

**TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA Y DIVULGACIÓN
SOBRE TÉCNICAS PARA EL DESARROLLO HUMANO
Y FORESTAL SUSTENTABLE**



**GOBIERNO
FEDERAL**

**TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS PARA EL USO
EFICIENTE DE RECURSOS**

SEMARNAT



Vivir Mejor

**TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS PARA EL USO
EFICIENTE DE RECURSOS**

Primera edición, 2008.

Impreso en México.

ISBN en trámite.

Comisión Nacional Forestal

Periférico Poniente No. 5360

Col. San Juan de Ocotán. C.P. 45019

Zapopan, Jalisco.

www.conafor.gob.mx

Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico

Tel. (33) 37 77 70 17

Correo electrónico: divulgacion@conafor.gob.mx

Diseño editorial / Alicia Arrangoiz Julien

Ilustración / Edgar Javier González Castillo

Fotografías / Edgar Javier González Castillo, Paola Gómez García.

Ejemplar gratuito. Prohibida su venta.

**TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA Y DIVULGACIÓN
SOBRE TÉCNICAS PARA EL DESARROLLO HUMANO
Y FORESTAL SUSTENTABLE**

**TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS PARA EL USO
EFICIENTE DE RECURSOS**

TABLA DE CONTENIDO

Presentación	7
Introducción	9
Objetivos generales	11
Construcción sustentable	12
Sistema de construcción con pacas de paja	14
Muros de pacas con estructura de soporte	18
Muros de pacas estructurales	26
Referencias	32

El presente material didáctico tiene como objetivo divulgar distintas técnicas para el aprovechamiento humano y forestal sustentable que sean apropiadas para las condiciones de las zonas rurales y marginadas de nuestro país.

Con este manual daremos a conocer una tecnología para el uso de materiales alternativos o de desecho: el proceso de construcción de casas con pacas de paja.

Existen dos modalidades para este método:

- Pacas con estructura de soporte de block, madera o cemento
- Pacas sin estructura de soporte también conocida como pacas estructurales

Se explican los beneficios, el procedimiento y material necesario para la elaboración de esta tecnología.

Esperamos que le sea de utilidad para realizar la transferencia y divulgación de tecnologías sustentables.

El Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 (PND) asume como premisa básica la búsqueda del Desarrollo Humano Sustentable; esto es, del proceso permanente de ampliación de capacidades y libertades que permita a todos los mexicanos tener una vida digna sin comprometer el patrimonio de las generaciones futuras.

El Desarrollo Humano Sustentable parte del principio de que el bien común es producto del esfuerzo solidario de los integrantes de la sociedad y del apoyo del Estado, siempre que el objeto de la acción pública sea propiciar el perfeccionamiento de las capacidades humanas, así como su realización libre y responsable.

El presente manual contiene la información necesaria para la construcción de casas con pacas de paja, tecnología de construcción que permite la utilización de materiales de desecho, en un contexto de vivienda a bajo costo y de fácil realización.

OBJETIVOS GENERALES

Transferir un paquete de tecnologías apropiadas para ser replicadas en distintas comunidades del país y que generen un impacto positivo en la población.

Promover la construcción de casas de paja como una tecnología de construcción ecológica y sustentable, que integra la utilización de materiales de desecho.

CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

La construcción sustentable utiliza sistemas que sean ecológica y económicamente viables; satisfacen las necesidades de la población sin explotar los recursos naturales o contaminar el medio ambiente.

PRINCIPIOS DE LA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

Uno de ellos es el uso de materiales locales y diseños apropiados a las condiciones del clima y cultura de la región, para desarrollar una construcción funcional, bella y sustentable.

Los materiales utilizados deben elegirse responsablemente, con relación a la cantidad de energía y desechos derivados de su producción o que impliquen algún tipo de degradación a los ecosistemas. Es preferible utilizar materiales naturales que se encuentren en la región como la tierra, la piedra, el bambú, el carrizo y la paja.

El diseño debe enfocarse al aprovechamiento eficiente de la energía solar pasiva, de acuerdo con las características del ecosistema donde se realizará la construcción.

Se recomienda la construcción de estructuras pequeñas y sencillas, ya que requieren menor cantidad de material y gasto energético, además de ser más fáciles de construir.

Durante el proceso, es posible hacer ajustes de acuerdo a las observaciones y la experiencia de los participantes, lo que permite explorar la creatividad y la intuición.

Los espacios pueden ser moldeados y transformados con el tiempo, para adaptarse a las necesidades de quien los utilice.

Otro principio importante del proceso de construcción es la participación de la comunidad; se invita a las personas interesadas a conocer el método para lograr la cooperación y el trabajo en equipo, que además ayudará a reducir los costos en mano de obra.

Es importante involucrar e informar a la comunidad, aún cuando no participen en la construcción, para que se interesen en el mantenimiento de la misma.



SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN CON PACAS DE PAJA

DAR VIDA AL POLVO Y LA PAJA

La construcción de casas con pacas de paja es un sistema sencillo que puede ser aprendido en pocos días y en el que todos pueden participar. Se requiere menor labor especializada y menos tiempo de construcción que los métodos tradicionales, como el del concreto.

Al utilizar las pacas para la construcción, se disminuye la cantidad de desechos agrícolas que son quemados, minimizando la contaminación atmosférica y calentamiento global.

En la construcción se requiere material natural como las pacas de paja, la madera para vigas y marcos de puertas y ventanas, los morillos de pino y el carrizo para el techo, tierra arcillosa y agua para el barro, piedras para los cimientos, tierra para el techo, arena y cal para mezclarlo con cemento, al igual que materiales convencionales como el mismo cemento, varillas, alambre recocido, clavos, tubos y mangueras de plástico. También, se utilizan herramientas como martillos, pinzas, machetes, tijeras, palas, picos y la flejadora, cuyo uso es más común en los empaques y embalajes de productos que en la construcción.



OBJETIVOS DEL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN

Utilizar desechos agrícolas como material para la construcción.

Propiciar la construcción comunitaria, dado que el método no requiere experiencia especializada.

Reducir los costos energéticos y los tiempos de construcción.

Ofrecer una alternativa de construcción que sea durable, resistente y económica.



¿DÓNDE SE CONSTRUYÓ LA PRIMERA CASA DE PAJA?

Según Roger L. Welsch, historiador del estado de Nebraska e investigador sobre los orígenes de las construcciones de paja, fue entre 1886 y 1887 cuando se construyó el primer módulo de paja, cerca de Bayard, Nebraska, Estados Unidos. Se usó como un cuarto o salón de escuela.

El uso de esta técnica se esparció entre los años 1915 y 1930; se abandonó su práctica a finales de los años 40. Se retomó en la década de los setenta.

Actualmente, existen construcciones de pacas de paja en Estados Unidos, Canadá, Francia, Inglaterra, Rusia y México.

CASAS DE PAJA EN MÉXICO	CASAS DE PAJA EN EL MUNDO
<ul style="list-style-type: none">- Huixquilucan, Estado de México- Ejutla, Oaxaca- Zona Mazahua, Estado de México- Cd. Guzmán, Jalisco- Parque La Mota, Ocampo, Coahuila	<ul style="list-style-type: none">- En Nebraska, se usa este método de construcción desde 1890 para escuelas, iglesias, casas, graneros, oficinas y tiendas de abarrotes.- La nación Navajo, localizada en partes de Arizona, Nuevo México y Utah, EU, cuenta con programas de construcción con pacas de paja para disminuir el déficit de vivienda dentro de sus reservaciones.

CARACTERÍSTICAS DE LAS PACAS

Las pacas tienen mayor capacidad de aislamiento térmico que la madera, los ladrillos e incluso el adobe. Esta característica es ideal para zonas con clima extremo, pues se reduce el gasto de energía que requiere enfriar y calentar una construcción.

La eficacia térmica se mide con el valor "R" de resistencia al flujo de calor. En el ladrillo, este factor es igual a 0.2, mientras que para la madera es de 1 y en el adobe es igual a 12. La resistencia al flujo del calor de las pacas de paja es mayor que el de los anteriores: su valor es igual a 42.8.

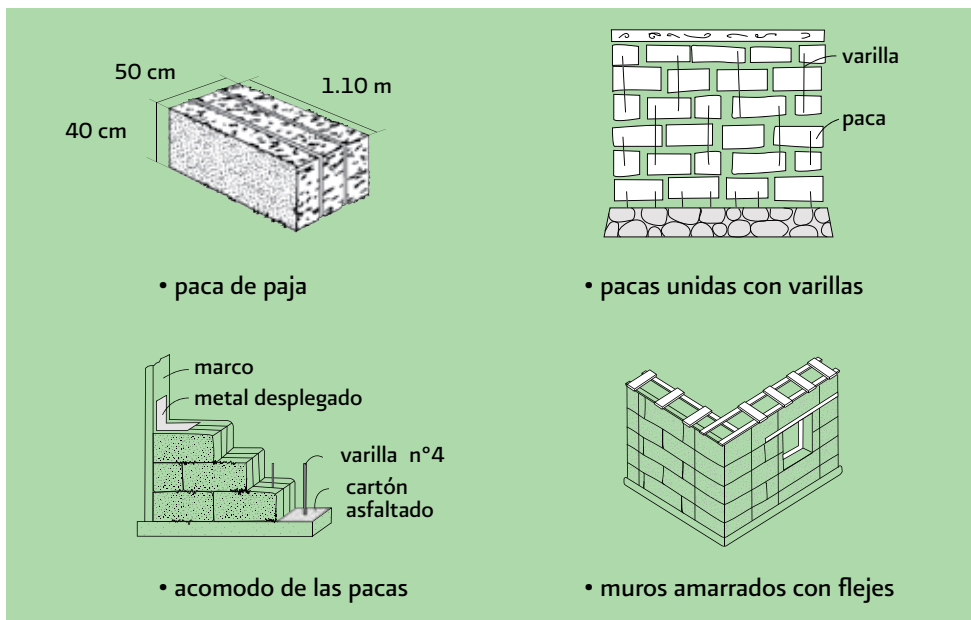
Es preferible utilizar paja de trigo o avena, pero también se puede utilizar la del sorgo sin semillas. Las pacas deben ser solamente de "popote", que se obtiene después de cosechar la semilla.

Las pacas deben estar:

- Compactas
- Uniformes
- Secas (para evitar la pudrición del material)

Las pacas se utilizan como bloques, semejante a la mampostería, que se unen entre sí con varillas y se “flejan” o amarran desde el cimiento.

Los muros de pacas son flexibles, actúan bajo compresión y son relativamente elásticos ante movimientos sísmicos.



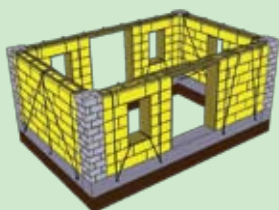
MUROS DE PACAS CON ESTRUCTURAS DE SOPORTE

SISTEMA Y CARACTERÍSTICAS

Se emplea una estructura independiente que carga el peso total del techo y los entrepisos. Las pacas se utilizan como relleno entre los marcos, que pueden ser de distintos materiales como concreto, block, madera y acero, entre otros. Según el diseño de la estructura, se necesita una cimentación adecuada.

En esta modalidad, existen menos restricciones en cuanto al tamaño y diseño de la construcción, así como el número de pisos o niveles. Debido a que el peso del techo se sostiene en los marcos, se pueden aplanar los muros con barro tan pronto sean levantados.

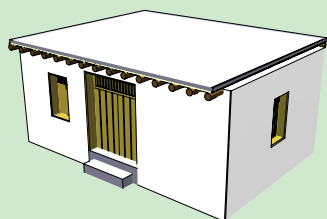
Además, al utilizar una estructura de soporte, el método es más fácilmente aceptado por las personas de la comunidad.



• muro de pacas con estructuras de soporte



- El diseño puede incluir varios pisos.
- Construcción simultánea de muros y techo.
- Confianza de la comunidad en la resistencia de la construcción.
- Tiempo, labor y materiales extra.
- Cimentación más compleja.



• casa de pacas con estructura de soporte

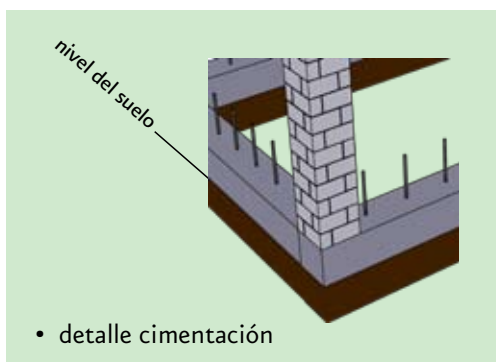


PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Cimientos

El proceso de construcción de los cimientos se realiza de manera convencional, corrigiendo la inclinación del terreno.

La cimentación debe ir, por lo menos, 30 centímetros arriba del nivel del suelo, para evitar que la humedad deteriore las pacas.



En la parte de cimiento que está sobre la superficie, se colocan mangueras atravesando por la parte ancha del mismo; el espacio entre cada manguera es de un metro aproximadamente. Estos huecos servirán para pasar el fleje con el que se amarran las pacas.



Muros

Se colocan varillas cada 50 centímetros sobre el eje de la cimentación para depositar la primera fila de pacas.

En las esquinas de la construcción se levantan marcos que soportarán el peso de la edificación. Pueden ser de concreto, block, acero o madera.

Las filas de pacas se colocan intercaladas, igual que una pared de ladrillo, entre la estructura de block o madera que soportará el peso del techo.

Se deja el espacio para puertas y ventanas por medio de marcos de madera de acuerdo al diseño y la orientación solar.

Cada tres filas de pacas, se coloca una varilla de un metro de largo para unirlas entre sí. En cada paca se utilizan dos varillas.



Para las esquinas, se utilizan pacas más pequeñas (la mitad de una paca normal).

Al llegar a la altura deseada, se coloca un soporte de madera sobre las pacas, para agregar peso.

Una vez armado el muro, se flejan o amarran las pacas desde los cimientos y sobre el soporte, utilizando el orificio de la manguera. Se usa una cinta plástica llamada fleje, para darle resistencia y unión a la pared.

El muro debe estar amarrado en distintas direcciones, para evitar que se mueva.

Barro

Para recubrir la paja se utiliza barro, obtenido al mezclar tierra con agua y paja. La técnica para elaborar el barro es la misma que se utiliza para la fabricación de adobes.

La mezcla puede hacerse de diferentes maneras: revolverla con los pies o una lona o bien, utilizar picos y palas. Para que la mezcla sea moldeable, la tierra utilizada debe contar con un porcentaje de arcilla.



El barro se coloca sobre los muros para cubrir completamente la paja. En los huecos se utiliza masa de paja con barro, lo que permite moldear muy bien los bordes y esquinas.

Se necesitan dos capas de barro para emparejar la superficie y conservar la característica térmica y el aislamiento.

Terminados

Una vez terminadas las dos capas de barro, se coloca malla de metal desplegado en los marcos de puertas y ventanas y en las esquinas. Se sujeta con grapas de metal al muro, para evitar el ingreso de roedores.

El resto de los muros se cubre con tela de gallinero, para darle mayor resistencia a la tercera capa. En ella, se utiliza una mezcla de cemento, cal y arena.

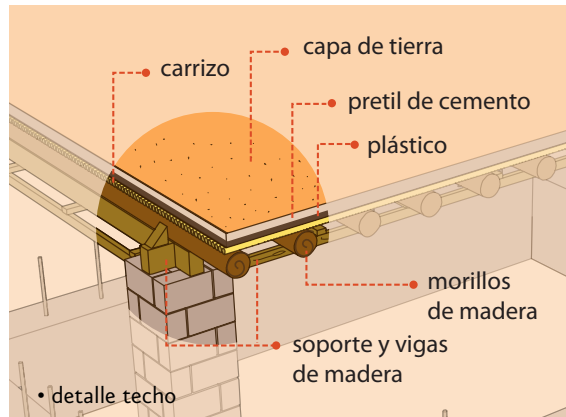
En el enjarre se hacen los terminados y la pintura. El piso de la construcción puede hacerse con cemento pulido o utilizar losas, de acuerdo al presupuesto con el que se cuente.



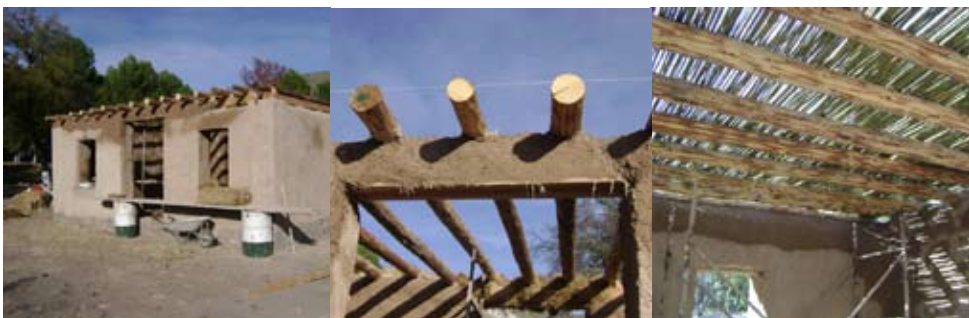
Techo

Una vez colocadas las pajas, se colocan los cerramientos; en este caso, las vigas de madera que reciben la carga del techo.

El techo de las construcciones con pajas puede hacerse de acuerdo a las costumbres y condiciones de la localidad; así, pueden emplearse diseños a dos ó un aguas, o planos.



En regiones áridas y semi-áridas, el techo puede ser plano o con poca inclinación, pues no hay problema de penetración de agua. De igual forma, es posible utilizar la técnica de morillos de madera de pino cubiertos con carrizo, que es usual en la región.



En lugar de carrizo, se puede utilizar otate o varas; la disponibilidad determinará el material usado en el techo de la construcción.

Sobre las vigas de madera se acomodan los morillos de pino o troncos. Cada uno se detiene con un par de cuñas de madera que van clavadas a la viga.

Sobre los morillos, se coloca el carrizo amarrado por pares con una cinta de rafia o hilaza, hasta cubrirlos por completo y formar una tarima.

Tradicionalmente, se colocaba una mezcla de paja con ceniza y tierra recubierta con baba de nopal, como impermeabilizante, sobre el carrizo. Actualmente, la técnica utilizada es cubrir con plástico y una capa de tierra aplanada de 10 cm. de espesor.

Es necesario dejar un pretil con salida para el agua, en caso de lluvia.

En el acabado final, se aplica una mezcla de cemento y arena. Después, se pinta con cal y nopal para que la superficie sea de color claro, que refleje los rayos solares.



MUROS DE PACAS ESTRUCTURALES

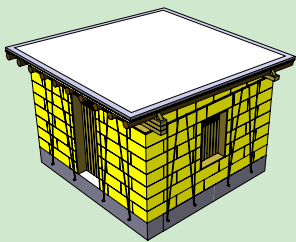
SISTEMA Y CARACTERÍSTICAS

Este método tiene algunas restricciones generales: sólo se puede construir un nivel y el área máxima de aberturas no debe exceder 50 por ciento del total del área del muro.

El peso total del techo, se reparte equitativamente sobre los muros de pacas y los espacios vacíos para puertas y ventanas llamados vanos.

No requiere una estructura para soportar el techo y su diseño es sencillo, lo cual representa ahorro en tiempo, materiales y labor de construcción. Pero, al no contar con la estructura de soporte, el techo no debe ser muy pesado.

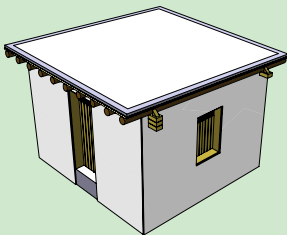
Es necesario esperar a que los muros se compriman y asienten con el peso del techo para comenzar a aplanar la paja



• muro de pacas estructurales



- Ahorro en materiales y tiempo.
- Fácil construcción.
- No se puede construir el techo a la par del aplanado con barro de muros.



• casa de pacas estructurales



PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Cimientos

El proceso de cimentación que se utiliza en el método de pacas estructurales es similar al de la construcción con estructura de soporte. Puedes consultar la sección de “Cimientos” de muros de pacas con estructura de soporte, para conocer más a detalle sus características.

En este caso, el método de cimentación es piedra hundida en mezcla de cemento.



Muros

Se colocan varillas en el eje de la cimentación cada 50 centímetros para la primera fila de pacas. Se acomodan dejando los espacios para las puertas.

Las siguientes filas de pacas, de las cuatro paredes, se colocan al mismo tiempo. Esto, a diferencia del método que utiliza estructura, en el cual se puede construir cada muro independientemente.

En las cuatro esquinas de cada fila, se colocan grapas elaboradas con varillas para conectar las pacas y darle unidad a los muros.

Además, se clavan varillas cada tres filas. Se utilizan dos varillas por paca.

Las puertas y las ventanas deben de colocarse a una paca y media de distancia de la esquina.

De acuerdo al diseño de la construcción, se apilan seis ó siete filas de pacas y se colocan los cerramientos; en este caso, con vigas de madera. Éstas reciben la carga directa del techo y la distribuyen uniformemente en los muros de paja.

Una vez colocadas las vigas, se flejan o amarran las pacas desde la cimentación y se procede a construir el techo.





Techo

Un diseño de techo adecuado para el método de pacas estructurales puede ser a un “agua”, para lo cual es necesario dejar una fila más de pacas en uno de los lados, para provocar la inclinación que permitirá el escurrimiento del agua.

Los morillos de pino se colocan sobre las vigas de madera y encima se acomoda el carrizo y una capa de tierra con un aislante de plástico intermedio.

La técnica utilizada en este ejemplo es similar al de la casa con estructura de soporte.

La diferencia es el momento en que se construye, pues en el método de pacas estructurales es necesario terminar primero el techo antes de comenzar con el aplanado de los muros.

Barro

Ya que el techo está construido en su totalidad, los muros se recubren con dos capas de barro mezclado con paja.

Para rellenar los huecos entre las pacas y para los bordes de marcos y ventanas, se utiliza una masa espesa de paja con barro.

Las pacas de los cuatro muros se cubren completamente, por dentro y por fuera, con barro.

Una vez seco, se coloca malla de metal desplegado en las esquinas y en los marcos de puertas y ventanas.

Los muros se refuerzan con tela de gallinero para darle resistencia y evitar el ingreso de roedores.



Terminados

El enjarre es una mezcla de cemento, cal y arena. Se aplica sobre la tela de gallinero.

En la capa final se hacen los terminados y la pintura.

Al igual que el sistema de pacas con estructura de soporte, los terminados, como el piso, se hacen de acuerdo al diseño y presupuesto.



Las construcciones con pacas de paja son una alternativa sustentable de vivienda para los habitantes de las regiones áridas y semi-áridas de México.

REFERENCIAS

Memoria del Foro de Transferencia de Tecnología y Divulgación. Laboratorio de Arquitectura Básica.

Proyecto apoyado por CONAFOR en 2007



Impreso en Impre-Jal S.A. de C.V.
Nicolás Romero 518, Col. Villaseñor, C.P. 44290
Guadalajara, Jalisco. México
Impreso en papel Educación reciclado.

El tiro consta de 10,000 ejemplares.

www.conafor.gob.mx



COMISIÓN NACIONAL FORESTAL




Construcción con
pacas de paja