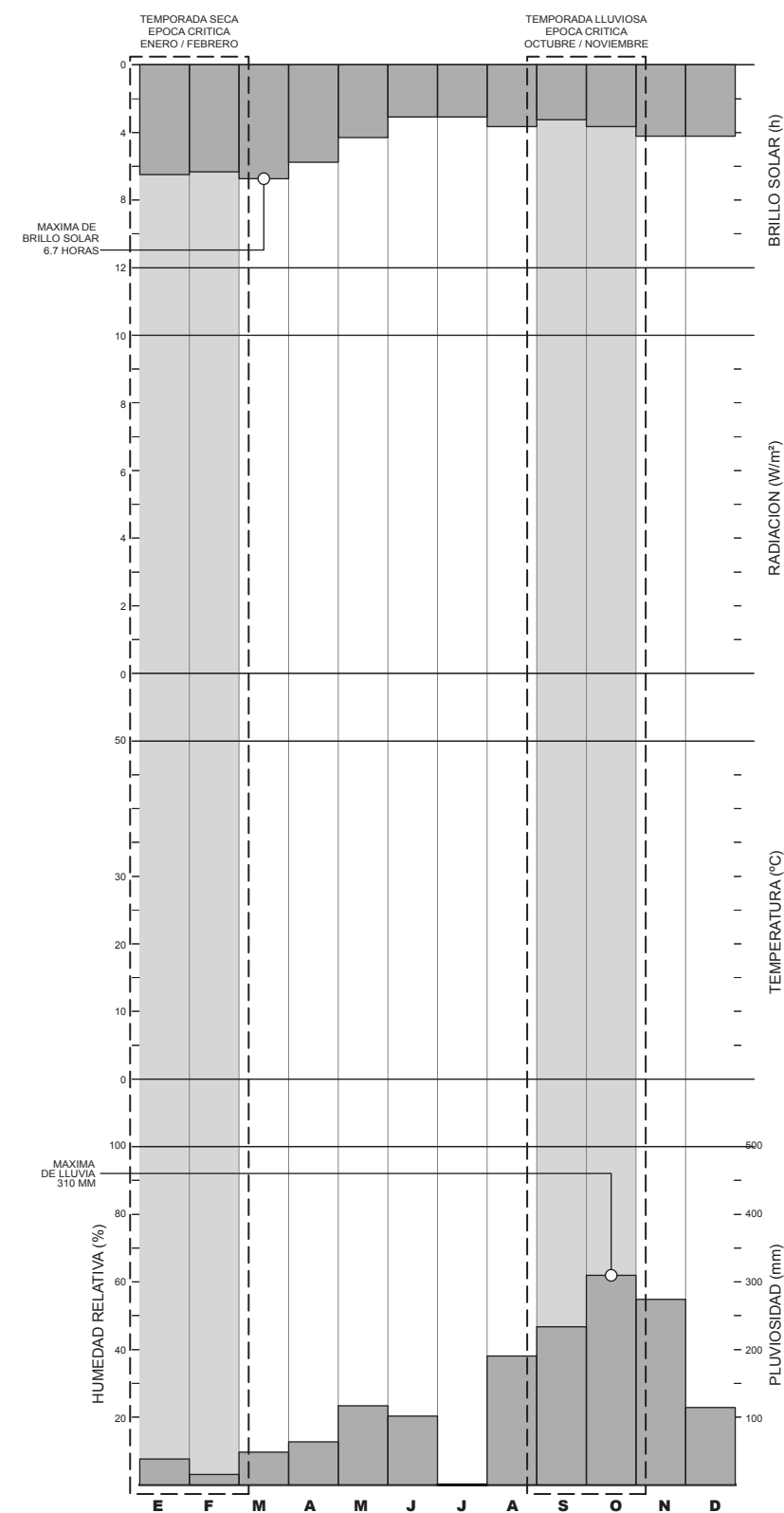


Fig. 6.3.1. Gráfico de Comportamiento climático anual estación Florex/ Empalme. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (elaborado por autores).

Temperatura en C

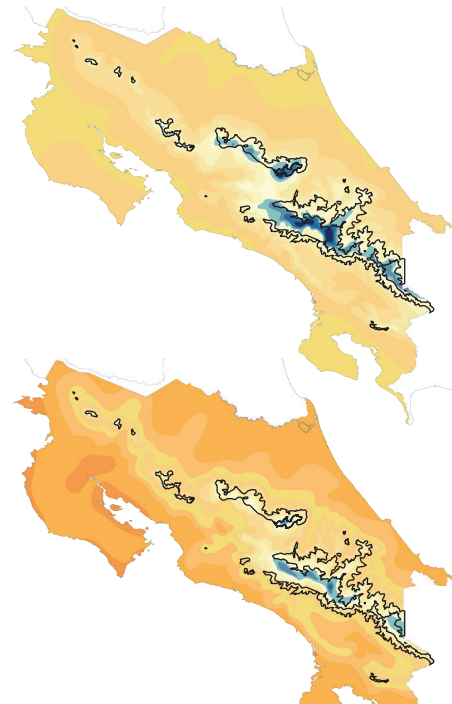
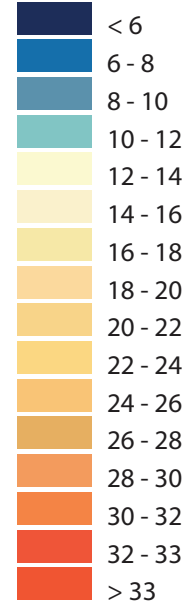


Fig. 6.3.2. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

Precipitación en mm.

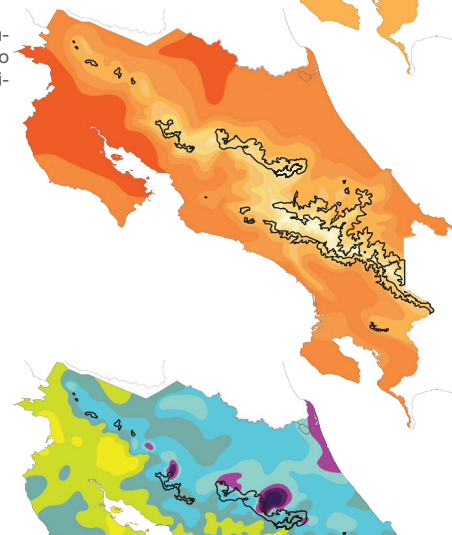
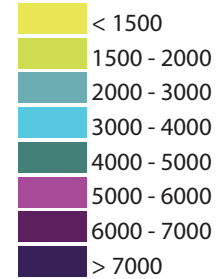


Fig. 6.3.3. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

Brillo Solar

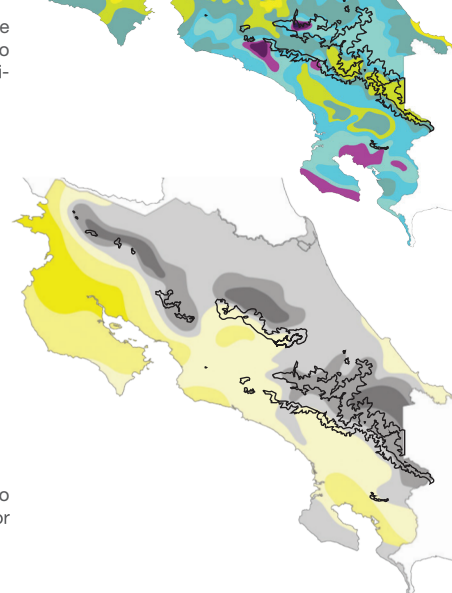
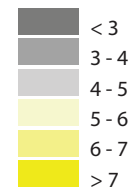


Fig. 6.3.4. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

Las temperaturas máxima y mínima aproximadas pueden llegar a 22°C y 26°C respectivamente, dependiendo de otros factores como la nubosidad, altitud, humedad, etc. (ver Fig. 6.3.2).

Los rangos de mayor temperatura se presentan en la subzona Pacífica, siendo más cálida que la Atlántica por la influencia de los factores anteriormente mencionados.

Dentro de los datos encontrados, se obtuvo información de estaciones lo suficientemente cercanas a la zona, como para utilizarlas como base para el cálculo de la temperatura. Si bien dichas estaciones pertenecen al bosque pluvial, por altitud pertenecen al piso Montano. Tomando encuentra que a mayor altitud hay menor temperatura, y utilizando el factor de Gradiente Vertical de Temperatura (GVT), se pudo calcular una aproximación de la temperatura en el bp-MB.

Precipitación

Esta zona tiene un promedio de precipitación de 3500 mm anuales. Su límite inferior es de 1500 y su límite máximo puede llegar a 8000mm en algunos lugares específicos del Braulio Carrillo y el Cerro de la Muerte (ver Fig. 6.3.3).

En general por la influencia de los vientos Alisios, la subzona Atlántica presenta mayor nubosidad y precipitación que la subzona Pacífica. Los puntos máximos de precipitación se encuentran en el lado Atlántico y los sitios con límite inferior; en lado Pacífico. (Holdridge, 1971)

La época lluviosa se presenta de mayo a enero, pero existen casos en la subzona Atlántica en donde las lluvias se extienden durante todo el año.

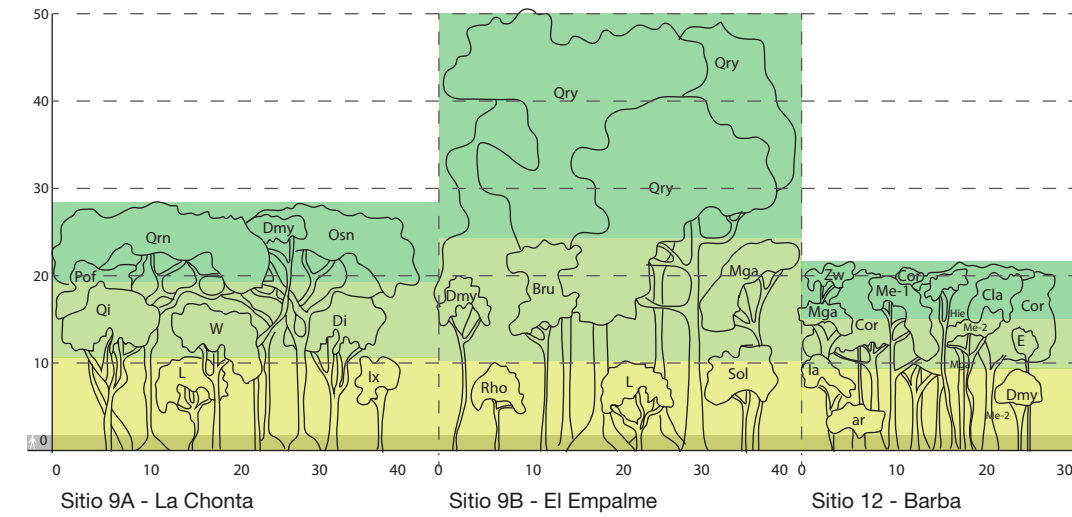
La estación de Fraijanes muestra un promedio de precipitación anual de 1511.8mm con un máximo en el mes de 310mm en octubre y un mínimo de 16.6mm en febrero.

Humedad

Como se describió al principio, esta zona es de excesiva humedad, sin embargo, el único dato encontrado pertenece a una estación de la Sub Zona Atlántica, en la cual el promedio anual de humedad es de 85%, pero en ciertos casos puede alcanzar los 90%.

Brillo Solar

En su mayoría la zona tiene un promedio de 3 a 4 horas de brillo solar. Los lugares con mayores



- Sitio 9 – La Chonta
  - Qrn – Quercus seemanni
  - Dmy – Drimys winteri
  - Pof – Podocarpus oleifolius
  - W – Weinmannia pinnata
  - L – Lauraceae
  - Qi – Didymopanax pittieri
- Sitio 9B – El Empalme
  - Qry – Quercus copeyensis
  - Bru – Brumellia costaricensis
  - Mga – Magnolia poasana
  - Sol – Solanum sp.
  - L – Lauraceae
  - Rho – Rhamnus humboldtiana
  - Dmy – Drimys winteri
- Sitio 12 – Barba
  - Zw – Zinowiewia integerrima
  - Cor – Cornus disciflora
  - Mga – Magnolia poasana
  - Ar – Oreopanax sp.
  - Hie – Hieronyma poasana
  - Cla – Clusia alata
  - E – Eugenia sp.
  - Dmy – Drimys winteri
  - Ta – Tovomitopsis

Fig. 6.3.5. Perfil Vegetal. Fuente: Holdridge, L.R (modificado por autores).

niveles se presentan en la subzona Pacífica, donde alcanzan 6 horas. Los de menor promedio se presentan en la subzona Atlántica, en donde llegan a las 3-4 horas (ver Fig. 6.3.4).

6.3.2 Perfil Vegetal

Es un bosque perennifolio de altura baja a mediana, con dos estratos de árboles. Los árboles del dosel son en su mayoría de 25-30m de altura. El estrato del sotobosque va de 10 a 20 m de alto. En una menor escala, se encuentra el estrato de arbustos cuya altura es de 1,5 a 3m (ver Fig. 6.3.5).

Los árboles del dosel son de troncos cortos, gruesos a menudo retorcidos con corteza áspera, de color oscuro. Las ramas son gruesas, sinuosas y relativamente cortas. Las coronas son relativamente pequeñas y compactas. Las gambas son poco comunes.

El estrato del sotobosque es denso, de troncos delgados, rectos o sinuosos, las coronas pequeñas en forma de hisopo y de ramas retorcidas. La corteza es lisa, delgada, y en su mayoría de color oscuro. Los retoños radicales son comunes en la base del tronco.

El estrato de arbustos es muy denso a menudo con hojas aplanadas, y pequeñas. La cubierta de suelo está bien poblada por helechos, arbustos pequeños, rastreras delicadas y parches de musgo. Las epífitas son comunes en los troncos cubiertos de musgos y en las hojas. Las ericáceas y melastomataceas son epífitas arbustivas comunes.

El Sitio 9A se caracteriza por tener árboles con ramas anchas que crecen en espiral, las coronas son pequeñas. La altura promedio del dosel es 27m. Según el perfil idealizado, se encuentran 3 estratos. El superior a 27m, uno intermedio para especies de menos de 21m y el sotobosque para especies de menos de 10m.

Entre las especies predominantes resaltan Quercus Seemanni, Weinmannia pinnata y Drimys winteri. De éstas especies, solo Quercus presenta amplias gambas en su base. Todas las especies son siempreverdes con hojas que van de medianas a pequeñas. (Holdridge, 1971)

El Sitio 9B se caracteriza por la presencia de árboles altos, con coronas altas y largas. Entre las especies importantes destacan la Quercus copeyensis y Q. seemanni; éstos llegan a medir hasta 50m. La cobertura del dosel es de un 85%.

El sitio 12 se caracteriza por tener una alta densidad de troncos verticales; todos los árboles en la zona de estudio tienen un alto y delgado tronco. La cobertura del dosel es de un 84%.

Entre las especies predominantes se encuentra Guettarda Poasana, Zinowiewia Integerrima y Cornus Disciflora. Según el perfil idealizado existe un continuo estrato que va de 10 a 20m de altura. Por debajo de 10m existen pocas especies vegetales. (Holdridge, 1971)



# | RANGOS DE CONFORT |

GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE



Estrategias pasivas:

1. Calentamiento solar pasivo
2. Efecto de masa térmica
3. Masa térmica + ventilación nocturna
4. Ventilación Natural
5. Enfriamiento evaporativo directo
6. Enfriamiento evaporativo indirecto

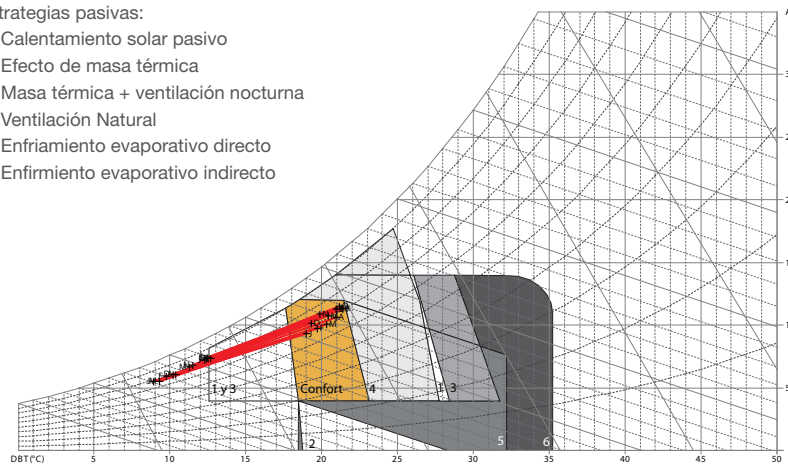


Fig. 6.4.1. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos mensuales de la estación de Rancho Redondo. Cada línea representa un mes y sus datos mínimos y máximos promedios a través de un año (elaborado por autores).

Estrategias pasivas:

1. Calentamiento solar pasivo
2. Efecto de masa térmica
3. Masa térmica + ventilación nocturna
4. Ventilación Natural
5. Enfriamiento evaporativo directo
6. Enfriamiento evaporativo indirecto

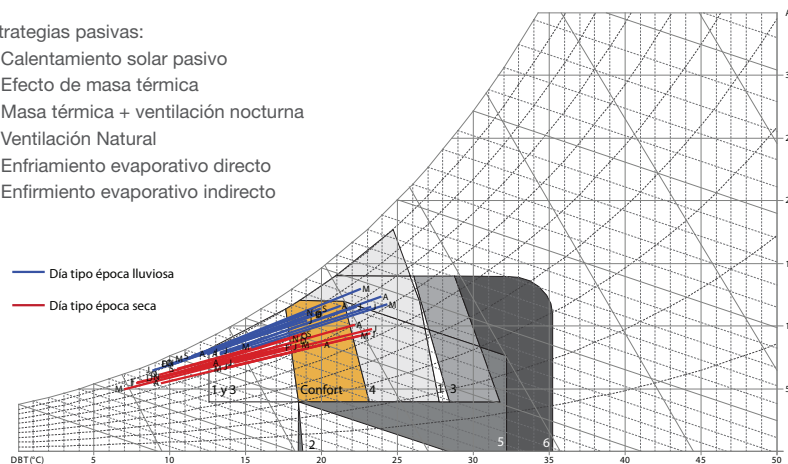


Fig. 6.4.2. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos horarios promedio por 10 años de 10 días de la época seca y lluviosa de la estación de Rancho Redondo. Cada línea representa dos horas consecutivas del día tipo y sus datos mínimos y máximos promedios a través de los 10 años (elaborado por autores).

## 6.4 Rangos de Confort: Bosque Húmedo Montano Bajo

Los rangos de confort para esta zona de vida se basan en los datos obtenidos de la estación de Rancho Redondo, la cual se ubica a 1780 msnm, Lat. 09° 57' N y Long. 83° 57' O. La zona de confort establecida para esta zona, se delimita por: un límite superior que se encuentra entre los 18,6 °C y los 21,5 °C de temperatura de bulbo seco y una humedad entre 90% a 70%, y un límite inferior que va de los 18,2°C y los 23,1°C de temperatura y una humedad entre 30% a 20% (ver Fig. 6.4.1).

### 6.4.1 Estrategias de Confort

El gráfico de comportamiento promedio mensual muestra que los rangos de temperatura son, en su mayoría, inferiores a los establecidos por la zona de confort, esto puede ser solucionados ampliando la zona de confort mediante varias de las estrategias pasivas. Las únicas estrategias efectivas en esta zona de vida es la masa térmica y calentamiento pasivo.

El principio básico de estas estrategias como un sistema trabaja, captando la radiación solar en el edificio y mantener el calor generado en el interior de éste. Este calor se almacena en los materiales, para luego aportarlo al ambiente, para lograr esto se debe de tomar en cuenta la capacidad de conservación de calor del material y la velocidad con que lo cede o absorbe del entorno.

Con esto se busca mitigar la sensación de frío durante las temperaturas medias y minimizar al mismo tiempo las fluctuaciones internas de temperatura interior en el transcurso del día.

Los elementos constructivos con dichas características, como por ejemplo materiales pétreos, deben de disponerse en cerramientos internos, para que, luego de almacenar el calor, la emisión sea directamente dada al espacio interno. Los elementos de cerramiento externo, sean de alta o baja masa térmica, deben de ser aislados, como por ejemplo mediante el uso de cámara de aire, doble piel hermética cerramientos temporales u otros, para evitar la pérdida del calor hacia el exterior.

Por otro lado, las temperatura más bajas no son cubiertas por ninguna de las estrategias presentadas en el diagrama psicométrico, sin embargo estrategias, como por ejemplo, el uso elementos o espacios conductores (elementos translucidos o invernaderos) se suman a las estrategias anteriormente mencionadas para la ganancia de calor.

### 6.4.2 Estrategias de Confort según Días Tipo

En el gráfico de los días tipo (ver Fig. 6.4.2) se observa un comportamiento distinto entre la época de lluvia y la seca, sobretodo a nivel de rangos de humedad, pero aún así las estrategias son las mismas tanto para la época seca como lluviosa, la masa térmica y calentamiento pasivo funcionan de manera efectiva para casi todo el día, exceptuando las horas de la madrugada donde las temperaturas descienden más de lo manejable, por lo cual se necesitarían sistemas adicionales de calefacción artificial, cabe mencionar que un buen empleo de la estrategia de calentamiento pasivo y conservación de dicho calor es más eficiente si el usuario se abriga bien. Durante la época lluviosa la humedad asciende, siendo útil la ventilación durante las temperaturas máximas del día.

### 6.4.3 Parámetros de Confort por Actividad

A nivel general la incidencia solar directa más la ganancia de temperatura a lo largo del día en el ambiente hace que el oeste sea más confortable con respecto al este, sobre todo para el usuario que realiza actividades de intensidad media o baja, de hecho en estas zonas las madrugadas y mañanas tienden a ser muy frías, (ver Fig. 6.4.3).

Dentro de los parámetros observados para esta zona de vida, tenemos que el mes de enero es el mes más fresco, durante esta época el sol se encuentra en inclinación sur, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación.

Para actividades de baja intensidad, se presenta una necesidad máxima de calentamiento de las 21:00 hasta las 11:00 horas. En el caso de las actividades de media intensidad esta necesidad se reduce de las 23:00 hasta las 10:00 horas, las tardes son bastante cómodas. Con respecto a las actividades de alta intensidad existe una necesidad de calentamiento de las 2:00 hasta las 8:00 horas, las tardes son confortables.

Por otro lado junio es el mes más cálido, éste indica el rango máximo de calor excesivo de esa zona para los usuarios, durante esta época del año el sol se encuentra en inclinación norte, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación. A nivel general las mañanas muy confortables y el oeste es el punto más caliente y de menor confortabilidad.

Los usuarios que realicen actividades de baja intensidad sentirán una sensación de frío en mas madrugadas y mañanas, a partir de las 10:00 horas se darán condiciones bastante confortables y con una leve necesidad de disipación de calor durante las tardes.

Para los usuario que realicen actividades medias, se presentan mañanas y madrugadas bastante confortables con una pequeña sensación de frío leve, es de las 12:00 horas hasta 20:00 horas que la necesidad de disipación es requerida, el control solar se suma a partir de 13 horas. Por último para las actividades de alta intensidad, se dan madrugadas y mañanas confortables, la necesidad de disipación va de las 11:00 a las 21:00 horas, estrategias de control solar se requieren de las 12 en adelante.

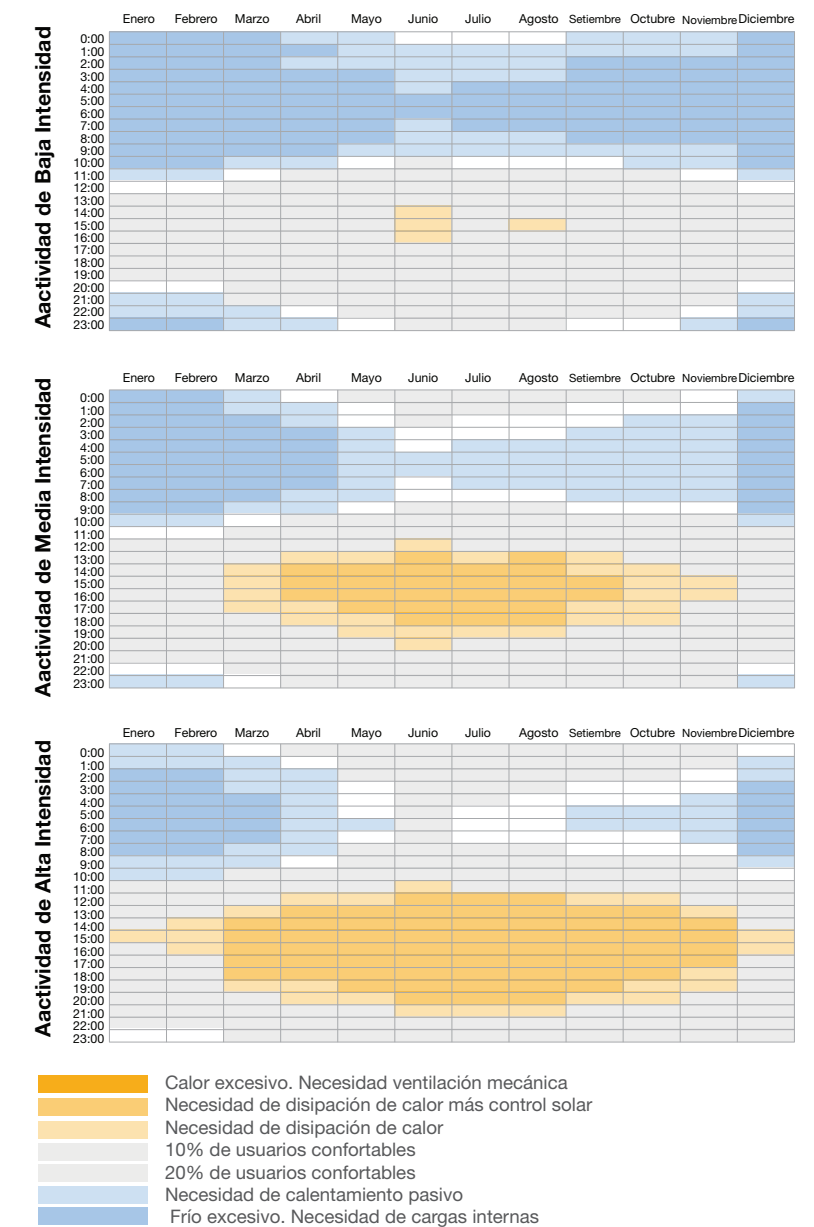


Fig. 6.4.3. Gráficos de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad. Gráfico superior: Actividad baja referida al descanso. Gráfico medio: Actividad media referida a actividades de estudio, ver televisión, usar la computadora, etc. (gráfico inferior: Actividad alta referida actividades del quehacer doméstico como limpiar o lavar (elaborado por autores).

### 6.5 Rangos de Confort: Bosque Muy Húmedo Montano Bajo

Los rangos de confort para esta zona de vida se basan en los datos obtenidos de la estación de Fraijanes, la cual se ubica a 1850 msnm, Lat. 10° 05' N y Long. 84° 11' O. La zona de confort establecida para esta zona, se delimita por: un límite superior que se encuentra entre los 18,0 °C y los 21,9 °C de temperatura de bulbo seco y una humedad entre 73% a 90%, y un límite inferior que va de los 19°C y los 23,6°C de temperatura y una humedad entre 21% a 30% (ver Fig. 6.5.1).

#### 6.5.1 Estrategias de confort

El gráfico de comportamiento promedio mensual muestra que los rangos de temperatura son, en su mayoría, inferiores a los establecidos por la zona de confort, esto puede ser solucionados ampliando la zona de confort mediante varias de las estrategias pasivas. Las únicas estrategias efectivas en esta zona de vida es la masa térmica y calentamiento pasivo.

El principio básico de estas estrategias como un sistema trabaja, captando la radiación solar en el edificio y mantener el calor generado en el interior de éste. Este calor se almacena en los materiales, para luego aportarlo al ambiente, para lograr esto se debe de tomar en cuenta la capacidad de conservación de calor del material y la velocidad con que lo cede o absorbe del entorno, como se explicó anteriormente en los las Estrategias de Confort del bosque húmedo Montano Bajo

#### 6.5.2 Estrategias de Confort según Días Tipo

En el gráfico de los días tipo (ver Fig. 6.5.2) se observa un comportamiento distinto entre la época de lluvia y la seca, sobretodo a nivel de rangos de humedad, pero aún así las estrategias son las misma tanto para la época seca como lluviosa, la masa térmica y calentamiento solar pasivo funcionan de manera efectiva para casi todo el día, exceptuando las horas de la madrugada dónde las temperaturas descienden más de lo manejable, aunque puede solucionarse con arropamiento.

Cabe mencionar que el calentamiento solar pasivo efectivo es aquel que luego de ganar calor por radiación, lo conserva en el interior del espacio aislando la envolvente para evitar pérdidas; por esto los materiales deben ser

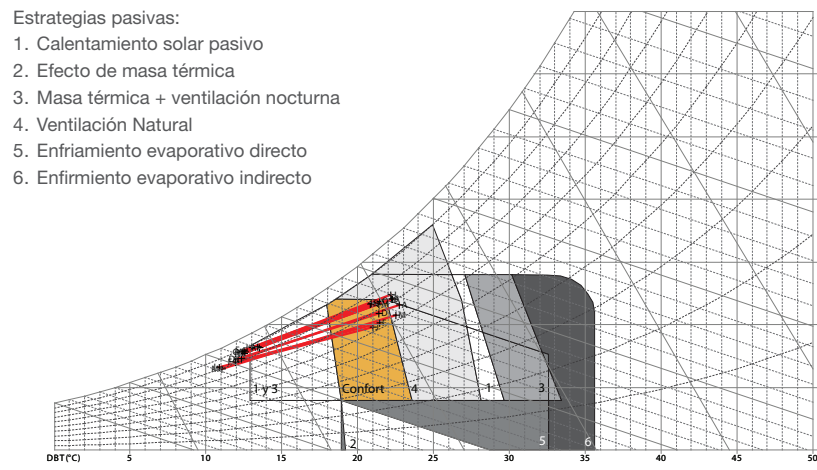


Fig. 6.5.1. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos mensuales promedio de la estación de Fraijanes. Cada línea representa un mes del año y sus datos mínimos y máximos promedios (elaborado por autores).

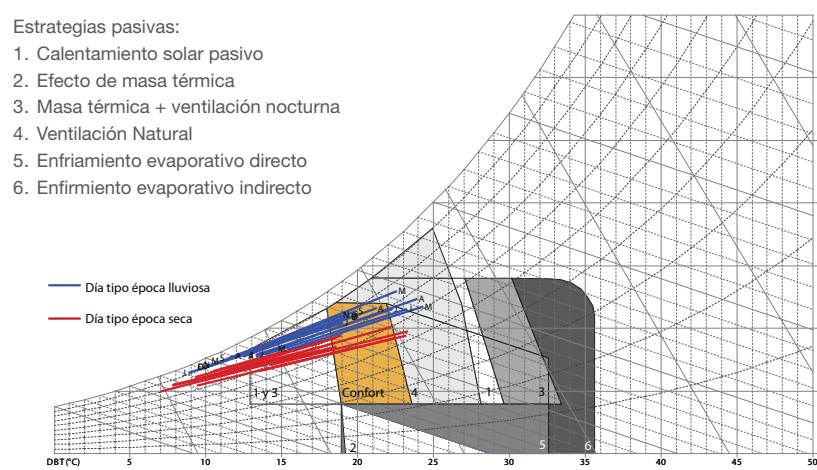


Fig. 6.5.2. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos horarios promedio por 10 años de 10 días de la época seca y lluviosa de la estación de Fraijanes. Cada línea representa dos horas consecutivas del día tipo y sus datos mínimos y máximos promedios a través de los 10 años (elaborado por autores).

impermeabilizados, evitando que la humedad del ambiente deteriore su función aislante. Lo mencionado anteriormente se desarrolla con mayor detalle en el capítulo de Pautas Específicas referentes a la ganancia de calor.

#### 6.5.3 Parámetros de Confort por Actividad

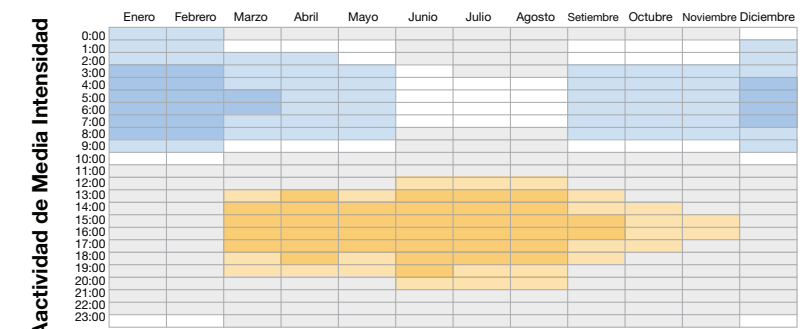
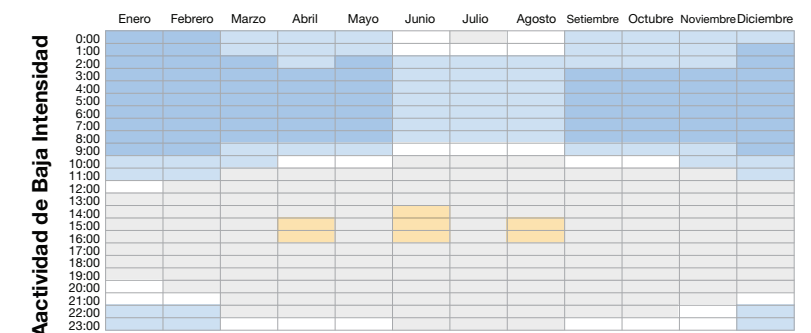
Dentro de los parámetros observados para esta zona de vida, tenemos que el mes de Enero es el mes más fresco de todos, durante esta época del año el sol se encuentra inclinado hacia el sur, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación. A nivel general las mañanas son frías, dependiendo de la actividad, es el oeste el punto de más confortable (ver Fig. 6.5.3).

En la a actividad baja la mayoría de los usuarios estarán confortables durante las horas de la noche a lo largo del año, teniendo la necesidad de calentar el espacio durante la madrugada y la mañana, específicamente de las 00:00 a las 9:00 horas. Para la actividad media el rango máximo de necesidad de calentamiento del espacio es de las 3:00 a las 8:00 horas, por otro lado para la actividad alta se da una sensación de frío leve en la mañana y una necesidad de disipación de calor de las 14:00 a las 16:00 horas.

El mes crítico cálido Junio es muy confortable a lo largo del día con una pequeña necesidad de calor de las 2:00 a las 8:00 horas la cual puede ser manejada a nivel de arropamiento, fuera de las horas de mayor uso del espacio solamente se da una pequeña necesidad de ventilación de las 14:00 a las 16:00 horas.

Por otro lado Junio es el mes más cálido, éste indica el rango máximo de calor excesivo de esa zona para los usuarios, durante esta época del año el sol se encuentra inclinado hacia el norte, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación. A nivel general las mañanas van de confortables a frescas, el oeste es el punto de más caliente y de menor confortabilidad.

En cuanto a la actividad baja, el usuario experimenta una leve sensación de frío en las madrugadas y mañanas, las tardes son medianamente confortables teniendo una necesidad de disipación de calor de las 14:00 a las 16:00 horas. El usuario realizando una actividad media, experimente madrugadas y mañanas muy confortables y de las 12:00 a las 20:00 horas se requiere sistemas de disipación de calor, el control solar se suma a partir de las 13:00 horas. Para la actividad de alta intensidad de requiere de la disipación de calor de las 11:00 a las 21:00 horas, el control solar es a partir de las 12:00 horas.



- Calor excesivo. Necesidad ventilación mecánica
- Necesidad de disipación de calor más control solar
- Necesidad de disipación de calor
- 10% de usuarios confortables
- 20% de usuarios confortables
- Necesidad de calentamiento pasivo
- Frío excesivo. Necesidad de cargas internas

Fig. 6.5.3. Gráficos de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad. Gráfico superior: Actividad baja referida al descanso. Gráfico medio: Actividad media referida a actividades de estudio, ver televisión, usar la computadora, etc. Gráfico inferior: Actividad alta referida actividades del quehacer doméstico como limpiar o lavar (elaborado por autores).



- Estrategias pasivas:
1. Calentamiento solar pasivo
  2. Efecto de masa térmica
  3. Masa térmica + ventilación nocturna
  4. Ventilación Natural
  5. Enfriamiento evaporativo directo
  6. Enfriamiento evaporativo indirecto

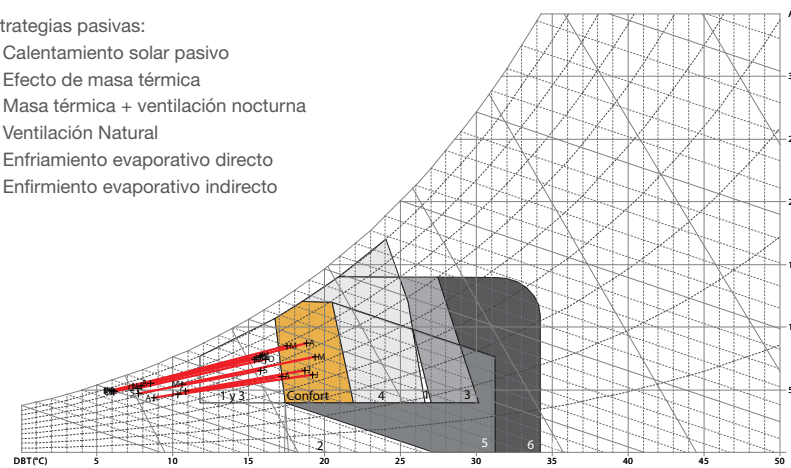


Fig. 6.6.1. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos mensuales de la estación de Fraijanes. Cada línea representa un mes y sus datos mínimos y máximos promedios a través de un año (elaborado por autores).

- Estrategias pasivas:
1. Calentamiento solar pasivo
  2. Efecto de masa térmica
  3. Masa térmica + ventilación nocturna
  4. Ventilación Natural
  5. Enfriamiento evaporativo directo
  6. Enfriamiento evaporativo indirecto

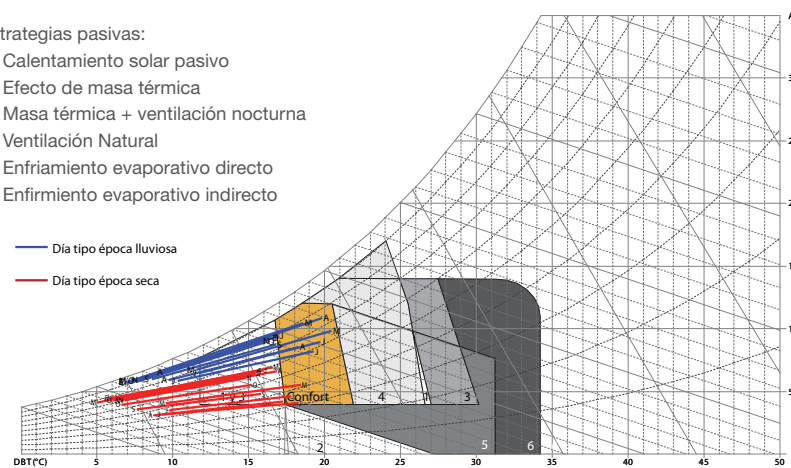


Fig. 6.6.2. Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos horarios promedio por 10 años de 10 días de la época seca y lluviosa de la estación de Fraijanes. Cada línea representa dos horas consecutivas del día tipo y sus datos mínimos y máximos promedios a través de los 10 años (elaborado por autores).

## 6.6 Rangos de Confort: Bosque Pluvial Montano Bajo

Los rangos de confort para esta zona de vida se basan en los datos obtenidos de la estación de Florex - El Empalme, la cual se ubica a 2440 msnm, Lat.09° 44' O y Long. 83° 57' O. La zona de confort establecida para esta zona, se delimita por: un límite superior que se encuentra entre los 16,8 °C y los 20,5 °C de temperatura seca y una humedad entre 80% a 90%, y un límite inferior que va de los 17,2°C y los 22°C de temperatura seca y una humedad entre 25% a 32% (ver Fig. 6.6.1).

### 6.6.1 Estrategias de confort

El gráfico de comportamiento promedio mensual muestra que los rangos de temperatura son, en su mayoría, inferiores a los establecidos por la zona de confort, esto puede ser solucionados ampliando la zona de confort mediante varias de las estrategias pasivas. Las únicas estrategias efectivas en esta zona de vida es la masa térmica y calentamiento pasivo.

El principio básico de estas estrategias como un sistema trabaja, captando la radiación solar en el edificio y mantener el calor generado en el interior de éste. Este calor se almacena en los materiales, para luego aportarlo al ambiente, para lograr esto se debe de tomar en cuenta la capacidad de conservación de calor del material y la velocidad con que lo cede o absorbe del entorno, como se explicó anteriormente en los las Estrategias de Confort del bosque húmedo y muy húmedo Montano Bajo

### 6.6.2 Estrategias de Confort según Días Tipo

En el gráfico de los días tipo (ver Fig. 6.6.2) vemos un comportamiento distinto entre la época de lluvia y la seca, sobretodo a nivel de rangos de humedad, aún así las estrategias son las mismas, la masa térmica y calentamiento solar pasivo funcionan de manera efectiva para casi todo el día, exceptuando las horas de la madrugada dónde las temperaturas descienden más de lo manejable, por lo cual se necesitarían sistemas adicionales de calefacción.

Cabe mencionar que el calentamiento solar pasivo efectivo es aquel que luego de ganar calor por radiación, lo conserva en el interior del espacio aislando la envolvente para evitar pérdidas; los materiales deben ser impermeabilizados, evitando que la humedad del ambiente deteriore su función aislante.

### 6.6.3 Parámetros de Confort por Actividad

Dentro de los parámetros observados para esta zona de vida, tenemos que los meses de enero, febrero y diciembre son los más fríos del año, durante esta época el sol se encuentra en inclinado hacia el sur, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación.

A nivel general las mañanas son frías, tanto el este como el oeste son puntos poco confortables, ya que las horas de incidencia solar no son suficientes para generar un ambiente cálido bajos las condiciones altitudinales y de alto porcentaje de humedad del sitio. (ver Fig. 6.6.3).

En este caso las tres actividades, independientemente de si intensidad requerirán estrategias de calentamiento pasivo, conservando y captando el mayor calor posible a lo largo del día y la noche.

Por otro lado junio es el mes más cálido, éste indica el rango máximo de calor excesivo de esa zona para los usuarios, durante esta época del año el sol se encuentra en inclinación norte, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación. A nivel general la zona es bastante confortable a lo largo del día.

En cuanto a la actividad baja, el usuario experimenta una leve sensación de frío en las madrugadas y mañanas, las tardes son confortables sin necesidad de establecer estrategia alguna. Tanto el usuario realizando una actividad media como pesada, experimenta una sensación de confortabilidad aceptable a lo largo del día.

En esta zona se observa un comportamiento muy particular, la sensación de frío excesivo es dominante en los meses cuya inclinación solar tiene al sur, mientras que para los de inclinación norte son más confortables. La necesidad de calentamiento pasivo es constante tendiendo a dirigir las entradas de radiación hacia el sur, posición que se expone más a la incidencia solar directa a lo largo del año y la que mayor calentamiento requiere.



- Calor excesivo. Necesidad ventilación mecánica
- Necesidad de disipación de calor más control solar
- Necesidad de disipación de calor
- 10% de usuarios confortables
- 20% de usuarios confortables
- Necesidad de calentamiento pasivo
- Frío excesivo. Necesidad de cargas internas

Fig. 6.6.3. Gráficos de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad. Gráfico superior: Actividad baja referida al descanso. Gráfico medio: Actividad media referida a actividades de estudio, ver televisión, usar la computadora, etc. Gráfico inferior: Actividad alta referida actividades del quehacer doméstico como limpiar o lavar (elaborado por autores).





# | PAUTAS GENERALES |

GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

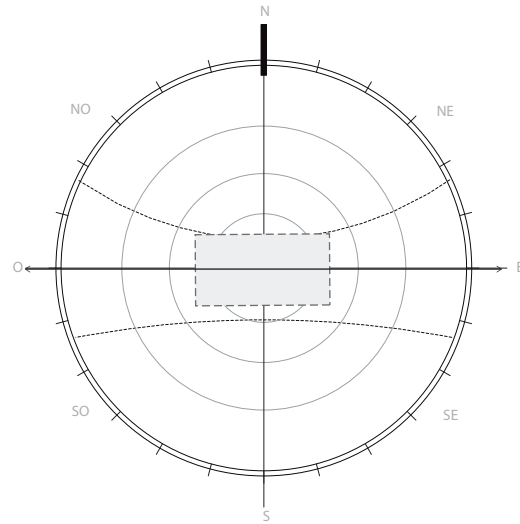


Fig. 6.7.1. Rango de orientación recomendado para el Piso Montano (elaborado por autores).

## 6.7 Orientación

La correcta orientación es un paso fundamental hacia el aprovechamiento o protección de los diferentes elementos climáticos. Para efectos de este análisis, se tomó la trayectoria solar y la dirección de los vientos dominantes como punto de partida para establecer un rango de orientación óptima.

### 6.7.1 Orientación según trayectoria solar

Como se describió anteriormente, este piso altitudinal cuenta con tres Zonas de Vida. Según los análisis climáticos, durante las noches las temperaturas tienden a bajar por lo que se debe buscar conservar la ganancia térmica adquirida en el día. A través de los diversos métodos usados en el análisis del clima, se establece que la orientación óptima para este piso altitudinal debe estar sobre el eje este-oeste con una inclinación máxima de 5° hacia el sur (ver Fig. 6.7.1).

Las envolventes más largas deben estar en el norte y en el sur, como consecuencia las más angostas en el este y oeste. Debido a la inclinación solar, la fachada sur recibe más radiación durante el año pero por su ángulo de incidencia cercana a la perpendicular facilita el control solar durante las horas críticas del día. En la fachada norte, donde la inclinación solar se prolonga menos a lo largo del año con respecto al sur, se convierte en la ubicación más fresca de todas. Se recomiendan aberturas entre un 40 y un 80% ubicadas en estas envolventes. Dichas aberturas deben tener protección contra fuertes lluvias y dispositivos de control solar para evitar la ganancia térmica en los espacios internos.

Por otro lado, la fachada este satisface la ganancia de calor durante las primeras horas de la mañana y la oeste durante las horas de la tarde. Deben evitarse aberturas que del al oeste, siempre que sea posible, ya que la ganancia de calor solar por medio de radiación y conducción, coincidirá con las temperaturas de aire más altas. Es necesario tener datos de radiación, tanto para superficies horizontales como para superficies verticales.

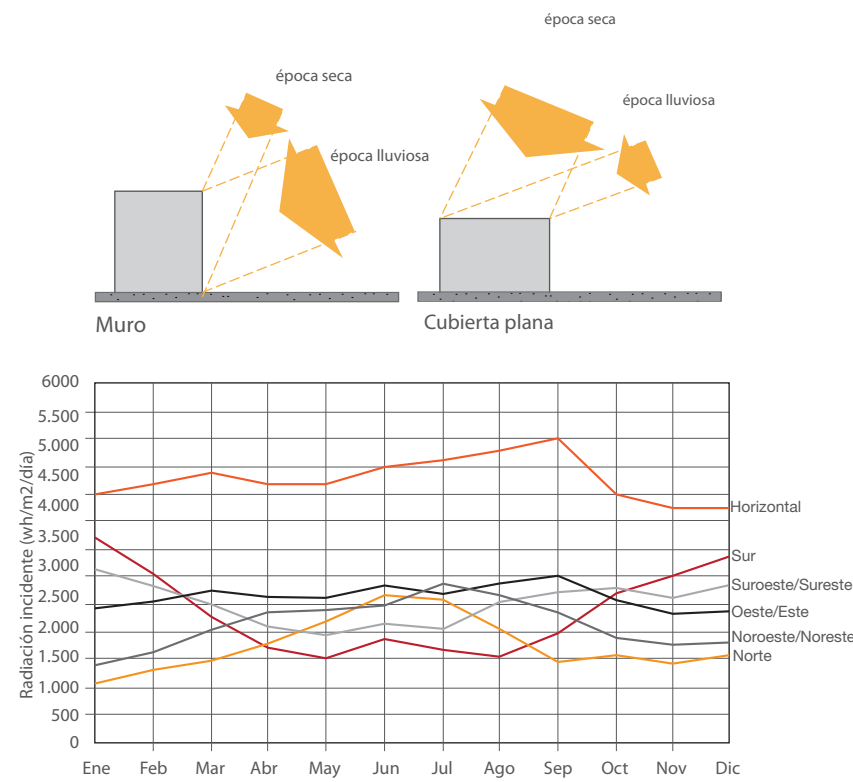


Fig. 6.7.2. Radiación solar mensual sobre diferentes planos de la envolvente en latitud 10 (modificado por autores).

Esto permite valorar las envolvente con riesgo de sobrecalentamiento o de pérdidas energéticas (ver Fig. 6.7.2).

En muchos casos por condiciones de topografía, lotificación, entre otros, la vivienda debe orientarse en una posición diferente a la óptima. En estos casos se debe procurar respetar la distribución espacial descrita más adelante.

### 6.7.2 Orientación según Vientos

Las estaciones proporcionados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) utilizada para el piso montano bajo no registraban los datos de vientos. Sin embargo, por su ubicación, se ve influenciado por los vientos Alisios provenientes del noreste. Dichos vientos son más variables en los meses más lluviosos, elevando los niveles de humedad. Los sitios ubicados en la vertiente Pacífica, se caracterizan por ser más secos y poseer vientos dominantes del suroeste (ver Fig. 6.7.3).

Por otro lado, al estar ubicado en lomas de los volcanes y partes altas se ve influenciado por los vientos altitudinales. Los vientos de altura alcanzan velocidades mucho mayores que las que tienen en las áreas costeras; desafortunadamente, con una relación inversa respecto a las necesidades de ventilación. Durante las noches las cumbres se enfrían más que los valles, donde el aire frío desciende por las laderas hacia el valle, generando la brisa de montaña a valle (ver Fig. 6.7.4). En el día, las cumbres están más calientes que los valles, entonces el aire asciende por las laderas (Brenes, 2008).

Por lo desarrollado anteriormente, se plantea la orientación de las aberturas a barlovento de los vientos predominantes (Alisios), sobretudo en la época de verano cuando se necesita la ventilación como mecanismo de disipación. Se debe de tener en cuenta que por cada 100 metros de altitud la temperatura disminuye 0,65 °C aproximadamente por esto para las altitudes mayores de esta zona es importante mantener una ventilación mínima ya que se acerca a los límites de las zonas más frías del país.

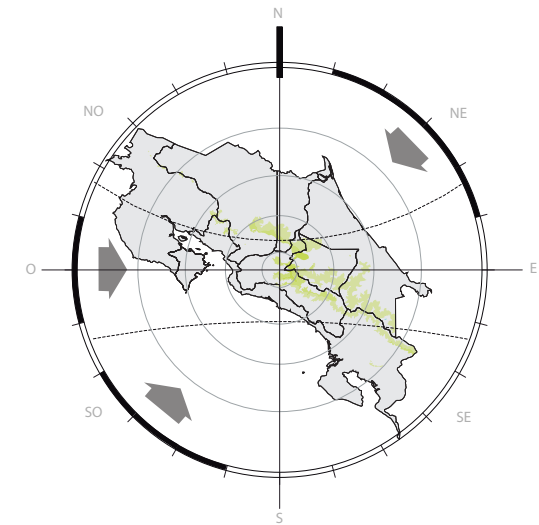


Fig. 6.7.3. Dirección de vientos dominantes en el Piso Montano Bajo (elaborado por autores).

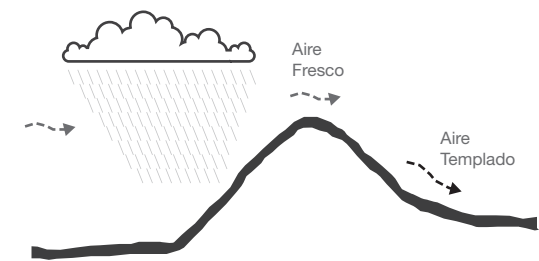
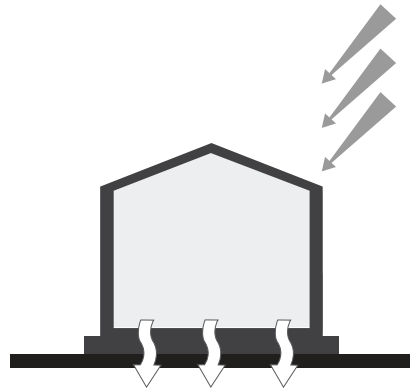


Fig. 6.7.4. Efecto de los vientos debido a la orografía del terreno (elaborado por autores).

Fig. 6.8.1. Configuración del espacio inferior nulo, posado directamente sobre el suelo. (elaborado por autores).



## 6.8 Configuración Espacial

### 6.8.1 Inferior

El espacio inferior se puede configurar según las necesidades y exigencias del entorno y su clima, para el caso del las Zonas de Vidas comprendidas en este piso altitudinal el espacio inferior cumple una función de regulador de temperatura interna, según esto establece la configuración ideal, basado en el tipo de estrategia que se desee implementar.

La configuración ideal es cuando el espacio inferior es nulo (ver Fig. 6.8.1 a), el cerramiento horizontal inferior se posa directamente sobre el suelo. Se busca un balance térmico por conducción, que establece que cuando dos superficies entran en contacto, la energía calorífica busca el equilibrio entre ambas. El elemento con temperatura más constante (el terreno) tiende a dar mayor estabilidad térmica al elemento constructivo; además limita el movimiento del aire por debajo del espacio habitable, facilitando la conservación del calor interno del edificio. En este caso es de vital importancia impermeabilizar el cerramiento horizontal inferior ya que tendrá contacto directo con el terreno.

Para dicha configuración, es importante tener en cuenta que las características naturales del terreno. La utilización de elementos naturales desde plantas pequeñas como zacate hasta los árboles contribuyen a mejorar la calidad y el confort del espacio construido, en especial en la época seca. La capa de vegetación que cubre el suelo reduce la temperatura, ya que no se calienta sino que invierte esta energía en procesos de fotosíntesis, conservando su temperatura y disipando el calor restante al ambiente mediante la evapotranspiración que se produce en sus hojas (ver Fig. 6.8.2).

### 6.8.2 Habitable

La configuración del espacio habitable determina la relación de éste con el contexto: posibilidades de control solar, exposición a vientos, superficie de intercambio térmico, entre otros. Estas zonas se encuentran en un punto intermedio de comportamiento climático con respecto a las otras zonas de vida. El bosque húmedo y muy húmedo experimentan tardes cálidas, mientras que el bosque pluvial tiene un comportamiento de tendencia más fría. Por este motivo y basado en el análisis de la arquitectura vernácula de esta zona (adobe), la

altura del espacio habitable se establece de 2,6 a 2,5 metros, de manera que mitigue el exceso de calor durante la tarde, sin dificultar la conservación del mismo durante la noche (ver Fig. 6.8.3).

Por otro lado la forma y volumetría influyen asimismo, junto con la organización interior, en la posibilidad de desarrollar estrategias de efectivas de confort. Según los análisis realizados se recomienda una configuración rectangular, ubicada longitudinalmente de este a oeste de espaciamiento múltiple, para así controlar la ventilación de los espacios individualmente y mantener una temperatura más constante y cálida en el interior del espacio (ver Fig.6.8.4). En general se busca aprovechar las horas del día para captar calor y conservarlo para cuando las temperatura decaen en las horas de la noche, en el bosque pluvial la captación debe de ser más intensiva.

Para que estos espacios se intenta minimizar la ventilación de manera controlada, disipando el calor solamente cuando sea necesario. Para su correcto funcionamiento se debe de guardar una relación de profundidad de 2,5 la altura del espacio habitable con las aberturas a barlovento con control de ingreso del aire, o a sotavento con dispositivos de redirección de aire (ver Fig. 6.8.5). Las velocidades no mayores de 0.50 m/seg, son las más recomendadas, principalmente para época seca (Frixanet, Víctor. Arquitectura Bioclimática).

La proporción de aberturas en esta zona debe estar entre un 40% y un 80% del área de la envolvente vertical y requieren ser provistas de estrategias de control solar, únicamente para verano en las horas de la tarde principalmente. El sombreado, se alcanza tanto a nivel de volumetría (espacios salientes superiores generan sombra sobre los espacio inferiores), configuración de aleros o dispositivos de parasoles. Lo importante es establecer la relación proporcional tomando en cuenta la posición solar, en la Fig. 6.8.6 se desarrolla el cálculo de dichas proporciones para cada punto cardinal, según su orientación solar óptima y el rango de protección por tipo de actividad de los bosques húmedo y muy húmedo de este piso altitudinal, ya que el análisis de la zona de vida bosque pluvial Montano Bajo muestra que la estrategia de control solar deja de ser efectiva en las altitudes superiores.

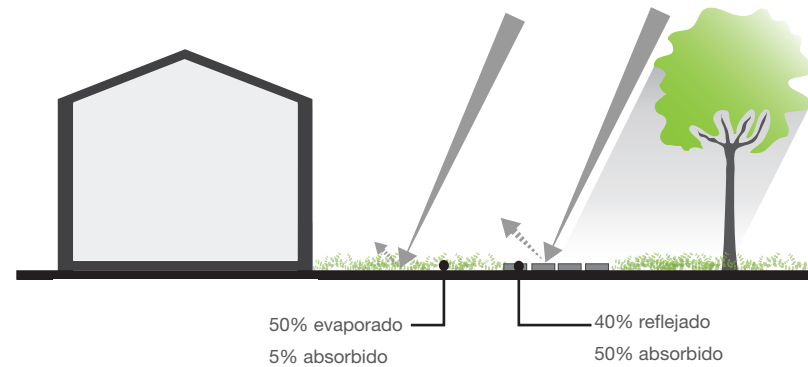


Fig. 6.8.2. Propiedades de la superficie del suelo y sus implicaciones en el espacio inferior del edificio. Para estas zonas de vida necesario mantener la vegetación alta a una distancia prudencial del espacio habitable para permitir la captación solar y evitar que la humedad del ambiente no incida negativamente en los materiales (elaborado por autores).

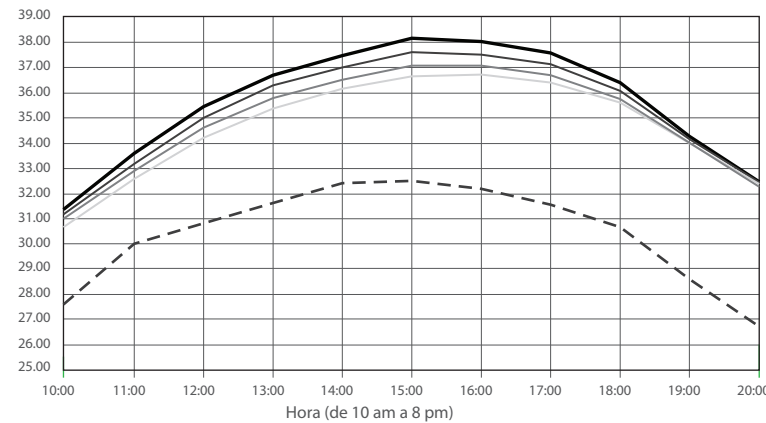


Fig. 6.8.3. Variación de la temperatura en función de la altura mínima de piso terminado a cielo, ideal para las zonas de piso Basal (elaborado por autores).

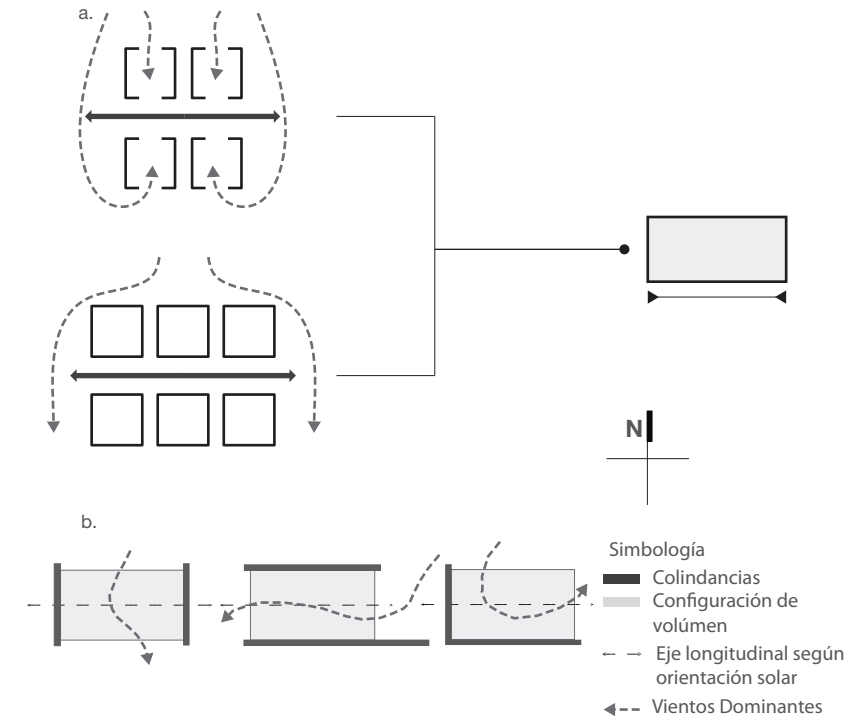
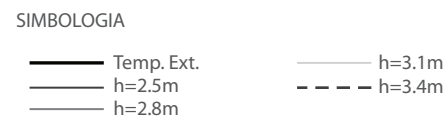


Fig.6.8.4. Configuración óptima en planta para el Zonas de Vida de piso Montano Bajo. (elaborado por autores):

a. Espaciamiento y forma.

b. Posibilidades configuración según posibles colindancias.

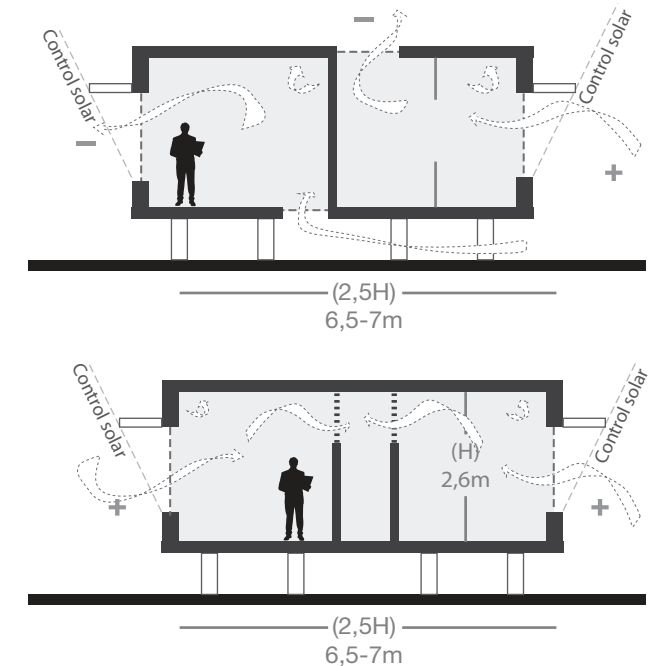
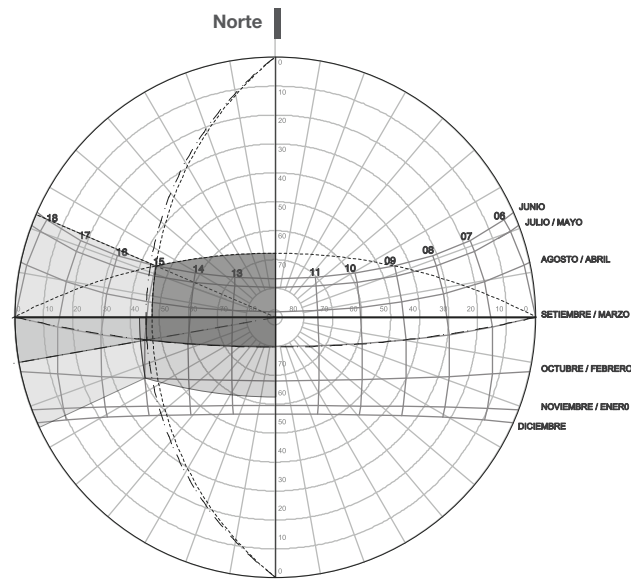


Fig. 6.8.5. Corte diagramático del espaciamiento compacto doble para las zonas del Piso Montano Bajo. La ventilación de los espacios debe de ser controlada. Las entradas del aire a barlovento deben de ser independientes. En la primera configuración la entrada del espacio izquierdo se da a nivel del piso, en la segunda se establece una barrera externa de redirección del viento predominante, esta puede ser de vegetación o un elemento constructivo existente en el lugar. Las salidas se pueden dirigir hacia el espacio superior del edificio (si no hay un segundo nivel que lo impida), un pasillo o abertura adyacente (elaborado por autores).

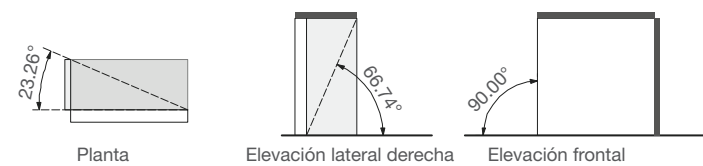


Carta solar Norte y Sur

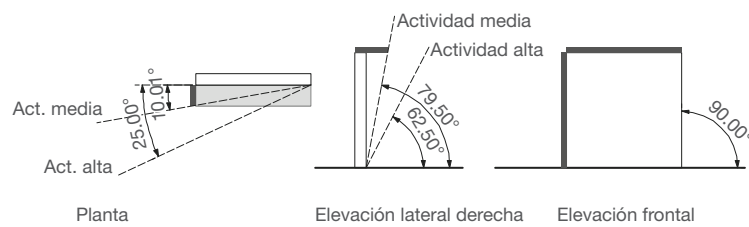


Elementos horizontales  
 ■ Dimensiones para actividad de alta intensidad  
 ■ Dimensiones para actividad de media intensidad  
 ■ Elementos verticales  
 - - - Línea guía para cálculo en fachada Norte  
 - - - Línea guía para cálculo en fachada Sur

Aberturas Norte

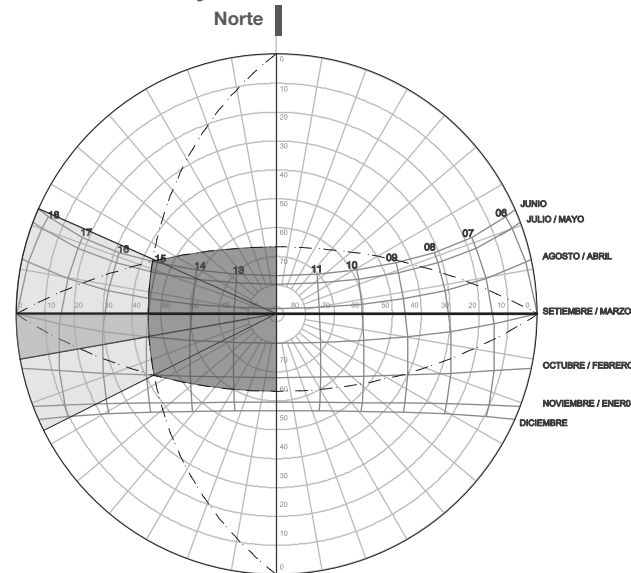


Aberturas Sur

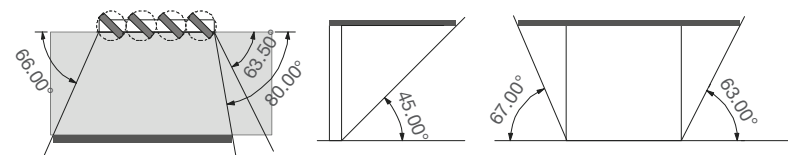


En el caso de la fachada Norte las mismas proporciones son validas para los espacios relacionados con actividades de media y alta intensidad. Tanto al sur como al norte en los espacio de descanso no se necesita tener control solar ya que el usuario tiende a tener frío por el tipo de actividad que desarrolla en dichos espacios.

Carta solar Este y Oeste



Elementos horizontales  
 ■ Dimensiones para actividad de media y alta intensi-  
 ■ Elementos verticales  
 - - - Línea guía para cálculo en fachada Este  
 - - - Línea guía para cálculo en fachada Oeste



En el caso de la fachada Oeste las mismas proporciones de los elementos verticales son válidas para los espacios relacionados con actividades de media y alta intensidad. Las pantallas establecidas se recomienda sustituirlas por elementos móviles o semipermeables de manera que no obstruyan la captación solar cuando sea necesaria y que posean una escala y configuración más sencilla y efectiva.

Al Este ninguno de los espacios, independientemente de la actividad que alberguen, necesitan de control solar. ya que esta zona presenta mañanas de frescas a frías.

Fig. 6.8.6. Cálculo de dispositivos de control solar para el piso Montano alto. Estas dimensiones se toman a partir de los rangos de necesidad de control solar establecidos en el capítulo de rangos de confort según la intensidad de la actividad que se desarrolla en cada espacio y partiendo de la orientación solar recomendada, en este caso su eje longitudinal que va de este a oeste. Para una mejor efectividad se deben de tomar en cuenta las sombras producidas por los edificios circundantes existentes sobre el edificio a diseñar (elaborado por autores).

6.8.3 Superior

La envolvente superior recibe la mayor cantidad de radiación con respecto a las otras envolventes debido a su posición, en el caso del piso Montano las bajas temperaturas, alta precipitación y humedad exigen configurarla como un elemento que responda efectivamente a los requerimientos de éstas zonas. Como primera medida, se recomienda una envolvente con disposición este-oeste de su eje longitudinal, siguiendo la misma lógica del edificio comentada en capítulo de orientación, de manera que se disponga la mayor área principalmente hacia el sur, para que reciba mayor radiación a lo largo del año (ver Fig. 6.8.7).

Basado en la observación de viviendas vernaculares, la configuración más utilizada es la plana inclinada. Se configuraban con dos o cuatro aguas que buscan protegerse de las lluvias del sitio. Se recomienda a su vez que se configuren con materiales translúcidos, pero herméticas para captar radiación e impedir las pérdidas de calor. Si se establecen aberturas que tengan una disposición hacia el sur, de esta forma recibe mayor radiación a lo largo del año. Éstas deben de abrirse durante las horas de mayor posibilidad de captación solar y cerrarse una vez estos lapsos terminen de manera que el calor acumulado se conserve mejor en el interior (ver Fig. 6.8.8 a.1 y a.2). Por otro lado si la envolvente no desempeña el papel de captadora, sino que principalmente es aislante, el eje longitudinal debe de ir dirigida al Norte de forma que no constituya una barrera para la captación solar de otros elementos establecidos al sur que cumplen esa función (ver Fig. 6.8.8 b).

Las pendientes observadas, son muy variadas, van de un 20% hasta un 60% en la arquitectura colonial, esto responde al principio que establece que entre más perpendicular éste la superficie con respecto a los rayos del sol más calor puede absorber, o en el caso contrario repeler. Cada 10° de inclinación del plano de la techumbre representan entre un 10 a 15% de menor ganancia de calor (Salomón,1982 citado por Gozáles, 2009).

Tomando en cuenta éstos principios de configuración observados, se recomienda el uso de cubiertas planas inclinadas, de configuraciones simples e inclinación

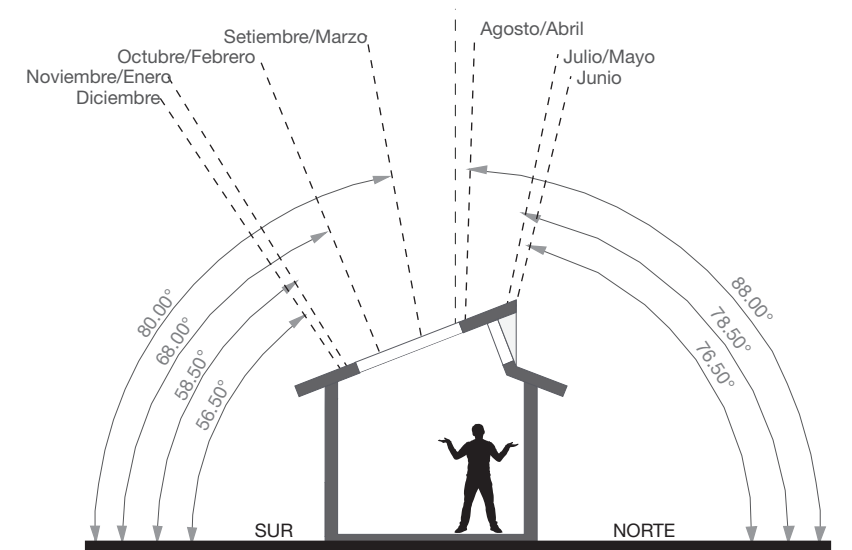


Fig. 6.8.7. Grafico configuración de cerramiento superior. Corte transversal con trayectoria solar de todo un año. Ángulos de altitud solar del 1° de cada mes a las 12:00 mediodía (Elaborado por autores).

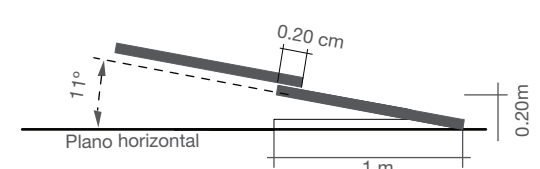
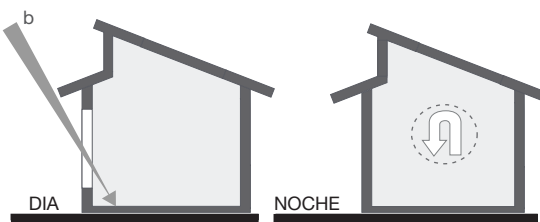
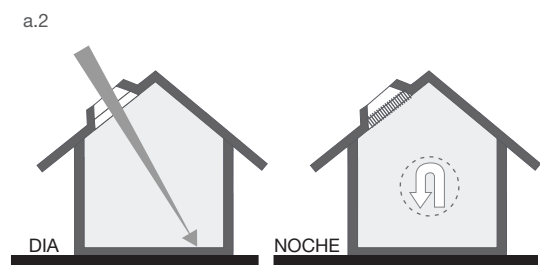
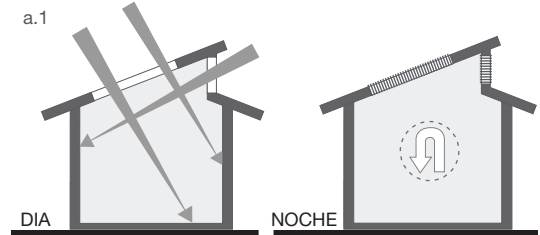
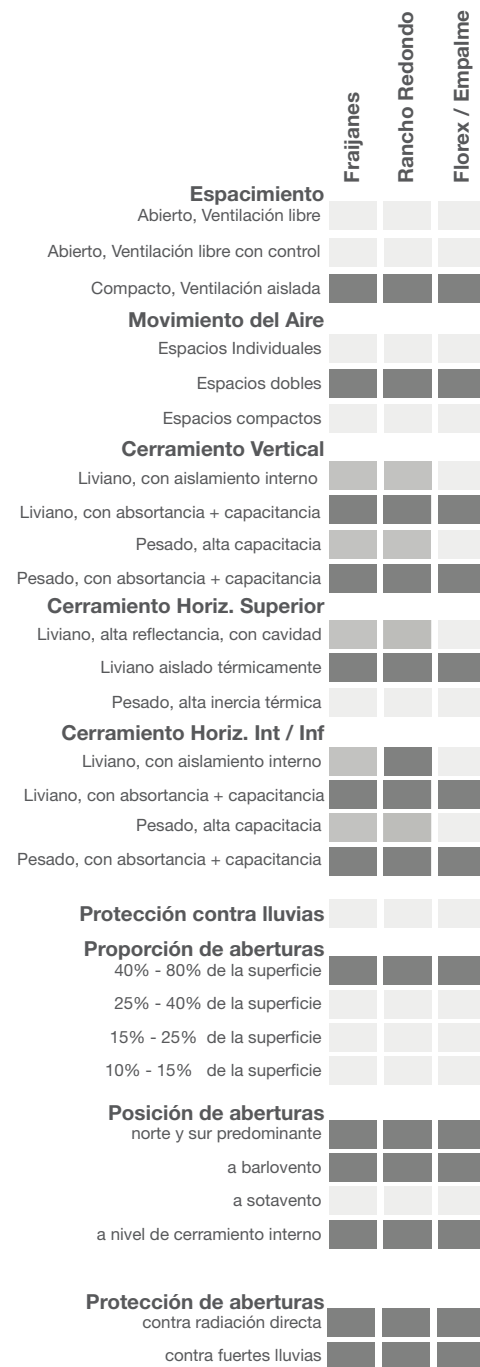


Fig. 6.8.8. Ejemplos de configuración del espacio superior efectivos para el bosque Montano Bajo (elaborado por autores).  
 Figura a. Configuraciones que propician la captación de calor por estrategia de tramitancia y aislamiento resistivo ejemplos:  
 a.1. Cubierta con elementos translúcidos.  
 a.2. Cubierta con lucernarios o tragaluces.  
 Figura b. Configuraciones que propician la conservación de calor interno por estrategia de aislamiento resistivo:  
 b.1. Cámara de aire (también ver cubierta hermética y cubiertas verdes).

Fig. 6.8.9. Gráfico de absorción de calor del cerramiento superior, según su inclinación con respecto al sol. Cada 10° de inclinación del plano de cerramiento horizontal superior, representa de 10% a 15% de menor ganancia de calor por radiación aproximadamente. Traslape aproximado según pendiente para zonas lluviosas, el traslape es inversamente proporcional a la pendiente (elaborado por autores).

pronunciada de 20%, para lograr una menor incidencia de los rayos perpendiculares del sol (en el caso de usar dicho espacio como captador) o de 25% en adelante si es solamente un elemento aislante (ver Fig. 6.8.9). Paralelo a la pendiente del cerramiento el traslape del material tiene una relación inversamente proporcional, se necesita mayor traslape de materiales para que este funcione correctamente durante la época lluviosa.



En el caso de los cerramientos superiores curvos la ganancia de calor por conducción es menor debido a que la radiación solar es perpendicular a la bóveda en un solo punto, sin embargo si se mantiene la orientación del eje longitudinal de Norte-Sur en el caso de una bóveda, puede ser utilizada como elemento captador de radiación constante a lo largo del transcurso solar, se recomienda que la curva sea lo menos pronunciada posible para mayor captación de ángulos solares perpendiculares.

En resumen la configuración espacial (ver Fig. 6.8.10) se debe buscar un edificio de espacios compactos de espaciamiento doble.

Las aberturas son grandes para todas las zonas, conjuntamente se debe de contemplar la protección contra lluvias sin obstruir la captación de radiación directa cuando sea posible, esta última se define como estrategia de ganancia de calor, establecida en las Pautas Específicas de la envolvente vertical para el piso Montano Bajo.

En cuanto al cerramiento vertical, los de una alta inercia térmica, son utilizables en los cerramientos internos como almacenadores de calor, para esto deben de estar expuestos a la radiación directa. Y los cerramientos livianos, si bien se calientan rápidamente por la radiación se enfrían de la misma manera, para estas zonas funcionan solo en conjunto con las estrategias de absorción y capacitancia desarrolladas en las estrategias específicas. Se deben de tomar precauciones contra la humedad ya que puede afectar la capacidad aislante de los materiales.

Para el cerramiento vertical inferior e intermedio, las condiciones son las mismas para todas las zonas de vida, puede ser pesado o liviano, con alta capacitancia para evitar pérdidas de calor durante la noche. Puede al mismo tiempo funcionar como captador, al igual que los cerramientos verticales internos.

El cerramiento horizontal superior se debe establecer liviano aislado a nivel resistivo, a su vez dicha configuración puede funcionar con elementos de captación de calor como se desarrolló en las tipologías de configuración del espacio superior.

Todas éstas estrategia referente a los diversos tipos de cerramientos se explican a mayor detalle en las Pautas Específicas, sumadas a otras posibilidades que se pueden trabajar en conjunto.

### 6.9 Distribución Espacial

La configuración espacial se establece a partir de la definición de las necesidades a nivel de confort por tipo de actividad según los parámetros de confort arrojados por los Climogramas de Bienestar Adaptados y la temporalidad de uso aquí establecida (ver Fig. 6.9.1 y Tabla 6.9.2).

Para las actividades de reposo, se toma el rango de 20:00 a las 8:00 horas para definir su posicionamiento espacial, ya que las demandas de confort por tipo actividad no son altas y su uso se intensifica en las horas de la noche y madrugada, donde las temperaturas caen hasta los límites más bajos de la zona, los espacios destinados a esta actividad deben de procurar el sur y el oeste, posiciones más cálidas. Por su inclinación solar, el sur, recibe más radiación con respecto al norte a lo largo del año, y por otro lado, el oeste satisface la ganancia de calor durante las horas de la tarde, para poder conservarlo para las horas de la noche.

En el caso de los espacios de estancia de carácter social relacionados a la actividad media, se toma el rango de las 8:00 a las 22:00 horas para definir su posicionamiento. Estos deben procurar el norte y oeste, ya que son los puntos más confortables durante las horas de uso de los espacios de estancia. Además la altura solar alcanzada al norte se mantiene cerca a los 90 grados, es decir, los rayos inciden de manera más perpendicular sobre las superficies, facilitando el control solar cuando sea necesario.

Los espacios de servicio relacionados a la actividad de intensidad alta, exceptuando la cocina, tiene un uso intermitente a lo largo del día, es por este motivo que se ubican en los puntos orientados al este, ya que es la ubicación más cálida durante las horas de la mañana (cuando se realizan mayormente las actividades de limpieza, lavado, etc) y cumplen una función de barreras contra vientos.

En el caso de la cocina se hace una excepción, ya que no solo es un lugar de servicio con amplia temporalidad de uso, sino que también por cargas internas de calor de los electrodomésticos, el cual puede transferirse demás espacios, como por ejemplo el comedor para elevar la temperatura. Es por este motivo que debe ir dispuesto estratégicamente, de manera que quede en una posición intermedia entre los espacios de estancia.

Los espacios de circulación, deben de reducirse al mínimo con el fin de no tener pasillos enclaustrados internos que impidan un espaciamiento más compacto; se recomienda el uso los espacios amortiguadores como por ejemplo invernaderos adosados que cumplen la función de captadores y conductores de calor al espacio interno.

Se debe de considerar también la protección contra lluvias, sin que ésta se interponga a la captación solar, y buscando ubicar los espacios sociales y privados a sotavento de los vientos predominantes o establecer barreras de redirección del mismo.

En cuanto a dimensiones se establecen relaciones específicas a nivel de altura, largo y ancho del espacio habitable y el porcentaje de aberturas con respecto al área de cerramiento vertical, cumpliendo con las áreas mínimas para espacios de vivienda, del Reglamento de Construcciones de Costa Rica éstas son mayores a las establecidas ya que se busca establecer espacios acordes a las relaciones aquí propuestas.

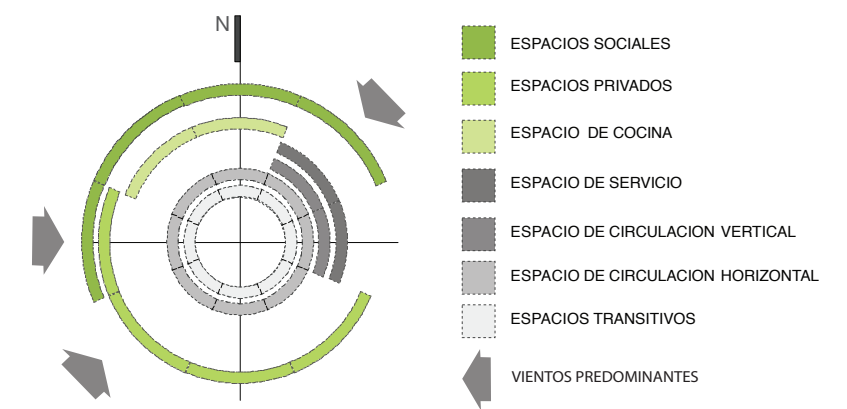


Fig. 6.9.1. Gráfico de disposición espacial de la vivienda para las zonas del piso Montano Bajo (elaborado por autores).

|                   | AREA (m <sup>2</sup> ) | ALTURA (m)                | VOLUMEN (m <sup>3</sup> ) | RELACION LARGO-ANCHO (m) | RELACION ABERTURA CERRAMIENTO (%) | 12:00 p.m. a 4:00 a.m. | 4:00 a.m. a 8:00 a.m. | 8:00 a.m. a 12:00 p.m. | 12:00 p.m. a 4:00 p.m. | 4:00 p.m. a 8:00 p.m. | 8:00 p.m. a 12:00 a.m. | # pers. |   |
|-------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|---------|---|
| SALA              | 7                      | 2,50 - 2,60               | 17,5                      | 1:1.2                    | 40%-80% (de área de la pared)     |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 5       |   |
| COMEDOR           | 7,5                    |                           | 18,75                     | 1:1.2                    |                                   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 6       |   |
| ESTUDIO           | 5                      |                           | 12,5                      | 1:1.25                   |                                   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 2       |   |
| DORMITORIO PRINC. | 10                     |                           | 25                        | 1:1.45                   |                                   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 2       |   |
| DORMITORIO SEC.   | 8,10                   |                           | 20,25                     | 1:1.3                    |                                   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 2       |   |
| COCINA            | 5,5                    | 13,75                     | 1:1.2                     |                          |                                   |                        |                       |                        |                        | 2                     |                        |         |   |
| CUARTO DE PILAS   | 3,6                    | 2,40 (min. reglamentario) | 8,64                      | 1:1.4                    | 10% (de área de piso)             |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 2       |   |
| BAÑO              | 4,1                    |                           | 6,24                      | 1:1.25                   |                                   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 1       |   |
| GARAGE            | 14,3                   |                           | 34,32                     | 1:2.1                    |                                   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | -       |   |
| CIRCULACIÓN       | ancho min. 1,2m        |                           | -                         | -                        |                                   | ancho min. 1,2m        |                       |                        |                        |                       |                        |         | - |
| ESP. AMORTIGUADOR | -                      |                           | -                         | -                        |                                   | -                      |                       |                        |                        |                       |                        |         | - |

Tabla 6.9.2. Gráfico Tabla de áreas, volúmenes, relaciones y temporalidad de los espacios habitacionales para las zonas de vida del piso Montano Bajo (elaborado por autores).



Observaciones:

-Es importante aclarar que las especies recomendadas en este documento, son ejemplos no exhaustivos a utilizar.

-Algunas especies recomendadas no sólo cumple como estrategias bioclimáticas sino que también fueron escogidas por su belleza paisajística, sus beneficios ambientales, por brindar frutos, floración y por atraer animales.

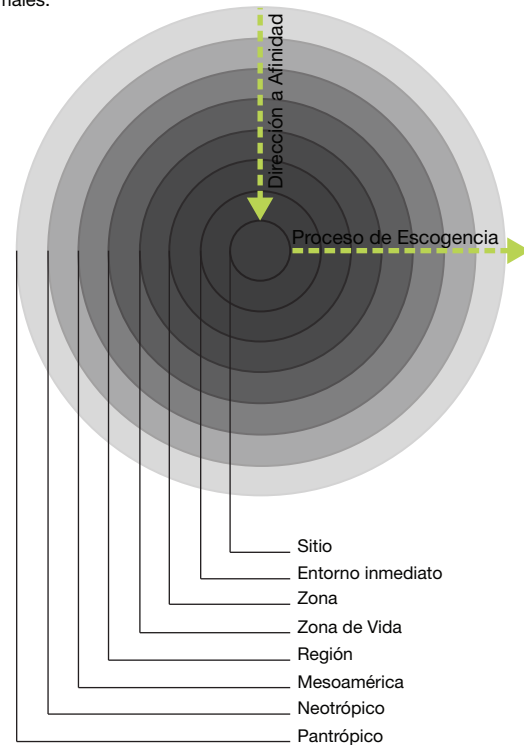


Fig. 6.10.1. "Círculo de Escogencia por Afinidad Ecológica" elaborado por el arquitecto costarricense Alberto Negrini Vargas (modificado por autores).

| Pauta:                   | Conservar Calor  |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
|--------------------------|--|--------------|-------------------|----------------|--------------|-----------------|-------------------|--------------------|---------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|------------------|--------------------------|---|---------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|--|--------------------------|--------------|------------------|----------------------|----------------------|---------------|--------------------------|----------------------|------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|--|
| Ejemplos:                | Cubiertas Verdes (aislamiento orgánico)  |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| Características:         | Siempre Verde<br>Resistente a la radiación directa   |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| Condicionantes:          | Sistema de riego y drenaje eficiente<br>Buena impermeabilización y aislantes   |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| Especies Sugeridas:      | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre Común</th> <th>Nombre Científico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Hiedra (pared)</td><td>Hedera hélix</td></tr> <tr><td>Ipomoea (pared)</td><td>Ipomoeae violacea</td></tr> <tr><td>Filodendro (pared)</td><td>Philodendrum microstictum</td></tr> <tr><td>Agua Marina (cubierta)</td><td>Evolvulus glomeratus</td></tr> <tr><td>Ala de Ángel (cubierta)</td><td>Begonia coccinea</td></tr> <tr><td>Aliento (cubierta/pared)</td><td>Adiantum raddianum, Adiantum peruvianum</td></tr> <tr><td>Amaranto (cubierta)</td><td>Gomphrena globosa</td></tr> <tr><td>Anturio(cubierta/pared)</td><td>Anthurium andreanum</td></tr> <tr><td>Bailarina (pared)</td><td>Schlumbergera x bucleyii, Schlumbergera truncata</td></tr> <tr><td>Bromelia(cubierta/pared)</td><td>Bromelia spp</td></tr> <tr><td>China (cubierta)</td><td>Impatiens walleriana</td></tr> <tr><td>Dormilona (cubierta)</td><td>Mimosa pudica</td></tr> <tr><td>Zacate Japonés(cubierta)</td><td>Ophiopogon japonicus</td></tr> <tr><td>Santa Lucía (cubierta)</td><td>Ageratum conyzoides</td></tr> <tr><td>Widilia (cubierta)</td><td>Wedelia trilobata</td></tr> </tbody> </table> | Nombre Común | Nombre Científico | Hiedra (pared) | Hedera hélix | Ipomoea (pared) | Ipomoeae violacea | Filodendro (pared) | Philodendrum microstictum | Agua Marina (cubierta) | Evolvulus glomeratus | Ala de Ángel (cubierta) | Begonia coccinea | Aliento (cubierta/pared) | Adiantum raddianum, Adiantum peruvianum | Amaranto (cubierta) | Gomphrena globosa | Anturio(cubierta/pared) | Anthurium andreanum | Bailarina (pared) | Schlumbergera x bucleyii, Schlumbergera truncata | Bromelia(cubierta/pared) | Bromelia spp | China (cubierta) | Impatiens walleriana | Dormilona (cubierta) | Mimosa pudica | Zacate Japonés(cubierta) | Ophiopogon japonicus | Santa Lucía (cubierta) | Ageratum conyzoides | Widilia (cubierta) | Wedelia trilobata |  |
| Nombre Común             | Nombre Científico  |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| Hiedra (pared)           | Hedera hélix   |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| Ipomoea (pared)          | Ipomoeae violacea  |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| Filodendro (pared)       | Philodendrum microstictum  |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| Agua Marina (cubierta)   | Evolvulus glomeratus   |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| Ala de Ángel (cubierta)  | Begonia coccinea   |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| Aliento (cubierta/pared) | Adiantum raddianum, Adiantum peruvianum  |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| Amaranto (cubierta)      | Gomphrena globosa  |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| Anturio(cubierta/pared)  | Anthurium andreanum  |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| Bailarina (pared)        | Schlumbergera x bucleyii, Schlumbergera truncata   |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| Bromelia(cubierta/pared) | Bromelia spp   |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| China (cubierta)         | Impatiens walleriana   |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| Dormilona (cubierta)     | Mimosa pudica  |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| Zacate Japonés(cubierta) | Ophiopogon japonicus   |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| Santa Lucía (cubierta)   | Ageratum conyzoides  |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |
| Widilia (cubierta)       | Wedelia trilobata  |              |                   |                |              |                 |                   |                    |                           |                        |                      |                         |                  |                          |   |                     |                   |                         |                     |                   |  |                          |              |                  |                      |                      |               |                          |                      |                        |                     |                    |                   |  |

Tabla 6.10.1. Protocolo de escogencia para Conservar Calor (elaborado por autores).

### 6.10 Vegetación

La vegetación permite dar sombra, filtrar el polvo en suspensión, hacer de pantalla a los vientos al mismo tiempo que favorece la ventilación, limpia la atmósfera, oxigena el aire y lo refresca por evapotranspiración (Ugarte, 2007).

La escogencia de cada especie vegetal debe responder primeramente a una necesidad climática-arquitectónica. De ésta forma las especie debe cumplir una lista de características y requerimientos que se necesitan para poder llevar a cabo su función como estrategia bioclimática en cada proyecto.

Se tomó el protocolo "Círculo de Escogencia por Afinidad Ecológica" elaborado por el arquitecto costarricense Alberto Negrini Vargas para la escogencia de las especies vegetales incluidas en este apartado (ver Fig.6.10.1). Como punto de partida, se recomienda utilizar especies encontradas en cada sitio; en caso de que ninguna sirva para la función necesitada, se deberá de buscar en el entorno inmediato. Dicho proceso se repite hasta llegar a el grupo de plantas del Pantrópico. Al escoger una planta siguiendo este protocolo de escogencia, se garantiza que cada especie utilizada se adaptará plenamente al entorno donde se introduzca y funcionará de manera integral con el contexto.

Los análisis mostrados anteriormente demuestran cómo este piso altitudinal se caracteriza por ser el más confortable. Se identifican tres pautas principales como usos de la vegetación dentro de la arquitectura: aislamiento orgánico para conservar calor, como control solar y como control de vientos.

#### 6.10.1 Conservar Calor

Se busca mantener calor en el interior de los espacios por medio de cubiertas verdes (ver Tabla 6.10.1). Su principio funciona como un elemento aislante resistivo que busca conservar el aire en el interior para evitar la pérdida de calor ganado por medio de otras estrategias aplicadas (ver detalles en pautas específicas).

Las cubiertas verdes cumplen la función de almacenar el calor en el interior. Propician un aislamiento excelente, plantas entre 20 y 40 cm de altura retienen el aire caliente pudiendo evitar hasta en un 50% la pérdida de temperatura por convección del edificio. Es de vital importancia que, el sistema de impermeabilización sea instalado por empresas especializadas.

Se debe considerarse si va a ser cubiertas extensiva o intensiva, con el fin de calcular adecuadamente la estructura que deberá soportarla.

-Cubiertas Extensivas: Son construidos con una capa mínima de sustrato (entre 5 y 15 cm) y por lo tanto, podrían ser instalados en cualquier techo sin cambios o con mínimos refuerzos en la estructura para soporte de peso adicional. Pueden propagarse usando semillas o esquejes e incluso pueden ser cultivadas por fuera del sitio final de ubicación y posteriormente instaladas (ver Fig. 6.10.2).

-Cubiertas Intensivas: Pueden ser utilizados como jardines reales. Son más pesados, costosos y demandan mayor mantenimiento del estrato vegetal. Requieren cuidado continuo y posiblemente de un sistema de irrigación, aunque esto dependerá de las plantas seleccionadas. Con una capa entre 15 y 30 cm, permiten cultivar una amplia gama de arbustos e incluso árboles. Generalmente, requieren de una estructura subyacente con una alta capacidad de carga, es decir, podrían necesitarse modificaciones en el diseño de las estructuras, de forma que soporten el peso de medios de cultivo más amplios y plantas mayores (ver Fig. 6.10.2).

Adicional a la rutina de mantenimiento estándar, los techos verdes podrían necesitar intervenciones periódicas en el estrato vegetal, especialmente cuando no se han seleccionado adecuadamente las especies sembradas según si es extensivo o intensivo el sistema elegido, pero la expectativa de vida de estas cubiertas es alrededor del doble de los techos convencionales.

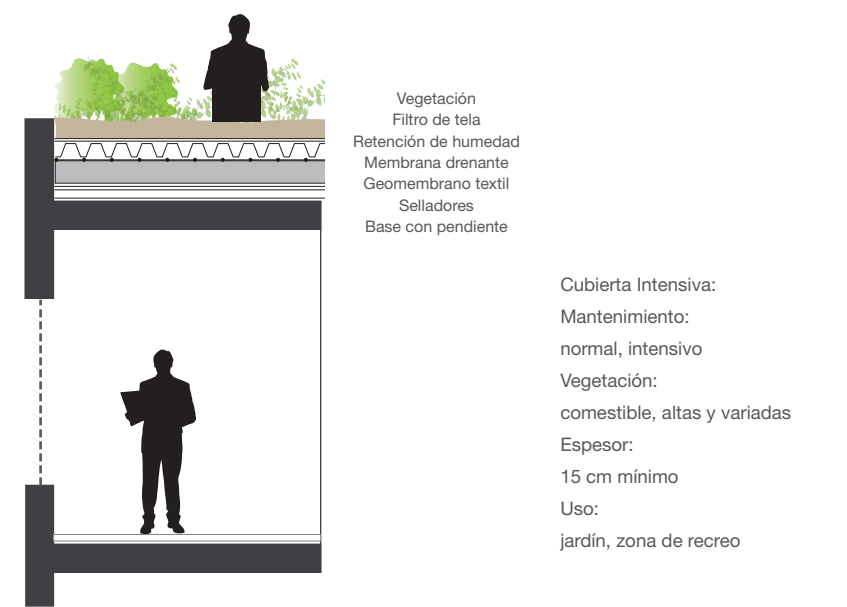
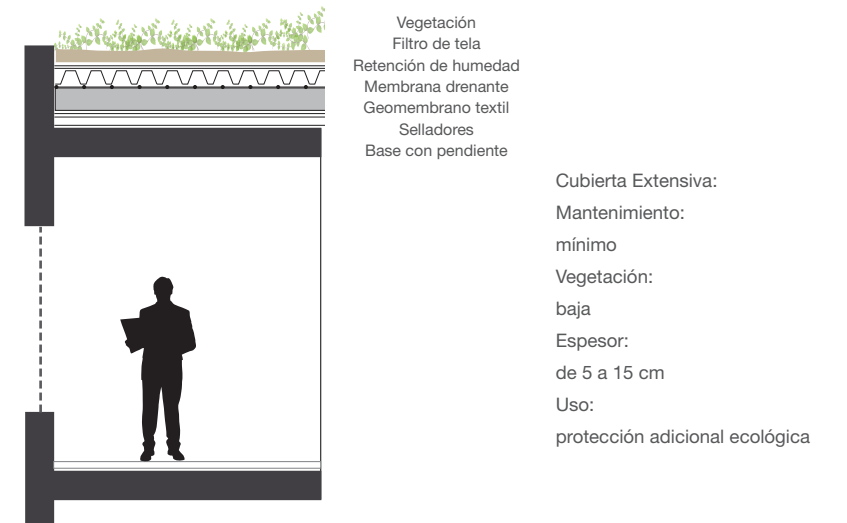
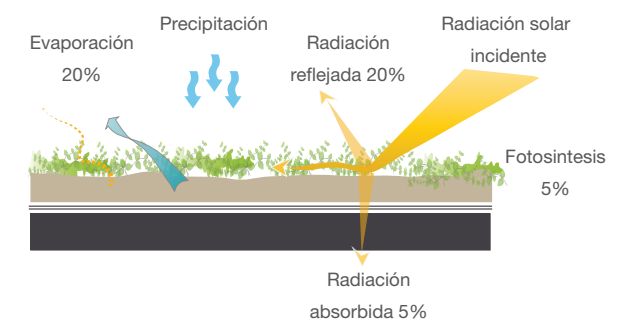


Fig. 6.10.2. Acciones climáticas y tipos de cubierta verdes: extensivas e intensiva (elaborado por autores).



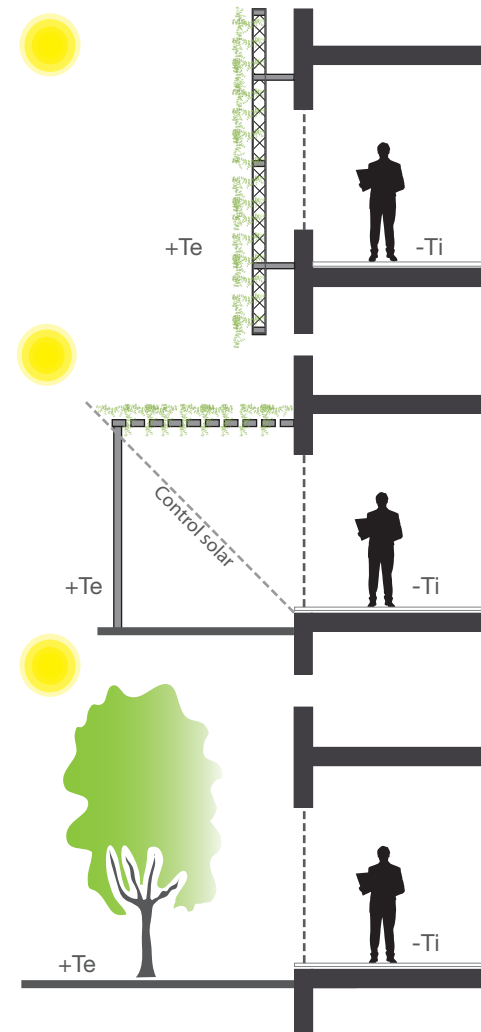


Fig. 6.10.3. Tipos de pantallas-verdes (elaborado por autores).

### 6.10.2 Control Solar

Como estrategia para el control solar se utiliza la vegetación como segundas pieles, ya que aporta sombra y reduce el soleamiento directo sobre las aperturas y/o envolventes (Neila, 2004). Dicho sombreado se da por medio de dispositivos horizontales y verticales para pantallas verdes, así como también árboles cercanos a las construcciones (ver Tabla 6.10.2).

La pantalla verde es una estructura independiente de la envolvente vertical cubierto de plantas de rápido crecimiento. Este sistema permite un ingreso controlado de la luminosidad reduciendo la radiación solar directa, de forma que filtra el exceso de claridad natural y atenúa los efectos de reverberación o encandilamiento gracias a la presencia de sombra. Por otra parte, los procesos de convección colaboran refrescando la envolvente, disminuyendo la incidencia solar y por ende la transmisión de calor al interior del espacio (Ugarte, 2007).

Hay dos tipos de pantallas; las verticales y las horizontales, mejor conocidas como pérgolas verdes (ver Fig 6.10.3). Ambas estas conformadas por un panel estructural o bloque modular diseñados para ser el medio que le de el sustento a las plantas. En este tipo de estrategia la tierra no es un requerimiento esencial para el crecimiento de algunas especies; sin embargo, la luz, el agua y el dióxido de carbono si lo son para se mantenga siempre verde y lleve a cabo su proceso de fotosíntesis.

Por otro lado esta el sombreado con árboles; mejorando la temperatura del aire en los ambientes urbanos mediante el control de la radiación solar (ver Fig 6.10.3). Las hojas de los árboles interceptan, reflejan, absorben y transmiten la radiación solar. Su efectividad depende de la densidad del follaje, de la forma de las hojas y de los patrones de ramificación. En regiones confortables, como lo es el Montano Bajo, los arboles de hoja caduca son los idóneos. En el verano ellos interceptan la radiación solar y bajan la temperatura bajo su dosel protector, en el invierno la pérdida de sus hojas da como resultado un calentamiento al incrementar el paso de la radiación solar. El dosel forestal actúa como cobija haciendo que la temperatura no varíe tanto como en lugar abierto.

|                     |   |   |
|---------------------|---|---|
| Pauta:              | Control Solar   |   |
| Ejemplos:           | Vegetación como doble piel<br>Vertical (pantallas) y Horizontal (pérgolas)<br>Arboles en el entorno inmediato   |   |
| Características:    | Siempre verde<br>Multi capa<br>Denso<br>Sombra directa  |   |
| Condicionantes:     | Sistema de riego y drenaje eficiente<br>Distancia entre árbol y construcción<br>Arboles con raíces no invasivas   |   |
| Especies Sugeridas: | <b>Nombre Común</b><br>Aguacate (árbol)<br>Cas (árbol)<br>Filodendro (enredadera)<br>Ipomoea (enredadera)<br>Jalapa (enredadera)<br>Maracuyá (enredadera)<br>Volcán (enredadera)<br>Thumbergia (enredadera)<br>Ventana (enredadera) | <b>Nombre Científico</b><br>Persea americana<br>Psidium friedrichsthalianum<br>Philodendrum microstictum<br>Ipomoeae violacea<br>Allamanda cathartica<br>Passiflora edulis<br>Solanum wendlandii<br>Thumbergia grandiflora<br>Monstera adansonii<br>Monstera friedrichst halii<br>Monstera obliqua expilata |

Tabla 6.10.2. Protocolo de escogencia para el Control Solar (elaborado por autores).

### 6.10.3 Control de Vientos

El movimiento del aire, o viento, también afecta el confort humano (ver Tabla 6.10.3). El viento puede incrementar el enfriamiento evaporativo durante el día. Sin embargo, el viento puede reducir el diferencial en temperatura reemplazando el aire húmedo y frío por aire seco y caliente, los vientos mismos pueden ser causados por diferencias de temperatura. Las barreras vegetales reducen la velocidad del viento y pueden crear áreas protegidas. Por consiguiente los árboles interfieren con los procesos de enfriamiento evaporativo, haciendo que las temperaturas permanezcan altas en las áreas protegidas.

Los árboles y arbustos controlan el viento por obstrucción, por conducción, por desviación y por filtración (ver Fig. 6.10.4). El efecto y el grado de control varían con el tamaño de especies, la forma, la densidad y la retención del follaje. La obstrucción implica la ubicación de la barrera para reducir la velocidad del viento al incrementar la resistencia al flujo del aire. Una correcta ubicación puede eliminar corrientes de aire alrededor de las esquinas o la entrada de los edificios. El ancho de la barrera tiene poco efecto en la reducción de la velocidad del viento, en cambio favorece el microclima dentro del área.

En los casos donde el volumen este mal orientado con respecto al viento, se puede recurrir a la vegetación como pantallas para re direccionar e inducir el aire en el interior. La utilización de redireccionadores debe darse cuando se necesita controlar la dirección del viento con la finalidad de que éste circule efectivamente por los determinados espacios; eliminando el aire caliente acumulado. Esto se logra ya que se crean zonas de baja o de alta presión por medio de las barreras.

Las pantallas vegetales no sólo funcionan como estrategia para controlar y re direccionar el curso del viento; sino que también cumplen como estrategia para disipar el calor por medio del enfriamiento convectivo (ver en pautas específicas). Su correcta utilización eliminar hasta un 90% del calor solar, cumpliendo al mismo tiempo una doble función (Germer, 1983).

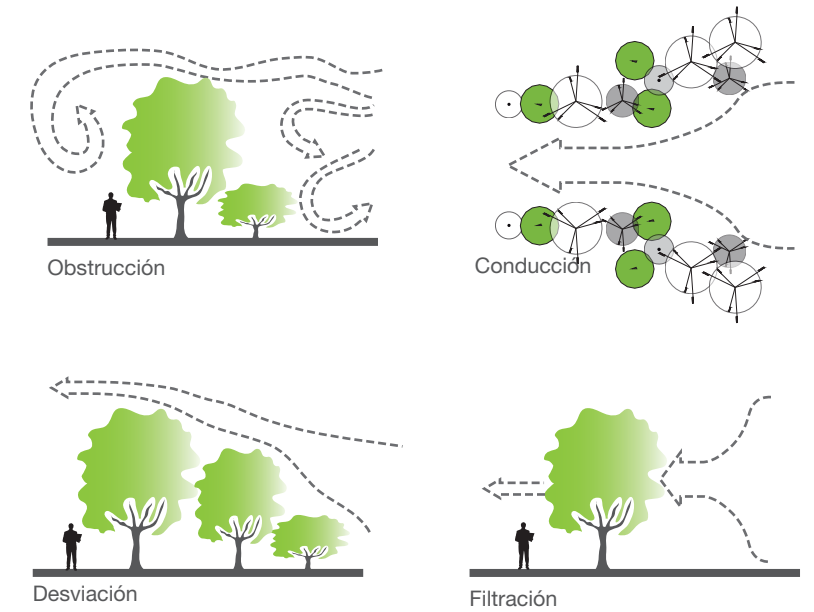


Fig. 6.10.4. Acciones de la vegetación sobre el viento (elaborado por autores).

|                     |  |  |
|---------------------|--|--|
| Pauta:              | Control de Vientos   |  |
| Ejemplos:           | Pantallas a 1,3m, un nivel y 2 niveles<br>Barreras redireccionadoras de viento   |  |
| Catacterísticas:    | Siempre Verde<br>Resistentes al viento<br>Denso  |  |
| Condicionantes:     | Sistema de riego   |  |
| Especies Sugeridas: | <b>Nombre Común</b><br>Aralia (barrera)<br>Bambú Verde (barrera)<br>Camelia (barrera)<br>Guaba (árbol)<br>Manzana Rosa (árbol)<br>Pavón Amarillo (árbol)<br>Pavón Rojo (árbol)<br>Pacaya (barrera)<br>Trueno (árbol) | <b>Nombre Científico</b><br>Aralia fruticosa<br>Dendrocalamus strictus<br>Camelia japonica<br>Inga edulis<br>Syzgium jambos<br>Justicia aurea<br>Megaskeperma erythrochlamys<br>Chamaedorea costaricana<br>Ligustrum lucidum |

Tabla 6.10.3. Protocolo de escogencia para el Control de Vientos (elaborado por autores).

# PM

(Piso Montano)

## Capítulo 7 - Piso Montano



### Zonas de Vida

bosque muy húmedo Montano (bmh-M)

Perfil Climático

bosque pluvial Montano (bp-M)

Perfil Climático  
Perfil Vegetal

### Rangos de Confort

bosque pluvial Montano (bp-M)

Estrategías de Confort  
Estrategías de Confort según días tipo  
Parámetros de Confort por actividad

### Pautas Generales Piso Basal

Orientación

Trayectoria Solar  
Vientos

Configuración Espacial

Inferior  
Habitable  
Superior

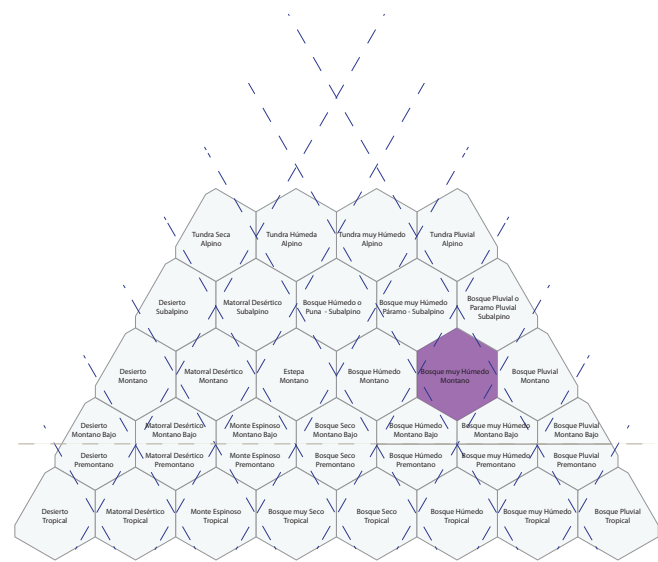
Distribución Espacial

Vegetación

Protocolo para la escogencia  
de especies vegetales

# ZV 10

## 7.1 bosque muy húmedo montano



El Instituto Meteorológico Nacional no posee estaciones con información completa en esta zona. Para efectos de estudio se realizó una comparación con las zonas cercanas.

### IGUÍA SEGÚN ZONAS DE VIDA I

GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

Esta zona de vida se localiza en una área de muy corta extensión, al rededor de la cima del Volcán Irazú, Cartago. Sus bajas temperaturas y humedad alta, limitan el desarrollo de actividades de uso de suelo y establecimiento de poblaciones. En esta zona no existen asentamientos humanos; hoy día es una zona de protección cuyo uso principal es el turístico.

Se encuentra entre el rango altitudinal de 3000 a 3432 msnm.

#### 7.1.1 Perfil Climático

De ésta zona los datos son muy escasos, debido a que, como se mencionó antes, no abarca gran extensión del el territorio nacional. La descripción climática se basa en datos meteorológicos de las estaciones más cercanas encontradas a la zona. Junto con el mapeo general de datos climáticos del Instituto Meteorológico Nacional, nos dan un perfil climático aproximado de esta región.

#### Temperatura

Según el proceso de mapeo, esta zona tiene un promedio de 11°C; una temperatura máxima 16°C y una mínima de 6°C.

Los datos encontrados en la Estación de Tierra Blanca nos indican que la temperatura promedio es de 14.1°C; la máxima es de 16,2 °C en junio y la mínima 2.4°C, en el mes de enero.

En Pacayas la tempera promedio es 16.7°C, la máxima es de 17.3°C en los meses de Junio y Setiembre y la mínima 15.9°C en el mes de Enero.

#### Precipitación

Según Bolaños {2005}, esta zona presenta un rango de precipitación entre 1800 y 2300 mm anuales como promedio. Pero según el mapa de precipitación, el mínimo es de 1500 mm y el máximo supera los 3000 mm, causado muchas veces por lluvias orográficas y neblinas.

En la estación de Chicué, ubicada a una altitud de 3090 msnm, los datos de precipitación muestran un promedio anual de 1772.8 mm. Enero y febrero son los meses más secos con 18.6 y 35.6 mm, respectivamente, octubre y setiembre son los más lluviosos con 301,6mm y 254.9 mm, respectivamente.

En la Estación de Pacayas el promedio anual es de 2277.6 mm, marzo es el mes más seco con 66.2 mm y octubre el más lluvioso con 275.1 mm.

#### Humedad

El periodo seco es de poca relevancia, por lo que el clima se define como siempre húmedo.

En la estación de Tierra Blanca la humedad relativa tiene un promedio de 81%, un máximo de 88% en los meses de setiembre y noviembre y un mínimo de 74% en el mes de junio.

En Pacayas el promedio es de 88 %, con un máximo de 89% que se presenta en casi todos los meses y un mínimo de 83% en el mes de enero.

#### Brillo Solar

El brillo solar de la zona va de 5 a 6 horas aproximadamente. Por su ubicación a sotavento, se puede ver que la influencia de nubosidad causada por los vientos alisios no le afecta significativamente en las horas de brillo solar.

En la estación de Tierra Blanca, ubicada a 2100 mnsnm, el promedio de horas sol recibidas es de 6.1 horas, el máximo de 8.7 horas en el mes de febrero y el mínimo de 4.5 en el mes de junio.

En la estación de Pacayas (1735 msnm) el promedio es de 4.4 horas sol día, su máximo es 6.0 en el mes de marzo y su mínimo de 3.2 en el mes de noviembre.

#### 7.1.2 Perfil Vegetal

El bosque natural inalterado de este bioclima se caracteriza por ser siempreverde de baja altura (20-25m), poco denso y con dos estratos.

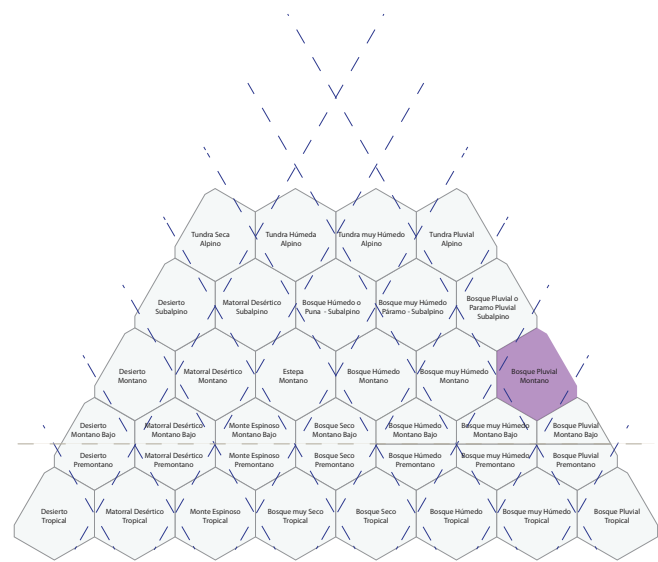
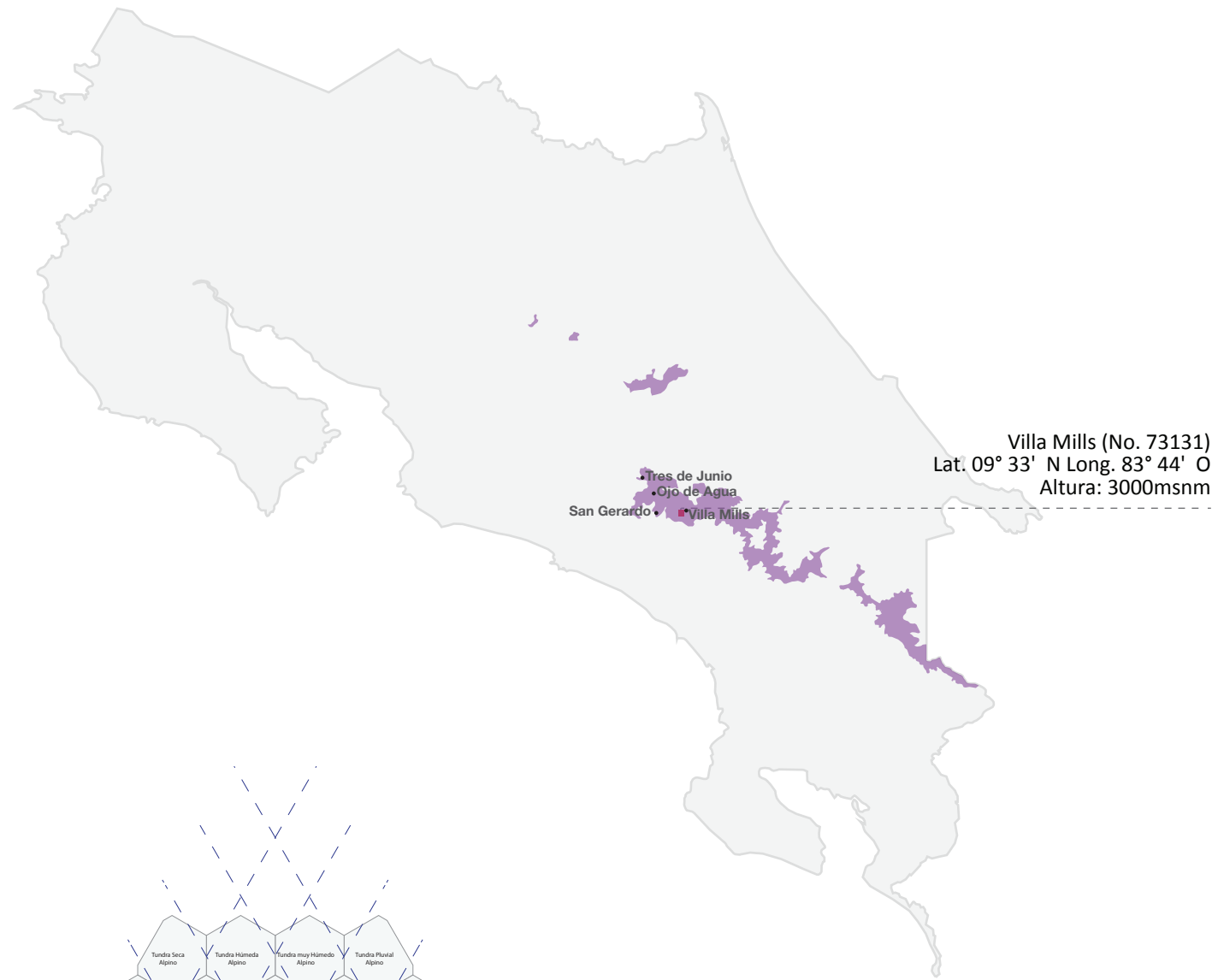
Posee árboles con troncos cortos, macizos y con moderada cantidad de epífitas. Las hojas son predominantemente coriáceas. En el país no existen bosques primarios en esta Zona de Vida.

Las especies principales encontradas dentro de esta zona de vida son Quercus, Alnus acuminata (jaúl) y las familias de Lauraceae, Melastomataceae, Araliaceae, Asteraceae.



# ZV 11

## 7.2 bosque pluvial montano



Para el análisis de el Bosque Pluvial Montano se utilizó como referencia la Estación Meteorológica Villa Mills No. 73131. Se utilizaron los datos mensuales para la elaboración de un Gráfico de Comportamiento Climático Anual (ver Fig. 7.2.1) así como datos horarios durante un período de 10 años. Todos éstos datos pertenecen al Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica.

**IGUÍA SEGÚN ZONAS DE VIDA I**  
GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

La Zona de Vida del bosque pluvial Montano se encuentra extensivamente en las alturas de la Cordillera de Talamanca, con pequeñas estribaciones alrededor de las cumbres de los volcanes Poás, Barva e Irazú. (Quesada, 2007)

Se presenta en un rango altitudinal que va de los 2400 a los 3700m.s.n.m. Al estar en las partes altas de la cordillera, posee un relieve quebrado, pendientes de 30 a 40%, con valles donde se dan pocos asentamientos humanos.

Este bioclima es recorrido por 3 ríos principales: río Savegre, río Naranjo y río Grande de Térraba, los cuales desembocan en la Vertiente del Pacífico. (Holdridge, 1971)

El clima es poco atractivo para el asentamiento humano, principalmente por el frío húmedo imperante durante casi todo el año.

Debido al cambio altitudinal, esta región climática se divide en 2 zonas: las montañas bajas y las montañas altas, ambas de la región Central y región Brunca. Las 2 partes comparten datos climáticos estacionales; sin embargo a mayor altitud la vegetación pierde altura y densidad.

La mayor parte de ésta zona climática pertenece a regiones de protección ambiental, por lo que no se encuentran grandes poblaciones. Salsipuedes es el asentamiento principal.

### 7.2.1 Perfil Climático

#### Temperatura

El clima del bp-M se caracteriza por ser una zona fría y húmeda durante casi todo el año. La biotemperatura y temperatura media anual tiene un rango oscilante entre 6 y 15°C y se mantiene constante durante todo el año.

Según la estación meteorológica Villa Mills, la temperatura máxima se logra en Marzo, con 16,5°C. Este es un mes con una gran oscilación térmica, ya que su temperatura mínima de tan solo 3°C, obteniendo una oscilación de 13,5°C. El mes más frío es Febrero con un máximo de 16,3°C y una mínima de 2,8°C (ver Fig. 7.2.1).

#### Precipitación

Este bosque se caracteriza por mantenerse siempre verde; debido a las precipitaciones constantes durante todo el año.

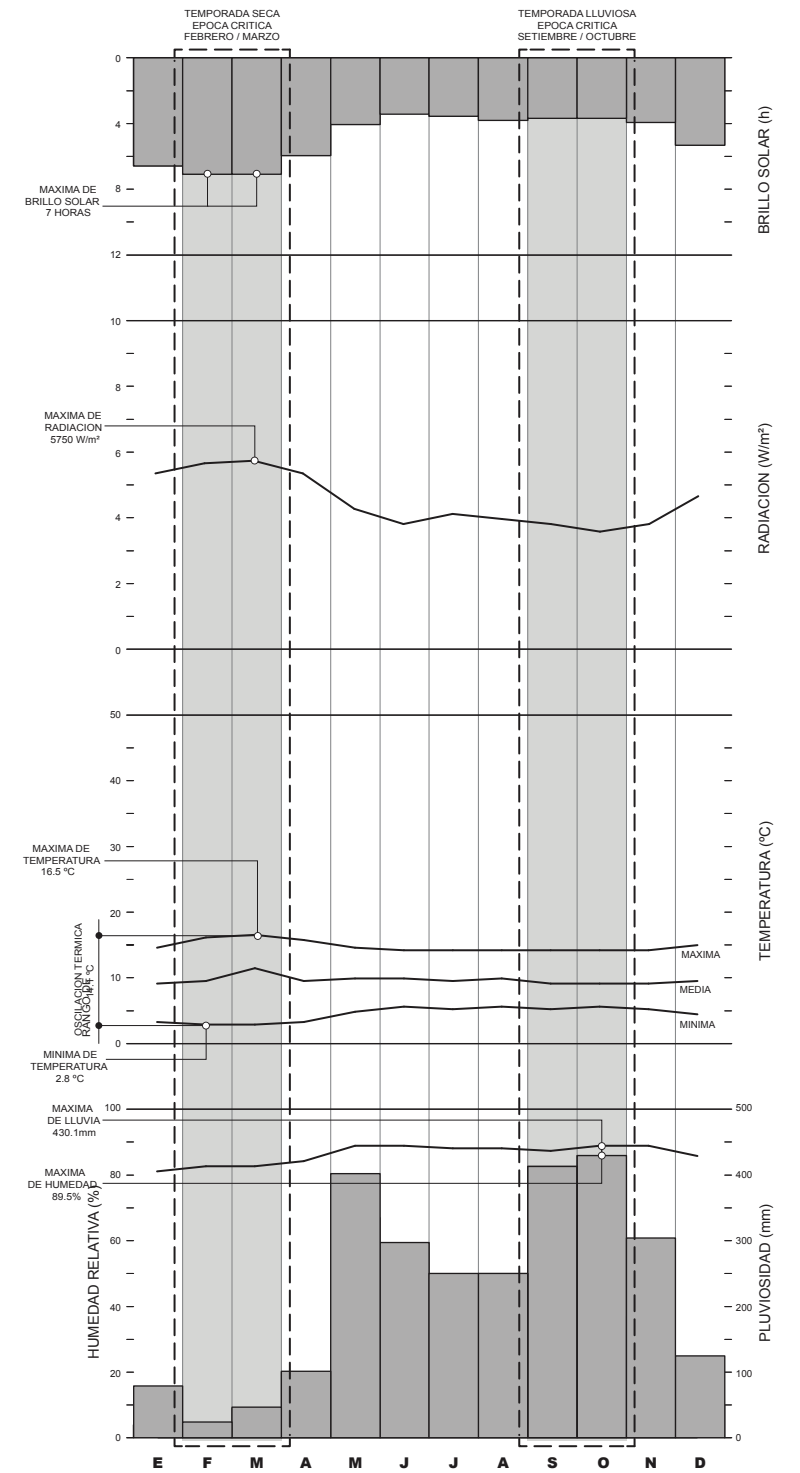


Fig. 7.2.1. Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación Villa Mills. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (elaborado por autores).

Temperatura en C

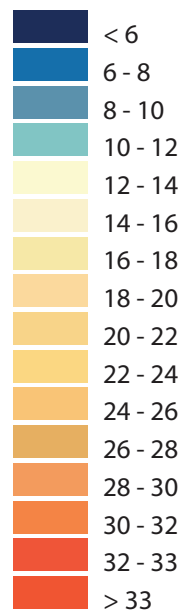


Fig. 7.2.2. Mapa de Temperaturas. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

Precipitación en mm.



Fig. 7.2.3. Mapa de Precipitación. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

Brillo Solar

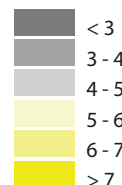
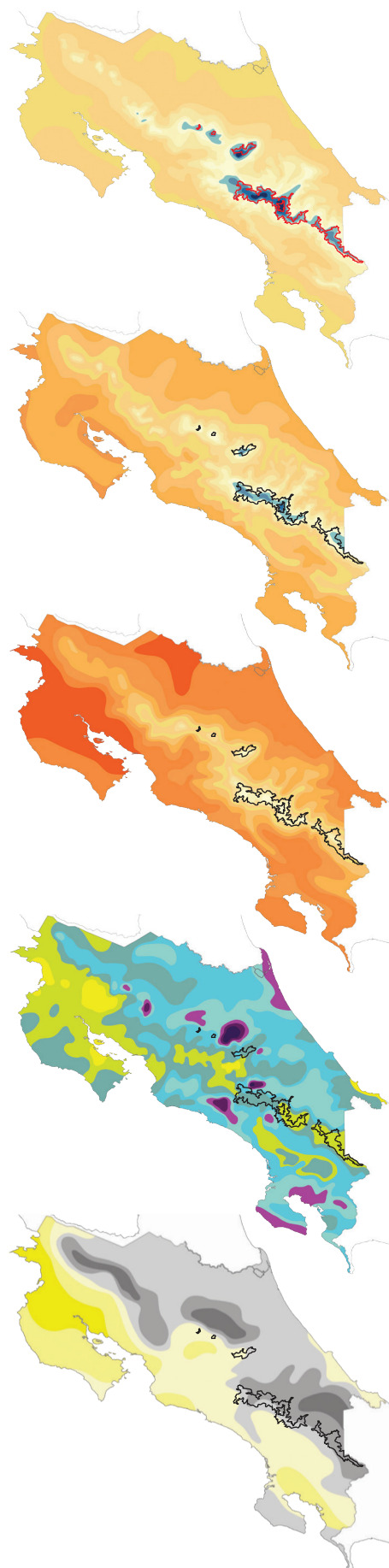


Fig. 7.2.4. Mapa de Brillo Solar. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (modificado por autores).

- Bp-P – Estación 6 – Villa Mills
- Qc – Quercus costaricensis
- Oi – Didymopanax pittieri
- W – Weinmannia pinnata
- Vac – Vaccinium consanguineum
- Sol – Solanum sp.
- M – Miconia biperulifera
- Tf – Cyathea maxoni
- Sol – Solanum sp.
- Ix – Ilex sp.



El rango de precipitación anual puede variar entre los 2200 y 4500mm aproximadamente, manteniendo una época lluviosa dominante de mayo a diciembre. El mapa demuestra cómo en las zonas de mayor altitud, como en el volcán Poás, volcán Barva y el macizo Tapantí, las precipitaciones anuales van de los 3000 a los 2000 mm anuales. No existe un período efectivamente seco, sino un período menos húmedo que a penas llega a durar 3 meses. La estación de Villa Mills tiene una pequeña estación seca en febrero y marzo, en donde el mínimo de precipitación sucede en febrero con 26.9mm. La precipitación máxima sucede en octubre con 430mm (ver Fig. 7.2.3). (Quesada, 2007)

Humedad

La humedad posee un valor alto, que va de un 81 a 90% manteniéndose constante a lo largo del año.

Brillo Solar

El mapa demuestra como a menor altitud más horas de brillo solar (de 5 a 6 horas) y a mayor altitud las horas de brillo solar disminuyen de 3 a 5 horas (ver Fig. 7.2.4).

7.2.2 Perfil Vegetal

El bosque pluvial Montano se caracteriza por ser de baja a mediana altura (5 a 30m), siempre verde, con dos estratos de árboles. Es un bosque denso donde las epifitas son comunes, como por ejemplo las orquídeas, helechos y el musgo. La mayoría de sus hojas son coriáceas; es decir, de hojas gruesas, endurecidas y brillantes para resistir a la alta radiación. Entre las especies principales se encuentran chusquea sp, Artostaphylos sp, Pernetia sp, Vaccinium consanguineum, Senecio sp.

Sobre los 3500 mm se presenta el límite superior de crecimiento de árboles (ver Fig. 7.2.5). Sobre esta altura la vegetación se torna a una forma enana o bien el componente arbóreo desaparece (Fournier, 1980).

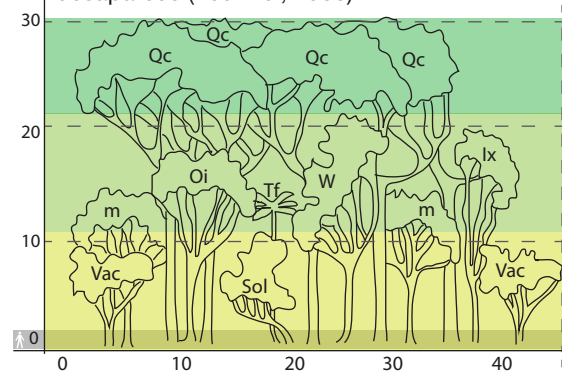
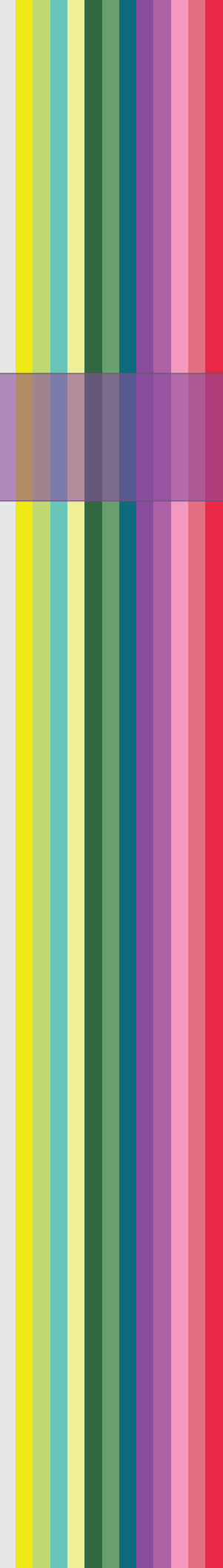


Fig. 7.2.5. Perfil Vegetal Sitio 6 - Villa Mills. Fuente: Holdridge, L.R (modificado por el autor).



# RANGOS DE CONFORT

GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE





Estrategias pasivas:

1. Calentamiento solar pasivo
2. Efecto de masa térmica
3. Masa térmica + ventilación nocturna
4. Ventilación Natural
5. Enfriamiento evaporativo directo
6. Enfriamiento evaporativo indirecto

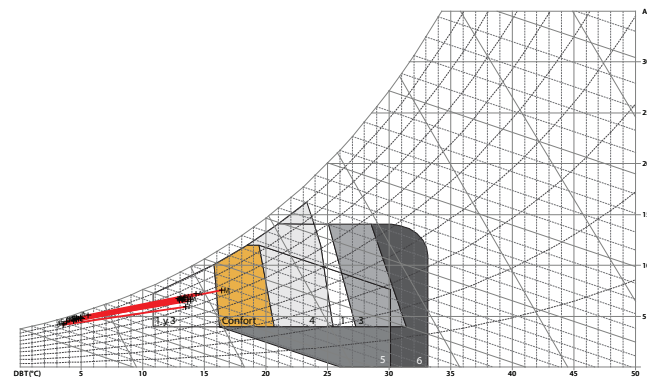
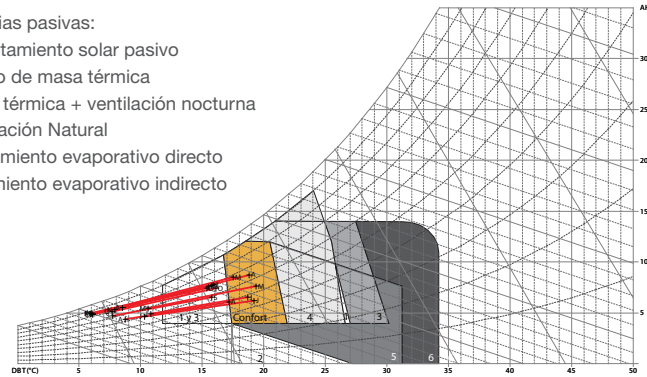


Fig. 7.3.1. Gráfico Ábaco Psicrométrico basado en los datos mensuales promedio de la estación de Villa Mills (arriba) Florex(abajo). Cada línea representa un mes del año y sus datos mínimos y máximos promedios (elaborado por autores).

Estrategias pasivas:

1. Calentamiento solar pasivo
2. Efecto de masa térmica
3. Masa térmica + ventilación nocturna
4. Ventilación Natural
5. Enfriamiento evaporativo directo
6. Enfriamiento evaporativo indirecto

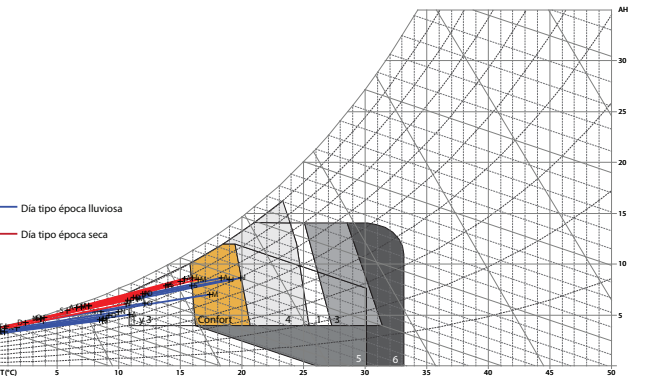
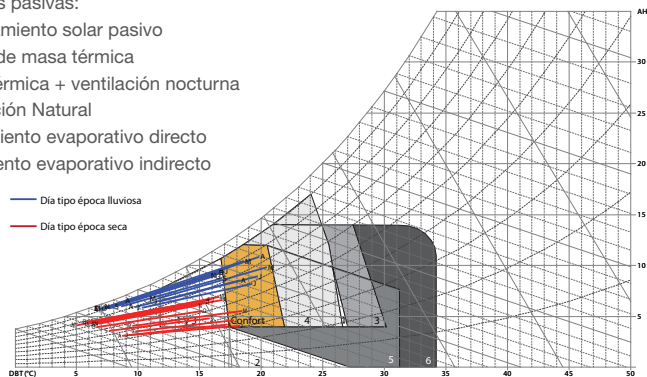


Fig. 7.3.2. Gráfico Ábaco Psicrométrico basado en los datos horarios promedio por 10 años de 10 días de la época seca y lluviosa de la estación de Villa Mills (arriba) y Florex (abajo). Cada línea representa dos horas consecutivas del día tipo y sus datos mínimos y máximos promedios a través de los 10 años (elaborado por autores).

### 7.3 Rangos de Confort: Bosque Pluvial Montano

Los rangos de confort para esta zona de vida se basan en los datos obtenidos de la estación de Villa Mills, la cual se ubica a 3000 msnm, Lat. 09° 33' N y Long. 83° 44' O. La zona de confort establecida para esta zona, se delimita por: un límite superior que se encuentra entre los 15,9 °C y los 19,5 °C de temperatura y una humedad entre 90% a 95%, y un límite inferior que va de los 16,1°C y los 20,6°C de temperatura seca y una humedad entre 27% a 32% (ver Fig. 7.3.1).

#### 7.3.1 Estrategias de confort

El gráfico de comportamiento promedio mensual muestra que los rangos de temperatura son inferiores a los establecidos por la zona de confort, esto puede ser solucionados ampliando la zona de confort mediante las estrategias pasivas.

En este caso en particular, las únicas estrategias parcialmente efectivas en esta zona de vida son la masa térmica y el calentamiento pasivo, las cuales actúan en las temperaturas altas y puede solucionar la pérdida de calor, siempre y cuando se complemente con la estrategias de conservación de calor.

El principio básico de estas estrategias como un sistema trabaja, captando la radiación solar en el edificio y manteniendo el calor generado en el interior de éste. Este calor se almacena en los materiales dispuesto en los cerramientos internos, para luego aportarlo directamente al ambiente, para lograr esto se debe de tomar en cuenta la capacidad de conservación de calor del material y la velocidad con que lo cede o absorbe del entorno.

Cabe mencionar que aunque las estrategias pasivas no cubran todo los rangos, se puede aumentar su efectividad si el usuario se abriga bien y si se trabaja el contexto de la edificación protegiendo al edificio de los vientos sin obstruir la captación de radiación.

#### 7.3.2 Estrategias de Confort según Días Tipo

En el gráfico de los días tipo vemos (ver Fig. 7.3.2) un comportamiento muy similar entre la época lluviosa y la seca, sobretodo a nivel de humedad; por otro lado los rangos de temperatura son más amplios durante la época cálida, lo que implica mayor fluctuación a lo largo del día, aún así las estrategias son las mismas tanto para la época seca como la lluviosa.

#### 7.3.3 Parámetros de Confort por Actividad

Dentro de los parámetros observados para esta zona de vida, tenemos que el mes de enero es el más frío del año, durante esta época el sol se encuentra en inclinación sur, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación.

A nivel general las mañanas son frías, tanto el este como el oeste son puntos poco confortables, ya que las horas de incidencia solar no son suficientes para generar un ambiente cálido bajo las condiciones altitudinales y de alto porcentaje de humedad del sitio (ver Fig. 7.3.3).

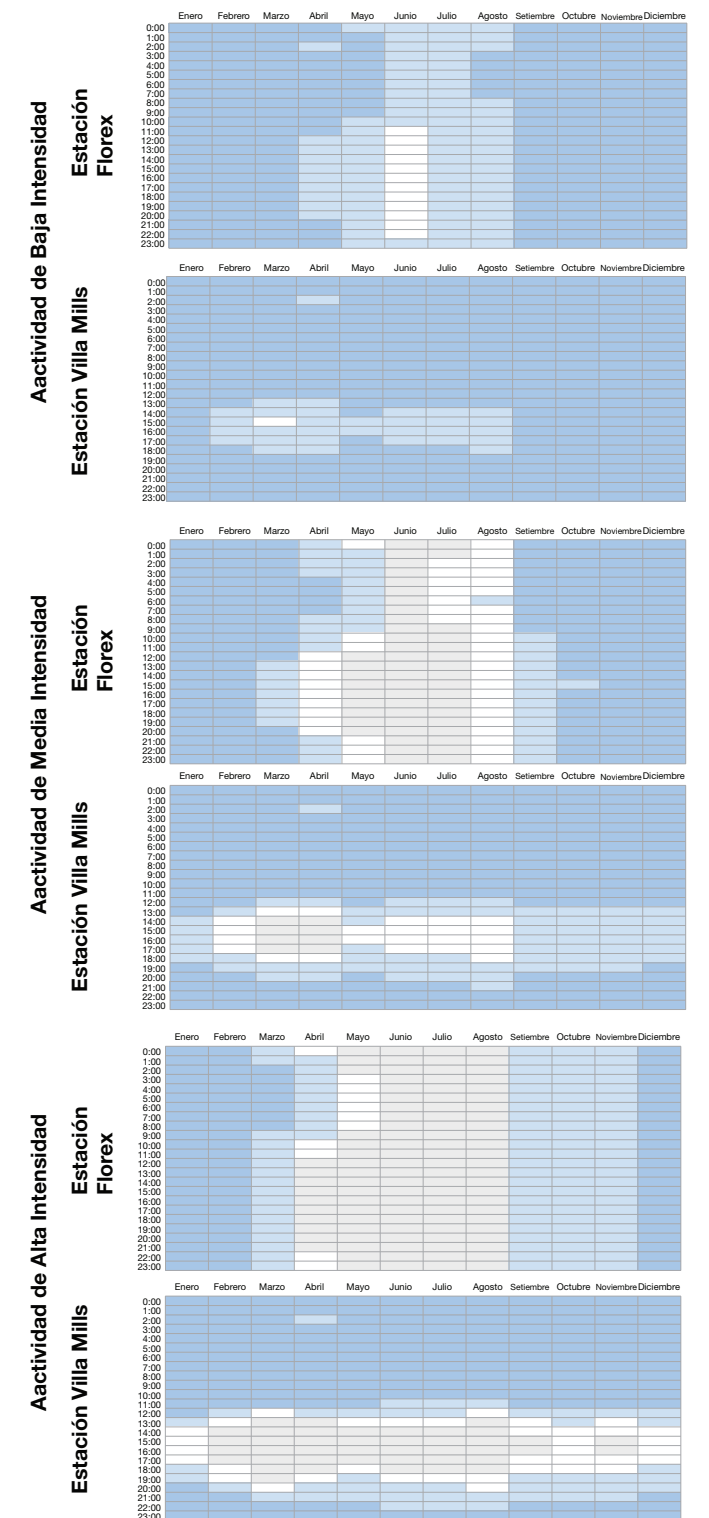
En este caso las actividades bajas y de media intensidad, independientemente de si intensidad requerirán estrategias de calentamiento pasivo, conservando y captando el mayor calor posible a lo largo del día y la noche. Para la actividad de alta intensidad se sentirá una corta sensación de confort de las 14:00 a las 17:00 horas.

Junio es el mes más cálido e indica el rango máximo de calor de esa zona para los usuarios, durante esta época del año el sol se encuentra en inclinación norte, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación. A nivel general la zona es confortable solamente en la tarde.

En la actividad baja, el usuario experimenta una leve sensación de frío constante lo cual indica que es necesario estrategias constantes de calentamiento pasivo. Para la actividad media, se experimenta un corto tiempo de confortabilidad de las 14:00 a las 17:00 horas. Y en cuanto a la alta intensidad la sensación de confort se extiende de las 13:00 a las 19:00 horas.

A pesar de los leves lapsos de confortabilidad que se tiene durante las tardes, la captación de calor debe de ser constante, ya que lo que se busca es almacenar la mayor cantidad de calor posible dentro del edificio para prolongar su efecto aún cuando el sol se haya ocultado. Los espacios deben de configurarse de manera que una vez captado el calor no pueda perderse, por filtraciones, disipación por ventilación, o pérdida por conducción, es por esto que estrategias de aislamiento resistivo también debe de ser aplicadas en esta zona.

Fig. 7.3.3. A la derecha Gráficos de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad. Dos gráficos superiores: Actividad baja referida al descanso. Dos gráficos medios: Actividad media referida a actividades de estudio, ver televisión, usar la computadora, etc. Dos gráficos inferiores: Actividad alta referida actividades del quehacer doméstico como limpiar o lavar (elaborado por autores).



- Calor excesivo. Necesidad ventilación mecánica
- Necesidad de disipación de calor más control solar
- Necesidad de disipación de calor
- 10% de usuarios confortables
- 20% de usuarios confortables
- Necesidad de calentamiento pasivo
- Frío excesivo. Necesidad de cargas internas





# | PAUTAS GENERALES |

GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

## 7.4 Orientación

La correcta orientación es un paso fundamental hacia el aprovechamiento o protección de los diferentes elementos climáticos. Para efectos de este análisis, se tomó la trayectoria solar y la dirección de los vientos dominantes como punto de partida para establecer un rango de orientación óptima.

### 7.4.1 Orientación según Trayectoria Solar

El piso montano, a nivel climático posee temperaturas bajas, precipitaciones constantes y alta humedad relativa. Dadas las condiciones frías y húmedas del sitio; se dificultan los asentamientos humanos. La ganancia solar adicional es favorable, y como consecuencia es preciso colocar la vivienda en la orientación más conveniente para aprovechar la máxima absorción de radiación. Es necesario tener datos de radiación, tanto para superficies horizontales como para superficies verticales (ver Fig. 7.4.1). La cantidad de radiación solar en la falda de una montaña recibe el impacto de la inclinación y la dirección de sus laderas. Dicha radiación varía, por supuesto, dependiendo de la estación del año y del nivel de nubosidad.

A través de los diversos métodos usados en el análisis del clima, se establece que la orientación óptima para este piso altitudinal debe estar sobre el eje este-oeste. Las fachadas más largas deben estar en el norte y en el sur, ya que son captadoras de radiación solar en verano e invierno (ver Fig. 7.4.2). Dichas fachadas receptoras de radiación directa; es decir la fachada norte en invierno y sur en verano, deben permitir la máxima captación solar al interior de la vivienda. Se recomienda que estas estén libre de edificios, árboles altos y cualquier obstáculo que impida la ganancia de calor en el espacio interno. Adicionalmente, durante la noche se debe evitar la pérdida de calor por conducción y evaporación ganado durante el día.

En muchos casos por condiciones de topografía, lotificación, entre otros, la vivienda debe orientarse en una posición diferente a la óptima. En estos casos se debe procurar respetar la distribución espacial descrita más adelante.

### 7.4.2 Orientación según Vientos

Los vientos del piso montano se caracterizan por ser de influencia altitudinal; donde las partes más altas está sujeta a fuertes vientos y lloviznas constantes. Datos climáticos proporcionados por el Instituto Meteorológico Nacional, arrojan que los vientos predominantes son del este, sin embargo estos no son precisados con exactitud (ver Fig. 7.4.3). Según la orientación recomendada esta es una de las fachadas cortas, por lo tanto se debe proteger al máximo para evitar las infiltraciones de viento en el interior de la vivienda. Las barreras contra el viento se puede dar por medio de pantallas artificiales o naturales. Es importante destacar que la vegetación sólo debe obstruir y desviar el paso de los viento sin afectar la captación solar.

Los vientos orográficos o de montaña, también se dan en este piso altitudinal. Durante las noches las cumbres se enfrían más que los valles, entonces el aire frío desciende por las laderas hacia el valle, generando la brisa de montaña a valle (ver Fig. 7.4.4). En el día, las cumbres están más calientes que los valles, entonces el aire asciende por las laderas (Brenes, 2008).

Las pendientes a sotavento son las más favorables para la protección contra vientos fuertes. Emplazarse en la media ladera o en la media baja ladera, es beneficioso para prevenir un efecto excesivo de los vientos y evitar el embalsamiento de aire frío (ver Fig. 7.4.5). Además, cuando la topografía cuenta con pendientes o pequeños valles, se puede proteger la vivienda de modo que la fachada este enterrada o protegida por la montaña.

Algunas veces la orientación de la edificación según la trayectoria solar está en contradicción con la de los vientos dominantes, pero la disposición de los elementos constructivos exteriores y de la volumetría pueden cambiar la dirección del aire en movimiento. Por lo tanto, es importante la observación de campo para orientar adecuadamente la vivienda. Se debe recordar que la geometría solar no puede modificarse, pero que una acertada disposición de elementos constructivos de tipo exterior, por ejemplo aleros o alas del edificio, pueden cambiar la dirección del aire en movimiento.

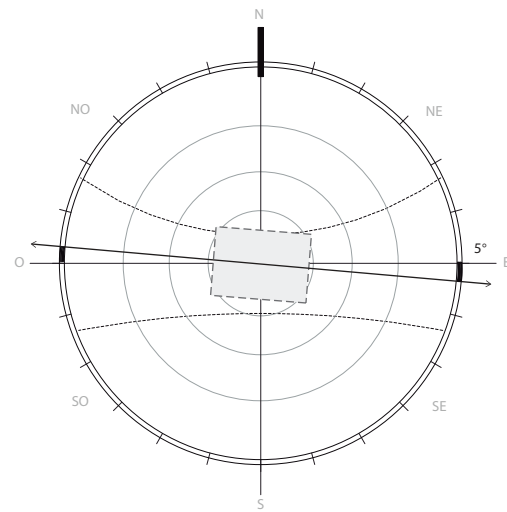


Fig. 7.4.1. Rango de orientación recomendado para el Piso Montano (elaborado por autores).

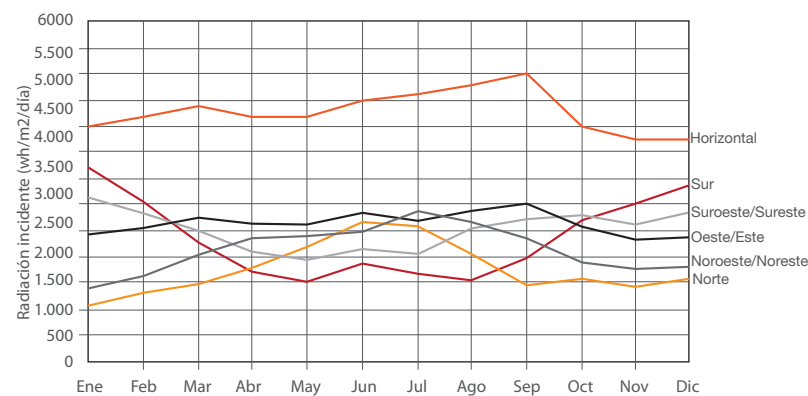
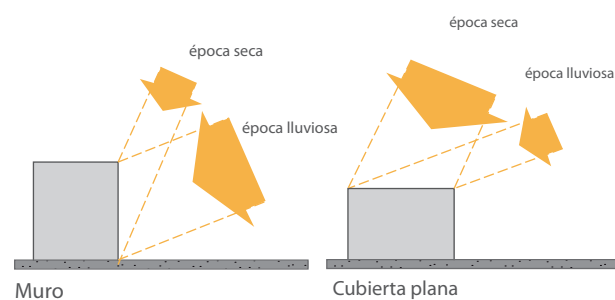


Fig. 7.4.2. Radiación solar mensual sobre diferentes planos de la envolvente en latitud 10 (modificado por autores).



Fig. 7.4.3. Dirección de vientos dominantes en el Piso Montano (elaborado por autores).

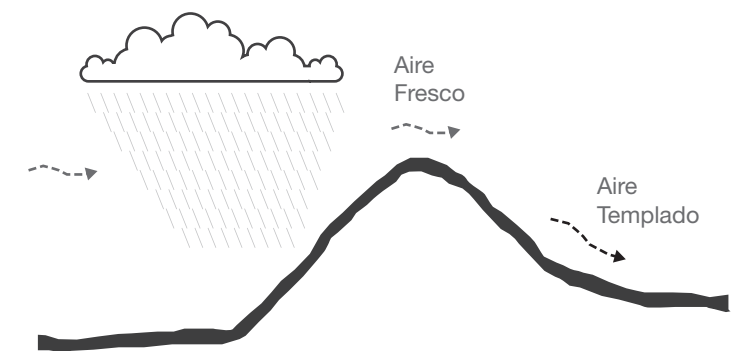


Fig. 7.4.4. Efecto de los vientos debido a la orografía del terreno (elaborado por autores).

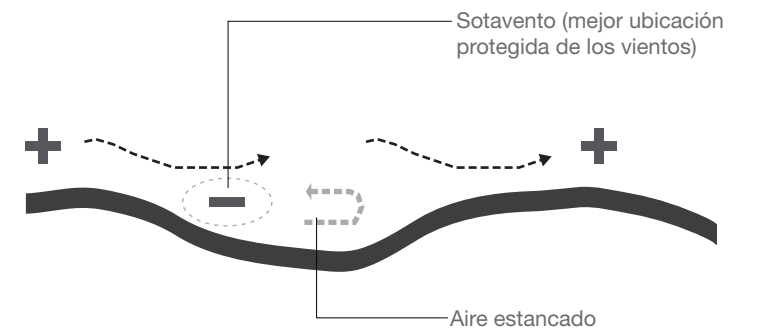


Fig. 7.4.5. Los vientos predominantes pasan sobre las depresiones, dejando una región protegida deseable para la construcción. En la pendiente, los espacios situados en la sombra del viento a menudo podrán disfrutar la exposición hacia el sur (elaborado por autores).

## 7.5 Configuración Espacial

### 7.5.1 Inferior

El espacio inferior se configura según las necesidades y exigencias del entorno y su clima, para el caso del la zona de vida en este piso altitudinal el espacio interior cumple una función de conservador del calor, según este principio se estableces 2 posibles configuraciones (ver Fig. 7.5.1). La primera configuración es cuando el espacio inferior es nulo, (ver Fig. 7.5.1 a) el cerramiento horizontal inferior se posa directamente sobre el suelo. Se busca un balance térmico por conducción, que establece que cuando dos superficies entran en contacto, la energía calorífica busca el equilibrio entre ambas. El elemento con temperatura más constante (el terreno) tiende a dar mayor estabilidad térmica al elemento constructivo; además limita el movimiento del aire por debajo del

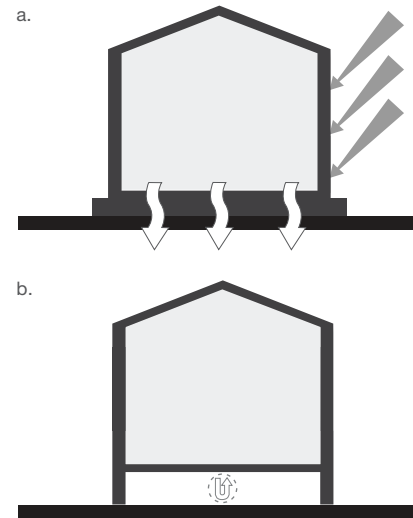


Fig. 7.5.1. Configuración del espacio inferior. a. Espacio inferior nulo, posado directamente sobre el suelo. b. Espacio inferior libre, levemente elevado (elaborado por autores).

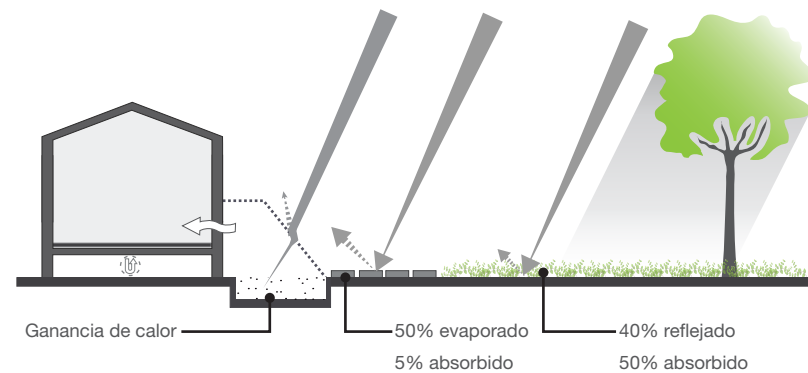


Fig. 7.5.2. Propiedades de la superficie del suelo y sus implicaciones en el espacio inferior del edificio. Para estas zonas de vida necesario mantener la vegetación alta a una distancia prudencial del espacio habitable para permitir la captación solar y evitar que la humedad del ambiente no incida negativamente en los materiales. Materiales pétreos pueden ser útiles para estrategias de ganancia de calor (elaborado por autores).

espacio habitable, facilitando la conservación del calor interno del edificio. En este caso es de vital importancia impermeabilizar el cerramiento horizontal inferior ya que tendrá contacto directo con el terreno.

Como segunda configuración es cuando el espacio habitable se eleva del nivel del suelo (ver Fig. 7.5.1 b), lo suficiente para generar un el espacio inferior libre que aleje la estructura de la humedad del terreno. Para que esta configuración sea efectiva en este clima, se debe impedir las pérdidas de calor, por este motivo es el cerramiento horizontal inferior debe tener una alta capacidad de aislamiento resistivo. La separación de la estructura con respecto al terreno debe de ser máximo 60 centímetros, esto para impedir una incidencia mayor del aire sobre el espacio construido.

Para ambas configuraciones aquí establecidas, es importante tener en cuenta que las características naturales del terreno que se encuentra debajo de las edificaciones y/o a su alrededor. Las superficies vegetales pueden moderar las temperaturas extremas y estabilizar las condiciones del ambiente inmediato, mientras que las superficies asfálticas o de piedra pueden calentar más el ambiente inmediato siempre y cuando se expongan directamente a la radiación. En el caso de la vegetación de mayor escala, en los climas fríos, se debe de establecer una distancia prudencial con el fin de permitir una mayor captación solar (ver Fig. 7.5.2).

### 7.5.2 Habitable

La configuración del espacio habitable en una vivienda determina la relación de éste con el exterior: posibilidades de aportación solar, exposición a vientos y superficie de intercambio térmico con el exterior.

La relación existente entre la altura de una espacio y la temperatura interna es significativa. Entre más alto, el aire caliente sube más fácilmente y por ende la temperatura del aire confortable en la franja del usuario es menor. Para zonas frías deben trabajarse espacios de menor altura, con la finalidad de mantener el aire interior a una temperatura más constante y cálida. El gráfico adjunto demuestra como a una altura de 2,5 metros se da una variación mínima entre la temperatura interna y la externa. Por tanto para este piso altitudinal, se recomienda una altura mínima de piso a cielo de 2,4 metros y como máxima de 2,5 metros (ver Fig. 7.5.3).

En climas fríos, como lo es el piso Montano, resulta adecuada una mayor compacticidad de la edificación para limitar el intercambio térmico con el exterior. El espaciamento múltiples la mejor manera de preservar el calor, ya que a menor volumen mayor facilidad de calentar el espacio interno (ver Fig. 7.5.4). En viviendas de mayor ocupación, la forma compacta puede resolverse más fácilmente con una estructura de dos niveles.

Los métodos de análisis para este piso altitudinal establecen aberturas de un 25% a 40%, esto con el fin de captar radiación solar. Como medida de renovación del aire, se plantea ventanería móvil no más del 10% del piso, mínimo establecido en el Reglamento de Construcción, para evitar las pérdidas de calor por disipación. Cada espacio compacto para hacer efectiva la renovación del aire interior, debe tener de profundidad la altura del espacio por 1,5; es decir espacios de 3,6 metros de largo. Se debe de considerar también la protección contra lluvias, sin que ésta se interponga a la captación solar y buscando ubicar las aberturas a sotavento de los vientos predominantes (ver Fig. 7.5.5).

En cuanto a las divisiones interiores, se recomienda crear paredes internas que permitan zonas independientes de calefacción, para el correcto acondicionamiento de los espacios habitables. Si bien un interior abierto es útil para a ventilación en climas cálidos, en climas fríos debe asegurarse la posibilidad de que todas las aberturas y divisiones puedan cerrarse para controlar la estratificación del aire y mantener zonas de calor separadas. Los cerramientos horizontales en viviendas de varios niveles, deben ser diseñados de forma hermética para que el calor acumulado en un espacio no suba o baje a través del mismo. Se recomienda la utilización de materiales captadores de calor en envolventes horizontal inferior e intermedia, con el fin de reforzar la distribución adecuada de la temperatura.

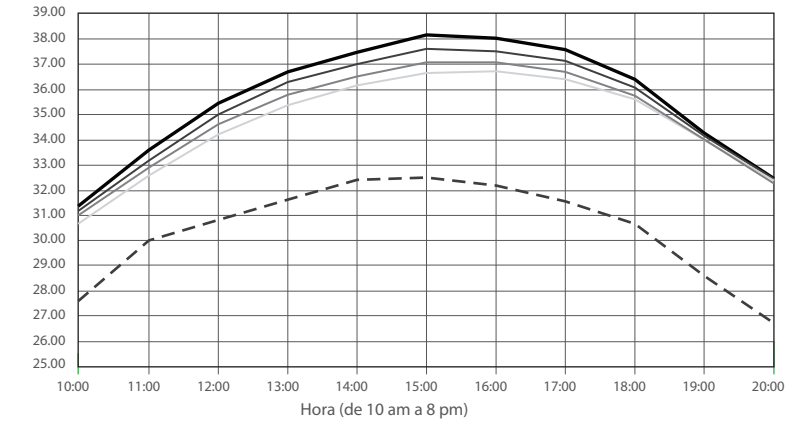


Fig. 7.5.3. Variación de la temperatura en función de la altura (modificado por autores). SIMBOLOGIA  
Temp. Ext. h=2.5m h=2.8m h=3.1m h=3.4m

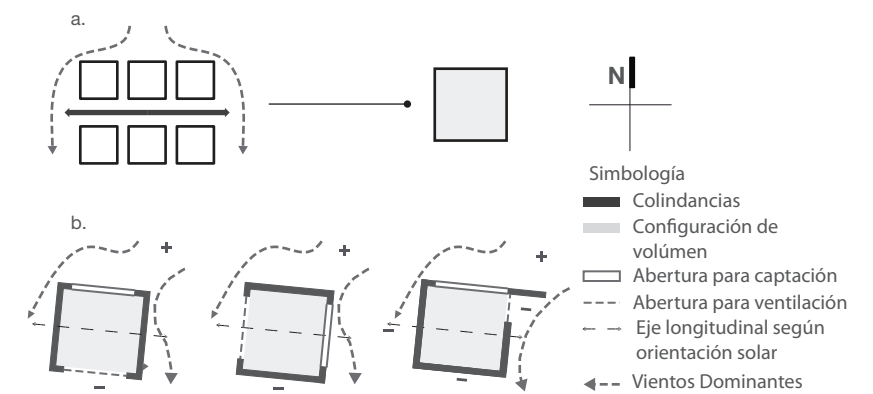


Fig. 7.5.4. Configuración óptima en planta para el Zonas de Vida de piso Montano (elaborado por autores):

a. Espaciamento y forma.  
b. Posibilidades configuración según posibles colindancias.

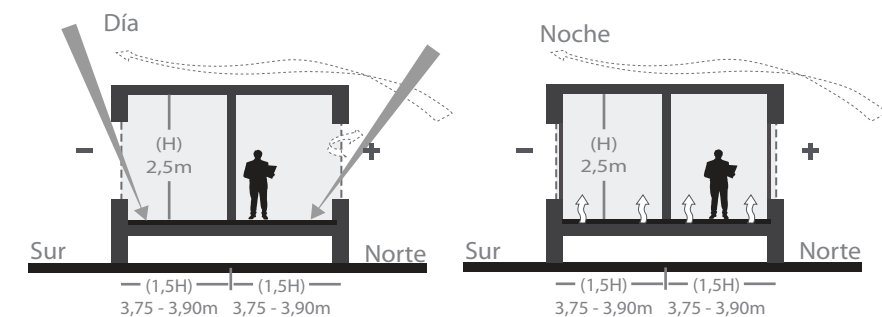


Fig. 7.5.5. Corte diagramático del espaciamento compacto para las zonas del Piso Montano.

La ventilación de los espacios debe de ser controlada. Las entradas del aire única, preferiblemente a sotavento. Las ventanas se deben de configurar como elementos que permitan la captación de radiación durante el día y que eviten pérdidas de calor durante la noche (elaborado por autores).



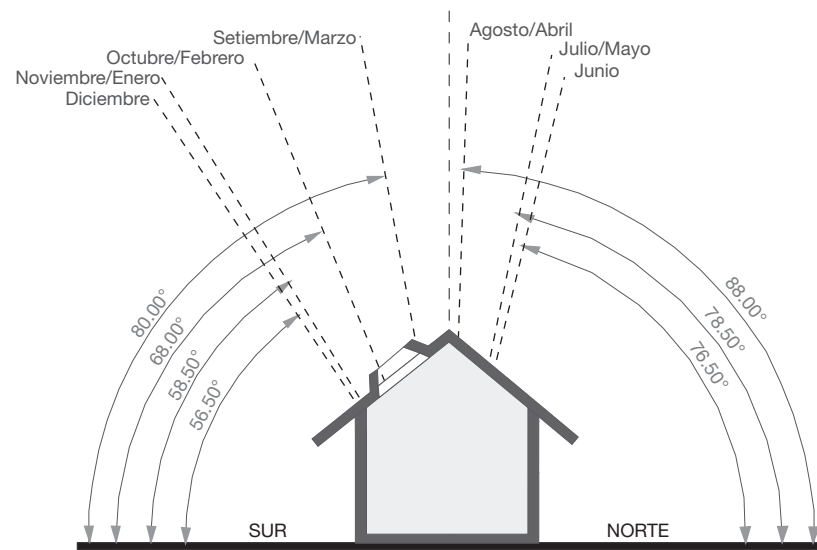


Fig 7.5.6 Gráfico configuración de cerramiento superior. Corte transversal con trayectoria solar de todo un año. Ángulos de altitud solar del 1° de cada mes a las 12:00 mediodía (elaborado por autores).

Fig. 7.5.7 Ejemplos de configuración del espacio superior efectivos para el bosque Montano (elaborado por autores).

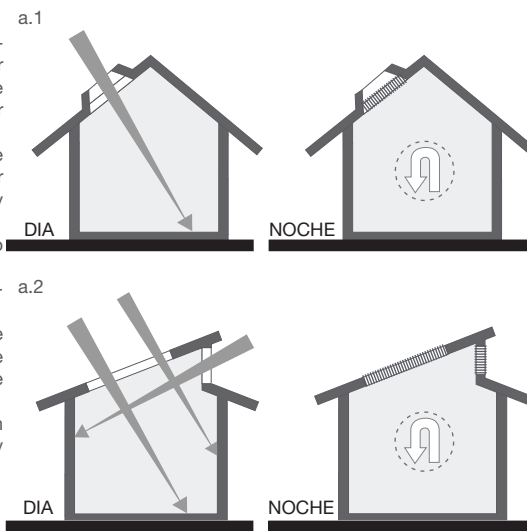
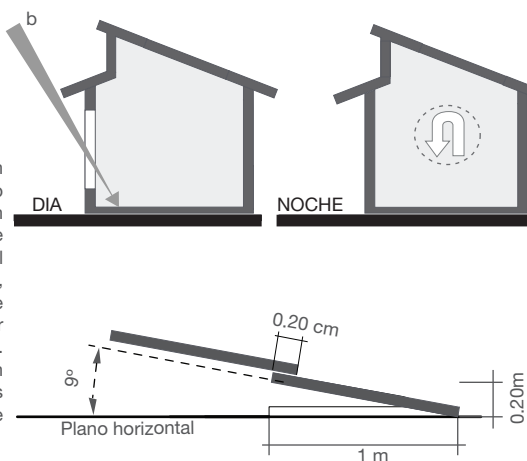


Figura a. Configuraciones que propician la captación de calor por estrategia de tramitancia y aislamiento resistivo ejemplos: a.1. Cubierta con lucernarios o tragaluces.

a.2. Cubierta elementos translúcidos. Figura b. Configuraciones que propician la conservación de calor interno por estrategia de aislamiento resistivo: b.1. Cámara de aire. (también ver cubierta hermética y cubiertas verdes)

Fig. 7.5.8 Gráfico de absorción de calor del cerramiento superior, según su inclinación con respecto al sol. Cada 10° de inclinación del plano del cerramiento horizontal superior, representa de 10% a 15% de menor ganancia de calor por radiación aproximadamente. Traslape aproximado según pendiente para zonas lluviosas (el traslape es inversamente proporcional a la pendiente) (elaborado por autores).



### 7.5.3 Superior

La envolvente superior recibe la mayor cantidad de radiación con respecto a las otras envolventes debido a su posición, en el caso del piso Montano las bajas temperaturas, alta precipitación y humedad exigen configurarla como un elemento que responda efectivamente a los requerimientos de éstas zonas. Como primera medida, se recomienda una envolvente con disposición este-oeste de su eje longitudinal, siguiendo la misma lógica del edificio comentada en capítulo de orientación, de manera que se disponga la mayor área principalmente hacia el sur, para que reciba mayor radiación a lo largo del año (ver Fig. 7.5.6).

Si se establecen aberturas a nivel de cerramiento superior, se recomienda que si el cerramiento superior con mayor área sea dirigida hacia el sur, de esta forma recibe mayor radiación a lo largo del año. Por otro lado si el cerramiento superior no desempeña el papel de captador, sino que principalmente es aislante, la inclinación principal debe de ir hacia el norte, de forma que la cubierta no constituya barrera para la captación solar de otros elementos establecidos al sur que cumplen la función de captadores (ver Fig. 7.5.7).

El factor altitudinal es el que determina las bajas temperaturas y la gran cantidad de radiación, por otro lado su factor latitudinal provoca las fuertes lluvias que inciden sobre esta zona de vida. Sabiendo dichas determinantes se deben de considerar cubiertas de configuración simple que no se auto sombreen. Tomando que por cada 10° de inclinación del plano de la techumbre representan entre un 10 a 15% de menor ganancia de calor (Salomón,1982 citado por Gozáles, 2009); se recomienda el uso de cubiertas planas inclinadas, de configuraciones simples e inclinación poco pronunciada de 15%, para lograr una mayor incidencia de los rayos perpendiculares del sol, generar una adecuada escorrentía de la lluvia (ver Fig.7.5.8).

Paralelo a la pendiente del cerramiento el traslape del material tiene una relación inversamente proporcional, si se desea la utilización de pendientes menores a las recomendadas se necesita mayor traslape de materiales para que este funcione correctamente durante la época lluviosa.

En el caso de los cerramientos superiores curvos la ganancia de calor por conducción es menor debido a que la radiación solar es perpendicular a la bóveda en un solo punto, sin embargo si se mantiene la orientación norte-sur establecida anteriormente puede ser utilizada como elemento captador de radiación, se recomienda que la curva sea lo menos pronunciada posible.

Tanto para cerramientos superiores curvos y los planos inclinados, es de vital importancia mejorar su funcionamiento aplicando estrategias de aislamiento resistivo que permitan estancar el aire en el interior del espacio, para evitar la pérdida de calor hacia el exterior. En el caso de superficies translucidas incorporar sistemas de aislamiento temporales utilizables durante la noche, así como evitar infiltraciones y pérdidas por marcos o hendiduras. Otra estrategia de vital importancia es fomentar la captación calórica, como por ejemplo el uso de materiales oscuros o translucidos; éstas se discuten con mayor detalle en el capítulo de Estrategias Específicas de la envolvente superior.

Cabe mencionar que para permitir la captación solar en los elementos verticales se deben de limitar al mínimo aleros, parasoles y pantallas. En el caso de espacios anexos como terrazas o pórticos se recomienda limitar la cubierta a materiales opacos, preferiblemente móviles. Se debe de considerar la protección contra lluvias, sin que ésta se interponga a la captación solar.

En síntesis (ver Fig. 7.5.9) se debe buscar un edificio y espacios compactos; en estos casos es común establecer una disposición de varios espacios juntos para generar un volumen de aire interno fragmentado, disminuyendo su dimensión para controlar mejor la temperatura y evitar las pérdidas de calor por aposento. La ventilación debe de ser controlada por esto se establecen las aberturas medianas y ubicadas a sotavento, de manera que el viento no incida directamente sobre los espacios habitables, los dispositivos de redirección de viento, pueden utilizarse para dicho fin, procurando no interferir con la captación solar.

Los cerramientos deben de configurarse según su función, en el caso de elementos acumuladores deben de exponer a radiación directa y localizarse en el interior del espacio para que liberen dicho calor. Los elementos de baja

baja inercia que acumulan fácilmente el calor, deben de disponerse como cerramientos externos y estar aislados térmicamente por su cara interior para conservar el calor que ganan. Este tema se desarrollará con mayor detalle en el capítulo de estrategias específicas referente a esta zona de vida.

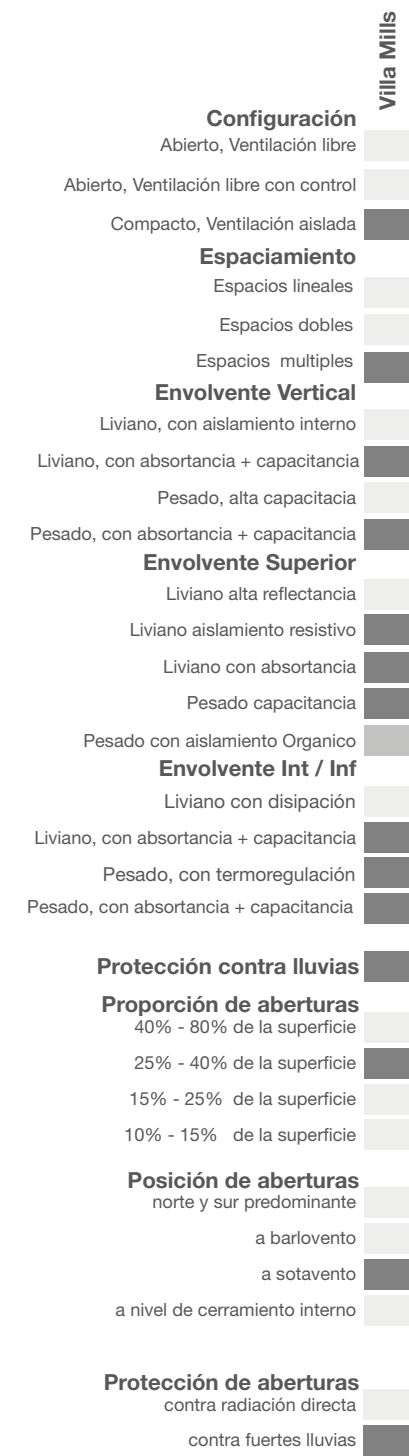


Fig. 7.5.9 Gráfico de configuración espacial y elementos de cerramiento general de la vivienda para las zonas de vida del piso Montano (elaborado por autores).

## 7.6 Configuración Espacial

La configuración espacial se establece a partir de la definición de las necesidades por tipo de actividad según los parámetros de confort arrojados por los Climogramas de Bienestar Adaptados y la temporalidad de uso aquí establecida (ver Fig. 7.6.1 y Tabla 7.6.1)

Para las actividades de reposo, se toma el rango de 20:00 a las 8:00 horas para definir su posicionamiento espacial, ya que las demandas de confort por tipo actividad no son altas y su uso se intensifica en las horas de la noche y madrugada, donde las temperaturas caen hasta los límites más bajos de la zona, los espacios destinados a esta actividad deben de procurar el sur y el oeste, posiciones más cálidas. Por su inclinación solar, el sur, recibe más radiación con respecto al norte a lo largo del año, y por otro lado, el oeste satisface la ganancia de calor durante las horas de la tarde, para poder conservarlo para las horas de la noche.

En el caso de los espacios de estancia de carácter social relacionados a la actividad media, se toma el rango de las 8:00 a las 22:00 horas para definir su posicionamiento. Estos deben procurar el sur y oeste, la primera ubicación es donde la inclinación solar se prolonga más a lo largo del año con respecto al norte, haciéndola la más cálida, la segunda da mayor radiación durante las horas de la tarde cuando coincide con la mayoría de horas de uso de éstos espacios.

Los espacios de servicio relacionados a la actividad de intensidad alta, exceptuando la cocina, tiene un uso intermitente a lo largo del día, es por este motivo que se ubican en los puntos orientados al noreste, ya que los espacios cumplen una función de protectores contra el viento, debido a que la ventilación en estas zonas debe de ser mínima para evitar la disipación de calor interno. En el caso de la cocina se hace una excepción, ya que no solo es un lugar de servicio con amplia temporalidad de uso, sino que también por cargas internas de calor de los electrodomésticos puede aportar confortabilidad transfiriendo ese calor a los demás espacios cercanos, como por ejemplo el comedor, es por este motivo que debe ir dispuesto estratégicamente, de manera que quede en una posición central y que se interponga entre los vientos predominantes y los espacios de estancia.

Los espacios de circulación, deben de reducirse al mínimo con el fin de no tener pasillos enclausurados internos que impidan un espaciamiento más compacto; se recomienda el uso los espacios amortiguadores como por ejemplo invernaderos adosados que cumplen la función de captadores y conductores de calor al espacio interno.

En cuanto a dimensiones se establecen relaciones específicas a nivel de altura, largo y ancho del espacio habitable y el porcentaje de aberturas con respecto al área de cerramiento vertical, cabe mencionar que tanto el área como la altura de piso a cielo se encuentran dentro de las reglamentaciones de áreas mínimas para espacios de vivienda, siendo un poco mayores ya que no solo se busca establecer espacios acordes a la ley sino que además cumplan con las relaciones aquí establecidas.

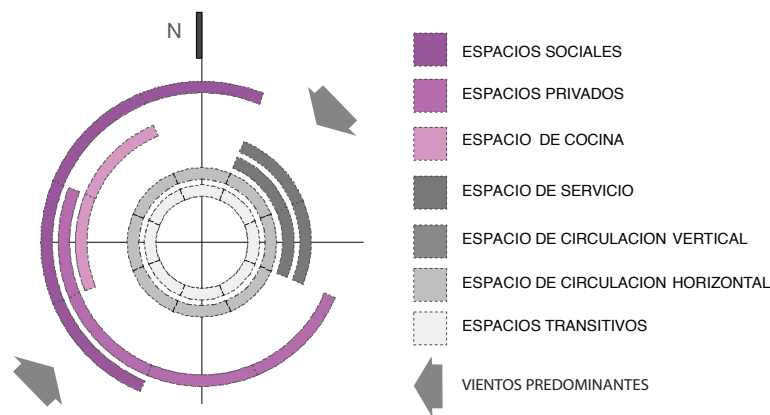


Fig. 7.6.1. Gráfico de disposición espacial de la vivienda para las zonas de vida del piso Montano (elaborado por autores).

|                   | AREA (m2)       | ALTURA (m)                | VOLUMEN (m3) | RELACION LARGO-ANCHO (m) | RELACION ABERTURA CERRAMIENTO (%) | 12:00 p.m. a 4:00 a.m. | 4:00 a.m. a 8:00 a.m. | 8:00 a.m. a 12:00 p.m. | 12:00 p.m. a 4:00 p.m. | 4:00 p.m. a 8:00 p.m. | 8:00 p.m. a 12:00 a.m. | # pers. |
|-------------------|-----------------|---------------------------|--------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|---------|
| SALA              | 7               | 2,40 - 2,50               | 16,8         | 1:1.2                    | 20%-40% (de área de la pared)     |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 5       |
| COMEDOR           | 7,5             |                           | 18           | 1:1.2                    |                                   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 6       |
| ESTUDIO           | 5               |                           | 12           | 1:1.25                   |                                   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 2       |
| DORMITORIO PRINC. | 10              |                           | 24           | 1:1.45                   |                                   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 2       |
| DORMITORIO SEC.   | 8,10            |                           | 19,44        | 1:1.3                    |                                   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 2       |
| COCINA            | 5,5             | 13,2                      | 1:1.2        |                          |                                   |                        |                       |                        |                        | 2                     |                        |         |
| CUARTO DE PILAS   | 3,6             | 2,40 (min. reglamentario) | 8,64         | 1:1.4                    | 10% (de área de piso)             |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 2       |
| BAÑO              | 4,1             |                           | 6,24         | 1:1.25                   |                                   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | 1       |
| GARAGE            | 14,3            |                           | 34,32        | 1:2.1                    |                                   |                        |                       |                        |                        |                       |                        | -       |
| CIRCULACIÓN       | ancho min. 1,2m |                           | -            | -                        |                                   | ancho min. 1,2m        |                       |                        |                        |                       |                        |         |
| ESP. AMORTIGUADOR | -               | -                         | -            | -                        |                                   |                        |                       |                        |                        |                       | -                      |         |

Tabla 7.6.1. Tabla de áreas, volumen, relaciones y temporalidad de los espacios habitacionales para las zonas de vida del piso Montano (elaborado por autores).

## 7.7 Vegetación

La vegetación permite dar sombra, filtrar el polvo en suspensión, hacer de pantalla a los vientos al mismo tiempo que favorece la ventilación, limpia la atmósfera, oxigena el aire y lo refresca por evapotranspiración (Ugarte, 2007). La escogencia de cada especie vegetal debe responder primeramente a una necesidad climática-arquitectónica. De ésta forma las especie debe cumplir una lista de características y requerimientos que se necesitan para poder llevar a cabo su función como estrategia bioclimática en cada proyecto.

Se tomó el protocolo "Círculo de Escogencia por Afinidad Ecológica" elaborado por el arquitecto costarricense Alberto Negrini Vargas para la escogencia de las especies vegetales incluidas en este apartado (ver Fig. 7.7.1). Como punto de partida, se recomienda utilizar especies encontradas en cada sitio; en caso de que ninguna sirva para la función necesitada, se deberá de buscar en el entorno inmediato. Dicho proceso se repite hasta llegar a el grupo de plantas del Pantrópico. Al escoger una planta siguiendo este protocolo de escogencia, se garantiza que cada especie utilizada se adaptará plenamente al entorno donde se introduzca y funcionará de manera integral con el contexto. En este piso altitudinal se identifican dos pautas principales como usos de la vegetación dentro de la arquitectura. Se busca estancar el aire en el interior de los espacios para evitar la pérdida de calor. Además se busca controlar el viento, ya que debido a la altitud este fluye sin obstáculos a altas velocidades.

### 7.7.1 Conservar Calor

En las zonas con condiciones frías, las cubiertas verdes cumplen la función de almacenar el calor en el interior (ver Tabla 7.7.1). Su principio funciona como un elemento aislante resistivo que busca conservar el aire en el interior para evitar la pérdida de calor ganado por medio de otras estrategias aplicadas (ver detalles en pautas específicas). Propician un aislamiento excelente, plantas entre 20 y 40 cm de altura retienen el aire caliente pudiendo evitar hasta en un 50% la pérdida de temperatura por convección del edificio. Es de vital importancia que, el sistema de impermeabilización sea instalado por empresas especializadas.

Observaciones:

- Es importante aclarar que las especies recomendadas en este documento, son ejemplos no exhaustivos a utilizar.
- Algunas especies recomendadas no sólo cumple como estrategias bioclimáticas sino que también fueron escogidas por su belleza paisajística, sus beneficios ambientales, por brindar frutos, floración y por atraer animales.

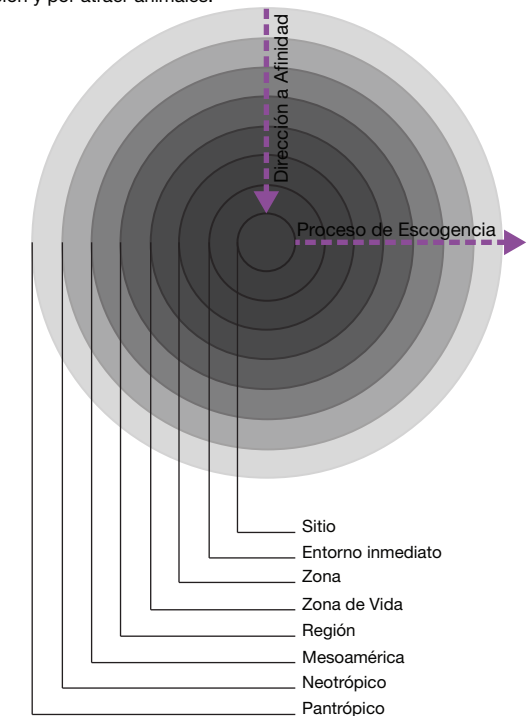


Fig. 7.7.1 "Círculo de Escogencia por Afinidad Ecológica" elaborado por el arquitecto costarricense Alberto Negrini Vargas (modificado por autores).

| Pauta:                    | Conservar Calor   |              |                   |                         |                  |                       |                   |                          |                     |                          |  |                        |               |                           |               |                  |                      |                      |               |                |              |                        |                     |                           |                      |
|---------------------------|---|--------------|-------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|--|------------------------|---------------|---------------------------|---------------|------------------|----------------------|----------------------|---------------|----------------|--------------|------------------------|---------------------|---------------------------|----------------------|
| Ejemplos:                 | Cubiertas Verdes (aislamiento orgánico)   |              |                   |                         |                  |                       |                   |                          |                     |                          |  |                        |               |                           |               |                  |                      |                      |               |                |              |                        |                     |                           |                      |
| Características:          | Siempre Verde<br>Resistente a la radiación directa  |              |                   |                         |                  |                       |                   |                          |                     |                          |  |                        |               |                           |               |                  |                      |                      |               |                |              |                        |                     |                           |                      |
| Condicionantes:           | Sistema de riego y drenaje eficiente<br>Buena impermeabilización y aislantes  |              |                   |                         |                  |                       |                   |                          |                     |                          |  |                        |               |                           |               |                  |                      |                      |               |                |              |                        |                     |                           |                      |
| Especies Sugeridas:       | <table border="0"> <thead> <tr> <th>Nombre Común</th> <th>Nombre Científico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ala de Ángel (cubierta)</td> <td>Begonia coccinea</td> </tr> <tr> <td>Anís (cubierta/pared)</td> <td>Pimpinella anisum</td> </tr> <tr> <td>Anturio (cubierta/pared)</td> <td>Anthurium andreanum</td> </tr> <tr> <td>Aliento (cubierta/pared)</td> <td>Adiantum raddianum,<br/>Adiantum peruvianum</td> </tr> <tr> <td>Ayuga (cubierta/pared)</td> <td>Ajuga reptans</td> </tr> <tr> <td>Bromelia (cubierta/pared)</td> <td>Bromelia spp.</td> </tr> <tr> <td>China (cubierta)</td> <td>Impatiens walleriana</td> </tr> <tr> <td>Dormilona (cubierta)</td> <td>Mimosa pudica</td> </tr> <tr> <td>Hiedra (pared)</td> <td>Hedera hélix</td> </tr> <tr> <td>Santa Lucía (cubierta)</td> <td>Ageratum conyzoides</td> </tr> <tr> <td>Zacate Japonés (cubierta)</td> <td>Ophiopogon japonicus</td> </tr> </tbody> </table> | Nombre Común | Nombre Científico | Ala de Ángel (cubierta) | Begonia coccinea | Anís (cubierta/pared) | Pimpinella anisum | Anturio (cubierta/pared) | Anthurium andreanum | Aliento (cubierta/pared) | Adiantum raddianum,<br>Adiantum peruvianum | Ayuga (cubierta/pared) | Ajuga reptans | Bromelia (cubierta/pared) | Bromelia spp. | China (cubierta) | Impatiens walleriana | Dormilona (cubierta) | Mimosa pudica | Hiedra (pared) | Hedera hélix | Santa Lucía (cubierta) | Ageratum conyzoides | Zacate Japonés (cubierta) | Ophiopogon japonicus |
| Nombre Común              | Nombre Científico   |              |                   |                         |                  |                       |                   |                          |                     |                          |  |                        |               |                           |               |                  |                      |                      |               |                |              |                        |                     |                           |                      |
| Ala de Ángel (cubierta)   | Begonia coccinea  |              |                   |                         |                  |                       |                   |                          |                     |                          |  |                        |               |                           |               |                  |                      |                      |               |                |              |                        |                     |                           |                      |
| Anís (cubierta/pared)     | Pimpinella anisum   |              |                   |                         |                  |                       |                   |                          |                     |                          |  |                        |               |                           |               |                  |                      |                      |               |                |              |                        |                     |                           |                      |
| Anturio (cubierta/pared)  | Anthurium andreanum   |              |                   |                         |                  |                       |                   |                          |                     |                          |  |                        |               |                           |               |                  |                      |                      |               |                |              |                        |                     |                           |                      |
| Aliento (cubierta/pared)  | Adiantum raddianum,<br>Adiantum peruvianum  |              |                   |                         |                  |                       |                   |                          |                     |                          |  |                        |               |                           |               |                  |                      |                      |               |                |              |                        |                     |                           |                      |
| Ayuga (cubierta/pared)    | Ajuga reptans   |              |                   |                         |                  |                       |                   |                          |                     |                          |  |                        |               |                           |               |                  |                      |                      |               |                |              |                        |                     |                           |                      |
| Bromelia (cubierta/pared) | Bromelia spp.   |              |                   |                         |                  |                       |                   |                          |                     |                          |  |                        |               |                           |               |                  |                      |                      |               |                |              |                        |                     |                           |                      |
| China (cubierta)          | Impatiens walleriana  |              |                   |                         |                  |                       |                   |                          |                     |                          |  |                        |               |                           |               |                  |                      |                      |               |                |              |                        |                     |                           |                      |
| Dormilona (cubierta)      | Mimosa pudica   |              |                   |                         |                  |                       |                   |                          |                     |                          |  |                        |               |                           |               |                  |                      |                      |               |                |              |                        |                     |                           |                      |
| Hiedra (pared)            | Hedera hélix  |              |                   |                         |                  |                       |                   |                          |                     |                          |  |                        |               |                           |               |                  |                      |                      |               |                |              |                        |                     |                           |                      |
| Santa Lucía (cubierta)    | Ageratum conyzoides   |              |                   |                         |                  |                       |                   |                          |                     |                          |  |                        |               |                           |               |                  |                      |                      |               |                |              |                        |                     |                           |                      |
| Zacate Japonés (cubierta) | Ophiopogon japonicus  |              |                   |                         |                  |                       |                   |                          |                     |                          |  |                        |               |                           |               |                  |                      |                      |               |                |              |                        |                     |                           |                      |

Tabla 7.7.1. Protocolo de escogencia para Conservar Calor (elaborado por autores).

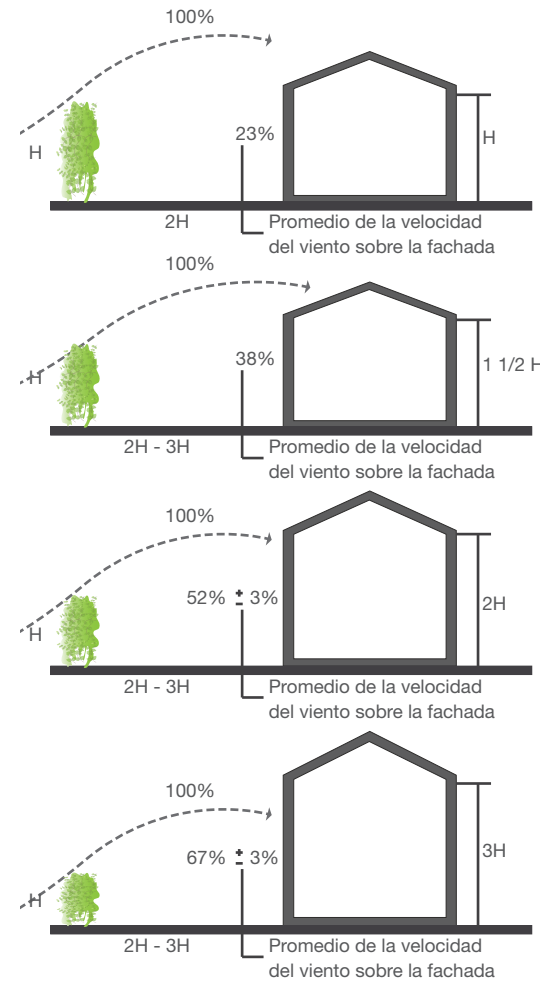


Fig. 7.7.2. Acciones protectoras de una barrera vegetal de un 15% a un 25% de cobertura (elaborado por autores).

|                     |   |  |
|---------------------|---|--|
| Pauta:              | Control de Vientos  |  |
| Ejemplos:           | Pantallas a 1,3m, un nivel y 2 niveles<br>Barreras redireccionadoras de viento  |  |
| Características:    | Siempre Verde<br>Resistentes al viento<br>Denso   |  |
| Condicionantes:     | Sistema de riego  |  |
| Especies Sugeridas: | <b>Nombre Común</b><br>Aralia (barrera)<br>Arrayan (barrera)<br><br>Bambú Verde (barrera)<br>Camelia (barrera)<br>Pacaya (barrera)<br><br>Pitanga (barrera) | <b>Nombre Científico</b><br>Aralia fruticosa<br>Comarostaphylis arbutoides<br>Pernettya coriacea<br>Vaccinium consaguineum<br>Dendrocalamus strictus<br>Camelia japónica<br>Chamaedorea costaricana<br>Chamaedorea elegans<br>Eugenia Sp |

Tabla. 7.7.2. Protocolo de escogencia para el Control de Vientos (elaborado por autores).

Se debe considerarse si va a ser cubiertas extensiva o intensiva, con el fin de calcular adecuadamente la estructura que deberá soportarla.

-Cubiertas Extensivas: Son construidos con una capa mínima de sustrato (entre 5 y 15 cm) y por lo tanto, podrían ser instalados en cualquier techo sin cambios o con mínimos refuerzos en la estructura para soporte de peso adicional. Pueden propagarse usando semillas o esquejes e incluso pueden ser cultivadas por fuera del sitio final de ubicación y posteriormente instaladas.

-Cubiertas Intensivas: Pueden ser utilizados como jardines reales. Son más pesados, costosos y demandan mayor mantenimiento del estrato vegetal. Requieren cuidado continuo y posiblemente de un sistema de irrigación, aunque esto dependerá de las plantas seleccionadas. Con una capa entre 15y 30 cm, permiten cultivar una amplia gama de arbustos e incluso árboles. Generalmente, requieren de una estructura subyacente con una alta capacidad de carga, es decir, podrían necesitarse modificaciones en el diseño de las estructuras, de forma que soporten el peso de medios de cultivo más amplios y plantas mayores.

### 7.7.1 Control de Vientos

Una barrera rompe vientos debe ubicarse en la distancia donde proporcione el mayor efecto de protección, generalmente entre dos y 3 veces la altura de la construcción. Entre mayor sea la altura de la barrera, mayor será la protección, lo que significa que el promedio de la velocidad del viento que pega sobre la fachada será menor (ver Fig. 7.7.2). La sombra del viento es mayor si la barrera la constituye tan sólo una hilera de vegetación, pues la densidad de una barrera afecta directamente la longitud de la sombra de viento. Barreras muy densas o sólidas reducen mucho la velocidad del viento, inmediatamente después de la obstrucción; pero la velocidad se recupera rápidamente, creando zonas de turbulencia y describe una sombra de viento pequeña, es decir, una zona de protección restringida (García, 2005). Es por esto que se recomienda que las barreras naturales tengan una porosidad de 15 a 24% (ver Tabla 7.7.2). En este piso altitudinal se debe evitar las infiltraciones de aire frío a través de grietas en la envolvente vertical (ver reducción de infiltraciones y ex filtraciones en pautas específicas).



# PSA

(Piso Sub Alpino)

## Capítulo 8 - Piso Sub Alpino



### Zonas de Vida

páramo pluvial Sub Alpino (pp-SA)

Perfil Climático

### Rangos de Confort

páramo pluvial Sub Alpino (pp-SA)

Estrategias de Confort  
Estrategias de Confort según días tipo  
Parámetros de Confort por actividad

### Pautas Generales Piso Basal

#### Orientación

Trayectoria Solar  
Vientos

#### Configuración Espacial

Inferior  
Habitable  
Superior

#### Distribución Espacial

#### Vegetación

Protocolo para la escogencia  
de especies vegetales

# ZV 12

## 8.1 páramo pluvial subalpino



El Instituto Meteorológico Nacional no posee estaciones con información completa en esta zona. Para efectos de estudio se utilizó Páramos de Costa Rica, 2005 (ver Fig 8.1.1).

**IGUÍA SEGÚN ZONAS DE VIDA I**  
GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

El páramo pluvial subalpino es una pequeña región que se encuentra en la parte más alta del territorio nacional alrededor de la cima del Cerro Chirripó sobre 3500 m.s.n.m. Sus características también se repiten en otras regiones como en el Cerro de La Muerte, aunque bioclimáticamente son áreas de bosque pluvial Montano cuyos suelos son infértiles. (Kappelle, 2005)

El clima es inhóspito y húmedo, por lo que se limita totalmente las actividades de uso del suelo y el desarrollo de asentamientos humanos. Es una zona con altos niveles de precipitación y temperaturas que llegan a valores bajo cero en algunos meses del año. (Quesada, 2007)

Una de sus funciones ecológicas más importante es su papel como regulador de la hidrología. Esto se ve afectado por la pérdida de la cobertura vegetal, la compactación del suelo y por la debilitada capacidad de retención de agua que incrementa la pérdida de suelo, la erosión, las inundaciones y las sequías durante los periodos secos.

### 8.1.1 Perfil Climático

Esta zona se caracteriza por su clima húmedo-pluvial que va de frío a muy frío. Allí se experimentan cambios bruscos de temperatura, nubosidad, humedad relativa, e insolación. Por estos motivo existen en esta zona los fenómenos de escarcha, déficit de agua y sequía.

Los vientos alisios son los que provocan la mayor cantidad de oscilaciones climáticas. Durante los meses de diciembre a abril hay descenso de la humedad relativa, una disminución de las reservas de agua en el suelo e incluso temperaturas por debajo 0°C. (Kappelle, 2005)

La época lluviosa va de mayo hasta mediados de diciembre, el clima es frío, causado más por la nubosidad que por el viento. Las lluvias no son tan abundantes, a comparación con otras zonas del país; pero debido a la evapotranspiración reducida de algunos enclaves, ocasionadas por la altitud, existen enclaves pluviales dentro de la zona.

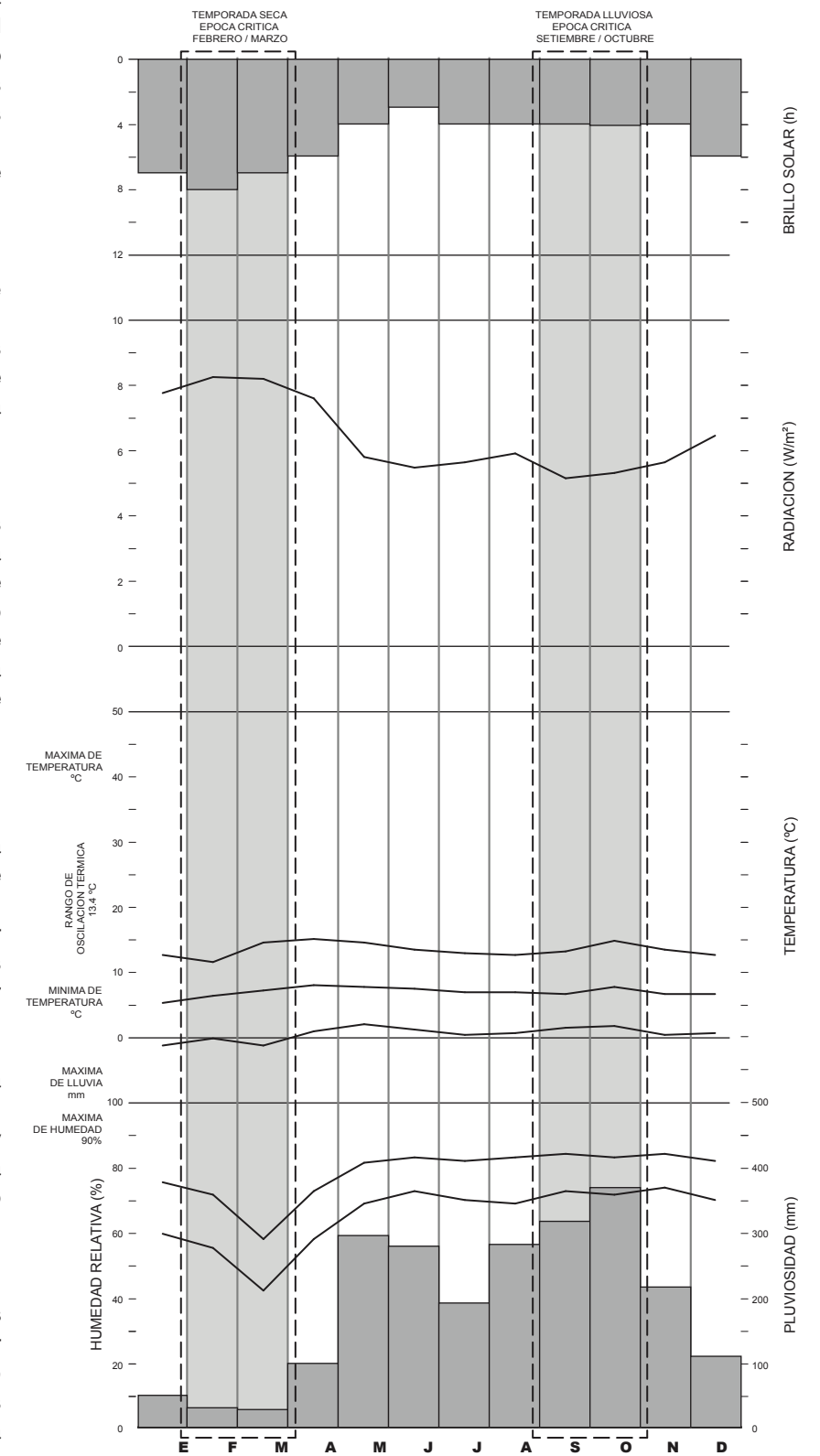


Fig. 8.1.1 Gráfico de Comportamiento Climático Anual estación Chirripó. Fuente: Kappelle, 2005 (elaborado por autores).



Los datos para esta zonas, se tomaron de fuentes bibliográficas, de cuatro sitios específicos en donde se realizaron una serie de mediciones: Volcán Irazú, Cerro de la Muerte, Villa Mills y Cerro del Chirripó. De estos datos se promedió un resultado síntesis.

#### Temperatura

Las temperaturas de esta zona, son las mas bajas del país, a lo anterior se le suman las grandes oscilaciones que hay entre las temperaturas máximas y mínimas registradas en un mismo mes, lo cual limita el crecimiento vegetal.

Estas oscilaciones ocurren en menos de 6 horas. En comparación, estos cambios abruptos de temperatura ocurren en zonas como Edimburgo, cuya latitud es 50°N. En promedio las temperaturas mes a mes se comportan de manera uniforme, entre los 8 y 10°C. (Kappelle, 2005)

Las oscilaciones registradas en un mismo mes son extremas, un ejemplo de ello se registra en la estación de Villa Mills en la cual en el mes de marzo reporta 19,1°C como máxima y 4,1 °C como mínima, esto nos da una amplitud de 15°C. Esta brecha también se puede observar en la tabla de temperaturas promedio en donde las oscilaciones son de 10 a 8°C.

#### Precipitación

La precipitación es muy abundante, pero no se distribuye de manera uniforme, lo cual implica que no cubre por completo las necesidades de evapotranspiración potencial de la zona. Octubre es el mes más lluvioso; Marzo y Febrero los de menor precipitación. El máximo de precipitación se alcanza en las tardes y las primeras horas de la noche.

De los datos promediados obtenidos, el mes de marzo es el que presenta menor precipitación llegando a tener 30 mm y el mes de Octubre presenta el máximo que alcanzó los 395 mm. El promedio anual es de 2432 mm, lo cual coincide con lo representado en el mapa de precipitación general del territorio nacional.

La distribución desigual de precipitación se refleja al comparar la estación de Villa Mills, en la cual el mes de octubre alcanzó una precipitación de 499 mm y tiene un promedio anual de 2721 mm, con la del Volcán Irazú, la cual el mes de octubre tiene 297 Mm y de promedio 2055.

#### Humedad

La humedad relativa fluctúa según la época, en sequía desciende, en asociación con los cielos despejados, vientos fuertes y temperaturas bajas. Es por eso que de enero a abril es la época menos húmeda, la cual coincide con la época de mayores temperaturas y horas de brillo solar y de menores precipitaciones. (Kappelle, 2005)

El valor promedio menor de humedad se registra en marzo con un 59% que coincide con el mes de menor precipitación. De junio a noviembre se presentan los valores más altos que se ubican entre 90 y 91%. No hay un mes que sobresalga en lo que concierne a los valores mayores de humedad.

En los meses de febrero y marzo entre las 20 y la media noche, las asociaciones climáticas, comentadas al principio, contribuyen al fenómeno “helada negra”; bajas temperaturas que provocan la muerte parcial o total de las plantas, adquiriendo un color negrozco. También sucede “helada blanca” ó escarcha; que ocurre cuando el vapor del agua se congela, sin pasar por el estado líquido, conocido como rocío. Las mejores condiciones para las heladas se dan en el amanecer y con vientos calmos.

#### Brillo Solar

El brillo solar es disminuido por la nubosidad característica de esta zona. Los meses más lluviosos son los de menos brillos solar, llegando a recibir solamente 3 horas al día. En verano en cambio se llega a recibir hasta 8 horas, más del doble que el mínimo, y coincidiendo con la baja humedad relativa y los fuertes vientos del noreste.

#### 8.1.2 Perfil Vegetal

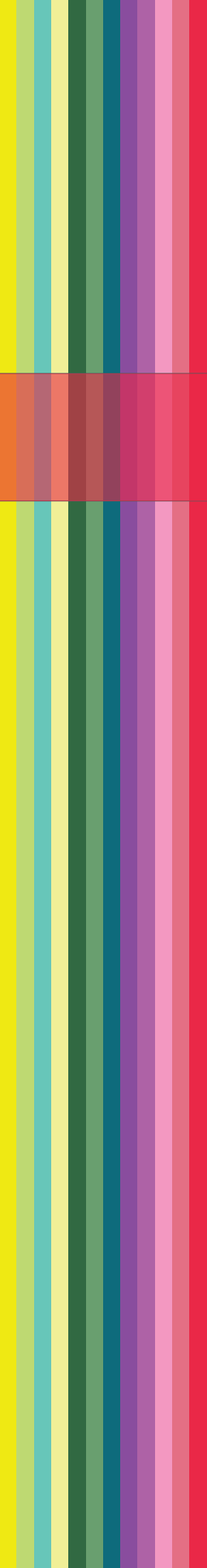
Por páramo debe entenderse un paraje fríos, inhóspito y húmedo, donde no hay muchos árboles, a raíz de su incapacidad a sobrevivir en estas condiciones. La vegetación de este piso altitudinal presenta una serie de características adaptativas en respuesta a los muchos factores limitantes del ambiente físico. Las plantas son de poca altura, ejes cortos, hojas pequeñas y coriáceas, raíces muy desarrolladas, flores de colores intensos. (Quesada, 2007)

La flora de los páramos de Costa Rica, tiene bastante relación con la flora de Los Andes, predominando plantas de porte pequeño, leñosas, y algunas herbáceas (Poaceae, Umbelliferae, Rosaceae, Asteraceae, Myrtaceae, Ericaceae). (Quesada, 2007)



## RANGOS DE CONFORT

GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE





## 8.2 Rangos de Confort: Páramo Pluvial Subalpino

Los rangos de confort para esta zona de vida se basan en los datos obtenidos del Libro Páramos de Costa Rica (2005). La zona de confort establecida para esta zona, se delimita por: un límite superior que se encuentra entre los 15,9 °C y los 19,5 °C de temperatura seca y una humedad entre 90% a 95%, y un límite inferior que va de los 16,1°C y los 20,6°C de temperatura seca y una humedad entre 27% a 32% (ver Fig. 8.2.1).

### 8.2.1 Estrategias de confort

El gráfico de comportamiento promedio mensual muestra que los rangos de temperatura son inferiores a los establecidos por la zona de confort, esto puede ser solucionados ampliando la zona de confort mediante las estrategias pasivas.

En este caso en particular, las únicas estrategias parcialmente efectivas en esta zona de vida son la masa térmica y el calentamiento pasivo, las cuales actúan durante las horas de día en que alcancen su máximo de temperatura.

El principio básico de estas estrategias como un sistema trabaja, captando la radiación solar en el edificio y manteniendo el calor generado en el interior de éste. Este calor se almacena en los materiales dispuesto en los cerramientos internos, para luego aportarlo directamente al ambiente, para lograr esto se debe de tomar en cuenta la capacidad de conservación de calor del material y la velocidad con que lo cede o absorbe del entorno.

Estrategias pasivas:

1. Calentamiento solar pasivo
2. Efecto de masa térmica
3. Masa térmica + ventilación nocturna
4. Ventilación Natural
5. Enfriamiento evaporativo directo
6. Enfriamiento evaporativo indirecto

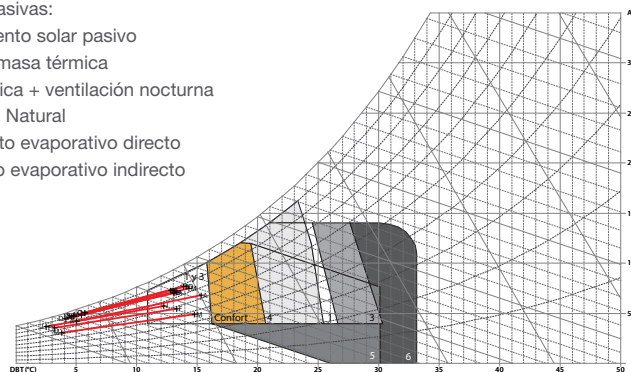


Fig 8.2.1 Gráfico Ábaco Psicométrico basado en los datos mensuales promedio. Cada línea representa un mes del año y sus datos mínimos y máximos promedios. Fuente: Kappelle, 2005 (elaborado por autores).

Debe de evitarse las pérdidas de ese calor, por lo tanto el uso materiales aislados y la configuración de espacios herméticos que propicien la estanqueidad es de vital importancia a la hora de aplicar dichas estrategias.

Como se observa en el gráfico éstas estrategias anteriormente discutidas solamente funcionan para un período corto de tiempo cuando las temperaturas superan los 11°C. En el resto de horas descienden más de lo manejable, por lo cual se necesitarían sistemas adicionales como la calefacción para lograr espacios confortables.

Es importante mencionar que aunque las estrategias pasivas no cubran todo los rangos, se puede aumentar su efectividad si el usuario se abrigan bien y si se trabaja el contexto de la edificación protegiendo al edificio de los vientos sin obstruir la captación de radiación.

### 8.2.2 Parámetros de Confort por Actividad

Dentro de los parámetros observados para esta zona de vida, tenemos que el mes de enero es el más frío del año, este representa el rango máximo de necesidad de calentamiento del espacio, durante esta época el sol se encuentra en inclinado hacia el sur, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación.

A nivel general las mañanas son frías, tanto el este como el oeste son puntos poco confortables, ya que las horas de incidencia solar no son suficientes para generar un ambiente cálido bajos las condiciones altitudinales y de alto porcentaje de humedad del sitio (ver Fig. 8.2.2).

En este caso se requerirán estrategias de calentamiento pasivo, captando y conservando el mayor calor posible a lo largo del día, para todas las actividades sin importar su intensidad.

Por otro lado junio es el mes más cálido, este representa el rango máximo de calor que esta zona recibe, lo cual se traduce en la cantidad máxima de horas de confort que tendrá el usuario según la actividad que realice. Durante esta época del año el sol se encuentra en inclinación norte, teniendo incidencia sobre las fachadas con esta orientación. A nivel general la zona es bastante fría a lo largo del día, con muy pocas horas confortables durante la tarde, en las cuales la temperatura asciende un poco.

En cuanto a la actividad baja, el usuario experimenta una leve sensación de frío constante lo cual indica que es necesario estrategias de calentamiento pasivo, que capten y almacenen la mayor cantidad de calor posible. Para la actividad media se experimenta un corto tiempo de confortabilidad de las 14:00 a las 17:00 horas. En cuanto a la actividad de alta intensidad la sensación de confort va de las 12:00 a las 21:00 horas, para el resto de horas en estas dos actividades es requerido estrategias de calentamiento pasivo.

El caso de esta zona de vida es la más extrema que se encuentra en el país, el frío excesivo a lo largo del día indica que la captación de calor debe de ser constante. Se busca almacenar la mayor cantidad de calor posible dentro del edificio y prolongar su efecto. Los materiales de la envolvente deben tener una alta absorción, mediante el uso de colores y texturas dicha característica puede reforzarse, esto se desarrolla a más detalle en el capítulo de Pautas Específicas.

Por otro lado, los espacios deben de configurarse de manera que una vez captado el calor no pueda perderse, por filtraciones, disipación por ventilación, o perdida por conducción, es por esto que estrategias de aislamiento resistivo también debe de ser aplicadas necesariamente en esta zona.

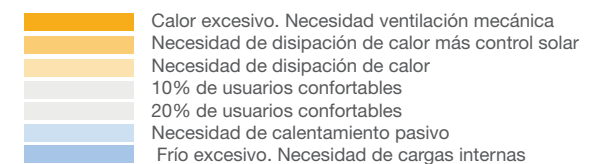
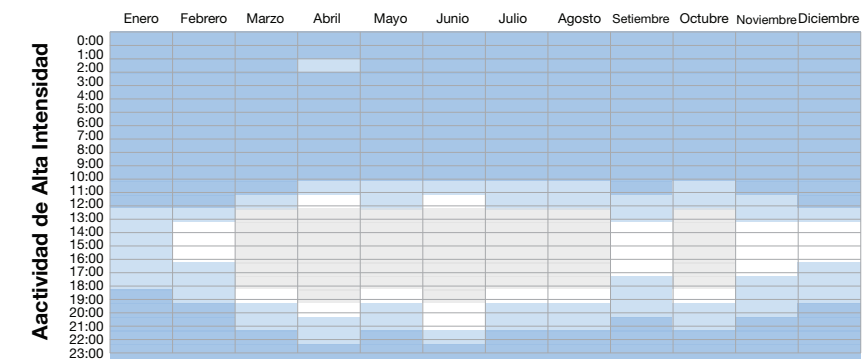
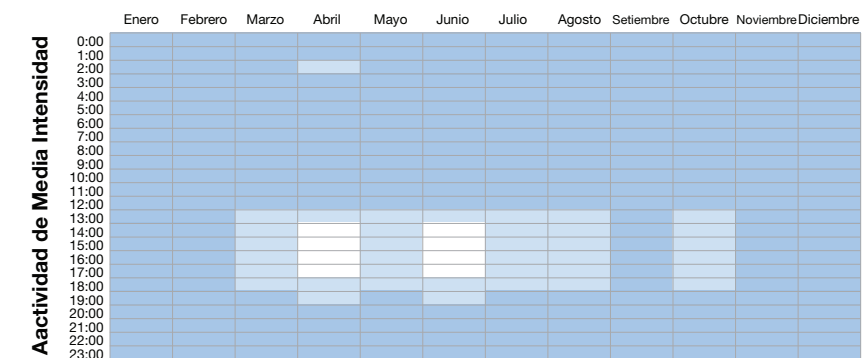
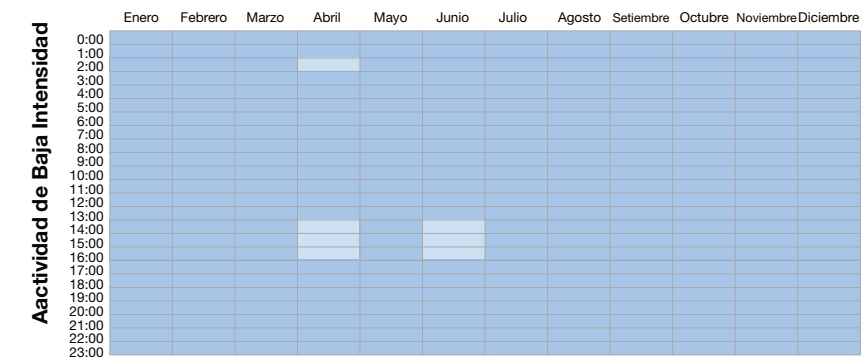


Fig 8.2.2 Gráfico de Climograma de Bienestar Adaptado de los tres tipos de actividades, según su intensidad. Gráfico superior: Actividad baja referida al descanso. Gráfico medio: Actividad media referida a actividades de estudio, ver television, usar la computadora, etc. Gráfico inferior: Actividad alta referida actividades del quehacer doméstico como limpiar o lavar (elaborado por autores).



# | PAUTAS GENERALES |

GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

### 8.3 Orientación

La correcta orientación es un paso fundamental hacia el aprovechamiento o protección de los diferentes elementos climáticos. Para efectos de este análisis, se tomó la trayectoria solar y la dirección de los vientos dominantes como punto de partida para establecer un rango de orientación óptima.

#### 8.3.1 Orientación según Trayectoria Solar

El piso pluvial subalpino no es sólo la zona de mayor altitud sino también la más fría de Costa Rica. A nivel climático experimenta temperaturas bajas y alta radiación. Dadas las condiciones frías del sitio; la ganancia solar adicional es favorable, y como consecuencia es preciso colocar la vivienda en la orientación más conveniente para aprovechar la máxima absorción de radiación. Es necesario tener datos de radiación, tanto para superficies horizontales como para superficies verticales (ver Fig. 8.3.2).

A través de los diversos métodos usados en el análisis del clima, se establece que la orientación óptima para este piso altitudinal debe estar sobre el eje este-oeste con una inclinación máxima de 5° hacia el sur (ver Fig. 8.3.1). Las fachadas más largas deben estar en el norte y en el sur, ya que son captadoras de radiación solar en verano e invierno.

Dichas fachadas receptoras de radiación directa; es decir la fachada norte en invierno y sur en verano, deben permitir la máxima captación solar al interior de la vivienda. Se recomienda que éstas estén libre de edificios, arbustos altos y cualquier obstáculo que impida la ganancia de calor en el espacio interno. Adicionalmente, durante la noche se debe evitar la pérdida de calor por conducción y evaporación ganado durante el día.

En muchos casos por condiciones de topografía, lotificación, entre otros, la vivienda debe orientarse en una posición diferente a la óptima. En estos casos se debe procurar respetar la distribución espacial descrita más adelante.

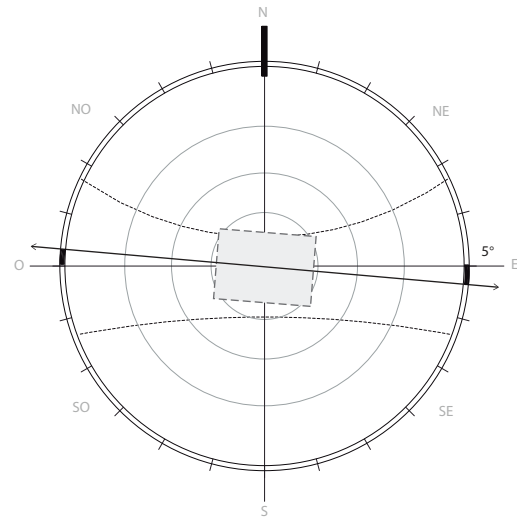


Fig. 8.3.1 Rango de orientación recomendado para el piso Subalpino (elaborado por autores).

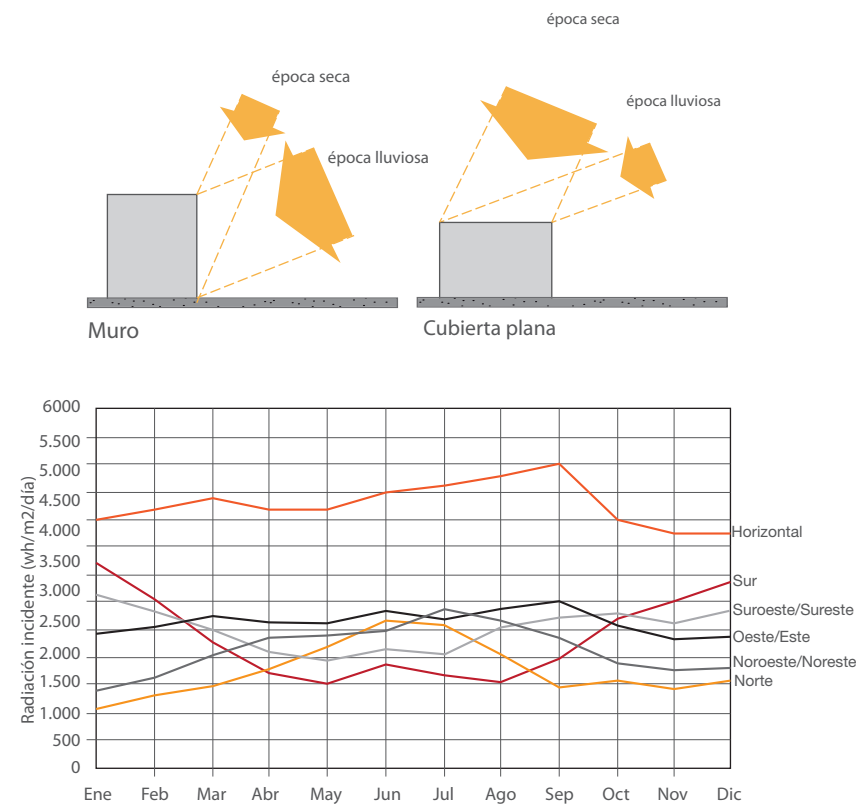


Fig. 8.3.2 Radiación solar mensual sobre diferentes planos de la envolvente en latitud 10 (modificado por autores).

#### 8.3.2 Orientación según Vientos

Los vientos del piso subalpino se caracterizan por ser de influencia altitudinal; donde las partes más altas está sujeta a fuertes vientos, heladas, lloviznas frecuentes. Los vientos altitudinales o de montaña, durante las noches las cumbres se enfrían más que los valles, entonces el aire frío desciende por las laderas hacia el valle, generando la brisa de montaña a valle. Dicha información fue proporcionada por el Instituto Meteorológico Nacional (INM), que a su vez no registra dirección de vientos dominantes (ver Fig. 8.3.3).

Las pendientes a sotavento son las más favorables para la protección contra vientos fuertes (ver Fig. 8.3.4). Emplazarse en la media ladera o en la media baja ladera, es beneficioso para prevenir un efecto excesivo de los vientos y evitar el embalsamiento de aire frío. Además, cuando la topografía cuenta con pendientes o pequeños valles se puede proteger la vivienda de modo que la fachada este enterrada o protegida por la montaña (ver Fig. 8.3.5). Las barreras contra el viento se puede dar por medio de pantallas artificiales o naturales. En este piso altitudinal crecen arbustos enanos que llegan a una altura de 75cm, como por ejemplo la Chusquia. Es importante destacar que la vegetación sólo debe obstruir y desviar el paso de los vientos, sin afectar la captación solar. En caso de no existir una barrera, se recomienda no ubicar aberturas en la envolvente vertical a barlovento.

Los métodos de análisis para este piso altitudinal establecen superficies acristaladas entre un 25 a un 40%, esto con el fin de captar la máxima radiación, más no para ventilar los espacios internos. Como medida de renovación del aire de los espacios compactos, se plantea ventanería móvil no más del 10% de la pared, mínimo reglamentario establecido en el Reglamento de Construcción. Para que la ventilación sea efectiva, se recomiendan espacios simples, donde la distancia entre aberturas debe tener de profundidad la altura del espacio por 1,5; es decir espacios de 3,6 metros de largo, dependiendo de la altura.

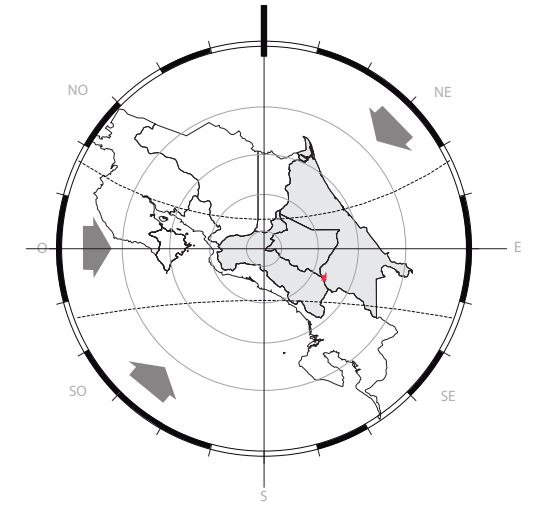


Fig. 8.3.3 Vientos dominantes para el piso Subalpino (elaborado por autores).

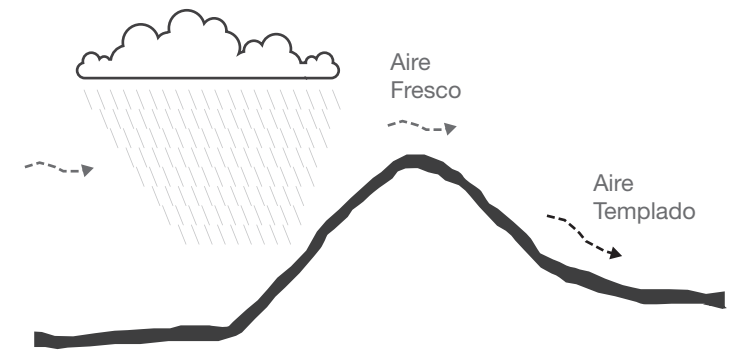


Fig. 8.3.4 Los vientos predominantes pasan sobre las depresiones, dejando una región protegida deseable para la construcción. En la pendiente, los espacios situados en la sombra del viento a menudo podrán disfrutar la exposición hacia el sur (elaborado por autores).

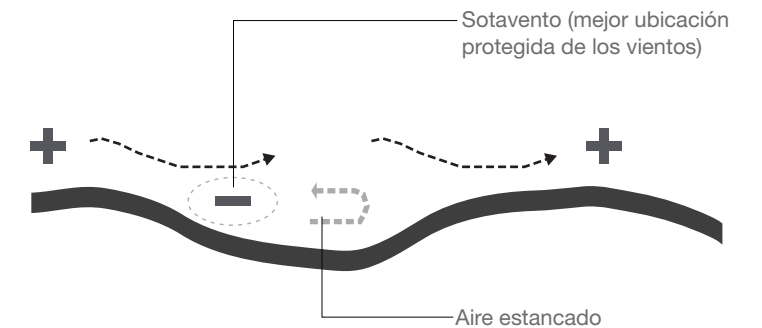


Fig. 8.3.5 Los vientos predominantes pasan sobre las depresiones, dejando una región protegida deseable para la construcción. En la pendiente, los espacios situados en la sombra del viento a menudo podrán disfrutar la exposición hacia el sur (elaborado por autores).



## 8.4 Configuración

### 8.4.1 Espacio Inferior

Según las necesidades y exigencias del entorno y su clima, se puede configurar el espacio inferior. Para este piso altitudinal el espacio inferior cumple una función de disipador del calor, según este principio se establecen 2 posibles configuraciones (ver Fig. 8.4.1).

La primera configuración es cuando el espacio inferior es nulo (ver Fig. 8.4.1 a), el cerramiento horizontal inferior se posa directamente sobre el suelo. Se busca un balance térmico por conducción, que establece que cuando dos superficies entran en contacto, la energía calorífica busca el equilibrio entre ambas. El elemento con temperatura más constante (el terreno) tiende a dar mayor estabilidad térmica al elemento constructivo; además limita el movimiento del aire por debajo del espacio

facilitando la conservación del calor interno del edificio. En este caso es de vital importancia impermeabilizar el cerramiento horizontal inferior ya que tendrá contacto directo con el terreno.

Se plantea una segunda configuración cuando el espacio habitable se eleva del nivel del suelo (ver Fig. 8.4.1 b), lo suficiente para generar un espacio inferior libre que aleje la estructura de la humedad del terreno. Para que esta configuración sea efectiva en este clima, se debe impedir las pérdidas de calor, por este motivo es el cerramiento horizontal inferior debe tener una alta capacidad de aislamiento resistivo. La separación de la estructura con respecto al terreno debe de ser máximo 60 centímetros, esto para impedir una incidencia mayor del aire sobre el espacio construido.

Para ambas configuraciones aquí establecidas, es importante tener en cuenta que las características naturales del terreno que se encuentra debajo de las edificaciones y/o a su alrededor. Las superficies vegetales pueden moderar las temperaturas extremas y estabilizar las condiciones del ambiente inmediato, mientras que las superficies asfálticas o de piedra pueden calentar más el ambiente inmediato siempre y cuando se expongan directamente a la radiación. En el caso de la vegetación de mayor escala, en los climas fríos, se debe de establecer una distancia prudencial con el fin de permitir una mayor captación solar (ver Fig. 8.4.2).

### 8.4.2 Espacio Habitable

La configuración del espacio habitable en una vivienda determina la relación de éste con el exterior: posibilidades de aportación solar, exposición a vientos y superficie de intercambio térmico con el exterior. En climas extremos, como lo es el pp-SA, resulta adecuada una mayor compacticidad de la edificación para limitar el intercambio térmico con el exterior.

La relación existente entre la altura de un espacio y la temperatura interna es significativa. Entre más alto, el aire caliente sube más fácilmente y por ende la temperatura del aire confortable en la franja del usuario es menor. Para zonas frías deben trabajarse espacios de menor altura, con la finalidad de mantener el aire interior a una temperatura más constante y

cálida. Por lo tanto para el pp-SA, se recomiendan una altura mínima de piso a cielo de 2,5 a 2,4 metros (ver Fig. 8.4.3).

En climas fríos, como lo es el piso Subalpino, resulta adecuada una mayor compacticidad de la edificación para limitar el intercambio térmico con el exterior. El espaciamiento múltiple la mejor manera de preservar el calor, ya que a menor volumen mayor facilidad de calentar el espacio interno (ver Fig. 8.4.4). En viviendas de mayor ocupación, la forma compacta puede resolverse más fácilmente con una estructura de dos niveles.

Los métodos de análisis para este piso altitudinal establecen superficies acristaladas entre un 25% y un 40%, esto con el fin de captar radiación solar. Como medida de renovación del aire, se plantea ventanería móvil no más del 10% del piso, mínimo establecido en el Reglamento de Construcción, para evitar las pérdidas de calor por disipación. Cada espacio compacto para hacer efectiva la renovación del aire interior, debe tener de profundidad la altura del espacio por 1,5; es decir espacios de 3,75 metros de largo. Se debe de considerar también la protección contra lluvias, sin que ésta se interponga a la captación solar y buscando ubicar las aberturas a sotavento de los vientos predominantes (ver Fig. 8.4.5).

En cuanto a las divisiones interiores, se recomienda crear paredes internas que permitan zonas independientes de calefacción, para el correcto acondicionamiento de los espacios habitables. Si bien un interior abierto es útil para a ventilación en climas cálidos, en climas fríos debe asegurarse la posibilidad de que todas las aberturas y divisiones puedan cerrarse para controlar la estratificación del aire y mantener zonas de calor separadas. Los cerramientos horizontales en viviendas de varios niveles, deben ser diseñados de forma hermética para que el calor acumulado en un espacio no suba o baje a través del mismo. Se recomienda la utilización de materiales captadores de calor en envolventes horizontal inferior e intermedia, con el fin de reforzar la distribución adecuada de la temperatura.

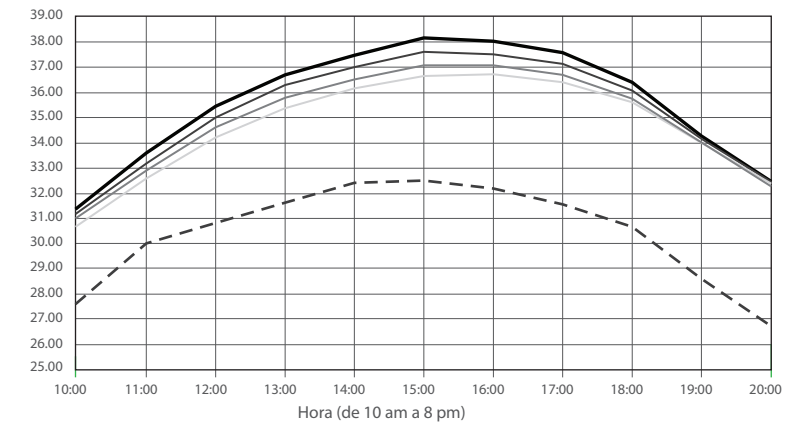


Fig. 8.4.3 Variación de la temperatura en función de la altura (modificado por autores).



Fig. 8.4.1 Configuración del espacio inferior (elaborado por autores). a. Espacio inferior nulo, posado directamente sobre el suelo. b. Espacio inferior libre, levemente elevado

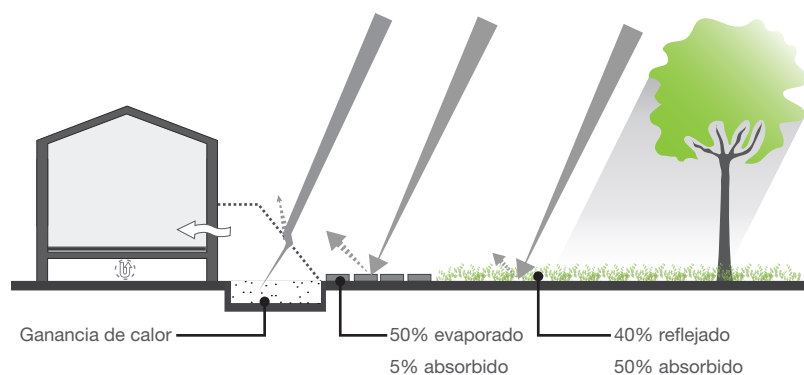
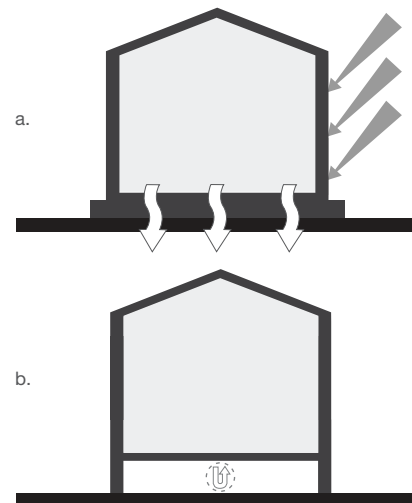


Fig. 8.4.2 Propiedades de la superficie del suelo y sus implicaciones en el espacio inferior del edificio. Para estas zonas de vida necesario mantener la vegetación prudencial del espacio habitable para permitir la captación solar y evitar que la humedad del ambiente no incida negativamente en los materiales. Materiales pétreos pueden ser útiles para estrategias de ganancia de calor (elaborado por autores).

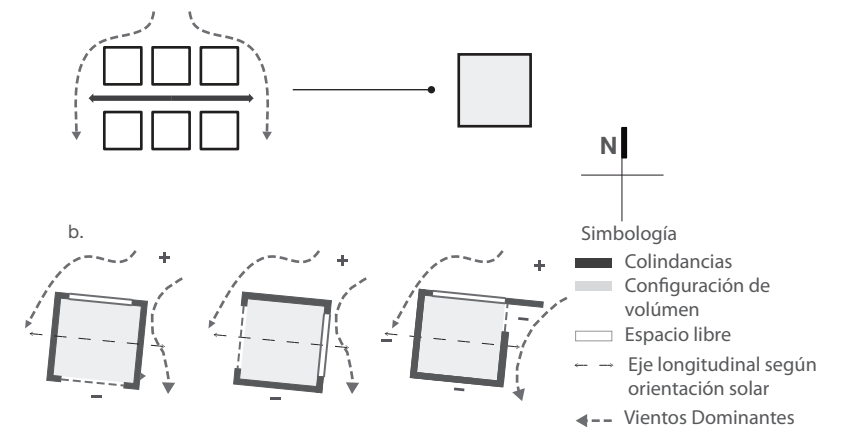


Fig. 8.4.4 Configuración óptima en planta para el Zonas de Vida de piso Subalpino (elaborado por autores):

- a. Espaciamiento y forma.
- b. Posibilidades configuración según posibles colindancias.

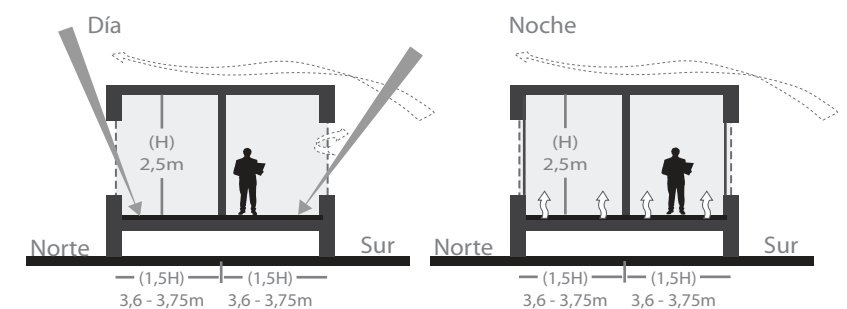


Fig. 8.4.5 Corte diagramático del espaciamiento compacto para las zonas del Piso Subalpino. La ventilación de los espacios debe de ser controlada. Las entradas del aire única, preferiblemente a sotavento. Las ventanas se deben de configurar como elementos que permitan la captación de radiación durante el día y que eviten pérdidas de calor durante la noche (elaborado por autores).

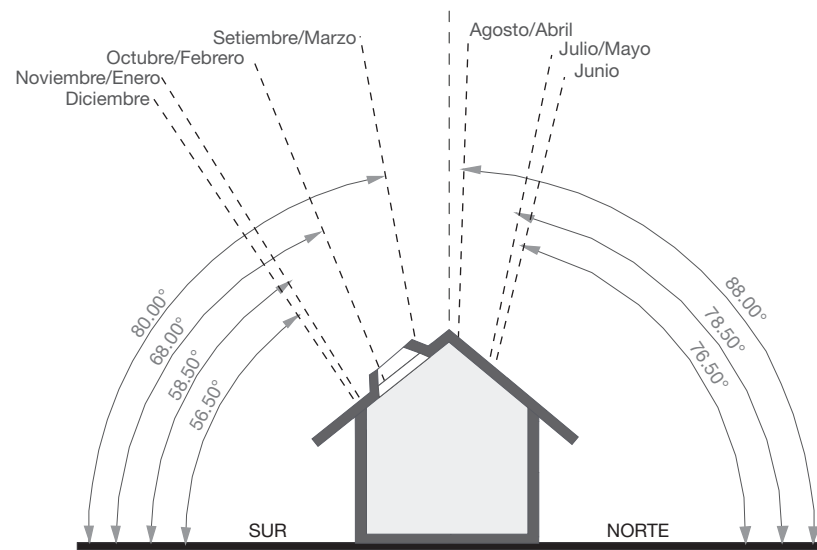


Fig. 8.4.6 Gráfico configuración de cerramiento superior. Corte transversal con trayectoria solar de todo un año. Ángulos de altitud solar del 1° de cada mes a las 12:00 mediodía (elaborado por autores).

Fig. 8.4.7. Ejemplos de configuración del espacio superior efectivos para el bosque Subalpino (elaborado por autores).

Figura a. Configuraciones que propician la captación de calor por estrategia de tramitancia y aislamiento resistivo ejemplos:

a.1. Cubierta con lucernarios o tragaluces.

a.2. Cubierta elementos translúcidos.

Figura b. Configuraciones que propician la conservación de calor interno por estrategia de aislamiento resistivo:

b.1. Cámara de aire (también ver cubierta hermética y cubiertas verdes).

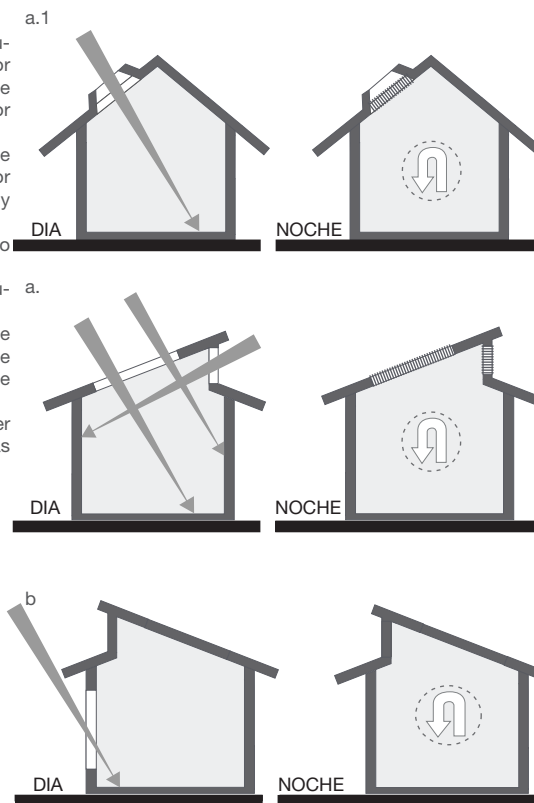
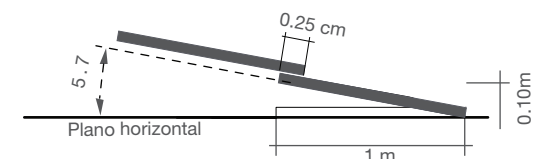


Fig. 8.4.8. Gráfico de absorción de calor del cerramiento superior, según su inclinación con respecto al sol. Cada 10° de inclinación del plano del cerramiento horizontal superior, representa de 10% a 15% de menor ganancia de calor por radiación aproximadamente. Traslape aproximado según pendiente para zonas lluviosas (el traslape es inversamente proporcional a la pendiente) (elaborado por autores).



### 8.4.3 Espacio Superior

La envolvente superior recibe la mayor cantidad de radiación con respecto a las otras envolventes debido a su posición, en el caso del piso Montano las bajas temperaturas, la alta precipitación de la época lluviosa y la humedad que la acompaña exigen configurarla como un elemento que responda efectivamente a los requerimientos de éstas zonas. Como primera medida, se recomienda una envolvente con disposición este-oeste de su eje longitudinal, siguiendo la misma lógica del edificio comentada en capítulo de orientación, de manera que se disponga la mayor área principalmente hacia el sur, para que reciba mayor radiación a lo largo del año (ver Fig 8.4.6).

Si se establecen aberturas a nivel de cerramiento superior, se recomienda que si el cerramiento superior con mayor área sea dirigida hacia el sur, de esta forma recibe mayor radiación a lo largo del año. Por otro lado si el cerramiento superior no desempeña el papel de captador, sino que principalmente es aislante, la inclinación principal debe de ir hacia el norte, de forma que la cubierta no constituya barrera para la captación solar de otros elementos establecidos al sur que cumplen la función de captadores (ver Fig. 8.4.7).

El factor altitudinal es el que determina las bajas temperaturas y la gran cantidad de radiación, por otro lado su factor latitudinal provoca las fuertes lluvias que inciden sobre esta zona de vida. Conociendo éstas determinantes se deben de considerar cubiertas de configuración simple que no se auto sombreen. Tomando que por cada 10° de inclinación del plano de la techumbre representan entre un 10 a 15% de menor ganancia de calor (Salomón,1982 citado por Gozáles, 2009); se recomienda el uso de cubiertas planas inclinadas, de configuraciones simples e inclinación poco pronunciada de 10%, para lograr una mayor incidencia de los rayos perpendiculares del sol (ver Fig. 8.4.8).

Paralelo a la pendiente del cerramiento el traslape del material tiene una relación inversamente proporcional, para esta zona en particular se necesita un mayor traslape de materiales para que este funcione correctamente durante la época lluviosa, ya que las pendientes ideales para captación solar son muy bajas.

En el caso de los cerramientos superiores curvos la ganancia de calor por conducción es menor debido a que la radiación solar es perpendicular a la bóveda en un solo punto, sin embargo si se mantiene la orientación norte-sur establecida anteriormente puede ser utilizada como elemento captador de radiación, se recomienda que la curva sea lo menos pronunciada posible.

Tanto para cerramientos superiores curvos y los planos inclinados, es de vital importancia mejorar su funcionamiento aplicando estrategias de aislamiento resistivo que permitan estancar el aire en el interior del espacio, para evitar la pérdida de calor hacia el exterior. En el caso de superficies translucidas incorporar sistemas de aislamiento temporales utilizables durante la noche, así como evitar infiltraciones y pérdidas por marcos o hendiduras. Otra estrategia de vital importancia es fomentar la captación calórica, como por ejemplo el uso de materiales oscuros o translucidos; éstas se discuten con mayor detalle en el capítulo de Estrategias Específicas de la envolvente superior.

Cabe mencionar que para permitir la captación solar en los elementos verticales se deben de limitar al mínimo aleros, parasoles y pantallas. En el caso de espacios anexos como terrazas o pórticos se recomienda limitar la cubierta a materiales opacos, preferiblemente móviles. Se debe de considerar la protección contra lluvias, sin que ésta se interponga a la captación solar.

En síntesis (ver Fig. 8.4.9) se debe buscar un edificio y espacios lo más compactos posible; en estos casos es común establecer una disposición de varios espacios juntos para generar un volumen de aire interno fragmentado, disminuyendo su dimensión para controlar mejor la temperatura y evitar las pérdidas de calor por aposento. La ventilación debe de ser mínima por esto se establecen las aberturas medianas y ubicadas a sotavento, de manera que el viento no incida directamente sobre los espacios habitables. También a nivel de contexto deben de establecer dispositivos de redirección de viento, procurando proteger el edificio de su influencia directa si que se obstaculice la captación de radiación solar.

Los cerramientos deben de configurarse según su función, los elementos acumuladores

se deben de exponer a radiación directa durante todo el día y localizarse en el interior del espacio para que liberen dicho calor. Los elementos de baja inercia que acumulan fácilmente el calor, deben de disponerse como cerramientos externos y estar aislados térmicamente por su cara interior para conservar el calor que ganan. Este tema se desarrollará con mayor detalle en el capítulo de estrategias específicas referente a esta zona de vida.

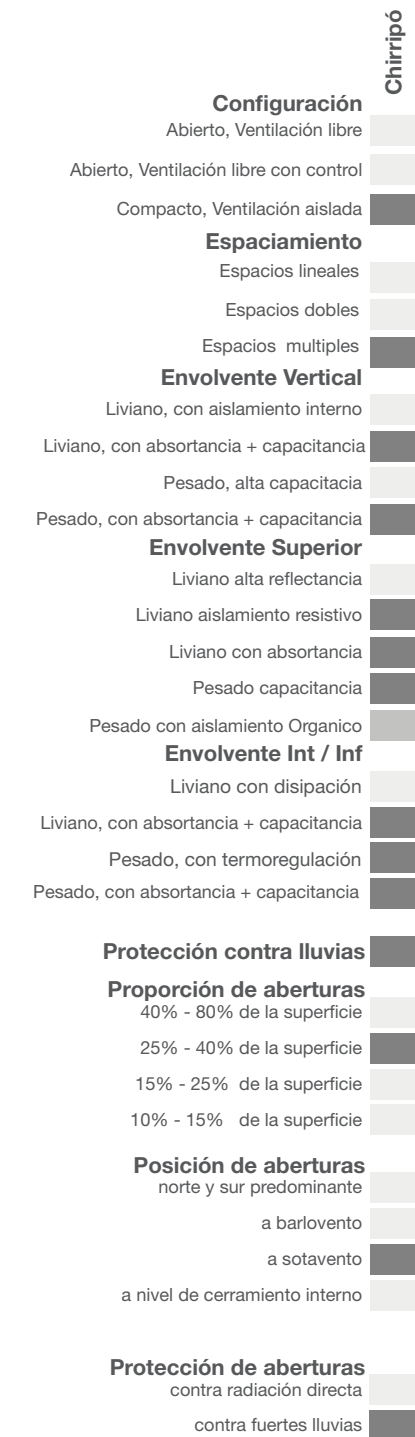


Fig 8.4.9. Gráfico de configuración espacial y elementos de cerramiento general de la vivienda para las zonas de vida del piso Subalpino (elaborado por autores).



### 8.5 Distribución Espacial

La configuración espacial se establece a partir de la definición de las necesidades por tipo de actividad según los parámetros de confort arrojados por los Climogramas de Bienestar Adaptados y la temporalidad de uso aquí establecida (ver Fig. 8.6.1 y Tabla 8.6.1)

Para las actividades de reposo, se toma el rango de 20:00 a las 8:00 horas para definir su posicionamiento espacial, ya que las demandas de confort por tipo actividad no son altas y su uso se intensifica en las horas de la noche y madrugada, donde las temperaturas caen hasta los límites más bajos de la zona, los espacios destinados a esta actividad deben de procurar el sur y el oeste, posiciones más cálidas. Por su inclinación solar, el sur, recibe más radiación con respecto al norte a lo largo del año, y por otro lado, el oeste satisface la ganancia de calor durante las horas de la tarde, para poder conservarlo para las horas de la noche.

En el caso de los espacios de estancia de carácter social relacionados a la actividad media, se toma el rango de las 8:00 a las 22:00 horas para definir su posicionamiento. Estos deben procurar el sur y oeste, la primera ubicación es donde la inclinación solar se prolonga más a lo largo del año con respecto al norte, haciéndola la más cálida, la segunda da mayor radiación durante las horas de la tarde cuando coincide con la mayoría de horas de uso de éstos espacios.

Los espacios de servicio relacionados a la actividad de intensidad alta, exceptuando la cocina, tiene un uso intermitente a lo largo del día, es por este motivo que se ubican en los puntos orientados al noreste, ya que los espacios cumplen una función de protectores contra el viento, debido a que la ventilación en estas zonas debe de ser mínima para evitar la disipación de calor interno. En el caso de la cocina se hace una excepción, ya que no solo es un lugar de servicio con amplia temporalidad de uso, sino que también por cargas internas de calor de los electrodomésticos puede aportar confortabilidad transfiriendo ese calor a los demás espacios cercanos, como por ejemplo el comedor, es por este motivo que debe ir dispuesto estratégicamente, de manera que quede en una posición central y que se interponga entre los vientos predominantes y los espacios de estancia.

Los espacios de circulación, deben de reducirse al mínimo con el fin de no tener pasillos enclaustrados internos que impidan un espaciamiento más compacto; se recomienda el uso los espacios amortiguadores como por ejemplo invernaderos adosados que cumplen la función de captadores y conductores de calor al espacio interno.

En cuanto a dimensiones se establecen relaciones específicas a nivel de altura, largo y ancho del espacio habitable y el porcentaje de aberturas con respecto al área de cerramiento vertical, cabe mencionar que tanto el área como la altura de piso a cielo se encuentran dentro de las reglamentaciones de áreas mínimas para espacios de vivienda, siendo un poco mayores ya que no solo se busca establecer espacios acordes a la ley sino que además cumplan con las relaciones aquí establecidas.

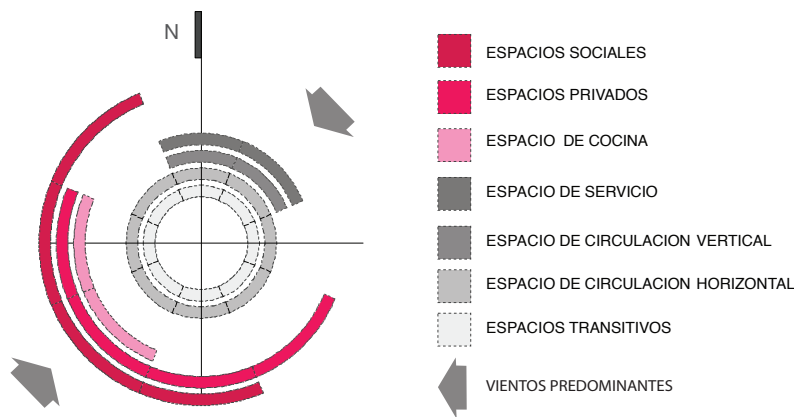


Fig 8.5.1 Gráfico de disposición espacial de la vivienda para las zonas de vida del piso Subalpino (elaborado por autores).

| ÁREA (m <sup>2</sup> )              | ALTURA (m)      | VOLUMEN (m <sup>3</sup> ) | RELACION LARGO-ANCHO (m) | RELACION ABERTURA CERRAMIENTO (%) | # pers.                |                       |                        |                        |                       |                        |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
|                                     |                 |                           |                          |                                   | 12:00 p.m. a 4:00 a.m. | 4:00 a.m. a 8:00 p.m. | 8:00 p.m. a 12:00 p.m. | 12:00 p.m. a 4:00 p.m. | 4:00 p.m. a 8:00 p.m. | 8:00 p.m. a 12:00 a.m. |
| SALA                                | 7               | 16,8                      | 1:1.2                    | 20%-40% (de área de la pared)     |                        |                       |                        |                        |                       | 5                      |
| COMEDOR                             | 7,5             | 18                        | 1:1.2                    |                                   |                        |                       |                        |                        |                       | 6                      |
| ESTUDIO                             | 5               | 12                        | 1:1.25                   |                                   |                        |                       |                        |                        |                       | 2                      |
| DORMITORIO PRINC. / DORMITORIO SEC. | 10 / 8,10       | 24 / 19,44                | 1:1.45 / 1:1.3           |                                   |                        |                       |                        |                        |                       | 2 / 2                  |
| COCINA                              | 5,5             | 13,2                      | 1:1.2                    | 10% (de área de piso)             |                        |                       |                        |                        |                       | 2                      |
| CUARTO DE PILAS                     | 3,6             | 8,64                      | 1:1.4                    |                                   |                        |                       |                        |                        |                       | 2                      |
| BAÑO                                | 4,1             | 6,24                      | 1:1.25                   |                                   |                        |                       |                        |                        |                       | 1                      |
| GARAGE                              | 14,3            | 34,32                     | 1:2.1                    |                                   |                        |                       |                        |                        |                       | -                      |
| CIRCULACIÓN                         | ancho mín. 1,2m |                           | ancho mín. 1,2m          |                                   |                        |                       |                        |                        |                       | -                      |
| ESP. AMORTIGUADOR                   | -               | -                         | -                        | -                                 |                        |                       |                        |                        |                       | -                      |

Tabla 8.5.1 Tabla de áreas, volúmen, relaciones y temporalidad de los espacios habitacionales para las zonas de vida del piso Subalpino (elaborado por autores).

### 8.6 Protocolo para la Escogencia de Especies Vegetales

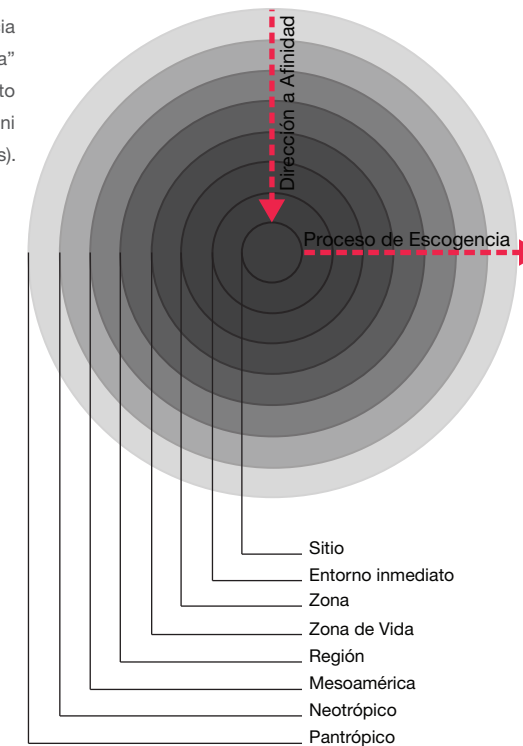
La vegetación puede ser considerada como parte del proceso de diseño, aprovechando los beneficios que aporta al clima local, ya que moderan los niveles de humedad, absorben, obstaculizan, reflejan y transmiten la radiación solar, dan sombra y direccionan el viento, así como también amortiguan el frío excesivo.

La escogencia de cada especie vegetal debe responder primeramente a una necesidad climática-arquitectónica. De ésta forma las especie debe cumplir una lista de características y requerimientos que se necesitan para poder llevar a cabo su función como estrategia bioclimática en cada proyecto.

Se tomó el "Círculo de Escogencia por Afinidad Ecológica" elaborado por el arquitecto costarricense Alberto Negrini Vargas (ver Fig. 8.6.1). Como punto de partida, se recomienda utilizar especies encontradas en cada sitio; en caso de que ninguna sirva para la función necesitada, se deberá de buscar en el entorno inmediato. Dicho proceso se repite hasta llegar a el grupo de plantas del Pantrópico. Al escoger una planta siguiendo este protocolo de escogencia, se garantiza que cada especie utilizada se adaptará plenamente al entorno donde se introduzca y funcionará de manera integral con el contexto.

En este piso altitudinal los vientos fluyen sin obstáculos a altas velocidades por lo que es necesario protegerse de la ventilación. Además posee altos índices de radiación solar y bajas temperaturas, por lo que conservar el calor en el interior toma un segundo plano. Dichas condiciones climáticas, identifican dos pautas como usos principales de la vegetación dentro de la arquitectura en el Páramo.

Fig 8.6.1 "Círculo de Escogencia por Afinidad Ecológica" elaborado por el arquitecto costarricense Alberto Negrini Vargas (modificado por autores).

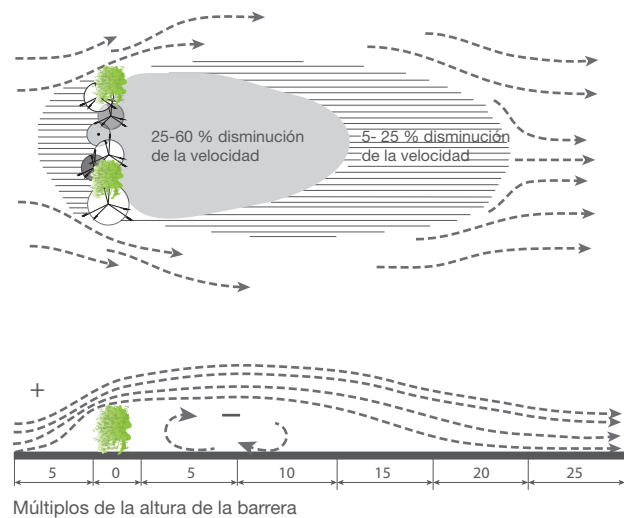


Observaciones:

-Es importante aclarar que las especies recomendadas en este documento, son ejemplos no exhaustivos a utilizar.

-Algunas especies recomendadas no sólo cumple como estrategias bioclimáticas sino que también fueron escogidas por su belleza paisajística, sus beneficios ambientales, por brindar frutos, floración y por atraer animales.





Como se dijo anteriormente, este piso altitudinal se ubica en las partes altas de la Cordillera de Talamanca, en elevaciones de 2700 a 3820msnm. Los cambios bruscos de temperatura en un mismo día, provocan que la vegetación de altura requiera adaptarse a las duras condiciones climáticas. Ejemplo de estas adaptaciones es la presencia de “pelos”, como una medida para protegerse del intenso frío, así como la abundancia de pigmentos rojizos en las hojas coriáceas (duras) para proteger los tejidos jóvenes contra la radiación solar. La vegetación está constituida principalmente de hierbas y arbustos de hojas pequeñas y de baja estatura. Abundan los bambúes enanos, así como gramíneas, ciperáceas, helechos y varios tipos de pasto.

### 8.6.1 Control de Vientos

A diferencia de los otros pisos altitudinales, el páramo subalpino no requiere de ventilación cruzada en los espacios internos. Al no contar con árboles; la barrera vegetal es el mejor ejemplo como medida para la protección contra vientos dominantes (ver Tabla 8.6.1). La Chusquea es la hierba bambusoide más común y predominante en zonas de páramo como lo es el Cerro de la Muerte y el Cerro Chirripó. Como estrategia bioclimática para la protección contra vientos es la hierba que se recomienda, ya que crece de 1 a 3 metros de altura, formándose en poblaciones muy densas y homogéneas. De acuerdo a la orientación según vientos, en dicho piso altitudinal no hay una dirección de corrientes dominantes, por lo que se debe hacer un estudio en cada sitio para ubicar estas barreras vegetales sin bloquear la captación de calor por radiación solar.

El grado de protección contra vientos depende en gran medida de la altura, la longitud y la densidad de la barrera. En este caso, la Chusquea puede proporcionar una sombra de viento hasta 15 veces la altura de la especie vegetal (ver Fig. 8.6.2). Se debe tomar en cuenta que a mayor altura, mayor es la protección. La sombra del viento es mayor si la barrera constituye tan sólo una hilera de vegetación, pues la densidad de una barrera afecta directamente la longitud de la sombra de viento. Barreras muy densas o sólidas reducen mucho la velocidad del viento, inmediatamente después de la obstrucción; pero la velocidad se recupera

rápido, creando zonas de turbulencia y describe una sombra de viento pequeña, es decir, una zona de protección restringida (García, 2005).

Las barreras menos densas con más penetrabilidad, dejan pasar algo de aire a través de ellas; con esta filtración la velocidad del aire en el lado a sotavento no es tan reducida como en el caso de las obstrucciones densas; pero la zona de protección es mucho mayor reduciéndose sustancialmente la turbulencia (ver Fig. 8.6.2). Cuando se cuenta con barreras menos densas, se debe evitar las infiltraciones de aire frío a través de grietas en la envolvente vertical. Este fenómeno se da debido a la presión del viento y a la temperatura desigual entre el interior y el exterior del volumen (ver reducción de infiltraciones y exfiltraciones en pautas específicas).

### 8.6.2 Conservar calor

Como estrategia para el aislamiento resistivo, se busca mantener calor en el interior de los espacios por medio de cubiertas verdes (ver Tabla 8.6.2). Su principio funciona estancando el aire en el interior del espacio para evitar la pérdida de calor ganado por medio de otras estrategias aplicadas (ver detalles en pautas específicas).

Las cubiertas verdes se utilizan tanto en climas fríos como en cálidos, ya que ayuda a mantener la temperatura interior. En las zonas con características de páramo, las cubiertas verdes cumplen la función de calentar, almacenando el calor en el interior. Propician un aislamiento excelente, plantas entre 20 y 40 cm de altura retienen el aire caliente pudiendo evitar hasta en un 50% la pérdida de temperatura por convección del edificio. La vegetación junto con la tierra moderan las variaciones de temperatura en los ambientes de la vivienda (ver Fig. 8.6.3). Si bien en nuestro país no son utilizados con frecuencia, este ejemplo tiene tradición nórdica caracterizados por su clima frío. En Islandia, las casas con césped en la envolvente superior funcionan de tal manera como acumuladores de calor que en pleno invierno pueden permanecer calientes sin necesidad de una calefacción artificial, sólo con el calor humano se consigue una temperatura ambiente agradable.

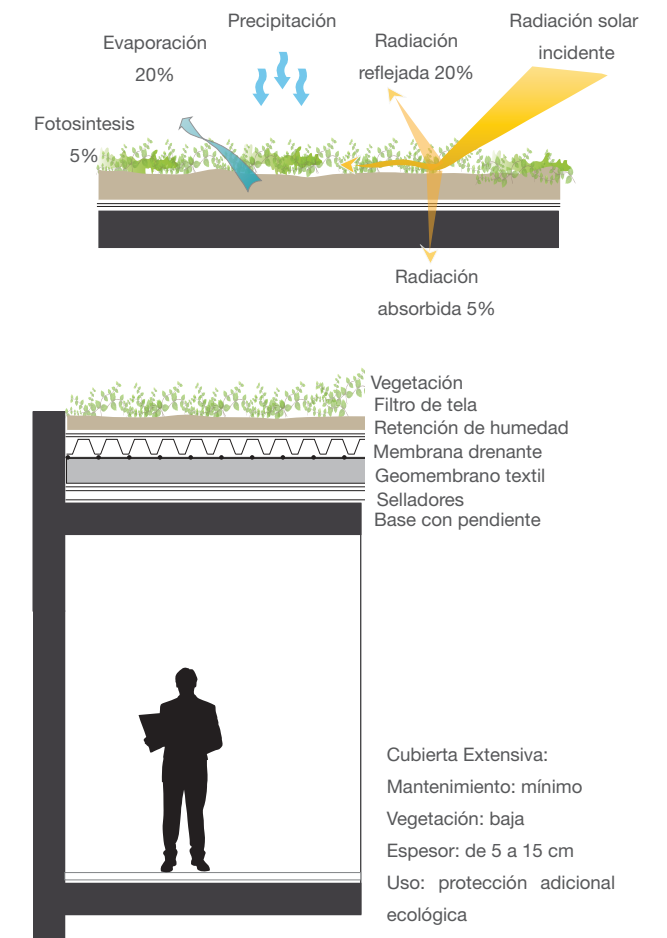


Fig. 8.6.2 Sombra de viento causada por barreras (elaborado por autores).

Fig. 8.6.3 Composición y acciones climáticas de la cobertura vegetal (elaborado por autores).

|                     |  |  |
|---------------------|--|--|
| Pauta:              | Control de Vientos   |  |
| Ejemplos:           | Pantallas a 1,3m, un nivel y 2 niveles<br>Barreras redireccionadoras de viento |  |
| Características:    | Siempre Verde<br>Resistentes al viento<br>Denso                                |  |
| Condicionantes:     | Sistema de riego   |  |
| Especies Sugeridas: | <b>Nombre Común</b><br>Chusque (barrera)                                       | <b>Nombre Científico</b><br>Chusquea subtessellata |

Tabla 8.6.1 Protocolo de escogencia para el Control de Vientos (elaborado por autores).

|                     |  |
|---------------------|--|
| Pauta:              | Conservar Calor  |
| Ejemplo:            | Cubiertas Verdes<br>(aislamiento orgánico)                                   |
| Características:    | Siempre Verde<br>Resistente a la radiación directa                           |
| Condicionantes:     | Sistema de riego y drenaje eficiente<br>Buena impermeabilización y aislantes |
| Especies Sugeridas: | musgo, pasto, líquenes y helechos  |

Tabla 8.6.2 Protocolo de escogencia para Conservar Calor (elaborado por autores).

# Capítulo 9



**IPAUTAS ESPECÍFICAS SI**  
GUÍA DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SEGÚN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

**Absortancia:** Propiedad de un material que determina la cantidad de radiación incidente que puede absorber. Representa en sí la fracción de radiación incidente que es absorbida por un material, con valores que van de 0.0 a 1.0 determina la cantidad de radiación incidente que puede absorber.

**Aislamiento:** control del flujo calorífica (Szkolay, p.44).

**Aislamiento Capacitivo:** Capas de materiales de alta capacidad térmica (Elevada masa térmica) afectan no solamente la magnitud del flujo de calor, sino también su tiempo de transferencia. (Szkolay, p. 47).

**Aislamiento Conductivo:** Mediante materiales aislantes, reduce el ritmo de transmisión de calor a través de los cerramientos, y es eficaz cuando hay grandes diferencias entre el interior y exterior. (Neila, p. 338)

**Aislamiento Convectivo:** Se trata de cámaras de aire ventiladas, se utiliza en lugares con elevada carga solar, donde se desee romper la onda térmica entre el exterior irradiado y el interior. (Neila, p. 338)

**Aislamiento Radiante:** Evita que las superficies se calienten al reflejar la energía radiante que llega a ellas, en lugar de absorberla. (Neila, p. 338)

**Aislamiento Orgánico:** En forma de vegetación activa, absorbe la radiación solar y la invierte en procesos de fotosíntesis. (Neila, p. 338)

**Aislamiento Resistivo:** Utiliza el aire como aislante primordial puesto que tiene el menor índice de conductividad térmica: 0,025Wm/K, siempre y cuando se encuentre estanco y en reposo. (Szkolay, p. 45)

**Auto-ventilación:** se da cuando el aire al calentarse pierde densidad y sube, siendo sustituido por aire fresco en la franja del usuario. Se basa en la estratificación del aire.

**Calor:** Forma de energía como movimiento molecular.

**Capacitancia:** La capacitancia se define como la relación entre el calor entregado a una sustancia y la variación de temperatura producida. (Valdivia, p.54)

**Captación directa:** La energía penetra en el edificio en el mismo momento en el que incide sobre su envoltura exterior. (Neila, p307)

**Captación indirecta o retardada:** Entre el momento en el que se recibe la energía y en el que se aprovecha, se da un periodo prolongado, como consecuencia de una acumulación previa. (Neila, p307)

**Conducción:** La conducción es el método de transmisión de energía térmica interna en los cuerpos sólidos puestos en contacto. El calor transmitido se dirige de las moléculas con energía más elevada a las de menor temperatura. (Neila, p. 334)

**Conductividad-resistividad térmica:** Velocidad a la cual se propaga el movimiento molecular a través del material. Cuanto más baja es la conductividad, mejor aislante es el material, y por ende tendrá mayores niveles de resistividad.

**Convección:** El calor se transmite por un medio portador (gas o líquido usualmente). Puede autogenerarse por diferencias de temperatura. La transferencia por convección depende de la diferencia de temperaturas, la velocidad del medio portador y el calor específico del medio portador.

**Emitancia:** El coeficiente de emitancia expresa la cantidad de calor disponible que será emitido (en relación con el "cuerpo negro", para el cual  $e=1$ ). Su valor es el mismo de la absorbancia, siempre y cuando se trate de la misma longitud de onda de radiación. (Koenigberger y otros, p.88).

**Enfriamiento Conductivo:** Se produce cuando los cuerpos pierden calor por conducción.

**Enfriamiento Convectivo:** Se alcanza empleando directamente masas de aire frío. (Neila, p. 331)



**Enfriamiento Evaporativo o Adiabático:**

Utiliza parte de la temperatura sensible del aire y de los paramentos para evaporar agua. Energía que se mantiene en el ambiente en el calor de vaporización necesario para este proceso y que se recupera cuando se invierte el fenómeno. (Neila, p.320).

**Enfriamiento Radiante:** Cuando el sistema de enfriamiento reduce realmente la cantidad de energía de un ambiente se denomina enfriamiento sensible, y requiere de un foco frío cuya temperatura este suficientemente por debajo de la que se pretende conseguir. Los tres sumideros que reúnen estas condiciones son la bóveda celeste que nos cubre (enfriamiento radiante), el terreno que nos soporta (enfriamiento conductivo) y el aire que nos envuelve (enfriamiento conductivo). (Neila p.322)

**Flujo Calorífico:** La energía calorífica tiende a distribuirse hasta conseguir formar un campo térmico uniforme perfectamente difundido. Tiende a fluir de las zonas de temperatura alta a las de temperatura baja, por alguno o por todos los siguientes sistemas: conducción, convección, radiación (Koenigberger y otros, p.84)

**Inercia:** Dificultad que ofrecen los cuerpos para cambiar el estado en el que se encuentran. (Neila, p. 365)

**Inercia Térmica:** Dificultad que ofrece un cuerpo a cambiar su temperatura, presenta una vinculación directa con la acumulación de energía, que se utiliza como colchón protector ante las fluctuaciones de la temperatura exterior. (Neila, p. 338)

**Infiltraciones:** Entrada de aire desde exterior por fenómenos o usos en principio no considerados, pero que afectan o son asumidos para la ventilación, por ejemplo, rendijas en puertas o difusión a través de determinadas superficies. (Valdivia, p.64)

**Masa Térmica:** Elementos con un espesor considerable y un gran calor específico volumétrico, así como una conductividad moderada, digamos entre 0.5 y 2.0 W/m°C, generan lo que se conoce como efecto de masa térmica. Tienen la cualidad de absorber la energía calórica y distribuirla gradualmente en su estructura interna, ya que requieren una gran cantidad de energía para aumentar su temperatura.

**Puentes Térmicos:** Se consideran puentes térmicos las zonas de la envolvente del edificio en las que las pérdidas de calor son superiores al resto de la zona en la que se encuentra. Pueden ser debidos a la geometría, fallos en la ejecución y la reducción o ausencia de aislamiento en los encuentros entre distintos elementos de la construcción. (Valdivia, p.63)

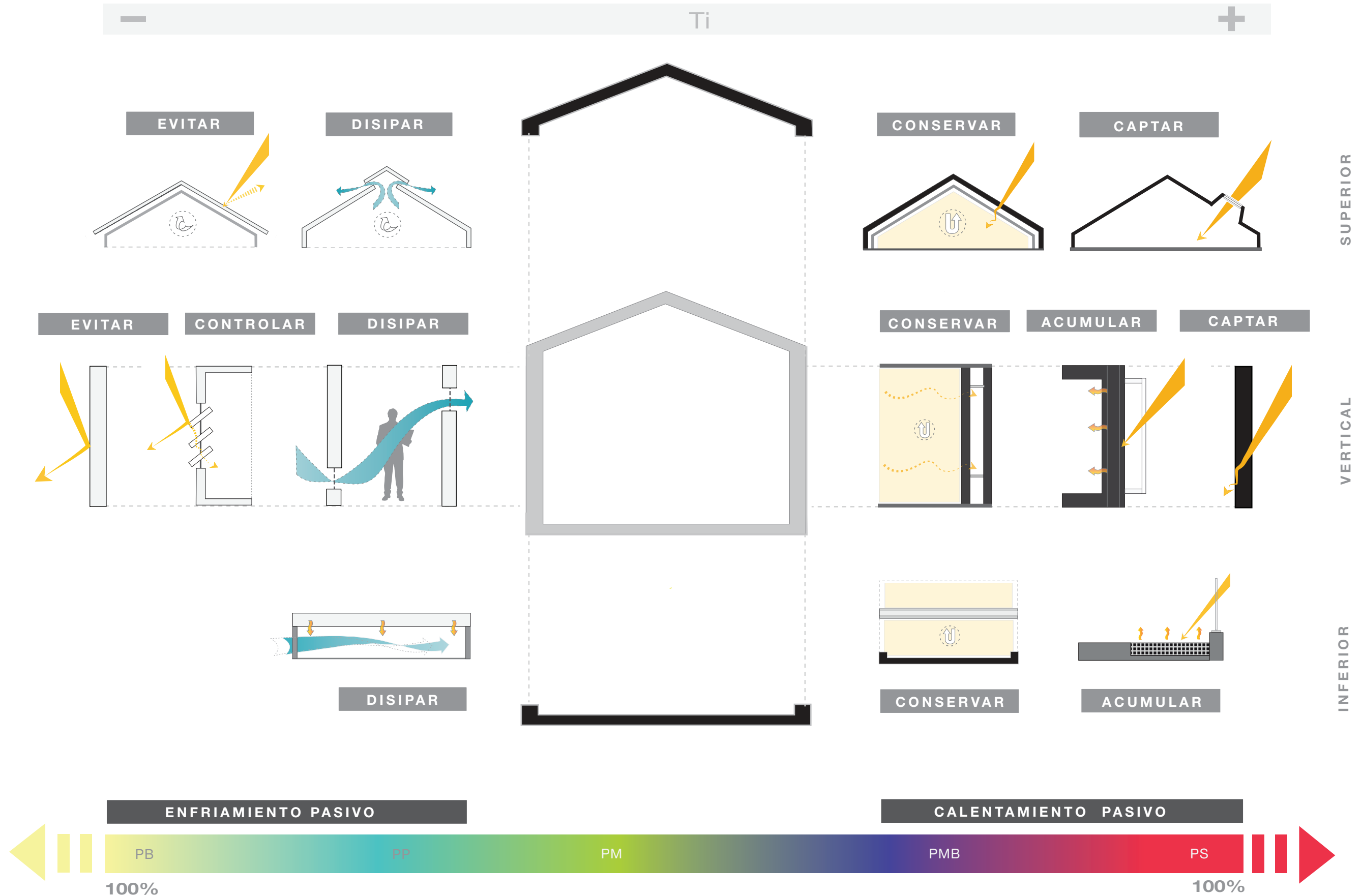
**Radiación:** En la transferencia calorífica por radiación, el flujo de calor depende de las temperaturas o de las superficies emisora y receptora, y de ciertas calidades de estas superficies (la Emitancia y la Absortancia). Puede ser parcialmente absorbida y parcialmente reflejada, la suma de estas dos componentes siempre es 1. (Koenigberger y otros, p.88).

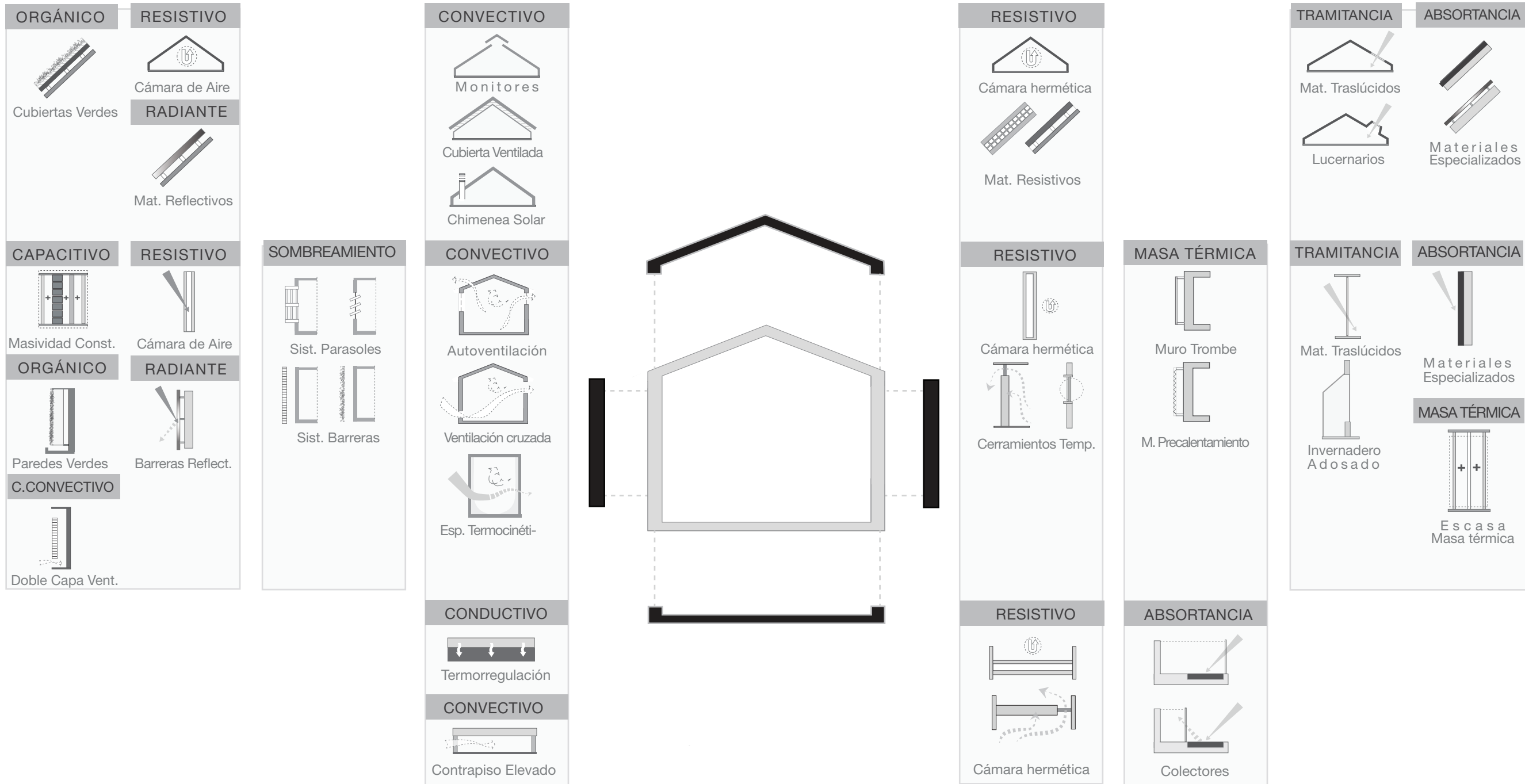
**Reflectancia:** Representa la fracción de la radiación incidente que es reflejada por una superficie. En términos generales la reflectividad se considera una propiedad direccional, ya que además de la longitud de onda, depende de la dirección de la radiación incidente y de la dirección de la radiación reflejada.

**Transmitancia:** Se trata de la cantidad de energía que atraviesa un cuerpo en la unidad de tiempo.

**Ventilación:** El término ventilación es usado para tres procesos totalmente diferentes con tres propósitos totalmente diferentes:

1. Suplir aire fresco para remover olores, CO2 y otros contaminantes
2. Remover calor interno cuando  $T_e < T_i$
3. Promover la disipación del calor de la piel.







| Conceptos básicos  |                       |                             |                        |
|--------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|
| Emanar Calor<br>   | Radiación Directa<br> | Desfase<br>                 | Convección de Aire<br> |
| Disipar Calor<br>  | Irradiación<br>       | Proceso de Fotosíntesis<br> | Aire Estancado<br>     |
| Flujo de Calor<br> |                       |                             |                        |

| ENVOLVENTE INFERIOR  |   |   |                                 |   |
|--|---|---|---------------------------------|---|
| DISIPAR CALOR  |   |   |                                 |   |
| Estrategia   | Principio   | Ejemplos  | Aplicación por Piso Altitudinal | Págs  |
| ENFRIAMIENTO CONDUCTIVO  | Cuando dos superficies entran en contacto, la energía calorífica busca el equilibrio entre ambas. El elemento con mayor temperatura (entrepiso) tiende a ceder su calor al elemento con menor temperatura (tierra). | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Contrapiso Sobrepuesto / Contrapiso Sobrepuesto con canales ventilados.</li> <li>2. Hundimiento del Contrapiso</li> <li>3. Enfriamiento por conductos subterráneos</li> </ol> |                                 | <p>Págs 211</p> <p>Págs 212</p> <p>Págs 213</p> |
| <b>Contacto</b><br>Las superficies buscan equiparar Temperatura. |   |   |                                 |   |
| ENFRIAMIENTO CONVECTIVO  | El aire que circula por el espacio comprendido entre la superficie del suelo, y el entrepiso disipa el calor emitido por el elemento constructivo.  | 1. Contrapiso elevado.  |                                 | Págs 214  |
| <b>Disipar</b><br>El aire emitido por el entrepiso .             |   |   |                                 |   |

| ACUMULAR CALOR   |  |   |                                 |                                 |
|--|--|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Estrategia   | Principio  | Ejemplos  | Aplicación por Piso Altitudinal | Págs                            |
| ACUMULACIÓN POR ABSORTANCIA  | El calor captado a través de elementos traslúcidos es acumulado en el contrapiso, el cual debe tener la suficiente absorción para que el retardo de su posterior emisión abarque las horas críticas (cuando desciende la temperatura del ambiente) | 1. Acumulación por colectores   |                                 | Págs 215                        |
| <b>Desfase</b><br>de calor acumulado por la envolvente inferior.   |  |   |                                 |                                 |
| CONSERVAR CALOR  |  |   |                                 |                                 |
| Estrategia   | Principio  | Ejemplos  | Aplicación por Piso Altitudinal | Págs                            |
| AISLAMIENTO RESISTIVO (Aumentar Resistencia)   | Utilizar en el interior del elemento inferior aire como aislante, dada su alta resistencia térmica, evita la pérdida de calor hacia el exterior u otros espacios.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cámara de aire</li> <li>2. Reducción de Puente Térmico</li> </ol> |                                 | <p>Págs 217</p> <p>Págs 218</p> |
| <b>Estancar</b><br>el calor en el espacio interno mediante la utilización de materiales con baja conductividad |  |   |                                 |                                 |

9.2.1 DISIPAR  
calor

ENFIRAMIENTO  
CONDUCTIVO

Cuando dos superficies entran en contacto, la energía calorífica busca el equilibrio entre ambas. El elemento con mayor temperatura (entrepiso) tiende a ceder su calor al elemento con menor temperatura (tierra).

## 1. Contrapiso Sobrepuesto

Colocar el nivel de piso de la vivienda directamente sobre el suelo es recomendable para evitar la ganancia térmica al interior de la edificación y en la franja del usuario, esto por cuanto la energía calorífica busca el equilibrio entre las superficies en contacto, y, al poseer la tierra menor temperatura, el espacio interno le cederá calor en busca de equilibrio (ver Fig. 9.2.1). Por ejemplo, un contrapiso de concreto de 20 cm de espesor colocado directamente sobre el suelo, puede contribuir a retardar la transferencia de calor aproximadamente 6 horas.

Consideraciones:

Se recomienda la utilización de un impermeabilizante y concreto pobre para sellar y evitar la entrada de humedad por el efecto de capilaridad en la época lluviosa.

### 1.1 Contrapiso Sobrepuesto con Canales Ventilados

Para complementar la función del aislamiento por sobreposición pueden utilizarse elementos permeables con espacios por los cuales pueda circular el aire. Estos espacios deben estar colocados sobre el nivel de suelo, dispuestos hacia el exterior, con el propósito de que la brisa fresca entre y recorra de un lado al otro la envolvente inferior de la vivienda.

Para esto pueden utilizarse elementos como bloques de concreto, entramados de madera, ladrillo u otros (ver Fig. 9.2.2).

Consideraciones:

| Piso Basal                 |   | Piso Premontano              |   |
|----------------------------|---|------------------------------|---|
| Bosque seco tropical       | ✓ | Bosque húmedo premontano     | ✓ |
| Bosque húmedo tropical     | ✓ | Bosque muy húmedo premontano | ✓ |
| Bosque muy húmedo tropical | ✗ | Bosque pluvial premontano    | ✓ |

\*No se recomienda su aplicación en el Bmh-Tdebid a las características de topografía, precipitación y humedad, que lo hacen propenso a inundaciones.

Se recomienda la utilización de cedazos y cierto tipo de plantas alrededor de las paredes para evitar la entrada de polvo e insectos en la época seca.

Debe tomarse en cuenta que sobre los canales es necesario colocar un contrapiso que colabore en la función aislante, por ejemplo: un elemento de concreto de 20 cm de espesor puede retardar la transferencia de calor aproximadamente 6 horas.

En un contrapiso colocado a la altura del suelo, los canales se deben encontrar a un mínimo de 15cm sobre el suelo para evitar filtraciones de agua por lluvia.

Los canales deberán tener una pendiente de un 1% mínimo, de forma que facilite la evacuación del agua que pueda introducirse en ellos.

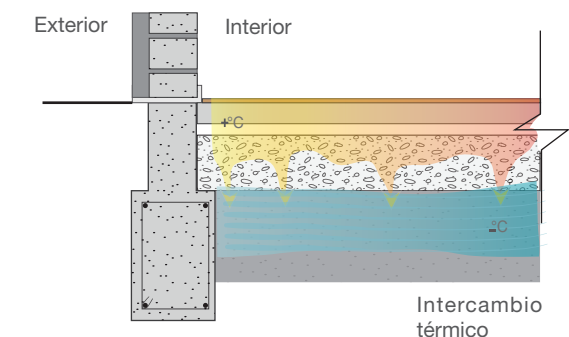
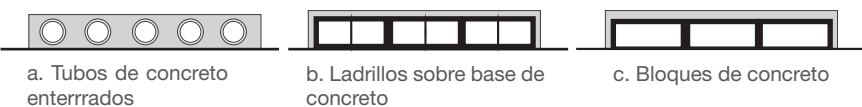


Fig. 9.2.1. Funcionamiento del contrapiso sobrepuesto. El elemento más caliente cede energía al más fresco en busca de equilibrio (elaborado por autores).

Fig. 9.2.2. Ejemplos de elementos utilizados como canales ventilados (elaborado por autores).



a. Tubos de concreto enterrados

b. Ladrillos sobre base de concreto

c. Bloques de concreto

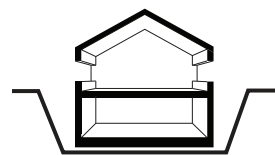
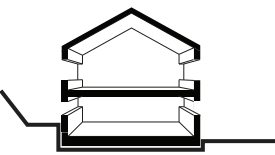
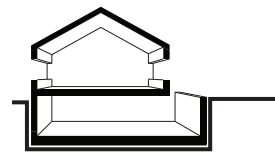
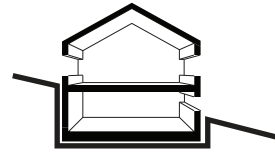
9.2.1 DISIPAR calor

ENFIRAMIENTO CONDUCTIVO

Cuando dos superficies entran en contacto, la energía calorífica busca el equilibrio entre ambas. El elemento con mayor temperatura (entrepiso) tiende a ceder su calor al elemento con menor temperatura (tierra).

## 2. Aislamiento por Hundimiento

El hundimiento conlleva dos fenómenos, uno de ellos es el de la amortiguación en la variación de las temperaturas y otro es el retardo de la temperatura interior respecto a la exterior, lo que la convierte en un posible aislante al enterrarse el nivel de piso. En la figura 9.2.3 se ejemplifican algunas tipologías de hundimiento del nivel de piso.



En estos casos, es necesario mencionar que el cerramiento vertical debe retirarse del corte del terreno para evitar el contacto directo con el mismo y por ende la humedad, además se recomienda un sellador impermeabilizante que proteja de la misma (ver Fig. 9.2.4).

Consideraciones:

Es primordial llevar a cabo un estudio previo de

taludes que tome en cuenta las posibilidades de deslizamiento e inundación, de acuerdo a la ubicación geográfica planteada. Sin embargo, no es recomendable adherir el espacio directamente a la pendiente, a no ser que se trate de superficies rocosas, debido a los altos índices de humedad que se presentan.

Además, debe considerarse que, es posible algún nivel de disminución de luz y alta humedad relativa: éstas dependen directamente de la separación del terreno y pueden solucionarse trabajando con la inclinación del mismo y propiciando entradas de iluminación en las fachadas expuestas.

Sin embargo, si se trabaja correctamente la relación del espacio construido con el talud, puede obtenerse sombreado efectivo por las características del mismo, controlando el ingreso de radiación al espacio.

Tomando en cuenta las condiciones anteriores, se debe evaluar las zonas de la vivienda en las que se aplicará el aislamiento, por ejemplo se puede emplear en ciertas áreas de servicios tales como estacionamientos, circulaciones y otros.

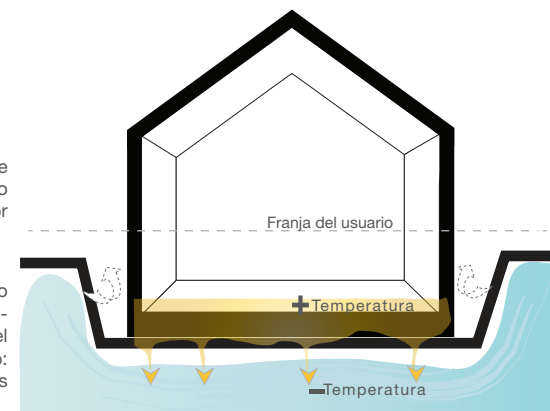


Fig. 9.2.3. Patrones de aislamiento por hundimiento existentes (elaborado por autores).

Fig. 9.2.4. Esquema de espacio semi hundido. Se debe corroborar la relación correcta entre el talud y el elemento construido: retiro, accesos, humedad, otros (elaborado por autores).

Piso Basal

Piso Premontano

- Bosque seco tropical
- Bosque húmedo tropical
- Bosque muy húmedo tropical

- Bosque húmedo premontano
- Bosque muy húmedo premontano
- Bosque pluvial premontano

No se recomienda Bmh-T debido a los problemas de inundaciones o precipitaciones que puedan presentarse. En el caso de que exista un espacio enterrado o semi-enterrado, deberá trabajarse como un elemento hermético que elimine la posibilidad de inundación, además, el acceso principal debe posicionarse en otro nivel.

9.2.1 DISIPAR calor

ENFIRAMIENTO CONDUCTIVO

Cuando dos superficies entran en contacto, la energía calorífica busca el equilibrio entre ambas. El elemento con mayor temperatura (entrepiso) tiende a ceder su calor al elemento con menor temperatura (tierra).

## 3. Conductos Enterrados

Un sistema que aprovecha la estabilidad de la temperatura del terreno es el de conductos enterrados. Si a través de un conducto enterrado se hace pasar una corriente de aire durante suficiente tiempo, el fluido alcanzará el equilibrio térmico y podrá impulsarse refrigerando al interior del edificio (ver Fig. 9.2.5).

Por ejemplo, un conducto de 30 cm de diámetro, con una longitud entre 10 y 20 m, enterrado a una profundidad de 1,5 a 2,0 m, y por el que circule aire a 2 m/s, al final de su recorrido lo impulsará a una temperatura de unos 5°C más baja de la que entró. Las limitaciones del sistema las fijan la necesidad de un espacio exterior en donde enterrar el conducto y la de un ventilador que impulse el aire a una velocidad estable. Por otro lado, la disminución de la temperatura del aire, al no ser significativa, promueve utilizar una combinación de sistemas que se complementen (Neila, 2004).

Consideraciones:

La terminal externa debe encontrarse en un área sombreada y de preferencia con vegetación.

Las cubiertas de entrada y salida deben permitir su remoción para mantenimiento. Además deben tener una protección permeable que evite el ingreso de lluvia, polvo e insectos. La salida hacia el interior debe protegerse para impedir el paso de insectos.

En el caso de utilizar sistemas activos, es necesario colocar ventilador que propicie el movimiento del aire hacia el interior del espacio.

La capacidad de enfriamiento de este sistema es reducida, por lo que normalmente se utiliza como una estrategia de apoyo a otros sistemas.

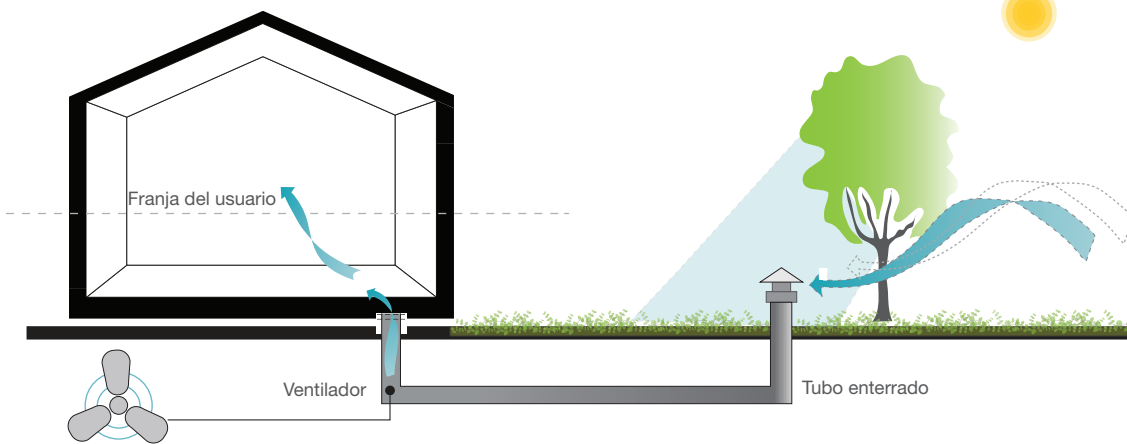


Fig. 9.2.5. Esquema de funcionamiento de conductos enterrados, en el segundo caso se incluye un sistema mixto de ventilación (elaborado por autores).

Piso Basal

- Bosque seco tropical
- Bosque Húmedo tropical
- Bosque seco tropical

Se recomienda únicamente en climas secos como el Bs-T debido al riesgo de condensación en los conductos, que pueden generar hongos.



9.2.1 DISIPAR calor

ENFRIAMIENTO CONVECTIVO

El aire que circula por el espacio comprendido entre la superficie del suelo, y el entrepiso disipa el calor emitido por el elemento constructivo.

## 1. Aislamiento por elevación

Elevar el nivel de piso permite proteger al espacio interno de inundaciones, polvo e insectos, así como, obtener mayor exposición a las brisas y por tanto a mayores velocidades de viento, que resultan provechosas para mejorar la ventilación cruzada en el interior de la edificación. Generalmente se busca crear unidades permeables al paso del aire, que combinadas con la ligereza de los otros elementos constructivos, den como resultado una construcción con baja inercia térmica (ver Fig. 9.2.6).

### 1.1 Espacio inferior NO habitable

Se genera una separación entre el suelo y el nivel de piso elevado, lo que reduce la sombra de viento y propicia que el aire que circula por el espacio generado disipe el calor emitido por el elemento constructivo. Este aire puede acceder al espacio interno por medio de aberturas en el contrapiso, o lo más cercanas posible,

contrapiso, o lo más cercanas posible, que buscan refrescar la franja del usuario.

#### Consideraciones:

Se debe de proteger el perímetro con un cerramiento permeable, que permita el paso del aire y a la vez mantenga esta área cerrada.

El cerramiento debe de ser móvil al menos en una parte para poder acceder a la cámara de aire para efectos de limpieza y control.

### 1.2 Espacio inferior habitable

En esta variación la separación entre los pilotes y el suelo permite una altura completa, y por ende un nivel entero de ventilación en el inferior, además, la elevación que por consecuencia obtiene el segundo piso le permite aprovechar mejor las brisas. Cabe resaltar que para aprovechar de mejor manera esta elevación deben plantearse aberturas, rejillas u otros elementos, en el entrepiso de la vivienda o lo más cercanas posibles, de manera que el aire entre al espacio por ellas y se sitúe en la franja del usuario, para luego subir y dar paso a la renovación.

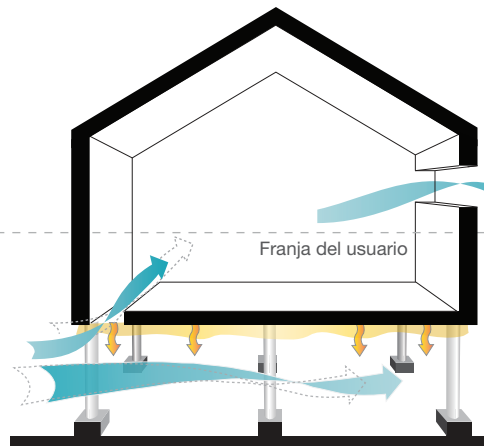
#### Consideraciones:

Permite la creación de espacios inferiores abiertos y utilizables.

Además de brindar sombra, proteger y refrescar a los espacios cercanos, aísla el espacio habitable del polvo e insectos rastreros.

Fig. 9.2.6 Esquema de ventilación con entradas de aire posicionadas en la parte mas baja y salidas de aire posicionadas en la parte más alta del edificio para facilitar la renovación del aire por diferencia de temperatura

Un claro ejemplo de esta condición se encuentra en la arquitectura vernácula del Bmh-T, donde las características del clima requieren máxima protección ante inundaciones y mayor exposición a las brisas para combatir la humedad y calor particular de la zona (elaborado por autores).



| Piso Basal               | Piso Premontano                |
|--------------------------|--------------------------------|
| Bosque seco tropical ✓   | Bosque húmedo premontano ✓     |
| Bosque Húmedo tropical ✓ | Bosque muy húmedo premontano ✓ |
| Bosque seco tropical ✓   | Bosque pluvial premontano ✓    |

9.2.2 ACUMULAR calor

ACUMULACIÓN POR ABSORTANCIA

El calor captado a través de elementos traslúcidos es acumulado en el contrapiso, el cual debe tener la suficiente absorción para que el retardo de su posterior emisión abarque las horas críticas (cuando desciende la temperatura del ambiente)

## 1. Acumulación por colectores

Los materiales que componen la envolvente inferior e intermedia, deben permitir el almacenamiento de calor que accede por la radiación solar al espacio. Las sustancias más adecuadas para acumular energía térmica son los fluidos, pues distribuyen el calor de forma uniforme gracias a los procesos de convección; entre ellos, el agua se considera el fluido más adecuado por su densidad y alto calor específico.

Sin embargo, incorporar masas líquidas en los espacios puede resultar complejo, por lo que se introduce la acumulación de calor sobre sólidos. En cuyo caso, es necesario que la radiación incida directamente en la superficie, o que el aire caliente la cubra fácilmente; además, es indispensable que tengan un coeficiente de absorción elevado y que su velocidad de calentamiento sea alta para aprovechar el comportamiento solar. Para esta tarea se recomienda la utilización de materiales pétreos, por sus cualidades termofísicas.

Estas superficies de acumulación pueden introducirse al espacio en forma de colectores internos o colectores externos.

#### Consideraciones:

Fragmentar las piezas de piedra u otros, facilita la circulación del aire entre ellas, éstas al ser relativamente pequeñas, entre 2 y 5 cm de diámetro, permiten que el sólido se caliente en su totalidad y evitan la existencias de centros fríos (Neila, 2004).

Elementos como mármol, concreto y pizarra también presentan cualidades aptas para este tipo de función.

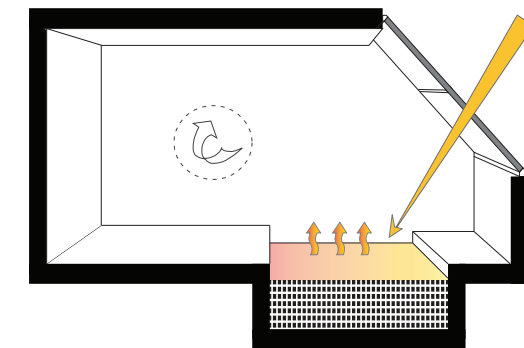
Se recomienda la utilización de colores oscuros que absorben hasta un 85% del calor.

### 1.1 Acumulación con colector en el espacio interno

Se aprovecha el calor filtrado por medio de aberturas en los cerramientos verticales dirigiéndolo directamente hacia un colector ubicado en el espacio interno, donde se almacena para las horas de mayor frío (ver Fig. 9.2.7).

Se debe utilizar un material adecuado para la envolvente horizontal o en alguna sección de la misma designada para este efecto de depósito. De forma que la envolvente horizontal trabaja como un elemento de intercambio: recibe, guarda y por último libera calor en las horas más necesarias.

Fig. 9.2.7. Esquema de acumulación de calor en suelos. Al igual que la envolvente inferior e intermedia, la envolvente vertical puede aprovecharse como elemento acumulador de calor (elaborado por autores).



| Piso Montano Bajo  | Piso Montano  | Piso Subalpino             |
|--------------------|---------------|----------------------------|
| Bh Montano Bajo ✓  | Bmh Montano ✓ | Páramo Pluvial Subalpino ✓ |
| Bmh Montano Bajo ✓ | Bp Montano ✓  |                            |
| Bp Montano Bajo ✓  |               |                            |

9.2.2 ACUMULAR calor

ACUMULACIÓN POR ABSORTANCIA

El calor captado a través de elementos traslúcidos es acumulado en el contrapiso, el cual debe tener la suficiente absorción para que el retardo de su posterior emisión abarque las horas críticas (cuando desciende la temperatura del ambiente)

## 1.2 Acumulación con colector en el espacio externo

Se trata de un sistema de captación remota que permite combinar la ganancia directa por aberturas con colectores líquidos o sólidos que acumulan calor en un área independiente del espacio a acondicionar, desde donde luego se distribuye.

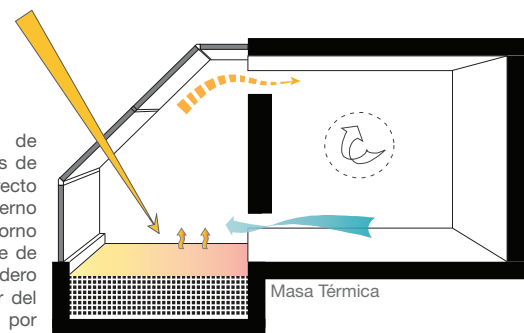
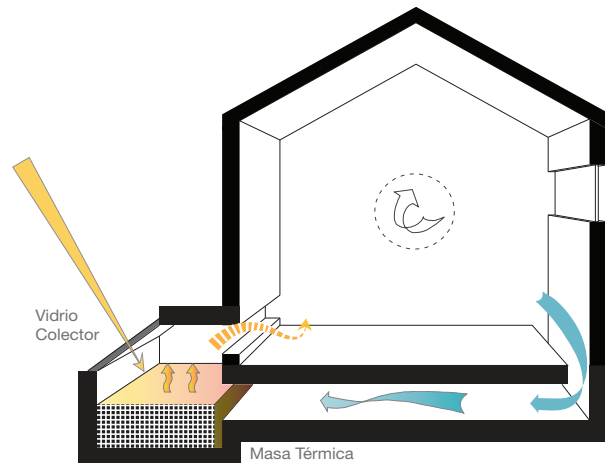


Fig. 9.2.8. Esquema de funcionamiento de sistemas de acumulación de calor indirecto en suelos: a. Colector externo con conductos para el retorno del aire enfriado. b. Tabique de separación al invernadero adosado separa el colector del espacio interno (elaborado por autores).

La radiación solar es absorbida por el colector y el calor es transferido al interior. A medida que el aire en el colector y la masa acumuladora se calientan, el aire se eleva y entra al espacio, ya sea a través de conductos y respiraderos, o a través de las aberturas en tabiques divisorios; el aire que se enfría, cae, retornando a ser calentado y repitiendo el proceso (ver Fig. 9.2.8).

Durante todo el día el proceso mantiene el aire caliente en la habitación y toma entre 6 y 8 horas para que el calor pase completamente a través de la masa térmica, de forma que el calor radiante calienta la habitación por la noche (Neila, 2004).

Consideraciones:

Este sistema de ganancia indirecta también se puede utilizar con colectores asociados a sistemas solares activos. En este caso, los colectores se establecen siempre por debajo de los tanques de almacenamiento térmico para aprovechar el movimiento natural del calor, el aire caliente se eleva movilizándolo el aire fresco nuevamente al colector.

Tabla 9.3.1. Porcentaje de reflectancia y absorción

| Material de paredes | Reflectancia (%) | Absortancia (%) |
|---------------------|------------------|-----------------|
| Piedra              | 12               | 88              |
| Agua                | 22               | 78              |
| Concreto            | 35               | 65              |
| Mármol              | 88               | 12              |

- Piso Montano Bajo
- Piso Montano
- Piso Subalpino
- Bh Montano Bajo
- Bmh Montano
- Páramo Pluvial Subalpino
- Bmh Montano Bajo
- Bp Montano
- Bp Montano Bajo

9.2.3 CONSERVAR CALOR

AISLAMIENTO RESISTIVO

Utilizar en el interior del elemento inferior aire como aislante, dada su alta resistencia térmica, evita la pérdida de calor hacia el exterior u otros espacios.

## 1. Cámara de aire

El empleo de cámaras de aire en los cerramientos constructivos es adecuado para mitigar las pérdidas de calor, debido a que el aire es un material aislante con un coeficiente de conductividad térmica  $K = 0,025$  siempre y cuando se encuentre estanco y en reposo, índice equivalente al de la fibra de vidrio (Szokolay, 2008).

Al crear una cámara hermética en la envolvente horizontal intermedia de aproximadamente 10 a 15 cm, sumada a los elementos constructivos propios del entrepiso, como el caso de la losa de entrepiso, se pretende que el coeficiente de aislamiento del aire se sume al esfuerzo para mantener el calor del espacio inferior contenido en el mismo, aumentando el desfase en la transmisión de calor entre los espacios verticales. De modo que cada espacio acumula su propio calor y lo distribuye en su interior, colaborando a erradicar las oscilaciones amplias de temperatura entre un nivel y otro (ver Fig. 9.2.9).

Consideraciones:

El entrepiso y la cámara de aire deberán construirse de forma hermética en cada parte y en sus juntas para que no haya pérdida ni ganancia calórica en ellas. El acabado del elemento intermedio, con una buena capa de pintura, contribuye al aislamiento de la cámara.

Para cobrar la efectividad del ejemplo, deben incluirse elementos acumuladores o generadores de calor que brinden la energía necesaria para la calefacción de los usuarios.

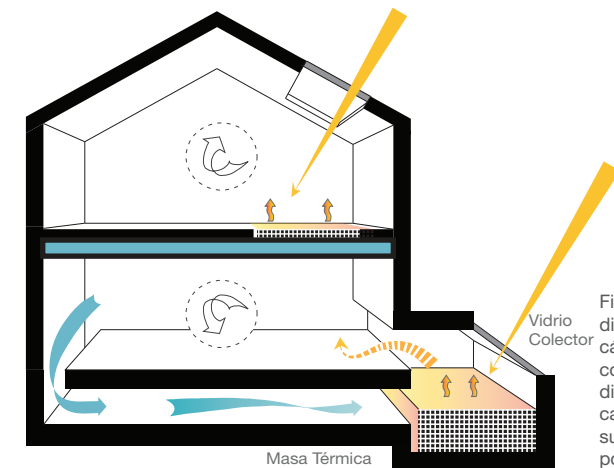


Fig. 9.2.9. Ejemplos de disposición y funcionamiento de cámara de aire en entrepiso como material aislante intermedio que permite mantener el calor del espacio inferior y superior contenidos (elaborado por autores).

- Piso Montano Bajo
- Piso Montano
- Piso Subalpino
- Bh Montano Bajo
- Bmh Montano
- Páramo Pluvial Subalpino
- Bmh Montano Bajo
- Bp Montano
- Bp Montano Bajo

9.2.3 CONSERVAR CALOR

AISLAMIENTO RESISTIVO  
(Aumentar Resistencia)

Utilizar en el interior del elemento inferior aire como aislante, dada su alta resistencia térmica, evita la pérdida de calor hacia el exterior u otros espacios.

## 2. Reducción de puente térmico

Un puente térmico es una zona de la envolvente donde se transmite más fácilmente el calor, por ser de diferente material: diferente conductividad, o diferente espesor: transmitancia térmica. En todos los cambios de composición de los elementos de la envolvente nos encontramos puentes térmicos que incrementan el flujo de calor ocasionando mayores pérdidas térmicas y disminución local de las temperaturas superficiales, lo que provoca un aumento del riesgo de condensación superficial o crecimiento de hongos.

y muros, así como marcos de ventanas ó puertas.

Por otra parte, los puentes térmicos geométricos se ven representados en las esquinas que, aún manteniendo los mismos materiales y espesores, potencian la pérdida de calor.

Para evitar la transmisión de calor, calor se debe asegurar el aislamiento de los potenciadores de puentes térmicos, como el caso de los marcos, sellos, tornillo, placas; utilizando la denominada rotura de puente térmico; que consiste en evitar que la cara interior y exterior tengan contacto entre sí, intercalando un mal conductor, con lo que se reducen mucho las pérdidas. En la Figura 9.2.10 se ejemplifica el comportamiento del puente térmico en la unión del cerramiento inferior con el vertical, de forma que la utilización y correcta posición del aislante colabora a llevar el efecto a un punto despreciable, ya que al colocarse externo se logra evitar la conducción de calor o frío al interior.

Consideraciones:

Algunas consecuencias de los puentes térmicos son grandes pérdidas de energía, reducción de la temperatura interior de la fachadas y por ende de confort. Así como de la eficacia aislante del resto de la fachada y formación de condensaciones internas o superficiales, que pueden afectar a los acabados y en casos extremos a la estructura del edificio.

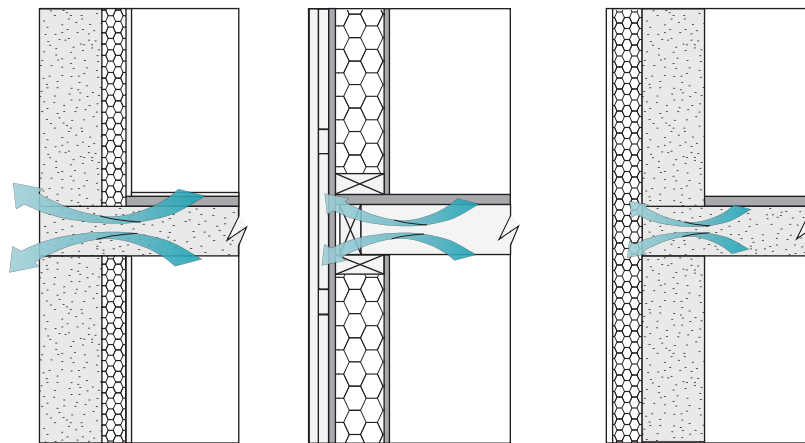


Fig. 9.2.10. Comportamiento de los puentes térmicos en encuentros de piso y muro según la posición del aislante: Aislación interior: puente térmico significativo. Muro panel de madera: puente térmico débil. Aislación térmica exterior: puente térmico despreciable (elaborado por autores).

Estos pueden ser debidos a la geometría, fallos en la ejecución o a la reducción o ausencia de aislamiento por una resolución no muy correcta de los encuentros entre distintos elementos de la construcción.

Algunos ejemplo de puentes térmicos constructivos son los encuentros de pisos y

|  |   |  |
|--|---|--|
| Piso Montano Bajo                                    | Piso Montano                                    | Piso Subalpino   |
| Bh Montano Bajo <input checked="" type="checkbox"/>  | Bmh Montano <input checked="" type="checkbox"/> | Páramo Pluvial Subalpino <input checked="" type="checkbox"/> |
| Bmh Montano Bajo <input checked="" type="checkbox"/> | Bp Montano <input checked="" type="checkbox"/>  |  |
| Bp Montano Bajo <input checked="" type="checkbox"/>  |   |  |

### Conceptos básicos

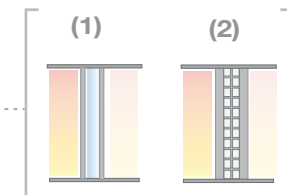
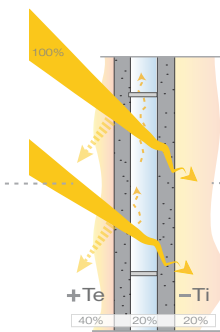
|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| <p>Emanar Calor</p> <p>Disipar Calor</p> <p>Flujo de Calor</p> | <p>Radiación Directa</p> <p>Irradiación</p> | <p>Desface</p> <p>Proceso de Fotosíntesis</p> | <p>Convección de Aire</p> <p>Aire Estancado</p> |
|--|---|---|---|

### ENVOLVENTE VERTICAL

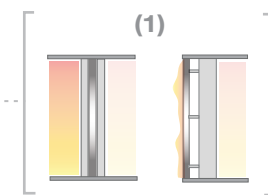
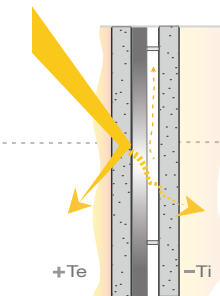
#### EVITAR LA CAPTACIÓN DE CALOR

| Estrategia   | Principio  | Ejemplos  | Aplicación por Piso Altitudinal | Págs                 |
|--|--|---|---------------------------------|----------------------|
| <b>AISLAMIENTO RESISTIVO</b><br>(Aumentar Resistencia) | Utilizar en el interior del elemento vertical aire como aislante, dada su resistencia al paso del calor contribuye a disminuir el calentamiento por transferencia térmica entre el exterior y el interior. | 1. Cámara de Aire<br>2. Materiales Especializados (Aislantes) | PB PP                           | Págs 225<br>Págs 226 |
| <b>AISLAMIENTO RADIANTE</b><br>(Aumentar Reflectancia) | Evitar que las superficies de la envolvente se calienten al reflejar la energía radiante que incide sobre éstas.   | 1. Materiales Reflectivos (color/ textura).                   | PB PP                           | Págs 227             |

**Disminuir**  
El calentamiento por transferencia térmica entre el exterior y el interior del espacio.  
Del 100% de radiación directa que incide sobre la envolvente vertical con alguna estrategia de aislamiento resistivo, únicamente ingresa el 20% al interior del espacio. (Nella, 2004)



**Reflejar**  
la energía radiante que incide sobre la envolvente.





## EVITAR LA CAPTACIÓN DE CALOR

| Estrategia  | Principio  | Ejemplos                | Aplicación por Piso Altitudinal | Págs     |
|---|--|-------------------------|---------------------------------|----------|
| <b>AISLAMIENTO CAPACITIVO</b><br>(Aumentar Capacitancia)  | Propiciar capas de materiales con alta capacidad térmica (masa térmica) afectando no sólo el flujo de calor, sino también su desfase temporal.   | 1. Elevada masa térmica |                                 | Págs 228 |
| <b>Desfasar</b><br>La onda Térmica utilizando alta capacidad térmica en las capas.  |  | (1)                     |                                 |          |
| <b>AISLAMIENTO ORGÁNICO</b>   | En forma de vegetación activa. La vegetación absorbe la radiación solar; al ser un elemento orgánico no se calienta sino que invierte esta energía en procesos de fotosíntesis, conservando su temperatura y disipando el calor restante al ambiente mediante la evapotranspiración que se produce en sus hojas. | 1. Paredes Verdes       |                                 | Págs 229 |
| <b>Vegetación Activa</b><br>1. Absorbe gran parte de la Radiación directa.<br>2. Refleja un porcentaje menor de radiación.<br>3. Procesos de Fotosíntesis.<br>4. Disipar el calor al exterior.    |  | (1)                     |                                 |          |
| <b>CONTROL CONVECTIVO</b>   | Al duplicar el elemento vertical, se busca romper la onda térmica que se establece entre el exterior irradiado y el interior. Al propiciar la ventilación de dicho espacio el calor absorbido por la capa exterior tiende a disiparse al medio.  | 1. Doble capa ventilada |                                 | Págs 230 |
| <b>Convección</b><br>El Calor que absorbe la primera capa tiende a disiparse en el espacio existente entre ambas capas. Este espacio convectivo también forma parte del sistema de la envolvente. |  | (1)                     |                                 |          |

## CONTROL SOLAR

| Estrategia   | Principio  | Ejemplos  | Aplicación por Piso Altitudinal | Págs   |
|--|--|---|---------------------------------|--|
| <b>DISPOSITIVOS DE SOMBREAMIENTO</b>   | Evitar las Ganancias de calor mediante cerramientos translúcidos y Opacos. Protección exclusiva de la radiación solar (PERS).  | 1. Fijos: Verticales, horizontales y mixtos<br>2. Móviles (interiores y exteriores)<br>3. Barreras Solares<br>4. Pantallas Verdes |                                 | Págs 231<br>Págs 232<br>Págs 233<br>Págs 235 |
| <b>Sombrear</b><br>por medio de dispositivos que bloquean gran parte de la radiación ya sea sobre las aberturas o la envolvente. |  | (1)<br>(2)<br>(3)<br>(4)  |                                 |  |
| <b>DISIPAR CALOR</b>   |  |   |                                 |  |
| <b>ENFRIAMIENTO CONVECTIVO</b>   | <b>Autoventilación:</b> Disipar el aire caliente ubicado en la parte superior del elemento vertical, producto de la estratificación del aire.<br><b>Ventilación Cruzada:</b> Generar aberturas en zonas de baja y alta presión en el elemento vertical para facilitar el ingreso y salida del viento a través de los espacios interiores de los edificios. | 1. Redireccionamiento por Aberturas.<br>2. Aberturas Permanentes<br>3. Elementos redireccionadores: Aletas, celosías, etc.        |                                 | Págs 236<br>Págs 238<br>Págs 237             |
| <b>Disipar</b><br>el aire producto de la estratificación.  |  | (1-2)   |                                 |  |
| <b>Ventilar</b><br>efectivamente el espacio interno por medio de zonas de alta y baja presión.                                   |  | (3)   |                                 |  |

| DISIPAR CALOR           |  |                               |                                 |          |
|-------------------------|--|-------------------------------|---------------------------------|----------|
| Estrategia              | Principio  | Ejemplos                      | Aplicación por Piso Altitudinal | Págs     |
| ENFRIAMIENTO CONVECTIVO | <b>Ventilación por aspiración:</b><br>Utilizar precalentadores al elemento vertical para incrementar la velocidad del aire forzando la ventilación natural por succión.  | 1. Recalentamiento de fachada | PB PP                           | Págs 240 |
|                         | <p><b>Aspirar por recalentamiento</b><br/>pretende invertir el proceso de estratificación por medio de equiparación de temperaturas.</p>   |                               |                                 |          |
| ENFRIAMIENTO CONVECTIVO | <b>Espacios Termocinéticos</b><br>Utilización de envolventes con escasa masa térmica que procuren un calentamiento rápido, conductividad alta y bajo calor específico (el calor pasa rápido y sin detenerse, al interior espacio). | 1. Espacio Termocinético      | PB PP                           | Págs 239 |
|                         | <p><b>Espacios Termocinéticos</b><br/>La escasa masa térmica provoca la entrada-salida rápida del calor dentro del espacio.</p>  |                               |                                 |          |

| CAPTAR CALOR               |   |  |                                 |                      |
|----------------------------|---|--|---------------------------------|----------------------|
| Estrategia                 | Principio   | Ejemplos   | Aplicación por Piso Altitudinal | Págs                 |
| CAPTACIÓN POR TRAMITANCIA  | Se introduce el calor al espacio mediante la incorporación de elementos traslúcidos con alta conducción en la envolvente vertical.  | 1. Ganancia directa: Materiales traslúcidos (Alta transmitancia)<br>2. Invernadero Adosado | PM PMB PS                       | Págs 241<br>Págs 242 |
|                            | <p><b>Trasmitir</b><br/>El calor mediante elementos traslúcidos al interior del espacio.</p>  |  |                                 |                      |
| CAPTACIÓN POR ABSORTANCIA  | Utilización de elementos en la envolvente vertical con propiedades que brinden alta capacidad de absorción.   | 1. Materiales con alta absorción.<br>2. Barrera Reflectiva.                                | PM PMB PS                       | Págs 243<br>Págs 244 |
|                            | <p><b>Absorber</b><br/>la energía radiante que incide sobre la envolvente vertical.</p>   |  |                                 |                      |
| CAPTACIÓN POR MASA TÉRMICA | Utilización de elementos en la envolvente vertical con escasa masa térmica; procurando así un calentamiento rápido, conductividad alta y bajo calor específico (el calor pasa rápido y sin detenerse, al interior espacio). | 1. Escasa masa térmica.  | PM PMB PS                       | Págs 245             |
|                            | <p><b>Masa Térmica</b><br/>Escasa, provocando el paso rápido del calor al interior del espacio.</p>   |  |                                 |                      |

## ACUMULAR CALOR

| Estrategia                   | Principio  | Ejemplos   | Aplicación por Piso Altitudinal  | Págs  |
|------------------------------|--|--|--|---|
| ACUMULACIÓN POR MASA TÉRMICA | Utilización de elementos en la envolvente vertical con propiedades que brinden alta capacidad de absorción | <ol style="list-style-type: none"> <li>Muro de Precalentamiento</li> <li>Muro Trombe</li> <li>Muro Acumulador en espacio interno.</li> </ol> | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="background-color: #90EE90; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black;"></div> <div style="background-color: #6A5ACD; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black;"></div> <div style="background-color: #FF69B4; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black;"></div> </div> <p>PM PMB PS</p> | <p>Págs 247</p> <p>Págs 246</p> <p>Págs 248</p> |

**Acumular**  
calor en el interior del muro para posteriormente transmitirlo al espacio.

## CONSERVAR CALOR

| Estrategia                                   | Principio   | Ejemplos   | Aplicación por Piso Altitudinal  | Págs  |
|--|---|--|--|---|
| AISLAMIENTO RESISTIVO (Aumentar Resistencia) | Utilizar en el interior del elemento vertical aire como aislante, dada su alta resistencia térmica, evita la pérdida de calor hacia el exterior u otros espacios. | <ol style="list-style-type: none"> <li>Cámara de Aire</li> <li>Reducción del puente térmico</li> <li>Reducción de infiltraciones</li> <li>Cerramientos Temporales</li> </ol> | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="background-color: #90EE90; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black;"></div> <div style="background-color: #6A5ACD; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black;"></div> <div style="background-color: #FF69B4; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black;"></div> </div> <p>PM PMB PS</p> | <p>Págs 249</p> <p>Págs 250</p> <p>Págs 251</p> <p>Págs 252</p> |

**Conservar**  
El calor existente obtenido de las estrategias de captación, en el espacio interno mediante cámaras que faciliten su estanquidad.

9.3.1 EVITAR la captación de calor

AISLAMIENTO RESISTIVO (Aumentar Resistencia)

Utilizar en el interior del elemento vertical aire como aislante, dada su resistencia al paso del calor contribuye a disminuir el calentamiento por transferencia térmica entre el exterior y el interior.

### 1. Cámara de aire

Corresponde a un espacio de aire aislado dentro de una estructura vertical, sus dimensiones máximas oscilan entre los 10-15 cm y usualmente son complementarias a paredes de espesor amplio (ver Fig. 9.3.1).

Su función principal es la de barrera, diseñada para aumentar la resistencia térmica de la envolvente, puede compararse con una pared de ladrillo de 180mm, que colabora a mitigar las ganancias de calor, debido a la utilización del aire como material aislante con un coeficiente de conductividad térmico  $K=0,025$ , igual al de la fibra de vidrio (Szokolay, 2008).

Koeningsberger explica que si consideramos que el aislamiento debe situarse hacia el exterior de la masa principal, se deduce que ésta debe estar localizada en la cara interna de la pared. (Koeningsberger y otros, 1997)

En este caso, en el que la estructura aprisiona la temperatura interior, es necesario disponer una aislación térmica intermedia suficiente.

Consideraciones:

La envolvente deberá construirse de forma hermética en todas sus juntas para que no haya pérdida ni ganancia calórica dentro de ellas.

Su efecto puede maximizarse utilizando un aislante térmico, este, idealmente debe tener baja capacidad calórica y alta resistencia térmica, por ejemplo polietileno, aislante de

burbuja doble, aluminio reflectivo o yeso laminado, de igual manera se puede lograr potenciar el efecto mediante la sobre posición de estructuras livianas tamizadas a la estructura primaria.

Por otra parte, el acabado de la envolvente, con una buena capa de pintura, contribuye al aislamiento de la cámara.

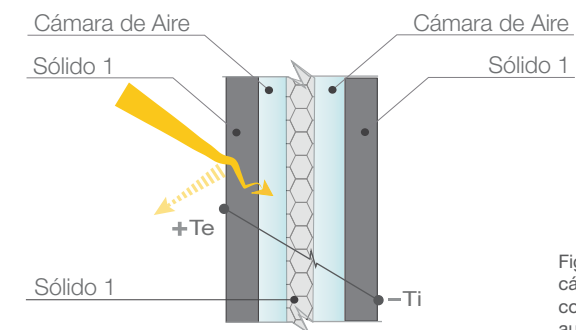
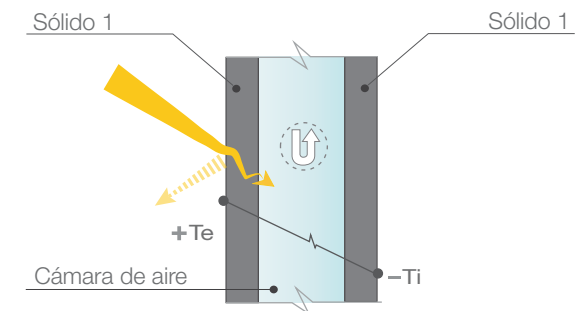


Fig. 9.3.1. Esquema de cámara de aire simple y compuesta (elaborado por autores).

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| <span style="background-color: #FFD700; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span> Piso Basal                 |   | <span style="background-color: #4682B4; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span> Piso Premontano              |   |
| <span style="background-color: #FFD700; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span> Bosque seco Tropical       | ✓ | <span style="background-color: #4682B4; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span> Bosque húmedo Premontano     | ✓ |
| <span style="background-color: #FFD700; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span> Bosque húmedo Tropical     | ✓ | <span style="background-color: #4682B4; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span> Bosque muy húmedo Premontano | ✓ |
| <span style="background-color: #FFD700; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span> Bosque muy húmedo Tropical | ✓ | <span style="background-color: #4682B4; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span> Bosque pluvial Premontano    | ✓ |



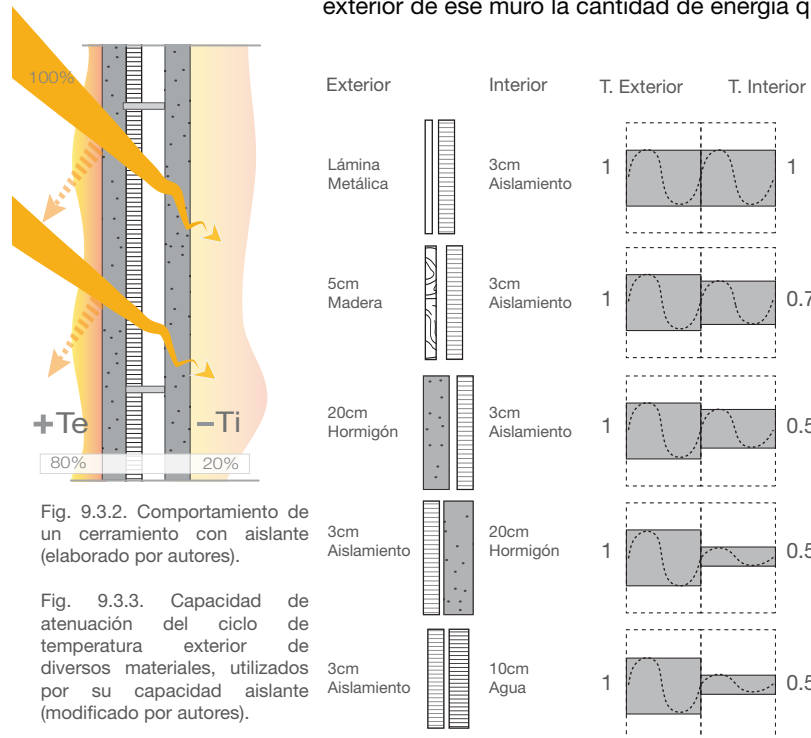
9.3.1 EVITAR  
la captación  
de calor

AISLAMIENTO  
RESISTIVO  
(Aumentar Resistencia)

Utilizar en el interior del elemento vertical aire como aislante, dada su resistencia al paso del calor contribuye a disminuir el calentamiento por transferencia térmica entre el exterior y el interior.

## 2. Materiales especializados

El aislamiento, si bien no se recomienda para controlar la radiación solar, sí resulta eficiente contra la onda de calor que ingresa al espacio por conducción. Un cerramiento sin aislar, puede tener un factor de amortiguamiento de 0.6, de forma que al interior del espacio accede el 40% de la energía absorbida, mientras que el 60% rebota hacia el exterior. Si bien la amortiguación es elevada, la cantidad de calor que entra al espacio es significativa, lo que provoca un aumento de la temperatura interior; en cambio, si se aísla y se sitúa el aislamiento en el exterior de ese muro la cantidad de energía que



penetra se reduce al 20% (ver Fig. 9.3.2.).

La colocación óptima del aislante es siempre próxima al ambiente exterior, ya que se incrementa de esta forma la inercia del local. De invertirse la colocación, no se denotará diferencia en la inercia térmica y deberá complementarse con estrategias de ventilación interna, puesto que el calor almacenado con el cerramiento sólo podrá disiparse hacia el interior (Koeningsberger y otros, 1997).

Los aislantes recomendados son aquellos que tienen una fina estructura de espuma, formando celdas de aire separado en membranas muy delgadas o burbujas, así como los materiales fibrosos con aire atrapado entre sus celdas. Algunos de los más conocidos son los extruidos o expandidos, como el poliestireno o el poliuretano, o aquellos fibrosos como la lana de vidrio o la lana natural (ver Fig. 9.3.3).

Por ejemplo, en una placa de hormigón de 100mm, la colocación de 40mm de aislante permite un desfase de 3 horas y un factor de reducción 0,450, mientras que, sobre la capa, el tiempo registrado de retardo es de 11.5 horas y un factor de reducción 0,046 (Koeningsberger y otros, 1997).

Consideraciones:

Si el aislamiento en la cara exterior se acompaña de un color claro que propicie la reflexión, el sobrecalentamiento se reduce notablemente.

| Piso Basal                 |   | Piso Premontano              |   |
|----------------------------|---|------------------------------|---|
| Bosque seco Tropical       | ✓ | Bosque húmedo Premontano     | ✓ |
| Bosque húmedo Tropical     | ✓ | Bosque muy húmedo Premontano | ✓ |
| Bosque muy húmedo Tropical | ✓ | Bosque pluvial Premontano    | ✓ |

9.3.1 EVITAR  
la captación  
de calor

AISLAMIENTO  
RADIANTE  
(Aumentar Reflectancia)

Evitar que las superficies de la envolvente se calienten al reflejar la energía radiante que incide sobre éstas.

## 2. Materiales reflectivos

La reflectancia representa la fracción de radiación incidente que es reflejada por un material, con valores que van de 0 a 1 (en términos de porcentaje, de 0% a 100%). Depende fundamentalmente del color y el acabado de los materiales. Este parámetro generalmente se usa para estimar la forma en que la radiación solar afecta el balance térmico de las superficies, exteriores e interiores, de los elementos constructivos.

Las superficies claras, lisas y brillantes suelen tener reflectancia elevada, por ejemplo, los materiales blancos pueden reflejar el 90% o más de radiación recibida, mientras que los negros solamente 15% o menos (Ordoñez y otros, 2012). Ver Fig. 9.3.4 y Tabla 9.3.1.

Se comprende entonces que los colores claros en la envolvente reflejan mayor cantidad de la radiación, disminuyendo la ganancia calórica al interior del espacio, debe considerarse que al tener mayor reflectividad, producen un destello que puede ser molesto en los espacios que rodeen a la edificación.

Consideraciones

Si se utilizan colores oscuros debe ser en los elementos menos expuestos al sol o en aquellos térmicamente aislados al exterior como corredores, atrios o galerías, ya que ellos absorben mayor radiación.

En el caso de la envolvente vertical deben

| Piso Basal                 |   | Piso Premontano              |   |
|----------------------------|---|------------------------------|---|
| Bosque seco Tropical       | ✓ | Bosque húmedo Premontano     | ✓ |
| Bosque húmedo Tropical     | ✓ | Bosque muy húmedo Premontano | ✓ |
| Bosque muy húmedo Tropical | ✓ | Bosque pluvial Premontano    | ✓ |

considerarse los cuerpos transparentes, para los que se recomiendan vidrios con bajo coeficiente de transmisión "U" y de Ganancia Solar (SHGC), así como de Coeficiente de Sombra (SC). Debe tomarse en cuenta la existencia de vidrios con capacidades reflectivas y aislantes.

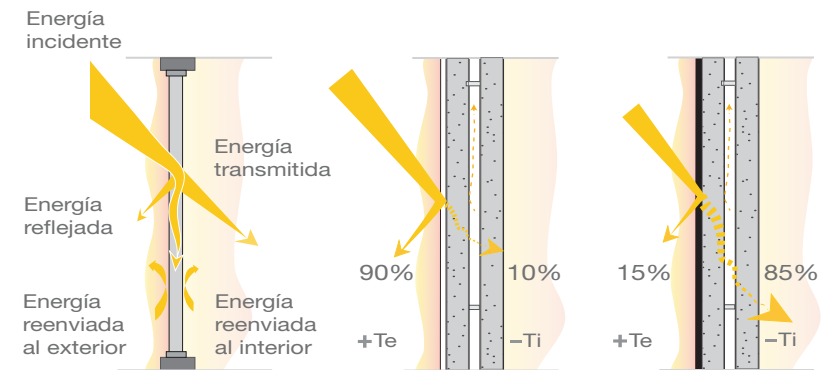


Tabla 9.3.1. Porcentaje de reflectancia y absorptancia

| Material de paredes      | Reflectancia (%) | Absortancia (%) |
|--------------------------|------------------|-----------------|
| Ladrillo                 | 12               | 88              |
| Madera                   | 22               | 78              |
| Concreto                 | 35               | 65              |
| Hoja de aluminio pulida  | 88               | 12              |
| Pintura negra            | 5                | 95              |
| Pintura gris oscura      | 9                | 91              |
| Pintura marrón           | 16               | 84              |
| Pintura blanca brillante | 75               | 25              |

Fig. 9.3.4. Los materiales blancos puede reflejar el 90% o más de radiación recibida, mientras que los negros solamente 15% o menos. En el caso del vidrio, una parte es reflejada hacia el exterior, otra parte pasa directamente hacia el interior y la restante es absorbida por la masa del vidrio, de la cual las 2/3 partes son irradiadas hacia el exterior y el 1/3 restante pasa hacia el interior (elaborado por autores).

Tabla 9.3.1. Porcentaje de reflectancia y absorptancia de diversos materiales (elaborado por autores).

9.3.1 EVITAR la captación de calor

AISLAMIENTO CAPACITIVO (Aumentar Capacitancia)

Propiciar capas de materiales con alta capacidad térmica (masa térmica) afectando no sólo el flujo de calor, sino también su desfase temporal.

## 1. Elevada masa térmica

Elementos de elevada masa térmica, absorben y almacenan fácilmente la energía calórica, lo que permite reducir la cantidad de energía recibida por el espacio interno (ver Fig. 9.3.5), ya que parte de ella se disipa en su paso por el material, y el resto se aprovecha con un desfase en el tiempo (ver Tabla 9.3.2 y 9.3.3), de forma que la masa del edificio es enfriada por convección durante la noche y es capaz de absorber el calor durante el día y por tanto se produce sólo una pequeña oscilación en la temperatura interior.

El edificio puede mantener las temperaturas internas en niveles inferiores a las exteriores, siempre y cuando su envoltura posea alta resistencia térmica y se proteja de la penetración de radiación solar. Neila (2004) explica que, para el clima de España, los muros aislados pueden aumentar la sensación de calor 1°C, mientras que en aquellos espacios con cerramientos débiles el aumento puede llegar hasta 5°C.

Se recomienda para zonas donde la temperatura máxima está por arriba de los 30°C y la temperatura mínima nocturna está por debajo de los 20°C.

Consideraciones :

La inercia térmica beneficia en aquellos climas que no presentan humedad elevada, de manera que se logra un adecuado amortiguamiento y retraso en tiempo de las temperaturas máximas y mínimas en los espacios interiores.

En paredes de 10cm o más se puede utilizar

En paredes de 10cm o más se puede utilizar sistemas estructurales conformados por bloques: block, ladrillos, u otros, que generen el efecto de auto-sombreamiento, y contribuyan así a mitigar las ganancias de calor sobre la pared.

Tabla 9.3.2. Desfase en la transmisión de la energía en función del espesor del muro

|           |                             |
|-----------|-----------------------------|
| Madera:   | Espesor 15cm= 8h retardo.   |
|           | Espesor 10cm= 5.5h retardo. |
| Concreto: | Espesor 20cm= 6h retardo.   |
|           | Espesor 15cm= 4.5h retardo. |
| Ladrillo: | Espesor 15cm= 5.5h retardo. |
|           | Espesor 10cm= 5h retardo.   |

Livianos: Los sistemas livianos no son concebidos para manejar grosores prominentes por lo tanto si se utilizan se debe tener en cuenta sistemas de aislamiento.

Tabla 9.3.3. Fluctuaciones de temperatura en función del espesor del muro

| Material | 10cm | 20cm | 30cm | 40cm | 50cm | 60cm |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| Adobe    | ---  | 10°  | 4°   | 4°   | 5°   | ---  |
| Ladrillo | ---  | 13°  | 6°   | 4°   | ---  | ---  |
| Hormigón | ---  | 15°  | 8°   | 5°   | 3°   | 3°   |

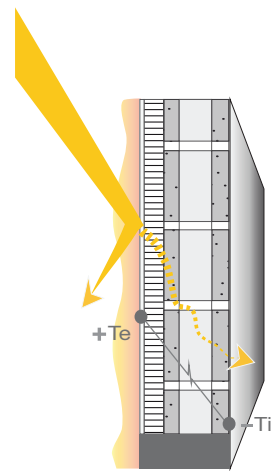


Fig. 9.3.5. Efecto de masa térmica, el calor absorbido por la masa se desfasa en el tiempo y disminuye en su recorrido (elaborado por autores).

Tabla 9.3.2. Relación de espesor de materiales con tiempo de desfase de la energía calorífica (elaborado por autores).

Tabla 9.3.3. Relación de fluctuaciones de temperatura en función del espesor del muro. Extraídos de diplomado internacional: Acercamiento a criterios arquitectónicos ambientales para comunidades aisladas en áreas naturales protegidas de chiapas (elaborado por autores).

Piso Basal

- Bosque seco Tropical
- Bosque húmedo Tropical
- Bosque muy húmedo Tropical

\*\* Para el caso del Bosque muy húmedo Tropical esta estrategia no es recomendable, debido al alto grado de humedad presente en la zona.

9.3.1 EVITAR la captación de calor

AISLAMIENTO ORGÁNICO

En forma de vegetación activa. La vegetación absorbe la radiación solar; al ser un elemento orgánico no se calienta sino que invierte esta energía en procesos de fotosíntesis, conservando su temperatura y disipando el calor restante al ambiente mediante la evapotranspiración que se produce en sus hojas.

## 1. Paredes Verdes

La utilización de paredes verdes es un excelente medio de reducción de la variación térmica entre el exterior y el interior, ya que actúan como elementos de retraso y de amortiguamiento. Su función principal como sistema de aislamiento se da cuando la vegetación en el cerramiento lleva a cabo el proceso de fotosíntesis, en el cual absorbe la radiación solar y la invierte en sus procesos vitales, conservando su temperatura y disipando el calor restante al ambiente por medio de la evapotranspiración que se produce en sus hojas. En la Figura 9.3.7 se ejemplifica la distribución energética que suele suceder en una pared verde, de forma que del 100% de la radiación incidente, solamente un 5% es absorbido (a), un 20% es reflejado al ambiente (b), un 50% se evapora (c) y finalmente, un 25% de la energía se utiliza en otros procesos (Neila, 2004).

Cabe mencionar que el desfase verificado por Neila (2004) para el clima español, es de 4 horas y el amortiguamiento de 6° C, lo anterior, está ligado al ya mencionado proceso fotosintético y además a que gracias a la sombra arrojada por la vegetación, la radiación solar no calienta la envoltura, y por ende reduce la incidencia en el espacio.

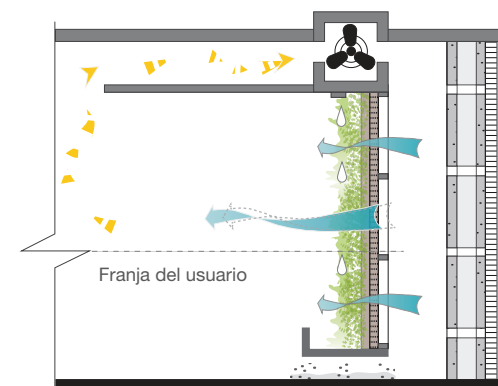
En el caso de utilizarlas hacia el interior del espacio, su función principal como sistema de enfriamiento se da cuando la pared vegetal es humedecida por el sistema de riego, al pasar el aire por dicha barrera trae consigo la humedad adherida a las plantas, lo que refresca el flujo de

viento que ingresa posteriormente al interior del espacio (ver Fig. 9.3.8).

Consideraciones:

Si bien, regulan el escurrimiento del agua ya que retienen las aguas pluviales, deben asegurarse todos los componentes aislantes para evitar problemas de humedad en los espacios, así como garantizar el uso de un sistema de riego eficiente, quizás de aguas grises o recolectadas de lluvia. Además, las variantes del sistema que puedan incluir agua se recomiendan únicamente para climas secos que toleren aumentos en sus índices de humedad.

Otro punto importante es reconocer el tipo de plantas locales, especiales para cada lugar, las cuales van a tener una mejor oportunidad de crecer sanas, y no van a necesitar más cantidad de agua de lo que se debería (ver Pautas Generales: Vegetación).



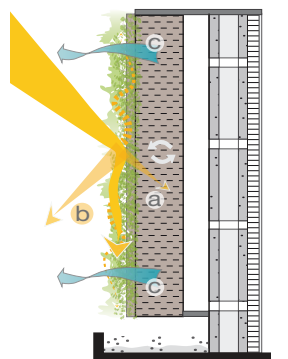
Piso Basal

- Bosque seco Tropical
- Bosque húmedo Tropical
- Bosque muy húmedo Tropical

Piso Premontano

- Bosque húmedo Premontano
- Bosque muy húmedo Premontano
- Bosque pluvial Premontano

Fig. 9.3.7. Esquema de composición de una pared verde: a. Pared Oxigenada hacia el interior del espacio (el aire que se eleva por su pérdida de densidad es dirigido por conductos hacia la pared donde se refresca por el contacto con el agua). b. Funcionamiento de pared verde externa (elaborado por autores).



9.3.1 EVITAR la captación de calor

CONTROL CONVECTIVO

Al duplicar el elemento vertical, se busca romper la onda térmica que se establece entre el exterior irradiado y el interior. Al propiciar la ventilación de dicho espacio el calor absorbido por la capa exterior tiende a dispersarse al medio.

## 1. Doble capa ventilada

Este sistema se efectúa por convección natural o forzada, generando una cámara de aire ventilada entre la estructura primaria y la fachada externa que contribuye a minimizar las ganancias de calor irradiado, optimizando tanto el control térmico como el solar, y volviéndose más efectiva que una cámara de aire aislada. Este tipo de estrategia, al colocarse al Noreste contribuye al flujo de la ventilación y control de la humedad.

Puede estar conformada por paneles sólidos, recomendados para Fachadas como la Sur, Este y Oeste; o bien, paneles tamizados, que al variar su densidad son óptimos para la mayoría de fachadas.

De igual forma, puede componerse por elementos transparentes o translúcidos, como paneles de vidrio, con una cámara interna, cuyo cerramiento permite que los flujos convectivos de aire ascendentes recojan parte del calor re irradiado, ventilando la fachada y evitando el sobrecalentamiento de la misma. Este sistema permite un alto grado de iluminación en el espacio, por lo que en fachadas con mayor exposición solar se recomienda aplicar conjuntamente con estrategias de control solar, reduciendo la cantidad de energía solar incidente en la segunda fachada (ver Fig. 9.3.9).

Consideraciones:

Se puede instalar dentro de la cámara de aire ventilada una persiana u otro elemento de protección solar, que permita variar sensiblemente el factor solar, la transmisión luminosa y térmica, sin tener que variar el exterior.

Es un sistema versátil que puede utilizar diversos materiales en la fachada interior, manteniendo el exterior con un aspecto independiente. La parte interior de la fachada debe estar constituida por materiales térmicamente aislantes, y preferiblemente absorbentes de ruido.

En caso de instalar aislantes deben ubicarse hacia la cara exterior de la envolvente y deben tener alta resistencia térmica, es decir baja conductancia. Un ejemplo es la fibra de vidrio que puede llegar a tener un desfase de hasta 12 horas (Koeningsberger y otros, 1997).

Fig. 9.3.8. Funcionamiento de la doble capa ventilada en materiales opacos variantes y soldados en materiales transparentes como el vidrio.

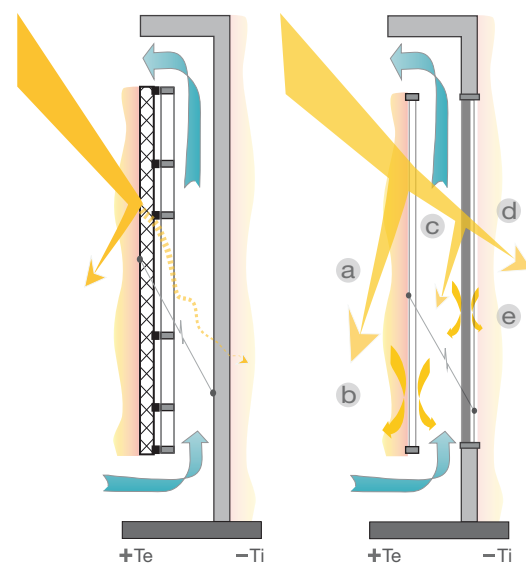


Fig. 9.3.9. Funcionamiento de la doble capa ventilada en materiales translúcidos como el vidrio.

En estos casos, la filtración se da a través de un primer vidrio oscuro, generalmente bronce o gris, seguido por la cámara de circulación de aire y un vidrio claro que concluye la exclusión de energía. Del rayo solar incidente una primera parte se refleja (a) en la primera superficie vidriada, mientras que otra se absorbe y luego se libera al interior y exterior de la cámara (b). Posteriormente el proceso se repite en el segundo vidrio, donde una parte termina ingresando al espacio interno (c), otra se refleja (d) y la última se absorbe para salir luego (d) (elaborado por autores).

Piso Basal

Piso Premontano

- Bosque seco Tropical
- Bosque húmedo Tropical
- Bosque muy húmedo Tropical

- Bosque húmedo Premontano
- Bosque muy húmedo Premontano
- Bosque pluvial Premontano

9.3.2 CONTROL solar

DISPOSITIVOS PARA EL SOMBREAMIENTO DE LA ENVOLVENTE

Protección exclusiva de la radiación solar (PERS).

Utilización de segundas pieles para la protección contra la radiación incidente sobre las aperturas acristaladas. Neila, 2004.

## 1. Dispositivos de sombreado fijos

“Desde el punto de vista energético, los elementos más débiles del edificio son los acristalamientos... porque a través de ellos penetra la radiación solar directa...” (Neila, 2004)

El factor más influyente en el balance térmico es la penetración de la radiación solar directa. Para evitar ganancias térmicas a través de las aberturas deben emplearse sistemas de sombreado o protección solar, tomando en cuenta que la posición, distribución y dimensión de los elementos tanto verticales como horizontales no es antojadiza, sino que responde a un cálculo previo de sombras.

Las protecciones fijas tienen la ventaja de exigir poco mantenimiento, estas estrategias de control generalmente se dan mediante sistemas opacos; verticales u horizontales, como parasoles, pérgolas, aleros, pantallas, voladizos o marquesinas; que además, deben tratar de evitar la radiación directa al 100% después de las 9am y hasta el final del día.

Consideraciones:

Los dispositivos fijos verticales constan de elementos como persianas y aletas salientes en posición vertical. Su ángulo de sombra horizontal mide su eficacia y como se mencionó anteriormente dan mejores resultados ubicados en la fachadas este y oeste.

Por su parte, los dispositivos horizontales se

medirán por el ángulo de sombra vertical, estos funcionan mejor cuando el sol esté opuesto a la fachada considerada del edificio y a un ángulo elevado, como las paredes norte y sur.

Por otra parte, los dispositivos combinados, resultan de mixtura de elementos colocados en posición horizontal y vertical, Su eficacia dependerá de la dimensión que se les de, en relación con los ángulos de sombra horizontales y verticales. Estos últimos se recomiendan para cualquiera de las orientaciones antes mencionadas (ver Fig. 9.3.10).

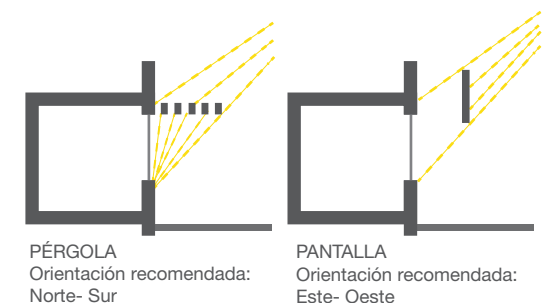
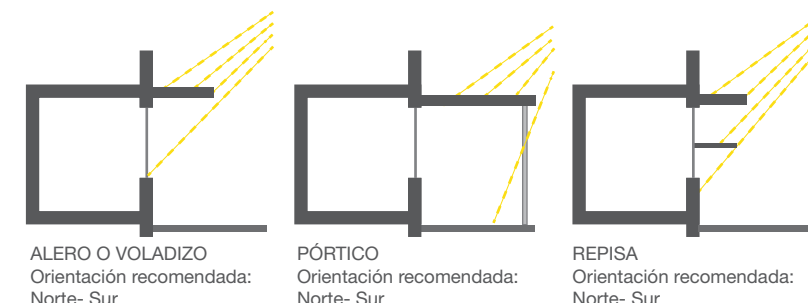


Fig. 9.3.10. Ejemplificación de elementos fijos diseñados para el sombreado de los espacios (elaborado por autores).



Piso Basal

Piso Premontano

- Bosque seco Tropical
- Bosque húmedo Tropical
- Bosque muy húmedo Tropical

- Bosque húmedo Premontano
- Bosque muy húmedo Premontano
- Bosque pluvial Premontano



9.3.2 CONTROL solar

DISPOSITIVOS PARA EL SOMBREAMIENTO DE LA ENVOLVENTE

Protección exclusiva de la radiación solar (PERS).

Utilización de segundas pieles para la protección contra la radiación incidente sobre las aperturas acristaladas. Neila, 2004.

## 2. Dispositivos de sombreado móviles

“ Para evitar sobrecalentamiento en verano, hay que utilizar la protección solar en huecos de tipo variable, para proporcionar la mejor adaptación posible”. (Matic, 2010)

Según lo anterior, los apantallamientos móviles son los que permiten una mejor interceptación de la radiación solar en cualquier orientación, ya que adaptan su posición y geometría a cada situación concreta.

Además tienen la ventaja de que se necesitan elementos de menor tamaño para controlar la radiación y permiten la captación flexible de la radiación solar directa, en función de las características variables de cada espacio, tales como época del año, temporalidad de ocupación, o actividad desarrollada en el local a acondicionar.

Su función se ve potencializada en las fachadas este y oeste, donde los parasoles horizontales y verticales fijos no resultan tan efectivos por el gran tamaño que deben tener para cubrir la escasa altura solar de las horas críticas, por ende, es sumamente efectivo utilizar apantallamientos móviles, principalmente verticales, que vayan de acuerdo a la posición del sol en acimut.

Algunos ejemplos son las persianas horizontales y verticales, celosías, contraventanas y toldos plegables con sistema de control mecánico o manual (ver Fig. 9.3.11). Estos últimos, con sus diferentes variantes, horizontal, vertical o proyectado, corresponden a uno de los mecanismos clásicos de apantallamiento móvil exterior.

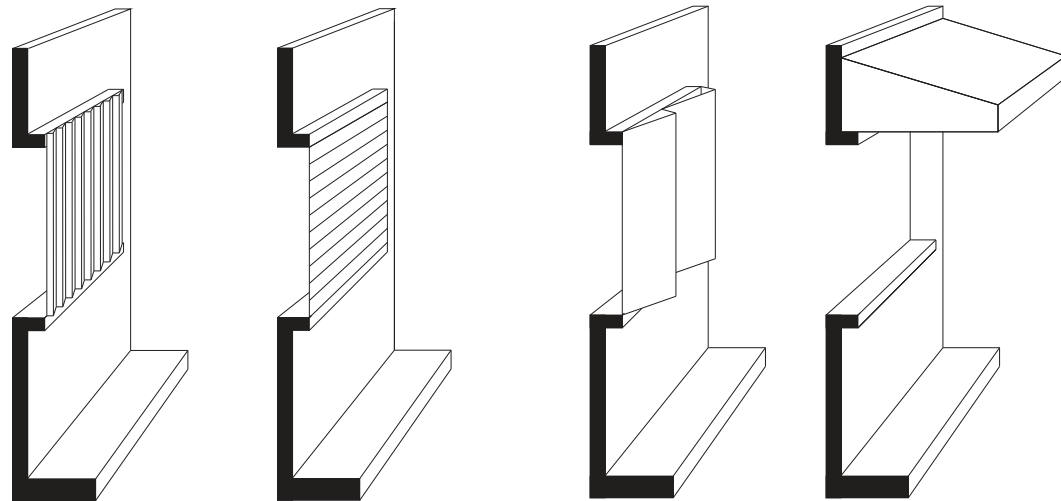


Fig. 9.3.11. Esquema en isométrica del funcionamiento de diversas tipologías de dispositivos de sombreado móvil: persianas verticales y horizontales, contraventanas y toldos (elaborado por autores).

| Piso Basal                 |   | Piso Premontano              |   |
|----------------------------|---|------------------------------|---|
| Bosque seco Tropical       | ✓ | Bosque húmedo Premontano     | ✓ |
| Bosque húmedo Tropical     | ✓ | Bosque muy húmedo Premontano | ✓ |
| Bosque muy húmedo Tropical | ✓ | Bosque pluvial Premontano    | ✓ |

9.3.2 CONTROL solar

DISPOSITIVOS PARA EL SOMBREAMIENTO DE LA ENVOLVENTE

Protección exclusiva de la radiación solar (PERS).

Utilización de segundas pieles para la protección contra la radiación incidente sobre las aperturas acristaladas. Neila, 2004.

## 3. Barreras solares

Se trata de elementos independientes a la envolvente principal, siendo ésta la principal característica que diferencia a las barreras solares de la doble capa ventilada, ya que, la última se refiere a un cerramiento integral.

Las barreras, por su parte, pueden estar conformadas por paneles sólidos, mediante los cuales se bloquea la mayor parte de la radiación directa, generando sombra sobre la envolvente; estos son recomendados para Fachadas como la Sur, Este y Oeste por sus ángulos de incidencia solar (ver Fig 9.3.12). O bien, paneles transparentes o translúcidos que permiten un alto grado de iluminación en el espacio, con el menor ingreso de radiación, ya que, al seleccionar vidrios con capacidades aislantes, la barrera expuesta protegerá a la estructura principal, por lo que ésta mantendrá temperaturas menores, en comparación con una fachada simple. Estos sistemas se pueden ejemplificar en las fachadas corredor (ver Fig. 9.3.13).

Matic (2010) explica que se trata de dos pieles de vidrio separadas por un corredor con un ancho de entre 20cm a varios metros, esta puede cubrir la totalidad de la estructura o una parte de ella. La piel principal, generalmente aislada, opera como muro cortina, mientras que la secundaria es por lo general vidrio simple. Ambas pieles hacen que el espacio entre ellas actúe a favor del edificio, principalmente, como aislante de temperaturas externas y ruidos.

Consideraciones:

| Piso Basal                 |   | Piso Premontano              |   |
|----------------------------|---|------------------------------|---|
| Bosque seco Tropical       | ✓ | Bosque húmedo Premontano     | ✓ |
| Bosque húmedo Tropical     | ✓ | Bosque muy húmedo Premontano | ✓ |
| Bosque muy húmedo Tropical | ✓ | Bosque pluvial Premontano    | ✓ |

En el caso de trabajar con elementos translúcidos, debe utilizarse en la pantalla externa un material tintado y en la estructura principal puede usarse uno claro.

Deben considerarse aberturas en la parte inferior y superior de la barrera, de forma que ésta funcione también como un espacio ventilado que refresque la estructura principal, interrumpiendo la onda de calor.

Cabe mencionar que en este caso, se dan altos costos de construcción comparado con fachadas convencionales, debido a la complejidad de la doble fachada, además de los costos de mantenimiento que requiere.

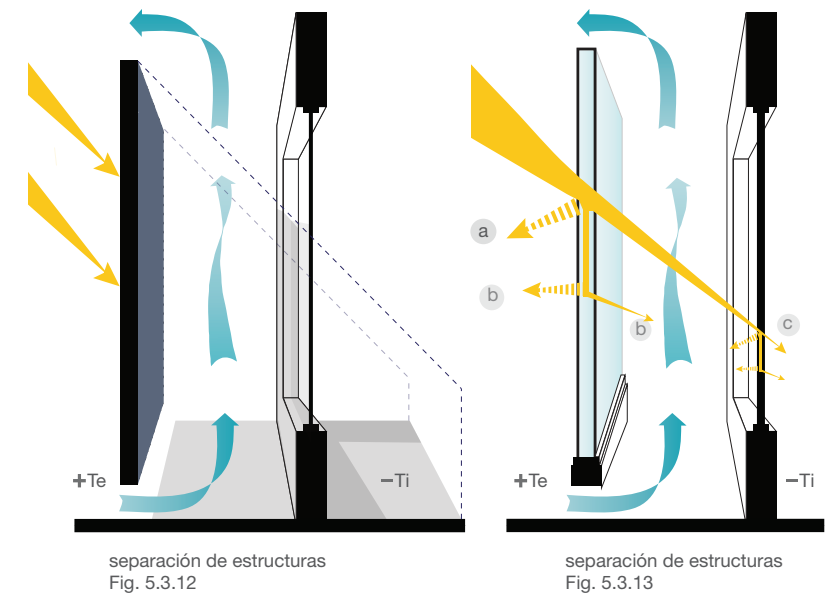


Fig. 9.3.12. Esquema de funcionamiento de barreras solares sólidas (elaborado por autores).

Fig. 9.3.13. Esquema de funcionamiento de barreras translúcidas. La filtración se da a través de un primer vidrio oscuro, seguido por una separación mayor a 20cm y un vidrio claro que concluye la exclusión de energía. Del rayo solar incidente una parte se refleja (a) en la primera superficie vidriada, mientras que otra se absorbe y luego se libera al interior y exterior (b). Posteriormente el proceso se repite en el segundo vidrio, donde una parte termina ingresando al espacio interno (c) (elaborado por autores).

9.3.2 CONTROL solar

DISPOSITIVOS PARA EL SOMBREAMIENTO DE LA ENVOLVENTE

Protección exclusiva de la radiación solar (PERS).

Utilización de segundas pieles para la protección contra la radiación incidente sobre las aperturas acristaladas. Neila, 2004.

### 3.2 Barreras micro-perforadas

La Barrera micro - perforada corresponde a una variante de la doble capa ventilada, donde un paño externo, totalmente separado de la estructura principal genera un espacio de aire

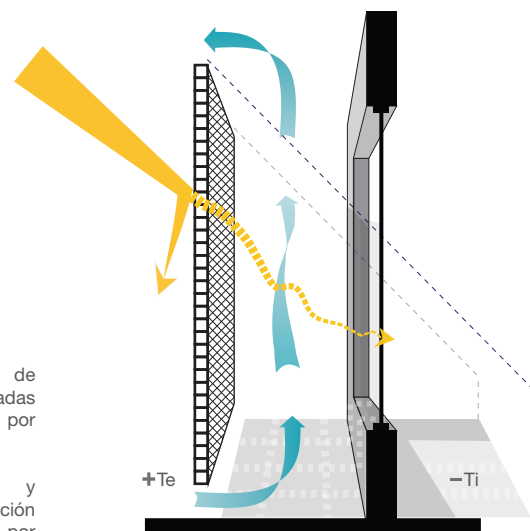
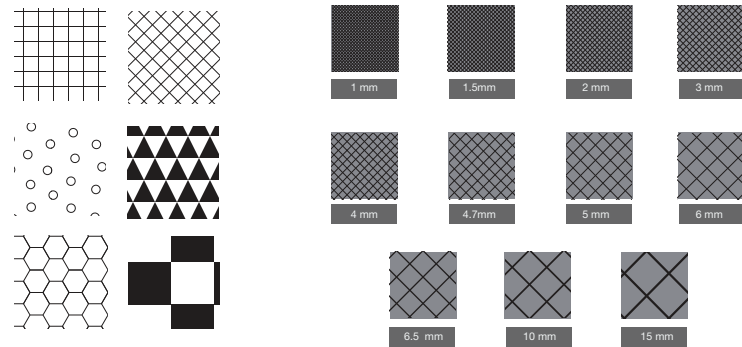


Fig. 9.3.14. Esquema de funcionamiento de fachadas microperforadas (elaborado por autores).

Fig. 9.3.15. Tipologías y densidad de micro-perforación para fachada (elaborado por autores).



Piso Basal

|                          |                            |                                     |
|--------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Bosque seco Tropical       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | Bosque húmedo Tropical     | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | Bosque muy húmedo Tropical | <input checked="" type="checkbox"/> |

Piso Premontano

|                          |                              |                                     |
|--------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Bosque húmedo Premontano     | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | Bosque muy húmedo Premontano | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | Bosque pluvial Premontano    | <input checked="" type="checkbox"/> |

ventilado en su interior. Su diferencia consiste en que dicho paño posee micro-perforaciones que retienen gran parte de la incidencia solar y propicia espacios interiores iluminados con luz tamizada, por lo que se define como una estrategia de sombreado (ver Fig. 9.3.14).

Esta estrategia depende mucho del material que se utilice, con frecuencia es metal y concreto, por esto es más recomendada en fachadas Norte; ya que, su exposición solar es menor, además propicia mayor flujo de viento. En las fachadas Sur – Este y Oeste podría ser mas efectiva si se combina con estrategias de control térmico, baja dimensión de micro-perforación (ver Fig. 9.3.15) o bien utilizar materiales con menor absorción solar como madera, cerámica o lona.

Consideraciones:

Es un sistema versátil que puede utilizar diversos materiales en la fachada interior, manteniendo la exterior con un aspecto independiente. La parte interior de la fachada debe estar constituida por materiales térmicamente aislantes y, preferiblemente, absorbentes de ruido.

Al tratarse de un elemento independiente de la estructura principal, brinda protección ante la lluvia y humedad al espacio interno.

Las perforaciones deben calcularse con las horas de protección requeridas, de manera que no obedezcan, únicamente, a la estética.

9.3.2 CONTROL solar

DISPOSITIVOS PARA EL SOMBREAMIENTO DE LA ENVOLVENTE

Protección exclusiva de la radiación solar (PERS).

Utilización de segundas pieles para la protección contra la radiación incidente sobre las aperturas acristaladas. Neila, 2004.

### 3.3 Pantallas Verdes

Ugarte (2007) explica que la vegetación produce sombra, que es tal vez, el elemento más buscado, ya que reduce el soleamiento directo de los edificios y los ocupantes. Incluso los árboles de hojas caducas, reducen el soleamiento efectivo en un 20% a 40%

Tomando en cuenta lo anterior puede plantearse instalar estructuras que permitan el crecimiento de plantas de rápido desarrollo, separadas del cerramiento vertical. Este sistema permite un ingreso controlado de la luminosidad reduciendo drásticamente la radiación solar directa, de forma que filtra el exceso de claridad natural y atenúa los efectos de reverberación o encandilamiento gracias a la presencia de sombra. Además, en la Figura 9.3.16 se ejemplifica la distribución energética que suele suceder en una pantalla verde, de forma que del 100% de la radiación incidente, un 5% es transmitido (a), un 20% es reflejado (b), un 50% se evapora (c) y finalmente, un 25% de la energía se utiliza en otros procesos (Neila, 2004).

Por otra parte, los procesos de convección colaboran a refrescar la envolvente, dosificando la incidencia y por ende la transmisión de calor al interior del espacio.

Consideraciones:

Lo más importante al utilizar una pantalla vegetal es verla como un sistema completo, que garantice el uso de un sistema de riego eficiente, quizás de aguas grises o recolectadas

de lluvia, que permitan a las plantas tener la cantidad de agua precisa cuando la necesiten y no se sequen con el sol.

Es importante reconocer el tipo de plantas locales, especiales para cada lugar, las cuales van a tener una mejor oportunidad de crecer sanas, y no van a necesitar más cantidad de agua de lo que se debería.

Además, Matic (2010) recomienda que si se tiene la posibilidad de colocar árboles alrededor de edificio, conviene situar al lado de fachada sur los árboles de hoja caduca, de manera que no sean obstáculos para soleamiento en invierno y sin embargo estar como protección solar en verano. En el lado norte se sitúan normalmente de hoja perenne de modo que protegen de los vientos desfavorables y en el lado oeste/este como protección solar.

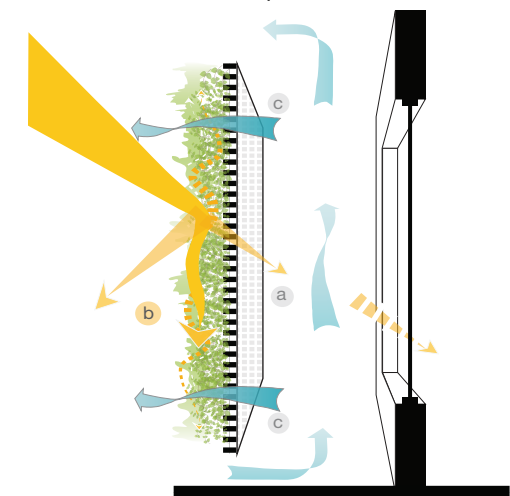


Fig. 9.3.16. Esquema de utilización de vegetación como elemento de sombreado. Se debe trabajar con las cualidades de las plantas y los periodos convenientes de sombra y soleamiento para una adecuada protección de los espacios (elaborado por autores).

Piso Basal

|                          |                            |                                     |
|--------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Bosque seco Tropical       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | Bosque húmedo Tropical     | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | Bosque muy húmedo Tropical | <input checked="" type="checkbox"/> |

Piso Premontano

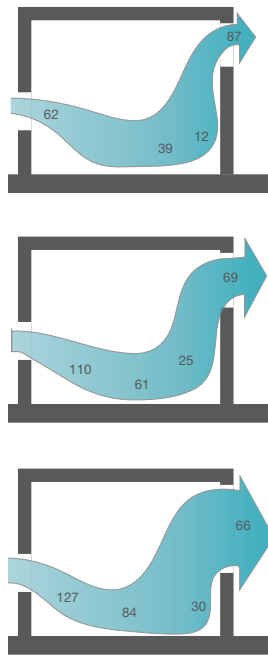
|                          |                              |                                     |
|--------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Bosque húmedo Premontano     | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | Bosque muy húmedo Premontano | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | Bosque pluvial Premontano    | <input checked="" type="checkbox"/> |

9.3.3 DISIPAR calor

ENFRIAMIENTO CONVECTIVO

Autoventilación: Disipar el aire caliente ubicado en la parte superior del elemento vertical, producto de la estratificación del aire.  
Ventilación Cruzada: Generar aberturas en zonas de baja y alta presión en el elemento vertical para facilitar el ingreso y salida del viento a través de los espacios interiores de los edificios.

## 1. Redireccionamiento por aberturas



De acuerdo a lo explicado anteriormente en el apartado de pautas generales: configuración del espacio habitable; la ubicación y distancia de las aberturas como estrategia para disipar el calor son primordiales, los sistemas de ventilación deben diseñarse en función de la dirección predominante del viento, y la disposición de los elementos para aumentar la velocidad de viento debe ser 45° (ver Fig. 9.3.18).

Además, debe considerarse que para que la ventilación cruzada sea efectiva, se recomienda una distancia entre aberturas de máx. 5 veces la altura del espacio habitable y, caso de existir paredes internas, deben permitir la circulación del aire entre espacios, por medio de aberturas, rejillas o bien que las paredes lleguen a una cierta altura.

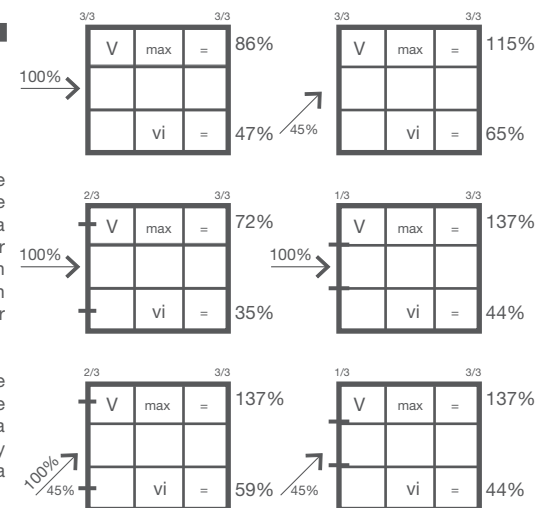


Fig. 9.3.17. Esquema de relación entrada-salida de viento: las aberturas de entrada deben situarse más abajo y ser menores que las de salida, con el fin de asegurar la aceleración del viento (elaborado por autores).

Fig. 9.3.18. Esquema de relación entrada-salida de viento en planta, de acuerdo a la dirección de entrada y proporción de la misma (elaborado por autores).

Piso Basal

- Bosque seco Tropical
- Bosque húmedo Tropical
- Bosque muy húmedo Tropical

Piso Premontano

- Bosque húmedo Premontano
- Bosque muy húmedo Premontano
- Bosque pluvial Premontano

Consideraciones:

1. La entrada del viento es el elemento más importante, ya que dicta el recorrido en el espacio, ésta debe de ser menor que la salida para asegurar la aceleración de la velocidad del viento. Neila (2004) explica que, para el caso de España, cada vez que la velocidad del aire se eleva 0,2 m/s, la sensación de calor se reduce aproximadamente 1°C.
2. Aberturas opuestas y no paralelas permitirán cubrir una mayor área al interior del espacio, pero disminuirán la velocidad del flujo.
3. Las entradas de aire se recomiendan en la parte inferior y las salidas en las parte superior o a la altura del cuerpo, de forma que el aire se mueva por auto ventilación (ver Fig. 9.3.17).
4. Debe considerarse que, si el viento incide sobre una esquina de la vivienda se obtiene ventilación más eficiente que si lo hace perpendicularmente a la fachada.
5. A mayor cantidad de obstáculos disminuye la velocidad del viento que ingresa al espacio; por lo que las divisiones internas deben ubicarse de modo que faciliten dichos recorridos, y no se conviertan en barreras dispersoras de viento.
6. Se recomienda la instalación de aberturas en este orden: fachada Norte, fachada Este, fachada Sur. En la Fachada Oeste no se recomiendan con el fin de disminuir la ganancia térmica por radiación directa.

9.3.3 DISIPAR calor

ENFRIAMIENTO CONVECTIVO

Autoventilación: Disipar el aire caliente ubicado en la parte superior del elemento vertical, producto de la estratificación del aire.  
Ventilación Cruzada: Generar aberturas en zonas de baja y alta presión en el elemento vertical para facilitar el ingreso y salida del viento a través de los espacios interiores de los edificios.

## 2. Elementos redireccionadores

La utilización de redireccionadores debe darse cuando se necesita controlar la dirección del viento con la finalidad de que éste circule efectivamente por los determinados espacios; eliminando el aire caliente acumulado. Su correcta utilización puede cumplir doble función, la de control solar y la de dirección del viento. Germer explica que el uso correcto de este recurso elimina hasta en un 90% del calor solar. (Germer, 1983)

La presencia de irregularidades en las fachadas, favorecerán la creación de zonas con diferente presión y, por tanto una mejor ventilación cruzada (ver Fig. 9.3.19). De igual forma, si la ventilación interior se establece sin modificar la dirección del aire que atraviesa el espacio, su velocidad no disminuirá de forma significativa, lo que puede ser muy beneficioso, hasta el punto en que esa ventilación puede no llegar a todos los puntos del interior, dejando zonas sin cubrir; por lo que se requieren elementos internos que creen áreas de turbulencia para inducir el movimiento de más cantidad de aire y faciliten la ventilación integral del espacio.

Por otra parte, para controlar el flujo del aire a nivel del suelo, un mecanismo muy eficiente es la utilización de vegetación con diferentes alturas, según la intensidad necesaria, la masa verde cuando permite un cierto grado del paso de aire causa menos turbulencia que un elemento sólido (ver Fig. 9.3.20), además si posee un adecuado sistema de riego refrescará la corriente de aire y, por ende, el espacio interno.

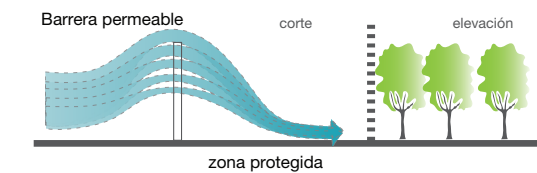
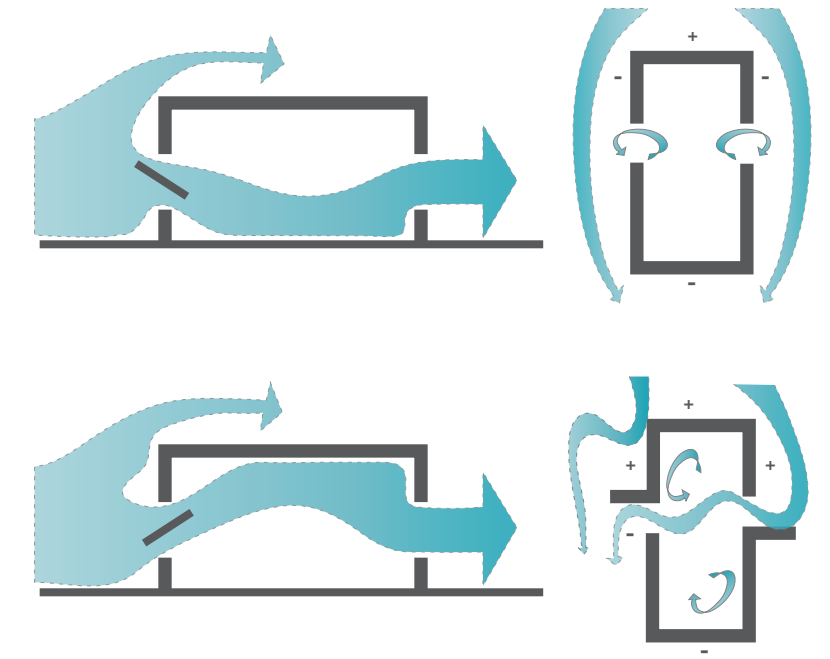


Figura 9.3.19. Elementos redireccionadores en planta y fachada, generan las turbulencias necesarias para aprovechar la ventilación en los espacios requeridos (elaborado por autores).

Figura 9.3.20. Elementos redireccionadores vegetales generan menor turbulencia que los elementos totalmente sólidos (elaborado por autores).

Piso Basal

- Bosque seco Tropical
- Bosque húmedo Tropical
- Bosque muy húmedo Tropical

Piso Premontano

- Bosque húmedo Premontano
- Bosque muy húmedo Premontano
- Bosque pluvial Premontano



9.3.3 DISIPAR calor

ENFRIAMIENTO CONVECTIVO

Ventilación Cruzada: Generar aberturas en zonas de baja y alta presión en el elemento vertical para facilitar el ingreso y salida del viento a través de los espacios interiores de los edificios.

### 3. Aberturas permanentes

El efecto invernadero que propicia que la onda de calor incida en el espacio y se contenga en él por las propiedades del vidrio, puede resultar sumamente perjudicial para los espacios en climas con temperaturas elevadas a lo largo del año, puesto que, según explica Jimena Ugarte:

“..el vidrio tiene la propiedad no sólo de transmitir los rayos, sino de crear una pantalla aerúlica que, en climas tropicales amplifican considerablemente la temperatura interior y son proscritos en un tratamiento climático de ventilación natural...”

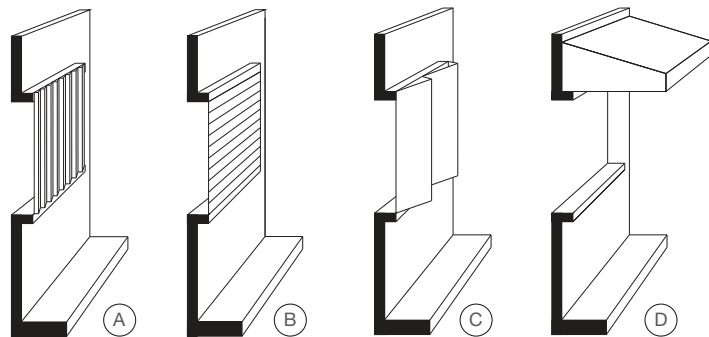
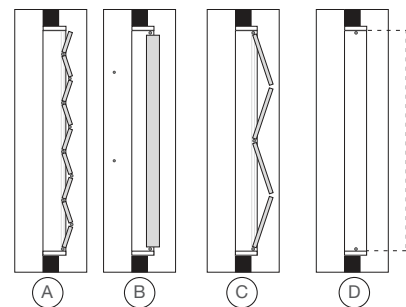


Fig. 9.3.21. Esquema de espacio diseñado como balcón y área de estar: cerramientos temporales, con elementos tamizan la entrada de luz y radiación, se mueven para controlar la ambientación según se requiera, permitiendo la ventilación cruzada (elaborado por autores).

Fig. 9.3.22. Esquema de cerramientos temporales, rejillas móviles, cedazos y contraventanas (elaborado por autores).



Piso Basal

- Bosque seco Tropical
- Bosque húmedo Tropical
- Bosque muy húmedo Tropical

Por lo que se recomienda la utilización de aberturas totales, sin cerramiento translúcido intermedio, que permitan la fluida circulación del aire a través del espacio, disipando, mediante ventilación cruzada, el calor en el interior y facilitando la creación de espacios como galerías, balcones y terrazas (Fig. 9.3.21). Para ellos, deben considerarse elementos temporales que permitan proteger y cerrar el espacio por completo en las horas deseadas, no significando esto hermetismo; como es el caso de las contraventanas, que se refieren a una pequeña puerta exterior incorporada a la ventana mediante bisagras que posibilita controlar el paso de la luz o el calor además de proteger el espacio en las horas deseadas (Fig. 9.3.22).

Consideraciones

Pueden considerarse elementos permeables como cedazos, rejillas u otros que permitan la fácil entrada del aire, pero colaboren a filtrar las impurezas del aire, la entrada de insectos y brinden privacidad al espacio.

No obstante, de la misma forma que los cerramientos vidriados, para evitar ganancias térmicas a través de las aberturas debe de emplearse sistemas de sombreado o protección solar, naturales o artificiales, que deben tomar en cuenta que la posición, distribución y dimensión de los elementos no es antojadiza, sino que responde a un cálculo previo de sombras, de acuerdo a las horas que se requieren de protección.

9.3.3 DISIPAR calor

ENFRIAMIENTO CONVECTIVO

Ventilación Cruzada: Generar aberturas en zonas de baja y alta presión en el elemento vertical para facilitar el ingreso y salida del viento a través de los espacios interiores de los edificios.

### 4. Espacios termocinéticos

Los espacios termocinéticos permiten la entrada y salida de calor del espacio de forma constante y efectiva, su principio se basa en captar energía fácilmente y liberarla con la mayor velocidad posible por medio de la ventilación cruzada. Son espacios donde la acumulación de calor es prácticamente nula, debido a que las propiedades de los materiales y la configuración del espacio buscan mantener constante el flujo el calor, dispersándolo muy rápidamente.

El cerramiento externo cumple la función de parasol al generar sombra hacia el interior, contribuyendo así a la regulación térmica del espacio, ya que la temperatura media radiante tiende a generar variaciones en la temperatura interior, y aunque el aire de afuera ingresa directamente al espacio, las paredes internas están frías como resultado del sombreado que obtienen. De forma que el aire que ingresa al espacio intercambia calor con las paredes, y en busca de equilibrio, baja su temperatura (ver Fig. 9.5.23).

Los materiales a utilizarse deben ser aquellos que presenten bajos o muy bajos índices de resistencia, como el caso de las paredes livianas, dentro de las cuales encontramos la pared de madera, típica de la arquitectura vernácula del pacífico norte y atlántico costarricense. De esto que algunos elementos constructivos como las paredes de block, u otros que encierran aire, no figuren dentro de esta categoría.

Caso contrario son aquellos recomendados para climas frescos, que captan y almacenan calor, generalmente contruidos con materiales pétreos, en los que la onda térmica presenta un desfase significativo, para este caso el desfase es prácticamente nulo.

Consideraciones:

El constante flujo de aire a través del espacio permite reducir los índices de humedad dentro del mismo, por lo que resulta sumamente conveniente tanto para climas cálidos/secos, como para otros cálidos con niveles de humedad moderados o altos.

Un ejemplo son los Palafitos Venezolanos, donde se impide la radiación solar directa a través de los cerramientos de cañas que dejan pasar el viento.

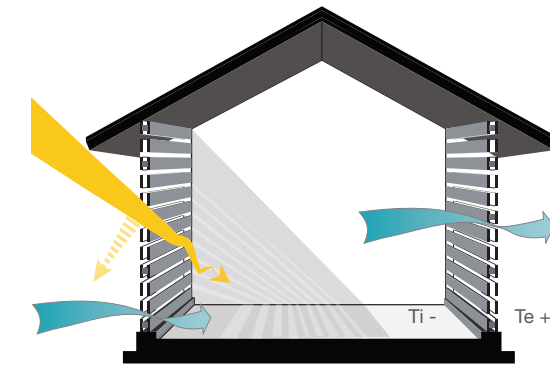


Fig. 9.3.23. Esquema de comportamiento de un espacio termocinéticos típicamente observado en nuestro país (elaborado por autores).

Piso Basal

- Bosque seco Tropical
- Bosque húmedo Tropical
- Bosque muy húmedo Tropical

Piso Premontano

- Bosque húmedo Premontano
- Bosque muy húmedo Premontano
- Bosque pluvial Premontano

9.3.3 DISIPAR calor

ENFRIAMIENTO CONVECTIVO

Ventilación por aspiración: Utilizar precalentadores al elemento vertical para incrementar la velocidad del aire forzando la ventilación natural por succión.

### 3. Recalentamiento de fachada

Cuando el sol incide sobre una fachada se produce un recalentamiento de su superficie y del aire que se encuentre en contacto con ella. Los dispositivos bioclimáticos de calentamiento producen ese efecto en invierno, y aprovechan el aire caliente generado para la calefacción. Sin embargo, si estos dispositivos se utilizan correctamente, servirán como recalentadores de aire, que incrementarán la velocidad del viento forzando de manera natural la ventilación (ver Fig. 9.3.24).

El régimen de aireación debe modificarse, de forma que la rejilla superior que permite el paso del aire caliente al espacio interno desaparece y en su lugar debe colocarse hacia el exterior del espacio. Así, el aire caliente generado escapará del edificio.

Por lo anterior, la depresión generada provocará la succión de aire de los espacios aledaños.

Consideraciones:

Deben orientarse siempre hacia el sur, puesto que la entrada de aire se supone hacia el norte.

Si bien, el dispositivo totalmente expuesto al sol puede generar mayores índices de extracción, el muro que recibiría la radiación directa, se calentaría demasiado y acabaría transmitiendo el calor al espacio interno, por lo que resulta indispensable proteger el elemento de la radiación, aunque esto signifique una disminución en la succión.

Por otra parte, en nuestro país resulta más sencillo y recomendable trabajar con los vientos predominantes del sitio, sin embargo en casos donde las posibilidades sean muy limitadas, este tipo de dispositivo puede generar la corriente donde de otra manera no habría ninguna.

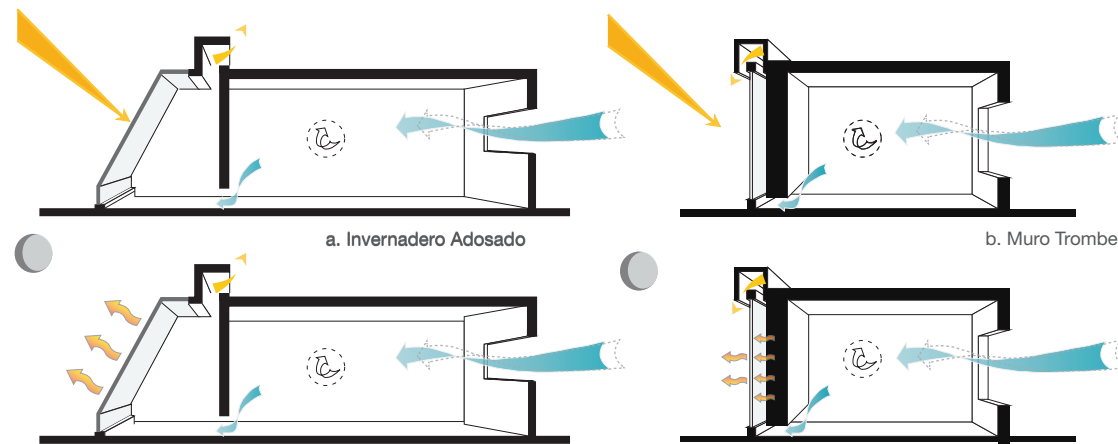


Fig. 9.3.24. Esquema de invernadero adosado y muro trombe funcionando como estrategia de ventilación (elaborado por autores).

| Piso Basal                 |   | Piso Premontano              |   |
|----------------------------|---|------------------------------|---|
| Bosque seco Tropical       | ✓ | Bosque húmedo Premontano     | ✓ |
| Bosque húmedo Tropical     | ✓ | Bosque muy húmedo Premontano | ✓ |
| Bosque muy húmedo Tropical | ✓ | Bosque pluvial Premontano    | ✓ |

9.3.4 CAPTAR calor

CAPTACIÓN POR TRANSMITANCIA

Se introduce el calor al espacio mediante la incorporación de elementos traslúcidos con alta conducción en la envolvente vertical.

### 1. Ganancia directa: alta transmitancia

La transmitancia se define como la cantidad de energía que atraviesa un cuerpo en la unidad de tiempo.

Los vidrios son los principales ejemplos de esta cualidad, sin embargo, es necesario tomar en cuenta que la transmitancia no coincide necesariamente con su transparencia, ya que algunos plásticos transparentes son opacos a la radiación solar.

No obstante, Neila (2004) explica que no toda la radiación solar de onda corta que incide sobre un vidrio lo atraviesa: parte se refleja y parte es absorbida. La radiación reflejada por lo general se trata de sólo un 7% del total incidente. Mientras que, la energía absorbida por el vidrio después de calentarlo, es cedida tanto al exterior, un 10% debido en su mayoría a la diferencia de temperatura entre el vidrio y los objetos exteriores; como al interior, un 5%, por radiación y convección. El porcentaje restante de radiación se transmite al interior (ver Fig. 9.3.25), calentando los elementos en los que incide, aunque no directamente el aire. Éste, por su parte, se calienta por convección al estar en contacto con objetos calentados por radiación.

Consideraciones:

Todos estos cuerpos calientes, independientemente de ceder calor por convección, emiten energía por radiación, para la que el vidrio es completamente opaco, por lo que permite la entrada de calor, pero no la salida.

Debe tomarse en cuenta que las cantidades de radiación incluida y excluida de un espacio por medio de las superficies vidriadas va a depender de las características de transmisión del vidrio utilizado (ver Tabla 9.3.4).

Se recomiendan vidrios con alto coeficiente de transmisión "U" y de Ganancia Solar (SHGC), así como de Coeficiente de Sombra (SC).

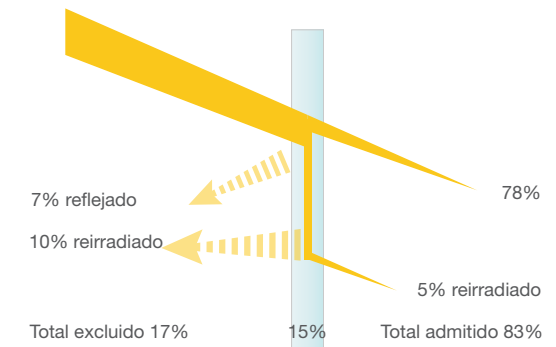


Fig. 9.3.25. Esquema de comportamiento de la radiación incidente en una superficie vidriada (elaborado por autores).

Tabla 9.3.4. Características de transmisión de los cristales

| Tipo de cristal   |       | admitida | excluida |
|---|-------|----------|----------|
| Ordinario plano de 6mm  | t= 74 | 74       | ---      |
|   | a= 18 | 9        | 9        |
|   | r= 8  | ---      | 8        |
| Endotérmico de 6mm  | t= 42 | 42       | ---      |
|   | a= 53 | 26       | 27       |
|   | r= 5  | ---      | 5        |
| Cristal de reflexión: doble revestimiento de níquel en la cara interior del cristal exterior. | t= 25 | 25       | ---      |
|   | a= 52 | 13       | 39       |
|   | r= 18 | ---      | 23       |

Tabla 9.3.4. Características de transmisión de cristales (%). Transmitancia (t), absorptancia (a), reflectancia (r). (Obtenido de Koenigsberger y otros, 1997)

| Piso Montano Bajo |   | Piso Montano |   | Piso Subalpino           |   |
|-------------------|---|--------------|---|--------------------------|---|
| Bh Montano Bajo   | ✓ | Bmh Montano  | ✓ | Páramo Pluvial Subalpino | ✓ |
| Bmh Montano Bajo  | ✓ | Bp Montano   | ✓ |                          |   |
| Bp Montano Bajo   | ✓ |              |   |                          |   |

9.3.4 CAPTAR calor

CAPTACIÓN POR TRANSMITANCIA

Se introduce el calor al espacio mediante la incorporación de elementos traslúcidos con alta conducción en la envolvente vertical.

## 2. Invernadero Adosado

El efecto invernadero, se refiere al fenómeno en que la radiación solar de onda corta atraviesa las superficies vidriadas del edificio, ingresando al espacio e incidiendo sobre las superficies de los elementos como suelos y muros, que absorben parte de ella y, que al calentarse, remiten al espacio energía radiante de onda larga. Ésta no tiene la capacidad de atravesar nuevamente el vidrio y queda atrapada calentando el espacio por convección.

Fig. 9.3.26. Esquema de funcionamiento de un Invernadero adosado: a. Radiación solar de onda corta incidente (100%). b. Radiación reflejada (7%). c. Energía absorbida que calienta el vidrio y es posteriormente cedida al exterior (10%). d. Energía absorbida que calienta el vidrio y es posteriormente cedida al interior (5%). e. Radiación que entra al espacio calentando los cuerpos contra los que incide (78%). f. Energía emitida por los cuerpos calientes para la cual el vidrio es opaco. g/h. Energía que se pierde al calentarse el vidrio por convección debido a la onda larga emitida desde el interior (elaborado por autores).

Este suceso se aprecia claramente en los invernaderos adosados, que se pueden describir como espacios con una gran proporción de acristalamiento, en ocasiones alcanzando el 100% del cerramiento, adyacentes y conectados a los espacios habitables de los edificios. En la Figura 9.3.26 se ejemplifica el comportamiento de la radiación que incide en la superficie acristalada del invernadero (ver Fig. 9.3.26).

Se generan con el fin de potenciar las ganancias de calor por radiación solar, evitando el sobre-

calentamiento, deslumbramiento y la exposición directa al sol de los espacios internos.

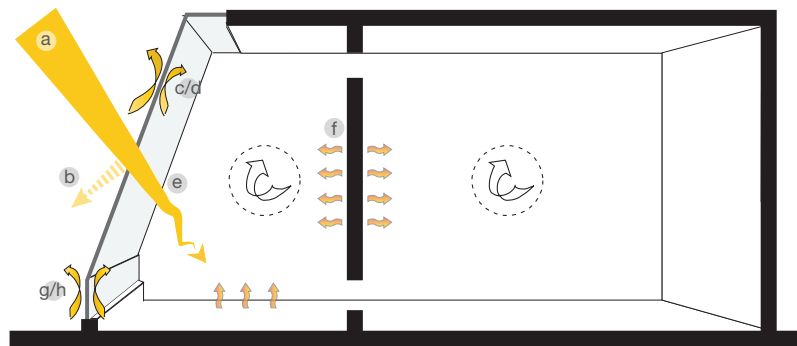
Consideraciones:

La radiación de onda larga emitida desde el interior, al incidir sobre el vidrio, aunque no logre atravesarlo, lo calienta y puede generar pérdidas al exterior. Para evitar éste fenómeno, podrían utilizarse vidrios dobles, con tratamiento reductor de emisividad en la cara que da a la cámara del vidrio interior. Otra opción es el vidrio aislante, que reduciría las pérdidas por transmisión, aunque también la radiación captada.

Los vanos de conexión entre el invernadero y los espacios habitables pueden tener dispositivos de control como puertas, paneles o cortinas. Estos generalmente se abren durante el día, para permitir la calefacción de los espacios y se cierran durante la noche para evitar las pérdidas de calor.

La orientación ideal es la sur en el hemisferio norte y la norte en el hemisferio sur. En proyectos donde la orientación ideal no es posible es recomendable optar por sistemas de ganancias solares indirectas o aisladas.

Se recomienda utilizar superficies vidriadas en colores claros y con pocas divisiones para maximizar la eficiencia del efecto invernadero.



| Piso Montano Bajo | Piso Montano | Piso Subalpino           |
|-------------------|--------------|--------------------------|
| Bh Montano Bajo   | Bmh Montano  | Páramo Pluvial Subalpino |
| Bmh Montano Bajo  | Bp Montano   |                          |
| Bp Montano Bajo   |              |                          |

9.3.4 CAPTAR calor

CAPTACIÓN POR ABSORTANCIA

Utilización de elementos en la envolvente vertical con propiedades que brinden alta capacidad de absorción.

## 1. Materiales Absorbentes y emisivos

La absorción representa la fracción de radiación incidente que es absorbida por un material, con valores que van de 0 a 1, en términos de porcentaje, de 0% a 100% (Ordoñez y otros, 2012), depende fundamentalmente del color y el acabado de los materiales. Este parámetro generalmente se usa para estimar la forma en que la radiación solar afecta el balance térmico de las superficies (exteriores e interiores) de los elementos constructivos.

Mientras que la emisividad de un material se trata de una medida de la capacidad de un material para absorber y radiar energía. Si asignamos al cuerpo negro ideal un valor de 1.0, entonces cualquier objeto real tiene una emisividad mayor a 0.0 y menor a 1.0.

Además de la temperatura, la emisividad depende de factores como las condiciones de las superficies (pulidas, oxidadas, grado de rugosidad), el ángulo de emisión y la longitud de onda.

Consideraciones:

Se recomienda la utilización de superficies de color oscuro con acabado mate y rugoso, ya que son las que ofrecen una mayor absorción superficial; mientras que las superficies claras y pulidas tienden a reflejar buena parte de la radiación que incide sobre ellas (ver Fig. 9.3.27).

El grado de emisividad se puede ver disminuido por oxido, grado de pulido, grado de rugosidad,

longitud de onda y ángulo de emisión, entre otros.

Pueden recomendarse materiales como ladrillo, concreto y superficies con pintura negra, etc., lo que se detalla en la tabla adjunta (ver Tabla 9.3.5).

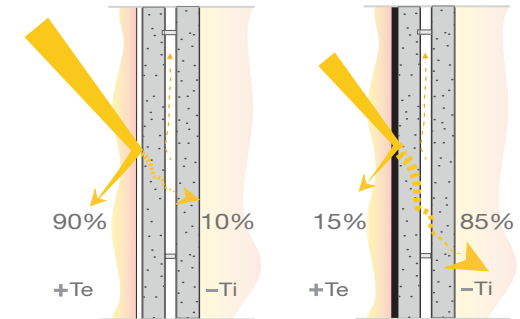


Fig. 9.3.27. Porcentaje de reflectancia y absorción de diversos materiales (elaborado por autores).

Tabla 9.3.5. Absortancia y emisividad de superficies

| Superficie                   | Absortancia para radiación solar | a y e 10 a 40 °C |
|------------------------------|----------------------------------|------------------|
| Negra, no metálica           | 0.85-0.98                        | 0.90-0.98        |
| Ladrillo rojo, piedra, teja  | 0.65-0.80                        | 0.85-0.95        |
| Ladrillo amarillo, piedra    | 0.50-0.70                        | 0.85-0.95        |
| Ladrillo, piedra, teja clara | 0.30-0.50                        | 0.40-0.60        |
| Cristal de ventana           | Transparente                     | 0.90-0.95        |
| Aluminio, bronce brillante   | 0.30-0.50                        | 0.40-0.6         |
| Aluminio mate                | 0.40-0.65                        | 0.20-0.30        |
| Acero galvanizado            | 0.30-0.50                        | 0.02-0.05        |
| Cobre pulido                 | 0.30-0.50                        | 0.02-0.05        |
| Aluminio, cromo pulido       | 0.10-0.40                        | 0.02-0.04        |

Tabla 9.3.5. Índices de absorción y emisividad de superficies. (Koenigsberger y otros, 1997).

| Piso Montano Bajo | Piso Montano | Piso Subalpino           |
|-------------------|--------------|--------------------------|
| Bh Montano Bajo   | Bmh Montano  | Páramo Pluvial Subalpino |
| Bmh Montano Bajo  | Bp Montano   |                          |
| Bp Montano Bajo   |              |                          |



9.3.4 CAPTAR calor

CAPTACIÓN POR ABSORTANCIA

Utilización de elementos en la envolvente vertical con propiedades que brinden alta capacidad de absorción.

## 2. Barrera reflectiva

Existen diferentes tipos de barreras para la ganancia térmica, sin embargo una de las más eficientes consiste en colocar una lámina liviana metálica con bajo poder de emisión y elevado poder de absorción (al menos 0.90). Por ejemplo, puede utilizarse una lámina corrugada con acabado negro mate en la cara exterior, o antes del acabado final.

De forma que la radiación solar incide en el material opaco, provocando su calentamiento directo, y por ende la elevación considerable de su temperatura, que conlleva a la superficie a emitir calor radiante hacia el espacio interior.

Usualmente debe acompañarse de otras estrategias como la cámara aire y muros acumuladores (dando lugar a un muro de precalentamiento) u otros, que permitan el aprovechamiento posterior del aire caliente, enfocado en las horas de mayor necesidad, y, eviten la pérdida de calor por altos niveles de difusividad en la lámina, 21.20 m<sup>2</sup>/s x 10<sup>-6</sup> para el hierro (Szokolay, 2008). Ver Fig. 9.3.28.

Consideraciones:

Se deben contemplar estrategias de ventilación adecuadas que permitan el aprovechamiento del calor absorbido por la barrera, de forma que éste no se pierda por convección al exterior al sobrecalentarse la lámina.

Además, de utilizarse la lámina como envolvente único, deben considerarse cerramientos temporales que aislen el calor captado en el interior del espacio durante las horas de la noche; de forma que se evitan las pérdidas aceleradas de calor por la difusividad del material.

Se recomienda la utilización de superficies de color oscuro con acabado mate y rugoso, ya que son las que ofrecen una mayor absorción superficial; mientras que las superficies claras y pulidas tienden a reflejar buena parte de la radiación que incide sobre ellas.

Cabe mencionar que el grado de emisividad se puede ver disminuido por el óxido presente en la superficie, así como por el grado de pulido y grado de rugosidad, la longitud de onda y el ángulo de emisión, entre otras condicionantes.

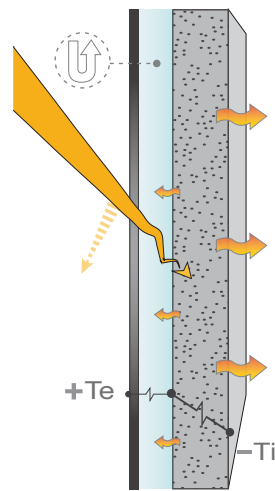


Fig. 9.3.28. Comportamiento de doble cubierta hermética, el aire caliente se mantiene confinado en el volumen de aire superior (elaborado por autores).

| Piso Montano Bajo  | Piso Montano  | Piso Subalpino             |
|--------------------|---------------|----------------------------|
| Bh Montano Bajo ✓  | Bmh Montano ✓ | Páramo Pluvial Subalpino ✓ |
| Bmh Montano Bajo ✓ | Bp Montano ✓  |                            |
| Bp Montano Bajo ✓  |               |                            |

9.3.4 CAPTAR calor

CAPTACIÓN POR MASA TÉRMICA

Utilizar elementos en la envolvente vertical con escasa masa térmica; procurando así un calentamiento rápido, conductividad alta y bajo calor específico (el calor pasa rápido y sin detenerse, al interior del espacio).

## 1. Escasa masa térmica

En el efecto de escasa masa térmica, los elementos externos de la envolvente vertical transmiten fácilmente la energía al interior del espacio, aprovechando la mayor cantidad de calor con un mínimo desfase en el tiempo, ya que, sólo una pequeña parte de ella se disipa en su paso por el material (ver Fig. 9.3.29).

Sin embargo, partiendo del hecho de que las horas críticas requieren mayor cantidad de energía calórica en el interior del espacio, debe considerarse la utilización de la escasa masa térmica en combinación con estrategias acumuladoras o generadoras de calor que cubran las horas de la noche, puesto que, de la misma manera en que la energía ingresa fácilmente al espacio, tiende a buscar su salida por medio de los procesos de convección, debido principalmente a la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior.

Al complementar este ejemplo con otros principios bioclimáticos (ver tablas 9.2, 9.3 y 9.4 Índices de principios bioclimáticos) se busca minimizar la oscilación en la temperatura interior a lo largo del día, aumentando la sensación de confort en los usuarios.

Además, cabe resaltar que para la envolvente vertical exterior no se recomienda la utilización elevada masa térmica ya que, a pesar de que su desfase calórico es óptimo para este tipo de zonas, el excedente de capas facilitan la acumulación de humedad y dificulta la captación ágil de calor a lo largo del día.

Consideraciones:

Neila explica que, en España, los muros aislados pueden aumentar la sensación de calor 1°C, mientras que aquellos con cerramientos débiles pueden llegar hasta 5°C, de forma que los segundos resultan más eficientes para la calefacción de los espacios en climas con temperaturas bajas a lo largo del año.

Deben utilizarse sistemas estructurales que no generen el efecto de auto-sombreamiento, mitigando las ganancias de calor sobre la pared.

Las superficies de color oscuro con acabado mate y rugoso son las que ofrecen una mayor absorción superficial; mientras que las superficies claras y pulidas tienden a reflejar buena parte de la radiación que incide sobre ellas. Además, se debe evitar cubrir la envolvente con tapices, alfombras, entre otros, ya que impiden que la radiación solar incida sobre ellas, lo cual suele disminuir drásticamente la eficiencia del sistema.

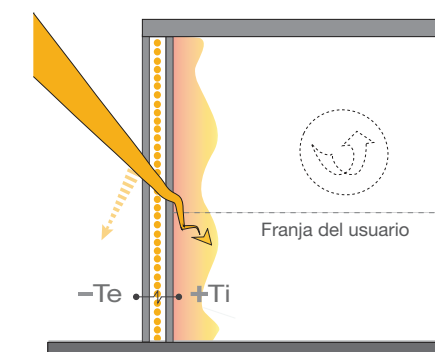


Fig. 9.3.29. Esquema de funcionamiento de cerramiento con escasa masa térmica, provocando el paso rápido del calor al interior del espacio (elaborado por autores).

| Piso Montano Bajo  | Piso Montano  | Piso Subalpino             |
|--------------------|---------------|----------------------------|
| Bh Montano Bajo ✓  | Bmh Montano ✓ | Páramo Pluvial Subalpino ✓ |
| Bmh Montano Bajo ✓ | Bp Montano ✓  |                            |
| Bp Montano Bajo ✓  |               |                            |

9.3.5 ACUMULAR calor

ACUMULACIÓN POR MASA TÉRMICA

Utilización de elementos en la envolvente vertical con propiedades que brinden alta capacidad de absorción.

## 1. Muro trombe

El dispositivo se compone de un muro con un espesor de 15 a 40cm, construido con un material de elevada masa térmica, tierra, ladrillo, concreto, u otros, y, en su parte exterior se instala una superficie acristalada que se separa de 5 a 15cm del muro para generar una cámara de aire cerrada herméticamente.

La radiación de onda corta, atraviesa la superficie vidriada e incide directamente sobre el exterior del muro, absorbiendo una parte de la misma, de forma que eleva significativamente la temperatura del cerramiento. Mientras más alta sea la absorción de la superficie, mayor será el efecto de acumulación y calentamiento.

Al mismo tiempo, el vidrio provoca un efecto de invernadero al impedir la salida de la radiación de onda larga, generada por los procesos de

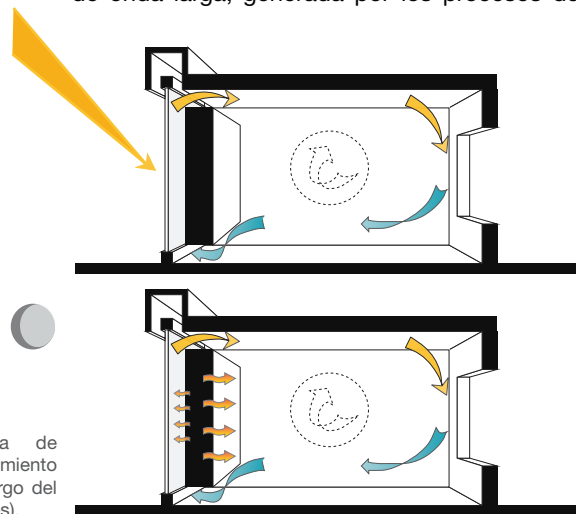


Fig. 9.3.30. Esquema de composición y funcionamiento del muro trombe a lo largo del día (elaborado por autores).

calentamiento, propiciando que el aire dentro de la cámara también eleve su temperatura de manera significativa (ver Fig. 9.3.30).

Neila explica, haciendo referencia a la variación del muro trombe que incluye ventilación: "... Si esa cámara permaneciera estanca, el aire se calentaría excesivamente y su energía se perdería hacia el exterior a través del vidrio. Para evitarlo, el muro dispone de dos conjuntos de orificios, situados en la parte alta del mismo, y otros en la parte inferior. El aire, al calentarse, asciende por convección natural y, atravesando el muro por los huecos superiores, pasa al interior del local. El pequeño vacío que se crea en la cámara es suficiente como para arrastrar, a través de los orificios inferiores, el aire frío de la habitación que se encuentra estratificado a nivel del suelo." (Neila, 2004)

Consideraciones:

La disposición óptima se puede encontrar en el apartado de Orientación, ubicado en Pautas Generales de este documento.

Los aportes de calor al interior se dan por radiación que se recibe y penetra en la habitación por las rejillas y adicionalmente por la acumulación de calor en el muro, que se manifiesta durante la tarde y la noche; y dependerá en buena medida del desfase en la onda térmica; de forma que el número de horas que tarda el calor en atravesar el muro debe coincidir con el número de horas que recibe de asoleamiento.

| Piso Montano Bajo | Piso Montano | Piso Subalpino           |
|-------------------|--------------|--------------------------|
| Bh Montano Bajo   | Bmh Montano  | Páramo Pluvial Subalpino |
| Bmh Montano Bajo  | Bp Montano   |                          |
| Bp Montano Bajo   |              |                          |

9.3.5 ACUMULAR calor

ACUMULACIÓN POR MASA TÉRMICA

Utilización de elementos en la envolvente vertical con propiedades que brinden alta capacidad de absorción.

## 2. Muro de precalentamiento

Presenta una configuración y funcionamiento similares a los muros trombe, pero en lugar de vidrio se suele usar una superficie metálica delgada, como lámina corrugada con acabado negro mate.

En este caso, la radiación solar no atraviesa la superficie expuesta, ya que ésta es opaca, sino que provoca su calentamiento directo; al elevar considerablemente su temperatura, la lámina emite calor radiante hacia la cámara y provoca el aumento de la temperatura del aire contenido en ella, que a su vez, por convección se traslada a la pared interna, donde se acumula y se libera posteriormente al interior (ver Fig. 9.3.31).

Además, pueden utilizarse ventiladores ubicados en las aberturas superiores del muro impulsan el aire calentado hacia los espacios interiores, reforzando sus propios movimientos convectivos y generando un flujo constante de aire que ingresa por las perforaciones de la lámina, para calentarse por efecto de la temperatura de la misma y luego ingresar al interior del edificio.

Consideraciones:

En ocasiones el dispositivo se conecta directamente al abastecimiento de aire de algún sistema de calefacción mecánica, como un medio de precalentar el aire exterior y reducir con ello los consumos energéticos.

No obstante, como todas las estrategias de su

tipo, incorpora un mayor costo de inversión y mantenimiento, al incluir ventiladores mecánicos.

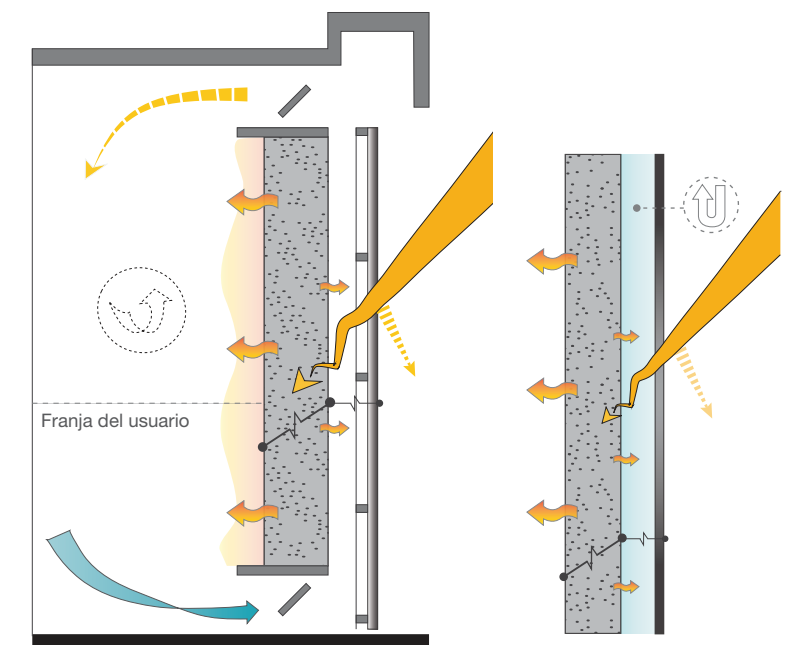


Fig. 9.3.31. Esquema de composición y funcionamiento de un muro de precalentamiento (elaborado por autores).

| Piso Montano Bajo | Piso Montano | Piso Subalpino           |
|-------------------|--------------|--------------------------|
| Bh Montano Bajo   | Bmh Montano  | Páramo Pluvial Subalpino |
| Bmh Montano Bajo  | Bp Montano   |                          |
| Bp Montano Bajo   |              |                          |

9.3.5 ACUMULAR calor

ACUMULACIÓN POR MASA TÉRMICA

Utilización de elementos en la envolvente vertical con propiedades que brinden alta capacidad de absorción.

### 3. Muro acumulador en espacio interno

El modo bioclimático de acumulación de energía óptimo es la utilización de la propia masa del edificio, optimizando por tanto las inversiones constructivas. La masa térmica en el interior del espacio será, por tanto, el destino de la acumulación interna. Se trata de elementos que permiten la calefacción de los espacios adyacentes a él, transmitiendo el calor acumulado por convección.

De esta forma, se aprovecha el calor filtrado por medio de aberturas en los cerramientos vertical y superior dirigiéndolo directamente hacia un elemento vertical en el espacio interno, donde se. Así, las divisiones internas trabajan como elementos de intercambio: reciben, guardan y por último liberan calor en las horas más necesarias (ver Fig. 9.3.32).

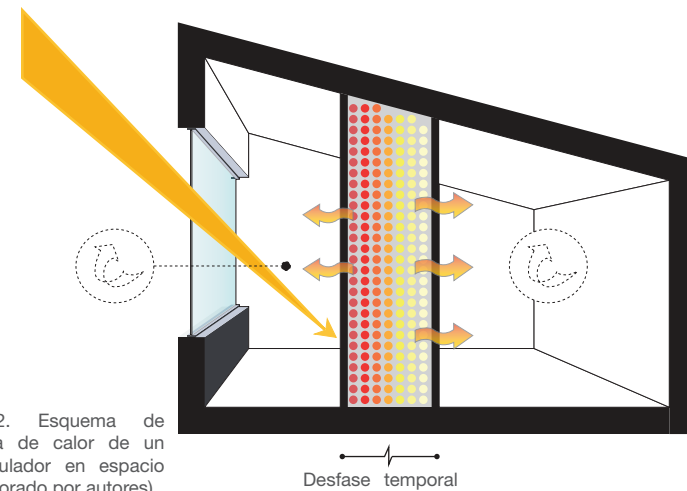


Fig. 9.3.32. Esquema de transferencia de calor de un muro acumulador en espacio interno (elaborado por autores).

| Piso Montano Bajo  | Piso Montano  | Piso Subalpino             |
|--------------------|---------------|----------------------------|
| Bh Montano Bajo ✓  | Bmh Montano ✓ | Páramo Pluvial Subalpino ✓ |
| Bmh Montano Bajo ✓ | Bp Montano ✓  |                            |
| Bp Montano Bajo ✓  |               |                            |

9.3.6 CONSERVAR calor

AISLAMIENTO RESISTIVO (Aumentar Resistencia)

Utilizar en el interior del elemento vertical aire como aislante, dada su alta resistencia térmica, evita la pérdida de calor hacia el exterior u otros espacios.

### 1. Cámara de aire

Corresponde a un espacio de aire aislado dentro de una estructura vertical, sus dimensiones máximas oscilan entre los 10-15 cm y usualmente son complementarias a paredes de espesor amplio (ver Fig. 9.3.33).

Su función principal es la de barrera, diseñada para aumentar la resistencia térmica de la envolvente, que colabora a mitigar las pérdidas de calor, debido a la utilización del aire como material aislante con un coeficiente de conductividad térmico  $K = 0,025$ , igual al de la fibra de vidrio.

En este caso, en el que la estructura aprisiona la temperatura interior, es necesario disponer una aislación térmica intermedia suficiente.

Además esta estrategia debe complementarse con otras de captación como el muro trombe, invernadero adosado u otros, puesto que se trata de un sistema para conservación de calor.

Consideraciones:

La envolvente deberá construirse de forma hermética en cada parte y en sus juntas para que no haya pérdida ni ganancia calórica dentro de ellas.

Su efecto puede maximizarse utilizando un aislante térmico, este, idealmente debe tener baja capacidad calórica y alta resistencia térmica, por ejemplo polietileno, aislante de burbuja doble, aluminio reflectivo o yeso laminado. De igual manera se puede potencial

el efecto mediante la sobre posición de estructuras livianas tamizadas a la estructura primaria.

Como complemento, el acabado de la envolvente, con una buena capa de pintura, contribuye al aislamiento de la cámara.

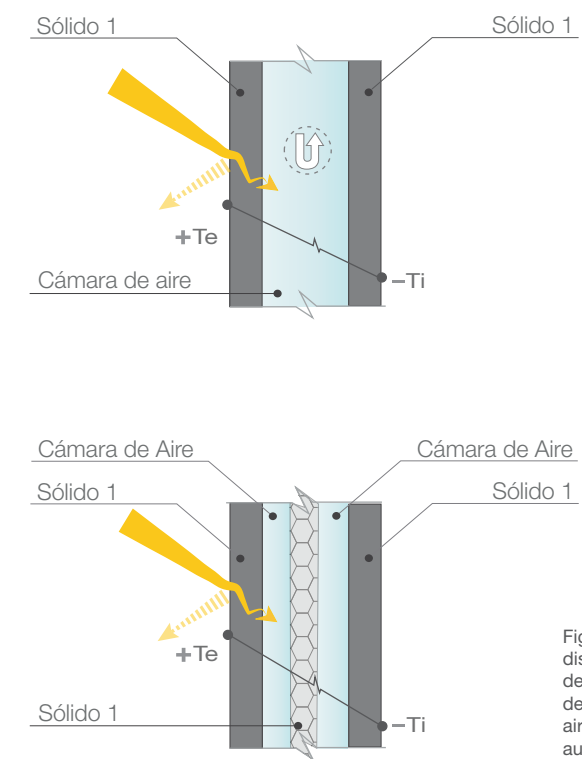


Fig. 9.3.33. Ejemplos de disposición y funcionamiento de la cámara de aire: a. cámara de aire simple, b. cámara de aire compuesta (elaborado por autores).

| Piso Montano Bajo  | Piso Montano  | Piso Subalpino             |
|--------------------|---------------|----------------------------|
| Bh Montano Bajo ✓  | Bmh Montano ✓ | Páramo Pluvial Subalpino ✓ |
| Bmh Montano Bajo ✓ | Bp Montano ✓  |                            |
| Bp Montano Bajo ✓  |               |                            |



9.3.6 CONSERVAR calor

AISLAMIENTO RESISTIVO  
(Aumentar Resistencia)

Utilizar en el interior del elemento vertical aire como aislante, dada su alta resistencia térmica, evita la pérdida de calor hacia el exterior u otros espacios.

## 2. Reducción de puente térmico

Un puente térmico es una zona de la envolvente donde se transmite más fácilmente el calor, por ser de diferente material: diferente conductividad, o diferente espesor: transmitancia térmica. En todos los cambios de composición de los elementos de la envolvente nos encontramos puentes térmicos que incrementan el flujo de calor ocasionando mayores pérdidas térmicas y disminución local de las temperaturas superficiales, lo que provoca un aumento del riesgo de condensación superficial o crecimiento de hongos.

cerramientos de las fachadas, los contornos de huecos y lucernarios, los encuentros de pisos, muros y marcos de ventanas (ver Fig. 9.3.34).

Por otra parte, los puentes térmicos geométricos se ven representados en las esquinas que, aún manteniendo los mismos materiales y espesores, potencian la pérdida de calor.

Para evitar la transmisión de calor, calor se debe asegurar el aislamiento de los potenciadores de puentes térmicos, como el caso de los marcos, sellos, tornillo, placas; utilizando la denominada rotura de puente térmico; que consiste en evitar que la cara interior y exterior tengan contacto entre sí, intercalando un mal conductor, con lo que se reducen mucho la pérdidas. En el caso de ventanas de aluminio, por ejemplo, suele utilizarse un perfil separador de plástico inserto en el propio perfil de aluminio que conforma la ventana; de forma que la parte externa del marco de aluminio nunca toca la parte interior, logrando que el marco de fuera no conduzca el calor o el frío al interior.

Consideraciones:

Algunas consecuencias de los puentes térmicos son grandes pérdidas de energía, reducción de la temperatura interior de la fachadas y por ende de confort. Así como de la eficacia aislante del resto de la fachada y formación de condensaciones internas o superficiales, que pueden afectar a los acabados y en casos extremos a la estructura del edificio.

Estos pueden ser debidos a la geometría, fallos en la ejecución o a la reducción o ausencia de aislamiento por una resolución no muy correcta de los encuentros entre distintos elementos de la construcción.

Algunos ejemplo de puentes térmicos constructivos son los pilares integrados en los

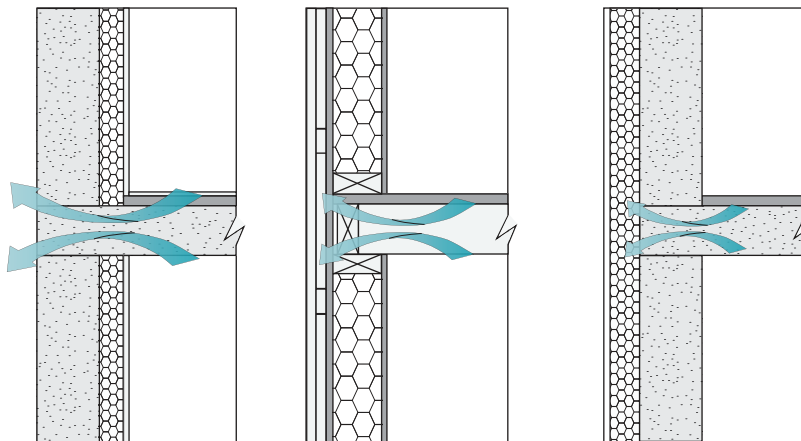


Fig. 9.3.34. Comportamiento de los puentes térmicos en encuentros de piso y muro según la posición del aislante: Aislación interior: puente térmico significativo. Muro panel de madera: puente térmico débil. Aislación térmica exterior: puente térmico despreciable (elaborado por autores).

| Piso Montano Bajo |   | Piso Montano |   | Piso Subalpino           |   |
|-------------------|---|--------------|---|--------------------------|---|
| Bh Montano Bajo   | ✓ | Bmh Montano  | ✓ | Páramo Pluvial Subalpino | ✓ |
| Bmh Montano Bajo  | ✓ | Bp Montano   | ✓ |                          |   |
| Bp Montano Bajo   | ✓ |              |   |                          |   |

9.3.6 CONSERVAR calor

AISLAMIENTO RESISTIVO  
(Aumentar Resistencia)

Utilizar en el interior del elemento vertical aire como aislante, dada su alta resistencia térmica, evita la pérdida de calor hacia el exterior u otros espacios.

## 3. Reducción de infiltraciones y exfiltraciones

Infiltración se refiere al aire exterior que penetra en el interior de un local a través de grietas y otras aberturas que no han sido colocadas intencionadamente en la envolvente del local. Se conocen como fugas de aire que se introducen en el edificio y, así como la ventilación natural, se producen por diferencias de presión entre el interior y el exterior debido al efecto del viento y la temperatura desigual de los espacios.

Por su parte, una exfiltración implica el aire interior del recinto que, a través de grietas y otras aberturas no colocadas intencionadamente en la envolvente del local, sale al exterior. Los mecanismos que lo producen son los mismos que para la ventilación natural.

Ambos fenómenos provocan problemas serios en la calidad ambiental del espacio interior al permitir la introducción del aire frío y la liberación del aire caliente, representando pérdidas de calor significativas. Esto se traduce en efectos negativos en el confort de las personas y produce mayor gasto de energía para calefacción.

Las infiltraciones y exfiltraciones por paredes representan entre el 18% y el 50% del total de las fugas de aire que se producen a través de la envolvente. Se localizan básicamente en las uniones de los cerramientos, enchufes eléctricos y paso de tuberías; para las cuales se recomienda prestar especial atención a los aislamientos existentes: enchufes con cerra-

mientos controlables, materiales aislantes especializados y otros.

En el caso de las puertas y ventanas, éstas representan entre el 6% y el 25% del total de fugas de aire (Ordoñez, 2010), y dependen primordialmente del tipo de elemento que se utilice, por lo que recomiendan aquellos con mayor capacidad de hermeticidad; por ejemplo las ventanas textiles o plásticas en su canto, muestran una capacidad superior para impedir el paso del aire (ver Fig. 9.3.35).

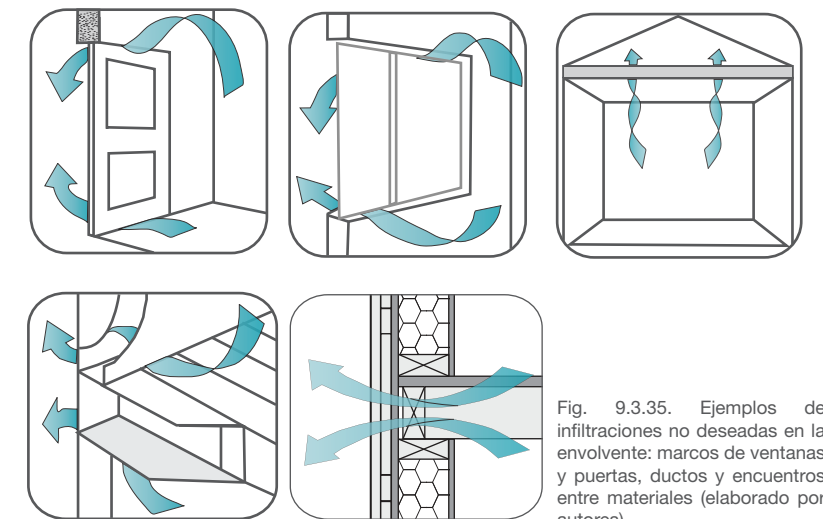


Fig. 9.3.35. Ejemplos de infiltraciones no deseadas en la envolvente: marcos de ventanas y puertas, ductos y encuentros entre materiales (elaborado por autores).

| Piso Montano Bajo |   | Piso Montano |   | Piso Subalpino           |   |
|-------------------|---|--------------|---|--------------------------|---|
| Bh Montano Bajo   | ✓ | Bmh Montano  | ✓ | Páramo Pluvial Subalpino | ✓ |
| Bmh Montano Bajo  | ✓ | Bp Montano   | ✓ |                          |   |
| Bp Montano Bajo   | ✓ |              |   |                          |   |

9.3.6 CONSERVAR calor

**AISLAMIENTO RESISTIVO**  
(Aumentar Resistencia)

Utilizar en el interior del elemento vertical aire como aislante, dada su alta resistencia térmica, evita la pérdida de calor hacia el exterior u otros espacios.

## 4. Cerramientos temporales

En climas con bajas temperaturas a lo largo del año, es necesario conservar la mayor cantidad de calor en el interior de los espacios para las horas de la noche, evitando las pérdidas de calor por sus superficies vidriadas.

Durante los procesos de ganancia de calor, directos o indirectos, el aire en el interior de los espacios se calienta por convección al estar en contacto con los objetos previamente calentados por radiación. Sin embargo, en las horas de la noche cuando la temperatura externa baja, el calor interno puede perderse nuevamente por

convección al calentar las superficies vidriadas y direccionarse al exterior buscando el equilibrio.

Para evitar éste fenómeno, se deben utilizar protecciones a las transmisión de calor, éstas se desarrollan en paralelo al vidrio, y a poca distancia para para crear una cámara de aire entre ambos que aporte su resistencia térmica (ver Fig. 9.3.36); se trata de elementos internos o externos como cortinas livianas y pesadas, persianas, contraventanas, pantallas móviles y otros (ver Fig. 9.3.37), que dan la posibilidad de cerrarse durante la noche y aislar el espacio interno.

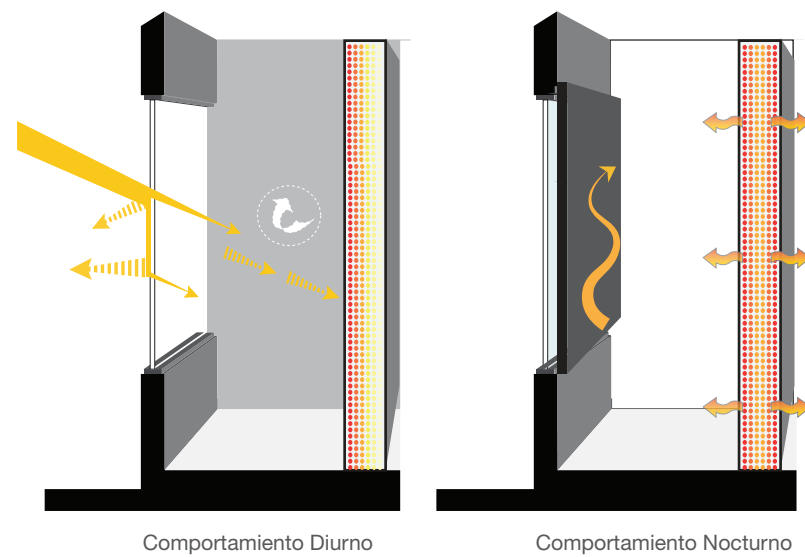
Consideraciones:

Con el fin de maximizar la protección temporal que éstos elementos puedan brindar, se deben utilizar materiales con bajos índices de efusividad, de forma que poseen poca capacidad de acumulación, su densidad y calor específico son bajos, y resultan aislantes, es decir, el calor se mueve por ellos con lentitud. Un ejemplo de estos materiales son las maderas utilizadas en contraventanas.

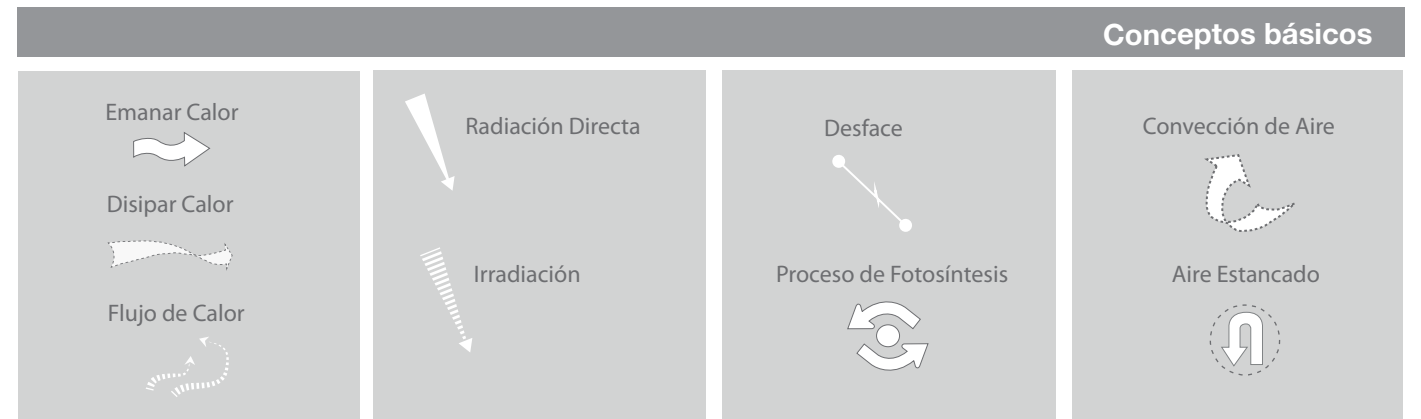
Deben proyectarse cerramientos temporales para todas las superficies vidriadas y elementos como muros trombe ventilados, lucernarios, otros.

Fig. 9.3.36. Esquema de funcionamiento de los cerramientos temporales. El calor captado durante el día debe conservarse para las horas de la noche (elaborado por autores).

Fig. 9.3.37. Ejemplos de cerramientos temporales: persianas verticales y horizontales, pantallas móviles (elaborado por autores).



|   |   |   |
|---|---|---|
| <span style="color: green;">■</span> Piso Montano Bajo                                    | <span style="color: purple;">■</span> Piso Montano                                    | <span style="color: red;">■</span> Piso Subalpino   |
| <span style="color: green;">■</span> Bh Montano Bajo <input checked="" type="checkbox"/>  | <span style="color: purple;">■</span> Bmh Montano <input checked="" type="checkbox"/> | <span style="color: red;">■</span> Páramo Pluvial Subalpino <input checked="" type="checkbox"/> |
| <span style="color: green;">■</span> Bmh Montano Bajo <input checked="" type="checkbox"/> | <span style="color: purple;">■</span> Bp Montano <input checked="" type="checkbox"/>  |   |
| <span style="color: green;">■</span> Bp Montano Bajo <input checked="" type="checkbox"/>  |   |   |



| ENVOLVENTE SUPERIOR                                    |  |   |  |                                  |
|--|--|---|--|----------------------------------|
| EVITAR LA CAPTACIÓN DE CALOR                           |  |   |  |                                  |
| Estrategia   | Principio  | Ejemplos  | Aplicación por Piso Altitudinal  | Págs                             |
| <b>AISLAMIENTO RESISTIVO</b><br>(Aumentar Resistencia) | Utilizar en el interior del elemento superior aire como aislante, dada su resistencia al paso del calor contribuye a disminuir el calentamiento por transferencia térmica entre el exterior y el interior. | 1. Cámara de Aire<br>2. Doble cubierta Hermética.<br>3. Materiales Resistivos | <span style="color: yellow;">■</span> <span style="color: cyan;">■</span><br>PB PP | Págs 257<br>Págs 258<br>Págs 259 |
| <b>AISLAMIENTO RADIANTE</b><br>(Aumentar Reflectancia) | Evitar que las superficies se calienten al reflejar la energía radiante que llega a ellas. (Coeficiente de absorción de la radiación bajo, entre 0.10 y 0.20); Neila, 2004. págs 300 y 345.                | 1. Materiales Reflectivos (color/ textura).                                   | <span style="color: yellow;">■</span> <span style="color: cyan;">■</span><br>PB PP | Págs 260                         |

## EVITAR LA CAPTACIÓN DE CALOR

| Estrategia                    | Principio  | Ejemplos          | Aplicación por Piso Altitudinal | Págs     |
|-------------------------------|--|-------------------|---------------------------------|----------|
| <b> AISLAMIENTO ORGÁNICO </b> | En forma de vegetación activa. La vegetación absorbe la radiación solar; al ser un elemento orgánico no se calienta sino que invierte esta energía en procesos de fotosíntesis, conservando su temperatura y disipando el calor restante al ambiente mediante la evapotranspiración que se produce en sus hojas. | 1. Cubierta Verde |                                 | Págs 261 |

**Vegetación Activa**

- Absorbe gran parte de la Radiación directa.
- Refleja un porcentaje menor de radiación.
- Procesos de Fotosíntesis.
- Disipar el calor al exterior.

## DISIPAR CALOR

|                                  |   |  |  |  |
|----------------------------------|---|--|--|--|
| <b> ENFRIAMIENTO CONVECTIVO </b> | Autoventilación: Se disipa el aire que sube por la pérdida de densidad.<br><br>Ventilación Cruzada: Generar aberturas en zonas de baja y alta presión de viento para facilitar el ingreso y salida del viento a través de los espacios interiores de los edificios. | 1. Cubierta Ventilada<br>2. Monitores<br>3. Chimenea Solar<br>4. Extracción por Viento |  | Págs 262<br>Págs 264<br>Págs 265<br>Págs 266 |
|----------------------------------|---|--|--|--|

**Disipar** el aire producto de la estratificación.

**Ventilar** efectivamente el espacio interno por medio de zonas de alta y baja presión.

## DISIPAR CALOR

|  |  |                      |  |          |
|--|--|----------------------|--|----------|
| <b> ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO O ADIABÁTICO </b> | El aire exterior pierde calor al pasar por una superficie con agua previo a su ingreso al espacio; al accesar cargado de partículas de agua, el aire con menor densidad desciende favoreciendo la autoventilación. | 1. Torre Evaporativa |  | Págs 267 |
|--|--|----------------------|--|----------|

**Evaporar**  
El aire exterior una vez que atraviesa el agua pierde densidad y baja refrescando el espacio interno.

## CAPTAR CALOR

|                                    |   |   |  |          |
|------------------------------------|---|---|--|----------|
| <b> CAPTACIÓN POR TRAMITANCIA </b> | Se introduce el calor y la radiación al espacio mediante la incorporación de elementos translúcidos en la cubierta      | 1. Ganancia directa: Materiales translúcidos (Alta transmitancia) |  | Págs 268 |
| <b> CAPTACIÓN POR ABSORTANCIA </b> | Se incorporan elementos con alta capacidad de absorción en la cubierta para almacenar y posteriormente emitir el calor. | 1. Materiales con alta absorción.                                 |  | Págs 269 |

**Trasmitir** la energía radiante en el espacio interior.

**Absorber** la energía radiante que incide sobre la envolvente vertical.



| CONSERVAR CALOR  |  |  |                                 |                                  |
|--|--|--|---------------------------------|----------------------------------|
| Estrategia   | Principio  | Ejemplos   | Aplicación por Piso Altitudinal | Págs                             |
| <b>AISLAMIENTO RESISTIVO</b><br>(Aumentar Resistencia) | Utilizar en el interior del elemento superior aire como aislante, dada su alta resistencia térmica, evita la pérdida de calor hacia el exterior. | 1. Cámara de Aire<br>2. Doble cubierta Hermética.<br>3. Materiales Resistivos<br>4. Cubierta Verde |                                 | Págs 270<br>Págs 271<br>Págs 272 |
|  |  |  |                                 |                                  |

9.4.1 EVITAR la captación de calor

**AISLAMIENTO RESISTIVO**  
(Aumentar Resistencia)

Utilizar en el interior del elemento superior aire como aislante, dada su resistencia al paso del calor contribuye a disminuir el calentamiento por transferencia térmica entre el exterior y el interior.

## 1. Cubiertas NO Ventiladas

Se trata del sistema de cubierta más común, en ellas el aislamiento térmico se encuentra por encima de la estructura y bajo la cubierta impermeable. En este tipo de envolvente, la estructura aprisiona la temperatura interior, por ello, para lograr un adecuado diseño tecnológico – constructivo es necesario disponer una aislación térmica intermedia suficiente.

El efecto se puede maximizar aplicando sobre una o ambas caras materiales de bajo poder de emisión y de elevado poder reflector, como por ejemplo los metales.

La capacidad térmica de la cámara puede aumentar considerablemente instalando un material aislante entre la lámina superior de la cubierta y el espacio cerrado.

A continuación se detallan algunas tipologías de cubiertas no ventiladas.

El acabado del cielo, con una buena capa de pintura, contribuye al aislamiento de la cámara.

### 1.1 Cámara de Aire

Al crear un cielo falso debajo de la cubierta se genera un espacio cerrado llamado Cámara de Aire. Esta requiere entre 10-15cm para funcionar y debe ser completamente hermético, con la finalidad de que funcione como barrera, aumentando la resistencia térmica de la envolvente (ver Fig. 9.4.1).

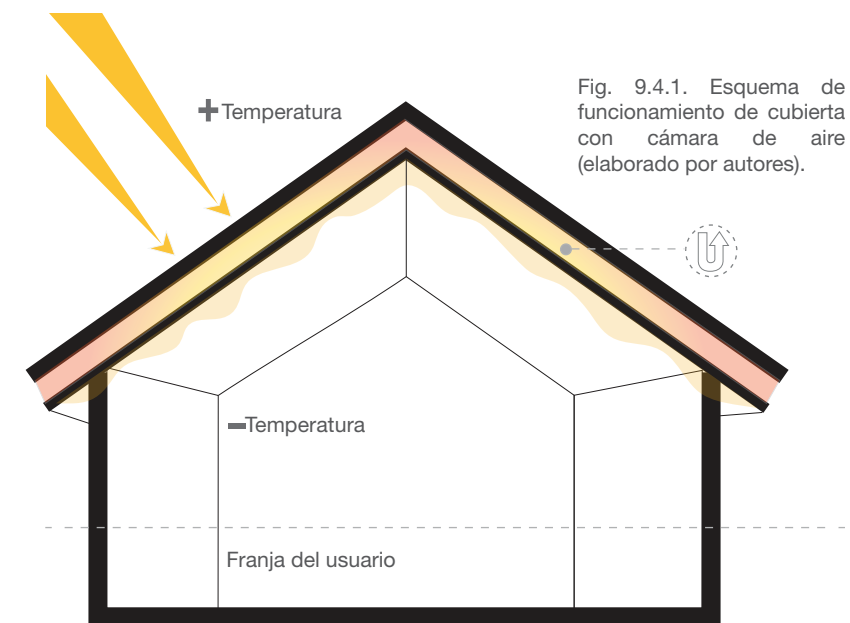


Fig. 9.4.1. Esquema de funcionamiento de cubierta con cámara de aire (elaborado por autores).

El empleo de cámaras de aire en los cerramientos constructivos es adecuado para mitigar las ganancias de calor, debido a que el aire es un material aislante con un coeficiente de conductividad térmica  $K=0,025$ , igual al de la fibra de vidrio (Szokolay, 2008).

Consideraciones:

El cielo falso deberá construirse de forma hermética en cada parte y en sus juntas para que no haya pérdida ni ganancia calórica dentro de ellas.

|                        |                                     |                              |                                     |
|------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Piso Basal             |                                     | Piso Premontano              |                                     |
| Bosque seco tropical   | <input checked="" type="checkbox"/> | Bosque húmedo premontano     | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Bosque Húmedo tropical | <input checked="" type="checkbox"/> | Bosque muy húmedo premontano | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Bosque seco tropical   | <input checked="" type="checkbox"/> | Bosque pluvial premontano    | <input checked="" type="checkbox"/> |

9.4.1 EVITAR  
la captación  
de calor

**AISLAMIENTO  
RESISTIVO**  
(Aumentar Resistencia)

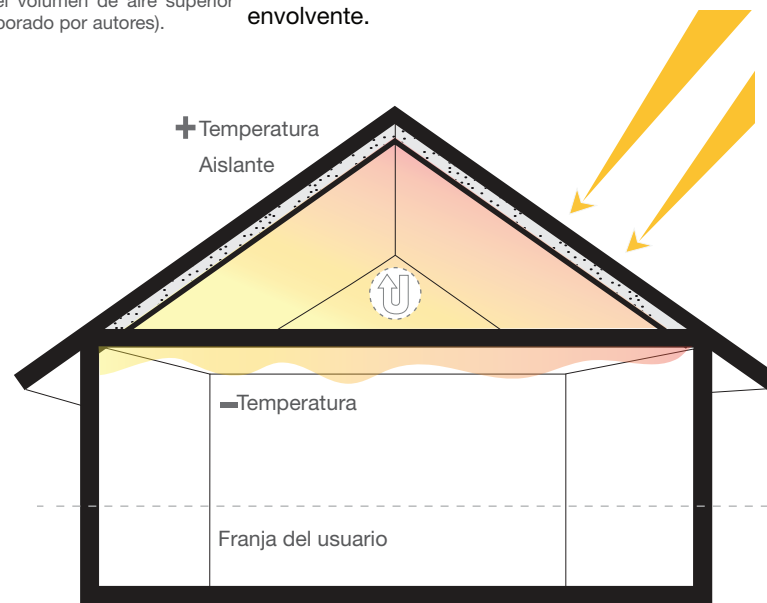
Utilizar en el interior del elemento superior aire como aislante, dada su resistencia al paso del calor contribuye a disminuir el calentamiento por transferencia térmica entre el exterior y el interior.

## 1.2 Doble Cubierta Hermética

La cámara de aire, comprendida bajo las pendientes de la cubierta y el cielo horizontal inferior varía de espesor y contenido de aire, siendo para este caso mucho más amplio que para la cámara de aire (ver Fig. 9.4.2).

Tomando en cuenta el coeficiente de conductividad térmica del aire, entendemos que el efecto de transmisión de calor por radiación dentro de las cámaras de aire se puede reducir ampliando el volumen del mismo contenido en el espacio de esta forma, la doble cubierta hermética trata de crear un mayor volumen de aire que funciona como elemento aislante ante la radiación externa, aumentando la resistencia térmica envolvente.

Fig. 9.4.2. Comportamiento de doble cubierta hermética, el aire caliente se mantiene confinado en el volumen de aire superior (elaborado por autores).



Piso Basal

- Bosque seco tropical
- Bosque Húmedo tropical
- Bosque seco tropical

Piso Premontano

- Bosque húmedo premontano
- Bosque muy húmedo premontano
- Bosque pluvial premontano

Consideraciones:

El efecto de transmisión de calor por radiación dentro de la cubierta se puede reducir utilizando sobre una o ambas caras materiales de bajo poder de emisión y de elevado poder reflector, como por ejemplo los metales, el aluminio entre ellos.

El cielo deberá construirse de forma hermética para que no haya ganancia calórica a través de ellas.

Sin embargo, la creación de espacios amortiguadores como áticos o bodegas cercanos a la cubierta puede funcionar como aislante para el espacio vivencial. Por lo que, las aberturas requeridas para la comunicación de los espacios, deben contar con sistemas que permitan cerrarlas y aislarlas por completo.

Otra forma de maximizar el beneficio, es confinar el calor a los espacios superiores mediante la utilización de aislantes especializados en la cubierta horizontal intermedia, idealmente el material aislante debe tener baja capacidad calórica y alta resistencia térmica (por ejemplo polietileno, aislante de burbuja doble).

El acabado del cielo, con una buena capa de pintura, contribuye al aislamiento de la cámara.

9.4.1 EVITAR  
la captación  
de calor

**AISLAMIENTO  
RESISTIVO**  
(Aumentar Resistencia)

Utilizar en el interior del elemento superior aire como aislante, dada su resistencia al paso del calor contribuye a disminuir el calentamiento por transferencia térmica entre el exterior y el interior.

## 2. Materiales resistivos

En espacios de uso diurno y nocturno, como viviendas, son aconsejables elementos con inercia térmica débil o media que no acumulen calor en el día y presenten poco tiempo de desfase, para que la onda de calor no se traslade a las horas de la tarde o de la noche cuando se produce la mayor ocupación de los espacios.

Cuando se utilizan materiales aislantes en la cubierta, se pueden reducir sustancialmente las ganancias de calor a través de ella. El aislante puede ser instalado en el material del techo por el lado exterior (incrementando de esta forma la inercia del local) o como cielo raso, internamente; también puede utilizarse la combinación de ambas técnicas (ver Fig. 9.4.3).

Si tomamos en cuenta que el aire en reposo presenta un índice de conductividad= 0,025W/m K, resulta muy indicada su aplicación en materiales aislantes, encapsulándolo en pequeñas celdas, con el máximo de aire y el mínimo de material (Szokolay, 2008).

Los aislantes recomendados son aquellos que tienen una fina estructura de espuma, formando celdas de aire separado en membranas muy delgadas o burbujas, o los materiales fibrosos con aire atrapado entre sus celdas. Algunos de los más conocidos son los extruidos o expandidos, como el poliestireno o el poliuretano, o aquellos fibrosos como la lana de vidrio o la lana natural.

Consideraciones:

Si el aislamiento en la cara exterior se acompaña de un color exterior claro que propicie la reflexión, el sobrecalentamiento se reduce notablemente. Con 2 ó 3 cms de material aislante es suficiente, aunque dependerá del tipo de material utilizado (ver Fig. 9.4.4).

Es importante que el material aislante mantenga indefinidamente su coeficiente de conductividad y que no sea higroscópico, es decir, que no absorba humedad, lo cual disminuye su propiedad aislante con el paso del tiempo.

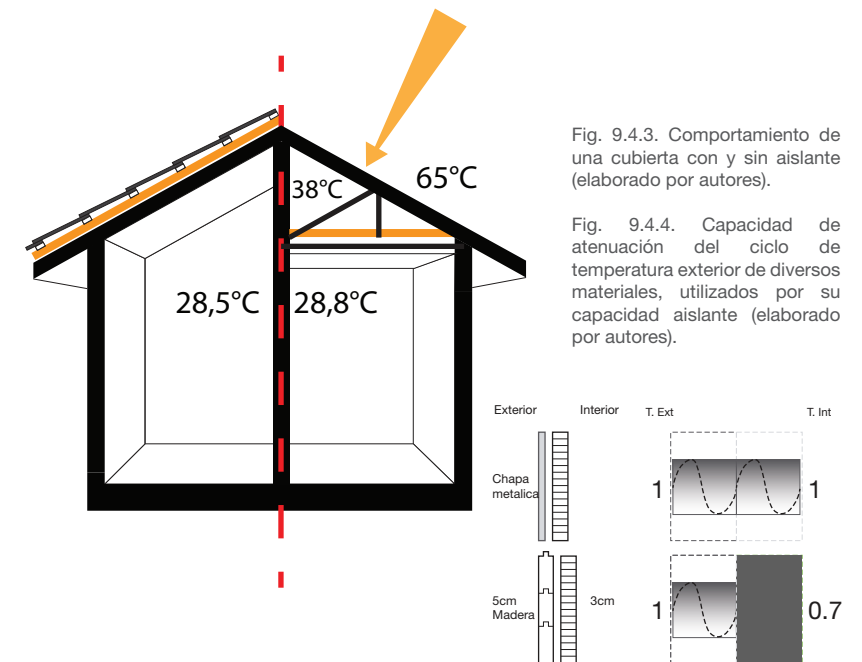


Fig. 9.4.3. Comportamiento de una cubierta con y sin aislante (elaborado por autores).

Fig. 9.4.4. Capacidad de atenuación del ciclo de temperatura exterior de diversos materiales, utilizados por su capacidad aislante (elaborado por autores).

Piso Basal

- Bosque seco tropical
- Bosque Húmedo tropical
- Bosque seco tropical

Piso Premontano

- Bosque húmedo premontano
- Bosque muy húmedo premontano
- Bosque pluvial premontano

9.4.1 EVITAR  
la captación  
de calor

AISLAMIENTO  
RADIANTE  
(Aumentar Reflectancia)

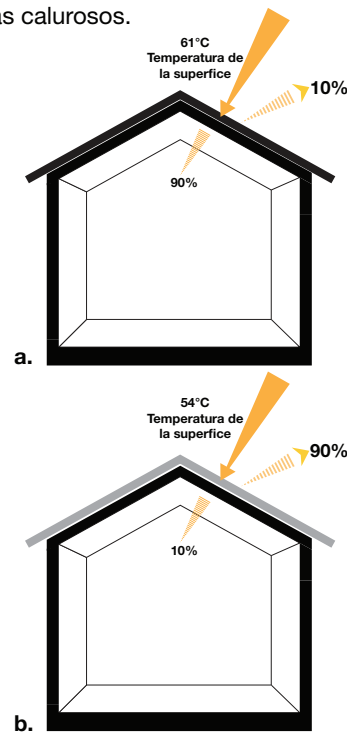
Evitar que las superficies se calienten al reflejar la energía radiante que llega a ellas. (Coeficiente de absorción de la radiación bajo, entre 0.10 y 0.20); Neila, 2004, p. 300-345.

## 1. Materiales reflectivos

Tanto el color como el tipo de material afectan la cantidad de calor reflejado, medido como reflectancia.

Los colores claros en el techo pueden reflejar entre 25% y 30% de la energía radiante del sol. Las superficies claras, lisas y brillantes suelen tener reflectancia elevada, por ejemplo, los materiales blancos pueden reflejar el 90% o más de radiación recibida, mientras que los negros solamente 15% o menos (ver Fig. 9.4.5, ver Tabla 9.4.1). Por esto la importancia de elegir colores claros para edificaciones en climas calurosos.

Fig. 9.4.5. a. En una superficie oscura, el calor absorbido puede llegar hasta el 85% o más, dando una temperatura superficial de 61°C, por su parte en una superficie clara, el calor absorbido se limita hasta a un 10%, resultando en una temperatura superficial 54°C (elaborado por autores).



Piso Basal

- Bosque seco tropical
- Bosque Húmedo tropical
- Bosque seco tropical

Piso Premontano

- Bosque húmedo premontano
- Bosque muy húmedo premontano
- Bosque pluvial premontano

Consideraciones:

La alta reflectividad que tienen los colores claros permiten reducir de un 50-60% la radiación solar absorbida (Ordoñez, 2012). Esto se traduce en menor temperatura dentro. Sin embargo, debe considerarse que al tener mayor reflectividad, producen un destello que puede ser molesto en los espacios que rodeen a la edificación.

Se recomienda la utilización de elementos con colores claros, como láminas de hierro galvanizado, tejas de barro, tejas asfálticas, etc.

Si se utilizan colores oscuros se deben utilizar en los elementos menos expuestos al sol o en elementos térmicamente aislados al exterior como corredores, atrios o galerías, ya que ellos absorben mayor radiación.

| Material de cubierta | Reflectancia (%) | Reflectancia (%) |
|----------------------|------------------|------------------|
|                      | acabado original | acabado blanco   |
| Cubierta asfáltica   | 5-15             | 31-35            |
| Teja de arcilla      | 25-35            | 70-80            |
| Teja de concreto     | 10-30            | 70-80            |
| Lámina de metal      | 70               | 70-80            |

En la tabla 9.4.1. se detallan los niveles de reflectancia para diferentes materiales de techo, según el Green Seal, Energy Star Home Project.

9.4.1 EVITAR  
la captación  
de calor

AISLAMIENTO  
ORGÁNICO

En forma de vegetación activa. La vegetación absorbe la radiación solar; al ser un elemento orgánico no se calienta sino que invierte esta energía en procesos de fotosíntesis, conservando su temperatura y disipando el calor restante al ambiente mediante la evapotranspiración que se produce en sus hojas.

## 1. Cubiertas Verdes

Las cubiertas verdes son un excelente medio de reducción de la variación térmica entre el exterior y el interior, ya que actúan como elementos de retraso y amortiguamiento en el punto más vulnerable del espacio construido.

Se trata de una cubierta convencional a la que se le agrega un sustrato y vegetación. Las hojas en la cubierta se dedican a la protección solar, mientras más claras y brillantes sean mayor será la reflexión de la radiación que incide en ellas. El aumento del sombreado por una capa compacta de hojas conlleva una transmitancia cercana al 0%. Neila (2004) explica que basándose en este valor, y dado que la reflectancia, en función del color de la hoja estará entre el 10% y el 30%, la absorción estará entre el 70 y el 90%, muy significativo en un acabado inorgánico; sin embargo, no toda la energía absorbida se invierte en aumentar la temperatura: ya que entre el 20 y el 40% se libera por evapotranspiración y entre el 5 y el 10% se utiliza en la fotosíntesis (ver Fig. 9.4.6). Por otra parte, una superficie con vegetación también pierde calor por convección, ya que la temperatura media del aire es generalmente más baja que la temperatura superficial de las hojas. Cabe mencionar que la temperatura superficial de una cubierta vegetal puede ser 25°C menor que una cubierta inorgánica convencional.

Consideraciones:

Debe considerarse el tipo de cubierta vegetal a

Piso Basal

- Bosque seco tropical
- Bosque Húmedo tropical
- Bosque seco tropical

Piso Premontano

- Bosque húmedo premontano
- Bosque muy húmedo premontano
- Bosque pluvial premontano

implementar, extensiva o intensiva, con el fin de calcular adecuadamente la estructura que deberá soportarla. Además, Si bien, las cubiertas vegetales regulan el escurrimiento del agua ya que retienen las aguas pluviales, deben asegurarse todos los componentes aislantes para evitar problemas de humedad en los espacios.

Por otra parte, se recomiendan especies vegetales de bajo mantenimiento y altamente resistentes al calor.

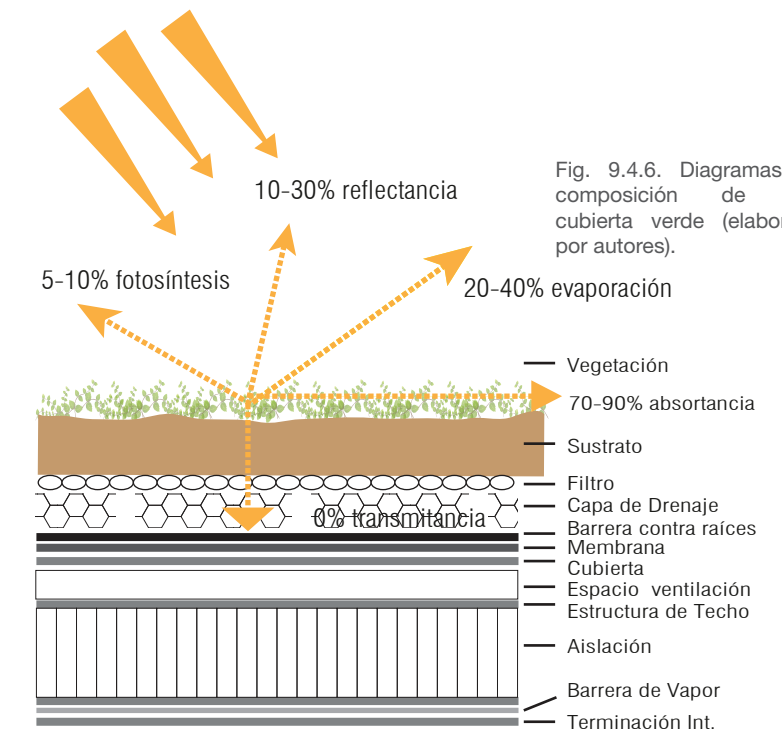


Fig. 9.4.6. Diagramas de composición de una cubierta verde (elaborado por autores).



9.4.2 DISIPAR calor

ENFRIAMIENTO CONVECTIVO

Autoventilación: Se disipa el aire que sube por la pérdida de densidad.

Ventilación Cruzada: Generar aberturas en zonas de baja y alta presión de viento para facilitar el ingreso y salida del viento a través de los espacios interiores de los edificios.

## 1. Cubiertas Ventiladas

El aire circula constantemente a través de la cubierta y, aunque no enfría la temperatura interna, puede evitar el sobrecalentamiento del espacio interior ya que su propósito es romper la onda térmica que se establece entre el exterior y el interior.

Generalmente están conformadas por dos capas separadas, con un espacio ventilado intermedio, que tiene la función de desalojar el exceso de humedad y temperatura: la capa superior brinda el control hidráulico y la inferior el aislamiento térmico; la diferencia de temperatura entre las cubiertas ventiladas y las herméticas puede alcanzar los 3°C.

A continuación se detallan algunas de las tipologías de cubiertas ventiladas.

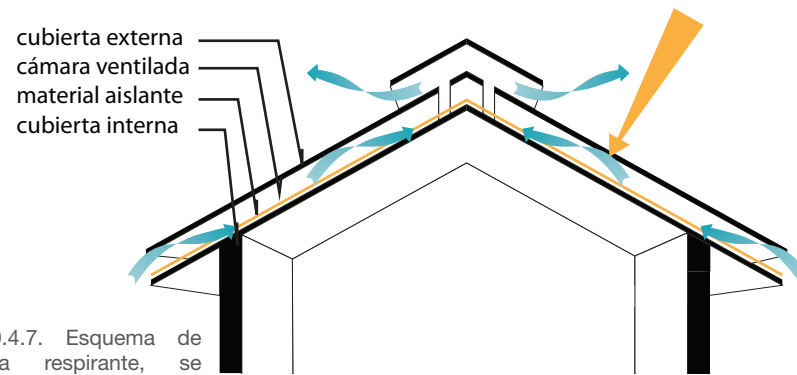


Fig. 9.4.7. Esquema de cubierta respirante, se pueden utilizar cenefas o aleros ventilados, lagrimeros o cenefa para permitir el ingreso de aire por la parte inferior de la cubierta (elaborado por autores).

### 1.1 Cubierta Respirante

Este sistema se diferencia de la cámara de aire por sus entradas y salidas de ventilación que generan un recorrido de aire entre el material de la cubierta y el cielo interno. Las entradas y salidas de aire deben estar localizadas en la parte inferior y superior de la cubierta, y su espesor debe ser de entre 10 y 15cm.

El movimiento continuo de aire que se genera en la cubierta la mantiene fresca, al mismo tiempo que impide que el calor absorbido por la misma penetre a la zona habitable (ver Fig. 9.4.7).

Consideraciones:

Debe acompañarse de estrategias que minimicen la captación de calor en la cubierta externa, como la utilización de elementos reflectivos.

En caso de instalar aislantes deben ubicarse hacia la cara exterior de la cubierta interna y deben tener alta resistencia térmica, es decir baja conductancia. Un ejemplo es la lana de vidrio que puede llegar a tener un desfase de hasta 12 horas.

De manera general, siempre será conveniente situar las salidas en la posición más alta y las entradas en la posición más baja, debido que el aire caliente es más leve que el aire frío y sube hacia la parte más alta del espacio, tiende a salir por las aberturas y es sustituido por el aire más fresco que penetra por las aberturas inferiores.

| Piso Basal             |   | Piso Premontano              |   |
|------------------------|---|------------------------------|---|
| Bosque seco tropical   | ✓ | Bosque húmedo premontano     | ✓ |
| Bosque Húmedo tropical | ✓ | Bosque muy húmedo premontano | ✓ |
| Bosque seco tropical   | ✓ | Bosque pluvial premontano    | ✓ |

9.4.2 DISIPAR calor

ENFRIAMIENTO CONVECTIVO

Autoventilación: Se disipa el aire que sube por la pérdida de densidad.

Ventilación Cruzada: Generar aberturas en zonas de baja y alta presión de viento para facilitar el ingreso y salida del viento a través de los espacios interiores de los edificios.

### 1.2 Doble cubierta Ventilada

Se diferencia de la cubierta respirante por sus dimensiones, siendo en este caso mayores, puesto que su función es generar un volumen amplio de aire, en renovación constante, situado en la parte superior del espacio habitable. De esta forma la radiación solar captada por el material de cubierta se disipa con la ventilación y no afecta directamente el espacio inferior (ver Fig. 9.4.8 y 9.4.9).

Como se mencionó anteriormente, si bien la cubierta no enfría la temperatura interna, puede evitar el sobrecalentamiento del espacio interior ya que su propósito es romper la onda térmica que se establece entre el exterior y el interior.

Consideraciones:

A mayor pendiente, mayor volumen por lo tanto más efectiva será la estrategia. De igual forma, puede acompañarse de estrategias que minimicen la captación de calor en la cubierta externa, como la utilización de elementos reflectivos.

Tomando en cuenta la pendiente de la cubierta, la separación menor deberá tener un ingreso de aire mínimo de 30cm para permitir una ventilación fluida.

De manera general, siempre será conveniente situar las salidas en la posición más alta y las entradas en la posición más baja, debido que el aire caliente es más leve que el aire frío y sube

hacia la parte más alta del espacio, tiende a salir por las aberturas y es sustituido por el aire más fresco que penetra por las aberturas inferiores.

La ventilación se puede generar a partir de rejillas en los laterales de los cerramientos verticales, en las proyecciones de alero y utilizando un monitor bilateral en la parte superior de la cubierta.

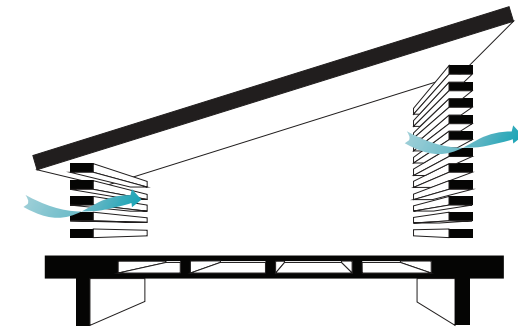


Fig. 9.4.8. Ejemplo de disposición y funcionamiento del espacio ventilado (elaborado por autores).

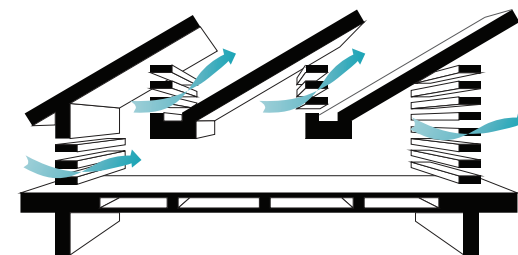


Fig. 9.4.9. Ejemplo de disposición y funcionamiento del espacio ventilado. De utilizar materiales aislantes deben colocarse en la cara exterior de la cubierta inferior (elaborado por autores).

| Piso Basal             |   | Piso Premontano              |   |
|------------------------|---|------------------------------|---|
| Bosque seco tropical   | ✓ | Bosque húmedo premontano     | ✓ |
| Bosque Húmedo tropical | ✓ | Bosque muy húmedo premontano | ✓ |
| Bosque seco tropical   | ✓ | Bosque pluvial premontano    | ✓ |

\*La doble cubierta ventilada en configuración de espejo se recomienda para aquellos sitios con proximidad a la costa.

9.4.2 DISIPAR calor

ENFRIAMIENTO CONVECTIVO

Autoventilación: Se disipa el aire que sube por la pérdida de densidad.

Ventilación Cruzada: Generar aberturas en zonas de baja y alta presión de viento para facilitar el ingreso y salida del viento a través de los espacios interiores de los edificios.

## 2. Ventilación por Monitor

El efecto monitor es conducido por la diferencia de densidades entre el aire externo e interno. Se trata de refrescar el espacio por medio del desplazamiento del aire caliente hacia arriba, refrescando la franja del usuario. Existen varias modalidades:

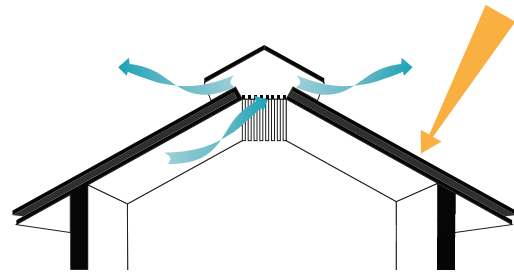


Fig. 9.4.10. Funcionamiento de monitor unilateral (elaborado por autores).

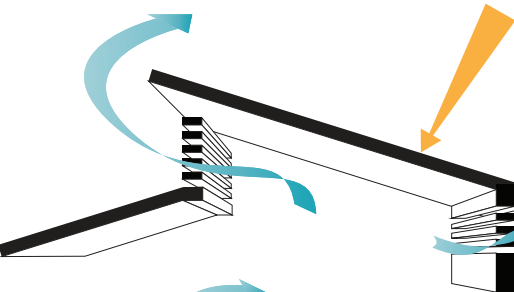


Fig. 9.4.11. Funcionamiento de monitor bilateral combinado con espacio ventilado (elaborado por autores).

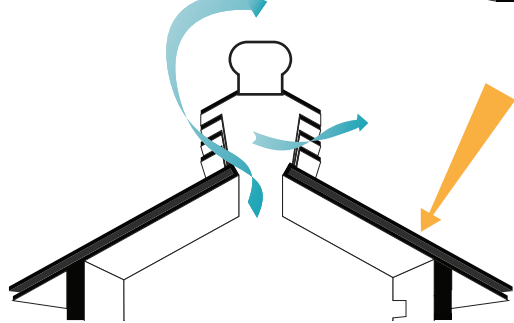


Fig. 9.4.12. Funcionamiento de monitor híbrido con extractor eólico (elaborado por autores).

Monitor Unilateral: consiste en crear un desfase entre 2 cubiertas de forma que el aire caliente pueda salir por el espacio generado (ver Fig. 9.4.10).

Consideraciones:

La salida del aire caliente no debe ubicarse frente a la dirección del viento predominante, pues puede producir presión sobre ella limitando la velocidad del aire al salir.

Debe estudiarse cuidadosamente la distribución interna con el fin de asegurar que el aire al subir no encuentre obstáculos.

Monitor Bilateral: el monitor se levanta de la cubierta permitiendo una ventilación fluida en varias direcciones. Puede ser de dimensiones variadas y utilizarse como elemento de jerarquía en la distribución interna (ver Fig. 9.4.11).

Consideraciones:

El espacio no debe exceder los 6m de ancho para permitir una óptima ventilación cruzada.

Además, el monitor puede combinarse con estrategias de cubierta como la doble cubierta ventilada y el espacio ventilado.

Monitor híbrido o mecánico: Al monitor bilateral se le adhiere un dispositivo mecánico llamado extractor eólico de aire el cual potencia velocidad y provoca mayor enfriamiento del espacio, hasta 10 C más bajo (ver Fig. 9.4.12).

Piso Basal

- Bosque seco tropical
- Bosque húmedo tropical
- Bosque muy húmedo tropical

Piso Premontano

- Bosque húmedo premontano
- Bosque muy húmedo premontano
- Bosque pluvial premontano

9.4.2 DISIPAR calor

ENFRIAMIENTO CONVECTIVO

Autoventilación: Se disipa el aire que sube por la pérdida de densidad.

Ventilación Cruzada: Generar aberturas en zonas de baja y alta presión de viento para facilitar el ingreso y salida del viento a través de los espacios interiores de los edificios.

## 3. Sistemas de aspiración

Se trata sistemas que utilizan como principio el efecto chimenea, que genera movimiento del aire interior al crear una extracción del mismo por medio de aberturas en la parte superior e inferior del espacio, conectadas a un conducto de extracción vertical. La propia densidad del aire, en función de la temperatura hace que el aire caliente, salga por las aberturas superiores.

### 3.2 Chimenea Solar

Se trata de un dispositivo que utiliza la energía de la radiación solar para la extracción del aire. Consiste en calentar el aire dentro de una cámara, que al exponer su tramo exterior provoca un recalentamiento de esa zona y del aire que se encuentre en ella, éste disminuye su densidad produciendo un efecto de succión en las perforaciones situadas en la parte baja de la cámara, en contacto con el interior, y una circulación vertical de la masa de aire que lo conduce al exterior (ver Fig. 9.4.13).

Consideraciones:

El aire que se calienta en la chimenea no plantea ningún problema, pues al generarse por encima de la zona habitable nunca podrá entrar en el edificio.

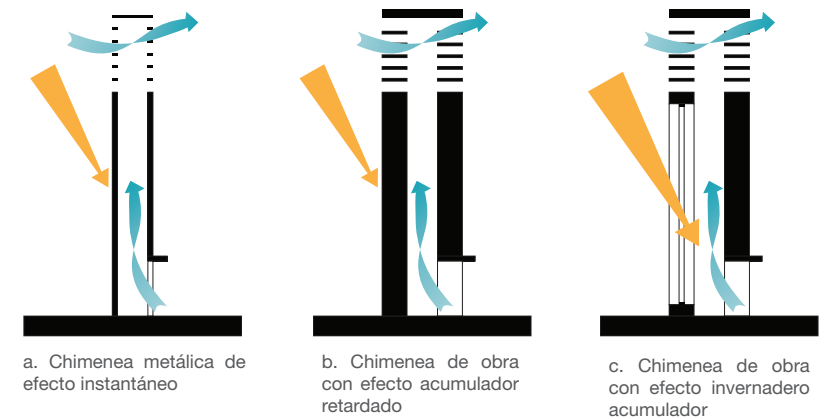
Es un dispositivo similar al muro trombe (utilizado como estrategia envolvente vertical) con la diferencia de que el aire caliente se expulsa a la atmósfera y requiere de una renovación en el local climatizado. Su espesor

debe oscilar entre 3 y 10 cm, y debe abrirse en el área inferior y superior, para permitir la ventilación.

La orientación, pintura y características térmicas del elemento son cruciales para captar, conservar y utilizar la energía solar, por ejemplo, el efecto más rápido lo observaremos en las chimeneas metálicas, debido a las cualidades de conductividad del material, sin embargo se perderá igual de rápido puesto que no es un buen acumulador de calor, en los casos donde la acumulación es alta, los efectos de succión del sistema se mantienen horas después de que el sol ha dejado de incidir en ellos.

Para maximizar el efecto puede pintarse el exterior negro o recubrirse con una cámara de aire y un vidrio, propiciando el efecto invernadero.

Fig. 9.4.13. a. Funcionamiento de una chimenea solar (elaborado por autores).



Piso Basal

- Bosque seco tropical
- Bosque húmedo tropical
- Bosque muy húmedo tropical

Piso Premontano

- Bosque húmedo premontano
- Bosque muy húmedo premontano
- Bosque pluvial premontano

9.4.2 DISIPAR calor

ENFRIAMIENTO CONVECTIVO

Autoventilación: Se disipa el aire que sube por la pérdida de densidad.  
Ventilación Cruzada: Generar aberturas en zonas de baja y alta presión de viento para facilitar el ingreso y salida del viento a través de los espacios interiores de los edificios.

### 3.1 Extracción por Viento

Se trata del efecto Venturi generado por la circulación del viento a alta velocidad sobre la boca de una chimenea, que debe colocarse en dirección opuesta a los vientos predominantes,

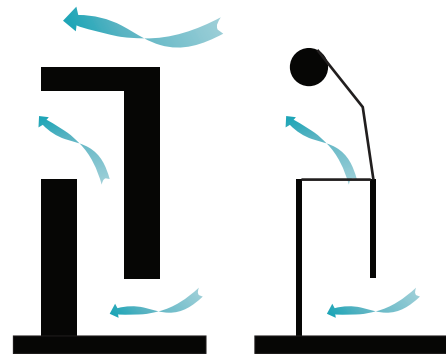


Fig. 9.4.14. Ejemplos de sistema de extracción por viento con la base desorientada y orientador con veleta (tomados de Neila, p.316, 2004).

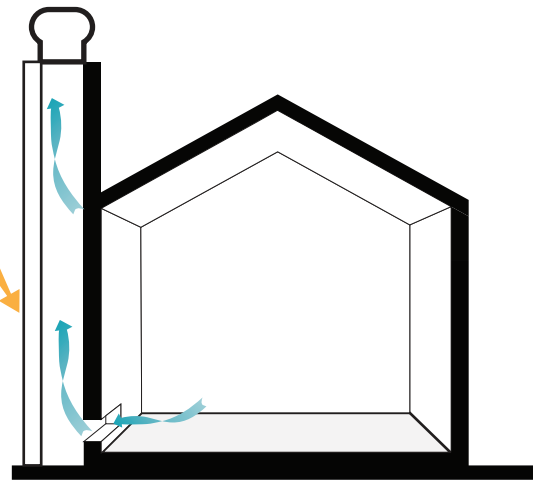


Fig. 9.4.15. Ejemplo de sistema de extracción por viento con remate mecánico (elaborado por autores).

- Piso Basal
- Bosque seco tropical
- Bosque húmedo tropical
- Bosque muy húmedo tropical

de forma que se evita en la mayoría de los casos, la inducción del aire al espacio, en lugar de su salida. Este efecto puede mejorarse utilizando remates con dispositivos de veleta que mantienen constantemente desorientada la boca de la chimenea (ver Fig. 9.4.14).

Así mismo, se da el caso de remates que por su funcionamiento mecánico aceleran la salida de aire (ver Fig. 9.4.15), generando una corriente ascendente en el interior del conducto. La extracción se completa con una entrada de aire en la parte inferior del circuito.

#### Consideraciones:

Se recomienda en zonas con vientos constantes para que el sistema tenga utilidad real. Sin embargo, los caudales de extracción son variables y dependen del tipo de dispositivo escogido y la intensidad del viento. Con vientos de cierta intensidad Neila (2004) comenta que pueden llegar a darse renovaciones superiores a los 10 volúmenes por hora, para el clima de España.

Sin embargo, en nuestro país puede resultar más simple aprovechar los vientos predominantes del sitio, pero en días calmos y calientes este tipo de chimenea puede proporcionar la ventilación donde de otra manera no habría ninguna.

9.4.2 DISIPAR calor

ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO O ADIABÁTICO

El aire exterior pierde calor al pasar por una superficie con agua previo a su ingreso al espacio; al ascender cargado de partículas de agua, el aire con menor densidad desciende favoreciendo la autoventilación.

### 3. Torre Evaporativa

El aire que penetra por la parte superior de una torre se enfría por la evaporación del agua que humedece las paredes de su interior. Este aire enfriado y por lo tanto más pesado, tiende a caer y entra en el ambiente acondicionando desde la parte baja de la torre.

Neila explica que, en el caso de Oriente, las torres se han adaptado de forma que las corrientes de aire, que desciende por las torres circula por vasijas de barro llenas de agua, estanques o pequeños recipientes abiertos con grava y agua, se enfría evaporándola.

#### Consideraciones:

Es un sistema útil para tratar pequeños espacios ya en otro caso la relación entre la superficie húmeda de contacto y el volumen de aire a tratar sería demasiado pequeña y por lo tanto su efecto en el ambiente interior no sería apreciable.

Diseñar la torre como torre de viento para captar la entrada de aire, será favorecedor para el paso del mismo.

El efecto de impulsión hacia el interior es muy reducido y por lo tanto, este sistema solo será útil en conjunto con otros sistemas de extracción que fuercen el paso del aire por las paredes de la torre, como la chimenea solar (apartado de envolvente vertical).

Como todos los sistemas que se basan en el enfriamiento evaporativo, solamente son

recomendables para climas cálidos secos, que son los que tienen aire con gran capacidad para aumentar su contenido de humedad.

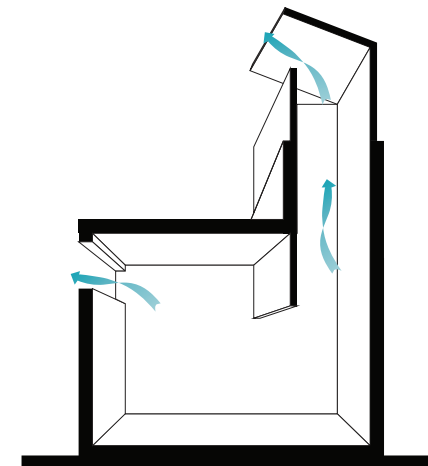


Fig. 9.4.16. Diagrama de funcionamiento de torre evaporativa (elaborado por autores).

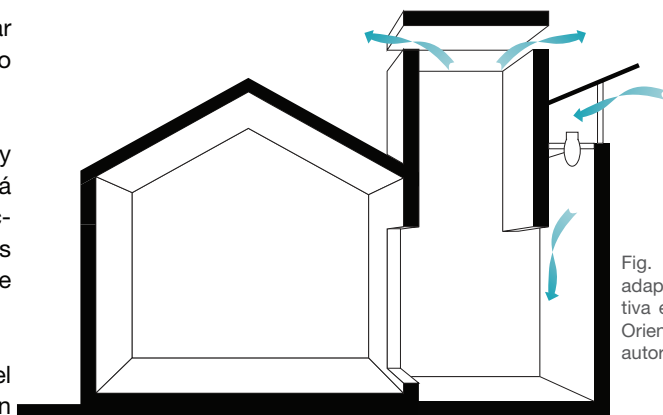


Fig. 9.4.17. Diagrama de adaptación de torre evaporativa en arquitectura del Medio Oriente (elaborado por autores).

- Piso Basal
- Bosque seco tropical
- Bosque húmedo tropical
- Bosque muy húmedo tropical

\*Se recomienda únicamente para el Bosque Seco Tropical, debido a los altos niveles de humedad que el resto de las zonas de vida presentan.



9.4.3 CAPTAR calor

CAPTACIÓN POR TRANSMITANCIA

Se introduce el calor y la radiación al espacio mediante la incorporación de elementos translúcidos en la cubierta

## 1. Ganancia Directa por cubiertas

La transmitancia se define como la cantidad de energía que atraviesa un cuerpo en la unidad de tiempo, y se refiere primordialmente a elementos vidriados, sin embargo, es necesario tomar en cuenta que la transmitancia no coincide necesariamente con su transparencia, ya que algunos plásticos transparentes son opacos a la radiación solar.

No obstante, Neila (2004) explica que no toda la radiación solar de onda corta que incide sobre un vidrio lo atraviesa: parte se refleja y parte es absorbida. La radiación reflejada por lo general se trata de sólo un 7% del total incidente. Mientras que, la energía absorbida por el vidrio después de calentarlo, es cedida tanto al exterior, un 10% debido en su mayoría a la diferencia de temperatura entre el vidrio y los objetos exteriores; como al interior, un 5%, por radiación y convección. El porcentaje restante

de radiación se transmite al interior (ver Fig. 9.4.18), calentando los elementos en los que incide, aunque no directamente el aire. Éste, se calienta por convección al estar en contacto con objetos calentados por radiación.

Si bien el efecto invernadero asegura un aumento de la temperatura en horas de radiación, cuando esta desaparece, las temperaturas pueden bajar considerablemente.

Por lo anterior, la utilización de elementos de captación directa se deben de realizar con un diseño preciso que asegure la posibilidad de cerrarlas en horas de la noche con elementos aislantes, en caso contrario, el calor captado podría perderse por convección a través de los elementos vidriados.

Dos ejemplos a citar pueden ser los atrios y lucernarios, que ubican elementos translúcidos sobre las cubiertas, permitiendo el paso de la radiación directa a través de ella, de forma que aumenta el nivel de iluminación natural interna y a la vez genera ganancia de calor (ver Fig. 9.4.19).

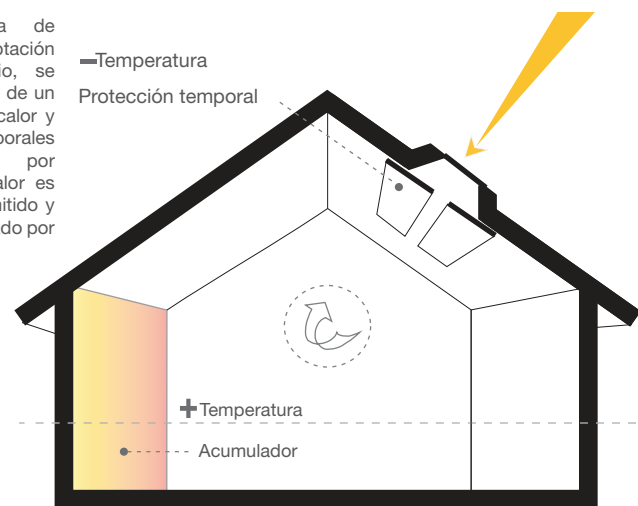
Consideraciones:

Es recomendable asociar las estrategias por ganancia directa por cubiertas a otras acumuladoras en suelos y paredes para maximizar sus efectos a lo largo del día.

Ver el apartado de configuración superior en Pautas Generales para orientaciones óptimas.

Fig. 9.4.18. Esquema de comportamiento de la radiación incidente en una superficie vidriada en cubierta (lucernario) (elaborado por autores).

Fig. 9.4.19. Esquema de funcionamiento de la captación de calor por lucernario, se recomienda acompañarlo de un sistema acumulador de calor y de cerramientos temporales para evitar pérdidas por convección. 78% del calor es transmitido, 83% es admitido y 17% es excluido. (elaborado por autores).



| Piso Montano Bajo |   | Piso Montano |   | Piso Subalpino           |   |
|-------------------|---|--------------|---|--------------------------|---|
| Bh Montano Bajo   | ✓ | Bmh Montano  | ✓ | Páramo Pluvial Subalpino | ✓ |
| Bmh Montano Bajo  | ✓ | Bp Montano   | ✓ |                          |   |
| Bp Montano Bajo   | ✓ |              |   |                          |   |

9.4.3 CAPTAR calor

CAPTACIÓN POR ABSORTANCIA

Se incorporan elementos con alta capacidad de absorción en la cubierta para almacenar y posteriormente emitir el calor.

## 1. Materiales Absorbentes y Emisivos

En el caso de que la función de los materiales que componen la envolvente horizontal superior sea primordialmente permitir el acceso del calor por radiación solar al espacio, se deben conocer las características de los materiales que facilitan este comportamiento.

La absorción representa la fracción de radiación incidente que es absorbida por un material, con valores que van de 0.0 a 1.0 (en términos de porcentaje, de 0% a 100%), depende fundamentalmente del color y el acabado de los materiales. Este parámetro generalmente se usa para estimar la forma en que la radiación solar afecta el balance térmico de las superficies (exteriores e interiores) de los elementos constructivos.

Las superficies oscuras suelen tener una absorción elevada, por ejemplo los materiales negros pueden absorber hasta el 85% o más, mientras que los materiales claros, lisos y brillantes suelen tener reflectancia elevada, por ejemplo, los materiales blancos pueden reflejar el 90% o más de radiación recibida.

Mientras que la emisividad de un material se trata de la capacidad de un material para absorber y radiar energía. Si asignamos al cuerpo negro ideal un valor de 1.0, entonces cualquier objeto real tiene una emisividad mayor a 0.0 y menor a 1.0 (Ordoñez, 2012).

Además de la temperatura, la emisividad depende de factores como las condiciones de

las superficies (pulidas, oxidadas, grado de rugosidad), el ángulo de emisión y la longitud de onda.

De manera general se recomienda la utilización de elementos con colores oscuros que absorben hasta un 85% del calor, como láminas de HG, tejas de barro, tejas asfálticas, etc., lo que se detalla en la tabla adjunta (Ordoñez, 2012).

| Material (superficie)                      | Absorción | Emisividad |
|--|-----------|------------|
| Hoja de aluminio brillante                 | 0.05-0.10 | 0.05-0.10  |
| Lámina de aluminio con pátina de oxidación | 0.30-0.50 | 0.20-0.50  |
| Pintura de aluminio                        | 0.40-0.55 | 0.40-0.55  |
| Hierro galvanizado con pátina normal       | 0.30-0.50 | 0.20-0.40  |
| Madera                                     | 0.40      | 0.90       |
| Teja, piedra                               | 0.70      | 0.90       |
| Concreto aparente                          | 0.45-0.60 | 0.90       |
| Pintura de aceite blanca                   | 0.20      | 0.90       |
| Pintura verde o gris clara                 | 0.40      | 0.90       |
| Pintura verde o gris oscura                | 0.70      | 0.90       |
| Pintura negra, asfalto.                    | 0.85      | 0.90       |

Tabla 9.4.2. Capacidades de absorción y emisividad de algunos materiales comunes en la construcción. Fuentes: M. Evans (1980) y B. Givoni (1976), transcripción del autor.

| Piso Montano Bajo |   | Piso Montano |   | Piso Subalpino           |   |
|-------------------|---|--------------|---|--------------------------|---|
| Bh Montano Bajo   | ✓ | Bmh Montano  | ✓ | Páramo Pluvial Subalpino | ✓ |
| Bmh Montano Bajo  | ✓ | Bp Montano   | ✓ |                          |   |
| Bp Montano Bajo   | ✓ |              |   |                          |   |

9.4.4 CONSERVAR calor

AISLAMIENTO RESISTIVO  
(Aumentar Resistencia)

Utilizar en el interior del elemento superior aire como aislante, dada su alta resistencia térmica, evita la pérdida de calor hacia el exterior.

## 1. Cubiertas NO Ventiladas

En climas donde los niveles de temperaturas son bajos a lo largo del día y aún más en horas de la noche, es necesario que la cubierta funcione como un aislante del calor captado por las estrategias de las envolventes vertical y horizontal inferior y media, más que como un captador en sí mismo.

Por lo tanto se deberá diseñar la cubierta como un aislante hermético que permita que el aire caliente del interior, al subir por su baja densidad, no tenga forma de escape.

A continuación se detallan algunas tip de cubiertas no ventiladas.

### 1.1 Cámara de Aire

Al crear un cielo falso debajo de la cubierta se genera un espacio cerrado llamado Cámara de Aire, que requiere entre 10-15cm para funcionar. Éste debe ser hermético, con la finalidad de que funcione como barrera, aumentando la resistencia térmica de la envolvente y colaborando a mantener el calor del espacio interno (ver Fig. 9.4.20).

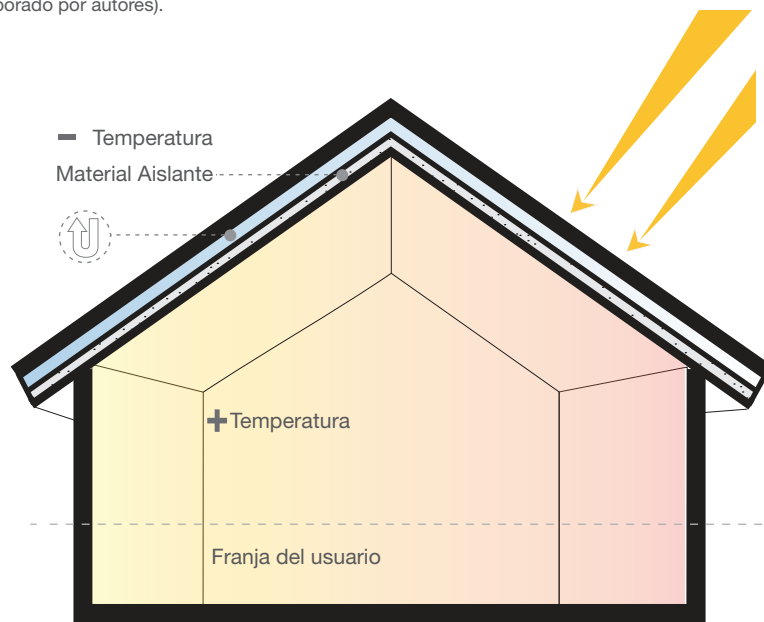
El empleo de cámaras de aire en los cerramientos constructivos es adecuado para mitigar las pérdidas de calor, debido a que el aire es un material aislante con un coeficiente de conductividad térmica  $K=0,025$ , igual al de la fibra de vidrio (Szokolay, 2008).

Consideraciones:

El cielo falso deberá construirse de forma hermética en cada parte, de forma que se eviten las filtraciones y puentes térmicos que conllevan pérdidas calóricas. En caso de requerir aberturas, éstas deben contar con cerramientos temporales que permitan aislarlas por completo en las horas críticas.

La capacidad térmica de la cámara puede aumentar considerablemente instalando un material aislante entre la lámina inferior de la cubierta y el espacio cerrado. Idealmente el material aislante debe tener baja capacidad calórica y alta resistencia térmica (por ejemplo polietileno, aislante de burbuja doble).

Fig. 9.4.20. Esquema de funcionamiento de cubierta con cámara de aire (elaborado por autores).



| Piso Montano Bajo  | Piso Montano  | Piso Subalpino             |
|--------------------|---------------|----------------------------|
| Bh Montano Bajo ✓  | Bmh Montano ✓ | Páramo Pluvial Subalpino ✓ |
| Bmh Montano Bajo ✓ | Bp Montano ✓  |                            |
| Bp Montano Bajo ✓  |               |                            |

9.4.4 CONSERVAR calor

AISLAMIENTO RESISTIVO  
(Aumentar Resistencia)

Utilizar en el interior del elemento superior aire como aislante, dada su alta resistencia térmica, evita la pérdida de calor hacia el exterior.

### 1.2 Doble cubierta Hermética

La cámara de aire, comprendida bajo las pendientes de la cubierta y el cielo horizontal inferior varía de espesor y contenido de aire, siendo para este caso mucho más amplio (ver Fig. 9.4.21).

Tomando en cuenta el coeficiente de conductividad térmica del aire,  $K=0,025$  igual al coeficiente de la fibra de vidrio (Szokolay, 2008), entendemos que el efecto de transmisión de calor por radiación dentro de las cámaras de aire se puede reducir al aplicar el volumen del mismo contenido en el espacio, de esta forma, la doble cubierta hermética trata de crear un mayor volumen de aire que funcione como elemento aislante ante la pérdida de calor contenido en el espacio interno, aumentando la resistencia térmica de la envolvente.

Consideraciones:

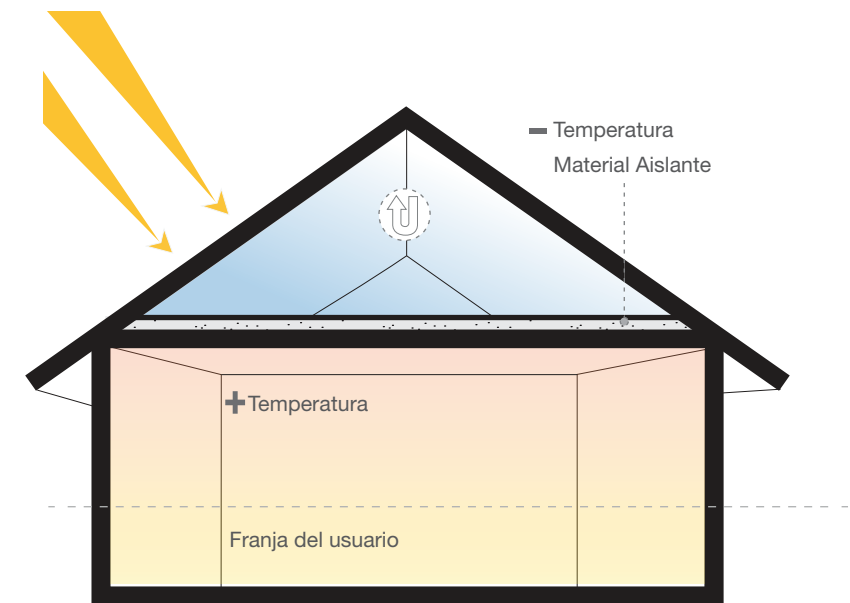
El cielo deberá construirse de forma hermética, de forma que no se den pérdidas de energía a través de ellas. En caso de requerir aberturas, éstas deben contar con cerramientos temporales que permitan aislarlas por completo en las horas críticas.

La capacidad de resistencia térmica de la cámara puede aumentar considerablemente instalando un material aislante entre el forjado inferior de la cubierta y el espacio cerrado.

### 1.2.a Utilización de espacios amortiguadores

La creación de espacios habitables cercanos a la cubierta pueden resultar sumamente convenientes, esto por cuanto el aire caliente que sube por pérdida de densidad mantendrá el volumen de aire superior caliente de forma constante. Elementos como dormitorios son ideales debido a sus requerimientos de calor durante horas de la noche; además, pueden funcionar como espacios amortiguadores al limitar el volumen de aire en los sitios inferiores, creando zonas diferenciadas con temperaturas controladas.

Fig. 9.4.21 Comportamiento de doble cubierta hermética, el aire caliente se mantiene confinado en el volumen de aire inferior (elaborado por autores).



| Piso Montano Bajo  | Piso Montano  | Piso Subalpino             |
|--------------------|---------------|----------------------------|
| Bh Montano Bajo ✓  | Bmh Montano ✓ | Páramo Pluvial Subalpino ✓ |
| Bmh Montano Bajo ✓ | Bp Montano ✓  |                            |
| Bp Montano Bajo ✓  |               |                            |

9.4.4 CONSERVAR calor

AISLAMIENTO RESISTIVO  
(Aumentar Resistencia)

Utilizar en el interior del elemento superior aire como aislante, dada su alta resistencia térmica, evita la pérdida de calor hacia el exterior.

2. Materiales resistivos

En espacios de uso diurno y nocturno, como viviendas, son aconsejables elementos con alta inercia térmica que acumulen calor en el día y lo liberen con varias horas de desfase, de modo que la onda de calor se traslade a las hora de la tarde o de la noche cuando se produce la mayor ocupación de los espacios, y las temperaturas externas son más bajas.

Cuando se utilizan materiales aislantes en la cubierta, se pueden reducir sustancialmente las pérdidas de calor a través de ella. El aislante puede ser instalado como cielo raso incrementando de esta forma la inercia del local y brindando por ende mayor protección, o en el

material del techo por el lado interior. Es igualmente válida la combinación de ambas técnicas (ver Fig. 9.4.22).

Si tomamos en cuenta que el aire en reposo presenta un índice de conductividad= 0,025W/m K, resulta muy indicada su aplicación en materiales aislantes, encapsulándolo en pequeñas celdas, con el máximo de aire y el mínimo de material. Algunos de los mejores aislantes tienen una estructura de espuma fina, que consiste en celdas de aire separadas por membranas muy delgadas, o en otro caso materiales fibrosos con aire atrapado entre las fibras. Los ejemplos de aislantes más conocidos son los extruidos o expandidos, como el poliestireno o el poliuretano, o aquellos fibrosos como la lana de vidrio o la lana natural (Szokolay, 2008).

Consideraciones:

Si el aislamiento se acompaña de un material exterior oscuro, que propicie la absorción, la pérdida de calor por diferencia de temperaturas se reduce notablemente. Con 2 ó 3 cms de material aislante es suficiente, aunque dependerá del tipo de material utilizado (ver Fig. 9.4.23).

Es importante que el material aislante mantenga indefinidamente su coeficiente de conductividad y que no sea higrospónico, es decir, que no absorba humedad, lo cual disminuye su propiedad aislante con el paso del tiempo.

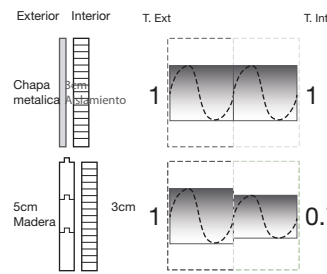
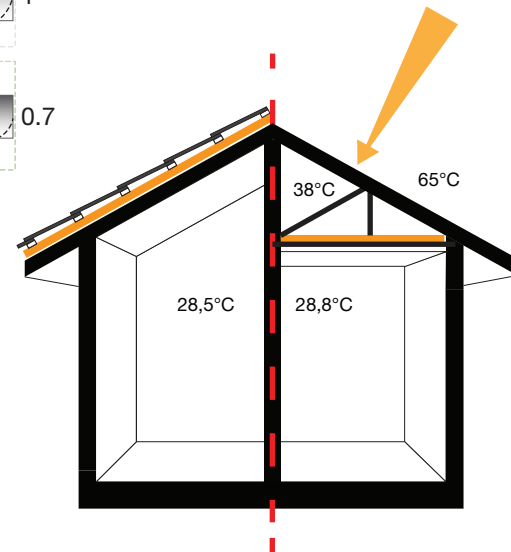


Fig. 9.4.22. Comportamiento de una cubierta con y sin aislante (elaborado por autores).

Fig. 9.4.23. Capacidad de atenuación del ciclo de temperatura exterior de diversos materiales, utilizados por su capacidad aislante (elaborado por autores).



| Piso Montano Bajo |   | Piso Montano |   | Piso Subalpino           |   |
|-------------------|---|--------------|---|--------------------------|---|
| Bh Montano Bajo   | ✓ | Bmh Montano  | ✓ | Páramo Pluvial Subalpino | ✓ |
| Bmh Montano Bajo  | ✓ | Bp Montano   | ✓ |                          |   |
| Bp Montano Bajo   | ✓ |              |   |                          |   |



Ávila, M. (2008). Arquitectura y Clima. Arquitectura Sostenible. Recuperado de: <http://www.arquitecturasostenible.com.mx/downloads/c-energia02.pdf>

Bustamente, W. (2009). Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social. Santiago, Chile: Editorial Grafhika.

Celis, F. (2000). Arquitectura Bioclimática, Conceptos Básicos y Panorama Actual. Hábitat. Recuperado de: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n14/afcel.html>.

Centro Científico Tropical. ¿Quiénes somos? Recuperado de: <http://www.cct.or.cr/>.

Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (2006) Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda, México.

Contreras, A (2008). Arquitectura Vernácula, Recuperado de: [www.arqhys.com/contenidos/vernacula-arquitectura.html](http://www.arqhys.com/contenidos/vernacula-arquitectura.html)

De Luxán, M y Reymundo, A. (2006). Sostenibilidad Energética de la Edificación en Canarias: Manual de Diseño Bioclimático. España: Instituto Tecnológico de Canarias.

De Luxán, M., Celis, F., Da Casa, F., Echeverría, E., Villota, I. (1997). Arquitectura y clima en Andalucía. Manual de diseño. Sevilla: Dirección General de Arquitectura y Vivienda, Junta de Andalucía.

Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica. (1967). Seminario Internacional sobre la Enseñanza de Ecología y Suelos en las Facultades de Agronomía de América Central. Recuperado de: [http://books.google.co.cr/books?id=0SUOQAIAAJ&pg=PA19&lpg=PA19&dq=fajas+altitudinales+sis+tema+holdridge&source=bl&ots=cl8c3z7VUX&sig=lyKaszPzb1yp6Gi1pZ70j02bVak&hl=es&sa=X&ei=6fgeT6moG6ra0QGvkZUG&redir\\_esc=y#v=onepage&q=fajas%20altitudinales%20sistema%20holdridge&f=false](http://books.google.co.cr/books?id=0SUOQAIAAJ&pg=PA19&lpg=PA19&dq=fajas+altitudinales+sis+tema+holdridge&source=bl&ots=cl8c3z7VUX&sig=lyKaszPzb1yp6Gi1pZ70j02bVak&hl=es&sa=X&ei=6fgeT6moG6ra0QGvkZUG&redir_esc=y#v=onepage&q=fajas%20altitudinales%20sistema%20holdridge&f=false)

Fernández, F. (1994). Clima y Confortabilidad humana. Aspectos Metodológicos. Madrid, España: Editorial Serie Grafica.

Gausa, M., Guallart, V., Müller, W., Soriano, F., Porras, F., Morales, J. (2007) Diccionario Metápolis de Arquitectura Avanzada. Barcelona. España: Editorial Ingoprint SA.

Germer, J. (1986). Estrategias pasivas para Costa Rica. San José, Costa Rica.

González, Fco. J., Pérez, A., De Santiago, E. (2007). Habitar entre la Tradición y la Vanguardia. Arquitectura Sostenible para el Siglo XXI. Revista Digital Universitaria. Recuperado de: <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num7/art53/int53.html>

Grama Consultores. (2012). Ventilación cruzada. Recuperado de: <http://gramaconsultores.wordpress.com/2012/06/25/ventilacion-cruzada/>

Griffin, M y Siem, G. (2004). Manual de Diseño para Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico. Recuperado de: [http://www.fau.ucv.ve/idec/racionalidad/pdf/manual\\_energia.pdf](http://www.fau.ucv.ve/idec/racionalidad/pdf/manual_energia.pdf)

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2001). Tercer Informe de Evaluación Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Recuperado de: <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/impact-adaptation-vulnerability/impact-spm-ts-sp.pdf>

Guimarães Merçon, M. (2008). Confort Térmico y Tipología Arquitectónica en clima cálido-húmedo. (Tesis de maestría, Universidad de Catalunya) Recuperado de <http://mastersuniversitaris.upc.edu/aem/archivos/2007-08-tesinascompletas/confort-termico-y-tipologia-arquitectonica-en-clima-calido-humedo>.

Gutierrez, M. (2008) Ú-Siwō': La casa del viento y el conocimiento de los bribri-cabecar. Tesis de

Gutierrez, M. (2008) Ú-Siwō': La casa del viento y el conocimiento de los bribri-cabecar. Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica.

Hartshorn, Gary y otros. (1982). Costa Rica, Perfil Ambiental, Estudio de Campo. San José, Costa Rica: Centro Científico Tropical.

Holdridge, L. (2000). Ecología Basada en las Zonas de Vida. San José, Costa Rica: Editorial IICA.

Holdridge, Leslie y otros. (1971). Forest Environments in Tropical Life Zones. USA, New York.

Ibelings, H (1998). Supermodernismo. Arquitectura en la Era de la Globalización. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili S.A.

Inbio. (2004). Diversidad de Ecosistemas. Recuperado de: [http://www.inbio.ac.cr/estrategia/Estudio\\_2004/Paginas/ecosistema01.html](http://www.inbio.ac.cr/estrategia/Estudio_2004/Paginas/ecosistema01.html)

Instituto de la Construcción. (2012). Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos. Recuperado de: <http://es.scribd.com/doc/97252110/20/Ventilacion-nocturna-de-masa-termica>

Kappelle, M y Horn, S. (2005). Páramos de Costa Rica. Heredia, Costa Rica.

Koenigsberger, H., Ingersoll, T., Mayhew, A., & Szokolay, S. (1977). Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales. Madrid, España: Editorial Paraninfo.

Matic Dómina, J. (2010). Doble envolvente transparente. (Tesis de maestría, Universidad de Belgrano) Recuperado de: [http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/393\\_Domina.pdf](http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/393_Domina.pdf)

Moas, M. (1988). La vivienda del costarricense hasta mediados del siglo XX. San José, Costa Rica: INA

Mondelo, P., Gregori, E., Comas, S., Castejón, E. & Bartolomé, E. (1999). Confort y Estrés Térmico. Barcelona, España: Editorial Mutua Universal.

Mundo en Línea. (2011). Los edificios consumen más del 40% de la energía a nivel mundial. Recuperado de: [http://www.mundoenlinea.cl/noticia.php?noticia\\_id=22769&categoria\\_id=53](http://www.mundoenlinea.cl/noticia.php?noticia_id=22769&categoria_id=53).

Neila, J. (2004). Arquitectura bioclimática en un entorno sostenibles. Madrid, España.

Olgay, V. (1998). Arquitectura Y Clima: Manual De Diseño Bioclimático Para Arquitectos y Urbanistas. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili.

Ordóñez, A. (2012). Los materiales y sus características térmicas. Recuperado de: <http://www.sol-arq.com/index.php/topicos>.

Pérez, J. (2009). Sistemas Pasivos para Invierno Captación Solar y otros. Recuperado de: <http://www.arquitecturatropical.org/EDITORIAL/documents/CIUDADESBANANERAS.pdf> (2012, 19 de agosto)

Philoméne, R y Stagno, B. Arquitectura de las Ciudades Bananeras. Recuperado de: <http://www.arquitecturatropical.org/EDITORIAL/documents/CIUDADESBANANERAS.pdf>

Ponce, J. (2001). Algunas características de la Arquitectura Costarricense. Recuperado de: [http://www.icat.una.ac.cr/suplemento\\_cultural/index.php?option=com\\_content&view=article&id=439:algunas-caracteristicas-de-la-arquitectura-costarricense-juan-bernal-ponce-&catid=120:arte-grabado-pintura-dibujo-y-escultura&Itemid=30](http://www.icat.una.ac.cr/suplemento_cultural/index.php?option=com_content&view=article&id=439:algunas-caracteristicas-de-la-arquitectura-costarricense-juan-bernal-ponce-&catid=120:arte-grabado-pintura-dibujo-y-escultura&Itemid=30).

Porras, J. (2011). Diseño de la Envolvente y sus Implicaciones en el Confort Higrotérmico. San José, Costa Rica.

Porras, J (2012). Guía de Estrategias Pasivas de Diseños Bioclimático para espacios educativos. San José, Costa Rica

Quesada, R. (2007). Los Bosques de Costa Rica. Recuperado de:  
<http://www.asvocr.org/pdfs/bosquedecostarica.pdf>

Quesada, R. (2007). Los Bosques de Costa Rica. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Disponible en: <http://www.asvocr.org/pdfs/bosquedecostarica.pdf>

Redondo, Patricia. (2004). Salud Ambiental y Ocupacional. San José, Costa Rica.

Sánchez, N. y Garduño R. (2008). Algunas consideraciones acerca de los sistemas de clasificación climática. Recuperado de: <http://www.izt.uam.mx/contactos/n68ne/clima.pdf>

Sosa, Ma Eugenia. (2004). Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes. Caracas: IDEC.

Stagno, B. y Ugarte, J. (1999). Cuidad Bananera Golfito y Coto 47 Zona Sur. Recuperado de:  
<http://www.tools.co.cr/arqtrop/compania%20bananera%20de%20Costa%20Rica.pdf>

Szokolay, S. (2008). Introduction to Architectural Science. Oxford: Elsevier Ltd.

The Royal Institute of British Architects. (2011). Natural ventilation: cross ventilation. Recuperado de:  
<http://www.architecture.com/SustainabilityHub/Designstrategies/Air/1-2-1-3-naturalventilation-crossventilation.aspx>

Ugarte, J. (2007) .Guía Bioclimática: Construir con el Clima. Costa Rica: Instituto de Arquitectura Tropical.

U.S. Green Building Council (2008). LEED Homes Rating System. United States

Van Legen, J. (1982). Manual del Arquitecto Descalzo. México D.F. Editorial Conceptos

Vaughan, B. y Wong, W. (1998). La Casa Nicaragüense. San José, Costa Rica: New Age Grafics S.A.

Vázquez, M. (2001). Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales: Informes de la construcción, nº 471, pp. 30-43. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Woodbridge, Richard. (1988). Historia de la Arquitectura en Costa Rica. México D.F. México, Universidad iberoamericana.