

RECOMENDACIONES BIOCLIMÁTICAS PROTOTIPOS DE EDUCACIÓN.

Informe Final.

2017.05.04

Calle 143.47.60 Piso 3
Bogotá, Colombia
[+571] 695.73.22
[+57] 321 401.52.71

www.arquitecturamasverde.com
info@arquitecturamasverde.com

TABLA DE CONTENIDO

1. ARQUITECTURA Y URBANISMO BIOCLIMÁTICOS.....	3
1.1 Objetivo y alcance de los trabajos.....	3
1.2 Metodología.....	3
1.3 Notas aclaratorias.....	3
2. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA PROPUESTA.....	4
3. DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO.....	6
3.1 Uso, ocupación y aportes energéticos.....	7
3.2 Condiciones de confort.....	7
3.2.1 Temperatura de confort y Zona de confort.....	8
3. RECOMENDACIONES BIOCLIMÁTICAS.....	16
3.1 Calidad del aire.....	16
3.2 La implantación arquitectónica.....	17
3.3 Orientación respecto del sol.....	17
3.3 Orientación respecto del viento.....	19
3.4 Ventilación natural.....	20
3.4.1 Calculo de Áreas de inyección — A_i —.....	21
3.4.2 Calculo de Áreas de extracción — A_e —.....	21
3.5 Características térmicas de las superficies.....	22
3.5.1 Aislamiento térmico.....	22
3.5.2 Inercia térmica.....	23
3.6 Control solar de las fachadas.....	25
3.7 Captación de la radiación solar.....	26
3.7.1 Captación directa.....	26
3.7.2 Captación indirecta con invernadero.....	26
3.8 Vegetación.....	27
3.8.1 Vegetación como dispositivo de protección solar.....	27
3.8.2 Vegetación como dispositivo de protección contra vientos.....	28
7. ANEXOS.....	30
7. BIBLIOGRAFÍA.....	35

1. ARQUITECTURA Y URBANISMO BIOCLIMÁTICOS.

Durante épocas antiguas, el ser humano encontró la manera de relacionarse con el medio natural que lo rodeaba encontrando la conjunción perfecta entre arquitectura y entorno. Este conocimiento y enfoque se perdieron durante los últimos años generando unos impactos sobre el planeta. Afortunadamente y observando las consecuencias actuales, el ser humano ha empezado a tomar conciencia de la importancia de un actuar respetuoso con el medio ambiente. Nacieron de esta manera enfoques como el de la Arquitectura y el Urbanismo Bioclimáticos que retoman los conocimientos ancestrales para permitir la evolución de los proyectos generando beneficios ambientales al buscar una eficiencia térmica y energética y, el buen aprovechamiento de los recursos naturales. Esto es logrado mediante el “trabajo en equipo” de diversas estrategias propias a la Arquitectura y el Urbanismo Bioclimáticos y, de tecnologías apropiadas a cada clima, proyecto y uso en particular.

1.1 Objetivo y alcance de los trabajos.

Teniendo en cuenta que se trata de modelos prototípicos que podrían ser implementadas en unos espacios con ciertas características en cualquier lugar del país y bajo una visión respetuosa del medio ambiente, esta asesoría se propone presentar las **recomendaciones bioclimáticas** con el fin de lograr obtener las mejores condiciones interiores ambientales en las distintas áreas o espacios que integran el proyecto por medio de la aplicación viable de diversas estrategias propias a la Arquitectura Bioclimática como:

1. Obtención de la calidad del aire interior.
2. Manejo de la ventilación natural.
3. Aislamiento térmico de superficies.
4. Captación del calor proveniente del sol.

El resultado esperado de esta asesoría es el mejoramiento sensible de las condiciones interiores que generará un ambiente propicio para el desarrollo de las diferentes actividades. Este resultado se puede lograr sin incurrir en suntuosas soluciones constructivas y/o de instalación de equipos mecánicos, etc. minimizando los consumos energéticos. La asesoría se ocupa de estudiar de manera particular aquellas áreas de estudio y de convivencia de los ocupantes como principales usuarios del proyecto. La asesoría tiene en cuenta:

1. La aplicación viable de las estrategias anteriormente mencionadas.
2. Las metodologías propuestas por el Ideam para la caracterización climática de Colombia.

1.2 Metodología.

La metodología de estas Recomendaciones Bioclimáticas se conforma de un **[1] Informe Inicial** que busca explicar la caracterización climática de Colombia a partir del Ideam y así determinar el contexto climático en el cual se desarrollan las recomendaciones bioclimáticas y que explican tanto la implantación y orientación recomendadas. Adicionalmente está dedicado a la conceptualización desde un enfoque bioclimático a partir de la información recibida por los proyectistas a nivel de materialidad ventilación —y si necesario, aislamiento—. Apoyados en la descripción de las condiciones climáticas y de su comprensión, esta conceptualización permite identificar los puntos favorables y las debilidades que el proyecto presenta. Posteriormente, se presenta un **[2] Informe Final** que estará consagrado a la comprobación de la aplicación de las estrategias bioclimáticas implementadas por los proyectistas.

1.3 Notas aclaratorias.

Las recomendaciones bioclimáticas aquí presentadas se realizan a partir de **escenarios hipotéticos** planteados a partir de metodologías científicas válidas. Sin embargo estas **se deben ver desde lo relativo y nunca sobre absoluto** puesto que *e.g.*, las condiciones climatológicas son variables así como las ocupaciones y la misma configuración del proyecto en su proceso constructivo. Quiere decir esto que **la información aquí consignada sirve para tener una correcta calidad de aire interior y presenta las estrategias para lograr unas adecuadas condiciones térmicas interiores** pues no es posible controlar el clima de un lugar de manera natural. En caso de desear establecer las condiciones térmicas del proyecto, el constructor y/o desarrollador del proyecto habrá de realizar un estudio bioclimático preciso con las condiciones climáticas del lugar de implantación definitivo.

El presente documento aplica únicamente para la configuración arquitectónica del proyecto recibida el **24 de Marzo de 2017** desarrollado por el equipo proyectista y con las opciones de implantación propuestas a partir de posibles formas de predios y posibles construcciones vecinas. **En caso de que el proyecto arquitectónico sufra alguna variación importante a nivel de volumetría y dimensiones, el presente documento no tendrá ninguna validez.** Finalmente si en el funcionamiento del proyecto, su ocupación (personas y/o equipos) o destinación de espacios variasen o, las recomendaciones y/o estrategias bioclimáticas del presente documento no se cumplieren por temas ajenos a los objetivos del Estudio Bioclimático (presupuestales, diseños modificados sin previa autorización y revisión, errores u omisiones en la ejecución de obra, *e.g.*), **el Arquitectura Más Verde S.A.S. y/o el Arq. David PERICO AGUDELO no se harán responsables en ningún caso de las condiciones térmicas interiores y de calidad del aire presentes en el proyecto.**

2. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA PROPUESTA.

Colombia es un país con una amplia diversidad de climas determinados no solo por su posición geográfica respecto de la Zona de Convergencia Intertropical —ZCIT— sino por la variante altitud de su territorio lo que hace absolutamente variable —así se puedan hacer generalidades— pese a que sea posible determinar las variaciones de los factores climatológicos de cada punto en especial como las más conocidas como temperatura y humedad del aire hasta la intensidad de radiación solar incidente, la dirección, frecuencia y velocidad del viento y, las lluvias entre otras. Es por esto que la normal y constante interacción de los anteriores factores —y otros tantos—, genera en Colombia una amplia variedad de “climas”: desde —aproximadamente— los menos de 0.0°C en las altas montañas hasta los más de 30.0°C de las costas y sabanas.

De acuerdo a lo anterior, es así que para el caso del presente documento aplicamos la metodología del Índice de Confort —IC—¹ asociado a una sensación térmica general desarrollado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia —Ideam— a partir de la Fórmula de Refrigeración de Hill y Davos². A partir de esta, se obtiene una fórmula base con tres variaciones dependiendo la altura sobre el nivel del mar del lugar de implantación del proyecto: [1] una para altitudes menores a 1.000 msnm, [2] una segunda para elevaciones entre 1.000 msnm y 2.000 msnm finalmente, [3] otra para altitudes mayores a 2.000 msnm.

Las *Memorias 1 a 3* presentan muestran el método de obtención del IC a partir de factores medibles en sitio de manera sencilla como temperatura seca, humedad relativa y velocidad del viento:

$IC = (36.5 - Ts) (0.05 + 0.04 \sqrt{Vv} + Hr/250)$	Donde,	IC Índice de confort. Ts Temperatura seca del aire (°C). Vv Velocidad viento (m/seg). Hr Humedad relativa (%).	(Eq. 1)
---	--------	---	---------

Memoria 1. Cálculo del IC para altitudes menores a 1.000 msnm.
Fuente. Ideam.

$IC = (34.5 - Ts) (0.05 + 0.06 \sqrt{Vv} + Hr/180)$	Donde,	IC Índice de confort. Ts Temperatura seca del aire (°C). Vv Velocidad viento (m/seg). Hr Humedad relativa (%).	(Eq. 2)
---	--------	---	---------

Memoria 2. Cálculo del IC para altitudes entre 1.000 msnm y 2.000 msnm.
Fuente. Ideam.

$IC = (33.5 - Ts) (0.05 + 0.18 \sqrt{Vv} + Hr/160)$	Donde,	IC Índice de confort. Ts Temperatura seca del aire (°C). Vv Velocidad viento (m/seg). Hr Humedad relativa (%).	(Eq. 3)
---	--------	---	---------

Memoria 3. Cálculo del IC para altitudes mayores a 2.000 msnm.
Fuente. Ideam.

Las anteriores *Memorias* tienen en cuenta la velocidad del viento (m/seg). No obstante para que estas mediaciones sean representativas de la situación de un lugar en específico, deberían hacerse en periodos prolongados de tiempo. Es así como es posible obtener un IC —pero ligeramente menos ajustado a la realidad— para las mismas variaciones de altitud mencionadas anteriormente.

Las *Memorias 4 a 6* presentan muestran el método de obtención del IC a partir de temperatura de bulbo seco y humedad relativa. Por su parte el *Mapa 1* muestra la clasificación climática de Colombia a partir de la metodología del IC.

$IC = (36.5 - Ts) (0.05 + Hr/250)$	Donde,	IC Índice de confort. Ts Temperatura seca del aire (°C). Hr Humedad relativa (%).	(Eq. 4)
------------------------------------	--------	---	---------

Memoria 4. Cálculo del IC para altitudes menores a 1.000 msnm.
Fuente. Ideam.

$IC = (36.5 - Ts) (0.05 + H/180)$	Donde,	IC Índice de confort. Ts Temperatura seca del aire (°C). Hr Humedad relativa (%).	(Eq. 5)
-----------------------------------	--------	---	---------

Memoria 5. Cálculo del IC para altitudes entre 1.000 msnm y 2.000 msnm.
Fuente. Ideam.

¹ Las diferentes caracterizaciones climáticas de Colombia se basan en calificaciones climáticas mundialmente reconocidas como la de Caldas, Lang, etc. las cuales se basan en el comportamiento medio de parámetros climáticos como la temperatura y la humedad.

² Se obtiene un Índice de Confort —IC— en lugar de Poder de Refrigeración —PR— toda vez que el Ideam incluyó dentro de la fórmula los parámetros de humedad relativa y a partir de la variación de la altura sobre el nivel del mar, la variación de la temperatura seca del aire. Dicha fórmula finalmente incluye el parámetro de Velocidad de viento. En caso de no tenerse el último dato, igualmente se puede obtener un IC pero menos ajustado a la realidad.

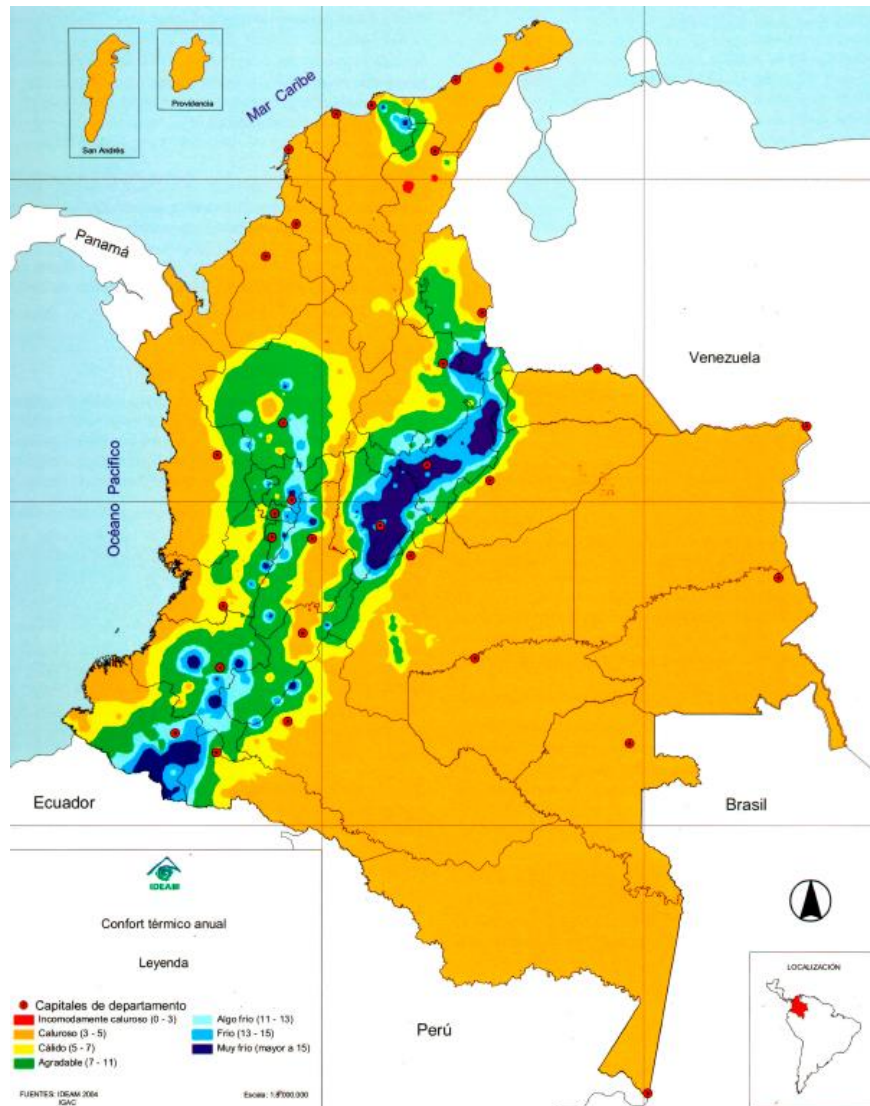
$$IC = (36.5 - Ts) (0.05 + Hr/160)$$

(Eq. 6)

Donde, IC Índice de confort.
Ts Temperatura seca del aire (°C).
Hr Humedad relativa (%).

Memoria 6. Cálculo del IC para altitudes mayores a 2.000 msnm.
Fuente. Ideam.

El método propuesto del IC permite entonces de manera sencilla, ubicar “bioclimáticamente” el proyecto en el territorio nacional y por tanto determinar cuáles son las mejores estrategias bioclimáticas a implementar dentro de la clasificación bioclimática de Colombia presentada a continuación (Ver *Anexos*):



Mapa 1. Clasificación bioclimática de Colombia de acuerdo al IC.
Fuente. Ideam.

IC	Sensación experimentada
0.0 – 3.0	Incómodamente caluroso
3.1 – 5.0	Caluroso
5.1 – 7.0	Cálido
7.1 – 11.0	Agradable
11.1 – 13.0	Algo frío
13.1 – 15.0	Frío
Más de 15.0	Muy frío

Tabla 1. Clasificación bioclimática de Colombia de acuerdo al IC.
Fuente. Ideam.

3. DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO.

Habiendo presentado la clasificación climática y con el fin de facilitar la comprensión de los IC a partir de “climas conocidos”, la *Tabla 2* asocia 7 ciudades colombianas con las cuales se pueden asociar los IC —sin contar con Vv—. Según el *Mapa 1*, en Colombia no hay una ciudad capital que se presente IC menor de 3.0 —Incómodamente caluroso—.

Ciudad	Altitud [msnm]	Ts prom. [°C]	Hr prom. [%]
n.a.	-	-	-
Cúcuta, Norte de Santander.	250.0	27.0	70.8
Ibagué, Tolima.	928.0	23.9	76.1
Popayán, Cauca.	1757.0	18.9	77.8
Pasto, Nariño.	1873.0	19.2	76.3
Bogotá, Cundinamarca.	2547.0	13.5	79.9
Tunja, Boyacá.	2690.0	12.9	79.6
Buenaventura, Valle del Cauca	7.0	25.8	86.6

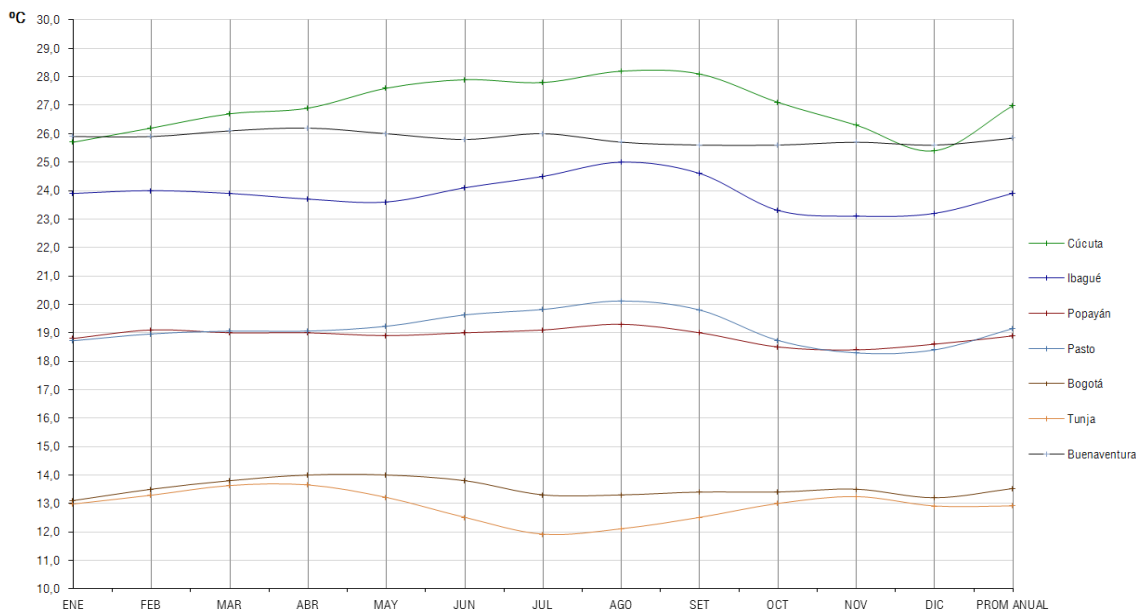
IC	Sensación experimentada	Clima
-	Incómodamente caluroso	Cálidos
3.17	Caluroso	
5.96	Cálido	
8.49	Agradable	-
11.13	Algo frío	Fríos
13.24	Frío	
15.56	Muy frío	
4.24	Caluroso	Cálidos

Tabla 2. IC de 7 ciudades colombianas.
Fuente. Ideam. Modificación Arquitectura Más Verde S.A.S.

Las *Gráficas 1 y 2* y las *Tablas 3 y 4* muestran la evolución de la Ts y Hr de las anteriores ciudades³ y por su parte las *Gráficas 3 a 8* así como las *Tablas 5 a 10*, la evolución de las temperaturas de confort —Tc—.

Ciudad	Meses del año												Prom. mensual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Cúcuta, Norte de Santander.	25.7	26.2	26.7	26.9	27.6	27.9	27.8	28.2	28.1	27.1	26.3	25.4	27.0
Ibagué, Tolima.	23.9	24.0	23.9	23.7	23.6	24.1	24.5	25.0	24.6	23.3	23.1	23.2	23.9
Popayán, Cauca.	18.8	19.1	19.0	19.0	18.9	19.0	19.1	19.3	19.0	18.5	18.4	18.6	18.9
Pasto, Nariño.	18.7	19.0	19.1	19.1	19.2	19.6	19.8	20.1	19.8	18.7	18.3	18.4	19.2
Bogotá, Cundinamarca.	13.1	13.5	13.8	14.0	14.0	13.8	13.3	13.3	13.4	13.4	13.5	13.2	13.5
Tunja, Boyacá.	13.0	13.3	13.6	13.7	13.2	12.5	11.9	12.1	12.5	13.0	13.2	12.9	12.9
Buenaventura, Valle del Cauca	25.9	25.9	26.1	26.2	26.0	25.8	26.0	25.7	25.6	25.6	25.7	25.6	25.8

Tabla 3. Temperaturas secas promedio mensuales de 7 ciudades colombianas.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S. a partir del Ideam.



Gráfica 1. Temperaturas secas promedio mensuales de 7 ciudades colombianas.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S. a partir del Ideam.

³ Estaciones CP del Ideam: Aeropuerto Camilo Daza (Cúcuta), Aeropuerto Perales (Ibagué), Aeropuerto Guillermo León Valencia (Popayán), Aeropuerto Antonio Nariño (Pasto), Aeropuerto El Dorado (Bogotá) y UPTC (Tunja).

Ciudad	Meses del año												Prom. mensual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Cúcuta, Norte de Santander.	75.0	73.0	74.0	75.0	71.0	63.0	62.0	62.0	65.0	73.0	78.0	79.0	70.8
Ibagué, Tolima.	76.0	76.0	78.0	80.0	81.0	76.0	68.0	65.0	71.0	80.0	82.0	80.0	76.1
Popayán, Cauca.	80.0	79.0	79.0	80.0	80.0	77.0	71.0	69.0	74.0	80.0	82.0	82.0	77.8
Pasto, Narifño.	80.5	79.3	79.0	81.7	80.2	72.9	64.3	63.0	69.0	79.8	83.9	82.6	76.3
Bogotá, Cundinamarca.	79.0	79.0	80.0	82.0	81.0	79.0	77.0	77.0	79.0	82.0	83.0	81.0	79.9
Tunja, Boyacá.	76.2	75.3	76.4	79.6	82.2	83.3	82.9	81.7	80.0	79.7	79.9	78.0	79.6
Buenaventura, Valle del Cauca	87.0	86.0	86.0	86.0	86.0	87.0	86.0	88.0	88.0	87.0	86.0	86.0	86.6

Tabla 4. Humedades relativas promedio mensuales de 7 ciudades colombianas.

Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S. a partir del Ideam.

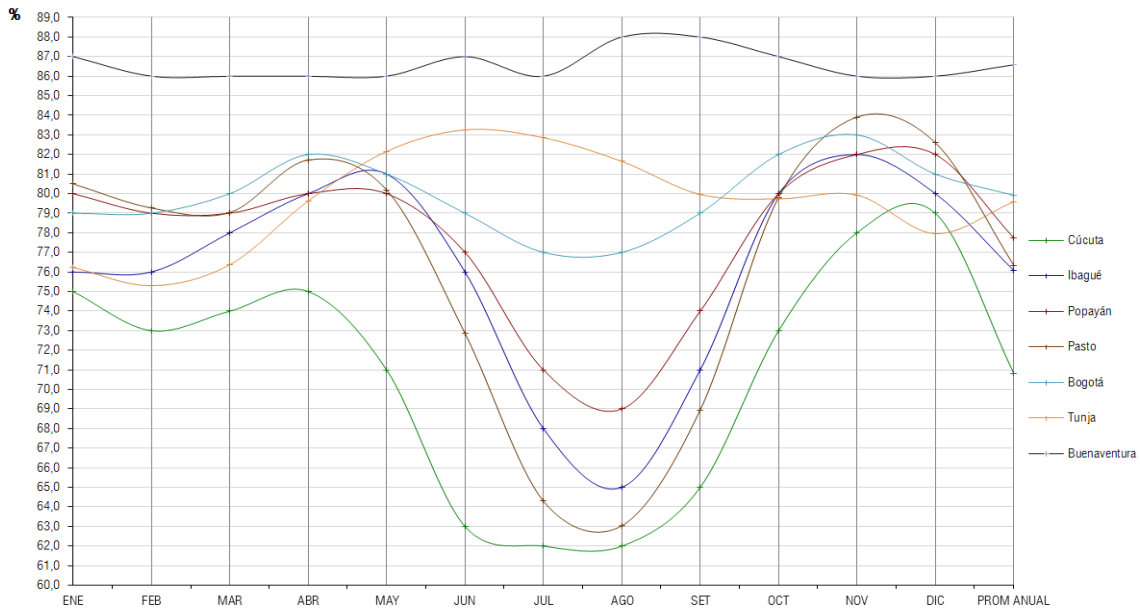


Gráfico 2. Humedades relativas promedio mensuales de 7 ciudades colombianas.

Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S. a partir del Ideam.

3.1 Uso, ocupación y aportes energéticos.

Para este estudio tenemos en cuenta las propiedades físicas y térmicas de los materiales, la incidencia solar, la generación de sombras por vegetación o por la misma arquitectura, las temperaturas de superficie y las condiciones climáticas exteriores de 7 ciudades capitales departamentales. Usamos la plataforma conjunta de concepción bioclimática y análisis del confort térmico integrada por los programas Pleiades + Comfie®, Alcyone® y MeteoCalc®, desarrollada por Izuba Energies®. Para los cálculos de caudales de renovación natural de aire del exterior, utilizamos las formulas y métodos descritos en el Ashrae Fundamentals.

La anterior plataforma tiene en cuenta las diversas ganancias calóricas causadas por los ocupantes, las luminarias, el uso destinado del espacio y los equipos electromecánicos presentes en el mismo. Para este caso tenemos en cuenta un metabolismo base sin una exigencia física por persona de ocupante de Pre-escolar de 49.0 W, Educación básica y Media de 78.0 W y adultos de 127.0 W⁴. Partimos de la base que una infraestructura de este tipo funciona entre 08^h - 16^h. En el caso del área de restaurantes, el horario será el normalmente utilizado para la toma de alimentos. Tomamos 5.0 W/m² como promedio de ganancias calóricas producidas por las luminarias⁵ y la ubicación del mobiliario propuesto por los proyectistas.

3.2 Condiciones de confort.

El confort de un espacio es determinado por algunos factores como la naturaleza de los materiales de construcción, las condiciones climáticas (meteorológicas), la función (uso) del espacio, la vegetación existente, la morfología urbana circundante, los diferentes intercambios térmicos ente el cuerpo humano y el medio ambiente, etc. (Ver Figura 1). A esta "inestabilidad" del microclima que se origina, es necesario añadir un último factor: las sensaciones percibidas por el ciudadano puesto que la adaptación psicológica parece ser muy

⁴ Para efectos del cálculo del metabolismo promedio de un adulto sano: 25 años con un peso de 70 Kg y 1,70 m de altura. Metabolismo promedio de un niño sano: 9 años, 30 kg y 1,30 m de altura. Presentamos los metabolismos correspondientes y que serán promediados para espacios ocupados por personas de diferentes edades. Ref. Margarita AGUDELO. Nutricionista dietista Universidad Nacional de Colombia. Docente Pontificia Universidad Javeriana.

⁵ De acuerdo a los estándares internacionales (Ashrae) y los procedimientos del USGBC, las edificaciones con el fin de tener una correcta eficiencia térmica y energética deben contar con luminarias artificiales que no consuman más de 11.0 W/m². Teniendo en cuenta que la edificación no tiene un funcionamiento continuo, asumimos un valor promedio de 5.0 W/m²

importante al momento de establecer condiciones de confort en espacios exteriores. Según esto, el individuo reacciona a las “dificultades” climáticas adaptándose de manera permanente y, sus condiciones física y fisiológica contribuyen a tal adaptación. Esta es la razón por la cual la noción de confort no puede estudiarse ajena a la subjetividad que lleva implícita pues personas diferentes perciben el espacio de diferentes maneras y lo que es bueno para un ciudadano no lo es para otro.⁶

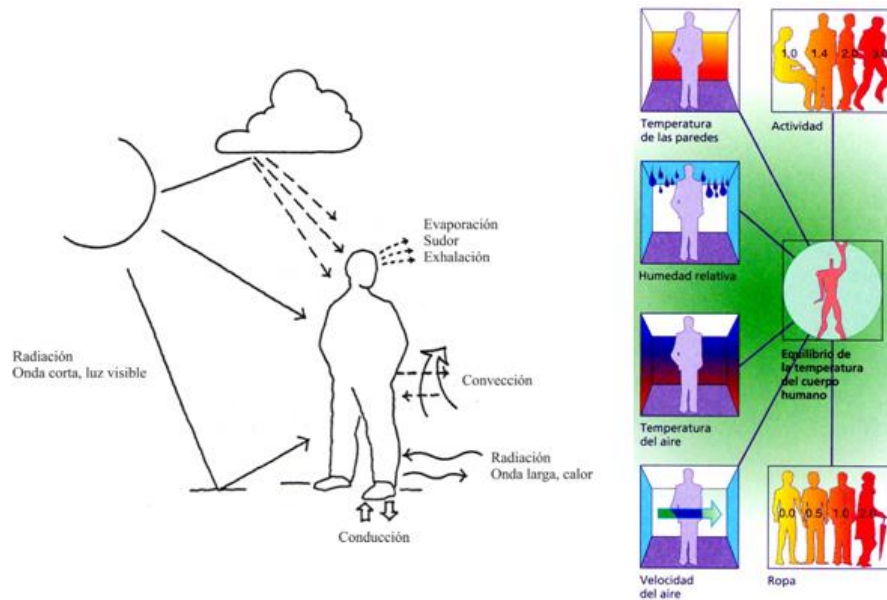


Figura 1. Los cuatro modelos de intercambio térmico del ser humano con el medio ambiente - Variables que influyen en la sensación de confort térmico.
Fuente. [1] Roselund H. [2] The European Commission. Modificación Arquitectura Más Verde S.A.S.

Bajo esta óptica, se puede definir el confort térmico como la [1] evaluación subjetiva, espontánea y en tiempo real de las condiciones climáticas (temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del aire y temperatura de radiación solar) resultado de los diferentes intercambios de energía entre el cuerpo humano y el ambiente.

3.2.1 Temperatura de confort y Zona de confort.

Dado que el objetivo de la asesoría es ofrecer las recomendaciones bioclimáticas en miras de obtener las mejores condiciones interiores posibles de manera natural (Ver *Objetivo y alcance de los trabajos*) creemos fundamental contextualizar a los proyectistas con “climas conocidos” determinar la Temperatura de confort — T_c — promedio mensual de las 7 ciudades analizadas.

Para establecer el confort térmico al interior de los espacios nos basamos en los estudios hechos por Humphreys en 1976 [Auliciem y Szokolay, 2007: 45]. Las *Memorias 7 a 20* muestran las T_c calculadas en °C según un modelo sencillo de confort a partir de las temperaturas del aire ambiente. A su vez la T_c determina una Zona de Confort — Z_c — (mínima y máxima en °C) respecto de la temperatura ambiente. Es así como presentamos a manera de ejemplo, el cálculo mensual para el mes de Enero de cada ciudad analizada y por su parte las *Tablas 5 a 11* y las *Gráficas 3 a 9* la T_c mensual de las 7 ciudades.

⁶ Nikolopoulou y Steemers [2003:97] evidencian esta subjetividad subyacente en el concepto de confort térmico en espacios públicos, lo demuestra en su estudio de cuatro lugares diferentes del centro de la ciudad de Cambridge en Inglaterra.

$$T_c = 11.9 + (0.534 \times T_{p,am})$$

(Ec. 7)

$$T_c = 25.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde, T_c Temperatura confort ($^\circ\text{C}$)
 $T_{p,am}$ Temperatura promedio mensual ambiente Enero ($^\circ\text{C}$)
 $T_{p,am}$ de $25.7 \text{ } ^\circ\text{C}$

Memoria 7. Temperatura Confort - Cúcuta, Norte de Santander.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

$$Z_c = T_c \pm 2.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(Ec. 8)

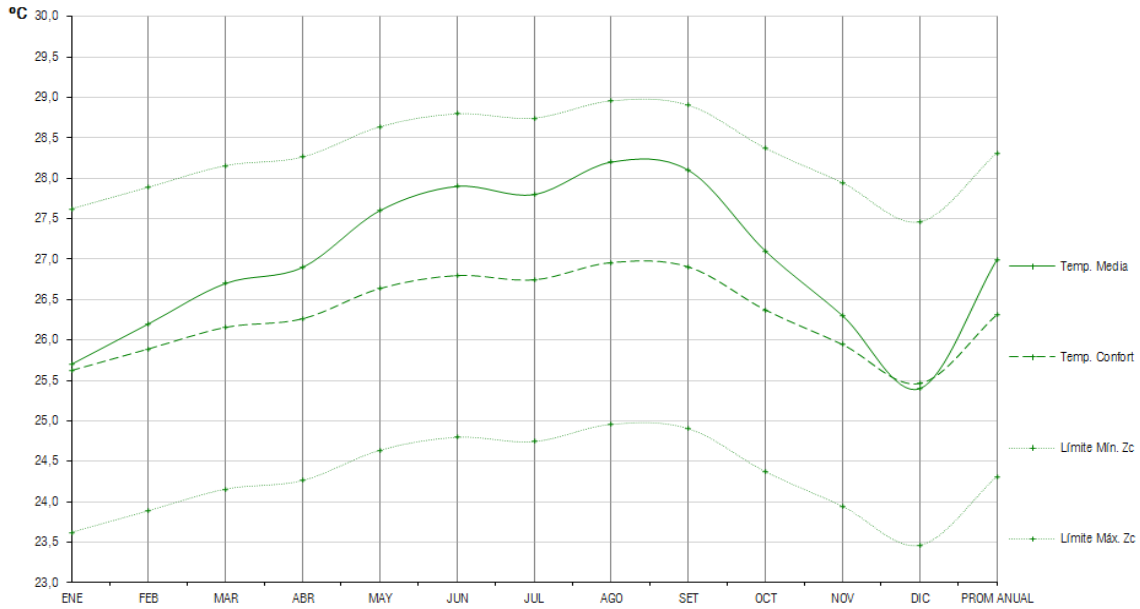
$$23.6 \text{ } ^\circ\text{C} \leq Z_c \leq 27.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde, Z_c Zona de confort ($^\circ\text{C}$)
 T_c Temperatura de confort mensual Enero ($^\circ\text{C}$)

Memoria 8. Zona de Confort - Cúcuta, Norte de Santander.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

Variable	Meses del año												Prom. mensual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Temp. Media - $^\circ\text{C}$	25.7	26.2	26.7	26.9	27.6	27.9	27.8	28.2	28.1	27.1	26.3	25.4	27.0
Temp. Confort - $^\circ\text{C}$	25.6	25.9	26.2	26.3	26.6	26.8	26.7	27.0	26.9	26.4	25.9	25.5	26.3
Límite Mín. Zc - $^\circ\text{C}$	23.6	23.9	24.2	24.3	24.6	24.8	24.7	25.0	24.9	24.4	23.9	23.5	24.3
Límite Máx. Zc - $^\circ\text{C}$	27.6	27.9	28.2	28.3	28.6	28.8	28.7	29.0	28.9	28.4	27.9	27.5	28.3

Tabla 5. Temperaturas de Confort (T_c) y Zonas de confort (Z_c) - Cúcuta, Norte de Santander.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.



Gráfica 3. Temperaturas de Confort (T_c) y Zonas de confort (Z_c) - Cúcuta, Norte de Santander.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

$$T_c = 11.9 + (0.534 \times T_{p,am})$$

(Ec. 7)

$$T_c = 24.7 \text{ }^\circ\text{C}$$

Donde, T_c Temperatura confort ($^\circ\text{C}$)
 $T_{p,am}$ Temperatura promedio mensual ambiente Enero ($^\circ\text{C}$)
 $T_{p,am}$ de $23.9 \text{ }^\circ\text{C}$

Memoria 9. Temperatura Confort - Ibagué, Tolima.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

$$Z_c = T_c \pm 2.0 \text{ }^\circ\text{C}$$

(Ec. 8)

$$22.7 \text{ }^\circ\text{C} \leq Z_c \leq 26.7 \text{ }^\circ\text{C}$$

Donde, Z_c Zona de confort ($^\circ\text{C}$)
 T_c Temperatura de confort mensual Enero ($^\circ\text{C}$)

Memoria 10. Zona de Confort - Ibagué, Tolima.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

Variable	Meses del año												Prom. mensual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Temp. Media - $^\circ\text{C}$	23.9	24.0	23.9	23.7	23.6	24.1	24.5	25.0	24.6	23.3	23.1	23.2	23.9
Temp. Confort - $^\circ\text{C}$	24.7	24.7	24.7	24.6	24.5	24.8	25.0	25.3	25.0	24.3	24.2	24.3	24.7
Límite Mín. Zc - $^\circ\text{C}$	22.7	22.7	22.7	22.6	22.5	22.8	23.0	23.3	23.0	22.3	22.2	22.3	22.7
Límite Máx. Zc - $^\circ\text{C}$	26.7	26.7	26.7	26.6	26.5	26.8	27.0	27.3	27.0	26.3	26.2	26.3	26.7

Tabla 6. Temperaturas de Confort (T_c) y Zonas de confort (Z_c) - Ibagué, Tolima.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

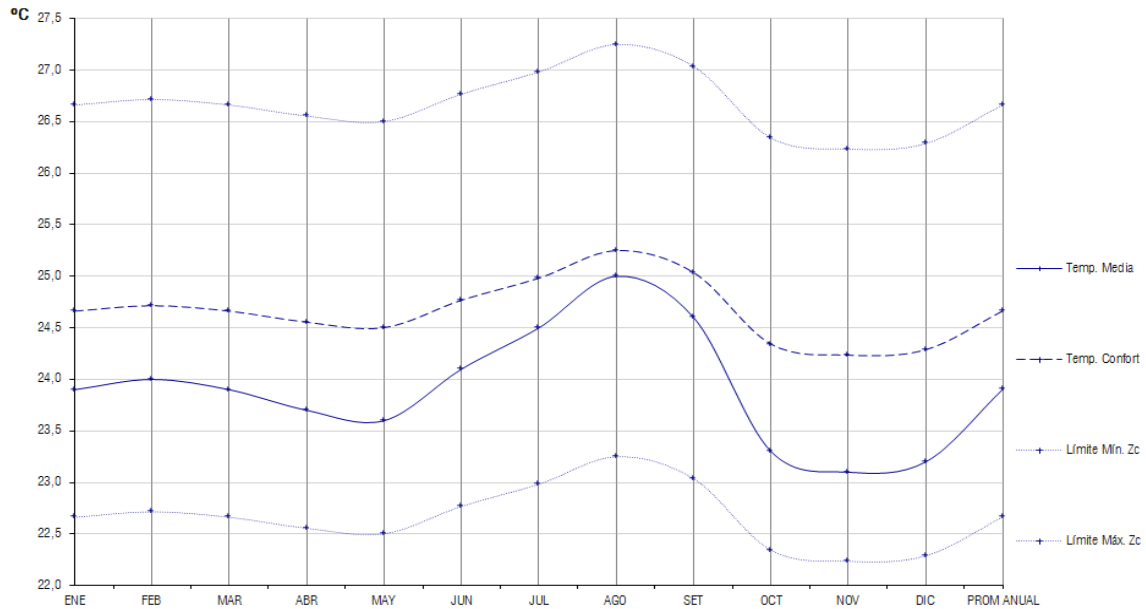


Gráfico 4. Temperaturas de Confort (T_c) y Zonas de confort (Z_c) - Ibagué, Tolima.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

$$T_c = 11.9 + (0.534 \times T_{p,am})$$

(Ec. 7)

$$T_c = 21.9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde, T_c Temperatura confort ($^\circ\text{C}$)
 $T_{p,am}$ Temperatura promedio mensual ambiente Enero ($^\circ\text{C}$)
 $T_{p,am}$ de $18.8 \text{ } ^\circ\text{C}$

Memoria 11. Temperatura Confort - Popayán, Cauca.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

$$Z_c = T_c \pm 2.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(Ec. 8)

$$19.9 \text{ } ^\circ\text{C} \leq Z_c \leq 23.9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde, Z_c Zona de confort ($^\circ\text{C}$)
 T_c Temperatura de confort mensual Enero ($^\circ\text{C}$)

Memoria 12. Zona de Confort - Popayán, Cauca.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

Variable	Meses del año												Prom. mensual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Temp. Media - $^\circ\text{C}$	18.8	19.1	19.0	19.0	18.9	19.0	19.1	19.3	19.0	18.5	18.4	18.6	18.9
Temp. Confort - $^\circ\text{C}$	21.9	22.1	22.0	22.0	22.0	22.0	22.1	22.2	22.0	21.8	21.7	21.8	22.0
Límite Mín. Zc - $^\circ\text{C}$	19.9	20.1	20.0	20.0	20.0	20.0	20.1	20.2	20.0	19.8	19.7	19.8	20.0
Límite Máx. Zc - $^\circ\text{C}$	23.9	24.1	24.0	24.0	24.0	24.0	24.1	24.2	24.0	23.8	23.7	23.8	24.0

Tabla 7. Temperaturas de Confort (T_c) y Zonas de confort (Z_c) - Popayán, Cauca.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.



Gráfico 5. Temperaturas de Confort (T_c) y Zonas de confort (Z_c) - Popayán, Cauca.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

$$T_c = 11.9 + (0.534 \times T_{p,am})$$

(Ec. 7)

$$T_c = 21.9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde, T_c Temperatura confort ($^\circ\text{C}$)
 $T_{p,am}$ Temperatura promedio mensual ambiente Enero ($^\circ\text{C}$)
 $T_{p,am}$ de $18.7 \text{ } ^\circ\text{C}$

Memoria 13. Temperatura Confort - Pasto, Nariño.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

$$Z_c = T_c \pm 2.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(Ec. 8)

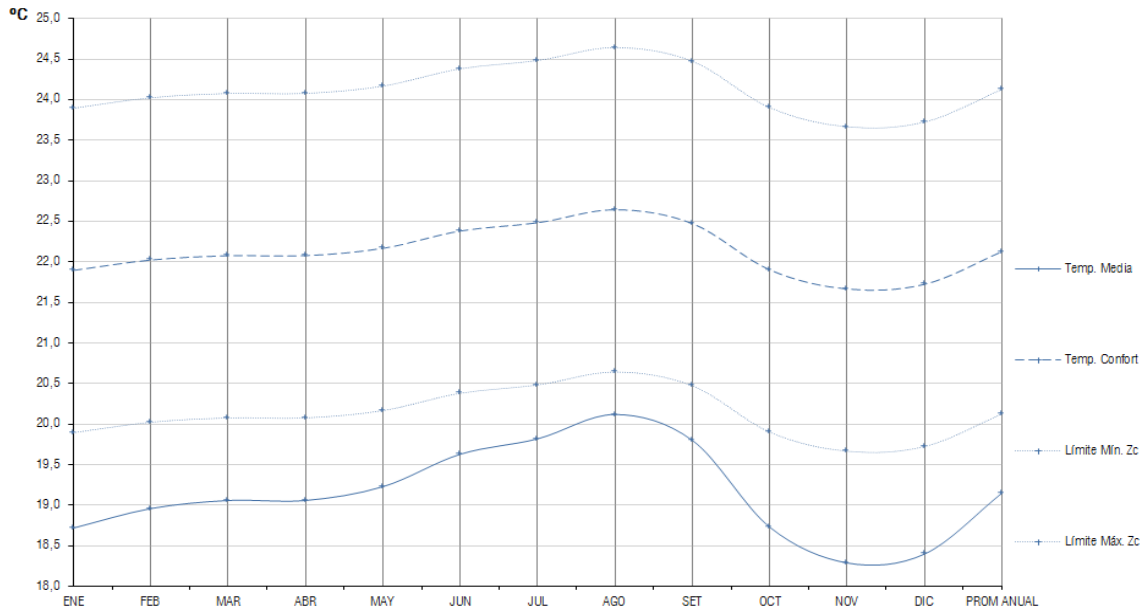
$$19.9 \text{ } ^\circ\text{C} \leq Z_c \leq 23.9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde, Z_c Zona de confort ($^\circ\text{C}$)
 T_c Temperatura de confort mensual Enero ($^\circ\text{C}$)

Memoria 14. Zona de Confort - Pasto, Nariño.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

Variable	Meses del año												Prom. mensual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Temp. Media - $^\circ\text{C}$	18.7	19.0	19.1	19.1	19.2	19.6	19.8	20.1	19.8	18.7	18.3	18.4	19.2
Temp. Confort - $^\circ\text{C}$	21.9	22.0	22.1	22.1	22.2	22.4	22.5	22.6	22.5	21.9	21.7	21.7	22.1
Límite Mín. Zc - $^\circ\text{C}$	19.9	20.0	20.1	20.1	20.2	20.4	20.5	20.6	20.5	19.9	19.7	19.7	20.1
Límite Máx. Zc - $^\circ\text{C}$	23.9	24.0	24.1	24.1	24.2	24.4	24.5	24.6	24.5	23.9	23.7	23.7	24.1

Tabla 8. Temperaturas de Confort (T_c) y Zonas de confort (Z_c) - Pasto, Nariño.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.



Gráfica 6. Temperaturas de Confort (T_c) y Zonas de confort (Z_c) - Pasto, Nariño.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

$$T_c = 11.9 + (0.534 \times T_{p,am})$$

(Ec. 7)

$$T_c = 18.9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde, T_c Temperatura confort ($^\circ\text{C}$)
 $T_{p,am}$ Temperatura promedio mensual ambiente Enero ($^\circ\text{C}$)
 $T_{p,am}$ de $13.1 \text{ } ^\circ\text{C}$

Memoria 15. Temperatura Confort - Bogotá, Cundinamarca.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

$$Z_c = T_c \pm 2.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(Ec. 8)

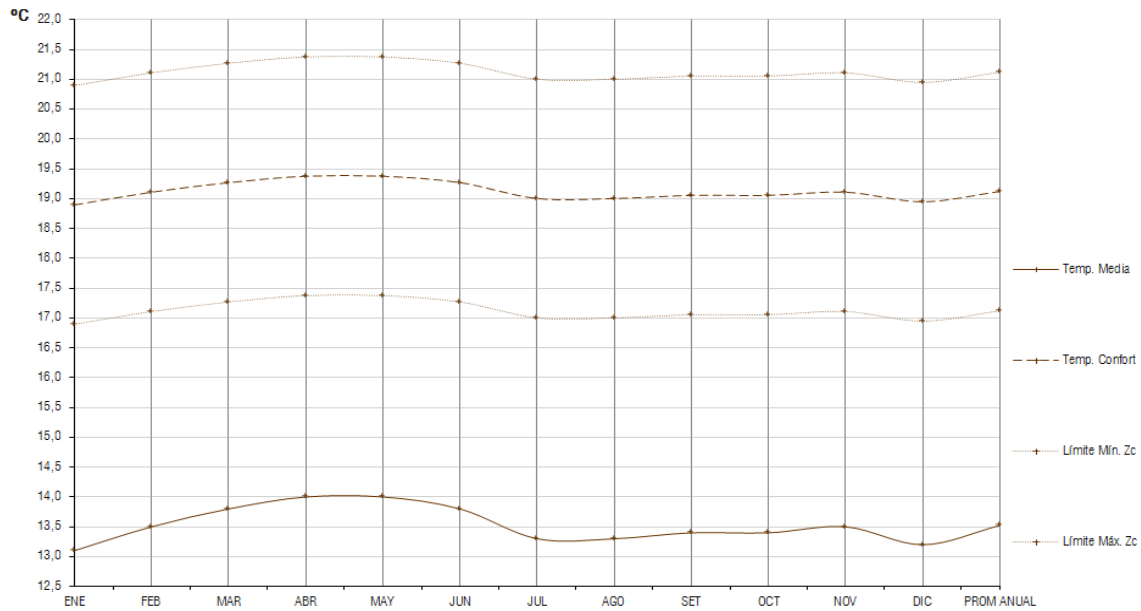
$$16.9 \text{ } ^\circ\text{C} \leq Z_c \leq 20.9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde, Z_c Zona de confort ($^\circ\text{C}$)
 T_c Temperatura de confort mensual Enero ($^\circ\text{C}$)

Memoria 16. Zona de Confort - Bogotá, Cundinamarca.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

Variable	Meses del año												Prom. mensual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Temp. Media - $^\circ\text{C}$	13.1	13.5	13.8	14.0	14.0	13.8	13.3	13.3	13.4	13.4	13.5	13.2	13.5
Temp. Confort - $^\circ\text{C}$	18.9	19.1	19.3	19.4	19.4	19.3	19.0	19.0	19.1	19.1	19.1	18.9	19.1
Límite Mín. Zc - $^\circ\text{C}$	16.9	17.1	17.3	17.4	17.4	17.3	17.0	17.0	17.1	17.1	17.1	16.9	17.1
Límite Máx. Zc - $^\circ\text{C}$	20.9	21.1	21.3	21.4	21.4	21.3	21.0	21.0	21.1	21.1	21.1	20.9	21.1

Tabla 9. Temperaturas de Confort (T_c) y Zonas de confort (Z_c) - Bogotá, Cundinamarca.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.



Gráfica 7. Temperaturas de Confort (T_c) y Zonas de confort (Z_c) - Bogotá, Cundinamarca.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

$$T_c = 11.9 + (0.534 \times T_{p,am})$$

(Ec. 7)

$$T_c = 18.8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde, T_c Temperatura confort ($^\circ\text{C}$)
 $T_{p,am}$ Temperatura promedio mensual ambiente Enero ($^\circ\text{C}$)
 $T_{p,am}$ de 13.0°C

Memoria 17. Temperatura Confort - Tunja, Boyacá.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

$$Z_c = T_c \pm 2.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(Ec. 8)

$$16.8^\circ\text{C} \leq Z_c \leq 20.8^\circ\text{C}$$

Donde, Z_c Zona de confort ($^\circ\text{C}$)
 T_c Temperatura de confort mensual Enero ($^\circ\text{C}$)

Memoria 18. Zona de Confort - Tunja, Boyacá.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

Variable	Meses del año												Prom. mensual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Temp. Media - $^\circ\text{C}$	13.0	13.3	13.6	13.7	13.2	12.5	11.9	12.1	12.5	13.0	13.2	12.9	12.9
Temp. Confort - $^\circ\text{C}$	18.8	19.0	19.2	19.2	19.0	18.6	18.3	18.4	18.6	18.8	19.0	18.8	18.8
Límite Mín. Zc - $^\circ\text{C}$	16.8	17.0	17.2	17.2	17.0	16.6	16.3	16.4	16.6	16.8	17.0	16.8	16.8
Límite Máx. Zc - $^\circ\text{C}$	20.8	21.0	21.2	21.2	21.0	20.6	20.3	20.4	20.6	20.8	21.0	20.8	20.8

Tabla 10. Temperaturas de Confort (T_c) y Zonas de confort (Z_c) - Tunja, Boyacá.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

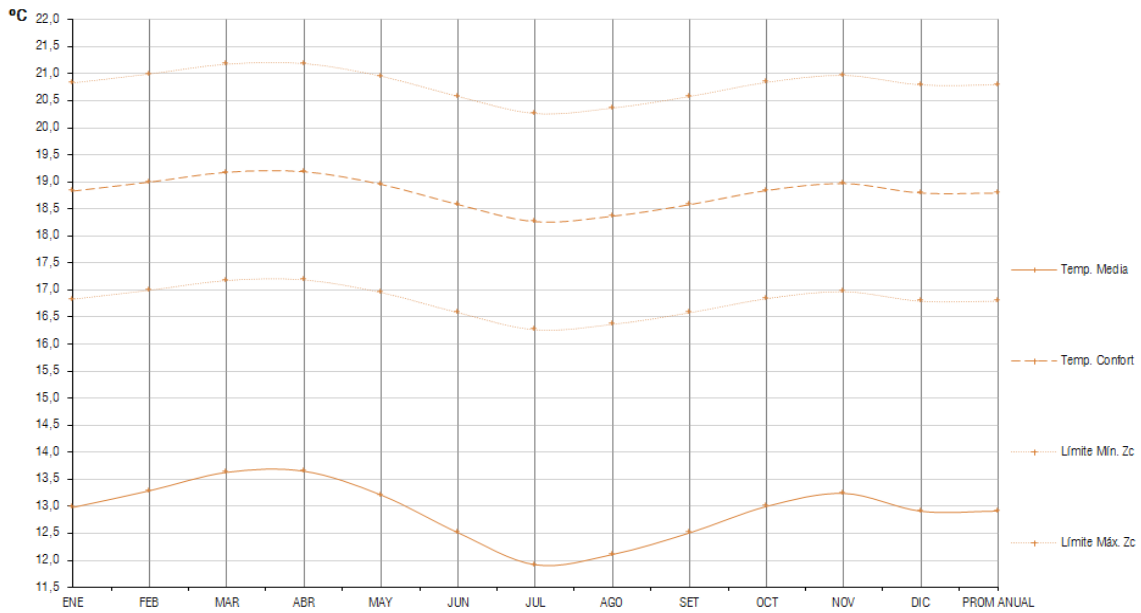


Gráfico 8. Temperaturas de Confort (T_c) y Zonas de confort (Z_c) - Tunja, Boyacá.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

$$T_c = 11.9 + (0.534 \times T_{p,am})$$

(Ec. 7)

$$T_c = 25.7 \text{ °C}$$

Donde, T_c Temperatura confort (°C)
 $T_{p,am}$ Temperatura promedio mensual ambiente Enero (°C)
 $T_{p,am}$ de 25.9.0 °C

Memoria 19. Temperatura Confort - Buenaventura, Valle del Cauca.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

$$Z_c = T_c \pm 2.0 \text{ °C}$$

(Ec. 8)

$$23.7 \text{ °C} \leq Z_c \leq 27.7 \text{ °C}$$

Donde, Z_c Zona de confort (°C)
 T_c Temperatura de confort mensual Enero (°C)

Memoria 20. Zona de Confort - Buenaventura, Valle del Cauca.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

Variable	Meses del año												Prom. mensual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Temp. Media - °C	25.9	25.9	26.1	26.2	26.0	25.8	26.0	25.7	25.6	25.6	25.7	25.6	25.8
Temp. Confort - °C	25.7	25.7	25.8	25.9	25.8	25.7	25.8	25.6	25.6	25.6	25.6	25.6	25.7
Límite Mín. Zc - °C	23.7	23.7	23.8	23.9	23.8	23.7	23.8	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	23.7
Límite Máx. Zc - °C	27.7	27.7	27.8	27.9	27.8	27.7	27.8	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.7

Tabla 11. Temperaturas de Confort (Tc) y Zonas de confort (Zc) - Buenaventura, Valle del Cauca.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

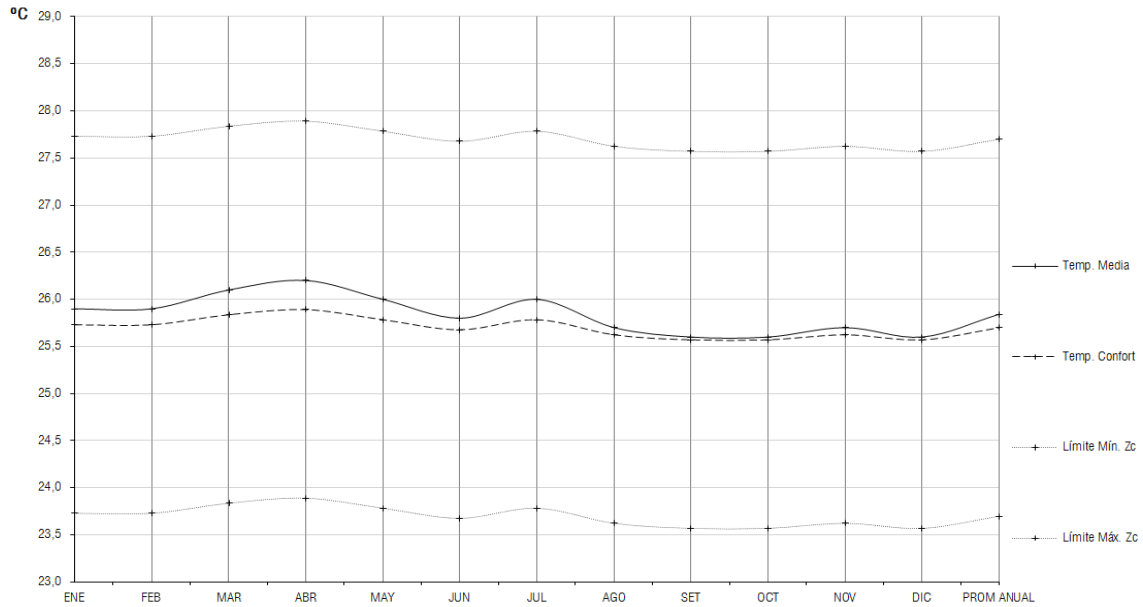


Gráfico 9. Temperaturas de Confort (Tc) y Zonas de confort (Zc) - Buenaventura, Valle del Cauca.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

3. RECOMENDACIONES BIOCLIMÁTICAS.

Habiendo realizado la contextualización bioclimática, ofrecemos a continuación las recomendaciones bioclimáticas —objeto de este documento— dividiéndolas en dos grandes grupos en general: climas cálidos ($0.0 \leq IC \leq 7.0$) y climas fríos ($11.1 \leq IC \leq 15.0$).

Acercarse u obtener el bienestar físico y psicológico (confort higro-térmico) es una meta importante desde un enfoque bioclimático. Independiente del espacio a intervenir, el confort es necesario para garantizar la salud y felicidad de los ocupantes. La arquitectura y el urbanismo bioclimático son la suma de múltiples variables y/o procesos. Por esta razón las estrategias presentadas y su correcta operación han de “actuar” en conjunto y de manera integral para lograr el objetivo propuesto. **Esto significa que es importante implementar todas las estrategias recomendadas en este informe con el fin de obtener un proyecto funcional y, que responda —lo mejor posible— a las exigencias de uso y a las condiciones climáticas del lugar** (Ver Condiciones meteorológicas exteriores).

3.1 Calidad del aire.

Independiente de la zona climática —cálida y/o fría— en la que se pretenda localizar el proyecto, la renovación constante de aire tiene como objetivo garantizar la calidad del aire que los ocupantes respiran por medio de la inyección de oxígeno y la extracción —dilución— de partículas suspendidas contaminantes. Es así como la inyección —mínima— de aire por persona ha de remplazar el aire que poco a poco se agota en un espacio ocupado por los procesos naturales de la inspiración y exhalación. Evidentemente ha de tenerse en cuenta que el aire inyectado contenga una carga contaminante menor a la que se pretende remover de manera natural. Caso contrario, el aire deberá ser filtrado y posteriormente inyectado para lo cual han de implementarse sistemas de ventilación mecánica controlada —VMC—.

De otra parte, ha de cuidarse y desde un punto de vista higrotérmico en climas cálidos, el aire exterior deberá estar a una temperatura menor que aquella interior con el fin de evitar que los procesos de remoción del calor interior sobre calientes los espacios. Para el caso de climas fríos, la mínima inyección de aire ha de bastar para evitar el decrecimiento de la temperatura interior.



Gráfica 10. Factores que determinan la calidad del aire interior.
Fuente. <https://ovacen.com>

Teniendo en cuenta que las estrategias bioclimáticas “trabajan” en función de la pérdida y/o ganancia de energía calorífica entre el interior y el exterior así como la ocupación y función del espacio, algunas de estas han de servir para climas cálidos y fríos:

	Estrategias Bioclimáticas							
	Orientación respecto del Sol	Orientación respecto del Viento	Ventilación Natural	Captación de energía del sol	Características térmicas de las superficies	Control solar	Control del viento	Manejo de vegetación
Climas Cálidos	X	X	. Enfriamiento . Calidad aire		. Aislamiento	X		. Deflexión . Canalización
Climas Fríos			. Calidad aire	. Directa . Indirecta	. Inercia		X	. Obstrucción . Filtración

Tabla 12. Estrategias bioclimáticas a implementar.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

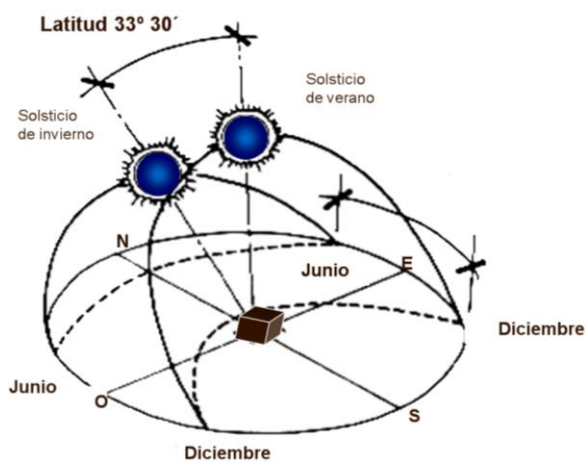
3.2 La implantación arquitectónica.

La primera aproximación que se haga al proyecto —desde un punto de vista bioclimático— en relación con el predio y el clima en donde se ha de localizar ha de considerar y sin excepción, la implantación toda vez que la forma, dimensiones y variaciones altimétricas del predio a intervenir determinan la mejor ubicación posible de los volúmenes del proyecto. Ante lo anterior, las recomendaciones generales son las siguientes o como se pudiese entender subsidiariamente, el proceso:

1. Se deberán identificar los vientos presentes en el lugar así como su precedencia y frecuencia para así determinar las fachadas que estarán a sobrepresión y depresión del viento.
2. Se recomienda ubicar los espacios productores de olores y/o ruidos en la dirección del viento pero sin que estos afecten el confort de los ocupantes.
3. En predios en climas cálidos y con variaciones altimétricas importantes, es importante ubicar los volúmenes del proyecto en la cota alta con el fin de garantizar la correcta distribución del viento alrededor de estos y así facilitar la inyección de aire. Para el caso de climas fríos y diferencias de alturas entre sus linderos, se busca igualmente que los vientos recorran el proyecto pero que estos no ingresen a altas velocidades a los espacios. Por lo tanto, la ubicación recomendada es las partes bajas y/o medias del proyecto y así reducir el impacto negativo que pudiese tener el viento.
4. Las masas arbóreas son importantes en climas cálidos con el fin de aumentar las sombras alrededor del proyecto facilitando el enfriamiento del viento. En el caso de climas fríos, la vegetación tiene un efecto de disminución de la velocidad del viento.

3.3 Orientación respecto del sol.

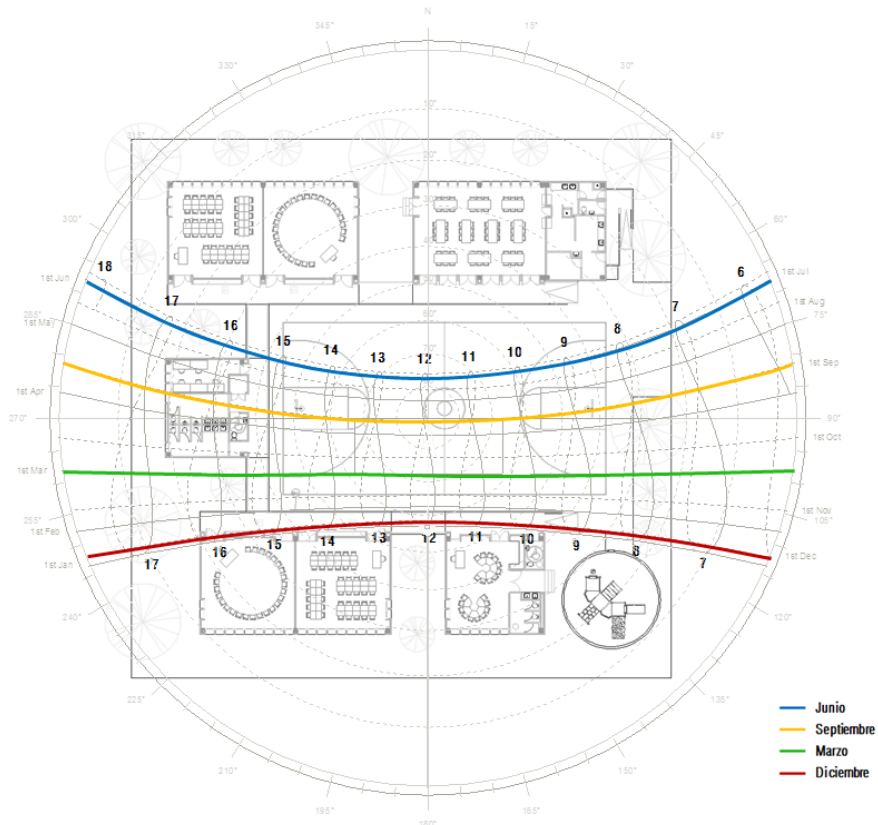
Una de las principales maneras de —dependiendo del clima— conservar el calor o de evitar ganancias caloríficas en la arquitectura ha de entender el movimiento del sol a lo largo del año en la bóveda celeste. El sol es la fuente más poderosa de energía calorífica y por tanto la arquitectura y sus materiales han de servir como elementos reflejantes o captadores de esta energía según el proyecto y su localización.



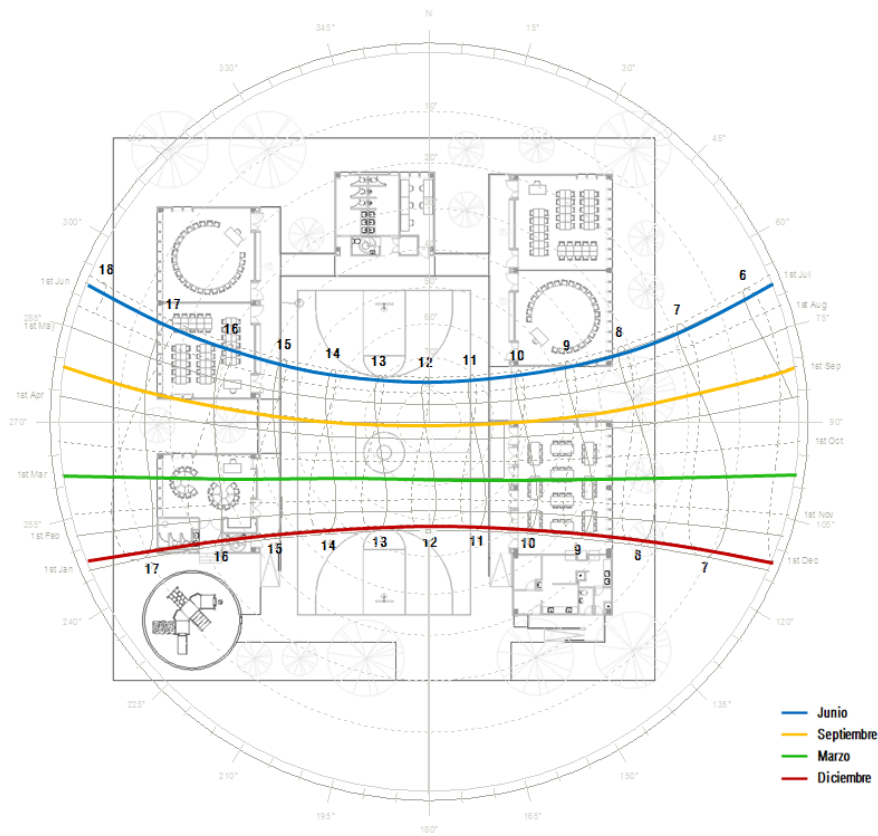
Gráfica 11. Movimiento del sol a lo largo del día.

Fuente. <http://arquasach1-lab2013.blogspot.com/2013/05/trayectoria-solar-y-aseamiento.html>

Para el caso de un predio en clima cálido los volúmenes habrán de contar con fachadas largas orientadas hacia el Norte y Sur (Ver Gráfica 12) con el fin de evitar calentamientos de sus superficies verticales y posterior transmisión hacia el interior. Por el contrario, los proyectos implantados en zonas frías tendrán fachadas largas siguiendo el eje Norte-Sur (Ver Gráfica 13) pues se busca que la radiación solar de las mañanas y —sobre todo— tardes impacte el proyecto y sea transmitida paulatinamente al interior de los espacios.



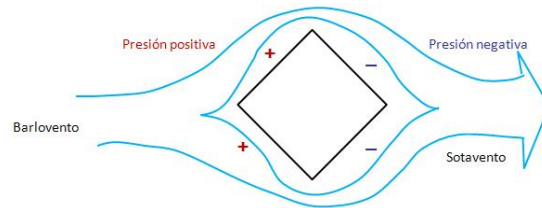
Gráfica 12. Orientación recomendada respecto del sol para climas cálidos.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S. a partir de proyectistas.



Gráfica 13. Orientación recomendada respecto del sol para climas fríos.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S. a partir de proyectistas.

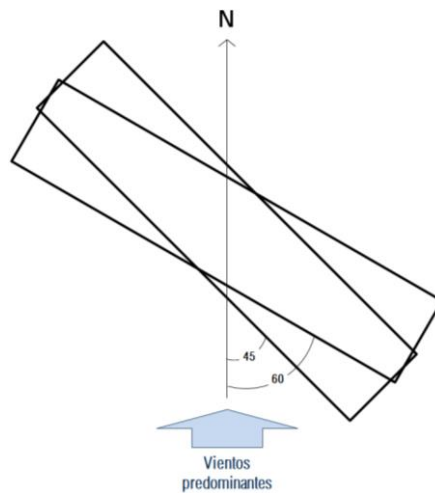
3.3 Orientación respecto del viento.

El viento es aire en movimiento compensatorio que se genera por las diferencias de presión y de temperatura atmosféricas, causada por un calentamiento no uniforme de la superficie terrestre. Este es caracterizado por presentar a lo largo del día una velocidad, una frecuencia y una dirección dominante donde dependiendo de lugar analizado es posible conocer la Rosa de vientos pero teniendo en cuenta que no se conoce el lugar exacto del proyecto, es imposible conocerla y/o realizarla.

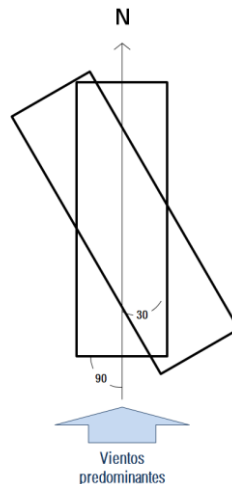


Gráfica 14. Creación de presiones por movimiento del aire - Planta.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

No obstante es imprescindible que los vientos presentes en el lugar sean capaces de atravesar el proyecto aumentando o disminuyendo su velocidad —dependiendo del clima— y/o cambiando su dirección. Las mejores orientaciones entonces han de depender de la dirección de donde provenga el viento deseando que el ángulo de incidencia — α_v — del viento con la fachada de ataque en climas cálidos oscile entre 45.0 °C y 60.0 °C (Ver Gráfica 15) generando una mejor distribución del aire al interior del espacio por las pequeñas turbulencias que se generan sobre el perfil de fachada. Para el caso de climas fríos, el ángulo de incidencia — α_v — deseado no deberá pasar de 30°C (Ver Gráfica 16) con el fin de evitar enfrentar el viento frío a la fachada y así aumentar la pérdida de energía por las ventanas debido a la velocidad de fricción sobre estas.



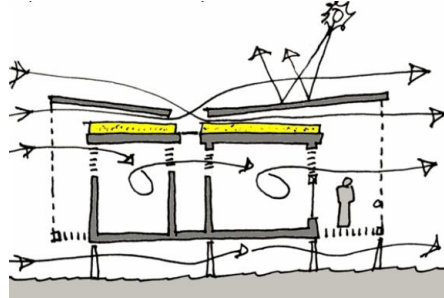
Gráfica 15. Orientación recomendada respecto del sol para climas cálidos.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.



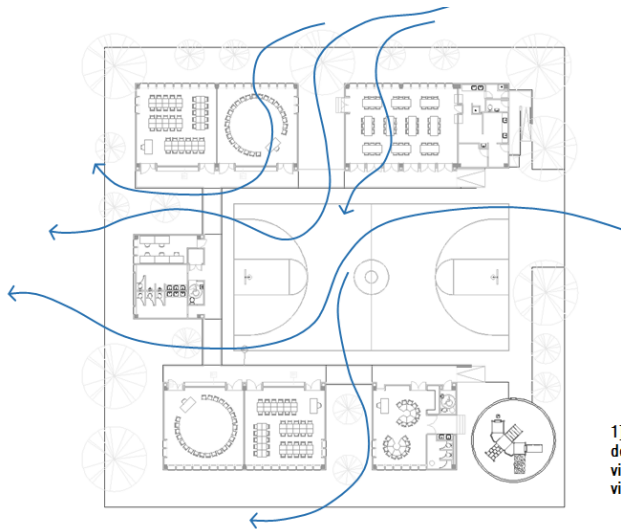
Gráfica 16. Orientación recomendada respecto del viento para climas fríos.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S.

3.4 Ventilación natural.

Dentro de cualquier espacio interior o exterior, es necesario generar el movimiento del aire pues este permite obtener [1] unas mejores condiciones sanitarias eliminando por ejemplo a su paso olores incómodos, gases contaminantes, el CO₂ humano y, [2] unas mejores condiciones térmicas mediante el fenómeno de la convección forzada. Una permanente y eficiente ventilación de los espacios es suficiente para obtener una mejor calidad del aire interior y una posible disminución de la temperatura interior del aire y, en periodos "fríos" disminuyendo la humedad relativa contenida en el aire exterior. Durante las noches es conveniente restringir la ventilación con el fin de evitar pérdidas caloríficas.

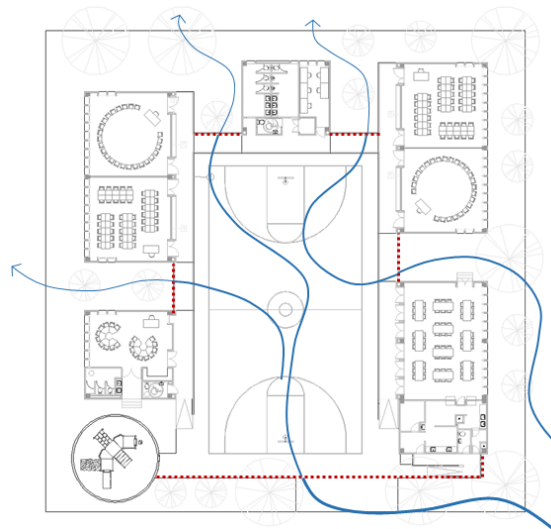


Gráfica 17. Movimiento de aire al interior de un espacio.
Fuente. Universidad de las Palmas de Gran Canaria.



1) En Climas Cálidos, el proyecto debe ser totalmente permeable al viento con el fin de movilizar el aire viciado/caliente.

Gráfica 18. Movimiento de aire entre edificaciones - Clima cálido.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S. a partir de proyectistas.



1) En Climas fríos, ha de evitarse que el viento se "canalice" entre edificaciones mediante cerramientos permeables en un 30%.

Gráfica 19. Movimiento de aire entre edificaciones - Clima frío.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S. a partir de proyectistas.

3.4.1 Cálculo de Áreas de inyección — A_i —.

De acuerdo a los procedimientos y normas internacionales de ventilación del *Ashrae*, adoptamos los valores mínimos recomendados de renovación de aire por persona y por espacio ocupado. Por ejemplo, para un Aula tomamos un mínimo de renovación de aire equivalente a 10.0 Cfm por persona y adicionalmente 0.12 Cfm/ft². Siguiendo esta misma metodología, se presentará el consolidado (Ver *Tablas 12 a 14*). Basándonos en el método científico expuesto por Fuentes y García [2005], las *Memorias 21 a 23* muestran el cálculo del área de **apertura mínima** — A_i — necesaria para lograr una correcta renovación de aire con escenarios de 0.10 m/seg, 0.25 m/seg y 0.5 m/seg, teniendo en cuenta que no se conoce la velocidad de viento. Asumimos de igual manera un α_v promedio de 45.0°.

$Q = A \times V \times \alpha_{sen} \times \omega$		(Eq. 9)
$A = 6.94 \text{ m}^2$	Donde, Q Caudal (m ³ /h) A Área de apertura (m ²) sobre fachada . V Velocidad viento a una altura determinada (m/seg) α_{sen} Seno del ángulo de incidencia del viento ω Coeficiente de pérdida de eficiencia (%) Q de 12.68 m ³ /h x 60 pers + 290.97 m ³ /h (1051.47 m ³ /h) V 0.1 m/seg (V de entrada) α 45° ω 0.35	

Memoria 21. Cálculo de Área de inyección V = 0.10 m/seg. - Comedor.
Fuente. Arquitectura *Más Verde* S.A.S A partir de Pleiades+Comfie.

$Q = A \times V \times \alpha_{sen} \times \omega$		(Eq. 9)
$A = 2.77 \text{ m}^2$	Donde, Q Caudal (m ³ /h) A Área de apertura (m ²) sobre fachada . V Velocidad viento a una altura determinada (m/seg) α_{sen} Seno del ángulo de incidencia del viento ω Coeficiente de pérdida de eficiencia (%) Q de 12.68 m ³ /h x 60 pers + 290.97 m ³ /h (1051.47 m ³ /h) V 0.25 m/seg (V de entrada) α 45° ω 0.35	

Memoria 22. Cálculo de Área de inyección V = 0.25 m/seg. - Comedor.
Fuente. Arquitectura *Más Verde* S.A.S A partir de Pleiades+Comfie.

$Q = A \times V \times \alpha_{sen} \times \omega$		(Eq. 9)
$A = 1.39 \text{ m}^2$	Donde, Q Caudal (m ³ /h) A Área de apertura (m ²) sobre fachada . V Velocidad viento a una altura determinada (m/seg) α_{sen} Seno del ángulo de incidencia del viento ω Coeficiente de pérdida de eficiencia (%) Q de 12.68 m ³ /h x 60 pers + 290.97 m ³ /h (1051.47 m ³ /h) V 0.50 m/seg (V de entrada) α 45° ω 0.35	

Memoria 23. Cálculo de Área de inyección V = 0.50 m/seg. - Comedor.
Fuente. Arquitectura *Más Verde* S.A.S A partir de Pleiades+Comfie.

3.4.2 Cálculo de Áreas de extracción — A_e —.

Basándonos en el método científico expuesto por Fuentes y García [2005], la relación entre el área de inyección y el área de extracción es un factor determinante en la cantidad de aire y su velocidad al interior de los espacios lo que repercute positivamente en la sensación de confort. Sin embargo para lograr dicho incremento es aconsejable que el área de extracción sea lo más grande posible en comparación con la de la inyección y en la parte superior del muro mientras que el área de inyección en la parte inferior del muro enfrentado al viento predominante. Sobin [*in* Fuentes y García, 2005: 60], al respecto establece que la relación óptima entre área de extracción y de inyección en VNC es de 1.25 (Ver *Memoria 24 a 26*).

$A_e / A_i = r$		(Eq. 10)
$A_e = 8.67 \text{ m}^2$	Donde, A_e Área de extracción (m ²) sobre fachada . A_i Área de inyección (m ²) r Relación entre apertura de entrada y salida A_i 6.94 m ² r 1.25	

Memoria 24. Cálculo de Área de extracción V = 0.10 m/seg. - Comedor.
Fuente. Arquitectura *Más Verde* S.A.S a partir de Pleiades+Comfie.

$A_e / A_i = r$	Donde,	A_e Área de extracción (m ²) <i>sobre fachada.</i> A_i Área de inyección (m ²) r Relación entre apertura de entrada y salida A_i 2.77 m ² r 1.25	(Eq. 10)
$A_e = 3.46 \text{ m}^2$			

Memoria 25. Cálculo de Área de extracción $V = 0.25 \text{ m/seg.}$ - Comedor.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S a partir de Pleiades+Comfie.

$A_e / A_i = r$	Donde,	A_e Área de extracción (m ²) <i>sobre fachada.</i> A_i Área de inyección (m ²) r Relación entre apertura de entrada y salida A_i 1.39 m ² r 1.25	(Eq. 10)
$A_e = 1.74 \text{ m}^2$			

Memoria 26. Cálculo de Área de extracción $V = 0.50 \text{ m/seg.}$ - Comedor.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S a partir de Pleiades+Comfie.

Las *Tablas 13 a 15* presentan el compendio de Áreas de inyección — A_i — y de extracción — A_e — por VNC (incluyen área del marco y/o rejillas) teniendo como datos de entrada asumidos y promedios de velocidad de viento de 0.10 m/seg, 0.25 m/seg y 0.5 m/seg. con α_v promedio de 45.0 °C.

Espacio	Ocupación [Pers.]	Q / pers. [m ³ /h]	Q / área [m ³ /h]	Q Total [m ³ /h]	Área de inyección [m ²]	Área de extracción [m ²]
Comedor	60	12.68	290.97	1051.47	6.94	8.67
Preescolar	21	16.90	93.29	448.19	3.78	4.73
Básica / media	41	16.90	141.08	833.98	5.81	7.26
Profesores	5	8.45	18.79	61.04	1.76	2.19

Tabla 13. Áreas mínimas de inyección y extracción $V = 0.10 \text{ m/seg.}$
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S a partir de Pleiades+Comfie.

Espacio	Ocupación [Pers.]	Q / pers. [m ³ /h]	Q / área [m ³ /h]	Q Total [m ³ /h]	Área de inyección [m ²]	Área de extracción [m ²]
Comedor	2	12.68	290.97	1051.47	2.77	3.46
Preescolar	2	16.90	93.29	448.19	1.49	1.86
Básica / media	2	16.90	141.08	833.98	2.32	2.90
Profesores	21	8.45	18.79	61.04	0.68	0.84

Tabla 14. Áreas mínimas de inyección y extracción $V = 0.25 \text{ m/seg.}$
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S a partir de Pleiades+Comfie.

Espacio	Ocupación [Pers.]	Q / pers. [m ³ /h]	Q / área [m ³ /h]	Q Total [m ³ /h]	Área de inyección [m ²]	Área de extracción [m ²]
Comedor	2	12.68	290.97	1051.47	1.39	1.74
Preescolar	2	16.90	93.29	448.19	0.76	0.95
Básica / media	2	16.90	141.08	833.98	1.16	1.45
Profesores	21	8.45	18.79	61.04	0.34	0.42

Tabla 15. Áreas mínimas de inyección y extracción $V = 0.50 \text{ m/seg.}$
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S a partir de Pleiades+Comfie.

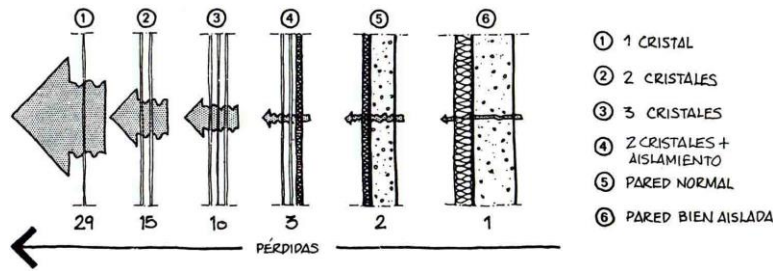
3.5 Características térmicas de las superficies.

La superficie no se calienta o enfría uniformemente. La naturaleza misma de un determinado material explica este comportamiento frente a la radiación solar: este la absorbe, la refleja o la emite al medio. Así pues, cada material puede escogerse con precisión en función de estos tres tipos de comportamientos. Según el clima del entorno, los materiales serán o no apropiados para el uso destinado y la ocupación del espacio a intervenir.

En la medida que un material recibe cierta cantidad de radiación solar, tiene la capacidad de almacenarla. Entonces se da lugar a [1] un aumento no uniforme de su temperatura y que depende de la densidad y espesor del material y, [2] una acumulación de calor en la masa del material (*Ver Capacidad calorífica*).

3.5.1 Aislamiento térmico.

La capacidad de una pared *e.g.*, de aislar se le llama resistencia térmica. Está definida por un Coeficiente de resistencia térmica (R) y es exprimido como la capacidad del material de evitar el paso el flujo de calor por 1.0 m² de pared cuando la diferencia de temperatura entre los dos ambientes que dicha pared separa es de 1.0 °C (m² °C W⁻¹). La resistencia térmica total (R_t) es la suma de las resistencias térmicas superficiales y la resistencia térmica del elemento constructivo. Las propiedades aislantes de un material están determinadas por el valor de su resistencia total.

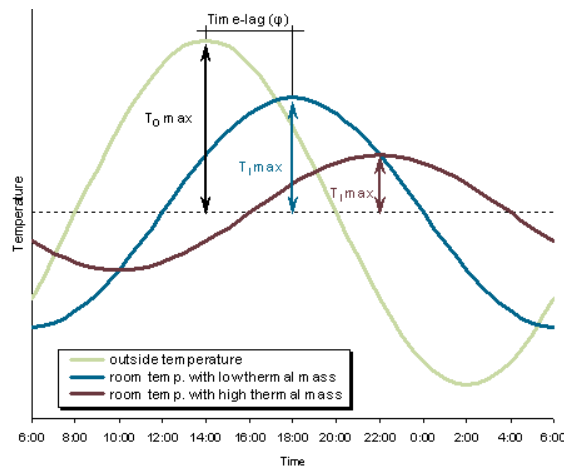


Gráfica 20. Diferentes tipos de paredes.
Fuente. Bardou P., Sol y arquitectura. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, 1984.

De otra parte, el Coeficiente de transmisión superficial (U) dimensiona la facilidad que tiene el flujo de calor de atravesar una pared *e.g.* Es la cantidad de calor que atraviesa 1.0 m² de pared por una diferencia de temperatura de 1.0 °C entre los dos ambientes que dicha pared separa (W m² °C⁻¹). A medida que aumenta el valor del Coeficiente U de una superficie, aumenta la capacidad de transmitir el calor a través de ésta.

3.5.2 Inercia térmica.

Los materiales de construcción tienen la capacidad de absorber energía calórica proveniente del sol y del ambiente. A su vez, y después de cierto tiempo, estos empiezan a restituir el calor ganado al ambiente buscando retornar a su equilibrio térmico a lo que se le conoce como desfase térmico. Este fenómeno es llamado “Inercia Térmica” y el tiempo de desfase ha de ocurrir en función del espesor así como de la composición de la pared (*Ver Conductividad térmica*).



Gráfica 21. Influencia de la masa térmica en los flujos de calor periódicos.
Fuente. <http://www.learn.londonmet.ac.uk>

Esta propiedad de los materiales se emplea con el fin de conservar la temperatura interior de los espacios ocupados permanentemente más estable a lo largo del día, mediante muros de gran masa térmica: durante el día se calientan, y por la noche, más fría, van cediendo el calor al espacio. Así pues, esta capacidad depende de la masa, del calor específico y del coeficiente de conductividad térmica.

Dependiendo del clima en los cuales se implanten los proyectos, se han de determinar cuál es la mejor estrategia a implementar. Es así que para climas fríos la mejor opción es emplear muros pesados, de colores oscuros, de varios compuestos y de espesores que superen los 0.5 mts con el fin de ralentizar la ganancia de calor. Para climas cálidos este tipo de muros no es aconsejable pues el viento nocturno por la temperatura ambiente, no presenta bajas temperaturas que garanticen la total remoción del calor que el muro estará restituyendo al ambiente en las noches. Desde esta perspectiva, el emplear elementos aislantes térmicos facilita el evitar ganancias térmicas por muros que podrán ser más delgados con acabados claros.

Por lo anterior, en climas cálidos se han de emplear superficies aisladas como las cubiertas y los muros orientados al Este y Oeste por ser superficies que reciben el impacto de la radiación solar constantemente a lo largo del año —mañana y tarde— sin importar la época, respectivamente. Estas superficies deberán contar con un tratamiento de muro doble con una cámara de aire de 5.0 cms y 2” de aislante térmico. Sin embargo y en miras de ofrecer otras opciones de aislamientos de fachadas Este y Oeste, proponemos las siguientes composiciones y recomendamos aquellas de mayor Resistencia térmica —R— y un menor Coeficiente de transmisión superficial —U—.

	Elemento / Material	Espesor [m]	R [m ² °C (W) ⁻¹]	U [W (m ² °C) ⁻¹]
Interior	Lámina de fibrocemento	0.017	1.58	0.63
	Lámina de poliestireno extruido	2.0''		
	Cámara de aire no ventilada	0.05		
Exterior	Lámina de fibrocemento	0.017		

	Elemento / Material	Espesor [m]	R [m ² °C (W) ⁻¹]	U [W (m ² °C) ⁻¹]
Interior	Mampostería estructural	0.12	1.88	0.53
	Lámina de poliestireno extruido	2.0''		
	Cámara de aire no ventilada	0.05		
Exterior	Mampostería estructural	0.12		

	Elemento / Material	Espesor [m]	R [m ² °C (W) ⁻¹]	U [W (m ² °C) ⁻¹]
Interior	Lámina de fibrocemento	0.017	2.56	0.39
	Lámina de poliestireno extruido	2.0''		
	Cámara de aire no ventilada	0.05		
Exterior	Mampostería estructural	0.12		

Tabla 16. Propuesta de composición de muros exteriores climas cálidos.

Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S a partir de Pleiades + Comfie.

	Elemento / Material	Espesor [m]	R [m ² °C (W) ⁻¹]	U [W (m ² °C) ⁻¹]
Interior	Cielo raso en drywall	0.01	1.66	0.60
	Cámara de aire no ventilada	0.70		
	Lámina de poliestireno extruido	2.0''		
	Placa de concreto aligerada	0.15		
	Manto asfáltico autoprotectido	0.004		
	Dados de apoyo de prefabricados	0.06		
Exterior	Prefabricados en concreto pulido gris claro (ojalá blanco)	0.04		

	Elemento / Material	Espesor [m]	R [m ² °C (W) ⁻¹]	U [W (m ² °C) ⁻¹]
Interior	Cielo raso en drywall	0.01	1.75	0.57
	Cámara de aire no ventilada	Según diseño		
Exterior	Teja tipo sándwich en poliuretano	2.0''		

Tabla 17. Propuestas de composiciones de cubiertas climas cálidos.

Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S a partir de Pleiades + Comfie.

En el caso de climas fríos, las superficies además de ser captoras de la energía del sol, deberán tener una gran masa con lo cual buscamos que esta se transmita lentamente al interior. Evidentemente esto es posible siempre y cuando la ventilación en las tardes y noches sea mínima y sirva solo para garantizar la calidad del aire. Si por alguna razón la ventilación es constante en las noches, el efecto logrado será totalmente negativo pues el espacio por el contrario tenderá a nunca calentarse. Así pues, los muros orientados al Este y Oeste por la radiación solar constantemente a lo largo del año —mañana y tarde— sin importar la época han de ser dobles en mamposterías. Las cubiertas lo deseables es en concreto con cielos rasos descolgados. Sin embargo y en miras de ofrecer otras opciones de aislamientos de fachadas Este y Oeste, proponemos las siguientes composiciones y recomendamos aquellas de menor Resistencia térmica —R— y un mayor Coeficiente de transmisión superficial —U—.

	Elemento / Material	Espesor [m]	R [m ² °C (W) ⁻¹]	U [W (m ² °C) ⁻¹]
Interior	Mampostería estructural	0.12	0.67	1.48
	Cámara de aire no ventilada	0.10		
Exterior	Mampostería estructural	0.12		

	Elemento / Material	Espesor [m]	R [m ² °C (W) ⁻¹]	U [W (m ² °C) ⁻¹]
Interior	Mampostería estructural	0.12	0.48	2.05
	Arena seca entre dóvelas	0.10		
Exterior	Mampostería estructural	0.12		

	Elemento / Material	Espesor [m]	R [m ² °C (W) ⁻¹]	U [W (m ² °C) ⁻¹]
Interior	Ladrillo tolete (tizón)	0.24	0.40	2.45
Exterior	Ladrillo tolete (tizón)	0.24		

	Elemento / Material	Espesor [m]	R [m ² °C (W) ⁻¹]	U [W (m ² °C) ⁻¹]
Interior	Ladrillo tolete (tizón)	0.12	0.50	1.97
	Cámara de aire no ventilada	0.10		
Exterior	Ladrillo tolete (tizón)	0.12		

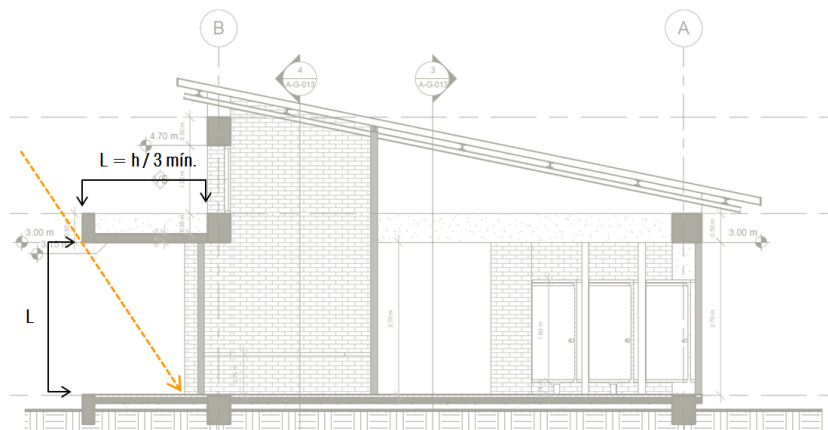
Tabla 18. Propuesta de composición de muros exteriores climas fríos.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S a partir de Pleiades+ Comfie.

	Elemento / Material	Espesor [m]	R [m ² °C (W) ⁻¹]	U [W (m ² °C) ⁻¹]
Interior	Cielo raso en drywall	0.01	0.82	1.21
	Cámara de aire no ventilada	0.30		
	Placa de concreto aligerada	0.15		
Exterior	Manto asfáltico autoprotegido	0.004		

Tabla 19. Propuestas de composiciones de cubiertas climas fríos.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S a partir de Pleiades+ Comfie.

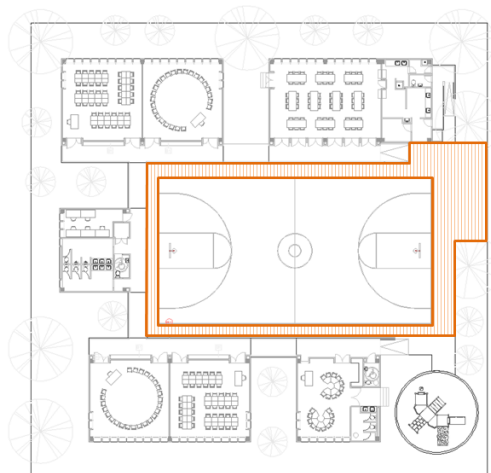
3.6 Control solar de las fachadas.

La acción directa de los rayos solares sobre la fachada repercute sobre las condiciones térmicas interiores de los espacios. Por tanto el uso de dispositivos de control solar como solución al problema arquitectónico que surge del exceso de radiación en los proyectos, es un recurso fácilmente aplicable que tiene un alto impacto en las condiciones de confort al interior del proyecto.



Gráfica 22. Protección solar de edificaciones.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S. a partir de proyectistas.

De otra parte, estos dispositivos de control solar están altamente relacionados con la disminución de los consumos energéticos y por ende con la eficiencia energética del proyecto. Por ejemplo, el vidrio tiene la capacidad de absorber y emitir rápidamente la energía calórica al interior de los espacios. Según lo anterior y ante la imposibilidad de determinar con exactitud los Ángulos de Incidencia del sol — α_s — para los días de mayor impacto sobre el proyecto (Ver *Trayectoria solar*) por no conocer el sitio de implantación, recomendamos que los dispositivos tengan una longitud (extensión) ancho de mínimo 1/3 de la altura de piso fino a piso fino del proyecto.



1] En Climas Cálidos, la se recomienda la implementación de pérgolas en zonas comunes, circulaciones y accesos.

Gráfica 23. Protección solar de edificaciones.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S. a partir de proyectistas.

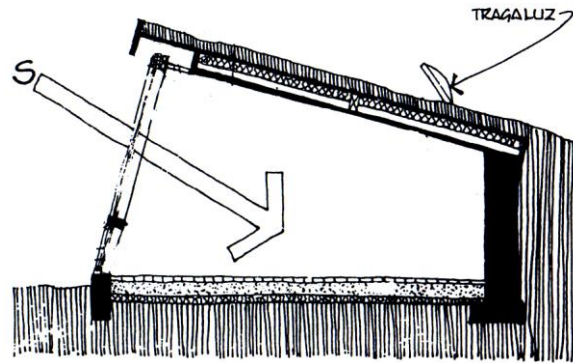
3.7 Captación de la radiación solar.

La principal fuente de energía —gratuita— es el sol y por tanto lo recomendable en climas fríos ha de permitir el ingreso por las aperturas del proyecto aumentando las ganancias solares. Las ventanas han de estar protegidas del viento frío en las noches particularmente mediante sencillos dispositivos de persianas —en madera *e.g.*— con el fin de evitar las pérdidas en las noches y que el espacio se enfríe demasiado. Adicionalmente es aconsejable que ante la imposibilidad de establecer el sitio de implantación, cuidar que las ventanas no superen el 50.0% del área total de cada fachada.

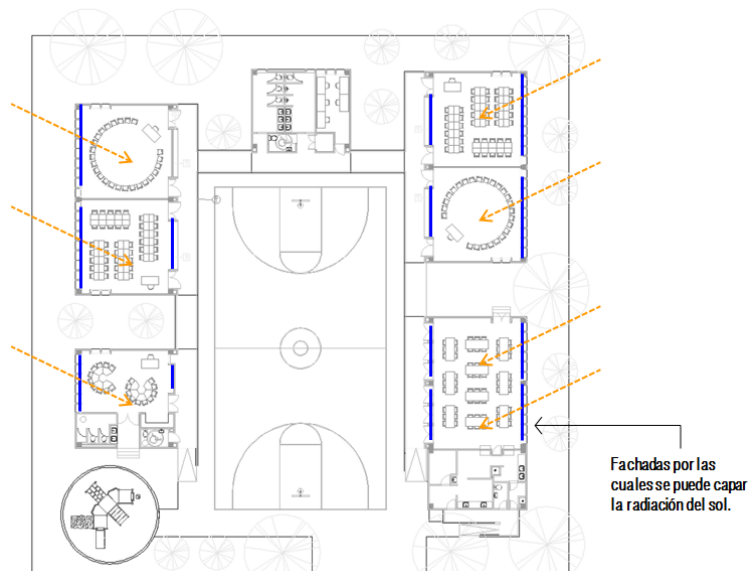
3.7.1 Captación directa.

En la arquitectura los elementos transparentes o traslúcidos, permiten el ingreso de la energía calórica del sol —radiación de onda corta— mientras que las ondas largas —radiación difusa— quedan atrapados en el interior del espacio estudiado. La acción directa de los rayos solares sobre un proyecto puede tener impactos negativos o positivos y esto dependiendo absolutamente de la zona geográfica donde nos encontremos, el número de ocupantes así como la actividad a desarrollarse en el interior. En climas fríos es una estrategia válida a la hora de buscar condiciones interiores cercanas al confort y al confort admisible. De otra parte, la captación de calor sumado a la capacidad de acumulación del calor de las diferentes superficies del proyecto tiene un impacto importante en la evolución de temperatura media de los espacios. Por ejemplo, un material de piso denso, espeso y de color oscuro se convierte en altamente captor y si permitimos el paso de los rayos solares tendremos un eficiente mecanismo de calefacción natural.

Para el caso del proyecto, esta captación se garantiza por medio de las ventanas que se implementan en el diseño arquitectónico.



Gráfica 24. Captación directa de la radiación calórica proveniente del sol.
Fuente. Bardou P., Sol y arquitectura. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, 1984.

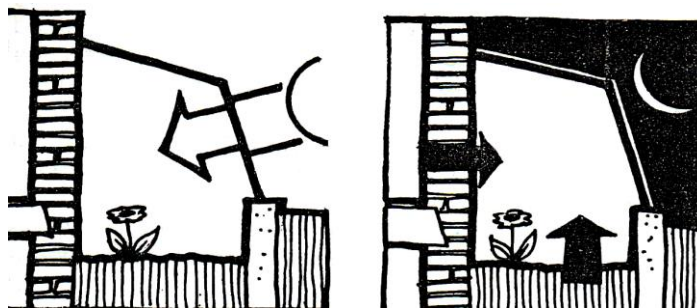


Gráfica 25. Captación directa de la radiación calórica por ventanas.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S. a partir de proyectistas.

3.7.2 Captación indirecta con invernadero.

El concepto del invernadero puede considerarse como una evolución de la idea de ganancia directa [Gonzalo, 1998: 315]. El espacio —habitabile o no— ubicado entre el interior y el exterior tiene una alta capacidad de captar la energía calórica proveniente de la radiación

solar permitiendo una evolución estable de las temperaturas. La energía absorbida por el invernadero se transmite de manera natural al resto de la construcción calentando de esta manera el ambiente pues aprovechamos la transparencia selectiva del vidrio.



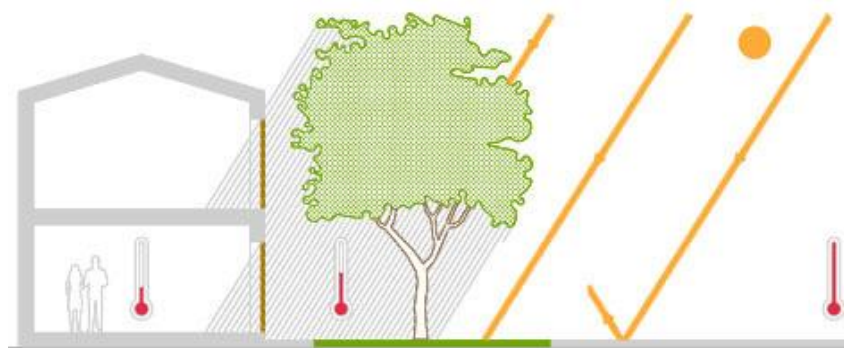
Gráfica 25. Captación directa de la radiación calorífica proveniente del sol.
Fuente. Anderson B. y Wells M., *Guía fácil de la energía solar pasiva*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, 1984.

3.8 Vegetación.

La vegetación está íntimamente ligada al desarrollo de la arquitectura no solo por un componente paisajístico además de garantizar que los espacios tengan “escala humana” sino por su posibilidad de mejorar las condiciones climáticas alrededor del proyecto bien sea por su poder refrigerante de las superficies bajo ellos y por tanto del viento que pasa debajo de sus copas en climas cálidos, o para reducir la velocidad del viento y cambiar ligeramente su dirección en climas fríos. Es por tanto que sus dimensiones —futuras y en etapas maduras únicamente— así como sus formas de copa y densidad de follaje han de ser importantes en el comportamiento bioclimático del proyecto.

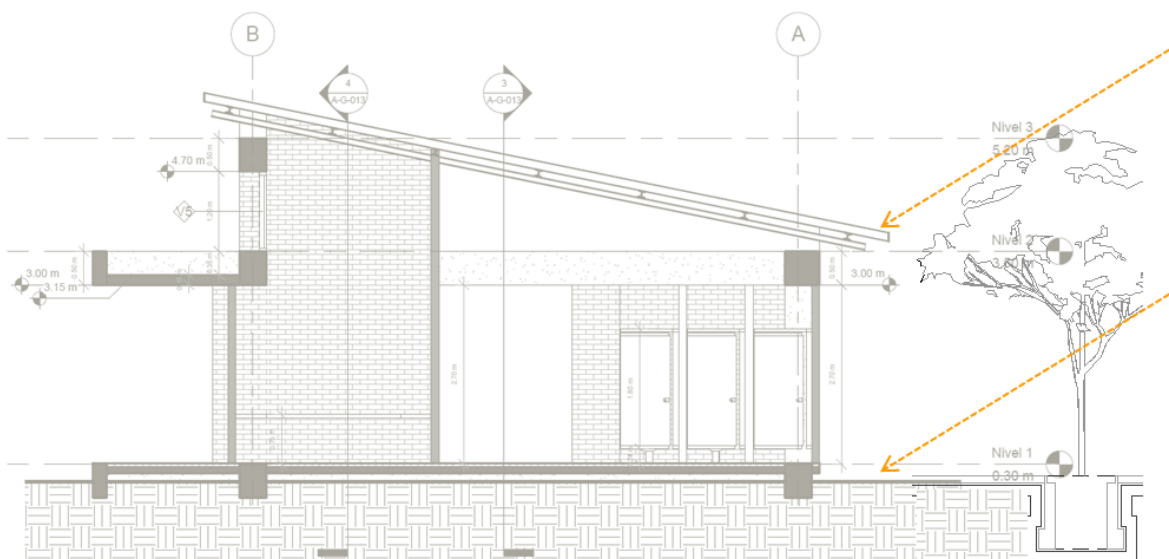
3.8.1 Vegetación como dispositivo de protección solar.

En climas cálidos, otra solución para reducir la incidencia solar sobre las fachadas Este y Oeste es la utilización de árboles de mediano y alto porte pues las máscaras arbustivas y arbóreas equilibran los valores de temperatura seca del aire y humedad relativa. Por ejemplo, una zona superficie vertical sin protección al sol puede presentar una temperatura de aproximadamente 5.0 °C por encima de una en zona de sombra. Es recomendable por tanto, sobre las fachadas Este y Oeste sembrar árboles nativos que en su etapa madura alcancen los 15.0 mts de altura de copas aparasoladas y follajes “transparentes”(no densos). Estos no deberán ser sembrados a menos de 10.0 mts de la superficie a sombrear. En conjunto con estos, habrán de sembrarse arbustos de no más de 4.0 mts de alto intercalados con árboles con el fin de mitigar los rayos del sol a lo largo de la mañana y tarde.

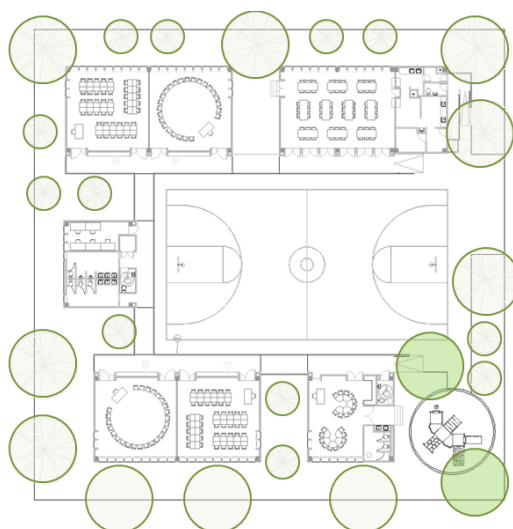


Gráfica 27. Protección solar por vegetación.
Fuente. <https://biarquitectura.files.wordpress.com>. Modificación Arquitectura Más Verde S.A.S.

No obstante la implementación —y siembra inmediata recomendable— de las mencionadas especies, no ha de suplir las estrategias de protección de la radiación solar mediante dispositivos adosados a fachada y sistemas de aislamientos del flujo de calor toda vez que para que estos individuos vegetales sean eficientes, han de llegar a su etapa de madurez que no será menor de 5 años (arbustos) y 10 años (árboles) aproximadamente contando evidentemente con el debido cuidado y mantenimiento (riego, podas fitosanitarias y de formación).



Gráfica 28. Protección solar por vegetación.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S. a partir de proyectistas.

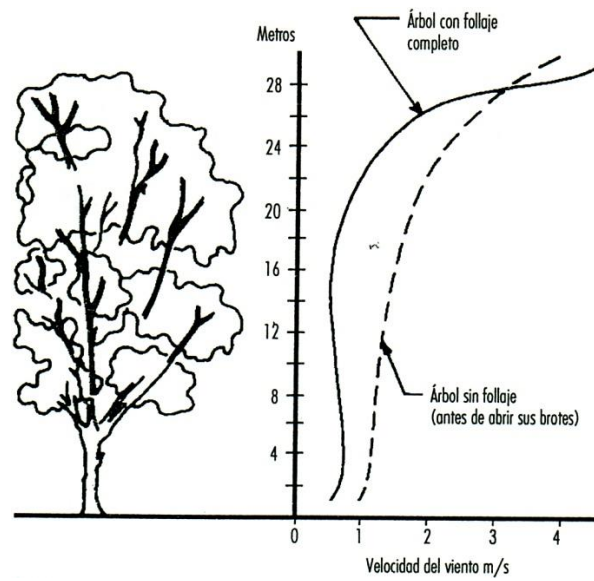


- 1] En Climas Cálidos, la vegetación servirá de protección solar sobre la zona de juegos infantiles.
- 2] Se recomienda sembrar vegetación arbustiva sobre el perímetro del patio central (cancha).

Gráfica 29. Protección solar por vegetación.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S. a partir de proyectistas.

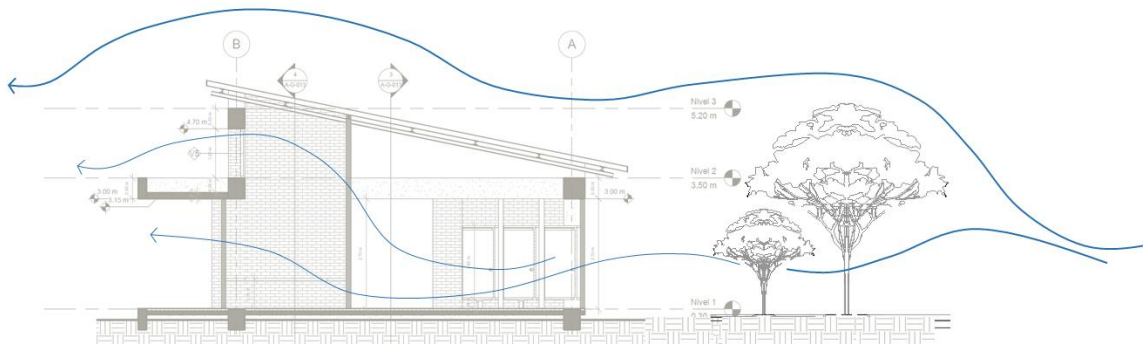
3.8.2 Vegetación como dispositivo de protección contra vientos.

Con el fin de beneficiarse de una ventilación efectiva, es necesario que el viento pueda alcanzar las construcciones sin ser exageradamente frenado por obstáculos. La influencia de este obstáculo puede sentirse hasta una distancia de 4 a 12 veces la altura de la barrera dependiendo de la característica geométrica, la porosidad, la orientación con respecto al viento y de su implantación.



Gráfica 30. Impacto de una barrera vegetal en la velocidad del viento.
Fuente. García J. et al., Viento y arquitectura. Ed. Trillas. México, 1995.

Teniendo en cuenta la imposibilidad de conocer las condiciones de implantación, estimamos conveniente protegernos de los vientos que ascienden o descienden por la montaña. Así pues, es recomendable contar con barreras rompevientos para reducir la velocidad del viento sin disminuir la ventilación de los espacios.

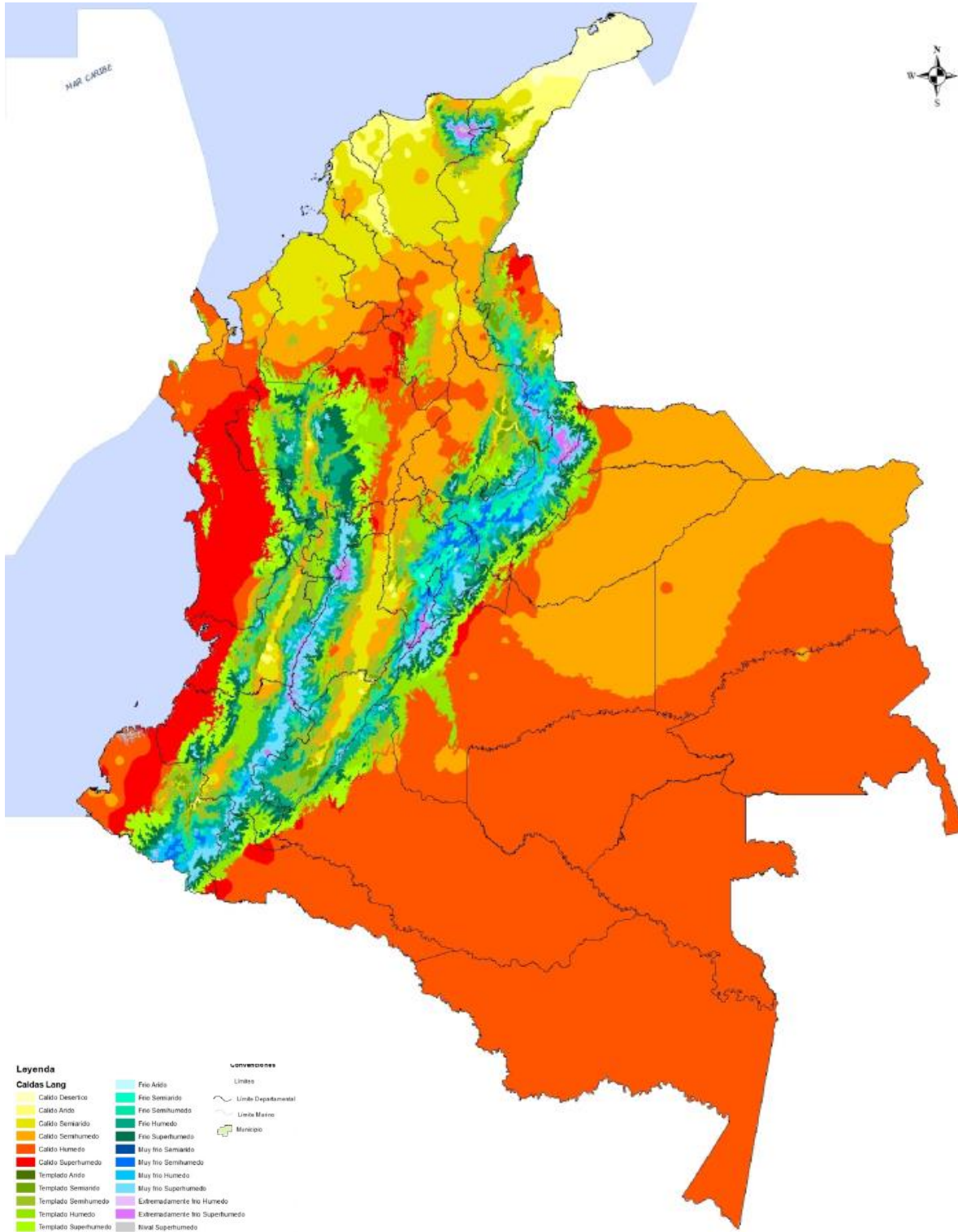


Gráfica 31. Protección del viento por la vegetación.
Fuente. Arquitectura Más Verde S.A.S. a partir de proyectistas.

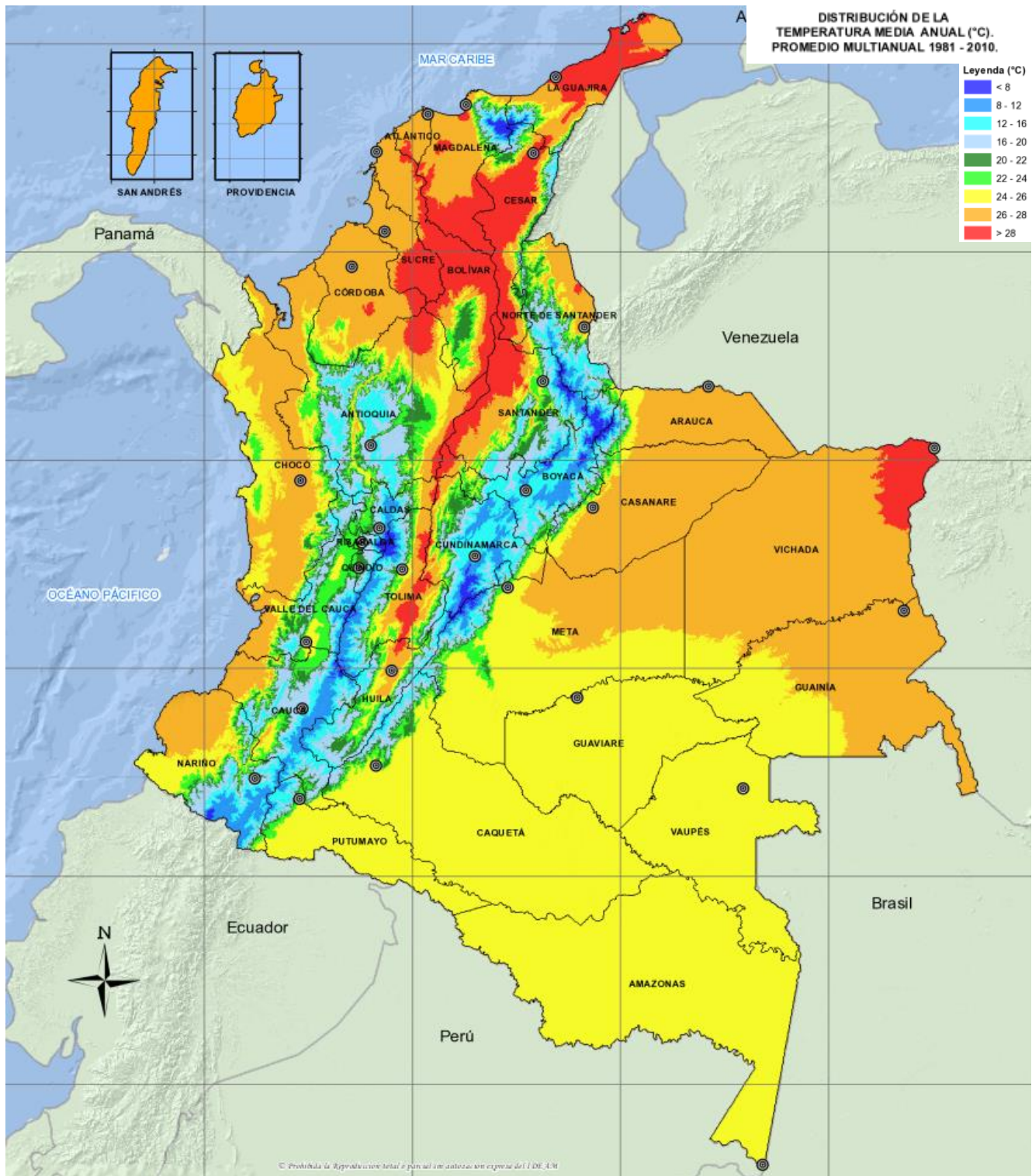
La efectividad de una barrera rompevientos está determinada por la sombra de viento que genera la barrera y la cual está determinada por la permeabilidad o porosidad de la barrera. Recomendamos entonces una permeabilidad de no menos del 25% de la superficie de la barrera. Si se busca un efecto persistente en la disminución de la velocidad del viento y de las ráfagas de vientos, la mejor estrategia es anteponiendo al viento varias barreras con igual permeabilidad y espaciadas en no menos de 8 veces la altura de cada barrera. Igualmente apropiado es situar árboles y arbustos intercalados y los cuales pueden servir de parques y áreas de recreación.

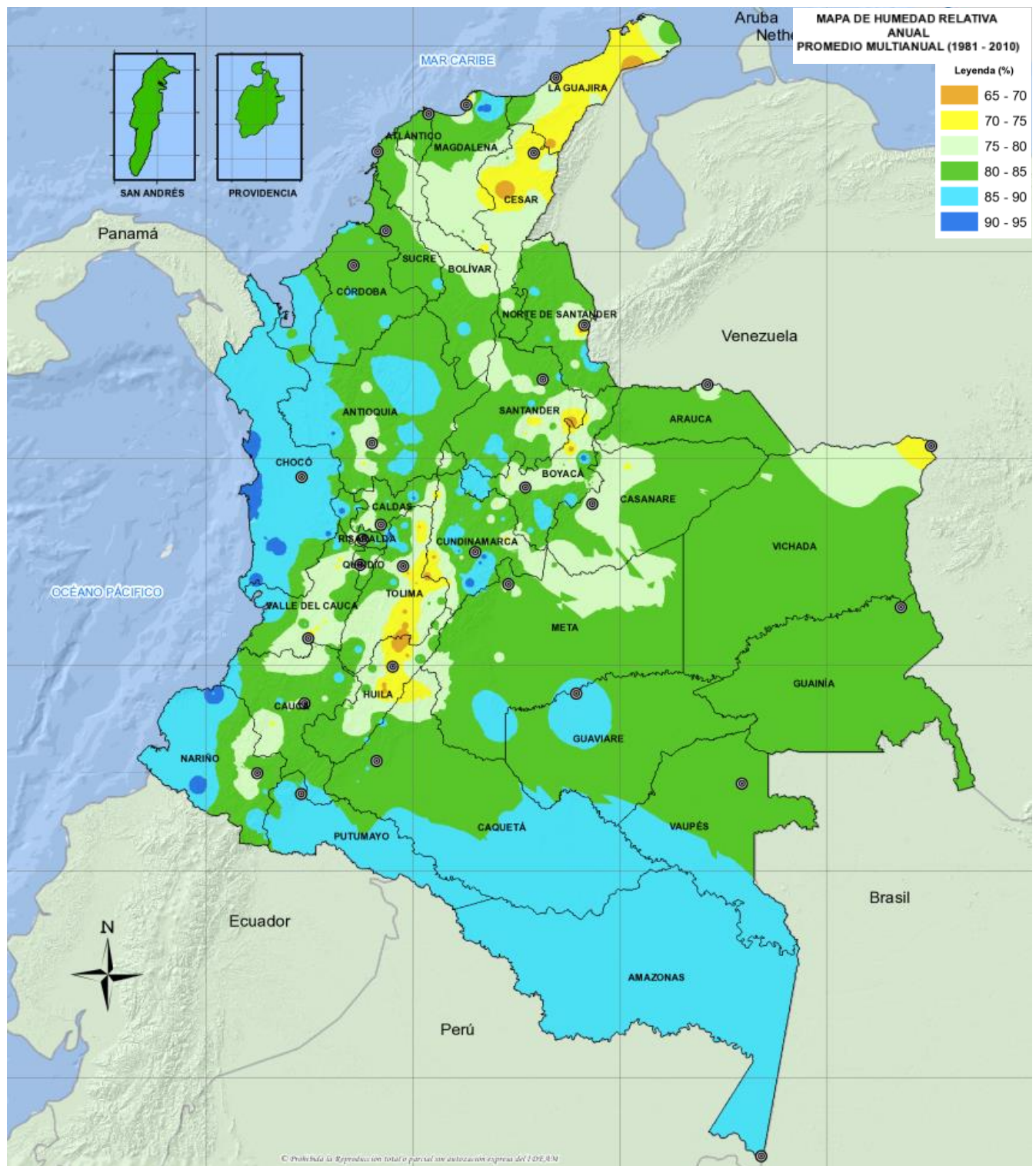
7. ANEXOS.

A continuación presentamos con el objetivo de facilitar la comprensión del lector y una mejor ubicación climática de Colombia, los Mapas —que se encuentran en el Atlas Climático de Colombia del Ideam— de Temperaturas secas, humedades relativas, velocidades de viento e índices de confort.

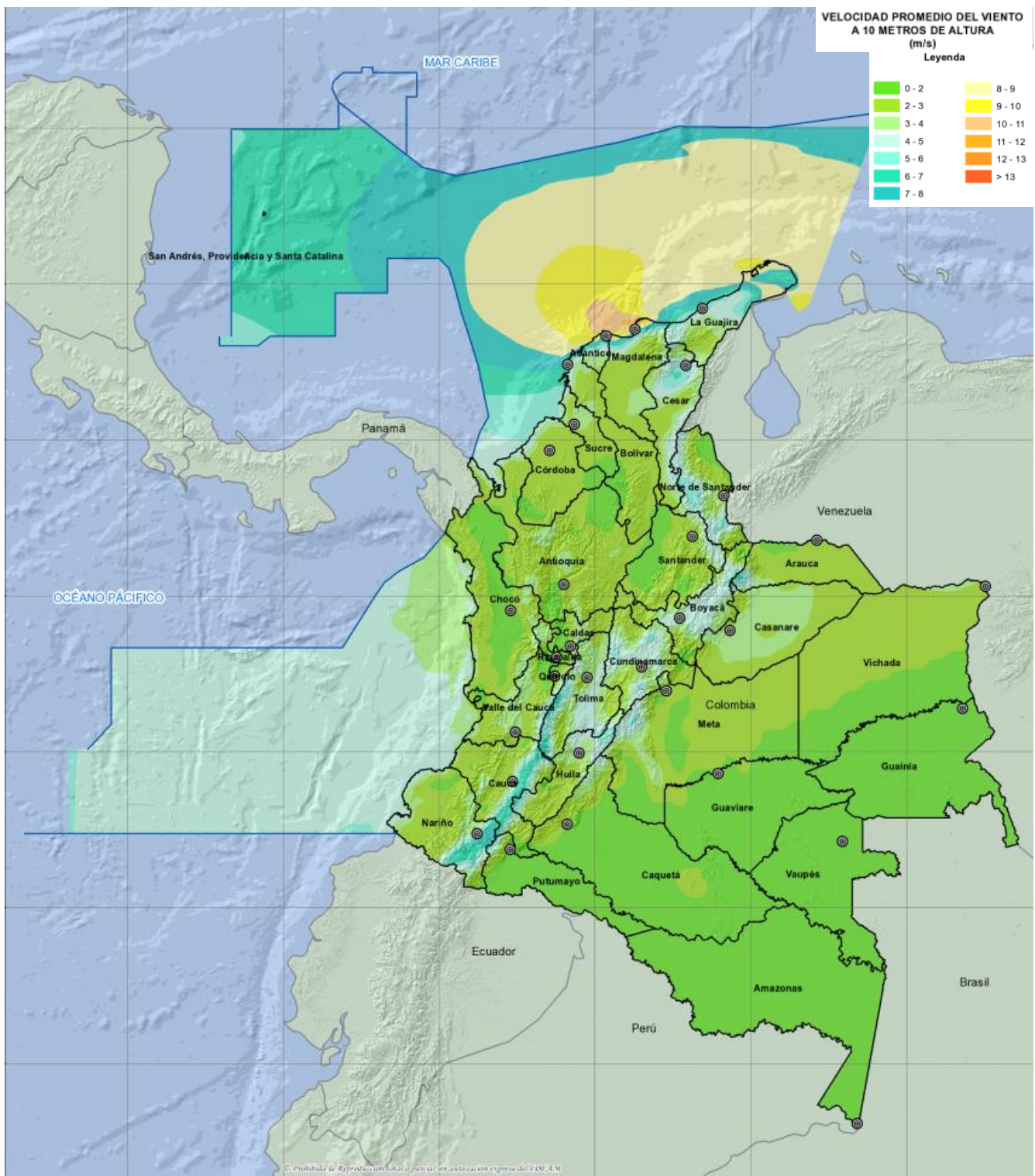


Mapa 2. Clasificación climática colombiana de Caldas Lang.
Fuente. Ideam. Modificación Arquitectura Más Verde S.A.S.

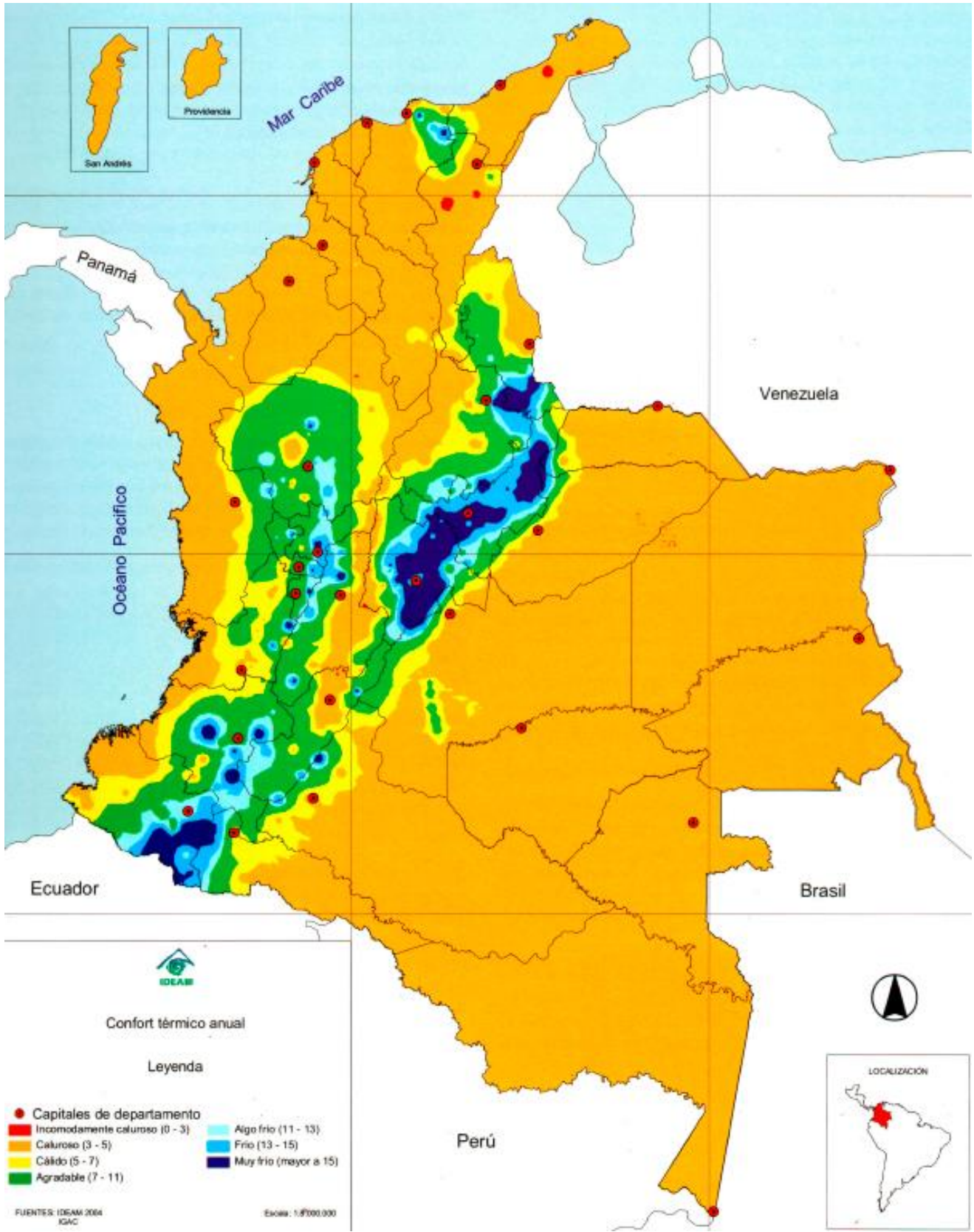




Mapa 4. Distribución de la humedad relativa media anual (°C) entre 1981 - 2010.
Fuente. Ideam. Modificación Arquitectura Más Verde S.A.S.



Mapa 5. Distribución de la velocidad media mensual del viento a 10.0 mts de altura (m/seg.) entre 1981 - 2010.
Fuente. Ideam. Modificación Arquitectura Más Verde S.A.S.



Mapa 6. Clasificación bioclimática de Colombia de acuerdo al IC.
Fuente. Ideam. Modificación Arquitectura Más Verde S.A.S.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- ANDERSON B. et al., Guía fácil de la energía pasiva. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, 1984.
- AULICIEMS A. et SZOKOLAY S., "Thermal confort" *in* Plea Notes, 3. Brisbane, 2007.
- BARDOU P., Sol y arquitectura. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, 1984.
- FERNANDEZ P. et LAVIGNE P., Concevoir des bâtiments bioclimatiques. Fondements et méthodes. Ed. Le Moniteur. Paris, 2009.
- GARCÍA J. et al., Viento y arquitectura. El viento como factor de diseño arquitectónico. Ed. Trillas. México, 2005.
- GIVONI B., Man, climate and architecture. Applied science publishers Ltd. Londres, 1981.
- GONZALO E., Manual de Arquitectura Bioclimática. Ed. Nobuko. Buenos Aires, 2004.
- GRECO - EAT & EAPB (mand.), SAGACités. Vers un Système d'Aide à la Gestion des Ambiances urbaines. Rapport Final. Toulouse, 2002.
- KOENIGSBERGER O. et al., Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales. Ed. Paraninfo. Madrid, 1977.
- NEILA J., Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. Ed. Munilla-Lería. Madrid, 2004.
- NIKOLOPOULOU M. et STEEMERS K., "Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces" *in* Energy and Buildings, 35(1), 95-101. 2003.
- PEÑA L., "Diseño bioclimático en espacios abiertos para zonas áridas urbanas en el desierto chichuahense" *in* Estudios sobre arquitectura y urbanismo del desierto. Vol. 3 N°3, 10-29
- RAMÍREZ J., Concepción climática del espacio urbano. Guía para la concepción ambiental del espacio público en las diferentes zonas climáticas del territorio colombiano. Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia. Bogotá, 1995.
- ROSELUND H., "Climatic design of buildings using passive techniques" *in* Building Issues 2000. Vol. 10 N°1, 4-26.
- THE EUROPEAN COMMISSION et al., Un Vitrubio ecológico. Principio y práctica del proyecto arquitectónico sostenible. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, 2007.
- YARKE E., Ventilación natural de edificios. Fundamentos y métodos de cálculo para aplicación de Ingenieros y Arquitectos. Ed. Nobuko. Buenos Aires, 2005.

+




Arq. David PERICO AGUDELO.
Asesor Consultor Bioclimático.
MP. A25032002.79945861

PROPIEDAD INTELECTUAL Y DERECHOS DE AUTOR.

La información contenida en este documento es objeto de propiedad intelectual, y es para uso exclusivo de la(s) persona(s) u organización(es) a la(s) cual(es) está dirigida. La presentación y disposición en conjunto, metodología adoptada, imágenes, gráficas, figuras, tablas y desarrollo de fórmulas son propiedad intelectual —salvo en donde se haga mención de la fuente específica— de **Arquitectura Más Verde S.A.S.** y/o **David PERICO AGUDELO.**

Si desea reproducir o transmitir total o parcialmente este documento, le agradeceremos citar la fuente.

Elaboró	DPA	Control de cabios y correcciones	
Revisó	DPA	Correcciones solicitadas por Interventoría e implementación en proyecto.	Fecha 2017 05 04
Aprobó	DPA		
Elaboró	AMP	Lista de distribución	
Revisó	DPA	Arq. Néstor GUALTEROS. U.T. CABAL + PU.	
Aprobó	PCC		
	Proyecto	Prototipos Educación.	Fecha 2017 03 17
	Descripción	Recomendaciones bioclimáticas Proyectos Tipo Centro Educativo.	