



**MTRA. MARÍA DE JESÚS GÓMEZ CRUZ**

**DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CyAD**

**Presente.**

**REPORTE FINAL DE SERVICIO SOCIAL**

**NOMBRE:** Argelia Gabriela Borjas Oraá  
**MATRICULA:** 206355560  
**UNIDAD:** Xochimilco  
**DIVISIÓN:** Ciencias y Artes para el Diseño  
**LICENCIATURA:** Arquitectura  
**CORREO ELECTRÓNICO:** [gabriela.borjas@hotmail.com](mailto:gabriela.borjas@hotmail.com)  
**TELEFONO:** (+58) 212-9451381  
(+58) 416-0538432

**LUGAR Y PERIODO**

**DE REALIZACIÓN:** Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco (UAM-A)  
23/Agosto/2010 – 22/Agosto/2011

**NOMBRE DEL PROYECTO:** “Arquitectura bioclimática tropical en Latinoamérica”

**NOMBRE RESPONSABLE  
DE PROYECTOS:** Dr. Arq. Víctor Fuentes Freixanet

## Introducción

El presente documento es el informe correspondiente al servicio social prestado por mi persona al proyecto de investigación de "**Arquitectura bioclimática tropical en Latinoamérica**" durante el periodo de 2010-2011 del Departamento de Medio Ambiente de la UAM Azcapotzalco.

La información fue colectada de manera conjunta con el equipo del Dr. Arq. Fuentes Freixanet en torno a la investigación antes mencionada. El interés del proyecto radica en la necesidad de recolectar datos de elementos arquitectónicos existentes en las regiones tropicales de México y Colombia, mismos que permitan realizar el análisis sobre la arquitectura tropical en Latinoamérica.

El objeto del estudio pretende identificar conceptos bioclimáticos y de sustentabilidad utilizados en tres periodos principales en el tiempo: precolombino, colonial y contemporáneo. La finalidad es establecer estrategias de diseño bioclimático y sustentable que puedan aplicarse en la arquitectura mexicana actualmente.

Personalmente el provecho obtenido radica en una interacción con un equipo interdisciplinario con miras en el cuidado medioambiental y el desarrollo social así como la resignificación de los criterios de diseños ancestrales aplicados con las nuevas tecnologías motiva a la creación y recuperación de espacios perdidos diariamente.

Cabe mencionar que los casos de estudio fueron diferentes y se tuvo que monitorear en diversos momentos durante un largo proceso fomentado por la vocación formativa y seria del proyecto.

Así mismo no omito comentar que el presente documento está estructurado en función a los diversos tipos de análisis realizados en apoyo a la investigación antes mencionada, mismos que descritos en cuánto al tipo de análisis pero no por el objeto de estudio por criterios de publicación.

## **Justificación**

Desde su existencia, el hombre ha interactuado con la naturaleza dotándose de los medios alrededor de sí para eliminar el nomadismo, los asentamientos humanos permitieron con el paso del tiempo la introducción del sedentarismo, la consolidación de sociedades y la superposición del ser humano por encima de las demás especies vivas.

Los asentamientos humanos han ganado "terreno" con el tiempo y han pasado de adaptarse a las condiciones naturales a adecuarlo dirigido hacia su propio beneficio y necesidades. La habitabilidad en las ciudades parece cada día menos sostenible y eso conlleva a reflexionar si vamos por buen camino, es decir, el ser humano está cambiando los habitats condicionando incluso su propia existencia.

*Hay una relación inicial, inevitable, que llamaríamos "de ubicación" entre el hombre y el medio que lo rodea. La especie humana, en sus orígenes, al mismo tiempo que forma parte del medio natural, comienza a distinguirse de él, a ubicarse en él. Su distribución a lo largo y a lo ancho del planeta, su extinción en sitios inhóspitos y su proliferación en ambientes apropiados, no son sino capítulos de una larga historia en la que sin embargo, el hombre ha terminado por adaptarse –con ayuda de su cultura- a los medios más desventajosos para su supervivencia puramente zoológica.[...]*

*Históricamente, el hombre ha venido incrementando el grado de las modificaciones que introduce en su entorno. Sin embargo, existen todavía culturas rurales que se plantean un mínimo de transformaciones en sus asentamientos. (González P., 2013).*

El manifiesto más claro lo tenemos en las expresiones arquitectónicas de mayor antigüedad, al observar detenidamente las características tipológicas y formales de los edificios que yacen aún de pie, podemos observar que la conciencia ancestral de construir se basó en adaptar las necesidades humanas a las condiciones naturales, es decir que la forma de vida y su arquitectura dependía esencialmente de pequeñas modificaciones al entorno.

Con el tiempo, el desarrollo económico, social e industrial ha derivado en la creación de arquitectura efímera, primeramente pensada en solventar necesidades pertinentes a los nuevos usos pertenecientes a las dinámicas de las megalópolis actuales terminando en elementos faltos de coherencia y llenos de problemas técnicos por solventar.

La profesión de la arquitectura debe ya estar planteada ya como una carrera dedicada al bienestar social, cumplir en todos los campos que tiene a su alcance, desde lo estético y lo funcional como lo utilitario y lo sustentable, no podemos seguir planteando arquitectura en pleno siglo XXI que no considere todos estos aspectos.

La arquitectura bioclimática identifica los elementos antes mencionados para poder desarrollar adecuaciones técnicas que complementen el desarrollo tecnológico, industrial y que conlleven el menor impacto para las edificaciones y sobre todo para el medio ambiente.

De esta manera se pretende analizar los vestigios de la arquitectura tradicional, verificando los aciertos de esta y utilizar las nuevas tecnologías basadas en dichas concepciones teóricas observadas en su origen de la mano con la naturaleza y con el principal objetivo de mejorar la calidad de vida.

## **Generalidades**

### ***Antecedentes***

Delimitarán el objeto de estudio en sus condiciones físicas y temporales amén de identificar tipologías precisas y caracterizar sus elementos funcionales para el estudio definido.

### ***Objetivo General***

Definir los conceptos de diseño bioclimático y sustentable de la arquitectura tropical (clima cálido-húmedo) en Latinoamérica.

### ***Objetivo particular***

Identificar y compilar ejemplos significativos de la arquitectura tropical vernácula colonial y contemporánea en Latinoamérica (principalmente México y Colombia) y hacer un breve análisis histórico para entender las motivaciones de las tendencias actuales de este tipo de arquitectura.

- Mostrar las estrategias utilizadas de adecuación bioclimática (principalmente control solar, ventilación natural y materiales y sistemas constructivos) así como las tipologías y elementos arquitectónicos distintivos de la región.
- Identificar los puntos comunes y las divergencias en las estrategias utilizadas en función de sus condicionantes climáticas y ambientales de los casos analizados.
- Establecer el estado actual de la arquitectura tropical mexicana en función de los puntos de referencia encontrados en el análisis regional.

### ***Metodología***

Por cada caso de estudio se implemento el análisis de los datos documentados y de los obtenidos en campo, sujetos a ensayos teóricos para localizar elementos que ayudaran en la investigación.

Cada caso de estudio se analizó conforme al siguiente listado:

1. Condicionantes Físicas, ambientales y climáticas.- se estudiarán los regímenes medioambientales dónde se ha desarrollado la arquitectura.

1.1. Ubicación Geográfica.- Identificar la localización geográfica del objeto de estudio.

1.2. Análisis Climático.- De acuerdo a la localización geográfica se identifica el tipo de clima al que pertenece el objeto de estudio mediante una clasificación geográfica tipológica complementada con un sistema de agrupación que se basa en la relación de la temperatura media del mes más caluroso así como en la precipitación pluvial total anual.

La primera determina los requerimientos de calentamiento o enfriamiento para la estación más cálida del año, mientras que la segunda determina los requerimientos de humidificación o deshumidificación durante los mismos períodos.

1.3. Análisis Paramétrico.- consiste en analizar cada una de las variables, o parámetros climáticos, con el fin de observar su comportamiento mensual y anual durante el periodo de tiempo definido; con ello se pretende definir las características climáticas y los requerimientos bioclimáticos básicos, mismos que se desglosan a continuación.

1.3.1. Temperatura.- Se analizó la Temperatura Neutra o Zona de Confort que es un parámetro de referencia dentro del rango regional.

1.3.2. Humedad Relativa.- Se describe como el rango de humedad Máxima, mínima y promedio que afectan al inmueble.

1.3.3. Precipitación Pluvial y Evaporación.- Conforme a lo estipulado por el Servicio Meteorológico Nacional, la precipitación pluvial se define como el conjunto de partículas de agua líquidas o sólidas que caen desde la atmósfera hacia la superficie terrestre. El análisis implica la identificación del tipo de precipitación y evaporación, así como sus intensidades y periodos dentro del año.

1.3.4. Radiación Solar.- Se identificaron los días con mayor y menor radiación solar así como los intervalos de mayor amplitud.

1.3.5. Nubosidad.- En base a toma de datos en el sitio se identificaron los intervalos de nubosidad por horarios y frecuencia en meses.

1.3.6. Viento.- Se identificaron los vientos reinantes y los vientos dominantes así como su frecuencia anual, rumbo y fuerza.

1.3.7. Días grado.- Los Días Grado (DG) se definen como los requerimientos de calentamiento o enfriamiento, acumulados en un cierto periodo de tiempo, necesarios para lograr condiciones de confort térmico. Identificando los requerimientos de compensación de temperatura.

1.3.8. Confort y sensaciones térmicas.- Se realizaron mediante diversos métodos los análisis identificando los índices de confort del modelo adaptativo y predictivo, así como los índices de sensación térmica por viento frío (Wind chill) y por humedad (Humidex).

1.3.8.1. Modelo de Confort adaptativo.- En función a la fórmula de Auliciems, se interpreta un rango superior o inferior obteniendo las temperaturas de confort requeridas.

1.3.8.2. PMV-PPD.- El Voto Medio Previsto (PMV) o Predicted percentage of dissatisfied (PPD) es la representación cuantitativa de la sensación térmica de un grupo de individuos —sanos, sometidos a un mismo clima— expuestos a ciertas condiciones ambientales.

1.3.8.3. Wind Chill-Humidex.- El Índice de Viento Frío (Wind Chill) expresa la sensación térmica percibida en espacios exteriores en condiciones de frío intenso, es decir, es un índice que muestra el efecto del viento frío sobre la sensación térmica de las personas. Por otro lado el índice de humedad, Humidex (Humidity index) representa la sensación térmica para actividad pasiva, moderada e intensa; Las variables incluidas en el modelo son: temperatura de bulbo seco y humedad relativa, por lo tanto, este índice trata de mostrar el efecto que tiene la humedad en la sensación térmica de las personas.

1.3.9. Análisis Solar.- En función a su latitud y longitud geográfica se identifica el ángulo solar, el cenit, así como sus equinoccios y solsticios y la declinación magnética.

1.4. Análisis bioclimático.- El análisis bioclimático se realiza a través de las siguientes herramientas: tablas de Mahoney, triángulos de confort, diagrama bioclimático, diagrama psicrométrico, gráfica estereográfica y matriz de climatización.

1.4.1. Tablas de Mahoney.- Las tablas de Mahoney son recomendaciones bioclimáticas para el diseño del espacio arquitectónico que muestran congruencia hacia su contexto.

1.4.2. Triángulos de Confort (Evans).- Los triángulos de confort relacionan la temperatura media de bulbo seco con la oscilación térmica, permitiendo identificar las características de diseño que deben cumplir los espacios.

1.4.3. Diagrama Bioclimático.- Este diagrama considera las condicionantes físicas contrastándolas con la temperatura de bulbo seco logrando identificar los parámetros de la zona de confort.

1.4.4. Diagrama Psicrométrico.- A partir de varios diagramas dónde se representan las temperaturas diarias, mensuales y anuales, se adicionan los elementos de la ventilación natural identificando la zona de confort y las bases para las estrategias de climatización.

1.4.5. Estrategias de Climatización.- En función a las tablas de Mahoney, los triángulos de Evans, los diagramas bioclimáticos y psicrométricos se identifican las estrategias óptimas para el desarrollo, mantenimiento y conservación de los inmuebles.

2. Caso de Estudio particular.- En función a su tipología, temporalidad y características específicas se analizará la formalización del elemento arquitectónico observando su comportamiento ante las Condicionantes Físicas, ambientales y climatológicas

- 2.1. Tipología.- Se determinaron 11 casos específicos (7 mexicanos, 2 colombianos y 2 brasileños) cuyas características espaciales convergen en elementos de carácter formal y espacial.
- 2.2. Delimitación Temporal.- Dentro de los 11 casos específicos se clasificaron por medio de su espacio temporal, siendo estos parámetros prehispánicos (vernácula), coloniales y contemporáneos. Lo que permitió identificar la relación ambiental en cuánto a su diseño formal.
- 2.3. Descripción arquitectónica.- Cada caso fue descrito de manera particular realizando visitas al sitio, tomando muestras para efectos del estudio y análisis.
3. Resultados.- Por medio de la metodología antes descrita la investigación fue resuelta por cada caso del mismo modo, arrojando documentación que permitirá la publicación del estudio en un futuro próximo.

## **Resultados y Metas**

Las metas alcanzadas por medio del servicio prestado a la investigación fueron logradas en base a los 11 casos estudiados a través de la metodología realizada al 100%.

Los resultados son los siguientes:

- Se identificó y recopiló la información de los casos más significativos de arquitectura tropical de México, Colombia y Brasil. Correspondientes a la arquitectura vernácula, colonial y contemporánea.
- Se realizó el análisis bioclimático de los casos seleccionados de acuerdo a su regionalización y ubicación geográfica.
- Se realizó el análisis tipológico de los casos seleccionados e identificación de los puntos comunes o divergentes en el uso de estrategias de diseño utilizadas.
- Se logró la definición del estado actual de la arquitectura tropical en México en relación a los parámetros de referencia encontrados en otras regiones de Latinoamérica.

## Bibliografía

- Aguilar, I. -Editora. (2006) Raxalaj Mayab' K'aslemalil, Cosmovisión Maya, plenitud de la vida. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. PNUD Guatemala.
- Arango, Silvia (2011) Historia extensa de la arquitectura en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- González Pozo, A. (2013) Antologías, Reflexiones sobre arquitectura, urbanismo y patrimonio, UAM Xochimilco, México, 2013
- Hammond, Norman. (2008) Ciudades Mayas Preclásicas, raíces y evolución: El Preclásico Medio en Cuello, Belice – Estudios de Cultura Maya Vol. 31. Instituto de Investigaciones Filológicas, UNAM. México
- Quiñones, Lucia. (2006) Del preclásico medio al clásico temprano: una propuesta de fechamiento para el área nuclear de Izamal, Yucatán. Estudios de Cultura Maya Vol. 28. Instituto de Investigaciones Filológicas, UNAM. México
- Sharer, Robert. (2001). El mundo Clásico Maya. En Maya amaq. El Mundo Maya. Eggebrecht, Eva y Arne; Seipel, Wilfried. FODIGUA – Fondo de Desarrollo Indígena Guatemalteco.
- López, Alfredo y López, Leonardo. (2000) La periodización de la historia mesoamericana. Tiempo Mesoamericano I. Revista Arqueología Mexicana No. 43. mayo-junio 2000.
- Vance, Erik (2012) Unprecedented Maya Mural Found, Contradicts 2012 “Doomsday” Myth. National Geographic News. Published in may12, 2012. (calendar was found by Saturno, William)
- Sánchez, Aurelio (2006). La casa maya contemporánea. Usos, costumbres y configuración espacial. Península. vol. I, núm. 2. Revista semestral UACSHUM/Coordinación de Humanidades UNAM, p. 81
- Marussi, Ferruccio. (2004) Arquitectura Vernacular Amazónica: La Maloca, vivienda colectiva de los Boras. Editorial Universitaria, Universidad Ricardo Palma, Perú. 254 pp.
- Reichel-Dolmatoff, Gerardo (1981) Colombia indígena – Período prehispánico”. Manual de historia de Colombia, Tomo I – Instituto Colombiano de Cultura.
- Reichel Dussan, Elizabeth (1988) Etnografía de los grupos indígenas contemporáneos. Profesora de la Universidad de los Andes. Capítulo en “Colombia Amazónica”. (1988). Villegas Editores. Bogotá Colombia.
- Rodríguez, Carlos Alberto. (2008) La Nueva Maloca para el desarrollo sostenible en la Amazonia. Revista Colombiana Amazónica No. 1. Bogotá Colombia.
- Vieco, Juan José, Ed. (2000) Territorialidad indígena y ordenamiento en la Amazonia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Leticia. Instituto Amazónico de Investigaciones, Imani. Bogotá, Colombia.

# MEXICO: HACIENDA DE YAXCOPAIL



Arco doble morisco, Hacienda de Yaxcopoil



Fachada norte, salones Hacienda Yaxcopoil



Fig. 41 Puertas y ventanas para propiciar la ventilación cruzada

Las estrategias bioclimáticas utilizadas en la hacienda de Yaxcopoil son precisas las recomendadas para este tipo de clima: ventilación cruzada y controlada, masividad en muros y cubiertas, sombreado total y enfriamiento evaporativo en exteriores



Postigos de ventana en puertas



Pórtico amplio para ofrecer sombreado



Estanque para enfriamiento evaporativo

Las habitaciones tienen gran altura para permitir la estratificación del aire caliente fuera de la zona de ocupación. Los muros son de piedra caliza, material masivo de gran inercia térmica para amortiguar las oscilaciones térmicas. Las cubiertas también están construidas con terrados para ofrecer inercia térmica y controlar el fuerte asoleamiento que reciben.



Corredor exterior con pórticos opuestos en ambos cuerpos



Fuente para enfriamiento evaporativo



Aljibes debajo de terraza en fachada norte

El conjunto de las habitaciones se separa en varios cuerpos que distinguen usos más públicos y de servicios, de aquellos privados. entre los dos cuerpos principales se forma un corredor exterior que canaliza el viento dominante del ESE, permitiendo tener una corriente de aire en los espacios porticados. en la entrada del aire se ubica un estanque de agua que permite el enfriamiento evaporativo para que la corriente de aire sea más fresca. Esta estrategia se utiliza tanto en el eje longitudinal como en el transversal a través de una fuente.

# MEXICO: UNIVERSIDAD DEL MAYAB MÉRIDA, YUCATÁN



Partesoles del edificio de Rectoría

Edificio de Rectoría, fachada sur, vista del pórtico de acceso.

El edificio de Rectoría tiene forma de "L" con un gran pórtico en el vértice con pergolado que cubre principalmente los rayos solares provenientes del poniente. Tanto en la fachada sur como en la oeste se dispusieron partesoles inclinados con vegetación intermedia para proteger del sol. Los acristalamientos son mayores en la fachada norte..



Edificio 3. Fachada norte. División de Ciencias Jurídicas y Sociales

Edificio 3. Fachada sur. Escalinata de acceso.

En el edificio 6, de laboratorios de ingeniería y aulas de la comunicación y diseño se aprecia el control solar que se da por medio de grandes corredores cubiertos y protegidos por grandes partesoles inclinados, pantallas y pérgolas.



Cafetería. Fachada sur

Escuela de Medicina, fachada sur.

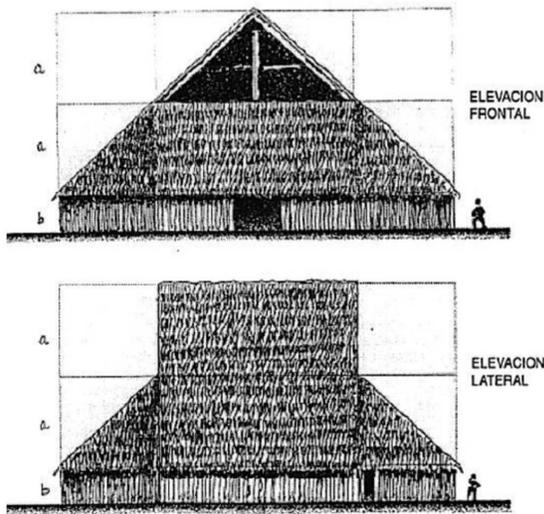
El edificio 3 es el más grande del campus. En su fachada sur cuenta con pasillos porticados, mientras que, en la sur, la fachada es inclinada con ventanas remetidas y con carteles a manera de partesoles.

# COLOMBIA: MALOCA UFAINA.



Interior de la maloca, con rayos solares

Interior de la maloca, con rayos solares



Maloca amazónica. Source. Marussi (2004).

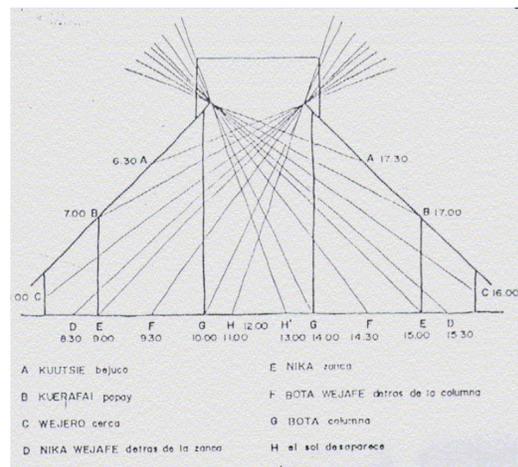


Fig. 41 Elementos constructivos de la maloca, en función del recorrido solar<sup>36</sup>

Los horcones que sostienen la cubierta son espaciados en función de los rayos solar que entra por las aberturas de la cubierta y el caballete; de tal forma las columnas centrales se definen por la posición solar de las 10:00 y 14:00 h, los siguientes por la posición del sol a las 9:00 y 15:00 h; los últimos se ubican en el muro perimetral en donde el sol incidirá a medio horcón a las 8:00 y 16:00 h. la altura del horcón intermedio es el indicador del sol de las 7:00 y 17:00 h. Como se puede apreciar la construcción misma es un calendario y reloj solar. de aire sea más fresca. Esta estrategia se utiliza tanto en el eje longitudinal como en el transversal a través de una fuente.



Tejiendo la palma

La cubierta es cuidadosamente colocada con palma entretrejida; los muros se forman con troncos o bambú y se dejan ligeramente entreabiertos para facilitar la ventilación entre ellos.

# COLOMBIA: ESCENARIOS DEPORTIVOS MEDELLÍN



Fig. 47 Planta de conjunto



Fig. 49 Plazas exteriores y vinculación con el espacio urbano

**Consideraciones bioclimáticas:  
Sombreado de espacios exteriores al prolongar las cubiertas de la techumbre**

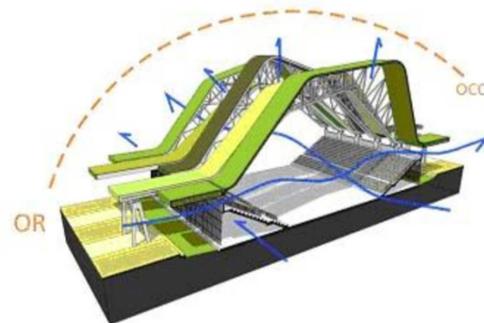


Fig. 53 Concepto bioclimático: orientación, asoleamiento y viento

**La orientación de las franjas de las cubiertas evita que los rayos de sol entren de manera directa sobre los espacios interiores, pero su disposición favorece una amplia iluminación natural en todos los espacios interiores.  
Las fachadas norte y sur permiten la ventilación natural cruzada de manera controlada**

# COLOMBIA: ESCENARIOS DEPORTIVOS MEDELLÍN

## Concepto de ventilación natural

La ventilación natural se da de manera cruzada a través de celosías en los muros cabeceras y de manera convectiva a través de perforaciones de ventilación en las gradas y ventilación superior a través de las cubiertas.

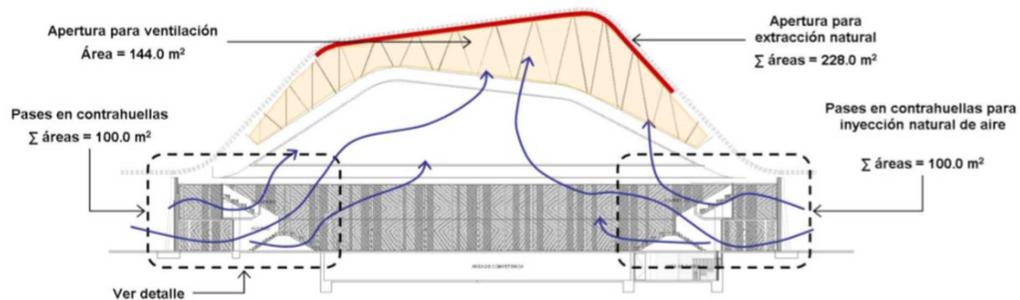


Fig. 57 Esquema general de ventilación

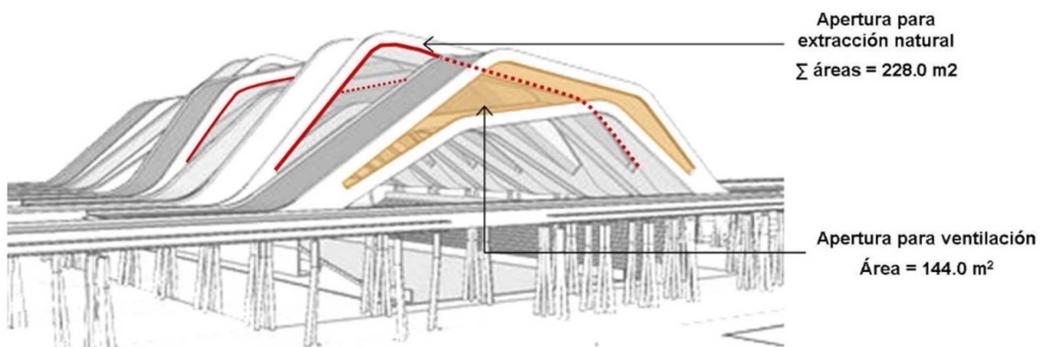


Fig. 58 Áreas de extracción de aire en cubiertas



Fig. 60 Celosía de los coliseos que permite la ventilación cruzada de manera controlada



Fig. 61 Vista del interior del coliseo de combate

# BRASIL: SHABONO



Estructura básica del tapiri

El shabono es una construcción formada por unas cubiertas inclinadas, generalmente de una sola agua hacia afuera, que llega a 1 m de altura de suelo con el fin de propiciar una corriente de viento entre el aire fresco de la selva y el centro del shabono. La cubierta vegetal esta sostenida por puntales u horcones de madera de distintos tipos de árboles, entre ellos el cachicamo (*Calophyllum brasiliense Cambess*), mangle o bambú, y travesaños que soportan los largueros de las cubiertas. La cubierta esta seccionada en "tapiris" o secciones de aproximadamente 4 metros de ancho por 6 de largo; cada tapiri alberga a una familia..



Hojas de palmera temiche



Interior del shabono, en donde se aprecia la abertura inferior



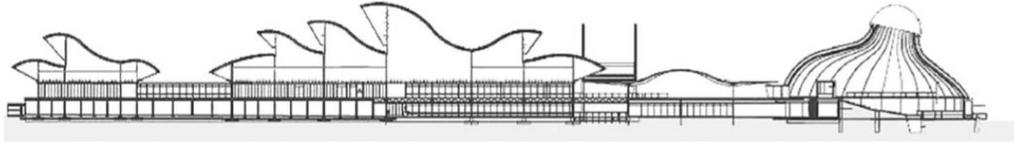
Shabono de tres secciones



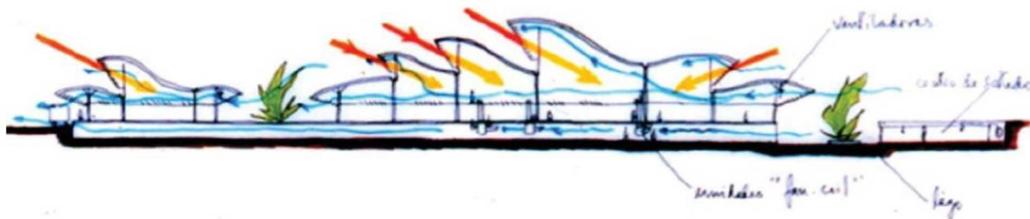
Estructura del shabono

# BRASIL:

## CENTRO INTERNACIONAL SARAH DE NEURO-REHABILITACIÓN Y NEUROCIENCIAS



Corte transversal. Ventilação e iluminação naturais na obra de João Filgueiras Lima, Lelé Jorge Isaac Perén Montero, FAU Universidade de São Paulo, 2006



Esquema general de ventilação e iluminação

El concepto de doble cubierta ventilada en forma de diente de sierra tiene el objetivo de proveer una adecuada ventilación natural, y al mismo tiempo una buena iluminación natural con control solar. Las inclinaciones de las cubiertas responden de manera precisa a los ángulos solares que deben protegerse..

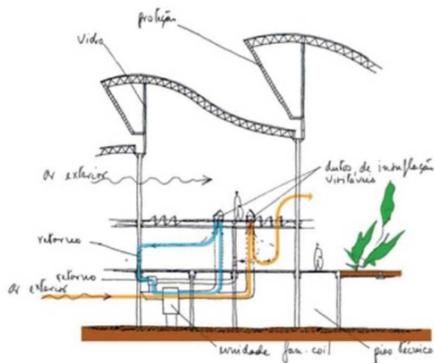
La ventilación está diseñada para que funcione de tres maneras:

-Ventilación natural, a través de las aberturas del sótano, laterales y elevadas de las cubiertas.

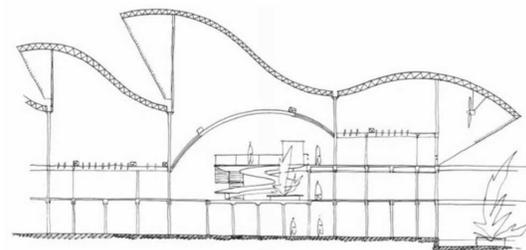
Teniendo el plafón abierto

-Ventilación forzada a través del sistema fan and coil, que puede tomar aire exterior e introducirlo a los espacios teniendo extracción libre a través del plafón abierto.

-Aire acondicionado, a través del sistema fan and coil. Teniendo el plafón cerrado.



Esquema de las tres estrategias de ventilação: natural, forzada, aire acondicionado



croquis del Patio central con cubierta retráctil

El vestíbulo central del edificio cuenta con una cubierta curva translúcida que puede abrirse para ventilarse naturalmente.

# BRASIL:

## CENTRO INTERNACIONAL SARAH DE NEURO-REHABILITACIÓN Y NEUROCIENCIAS



foto del patio central con rampa y cubierta abierta



foto del patio central con rampa y cubierta cerrada



Foto de cubierta con diferentes aberturas

**En la siguiente figura se aprecia con claridad las dobles cubiertas. Las cubiertas inferiores pueden abrirse o cerrarse dependiendo de los requerimientos de ventilación.**



Estructura de cubiertas