

MEMORIA DESCRIPTIVA

MEMORIA ESTRUCTURAL

Los volúmenes proyectados cuentan el análisis y diseño de elementos de tierra apisonada y bambú (*guadua angustifolia*) descritas en diversos libros académicos, gubernamentales que hacen un repaso desde técnicas ancestrales hasta la tecnicidad de movimiento moderno y la tecnología del S.XXI, por tanto se trató de que contaran con la mayor abstracción de ambos posible sin resultar inaccesibles económicamente hablando para la población local, resultando así un modelo a seguir para la construcción natural, sostenible, económica y elegante. Todas las cubiertas vegetales son extensivas por lo que su peso máximo saturado de agua es bajo, y gracias a ello y a las ecotecnias como captación pluvial, paneles solares, reciclamiento y limpieza del agua, hay una sostenibilidad importante en el manejo de los recursos, en el detrimento de las islas de calor y aumento de biodiversidad debido a la alta re-vegetación que se plantea.

Los módulos de cultivo, producción y almacén están desplantados en una cimentación de piedra braza del lugar, unida con juntas de cemento, dadas de desplante y cerramientos de concreto armado que reciben los muros de tierra apisonada que a su vez cargan las vigas de madera y bam-

bú que sostienen la cubierta extensiva vegetal.

El perímetro de grava favorece al evitar el salpique de agua producto de la lluvia, evitando la erosión del muro bajo y la capilaridad por humedad, los vanos están cubiertos por láminas de policarbonato que favorecen una temperatura óptima dentro de la edificación, las ventanas están proyectadas en la orientación de dónde provienen los vientos dominantes, lo que nos genera vientos cruzados para la ventilación del interior. Las columnas intermedias de bambú sostienen a mitad del claro las vigas principales de madera para evitar la flexión por el peso de la cubierta verde, al ser módulos de 1 niv. no hay ninguna falla contra sismo, viento, o efectos meteorológicos. El Módulo de insectos cuenta con una cimentación de zapatas aisladas de concreto armado ligadas con cerramientos interiores, del cuál se desplanta la estructura de bambú y madera los muros cortina de policarbonato. La cubierta verde es soportada por una estructura central de vigas de bambú y por fuera una estructura de madera no portante, creando un volado amplio pero seguro.

La edificación de Exposición Hábitat de insectos



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

MEMORIA DESCRIPTIVA

MEMORIA ESTRUCTURAL

es una estructura de zapatas aisladas de concreto armada del cuál se desplanta la estructura portante de columnas y vigas de culmos de bambú que a su vez cargan una cubierta verde, los muros perimetrales son de tierra apisonada.

El edificio principal está compuesto de una estructura exterior de vigas de bambú en forma de arco que es soportada por unos dados de concreto armado. La cubierta verde es extensiva y se acopla de piso a techo, los muros divisorios son de tierra apisonada, pero lo que carga todo el volúmen son las vigas curvadas.

La cafetería cuenta con zapatas corridas de piedra braza con dalas de desplante de concreto armado y muros de tierra apisonada con cerramientos de concreto, la estructura de la cubierta es de vigas de madera simplemente apoyadas en muros, con sus diversos anclajes. Las casetas de vigilancia cuentan con una estructura de muros de tierra apisonada, cerramientos de concreto y cimentación de zapatas corridas de piedra braza con cubierta vegetal, mismo sistema constructivo y estructural que el módulo de cultivo y la cafetería,

Los humedales artificiales están contruídos so-

bre un material plástico (geomembrana hdpe), y sus diferentes capas de arenas y gravas, al igual que el estanque, y por elementos de gravedad relación agua peso, no es necesaria una cimentación o soporte estructural mayor. Los caminos del conjunto, los accesos y estacionamiento están resueltos por medio de un sistema gravalock, las cuáles son rejillas de plástico que en conjunto a las gravas vuelven el camino estable, sin hundimientos diferenciales, y permeable a la lluvia. Las cisternas son elementos prefabricados de plástico rotoplás de 10 mil litros cada una.

Las plataformas de tierra en las que están asentadas los módulos de cultivo son rellenos de tepetate, una malla de fibra de coco y tierra fértil para la propagación en la zona de plantas.

Por tanto el movimiento de tierra es el siguiente:

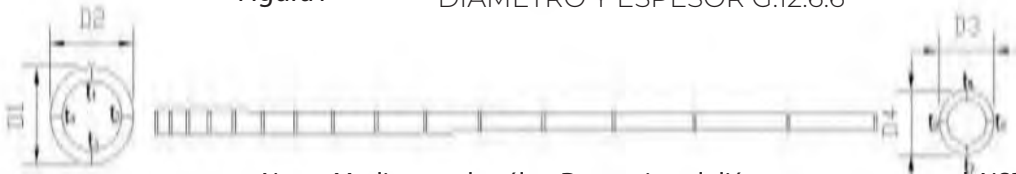
La excavación de los humedales y el estanque se usa para las plataformas de los módulos de cultivo y para los muros de tierra apisonada, siendo así un sistema de compensación y mínima inversión en el acarreo de material.

Todas las banquetas y elementos bajos cuentan con una cimentación de dalas de desplantes y rellenos apisonados para su correcto nivel.

Para el diseño de elementos en Bambú (*Guadua angustifolia*), se realiza aplicando la Norma Sismo Resistente NSR-10 título G.12 dónde se establecen los requisitos necesarios para su cálculo estructural.

Figura1

DIÁMETRO Y ESPESOR G.12.6.6



Nota. Medio por el cuál se Determina el diámetro y espesor real, NSR-10, Título G.12.6-1, 2010, pp. 1391.

Figura G.12.6-1

De acuerdo con el numeral G.12.6.6 (NSR-10,2010) se debe determinar un diámetro y espesor promedio para diseñar la estructura, estas dos medidas se hallan así: Se toma el diámetro en sentido horizontal y vertical en los extremos del culmo y se promedia. Para hallar el espesor se miden los cuatro espesores por cada extremo, para un total de ocho medidas y se promedian.

MÉTODO DE DISEÑO ESTRUCTURAL "ESFUERZOS ADMISIBLES Y MÓDULOS DE ELASTICIDAD"

El diseño consiste en cumplir con los esfuer-

zos admisibles y módulos de elasticidad que se muestran a continuación teniendo en cuenta que ya se ha determinado la calidad del material es decir, una guadua en condiciones óptimas.

Tabla G.12.7-1
Esfuerzos admisibles F_i (MPa), CH=12%

F_b Flexión	F_t Tracción	F_c Compresión $\parallel$	$F_{p\perp}$ Compresión $\perp$	F_v Corte
15	18	14	1.4	1.2

$\parallel$ = compresión paralela al eje longitudinal.

$\perp$ = compresión perpendicular al eje longitudinal.

*La resistencia a la compresión perpendicular está calculada para entrenudos rellenos con mortero de cemento.

Tabla 1. Determinación esfuerzos admisibles, NSR-10, Título G.12.7-1, 2010, pp. 1391.

Tabla G.12.7-2
Módulos de elasticidad, E_i (MPa), CH=12%

Módulo promedio $E_{0.5}$	Módulo percentil 5 $E_{0.05}$	Módulo mínimo E_{min}
9.500	7.500	4.000

Tabla 2. Determinación módulos de elasticidad, NSR-10, Título G.12.7-2, 2010, pp. 1391.

Para el análisis de elementos estructurales se debe utilizar $E_{0.5}$, como módulo de elasticidad del material.

El $E_{0.05}$ se debe utilizar para calcular las deflexiones cuando las condiciones de servicio sean críticas o requieran un nivel de seguridad superior al promedio. La escogencia del módulo de elasticidad depende del ingeniero.

El $E_{mín}$ se debe utilizar para calcular los coeficientes de estabilidad de vigas (CL) y columnas (C_p).

Aplicando la ecuación G.12.7-2 de la NSR-10, con

Tabla G.12.7-3
Factores de reducción

Factor	Flexión	Tracción	Compresión	Compresión $\perp$	Corte
FC	-	0.5	-	-	0.6
F_s	2.0	2.0	1.5	1.8	1.8
FDC	1.5	1.5	1.2	1.2	1.1

Tabla 3. Factores de reducción, NSR-10, Título G.12.7-3, 2010, pp. 1392.

los valores de las tablas anteriores se obtienen los esfuerzos admisibles de diseño y con los cuales se obtendrá el número de guaduas que resista las cargas a las que es sometida la estructura

Figura 2

$$F_i = \frac{FC}{F_s \cdot FDC} f_{ki} \quad (G.12.7-2)$$

Nota 2. Fórmula para el cálculo de esfuerzos admisibles, NSR-10, Título G.12.7-2, 2010, pp. 1392.

Donde:

F_i = esfuerzo admisible en la sollicitación i

f_{ki} = valor característico del esfuerzo en la sollicitación i

FC = factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación de las cargas en la estructura (véase tabla G.12.7-3)

F_s = factor de Seguridad (véase tabla G.12.7-3)

FDC = factor de duración de carga (véase tabla G.12.7-3)

i = subíndice que depende del tipo de sollicitación (b para flexión, t para tracción paralela a las fibras, c para compresión paralela a las fibras, p para compresión perpendicular a las fibras, v para cortante paralelo a las fibras)

Conociendo la calidad de la guadua y las condiciones a que va a ser sometida se toman los coeficientes de modificación por duración de carga, contenido de humedad, coeficiente por temperatura, por acción conjunta como se indica en el título G.12.

Tabla G.12.7-4
Coeficientes de modificación por duración de carga

Duración de carga	Flexión	Tracción	Compresión	Compresión $\perp$	Corte	Carga de diseño
Permanente	0.90	0.90	0.9	0.9	0.90	Muerta
Diez años	1.00	1.00	1.0	0.9	1.00	Viva
Dos meses	1.15	1.15	1.15	0.9	1.15	Construcción
7 días	1.25	1.25	1.25	0.9	1.25	
Diez minutos	1.60	1.60	1.6	0.9	1.60	Viento y Sismo
Impacto	2.00	2.00	2.0	0.9	2.00	Impacto

Tabla 4. Coeficientes de modificación p.c. carga, NSR-10, Título G.12.7-4, 2010, pp. 1393.

G.12.7.7 POR CONTENIDO DE HUMEDAD (CM)

La guadua al igual que la madera pierde resistencia y rigidez a medida que aumenta su contenido de humedad (CH).

Tabla G.12.7-5
Coeficientes de modificación por contenido de humedad (C_m)

Esfuerzos		CH $\leq$ 12%	CH = 13%	CH = 14%	CH = 15%	CH = 16%	CH = 17%	CH = 18%	CH $\geq$ 19%
Flexión	F_b	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Tracción	F_t	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Compresión paralela	F_c	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Compresión perpendicular	F_p	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Corte	F_v	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Modulo de elasticidad	$E_{0.5}$	1.0	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.90
	$E_{0.05}$								
	$E_{mín}$								

Tabla 5. Coeficientes de modificación p.c. humedad, NSR-10, Título G.12.7-4, 2010, pp. 1393.

Tabla G.12.7-6.
Coefficientes de modificación por temperatura (C_t)

Esfuerzos		Condiciones de servicio	(C_t)		
			$T \leq 37^\circ\text{C}$	$37^\circ\text{C} \leq T \leq 52^\circ\text{C}$	$52^\circ\text{C} \leq T \leq 65^\circ\text{C}$
Flexión	F_b	Húmedo	1.0	0.60	0.40
		Seco		0.85	0.60
Tracción	F_t	Húmedo		0.85	0.80
		Seco		0.90	
Compresión paralela	F_c	Húmedo		0.65	0.40
		Seco		0.80	0.60
Compresión perpendicular	F_p	Húmedo		0.80	0.50
		Seco		0.90	0.70
Corte	F_v	Húmedo		0.65	0.40
		Seco		0.80	0.60
Modulo de elasticidad	E	Húmedo		0.80	0.80
		Seco		0.90	

Tabla 6. Coeficientes de modificación por Temperatura, NSR-10, Título G.12.7-6, 2010, pp. 1394. G.12.7.8 POR TEMPERATURA (CT)

Cuándo los elementos estructurales de guadua están sometidos a altas temperaturas, los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad de la tabla G.12.7-1 y G.12.7-2 (NSR-10,2010), deben ser multiplicadas por los valores de la tabla G.12.7-6 por la condición de temperatura a la cuál estén expuestos.

Se halla el esfuerzo admisible para cada solicitación cumpliendo con las ecuaciones detalladas a continuación.

DISEÑO DE ELEMENTOS A FLEXIÓN

El diseño a flexión se realiza como en las vigas de otros materiales debido a la que la relación

MOR MOE es muy alta, lo cual indica que la guadua es muy flexible y se debe analizar por el método de deflexiones admisibles donde se verifiquen deflexiones, flexión, cortante y aplastamiento siguiendo los planteamientos de la norma sismo resistente en G.12.8. Se recomienda evitar hacer perforaciones en los culmos, pero en caso de ser necesario su máximo diámetro es de 3,81mm y es para rellenar con mortero. Las deflexiones se calculan como elementos simplemente apoyados con las siguientes formulas según sea el caso:

G.12.8.7 AREA NETA.

El área de la sección transversal constituida por 1 sólo culmo será calculada con la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi}{4} \left(D_e^2 - (D_e - 2t)^2 \right)$$

Donde:

A = área neta de la sección transversal de guadua, mm^2

D_e = diámetro exterior de la guadua, mm

t = espesor de la pared de la guadua, mm

Nota. Con ésta fórmula se determina el área neta de la sección transversal, NSR-10, Título G.12.8-1, 2010, pp. 1395.

Figura 3 (G.12.8-1)

G.12.8.9 DEFLEXIONES

Debido a la relación MOR/MOE es muy alta, obliga a que el diseño de elementos a flexión esté regido por las deflexiones admisibles. Aquí se establecen los requisitos y limitaciones de las deflexiones admisibles, obtención de la sección requerida y deflexiones inmediatas y diferidas.

Para el cálculo de vigas simplemente apoyadas se utiliza la siguiente ecuación:

Tabla G.12.8-1
Formulas para el cálculo de deflexiones

Condición de carga	Deflexión
Carga Puntual en el centro de la luz	$\Delta = \frac{Pl^3}{48EI} K$ (G.12.8-2)
Carga distribuida	$\Delta = \frac{5}{384} \frac{\omega l^4}{EI} K$ (G.12.8-3)

Tabla 7. Fórmulas para el cálculo de deflexiones, NSR-10, Título G.12.8-1, 2010, pp. 1396.

K es un coeficiente determinado en la tabla G.12.8-2 (NSR-10,2010)

Luego se hace la corrección por cortante como se indica en G.12.8.9.6 solamente si es necesario es decir,

si la relación

Figura 4

$$l/D_e \leq 15.$$

Nota. Con ésta fórmula se determina el efecto del cortante en la guadua, NSR-10, Título G.12.8.9.6, 2010, pp. 1397.

Para definir la sección transversal mínima del elemento se deben determinar unas cargas de acuerdo a la temperatura y humedad, para hallar deflexiones inmediatas y diferidas que luego se igualan a las admisibles dando como resultado el momento de inercia requerido.

Tabla G.12.8-2
Deflexiones admisibles δ (mm), nota3

Condición de servicio	Cargas vivas (l/k)	Viento o Granizo (l/k)	Cargas totales (l/k) Nota 2
Elementos de techo / Cubiertas			
Cubiertas inclinadas			
Cielo rasos de pañete o yeso	l/360	l/360	l/240
Otros cielo rasos	l/240	l/240	l/180
Sin cielo raso	l/240	l/240	l/180
Techos planos	Nota 1	Nota 1	l/300
Techos industriales	-	-	l/200
Entrepisos			
Elementos de entrepiso	l/360	-	l/240
Entrepisos rígidos	-	-	l/360
Muros exteriores			
Con acabados frágiles	-	l/240	-
Con acabados flexibles	-	l/120	-

Notas:

1. Dependiendo del tipo de cielo raso
2. Por evaluación de cargas totales, a largo plazo estas no deben invertir pendientes de drenaje en techos.
3. Considerando únicamente la deflexión inicial G.12.8.9.7

G.12.8.9.6 EFECTO POR CORTANTE

Para elementos con relación I/D menor o igual a 15 se debe hacer una relación por cortante (C_c) en la tabla G.12.8-3 se relacionan los valores C_c para el módulo de elasticidad promedio E 0.5, para condiciones de servicio severas usar E 0.05.

Tabla G.12.8-3
Valores de C_c

I/D_c	C_c
5	0.70
7	0.75
9	0.81
11	0.86
13	0.91
15	0.93

Nota: La guadua angustifolia kunth tiene una relación de $E/G = 28$

Tabla 9. Valores del cortante en Guadua, NSR-10, Título G.12.8-3, 2010, pp. 1397.

G.12.8.9.7 CARGAS PARA CÁLCULO DE SECCIÓN Y DEFLEXIONES

Para efecto de calcular la sección transversal mín requerida y sólo para ese caso, se debe igualar la deflexión calculada con las cargas de la tabla G.12.8-4 (NSR-10,2010), con la deflexión admisible de la tabla G.12.8-2 y determinar el momento de inercia I requerido. Igualmente en la tabla G.12.8-4 se presentan

las combinaciones de carga para el cálculo de las deflexiones inmediatas y diferidas a 30 años.

Tabla G.12.8-4
Cargas w para cálculo de sección y deflexiones

Condición	CH $\leq 19\%$ $t \leq 37^\circ\text{C}$ Clima constante	CH $\geq 19\%$ $t \leq 37^\circ\text{C}$ Clima variable
Calculo de sección (w)	2.0 D + L	2.0 D + L
Deflexiones inmediatas (w_{-i})	D + L	D + L
Deflexiones diferidas (w_{-r})	2.8 D + 1.3 L	3.8 D + 1.4 L

G.12.8.10 FLEXIÓN

Los esfuerzos máximos de tensión y compresión producidos por flexión serán calculados para la sección de máximo momento. Estos esfuerzos no deben exceder al máximo esfuerzo admisible por flexión F_b de la tabla G.12.7-1, establecida para los culmos de guadua rolliza, modificado por los coeficientes de duración de carga y redistribución de carga según sea el caso, dichos coeficientes son los siguientes:

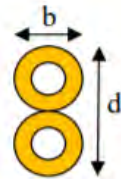
G.12.8.10.3 ESTABILIDAD LATERAL Y COEFICIENTE DE MODIFICACIÓN (CL)

En vigas o viguetas conformadas por una sola guadua el coeficiente será $CL=1$.

Tabla10. Carga w para cálculo de sección y deflexiones, NSR-10, Título G.12.8-4, 2010, pp. 1397.

Cuando una viga está conformada por dos o más guaduas, se debe verificar si esta requiere o no soporte lateral en la zona comprimida, si la relación alto (d) ancho (b) sea mayor a 1 ($d/b > 1$), deben incluirse soportes laterales para prevenir el pandeo o la rotación.

Figura 5

**Figura G.12.8-1 — Ejemplo de sección compuesta**

Nota. Con ésta relación se determina si requiere o no soporte lateral, NSR-10, título G.12.8.10.5, 2010, pp. 1398.

G.12.8.10.6 ESTABILIDAD LATERAL DE VIGAS COMPUESTAS

Para vigas de sección compuesta por dos o más guaduas se debe reducir el esfuerzo admisible a flexión (F_b) por el valor de C_L de la tabla G.12.8-5.

Tabla G.12.8-5
Coefficientes C_L para diferentes relaciones d/b

d/b	C_L
1	1.00
2	0.98
3	0.95
4	0.91
5	0.87

Tabla 11. Coeficientes para distintas relaciones, NSR-10, Título G.12.8-5, 2010, pp. 1398.

G.12.8.10.7 ESTABILIDAD LATERAL

La estabilidad lateral es verificada en vigas compuestas hallando la relación $d/b = C_L$ donde el coeficiente C_L se encuentra en la tabla G.12.8.5 (NSR-10, 2010) y es el que afecta el esfuerzo a flexión admisible; con esta misma relación se determina si es o no necesario restringir el desplazamiento ya sea con un soporte lateral u otro tal como se muestra en NSR-10 G.12.8.10.7.

Si $d/b = 2$ no se requerirá soporte lateral

Si $d/b = 3$ se debe restringir el soporte lateral de los apoyos

Si $d/b = 4$ se debe restringir el soporte lateral de los apoyos, y del borde en compresión mediante correas o viguetas

Si $d/b = 5$ se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos y proveer soporte continuo del borde en compresión mediante un entablado.

G.12.8.10.8 MOMENTO RESISTENTE

En este caso se verifica que el esfuerzo a flexión actuante (f_b) sea menor que

Figura 6

$$f_b = \frac{M}{S} \leq F'_b$$

En donde:

- f_b = esfuerzo a flexión actuante, en MPa
 M = momento actuante sobre el elemento en N mm
 F'_b = esfuerzo admisible modificado, en MPa
 S = modulo de sección en mm³

El modulo de sección S , para una guadua se expresa con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{\pi (D_e^4 - [D_e - 2t]^4)}{32 D_e} \quad (\text{G.12.8-5})$$

En donde:

- S = modulo de sección en mm³
 D_e = diámetro promedio exterior del culmo en mm
 t = espesor promedio de la pared del culmo en mm

Nota. Con ésta relación se determina el momento resistente, NSR-10, título G.12.8.10.8, 2010, pp. 1398-1399.

Para verificar la resistencia a la flexión de secciones compuestas de 2 o más culmos de guadua, se debe calcular el módulo de sección para cada condición particular:

el esfuerzo a flexión admisible (F'_b) modificado por los coeficientes correspondientes con lasig. fórmula G.12.8-4 es decir: (G.12.8-4)

Tabla G.12.8-6
Módulos de sección para algunas vigas compuestas

Sección	S (mm ³)
	$\frac{\pi (5D_e^4 - 4D_e^2 [D_e - 2t]^2 - [D_e - 2t]^4)}{32 D_e} \quad (\text{G.12.8-6})$
	$\frac{\pi (35D_e^4 - 4D_e^2 [D_e - 2t]^2 - [D_e - 2t]^4)}{96 D_e} \quad (\text{G.12.8-7})$

Tabla 12. Módulos de sección, NSR-10, Título G.12.8.10.9, 2010, pp. 1399.

G.12.8.10.10 — Cuando se empleen varios culmos para conformar un elemento a flexión, la inercia del conjunto se calcula como la suma las inercias individuales de cada uno de los culmos ($I = \sum I_i$). Si el constructor garantiza un trabajo en conjunto la inercia podrá ser calculada con el teorema de los ejes paralelos:

$$I = \sum (A_i d_i^2) + \sum I_i \quad (\text{G.12.8-8})$$

Figura 7

Donde:

- I = inercia de la sección compuesta, en mm⁴
 A_i = área para el i-esimo culmo, en mm²
 d_i = distancia entre el centroide del conjunto de culmos y el centroide del i-esimo culmo, en mm
 I_i = la inercia individual de cada culmo referida a su propio centroide, en mm⁴.

Nota. Aquí se calculan los módulos de secciones compuestas, NSR-10, título G.12.8.10.9, 2010, G.12.8.11 CORTANTE

pp. 1399.

Los esfuerzos máximos de corte serán calcula-

dos a una distancia del apoyo igual a la altura (h) del elemento. Para vigas conformadas por una sola guadua (NSR-10,2010) dicha altura será igual al diámetro exterior (D_e) de la misma, exceptuando en voladizos donde el esfuerzo máximo de corte será calculado en la cara del apoyo. Para vigas conformadas por 2 la altura (h) corresponde a la altura real del elemento. El máximo esfuerzo cortante debe ser determinado teniendo en cuenta la distribución no uniforme de los esfuerzos en la sección y debe ser inferior al máximo esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras F'_v establecido para los culmos de guadua rolliza tabla G.12.7-1 modificado por los coeficientes que haya lugar.

Los esfuerzos máximos de corte se calculan a una distancia igual a la altura del elemento medida desde el apoyo excepto en voladizos y debe ser menor al esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras:

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left(\frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v$$

Figura 8 (G.12.8-9)

Donde:

- f_v = esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante, en MPa
- A = área de la sección transversal del elemento de guadua rolliza, en mm^2
- D_e = diámetro externo promedio de la sección de guadua rolliza, en mm
- t = espesor promedio de la sección de guadua rolliza, en mm
- F'_v = esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa
- V = fuerza cortante en la sección considerada, en N

Nota. Aquí se calculan los esfuerzos cortantes paralelos a las fibras, NSR-10, título G.12.8.11.2, 2010, pp. 1400.

G.12.8.12 APLASTAMIENTO

El aplastamiento o esfuerzos de compresión perpendicular a las fibras son verificados especialmente en apoyos, uniones o puntos donde se concentren cargas en áreas pequeñas y que debe ser menor al esfuerzo admisible de compresión perpendicular.

$$f_p = \frac{3RD_e}{2t^3 l} \leq F'_p$$

Figura 9 (G.12.8-11)

En donde:

- F'_p = esfuerzo admisible en compresión perpendicular a la fibra, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa
- f_p = esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra, en MPa
- D_e = diámetro externo promedio de la sección de guadua rolliza, en mm
- t = espesor promedio de la sección de guadua rolliza, en mm
- l = longitud de apoyo, en mm
- R = Fuerza aplicada en el sentido perpendicular a las fibras, en N

Nota. Aquí se calcula el aplastamiento dado por los esfuerzos de compresión, NSR-10, título G.12.8.12.2, 2010, pp. 1401. Si no se cumple lo anterior, es necesario reducir el esfuerzo en una cuarta parte

$$F'_p / 4$$

Finalmente todo cañuto que se encuen-

tre sometido a compresión debe rellenarse con mortero.

G.12.9 DISEÑO DE ELEMENTOS A FUERZA AXIAL

Son aquellos elementos solicitados por el centroide de la sección transversal en el eje longitudinal. (NSR-10,2010)

TENSIÓN AXIAL, El esfuerzo de tensión axial actuante (f_t) para cualquier sección de guadua rolliza, no debe exceder el valor del esfuerzo admisible a tensión axial (F'_t) modificado por los coeficientes de modificación correspondientes en la fórmula G.12.9-1

$$f_t = \frac{T}{A_n} \leq F'_t$$

Figura 10 (G.12.9-1)

En donde:

- f_t = esfuerzo a tensión actuante, en MPa
- T = fuerza de tensión axial aplicada, en N
- F'_t = esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa
- A_n = área neta del elemento, en mm^2

Nota. Aquí se calculan los esfuerzos solicitados a tensión axial, NSR-10, título G.12.9.1.1, 2010, pp. 1402.

G.12.9.2.1 ELEMENTOS A COMPRESIÓN AXIAL

La longitud efectiva es la longitud teórica de una columna equivalente con articulaciones en sus extremos. La longitud efectiva de una columna se calcula con la fórmula G.12.9-2

$$\ell_e = \ell_u k \quad (\text{G.12.9-2})$$

Donde:

- ℓ_u = longitud no soportada lateralmente del elemento, en mm
- k = coeficiente de longitud efectiva, según las restricciones en los apoyos tabla G.12.9-1
- ℓ_e = longitud efectiva, en mm

Tabla G. 12.9-1
Coeficiente de longitud efectiva (*)

Condición de los apoyos	k
Ambos extremos articulados (Ambos extremos del elemento deben estar restringidos al desplazamiento perpendicular a su eje longitudinal)	1.0
Un extremo con restricción a la rotación y al desplazamiento y el otro libre	2.1

* Cuando se justifique apropiadamente, se pueden utilizar valores de k de la tabla G.4.3-1

El esfuerzo máximo de compresión paralela a la fibra no debe superar el esfuerzo admisible en esta misma para lo cual se clasifican las columnas en tres tipos dependiendo de su esbeltez como se plantea en NSR-10 sección G.12.9.2 obteniendo como resultado cualquiera de las siguientes:

Tabla 13. Coeficiente de longitud efectiva, NSR-10, Título G.12.9.2.1, 2010, pp. 1402.

$$\lambda = \frac{\ell_e}{r}$$

Figura 11 (G.12.9-3)

En donde:

- λ = relación esbeltez del elemento
- ℓ_e = longitud efectiva del elemento, en mm
- r = radio de giro de la sección, en mm

Nota. En este apartado vemos a relación de esbeltez dada por la fórmula, NSR-10, título G.12.9.2.2, 2010, pp. 1402-1403.

Tabla G.12.9-2
Clasificación de Columnas por esbeltez

Columna	Esbeltez
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

Tabla 14. Clasificación de columnas por esbeltez, NSR-10, Título G.12.9.2.6, 2010, pp. 1403.

En dónde C_k es el límite entre las columnas intermedias y las columnas largas:

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{F'_c}}$$

Figura 12 (G.12.9-6)

Donde

F'_c = esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras, modificado, en MPa
 $E_{0.05}$ = módulo de elasticidad percentil 5, en MPa

Bajo ninguna circunstancia es aceptable trabajar con elementos de columna que tengan esbeltez mayor de 150.

Nota. En este apartado vemos a relación de esbeltez en columnas intermedias y largas, NSR-10, título G.12.9.2.6, 2010, pp. 1403.

$$f_c = \frac{N}{A_n} \leq F'_c$$

Figura 13 (G.12.9-7)

Donde

f_c = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa
 N = fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N
 A_n = área neta de la sección transversal, en mm^2
 F'_c = esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado, en MPa

Nota. En este apartado vemos los esfuerzos máximos en columnas cortas, NSR-10, título G.12.9.2.7.1, 2010, pp. 1404.

Para columnas intermedias:

$$f_c = \frac{N}{A_n \left(1 - \frac{2}{5} \left[\frac{\lambda}{C_k} \right]^3 \right)} \leq F'_c$$

Figura 14 (G.12.9-8)

Donde:

f_c = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa
 N = fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N
 A_n = área neta de la sección transversal, en mm^2
 F'_c = esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado, en MPa
 λ = esbeltez, formula G.12.9-3
 C_k = esbeltez que marca el límite entre columnas intermedias y largas, formula G.12.9-6 y columnas largas:

$$f_c = 3.3 \frac{E_{0.05}}{\lambda^2} \leq F'_c \quad (\text{G.12.9-9})$$

Donde:

f_c = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa
 F'_c = esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado, en MPa
 λ = esbeltez, formula G.12.9-3
 $E_{0.05}$ = módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa

No se permiten columnas con esbeltez superior a 150

Nota. En este apartado vemos los esfuerzos máximos en columnas intermedias y largas, NSR-10, título G.12.9.2.7.2, 2010, pp. 1404-1405.

G.12.10 DISEÑO ELEMENTOS POR FLEXIÓN Y CARGA AXIAL

Esto aplica para elementos que son sometidos de manera simultáneamente a solicitaciones por flexión y tensión axial.

$$\frac{f_t}{F_t'} + \frac{f_b}{F_b'} \leq 1.0$$

Figura 15 (G.12.10-1)

Donde:

- f_t = esfuerzo a tensión actuante, en MPa
- F_t' = esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa
- f_b = esfuerzo a flexión actuante, en MPa
- F_b' = esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa

Nota. En este apartado vemos el diseño de elementos solicitados a flexión con tensión axial, NSR-10, título G.12.10.1, 2010, pp. 1405.

G.12.10.2 ELEMENTOS A FLEXO-COMPRESIÓN.

Aplica para elementos sometidos a fuerzas de flexión y compresión de manera simultánea para lo que usa la siguiente ecuación:

$$\frac{f_c}{F_c'} + \frac{k_m f_b}{F_b'} \leq 1.0$$

Figura 16 (G.12.10-2)

Donde:

- f_c = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa
- F_c' = esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado, en MPa
- f_b = esfuerzo a flexión actuante, en MPa
- F_b' = esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa
- K_m = coeficiente de magnificación de momentos, calculado con la formula G.12.10-3:

$$k_m = \frac{1}{1 - 1.5(N_a/N_{cr})} \quad (\text{G.12.10-3})$$

Donde:

- K_m = coeficiente de magnificación de momentos

- N_a = carga de compresión actuante, en N
- N_{cr} = carga critica de Euler, calculada con la formula G.12.10-4

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{\ell_e^2} \quad (\text{G.12.10-4})$$

Donde:

- N_{cr} = carga critica de Euler, en N
- $E_{0.05}$ = módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa
- I = momento de inercia de la sección, en mm^4
- ℓ_e = longitud efectiva del elemento, en mm

Nota. En este apartado vemos el diseño de elementos solicitados a flexocompresión, NSR-10, título G.12.10.2, 2010, pp. 1405-

G.12.11 UNIONES

Todo elemento constituyente de una unión debe 1406.

diseñarse (NSR-10,2010) para que no falle por tensión perpendicular a la fibra y corte paralelo a la fibra. En el caso de usar cortes especiales en la guadua se deben tomar las medidas necesarias para evitar que estos induzcan la falla de la unión.

Los tipos de cortes más utilizados para la fabricación de uniones con elementos de guadua son: corte recto, corte boca de pescado y corte pico de flauta.
Corte recto — Corte plano perpendicular al eje de la guadua

Figura 17

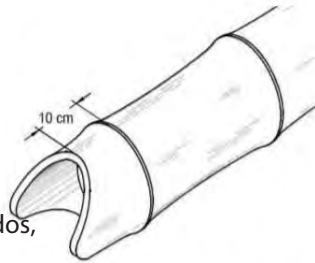


Figura G.12.11-1 - Corte Recto

Nota. Aquí vemos los tipos de cortes más utilizados como el corte recto, NSR-10, título G.12.11.2.1, 2010, pp. 1406.

Figura 18

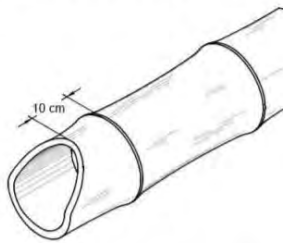
G.12.11.2.2 — Corte boca de pescado — Corte cóncavo transversal al eje de la guadua, generalmente se utiliza para acoplar dos elementos de guadua.



Nota. El corte en forma de boca de pescado es de los cortes más utilizados, NSR-10, título G.12.11.2.2, 2010, pp. 1406.

Figura 19

G.12.11.2.3 — Corte pico de flauta — Este corte se utiliza para acoplar guaduas que llegan en ángulos diferentes a 0° y 90°, se puede hacer como una boca de pescado inclinado o con dos cortes rectos.



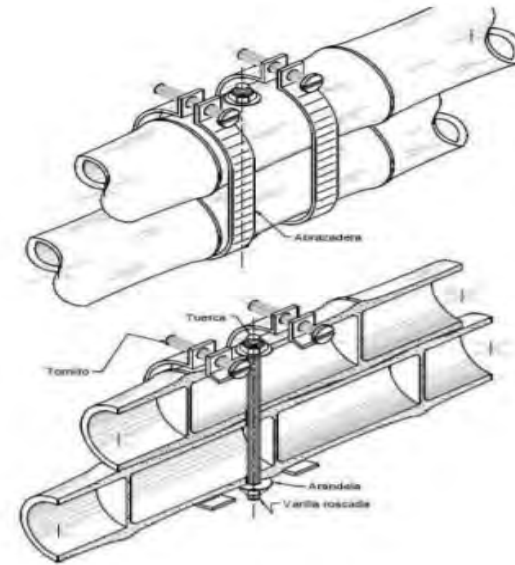
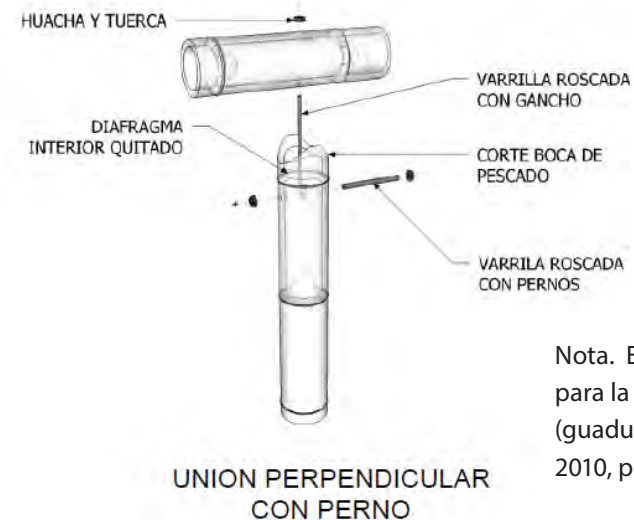
Nota. Este tipo de corte funciona para todo tipo de esquinas, NSR-10, título G.12.11.2.3, 2010, pp. 1407.

Figura G.12.11-3 - Corte Pico de flauta

Tabla G.12.11-1
Dimensiones mínimas de arandelas para uniones empernadas

Diámetro del perno (mm)	9.5	12.7	15.9
Espesor de la arandela (mm)	4	5	6
Diámetro externo arandelas (mm)	45	50	65

Tabla 15. Dimensiones mínimas de arandelas para uniones empernadas. NSR-10, Título G.12.11.3.6, 2010, pp. 1408.

Figura 20 **Figura G.12.11-4 - Zunchos**

Nota. Este tipo de elementos sirven para la fijación de 2 o más elementos (guadua), NSR-10, título G.12.11.2.3, 2010, pp. 1407.

La tierra a sido utilizada desde los orígenes de la civilización, por ello existen muchas derivaciones de sistemas constructivos dependiendo del sitio, el cálculo no está regido en México, pero sí en países como: alemania, Australia, Francia, EUA, Colombia, Nueva Zelanda y Perú. Haciendo un análisis de los sistemas estructurales para el cálculo de muros de tierra apisonada, tenemos lo siguiente:

Su resistencia estructural se expresa en la siguiente fórmula:
calidad estructural = resistencia x ductilidad

ESTABILIZACIÓN POR LA FORMA

El tipo de forma del elemento a diseñar es importante, si es rectangular no es muy bueno, si es cuadrado es bueno y si es circular es lo óptimo en su base.

Los muros de carga deben tener mínimo 30 cm de espesor y de altura no más de 8 veces su espesor:

$$d \geq h/8$$

Se deben colocar cerramientos de concreto armado o dinteles que unan los elemen-

tos de tierra apisonada, como son en dalas de desplante, ligas de cimentación, vanos y protección de las esquinas con arriostres de madera, guadilla, etc.(Minke, 2001).

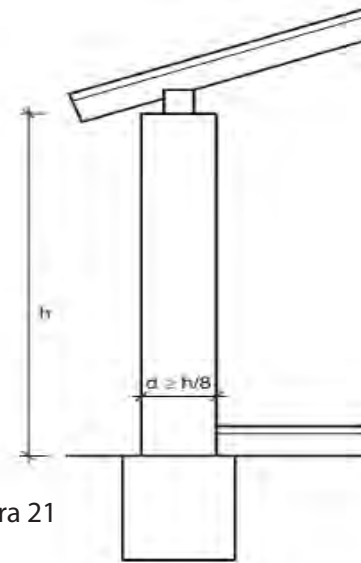


Figura 21

Nota. Relación aconsejable para muros de tapial, Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, Capítulo 6, por Gernot Minke, 2001, pp. 16.

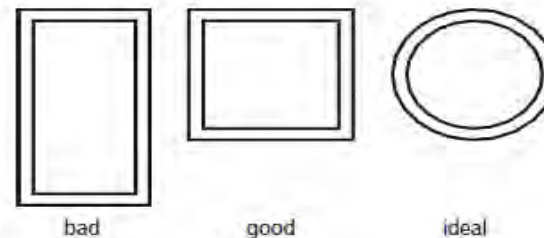
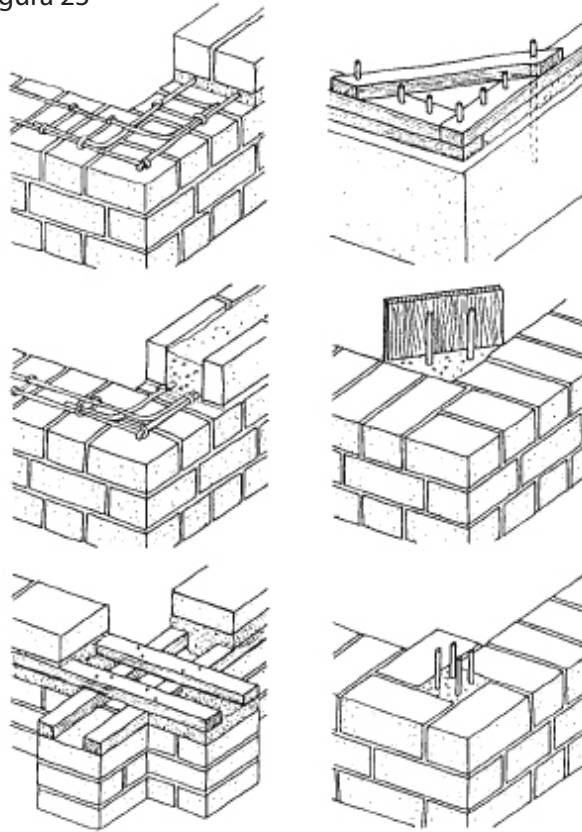


Figura 22

Nota. Forma de la planta, Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, Capítulo 3, por Gernot Minke, 2001, pp. 9.

Figura 23



Nota. Estabilización de muros de mampostería con encadenados en esquinas, Manual de construcción en tierra, Capítulo 15, por Gernot Minke, 2001, pp. 164.

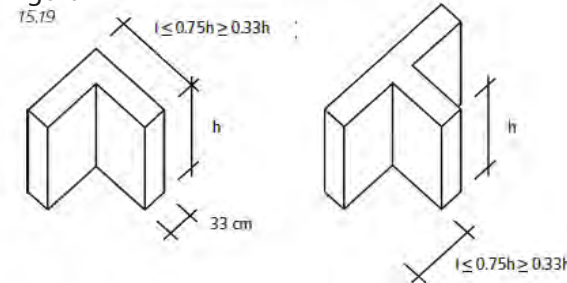
Seguido de tres principios básicos:

1. fijar bien la cubierta a los muros.
2. Hacer los muros dúctiles por medio de elementos verticales como varillas de guilla o de acero ancladas a la dala de de-

splante y al cerramiento sobre muro.

3. Si una pared mide 30 cm de espesor, los extremos libres de los elementos no deben ser más largos de $3/4$ la altura del muro, ni más corto que $1/3$ de la altura del muro.

Figura 24



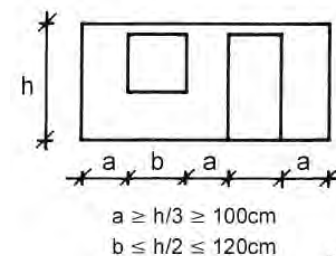
Nota. En ésta figura se muestra la estabilización por la forma del elemento, Manual construcción con tierra, Capítulo 6.6, 2001, pp. 16.

Los tamaños de los vanos no deben ser mayores a 1.2 m ó mayores a $1/3$ del largo del muro en estructuras con dinteles de madera como cerramiento.

Los espacios entre vanos no deben ser menores de 1 m y no menores de $1/3$ de la altura del muro.

Las puertas deben ser amplias para su acceso y salida (Minke, 2001).

Figura 25



Nota. Vanos para puertas y ventanas, Manual construcción con tierra, Capítulo 13, 2001, pp. 41.

SISTEMA DE REFORZAMIENTO VERTICAL

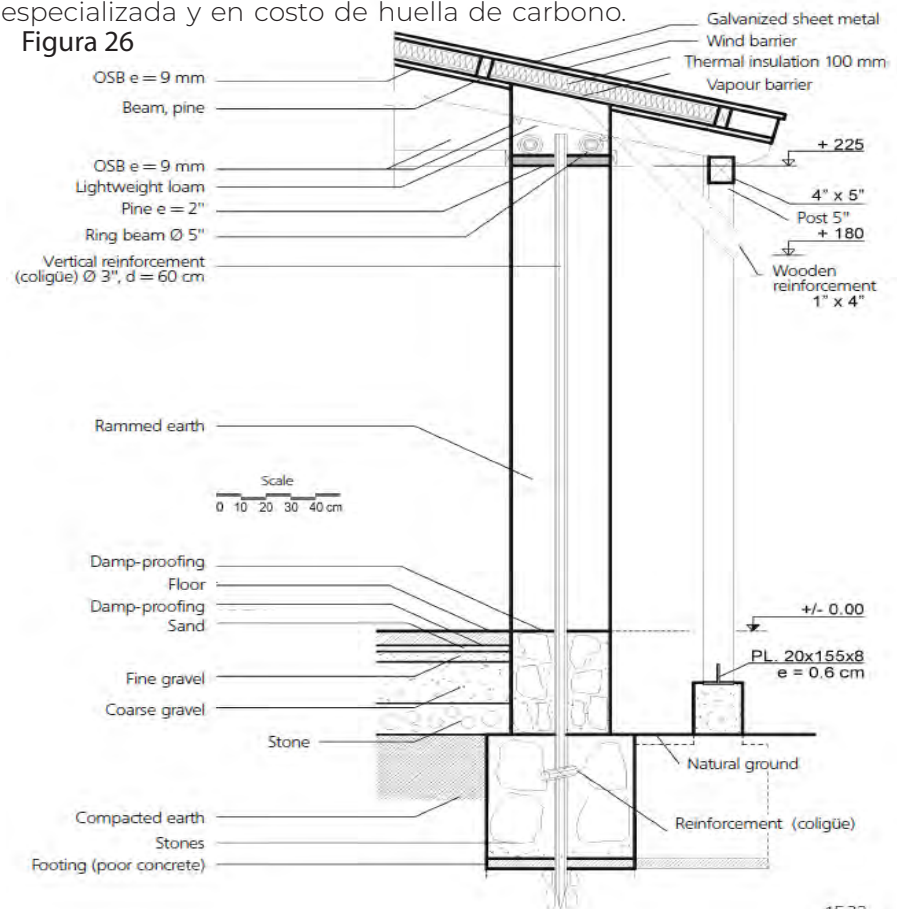
El sistema de reforzamiento vertical con bambú dentro de las paredes de tierra apisonada se inventó en 1978 en la Universidad Francisco Marroquín, parte del proyecto BRL, en dónde vieron como al integrar varillas de bambú de 2 -3 cm de diámetro a cierta distancia entre ellas, ancladas al cemento ciclópeo y al ceramiento superior de culmo de Bambú de 10 cms de espesor resultó dar 4 veces mayor resistencia a la fuerza del sismo horizontal, logrando disipar la energía y evitando grietas.

En la actualidad hay sistemas patentados como el muro SIREWALL¹⁵ que contiene varias capas que dan una mayor resistencia a la compresión, a la flexión y a las inclemencias climáticas con aislantes térmicos y acabados obteniendo un espesor mínimo para cubrir grandes claros, el costo es muy elevado debido a su alta técnica y costo de huella de carbono, pero aquí lo importante es utilizar menos y maximizar los

¹⁵ Meror Krayenhof, 1998. Sistema Sirewall de robustez estructural en tierra apisonada estabilizada, USA.

sistemas constructivos como modelo de vía de desarrollo en términos de sistemas constructivos económicos para la industria y la vivienda, ahorrando así material, dinero, mano de obra especializada y en costo de huella de carbono.

Figura 26



Nota. Detalle de corte por fachada, Manual construcción con tierra, Capítulo 13, 2001, pp. 41.

ESBELTEZ VERTICAL

Ésta es la relación entre el alto del muro y su espesor, por tanto están catalogados los muros gruesos, moderados y delgados.

Entre mayor sea el espesor del muro, menor será su esbeltez, su resistencia al volteo y a la estabilidad general de la estructura serán mejores, permitiéndoles asumir mejor las fuerzas horizontales.¹⁶

$$SL = h/e$$

dónde:

SL=Esbeltez vertical

h=altura del muro

e=espesor del muro

SL

GRUESO = 6

MODERADO = 6-8

DELGADO = 8

ESBELTEZ HORIZONTAL

Es la relación entre el largo del muro y su espesor, factor determinante para saber su arriostramiento, si SH es muy grande significa que le falta al muro arriostramiento (muros perpendiculares o contrafuertes) el límite permitido en la norma E 0.80 del Perú para SH es 10. por lo que según investigaciones, la longitud del muro no es factor crítico para la estabilidad de la construcción. La esbeltez vertical, el grosor, los grados de libertad en calidad de los anclajes, conexiones de entrepisos, cerramientos, definirán su estabilidad (Plazas, 2006).

$$SH = L/e$$

dónde:

SH=Esbeltez horizontal

L=Longitud del muro

e=espesor del muro

¹⁶ Plazas L.(2006). Máster en Análisis constructivo y estructural de la casa zarama, pasto Colombia, Escuela Técnica de arquitectura, UPV, p.p. 95-96.

La siguiente tabla muestra las propiedades del sistema constructivo de muros de tierra apisonada (TAPIAL), cabe mencionar que debido a los diversos estudios con tierras distintas, los resultados son distintos, pero asemeandose entre sí por su propia característica la tierra.

Datos	Unidades	Fuente
Peso (sistema de gravedad)	110-130 lb/ft ³ 1762.03-2082.4 kg/m ³	ASTM D698, Rammed Earth Solar Homes Inc ²⁷
tensión	1/5 resistencia a la compresión	prueba brasileña
Resistencia a la compresión		
estabilizados con cemento	50 a 100 kg/cm ²	CRATerre France
estabilizados con cal	30 a 80 kg/cm ²	CRATerre France
estabilizados con productos químicos	20 a 40 kg/cm ²	CRATerre France
estabilizados con muy fuertes productos químicos	150 a 400 kg/cm ²	CRATerre France
Modulo de Young	7,000 a 70,000 kg/cm ²	CRATerre France
Permeabilidad	1x 10 -6 cm/ segundo	CRATerre France
Encogimiento lineal por secado	2mm/m	CRATerre France
compresión	45.73 Kg/cm ²	CRATerre France
flexión	0.05 Kg/cm ²	CRATerre France
Penetración	450 kg	CRATerre France

Tabla 16. Datos mecánicos de los muros de tierra compactada. M.T.C.T.c. de sus propiedades, Cap. III, 2010, p. 25.

Dichas propiedades nos ayudan al diseño estructural de los elementos con respecto al diseño arquitectónico.

Al ser el material más abundante en la tierra (por ello su nombre) las posibilidades son infinitas, ya que con un pequeño estudio de la granulometría

de la tierra y una estabilización correcta podemos construir emitiendo una huella de carbono por m³ de material muy baja en comparación del concreto y otros materiales que requieren de la industrialización y energía para su creación.

El porcentaje de agua con el que se trabaja el material es del 10/, no genera residuos ni tóxicos y tiene un alto grado de inercia térmica lo que hace que absorba gran cantidad de calor, que a su vez será disipada en un periodo de 12-12 hrs. siendo así en época de frío un lugar cálido y en época de calor un lugar fresco, por tanto es ganar ganar.

Emissiones CO₂ de los distintos materiales *fuente: (elaboración propia a partir de 16,17)

material	densidad	emisiones por kg	emisiones por m ³
tapiál (sin estabilizar)	2.200 kg/m ³	0,004 kg CO ₂ /Kg	9,7 kg CO ₂ /m ³
adobe	1.200 kg/m ³	0,06 kg CO ₂ /Kg	74 kg CO ₂ /m ³
hormigón en masa in situ	2.360 kg/m ³	0,14 kg CO ₂ /Kg	320 kg CO ₂ /m ³
hormigón prefabricado, 2% de acero	2.500 kg/m ³	0,18 kg CO ₂ /Kg	455 kg CO ₂ /m ³
pared de ladrillo macizo	1.600 kg/m ³	0,19 kg CO ₂ /Kg	301 kg CO ₂ /m ³
pared de ladrillo hueco	670 kg/m ³	0,14 kg CO ₂ /Kg	95 kg CO ₂ /m ³

Tabla 17. Emisiones CO₂ de distintos materiales. Construcción con tierra S.XXI, Cap. 4, Bestraten S., 2011. p. 18.

Entre más espesor tenga el muro, menos pérdida de calor tendrá, el valor óptimo es de 70-100 cms para evitar ello, sin embargo en la orientación sur un muro común de 30-40 cms no necesita aislante térmico adicional ya que ésta orientación no afecta la inercia térmica.

La inercia térmica o masa térmica U del Tapial es de .6 a 1.6 W/mk y se puede ver en la siguiente fórmula:

Σr_m = sumatorio de las resistencias de los distintos componentes del muro en m²K/W
 t_1 = espesor del componente en metros
 λ_1 = conductividad del material del componente en W/mk

Donde:
 r_1 = resistencia superficial de la cara externa del muro en m²K/W
 r_2 = resistencia superficial de la cara interna del muro m²K/W

Tabla 18.Valores de transmitancia térmica. Construcción con tierra S.XXI, Cap. 3, Bestraten S., 2011. p. 10.

material	densidad	conductividad λ
tapial	*fuente: (4,9)	1.400-2.000 kg/m³
btc	(4,9)	0,6 / 1,6 W/mk
adobe	(11,12)	1.700 kg/m³
hormigón armado	(13)	0,81 W/mk
hormigón en masa in situ	(13)	1.200 kg/m³
bloque de hormigón convencional	(13)	2.300-2.500 kg/m³
pared de ladrillo macizo	(13)	2,3 W/mk
pared de ladrillo hueco	(13)	2.000-2.300 kg/m³
		860 kg/m³
		0,91 W/mk
		2.170 kg/m³
		1,04 W/mk
		670 kg/m³
		0,22 W/mk

Tabla 19. Conductividad de los materiales. Construcción con tierra S.XXI, Cap. 3, Bestraten S., 2011. p. 10.

El comportamiento ante el fuego es nulo, otro de los aspectos importantes es su aislamiento acústico debido a su densidad o masa (ρ' ,kg/m²) y debido a su alta densidad presentan un nivel acústico alto y favorable, el valor del aislamiento frente al sonido aéreo Ra para tapial es:

$Ra = 21,65 \log_{10} \cdot \rho' - 2,3$ (para $\rho' > 50 \text{ kg/m}^2$)

Donde:
 $\rho' = \rho \times t$
 ρ = densidad del muro de kg/m³
 t = espesor del muro en metros

Tabla 20. Valor del aislamiento frente al sonido aéreo Ra. Construcción con tierra S.XXI, Cap. 3, Bestraten S., 2011. p. 11.

Un muro de tierra de 30 cms a 1.20 m de espesor el Ra varía de 49 a 79 cB cumpliendo con las normativas internacionales (Bestraten, 2011).

Comportamiento acústico de los materiales

material	densidad	espesor (m)	Ra (dB)
tapial	*fuente: (9)	2.000 kg/m³	0,30
btc	(9)	0,30	57,85
Adobe	(9)	1.700 kg/m³	0,30
hormigón armado	(15)	1.200 kg/m³	0,30
hormigón en masa in situ	(15)	2.300 kg/m³	0,30
bloque de hormigón convencional espesor 200 mm	(15)	2.000 kg/m³	0,30
pared de ladrillo macizo	(15)	860 kg/m³	0,20
pared de ladrillo hueco	(15)	2.170 kg/m³	0,30
		670 kg/m³	0,30
		47,56	

Tabla 21. Comportamiento acústico de los materiales. Construcción con tierra S.XXI, Cap. 3, Bestraten S., 2011. p. 12.

El conjunto tiene una visión distinta al uso del agua potable debido a la crisis de agua que se viene en el mundo, por ello la necesidad de proyectar espacios ahorran y recirculan los recursos, tales como los nutrientes y el agua.

No existe tubería de la cuál se pueda conectar uno a la red de agua potable debido a ser un lugar semi rural, por ello se necesitarán de pipas para abastecer al conjunto, al inicio y con el transcurso del tiempo, la única fuente necesaria de alimentación de agua al inmueble serán las aguas pluviales ya que se cuenta con un sistema de captación en todas las cubiertas de las edificaciones dotando a los humedales artificiales que tratan y depuran el agua para su uso.

Se cuentan con 28 cubiertas verdes captadoras de agua pluvial con 144m² c/u. con un total de 4032 m² de captación , seguido de 3 edificaciones más con un total de 825m² de cubierta entre los 3, siendo así el total de m² de cubiertas de 4857m² de captación pluvial.

Debido a semejante volúmen no es necesario la toma, sólo saber utilizar el agua.

El modo de operación del lugar es:

La captación pluvial se dirige a tanques de 10mil litros en cada uno de los módulos, el sobrante va a los humedales artificiales que depuran el agua y lo mandan al estanque artificial y de allí a las cisternas de almacenamiento.

No se cuenta con sanitarios tradicionales que desperdician el vital líquido, en cambio se tienen baños secos que utilizan las heces fecales después de su compostaje en la cámara de biogás en dónde se descompone y genera gas para la cocina del restaurante, lixiviados y materia orgánica libre de patógenos para sustratos de cultivo en exterior.

Entonces como observamos todo recurso es valido en este sistema de permacultura que es mundialmente famoso en lugares que aprovechan los recursos y generan vida en el ecosistema.

En las instalaciones se utilizará tubería y uniones Tuboplus el cuál es cero fugas, gran durabilidad, resistente a rayos uv, resistente a altas presiones, soporte técnico y asesoría especializada en el momento de compra, capa interior antibacterial, la cuál es Polipropileno copolímero Random con una vida

útil de 50-100 años y cuenta con la normativa NMX-E-226/2 CNCP.

Al ser un complejo totalmente autosuficiente, se cuenta con paneles solares en todas las cubiertas de las edificaciones cumpliendo con las necesidades de suministro energético en cada una, por ello no se necesitará de acometida eléctrica sólo salida para que el exceso se venda a la CFE con el contrato de interconexión.

Todas las instalaciones se harán con tubo conduit de pvc pesado que se conectará a la subestación eléctrica compacta que alimentará un transformador trifásico, la capacidad se dará según las condiciones del proyecto, la conexión a tierra se hará con varilla cooperwell de 5/16.

Del cuarto de máquinas de dirigirá la electricidad por el tubo conduit al tablero de distribución alumbrado e hidráulica.

Todas las cajas cuadradas, tapas y chالupas serán galvanizadas.

Apagadores y contactos, sistema de voz y datos y luminarias se sujetarán a las marcas establecidas en el presupuesto.

Todas las edificaciones cuentan con Solatube un sistema de iluminación natural sin necesidad de luminarias ya que a través del domo se recoge la luz del sol en los 360° del mismo. Por medio de la reflectividad del tubo (superior al 99%) transmite prácticamente la totalidad de la luz que recoge a través del tubo al difusor. El difusor distribuye homogéneamente la luz del tubo, en el interior de la estancia a iluminar.

por lo que los paneles solares sólo están para dotar de electricidad gratuita las luminarias nocturnas de las edificaciones y así tener un lugar bien asegurado. Los módulos de cultivo dónde se cultivan plantas y peces tienen un periodo de crecimiento de 18 hrs de luz, seguido de 12 -12 hrs en floración por lo que sus luminarias de 150w de espectro de luz led completa p1500 viparspectra se encuentran encendidas en el día para el crecimiento de plantas.

El tipo de cisterna a diseñar será únicamente para dotar al estanque, debido a que todas las edificaciones cuentan con su almacenamiento particular.

