

Vía experimental arquitectónica.

Proyectos ecobioconstructivos sostenibles con tierra estabilizada en España

Desde 1992 el autor de la Tesis dirige su proyectación hacia la Construcción Sostenible con Tierra, iniciándose primeramente en Iberoamérica, pero que posteriormente desembocaría en la necesidad de demostrarlo aquí, en los países del Norte.

(Ver. <http://gabibarbeta.eresmas.com>)

Estos proyectos integran:

1. Diseño bioclimático para máxima adaptación al clima local, a la vegetación y al paisaje (Utilización de invernaderos, muros trombe, patios interiores, porches, aleros, cubiertas ajardinadas, según las necesidades.)
2. Consideración de la influencia de los campos electromagnéticos y geo-magnéticos.
3. Calefacción sana de muros radiantes con precalentamiento solar del agua.
4. Recogida de las aguas pluviales y de las aguas grises (bañera, cocina, ducha.)
5. Utilización de energías renovables (placas solares, colectores, molinos de viento.)
6. Materiales y tecnologías bioconstructivas sostenibles.

Esto se refleja en la utilización e investigación de las siguientes tecnologías:

- hormigones de tierra estabilizada
- bloques de tierra o runa comprimida con prensa hidráulica
- aislamiento con corcho triturado
- madera reciclada o de árboles autóctonos
- cubiertas con “volta catalana” o cúpulas
- armado con fibras de bambú autóctono
- pinturas naturales sin disolventes tóxicos
- tuberías reciclables de agua
- minimización de la presencia de metales
- utilización de aglomerantes de bajo coste energético: arcilla, yeso, cal, puzolanas, cementos naturales.

Las cualidades de los materiales y de las tecnologías ecobio-constructivas utilizadas aplicadas, son:

- . autóctonas
- . reciclables
- . aislantes
- . no tóxicas
- . transpirables
- . Con bajo consumo de energía en toda la vida útil del elemento constructivo(ACV.)



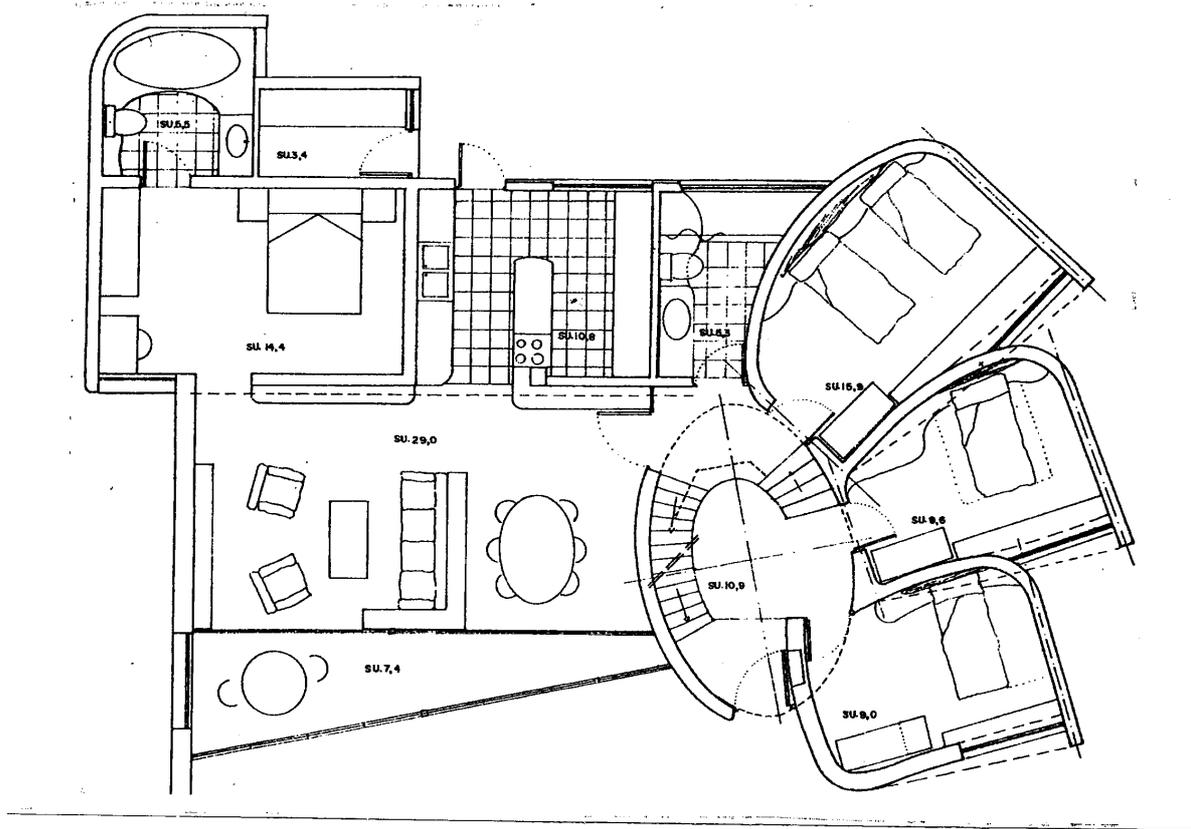
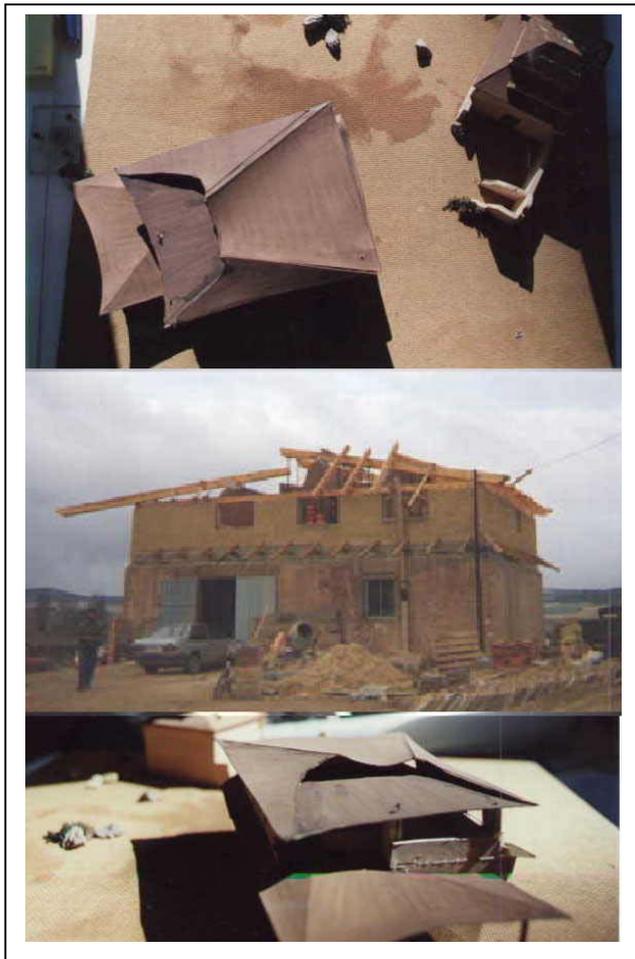


Ilustración 3
Planta vivienda unifamiliar en Stes Creus Tarragona.



b)



a)



Ilustración 4 a) Vivienda unifamiliar en Calella, Barcelona. Vistas interiores de la misma vivienda b) Vivienda unifamiliar en Astudillo, Palencia. Vistas en obra y maqueta. C) Restauración de masía en la Garrotxa, Girona. D) Proyecto vivienda unifamiliar en Pineda de Mar, Barcelona. e) Proyecto de vivienda en Nules, Castellón. f) Vivienda unifamiliar en Llíber, Alicante. g) Proyecto vivienda unifamiliar en Castellón.

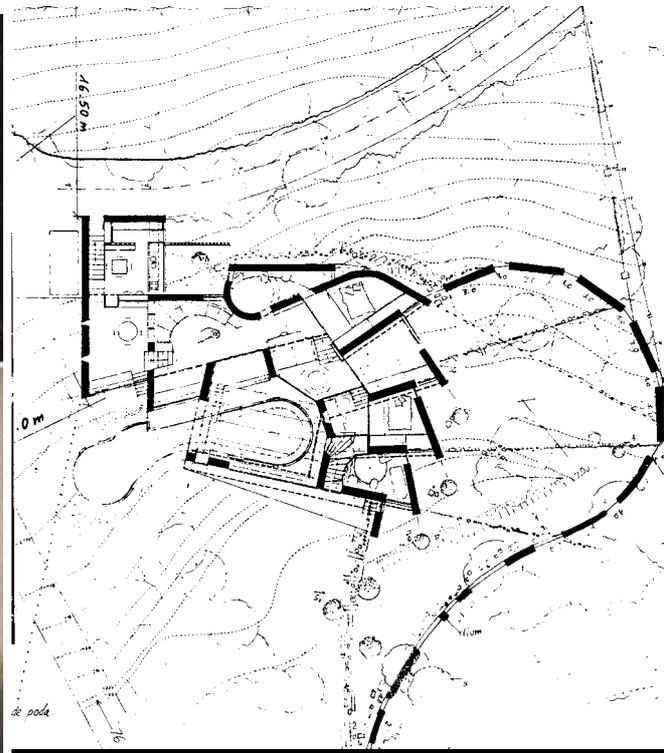
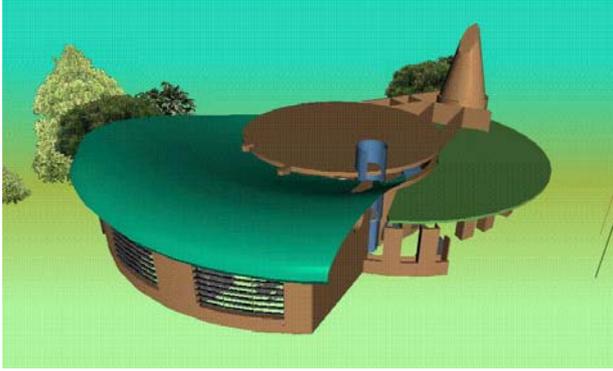


Ilustración 5 a) Proyecto de biblioteca pública en Palafolls, Barcelona. b) Vista interior comedor-sala, proyecto de vivienda unifamiliar en Castellón. c) Vivienda unifamiliar en Corbera, Barcelona, vista maqueta, interior sala-comedor y planta general.

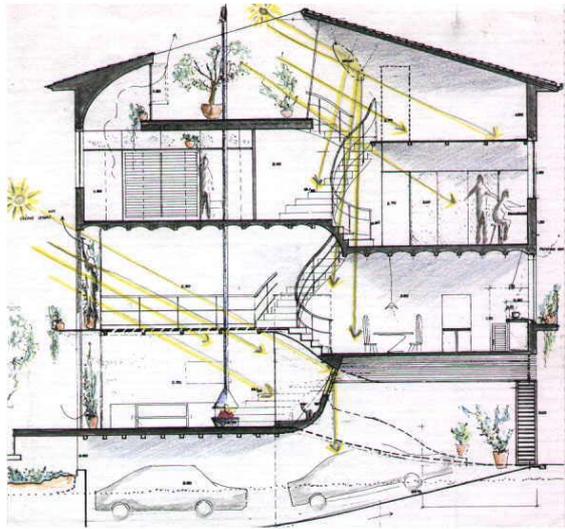


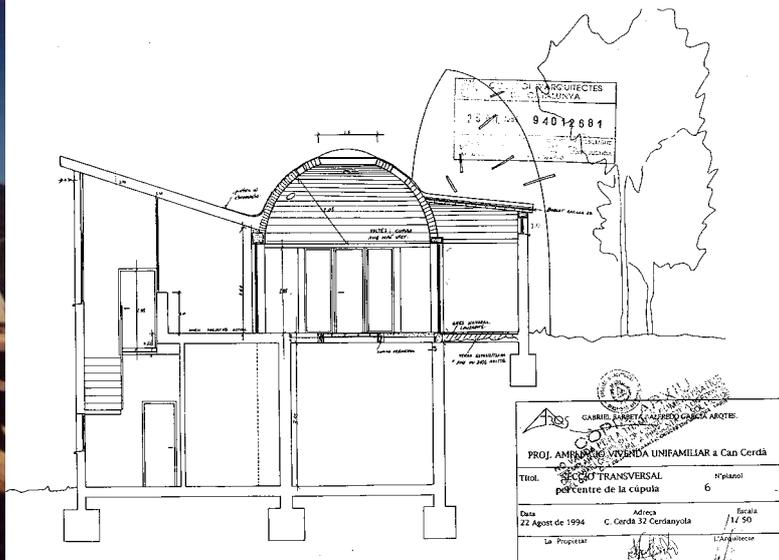
Ilustración 6 Proyecto de vivienda bioclimática con muros de adobe en Montmeló, Barcelona. Sección explicativa de radiación solar total. Bóveda a la catalana aislamiento garaje.

Sistemas Tecnológicos experimentales propios

Muros de tapial comprimido mecánicamente



Solución en cúpula gunitada con mortero yeso-cal-tierra



PROJ. AMPLIACIÓ VIVIENDA UNIFAMILIAR a Can Cerdà		
Títol:	SECCIÓ TRANSVERSAL pel centre de la cúpula	Nº planol: 6
Data:	22 Agost de 1994	Adreça: C. Cerdà, 31 Cardanyola
La Propietat:		Escala: 1/4 50 L'Arquitecte:



Bovedilla prefabricada tierra-corcho-bambú

Más próximo a nosotros tanto geográficamente como cronológicamente hablando, es el Proyecto Final de Carrera del Sr. Enric Cervera, que cursó los estudios de Arquitectura Superior en la Universidad Politécnica de Catalunya. Estudió básicamente la resistencia de



unos entrevigados de hormigón de tierra estabilizada reforzados con caña de bambú, que se utilizaban en la construcción de una vivienda particular unifamiliar.

Este entrevigado se había de colocar en un forjado unidireccional de viguetas de madera y tenía que hacer la función de elemento de relleno al mismo tiempo que de elemento



resistente que transmitiera las cargas a las vigas, y estas los correspondientes muros que les soportaban. Esta pieza de entrevigado iría apoyada directamente sobre las vigas de madera por medio de unos encajes. Está reforzado con dos cañas de bambú de 4 cm. De diámetro, que serán las que absorberán la mayor parte de la carga que gravite sobre el elemento.

Después de hacer unas pruebas con diversas dosificaciones, la dirección facultativa de la obra optó por la siguiente dosificación en el momento de hacer el hormigón de tierra.

13.3 % en volumen de yeso.



6.6 % en volumen de cal.

20.0 % en volumen de corcho, para aligerar el peso del elemento

60.0 % que queda, de tierra extraída del mismo lugar de la obra.

La cantidad de agua fue la necesaria con el fin de conseguir una buena plasticidad para que fueran bastante moldeables y para que recubriera completamente las cañas de bambú una vez dentro del

molde, ya que el proceso de fabricación de los entrevigados es manual.

Así pues se construyeron tres piezas para ensayar y comprobar sus resistencias. La primera no presentó ningún problema una vez terminado el curado, pero en las otras dos aparecieron unas grietas posiblemente debidas a los efectos de la retracción, tal y como apunta el autor del proyecto: “Pero en las otras dos (la 2 y la 3), el operario utilizaría más agua para amasar el hormigón, porque tenían grietas por retracción de hasta 2mm.” Para moldear, se amontona tierra en la mesa de la prensa para que haya siempre tierra a mano. En el fondo del molde se coloca una planchita de contrachapado y se llena el molde con tierra húmeda. Se cierra la tapa y se baja la palanca con fuerza. La presión de 10 a 20 Kg/cm², reduce a la mitad el volumen de tierra.



Al aflojar la presión, se abre la tapa por sí sola. Se sigue bajando la palanca y sale el bloque del molde.

Por último se pone el bloque con la planchita en la segunda mesa, de donde se lleva al lugar de secado.

Con este sistema se pueden producir 120 bloques de 28x18x9 cm, cada hora. El bloque de tierra prensada está duro al salir de la prensa que se puede coger sin

problemas. Se pone de canto y se recupera la planchita de contrachapado para el siguiente bloque.

Tras la Segunda Guerra Mundial, y por razones obvias de reconstrucción, se empezó a estudiar de manera científica la Tierra como material de construcción para ejecutar elementos horizontales de forjados.

Éstos se ejecutaron con tierra estabilizada con 70Kg/m^3 de paja (40% en volumen) y refuerzos de madera de 3cms de diámetro (5cm^2), previamente sumergidos en agua o en el mismo barro de la mezcla. Los elementos fueron:

- Paneles para la formación de cajones de 100 x 25cms.
- Dinteles de puertas y ventanas de hasta 1.2m de luz.
- Entrevigados para forjados de 70x32x11 cms. (Resistencia máxima de 450Kg y una flecha central de 18mm.)

Entrevigados armados con bambú.



El bambú representa un tipo de armado para la Tierra de gran interés debido a su bajo coste económico y medioambiental, a su facilidad de obtención, su alta resistencia, su amplia distribución geográfica, y la posibilidad de poder sustituir al acero en elementos traccionados o a flexión. Como inconvenientes resalta el cambio dimensional que experimenta el bambú al absorber humedad, hinchándose durante el curado del hormigón, comportando la fisuración del elemento antes que éste entre

en carga. Al secarse, tras el curado, el bambú recupera su dimensión inicial, lo cual provoca una pérdida de adherencia entre los materiales presentes, ya agravada por la finura de la superficie de la caña y la falta de protuberancias.

En una viga que contiene un 3.5 % de los listones de bambú maduros tratadas por inmersión con una capa de resinas epoxi y arena, mientras que en otra que tiene un 4.53 % de los listones de bambú maduros tratados por inmersión y otra con 4.5% de caña de bambú entera verde, observaremos que el resultado es mucho más efectivo en la primera que en las otras dos.

También se compararon las respuestas estructurales a flexión, de las vigas reforzadas con bambú en aquellas hechas con hormigón armado, y se ha podido constatar que tienen un comportamiento muy similar. Se ha observado que el comportamiento de elementos antes de la ruptura es lineal, encara que el bambú no hace variar sustancialmente este punto en comparación con el valor que daría si no se hubiera reforzado.

Aún siendo bastante relativo, la función del tratamiento que se haya hecho a la caña con tal de conseguir una mejor adherencia entre los dos materiales, algunos autores que han utilizado mejores tratamientos han comprobado una mejora substancial del punto de rotura en cambio otros han observado reducciones de este punto.

Lo que también se ha podido observar es que después de la rotura la relación entre la carga y la deformación se mantiene más lineal como más es el porcentaje de bambú.

Respecto a las losas de hormigón reforzado con bambú, tanto como las que están reforzadas en un sentido como las que están en los dos sentidos del plano, hemos de decir que su comportamiento es muy parecido al de la viga. Debido a los pocos esfuerzos cortantes que han de soportar, comparado con las vigas, no se ha dado importancia a los problemas de adherencia entre el hormigón y la caña de bambú, casi despreciándolos. La relación carga deformación se ha visto que es muy similar a las de las vigas.

Lo que sí que se ha observado en las losas que trabajan bidireccionalmente es la aparición de unas líneas más débiles que siguen un modelo muy similar al de aquellas construidas con hormigón armado.

Parece ser pues, que tanto unas como otras, las “unidireccionales” y las “bidireccionales”, se pueden diseñar siguiendo las mismas bases que las vigas. A diferencia de estas la cantidad de bambú que se ha de colocar, se habrá de restringir debido a la falta de lugar. También tenemos datos de un sistema mixto de construcción, en que se ha utilizado la caña de bambú, concretamente la especie *Guadua angustifolia*, una de las más resistentes, para reforzar y aligerar los componentes estructurales de la edificación. Estos estudios se llevaron a cabo en Perú, a finales de la década de los ochenta, y culminaron con la creación de un sistema constructivo llamado COV-2.

Dentro de este sistema se habla de forjados de hormigón reforzado con caña de *guadua*, tanto de inclinados como de horizontales, como de losas de escalera.

Los forjados están constituidos por un elemento continuo de hormigón reforzado y aligerado con caña guadua, armado en una sola dirección en función de los apoyos diseñados. Para aligerar la placa, se utiliza la caña guadua entera colocándola transversalmente en las paredes soportes, en un solo sentido, apoyada y anclada a la cadena superior dando rigidez a la estructura.

Para dar continuidad total a la estructura se añade una doble armadura que consiste en una malla inferior y superior de láminas de caña guadua sujeta a las cañas enteras, armadura de los nervios y anclada a los refuerzos de mampostería y cadena superior.

Los datos que los autores de este sistema dan respecto al comportamiento de la caña guadua por si solas y formando parte del forjado son las siguientes:

- esfuerzo de rotura a tracción promedio de las láminas de 1513 Kg/cm^2 .
- módulo de elasticidad promedio de $2623 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$.
- ensayos de adherencia (esfuerzo promedio):
- lámina seca - 6736 Kg/cm^2 .
- lámina húmeda - 5010 Kg/cm^2 .

El ensayo de una losa simplemente apoyada sobre muros de fábrica de ladrillo de 1.5×3.0 m, con un área de 4.5 m^2 , curada durante 28 días tal y como establece la ACI. Su carga fue progresiva hasta los 754.8 Kg/m^2 , momento en que aparecieron las grietas, que no aumentaron, aún así, llegando a una carga de 1800 Kg/m^2 . Los resultados según el artículo 318-83 de la ACI, son:

- flecha experimental de $52 \times 10^{-2} \text{ mm}$.
- flecha admisible de $75 \times 10^{-2} \text{ mm}$.

Este es un sistema que hace servir el bambú casi de la misma manera que se utiliza el acero, pero no es el único del que tenemos noticia, ya que no es un tema poco estudiado sino todo lo contrario, y se ha llegado al punto de “armar” el bambú de la misma manera que se hace con el acero.

Unos estudios hechos por el Cibam, en que se demuestra que el esfuerzo del bambú posee muy buenas características mecánicas. Como hecho anecdótico queremos decir que se inspiraron en la tecnología china de construcción de puentes colgantes. Se trata de utilizar láminas de bambú de poca sección, doblándolas y atándolas entre sí. El principio es el mismo que el de una armadura clásica, con los estribos situados a la separación correcta, y el resto de la puesta en obra es exactamente igual que si fuera para hormigón armado.

Hasta hace relativamente pocos años, tanto la tierra como la caña de bambú eran materiales de construcción que no tenía ningún tipo de relación entre ellos, a parte del simple hecho que tanto uno como el otro se extraían directamente de la naturaleza. Pero a partir del momento en que se empezaron a entrecruzar las posibilidades de la tierra, y una vez se conocieron las grandes capacidades resistentes del bambú, se empezó a pensar en éste como posible refuerzo de estructuras hechas con hormigón de tierra estabilizada.

Todos los tipos de tierra que tengan un índice de plasticidad entre 6.5 y 11.0, y que su contenido de arena no sea inferior al 40%, se puede utilizar para hacer hormigones de tierra, con la adición de un 5 y un 15 % del cemento, o de algún otro conglomerante (yeso, cal,...) Se ha constatado que la durabilidad y la vida del bambú tratado es del mismo orden que la de los hormigones de tierra, y los coeficientes de dilatación térmica de ambos materiales no son demasiado diferentes, cosa que hace que a priori podemos decir que han de trabajar bastante bien de una manera conjunta.

Así pues lo que se ha estudiado, y de lo que tenemos datos, es el comportamiento de las vigas de hormigón de tierra reforzadas con caña de bambú. Estos autores han visto lo que era necesario, con tal de prever lo que eran las fisuraciones antes de que la viga entre en carga, de limitar el contenido de las cañas de bambú a un 1.5 % de la sección que al mismo tiempo deberá estar recubiertas correctamente y con una suficiente separación entre ellas. De todos los resultados que se han obtenido, se ha podido comprobar que la carga de rotura no está muy afectada ni por el porcentaje de bambú, ni por la cantidad de cemento utilizado. Por otra parte sí que al aumentar el contenido de cemento se puede ver como también aumenta la carga máxima, posiblemente sea una consecuencia de una mejora en la adherencia entre el bambú y la matriz de hormigón de tierra estabilizada. Casi en todos los ensayos realizados la rotura se produjo como consecuencia de una pérdida de adherencia o bien a causa del cortante.

La decisión de medidas para mejorar la adherencia ha tenido como resultado una mejora en los esfuerzos soportes.

Uno de estos autores que han estudiado los hormigones de tierra reforzados con bambú, concretamente las vigas, determinó una fórmula con el fin de encontrar de una manera simple de encontrar el momento último que puede soportar una viga de este tipo a flexión, teniendo en cuenta la naturaleza inelástica de la tierra:

$$M_u = A_b F'_b (d - 0.5 n)$$

donde A_b = área del refuerzo de bambú

f'_b = tensión del bambú en el momento en que se pierde la adherencia.

d = profundidad en que se encuentra el refuerzo

n = profundidad de la línea neutra = $A_b F'_b / F_c$

F_c = mediana de la tensión a compresión.

B = anchura de la biga.

Se ha podido comprobar que es un método bastante ajustado para predecir la carga máxima. Se aconseja utilizar un factor de seguridad del 2.2 o del 3.0 para encontrar el momento útil. A diferencia de las vigas de hormigón reforzadas con bambú, se ha visto que las de hormigón de tierra, poseen una gran capacidad para deformarse al llegar al punto de carga máxima, posiblemente debido a la redistribución de los esfuerzos en la zona de compresión. Más próximo a nosotros tanto geográficamente como cronológicamente hablando, es el Proyecto Final de Carrera del Sr. Enric Cervera, que cursó los estudios de Arquitectura Superior en la Universidad Politécnica de Catalunya. Estudió básicamente la resistencia de

unos entrevigados de hormigón de tierra estabilizada reforzados con caña de bambú, que se utilizaban en la construcción de una vivienda particular unifamiliar.

Este entrevigado se había de colocar en un forjado unidireccional de viguetas de madera y tenía que hacer la función de elemento de relleno al mismo tiempo que de elemento resistente que transmitiera las cargas a las vigas, y estas los correspondientes muros que les soportaban.

Esta pieza de entrevigado iría apoyada directamente sobre las vigas de madera por medio de unos encajes. Está reforzado con dos cañas de bambú de 4 cm. De diámetro, que serán las que absorberán la mayor parte de la carga que gravite sobre el elemento.

Después de hacer unas pruebas con diversas dosificaciones, la dirección facultativa de la obra optó por la siguiente dosificación en el momento de hacer el hormigón de tierra.

13.3 % en volumen de yeso.

6.6 % en volumen de cal.

20.0 % en volumen de corcho, para aligerar el peso del elemento

60.0 % que queda, de tierra extraída del mismo lugar de la obra.

La cantidad de agua fue la necesaria con el fin de conseguir una buena plasticidad para que fuera bastante moldeables y para que recubriera completamente las cañas de bambú una vez dentro del molde, ya que el proceso de fabricación de los entrevigados es manual.

Así pues se construyeron tres piezas para ensayar y comprobar sus resistencias. La primera no presentó ningún problema una vez terminado el curado, pero en las otras dos aparecieron unas grietas posiblemente debidas a los efectos de la retracción, tal y como apunta el autor del proyecto: “Pero en las otras dos (la 2 y la 3), el operario utilizaría más agua para amasar el hormigón, porque tenían grietas por retracción de hasta 2mm.”

A continuación el autor explica como son estas grietas y el porqué de descartar una de ellas. “ La pieza de entrevigado 2 presenta una grieta rodeándola transversalmente marcada por el medio. La número 3 presenta una grieta longitudinal en los dos lados señalando el armado. El elemento 1 es el de, mejor calidad. Soportó una carga máxima de 390 Kg, con una deformación de 53 mm. , a partir de este punto la tierra y el bambú dejaron de trabajar conjuntamente, pasando a soportar toda la carga las dos cañas, una de las cuales rompió los 2.720 Kg. El segundo entrevigado resistió hasta los 210 Kg., con una deformación de 10 mm. A partir de aquí empezaron a trabajar las cañas solas, hasta que al llegar a los 380 Kg una de ellas se rompió.

Debemos destacar que se había previsto, a la hora de hacer los cálculos, que el bambú soportara toda la carga, se había supuesto 100 Kg., con una deformación máxima de 1/33 de la luz, que si recordamos era de 94 cm, con lo que nos da una deformación máxima de 285 mm.

Para finalizar citamos las conclusiones a que se llegó:

“ El caso más desfavorable de los dos elementos de entrevigado ha estado la pieza nº 2 que ha roto soportando una resistencia de 210 Kg/cm². El coeficiente de seguridad obtenido es de 210 Kg. (rotura)/105 kg(fL-88)=2, que es insuficiente.

En realidad una pieza como esta con fisuras de hasta 2 mm de grosor por mala elaboración (amasado con masa agua), se ha de descartar, sin duda en un control de puesta en obra. En el elemento nº1, en que pude controlar la construcción, la pieza estaba en buenas condiciones y, de hecho, ofreció unos resultados doblados. Su rotura se produjo a los 390 Kg/ cm² que, dividido por la carga, nos da un coeficiente de seguridad de 3.71. Este valor

del coeficiente, en construcciones con materiales tan variables, se habría de conservar como mínimo.

El armado de bambú estaba sobredimensionado para que pudiera soportar los 100 Kg. de resistencia mínima y la flecha máxima del entrevigado. Los bambús que se rompieron lo hicieron a resistencias de 2.720 Kg. (una caña del primer entrevigado) y 380 Kg. (una caña del segundo).

Aunque se hayan quedado dentro de un margen de seguridad, la dispersión obtenida hace que las cañas también necesiten, un control elevado y sobredimensionado para utilizarlas en la construcción.

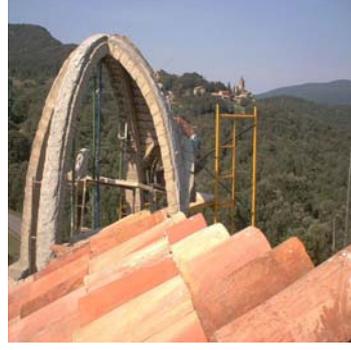
Pero de todas maneras, la pieza se rompió mucho antes que el armado obteniendo un módulo de resistencia de flexión de 8,14 Kg/cm² en el primer y de 4,38 Kg/cm² en el segundo, delante de la que se requería de 2,08 Kg/cm². Aún habiendo superado la prueba, no estaría garantizada la fabricación de estos elementos porque la dispersión falla y porqué, para tener una fiabilidad de resistencia, se habría de ensayar un muestreo más elevado. Así se podría determinar la resistencia característica para acogerse al margen de seguridad que han obtenido.



Diversas soluciones en bóveda y cúpula

-Bóveda en masa de HTE con mallazo de bambú

-Cúpulas de BTC armado con Bambú



-Bóveda catalana tabicada de alta inercia con solera de HTE (hormigón fluido de tierra estabilizada) y mallazo de bambú



Muros de hormigón fluido de tierra estabilizada con fibras



Soluciones en BTC

Proyecto de aplicación del Bloque de Tierra estabilizada.BTC y a la tranferencia de tecnología que se esta realizando a cabo desde el Departamento de Arquitectura e Ingeniería de la Construcción de la UdG y ASF (Arquitectos sin Fronteras), a varias Universidades Cubanas(Holguin, Oriente) y a la ONG Habitat-Cuba. De esta manera se establece una base más real y práctica para la construcción masiva de vivienda social con el BTC, en un país donde hay una inmensa escasez de materiales para la construcción y de energía. El proyecto consiste en diseñar una màquina, que permita una máxima automatización y producción, maniobrabilidad y facilidad de ser construida en la misma Cuba. Será una prensa hidráulica progresiva, no de impacto, que dará presiones cercanas a los 30-50Kp/cm², con producciones entre los 2000-3000 bloques día. Irá alimentada de entrada con motor diesel, a pesar del coste del fuel en Cuba, ya que el rendimiento energético es mayor que usando electricidad. Hay que considerar que los modelos de prensa con ruedas y enganche para su transporte són ideales, ya que la fabricación de bloques es generalmente en la misma obra. También sería a estudiar el integrar una cribadora o molino desmenuzador de la tierra en la misma màquina. La medida del bloque standard será de unos 29x14x14 ó 10 rectangular o trapezoidal con hendiduras para ser machihembrado en seco, però el molde del bloque debería ser facilmente cambiabile, incluso que pudiera llegar a fabricar bloques de 50x25x25 o bovedillas.

Método de Diseño Ecobioconstructivo Sostenible.

*En el diagrama de la página siguiente se pueden observar los factores principales que el Arquitecto deberá considerar para tener una visión lo más global y consciente del proyecto arquitectónico. La armonía de todos ellos llevan intrínsecamente al encuentro con la belleza y sabiduría del Universo, por encima de la presunción humana de crear. El Arquitecto actúa como canal integrador de diversas soluciones técnicas, principalmente entorno al problema habitacional Mundial, minimizar el consumo de energía y las emisiones de CO₂, para proyectar **una Arquitectura más saludable y respetuosa con el Medio Ambiente y los Seres Humanos**. El desarrollo tecnológico e industrial de este último siglo ha representado un nuevo contacto con nuevas clases de energía como la electricidad o la nuclear, materiales como el amianto, o las casi 50.000 sustancias químicas presentes en nuestros hogares. Justo ahora empezamos a conocer como repercuten en nuestra Salud y en la de la Tierra, lo cual también es responsabilidad de Arquitectos y Constructores.*

*Esta visión tan global, es la que permite analizar, antes de tomar una decisión, por ejemplo, si un elemento lo podemos realizar de madera o no. Para saberlo deberemos conocer su procedencia, si en su extracción no se supera su capacidad de autoregeneración, el impacto ambiental que se produce en todo su ciclo de vida (ACV)¹, si ha habido un consumo excesivo de energía en su transporte y distribución, o si es una tecnología apropiada a una cierta cultura y clima, etc...Es evidente que esto nos dirige a no utilizar maderas tropicales en nuestro país, o que no es totalmente sostenible importar frondosas americanas por el gasto energético en su transporte. Por ello en la sostenibilidad destaca enormemente la resolución de los proyectos a partir de lo “**autóctono**”, **recuperando y mejorando muchas tecnologías tradicionales**. Pero no hay que olvidar que las nuevas tecnologías desplazaron con cierta razón de durabilidad a las tradicionales, entre ellas el adobe, por lo cual hay que ser realistas, una verdadera alternativa constructiva sostenible debe estar de acorde con el grado alcanzado por la técnica y la calidad de vida actual. Es absurdo pretender que la gente continúe revocando sus muros de adobe anualmente después de las lluvias, o no pueda en algunos casos eliminar insectos y parásitos. La consecuencia ha sido la utilización masiva en los Países del Sur de tecnologías inapropiadas e insostenibles propias de los Países del Norte, relegando a los materiales de la zona y a su saber popular.*

La tarea no es nada fácil ya que implica recuestionarse cualquier tecnología, material o solución arquitectónica en cada caso, para cada persona, cultura, lugar o situación socioeconómica. Esto implica una base cognoscitiva científica sobre los nuevas tecnologías y materiales ecobioconstructivos sostenibles, como el material Tierra, para mejorarlos y convertirlos realmente en alternativas de calidad al grave problema mundial de la vivienda. Es de suma importancia y urgencia el elaborar investigaciones en este campo, para dar un nuevo impulso a la evolución de la Arquitectura y la Construcción.

Esta base de análisis servirá a la vez para entender el marco ecobioconstructivo de aplicación de esta tecnología en Arquitecturas más orgánicas y mediambientalmente correctas. También se utilizará para elegir los materiales que acompañaran a la tierra estabilizada en el proyecto, tanto estructurales, de instalaciones, de revestimiento, o

¹ Análisis del ciclo de vida. Dr.Fructuós Maña. ITEC. 1996

los propios estabilizantes fisicoquímicos. Por primera vez en el marco de “la Construcción con Tierra”, no se aceptaran sustancias tóxicas, que supongan riesgos para la salud, a parte de ser analizadas bajo la óptica de la sostenibilidad.

Estas bases de diseño no responden a ninguna moda o nueva tendencia, sino son simplemente una necesidad para el sostenimiento del Hombre sobre este Planeta, fruto de numerosas investigaciones y proyectos.

*A parte de la búsqueda de tecnologías apropiadas para solucionar el Problema Habitacional Mundial, en este tipo de análisis globalizador sostenible, hay que contemplar el enorme peso específico que tiene la cuestión de **la Energía** y como ésta repercute directamente en las emisiones de gases invernadero, productores de la lluvia ácida y destructores de la capa de ozono. Por ello, en estas bases de diseño, aparece la **necesidad de hacer un análisis energético del ciclo de vida (ACV) de todos los materiales y sistemas constructivos (LIFE)**² **utilizar las energías renovables, y diseñar con ayuda de la bioclimática.***

Para reducir a la mitad las emisiones de CO₂ habría que mejorar el aislamiento de los edificios y conseguir mayor autosuficiencia energética de los edificios a partir de la sustitución de la energía eléctrica proveniente de las centrales térmicas, principales emisores, por energía solar fotovoltaica, solar-térmica o eólica, o cualquier otro tipo de energías renovables y no polucionantes. Además a partir de los sistemas pasivos y activos bioclimáticos podemos ahorrar un 40%³ de energía en calefacción, y en países con cambios de temperatura menos bruscos se puede llegar hasta el 80-90%, lo cual también ayudaría a reducir las emisiones de gases por combustión de calefacciones (gas-oil, gas), o de CFC en sistemas de aire acondicionado, sin olvidar los empleados como aireantes o espumantes en aislantes como el poliestireno expandido,.Estos últimos actualmente ya tienen alternativas como mezclas de propano-butano para las neveras,

Estos sistemas bioclimáticos pasivos consisten en :

Almacenamiento térmico.

- Inercia Térmica. Aumentar la masa para amortiguar los saltos térmicos día-noche, secuenciales y estacionales. Se destaca las propiedades térmicas de la tierra para este fin.

Calentamiento pasivo

- Los muros trombe, el uso de voladizos para evitar la entrada de radiaciones solares, columnas de luz, correcta orientación de la vivienda respecto al sol como a los vientos predominantes.

- Muros solares. El uso del T.A.P "Thermosyphonic air panel"⁴, un tipo de colector aislado con superficie selectiva y vidrio sencillo, colocado en los muros sur para generar aire caliente hacia el lado norte.

² “Edificios de Alta calidad Ambiental” Aut.N.Casado COAC Ponencias I Jornadas de Construcción y Desarrollo Sostenible. Barcelona Mayo 1996 pag.139-142 Edit. CO.Arqtos.Técnicos de Barcelona

³ Proyecto Monitor, Comisión de la Comunidad Europea

⁴ " Energy design of the building of the greek National Statistical Service" Aut. G.Economides, G.Arahovitis y L.Arahovitou C.Renewable Energy Sources, Pikermi, Grecia. Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998. Pág. 273 -276Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

- *Sistemas de precalentamiento solar, mediante tubos bajo cubierta.*
- *Invernaderos, galerías.*
- *Aislantes transparentes.*

Enfriamiento pasivo

- *vidriod de baja emisividad y termovidrios.*
- *Considerar las medidas de absorción de radiación, reducción de albedo por el efecto de la integración de vegetación, la cual puede afectar en un 85-90%. Del mismo modo se produce una absorción de sustancias contaminantes, destacando especies como el pino alepensis o el olivo⁵.*
- *Utilización de sistemas híbridos de refrigeración⁶, aprovechando el enfriamiento nocturno (se estima que en climas secos y cálidos se puede alcanzar un potencial de enfriamiento de 45-220Wh/m2), colectores de aluminio de enfriamiento de aire nocturno (rendimiento 16-190Wh/m2 noche, en función de la meteorología), la masa térmica, suelos o paneles refrigerantes con agua a 15-20°C, utilización de sistemas de enfriamiento por evaporación, o preenfriamientos por el uso de aguas de ríos⁷.*
- *Utilización de sistemas de protección solar en lucernarios y ventanas con persianas venecianas⁸ o mediterráneas, o atrios de sombreado.*
- *Reducir la absorción solar mediante colores (blanco) y materiales de baja absorbanza (gravas)⁹.*
- *Ventilación forzada mediante " chimeneas solares ", "exhaust lantern" y " turbine cap"⁸, aspiradores estáticos con forma curva y aletas para impedir la entrada de polvo y polución atmosférica.*
- *Control y cálculo de la radiación solar exacta mediante método de la máscara¹⁰ o simuladores www.strath.ac.uk/Departments/ESRU/courseware/Class-mod+sim*

“Sistematizar el diseño del bloque de tierra estabilizada dentro de un nuevo camino de sostenibilidad y diseños medioambientales”, para desarrollar un nuevo y único método para la aplicación de la tierra estabilizada como material bioconstructivo actual, en el marco de proyectación que se muestra en la página siguiente.

⁵ *The Green zones in bioclimatic studies of the Mediterranean city" F. Gomez, E. Dominguez y P. Salvador. Escuela de arquitectura de Valencia. Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998. Pág. 208 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.*

⁶ *" Climate change and passive cooling in Europe".Aut.Susan Roaf, Philip Haves y John Orr. Univ.Oxford UK. Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998. Pág. 463-466 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.*

⁷ *"The Lisbon multipurpose Pavilion, Energy and Environment Concepts. Proyecto de SOM, amparado por el programa Thermie de la CEE. Aut. P.Alexandre Cardoso, Eduardo de Oliveira y F. de Almeida.Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998. Pág. 277-280 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.*

⁸ *" Integration of natural ventilation systems and factory building's architectural elements, related with thermal comfort and indoor environment air quality".Aut.T.C.F Queiroz y L.E.G Bastos Univ.F.Rio de Janeiro. Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998. Pág. 475-478 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.*

⁹ *" An Environmentally conscious house for Tamare, Venezuela". Aut. Pablo la Roche, F. Mustieres, MV.Machado, I.Oteiza, E.Saez. Univ.Zulia, Maracaibo, Venezuela. Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998. Pág. 253-256 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.*

¹⁰ *A proposal for the implementation of the solar envelope in urban planning as a concept for regulating the occupation of urban área. aut. Fernando O.Ruttikay pereira y Carlos a Nome Silva. feco@arq.ufsc.br Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998. Pág. 611-614 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.*

Factores socioculturales

Adaptar el hábitat a una manera de vivir de la gente y una tradición autónoma.

No a la internacionalización de la arquitectura.

Factores psicológicos del habitante:

espacio-luz-color.

Ambiente saludable y confortable. Tener en

Equilibrio entre el hombre y su entorno. La vivienda se considera como un organismo vivo que consume aire y energía, produciendo flujos en su interior, transpira, y produce deshechos.

Diseño Ecobioconstructivo Sostenible

Factores técnicos

Materiales

- El uso de una fuente renovable (madera⁹, corcho) no puede superar sus posibilidades de regeneración.
- El uso de un elemento contaminante (materiales con contenido energético, o químico). no puede ser superior al ritmo de su reciclaje o absorción ambiental
- Autóctonos.
- Poco transporte.
- Proceso industrial nulo o no contaminante. Minimizar las materias primas, la generación de residuos o vertidos, el impacto ambiental y los consumos energéticos durante los procesos de: extracción -producción-transporte-manufactura-construcción-aplicación-utilización-deconstrucción-desecho-reciclado-reutilización.
- Reciclables o que provengan del reciclado.
- Sin cargas electrostáticas, componentes tóxicos, alergénicos, radioactivos o volátiles. Minimizar emisión o radiación sobre el ocupante.
- Buenas prestaciones arquitectónicas:
 - Permeabilidad al vapor y a las radiaciones naturales
 - Aislamiento : higró-térmico y acústico.
 - Autoconstrucción. Facilidad.

Tecnologías

*Recuperar y mejorar la sabiduría tradicional autóctona.
Tecnologías de bajo coste apropiadas y apropiables.
Facilmente ejecutables sin demasiada industrialización.
Que permitan una fácil deconstrucción selectiva del edificio y que permita la reutilización.*

Energías

*Tecnologías de ahorro energético en todas las instalaciones. Minimizar y controlar el consumo. Uso de iluminación natural (vidrieras, lucernarios, chimeneas de luz, superficies especulares). Uso de lámparas y electrodomésticos eficientes de bajo consumo. Mejora del aislamiento y de los cerramientos. (persianas, cortinas, llambis, contraventanas)
Autóctonas y renovables que minimicen el impacto medioambiental.*

- solar-térmica
- solar fotovoltaica
- eólica
- biogas
- hidráulica.
- Geotérmica

Factores medioambientales

El hábitat no termina en la puerta de casa:

- Integración en el paisaje y adaptación a la topografía.. **LandArq/Paisajismo/Jardinería**
- Uso de la **Geobiología** ¡Error! Marcador no definido.
¡Error! Marcador no definido. Medir y considerar los campos electromagnéticos, magnético terrestre, eléctricos y otras radiaciones. Evitar líneas de alta tensión, transformadores, alteraciones telúricas
- Uso de la **Bioclimática**, adaptándose a los vientos, orientación, vegetación, y temperaturas del lugar obteniendo la máxima eficiencia energética. Ventilación natural mínima, refrigeración y Calefacción por sistemas arquitectónicos pasivos y activos, esta última por radiación, equilibrando temperaturas superficial y del aire, y el aislamiento con la masa térmica.
- Uso de la **Permacultura**.
Jardín-huerto para autoconsumo.
Utilizar cubiertas ajardinadas y plantas de interior para absorber elementos tóxicos volátiles y conseguir equilibrio iónico.
Reducción del consumo (electrodomesticos de bajo consumo, monomandos con difusor, descarga controlada de inodoros, temporizadores, goteo) y reutilización del agua.
Reciclaje de las aguas sanitarias y de lluvia-
minimizar alcantarillado-utilizar sistemas pasivos de depuración/decantación digestión/filtraje/ lagunaje.
Espacio urbano como hábitat, donde hay texturas,

¹¹ A.P.C.C. Habitatge 1996.
Josep Xercavins. Cat. UNESCO UPC. JORNADES Arq. Sostenible 1996.

Respecto a los factores técnicos, cabe considerar que ya muchos autores prescriben el síndrome del edificio enfermo, evitando el uso de materiales y sistemas de climatización que puedan provocarlo. Asimismo también es destacable cómo todos estos factores conllevan a una minimización del uso del cemento y del acero⁹, favoreciendo el uso de otros aglomerantes autóctonos y de menor impacto ambiental.

⁹ “El libro de la arquitectura natural”, David Pearson. Integral. Ediciones Oasis S.L. 1994.
“El Libro de la casa natural”, David Pearson.. Integral. Ediciones Oasis, S.L. 1991