

# Cubierta de Palo Rojo del CENTRO CULTURAL ESPAÑOL en BATA (Guinea Ecuatorial)



La Agencia Española de Cooperación Internacional (Ministerio de Asuntos Exteriores Español) promovió la construcción del Centro Cultural Español de Bata, principal ciudad de la parte continental de Guinea Ecuatorial, convocando un concurso público en 1998. El edificio se inauguró en julio de 2001, tras 16 meses de obras.

Se requería un centro para acoger las actividades culturales españolas, que representara a la cultura española y que estuviera adaptado al lugar (en el Paseo Marítimo, a 20 m de la costa) y a las peculiaridades de la zona ecuatorial africana (situado a escasos 2° latitud norte; con valores medios anuales: pluviosidad de 2.300 mm, una insolación de 1.840 h, con una humedad relativa del 85% y una temperatura de 25°C, con pocas variaciones estacionales en las que raramente se superan los 30°C o no se llega a los 20°C).

Por una parte el entorno urbano se caracteriza por unas magníficas vistas hacia el océano (a poniente), un recientemente renovado paseo marítimo construido en la época colonial y edificios representativos también con elementos característicos de la colonia española.

Por otro lado se exigía la adaptación de los materiales, sistemas constructivos y de gestión a la realidad del país, con el condicionante prioritario de crear un edificio accesible y atractivo al público, con un mínimo de mantenimiento y gasto energético y una gran durabilidad.

## SOLUCIÓN ARQUITECTÓNICA\*

El solar es rectangular (28x43 m) accediéndose desde el Paseo Marítimo por el lado corto con orientación oeste.

El edificio consta de dos bloques paralelos alineados con los lados largos del solar, separados por una calle-patio que está abierta por los lados cortos. Todo ello protegido por una cubierta a cuatro aguas (26x35 m), ventilada en todo su perímetro y con un lucernario central (igualmente ventilado, de 8x12 m). Tiene sótano, planta baja, planta primera y azotea. El sótano salva el desnivel de 1,3 m del solar, aísla al edificio de la alta humedad del terreno (con el nivel freático oscilando entre 1,0 y 1,5 m de profundidad según las estaciones) y sirve de almacén para el material pesado no delicado.

Se accede por una escalinata que sirve, además, de graderío para contemplar el paseo marítimo y las vistas al océano. El desnivel del terreno permite acceder por una rampa por la parte trasera.

En la planta baja se sitúan las dependencias en las que se desarrollan las actividades con más concurrencia de público: salón de actos, patio central (exposiciones), aulas, tienda de artesanía y cafetería.

En la planta primera se encuentran la biblioteca, oficinas y sala de grabación. Finalmente la azotea es un espacio diáfano, abierto en todo su perímetro

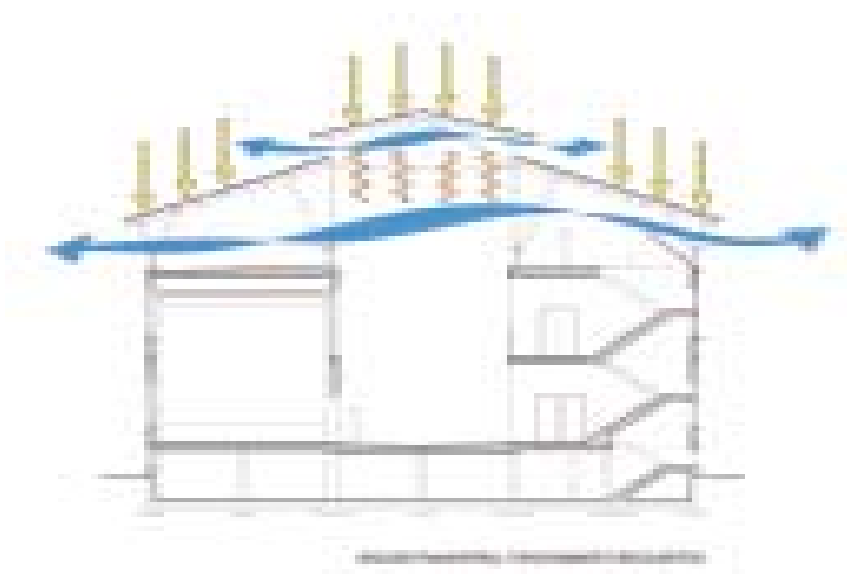
a la vista sobre la ciudad protegidos de la lluvia o el sol y agradablemente ventilados por la constante brisa marina. Este espacio se pensó para desarrollar todo tipo de actividades: desde el trabajo cotidiano de los artistas locales, hasta representaciones teatrales, reuniones o exposiciones, pasando por celebraciones de actos sociales y lúdicos.

En la fachada se respetó el ritmo de huecos, materiales y colores del resto de los edificios del Paseo Marítimo, con la coronación de la cubierta como elemento representativo; mientras que en las fachadas interiores se realizó un diseño de composición más libre.

## FUNCIONAMIENTO BIOCLIMÁTICO Y CONFORT

La falta de suministro eléctrico continuo y estable en la ciudad hace obligatorio el uso de grupos electrógenos alimentados con gasóleo, principalmente para el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado. Esto encarece el mantenimiento y el uso del edificio, por eso la propiedad solicitaba un edificio de bajo consumo energético.

Se han estudiado: el soleamiento (según la latitud y las obstrucciones-sombras), la temperatura, la pluviosidad y la acústica del exterior para dar una respuesta adecuada con el mínimo gasto económico, tanto de construcción como de mantenimiento.



Los edificios en la franja ecuatorial necesitan ventilación y protección frente a la radiación solar directa, con materiales ligeros que no «acumulen» calor. Para ello se han potenciado las corrientes naturales de aire que solucionan los problemas de la alta humedad; se ha protegido el conjunto con una cubierta de muy baja inercia térmica, abierta en todo el perímetro y con la abertura central del lucernario para permitir la evacuación del aire sobrecalentado. La localización y orientación del propio solar ayudó a conseguir una solución satisfactoria:

- La cercanía del mar proporciona una constante brisa que no suele alcanzar velocidades molestas.
- La dirección del eje mayor del solar (este-oeste) permite que al atardecer el edificio no exponga mucha superficie a la radiación solar.
- La presencia de árboles y la colina del lado este ofrecen protección solar especialmente durante la mañana.
- ventilación natural

La disposición en planta permite un importante aumento de la superficie de fachada, con lo que se aumenta el factor de forma y se consigue un mejor enfriamiento del interior de forma natural.

La apertura de huecos en fachadas opuestas permite la ventilación cruzada de todas las estancias. Los techos tienen una altura libre de 350 cm para que el aire caliente embolsado en la parte superior pueda ser evacuado por las corrientes naturales de aire.

El edificio se encuentra ligeramente elevado respecto del terreno, lo que

favorece la captación de brisas.

- Se previó la instalación de aire acondicionado en las estancias cerradas de gran aforo y en las que se prevea el uso de material que pueda ser dañado por la temperatura y la humedad (salón de actos, la bibliotecas y las oficinas).
- **Soleamiento e iluminación.** Teniendo en cuenta la latitud –casi en el ecuador– el sol se encuentra prácticamente en la vertical al mediodía, durante todo el año, hay una intensa radiación solar: directa en días despejados, y difusa en los nubosos, que provoca una excesiva y molesta luminosidad. Para evitarlo se protegen los huecos con lamas de madera graduables. El lucernario central traslúcido permite una iluminación constante y difusa en el interior del

patio.

Las dos «cajas» se abren al patio interior con una fachada de vidrio moldeado que aumenta sensiblemente la iluminación natural en el interior de las habitaciones y que minimiza el mantenimiento de las hojas practicables.

- **Lluvia.** En la épocas de lluvias las precipitaciones son continuas y en la «sequilla» son habituales las tormentas torrenciales. Para la solución de cubierta se recurre a grandes vuelos en los aleros y limatesas en la unión de los faldones (con gran facilidad para la impermeabilización), el agua se recoge en un sistema de drenaje perimetral en la acera del edificio, debido a la dificultad de limpieza y mantenimiento no se emplea canales.

## MATERIALES

En la medida de lo posible se recurrió a materiales locales: arena, grava, madera, piedra volcánica.

El siguiente orden de prioridad se dio a los materiales que se encuentran «en plaza» para evitar la importación, facilitando el mantenimiento o reposición: cemento, tubos de acero galvanizado, barras de acero corrugadas, pinturas antihumedad y antimoho, vidrio sencillo de 5 mm, solados y alicatados de gres, material de fontanería, aparatos sanitarios... Sólo en último caso se recurrió a importar material debido al coste, las dificultades de la gestión aduanera y el riesgo de retrasar los plazos de





terminación. Se importaron piezas especiales de acero inoxidable para la sujeción de la estructura de la cubierta, la chapa lacada con sus tirafondos, el policarbonato del lucernario, el vidrio moldeado, el material eléctrico y los equipos de aire acondicionado por razones de calidad y seguridad que no se habrían podido lograr con los productos locales.

Todos los materiales presentaron garantías de calidad o fueron objeto de ensayos en laboratorios homologados.

La cimentación y estructura del edificio son de hormigón armado, con zapatas aisladas, y pórticos convencionales que sirven de basamento para la estructura de la cubierta. Ésta es un entramado de «Palo rojo», madera tropical muy resistente y dura, especialmente indicada para ambientes húmedos exteriores y con gran durabilidad a ataques de hongos y xilófagos.

Los forjados son unidireccionales con viguetas de hormigón armado y bovedillas de cemento. La fábrica es de bloque de hormigón confeccionado a mano a pie de obra. La terminación de la cubierta es de chapa lacada (de 0,6 mm de espesor y 42 mm de altura de cresta), de mejor calidad que la que habitualmente se usa en la ciudad pero con un color similar al del resto de los edificios de la ciudad (rojo-teja).

El lucernario central se realizó con placas de policarbonato de 16 mm, de color blanco-hielo resistente a las

lluvias torrenciales y golpes de viento, además de que tamiza la radiación solar directa.

La carpintería y las lamas para protección solar son de madera de Palo rojo en consonancia con la estructura de la cubierta.

En las fachadas exteriores se colocó vidrio sencillo en las ventanas y en los huecos de las fachadas interiores se colocó vidrio moldeado traslúcido, de dimensiones 20x20 cm.

### Estructura de Palo rojo\*\*

La cubierta se diseñó pensando en un sistema de «mecano» con piezas manejables por un máximo de 4 trabajadores que se pudieran elevar por medio de maquinillos o «güinches» ya que no era viable la contratación e instalación de una grúa.

#### • Diseño

Se eligió esta madera por tres razones principalmente:

- Facilidad de obtención en bosques

próximos a la ciudad, en plazos y precios razonables

- Resistencia y durabilidad, con garantía de un mantenimiento prácticamente nulo.

- La estética de su coloración. Si bien el atractivo color rojo intenso dura escasamente unas semanas, se trató y barnizó previamente a su oscurecimiento para conseguir finalmente un color pardo-rojizo menos apagado que en las obras tradicionales.

Se diseñó una estructura triangulada-armiostrada, simétrica en los dos ejes del rectángulo perimetral de manera que la azotea quedase diáfana.

Los palos descansan en dados de hormigón de 25x25 cm que separan la madera del suelo a 20 cm de altura y a los que se fijan con anclajes de acero inoxidable.

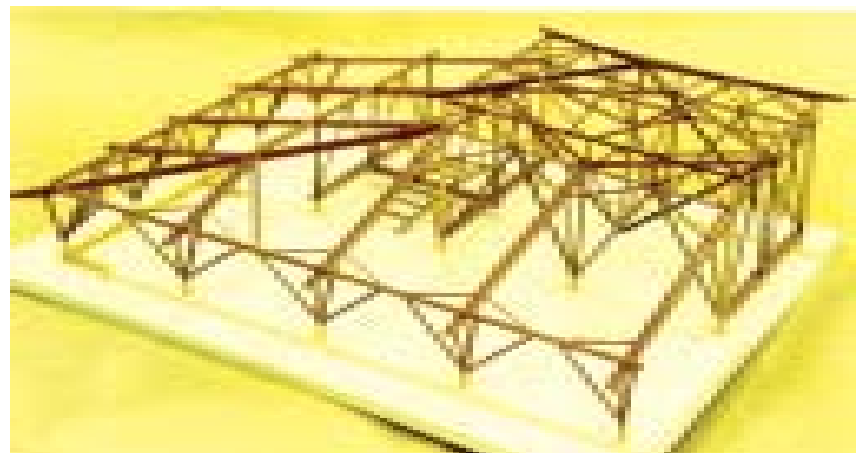
El lucernario se elevó 1,10 m respecto de la chapa para permitir la evacuación del aire sobrecalentado de la zona superior.

#### • Cálculo

Se utilizaron los siguientes valores medios (para madera libre de defectos):

|                                    |                         |
|------------------------------------|-------------------------|
| Densidad:                          | 775 kg/m <sup>3</sup>   |
| Flexión estática:                  | 135 N/mm <sup>2</sup>   |
| Módulo de elasticidad              | 12500 N/mm <sup>2</sup> |
| Compresión axial                   | 60 N/mm <sup>2</sup>    |
| Cortante:                          | 7,8 N/mm <sup>2</sup>   |
| Peso propio (estructura y acabado) | 100 kg/m <sup>2</sup>   |
| Sobrecarga de uso                  | 100 kg/m <sup>2</sup>   |

Debido a la proximidad a la costa y la existencia de «tomados» (realmente *líneas de turbonada*) una o dos veces al año, la característica decisiva en el cálculo fue la velocidad del viento y la posibilidad de *efecto venturi* con la consiguiente elevación de la cubierta.





Se resolvió comprobando especialmente las tensiones de tracción-succión de los vientos, siguiendo las directrices del Eurocódigo nº5.

Velocidad de viento (máximo) 100 km/h

Lluvia (máximo) 200 l/m<sup>2</sup>·h

Finalmente se calcularon las secciones necesarias para la colocación de los pernos de unión y se unificaron dimensiones, resultando un total de 750 piezas con secciones comprendidas entre 6 x 8 cm y 10 x 35 cm. Con un volumen total de 50 m<sup>3</sup> para los que fueron necesarios consumir 100 m<sup>3</sup> debido a los cortes y mermas, aunque parte de la madera sobrante se usó para otros trabajos en carpintería, falsos techos y decoración.

#### • Fijaciones

Realmente es la parte más importante de la seguridad de la estructura de la cubierta. No sólo por su función de atado y resistencia, sino por la necesidad de durabilidad en un clima tan agresivo para el acero.

#### • Anclajes

Son las piezas que unen la madera a la estructura de hormigón. Se recurrió a una solución de chapas y pletinas vistas, unidas a la madera por pernos pasantes con rosca y tuerca. El material elegido fue el acero inoxidable, tratado con chorro de arena y acabado con pintura epoxi-poliéster transparente. Se optó por la solución vista para poder hacer inspecciones periódicas de comprobación de las uniones sin ningún esfuerzo y como solución estética, además de simplificar los cortes y empalmes de los palos.

Se dibujaron y calcularon con un sistema informático que garantizase su exactitud para el acoplamiento con las piezas de madera cortadas en Guinea. Se hicieron en España, cortadas con láser y unidas en taller con soldadura continua de hilo de acero inoxidable de 1 mm. Fueron necesarios un total de 1.300 kg.

#### • Tornillos para la chapa

Igualmente de acero inoxidable, con cabeza autotaladrante con arandelas para la estanqueidad, resistentes a la acción de la radiación solar, colocados en el valle de la chapa para garantizar la impermeabilidad con la arandela y



reducir el brazo de palanca para que la cabeza sufriera menos oscilaciones con los fuertes empujes de viento.

#### • Fijaciones del lucernario

Pestañas de acero inoxidable unidas a la madera con tornillos del mismo material previo taladro en las correas.

#### • Tala y confección de las piezas

Se aprovechó la época de tala permitida de Palo rojo ocho meses antes de su puesta en obra. Se apilaron en un aserradero de Niefang (interior del país) y allí se hicieron los primeros despieces y cortes para eliminar la mayor parte de la albura, posteriormente se trasladaron a la carpintería de Bata donde se confeccionaron las piezas definitivas.

#### • Tratamiento y secado

Inmediatamente después de la tala y corte se procedió a impregnar la

madera con un tratamiento de fondo insecticida que no altera su color. Tradicionalmente se venía usando la impregnación con petróleo o brea pero esta solución -además de contaminante- ennegrece la madera y no era posible para la solución de estructura vista.

En la carpintería se le dio otro tratamiento de fondo con barniz incoloro antes de dejarla secar durante seis meses hasta alcanzar una humedad del 15-20%. Antes de la puesta en obra se le dio una primera mano de acabado con barniz de poro abierto y, finalizado el montaje, la última mano de barniz, también incoloro.

#### • Puesta en obra

El Palo rojo no presenta riesgos de deformaciones o fendas durante el secado, con lo que su encaje en las placas, confeccionadas en España, fue



sencillo y sin correcciones en obra, a pesar de que algunas piezas presentaban una humedad superior a la fijada en proyecto.

Debido al sistema manual de extracción en el bosque, la máxima longitud de la madera era 5,50 m (excepcionalmente se obtuvo alguna de 6,50 m) por lo que hubo que realizar numerosos empalmes entre piezas hasta conseguir longitudes totales de hasta 16 m. La media de las piezas rondaba los 3,75 m de longitud con un peso medio de 50 kg (con mínimos de 10 kg y máximo de 135 kg).

Se montaron las cerchas principales en el suelo de la azotea y con poleas y «güinches» se colocaron en su posición definitiva.

Una vez concluido el esqueleto principal se atornillaron las correas para la fijación de chapa y policarbonato.

#### • Mantenimiento

El mantenimiento de la estructura es mínimo, una limpieza periódica, inspección visual de los anclajes y pequeños retoques del barniz de acabado en zonas puntuales.

Las únicas zonas que requieren un barnizado anual son las lamas de la



carpintería exterior, debido a su continua exposición al sol y la lluvia.

### Carpintería


Para la carpintería se usó el mismo tipo de madera de Palo rojo. Para el interior, puertas macizas y para el exterior, ventanas abatibles con tres hojas de eje vertical.

Dado que las dependencias podían sufrir cambios de uso y poder usarse con o sin aire acondicionado, solucionando además los tres principales inconvenientes del lugar: los mosquitos, la entrada de agua de lluvia con viento y la seguridad frente al robo. Se ideó una carpintería formada por cuatro elementos superpuestos cuya combinación abierto-cerrado permite el uso del edificio en cualquier circunstancia con unas buenas condiciones de confort.

Desde el exterior al interior en el cerco se colocaron:

- contraventanas de madera, tipo «mallorquina» de lamas móviles. Las lamas de 8 cm de ancho con eje de madera en los extremos y varilla central unida por cáncamos a las lamas permiten la gradación de la luz natural

hasta el total oscurecimiento y evitan la entrada de agua de lluvia cuando las ventanas están abiertas, permitiendo la ventilación natural cruzada.

- rejas de tubo de acero galvanizado. Único elemento fijo de la carpintería, se redujo su diámetro lo más posible y se hizo coincidir con la modulación de las lamas para que no impidieran la entrada de luz. Los tubos galvanizados son baratos y de fácil obtención en los mercados guineanos, y se comportan muy bien ante la oxidación. A pesar de eso se les dieron dos manos de minio y pintura de acabado.
- hoja abatible con tela mosquitera de plástico y que ayudan a tamizar la radiación solar directa. Abatibles para poder manipular las lamas.
- hoja de vidrio sencillo que redujo el coste de la carpintería y permitía la reposición del material sin recurrir a la importación. Permiten el uso con aire acondicionado 

\* NOTA: Los datos meteorológicos se han obtenido de:

- Capuz Bonilla, Rafael: «Guía meteorológica de las provincias de Guinea». Edita: CSIC. Madrid, 1961

\*\* NOTA: Los datos técnicos se han obtenido de:

-VVAA, «ESPECIES DE MADERAS para carpintería, construcción y mobiliario». AITIM. Madrid, 1997  
- Fidalgo de Carvalho, Manuel: «Maderas comerciales de Guinea Ecuatorial». Edita: CSIC y Cooperación Española. Madrid, 1996

#### Descripción y características del material

La madera utilizada en toda la estructura y carpintería es el Palo rojo. También se llama Padouk de África y el nombre científico es «*Pterocarpus soyauxii* Taub». En las lenguas locales: Kuoj (bubi), Ebeul (fang) o Esyio (ndowe). Crece en el bosque ecuatorial húmedo, procede de un árbol de hasta 40 m de altura, de crecimiento rápido, con troncos de hasta 25 m y diámetros de 1,30 m. Es una especie propia del bosque virgen, abunda en la región de Río Muni (zona continental de Guinea Ecuatorial) y apreciada también por los fang por la aplicación medicinal de su savia. Tiene la albura y el duramen muy diferenciados:

- La albura es de color blanquecino y fácilmente atacable por hongos y termitas.
- El duramen, de color rojo-sangre muy vivo en el momento de la tala y el aserrado, pero que en contacto con el aire y transcurridas dos o tres semanas comienza a oscurecerse hasta tomar una coloración parda muy oscura. Es muy dura, densa y durable.

Madera de grano grueso y fibra recta o ligeramente entrelazada. Habitualmente utilizada en construcción naval, puentes, carpintería interior y exterior, parques o ebanistería. Se trabaja fácilmente pero requiere equipos de gran potencia. Es necesario realizar taladros previos para clavarla o atornillar con tornillos y maquinaria especial.

Texto: Pablo Mosquera. Arquitecto

Fotos: Ángel Gacía Valer y Pablo Mosquera

Maqueta: Hugo Elvira Zimmermann. Arquitecto

Situación: Avenida de las Naciones Unidas (Paseo

Marítimo) Bata. República de Guinea Ecuatorial

Propiedad: **AECI Agencia Española de**

**Cooperación Internacional** M° de Asuntos Exteriores

Arquitecto Técnico Supervisor: Ángel García Valer

Autor del Proyecto: Eco-Planning Consulting

Internacional, S.L.

Arquitecto: diseño y dirección de obra, Pablo

Mosquera Arancibia

Director Gerente: Erhard Rohmer

Empresa constructora: **Construcciones Macías Trujillo**

Director: Eduardo Macías Santana

Jefe de Obra: Félix López Santana

Presupuesto de contrata: **128.827.946 ptas.**

**(774.272 euros)**

Superficie construida: **2.550 m<sup>2</sup>**

- Sótano: 800 m<sup>2</sup>

- Superficie cubierta y cerrada: 950 m<sup>2</sup>

- Superficie cubierta y abierta (patio y azotea): 800 m<sup>2</sup>

Protección y tratamiento: Xylazel, S.A.

