



UNIVERSIDAD MICHUACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS PROFESIONAL

**“DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA OBTENCIÓN DE FIBRAS VEGETALES COMO ADICIÓN
A CONCRETO HIDRÁULICO EN EL MEJORAMIENTO DE LA DURABILIDAD”**

Para obtener el grado de Ingeniero Civil

PRESENTA

Martín Cortés Carrasco.

ASESORA

Doctora Elia Mercedes Alonso Guzmán.

COASESOR

Dr. Joan Poch Serra

Universidad Autónoma de Barcelona

COASESOR

Dr. Javier Reyes Trujeque

Universidad Autónoma de Campeche

Morelia Michoacán, México, Diciembre de 2015

Dedicatoria

A mis padres Miguel y Celia y a mis hermanos por su apoyo, comprensión y aliento desde siempre para que este trabajo se realizara.

A mi esposa Marcela y mis hijos Marcela, Martín Daniel y Natalia que los amo y han estado conmigo en las buenas y en las malas.

A todos mis familiares, amigos y compañeros de trabajo, que me impulsaron a concluir este trabajo

Agradecimientos

A Dios, que después de tiempo me dio la oportunidad y la salud para elaborar este trabajo.

A mi esposa y mis hijos por la paciencia que me han tenido para lograr mi superación personal.

A la Dra. Elia Mercedes Alonso Guzmán, que desde el principio me dio todo el apoyo para que este trabajo se realizara, siempre con buenos conocimientos y consejos, gracias por su tiempo, comprensión y paciencia.

A todos mis hermanos, familiares, amigos y compañeros en especial a Bety y mi hermano Jaime por su apoyo y confianza.

RESUMEN

El presente trabajo es una investigación del desarrollo tecnológico para la obtención de fibras vegetales o deshidratación de las mismas, para la adición al concreto hidráulico para ayudar a aumentar la resistencia a flexión/tensión, corrosión de acero, permeabilidad y apariencia. Lograr la mejor calidad de las fibras en base a un proceso de preservación de las fibras por deshidratación o por reducción del contenido de agua, predeshidratado, control químico, colocación en bandejas, deshidratación, posdeshidratado, materiales a utilizar, materias primas e ingredientes, lo necesario para una planta deshidratadora, así como los algunos de los procesos para la deshidratación de las fibras que resultan más económicas como: El secado solar, deshidratación por aire forzado, combustión, tipo vagón, eléctrica, secado en horno. Sus aplicaciones en la durabilidad y mejoramiento de las fibras vegetales en el concreto hidráulico, un ejemplo de la lechuguilla su tratamiento y su utilización para la resistencia flexión/tensión, ensayos de morteros reforzados con esta fibra y sus resultados.

Palabras clave:

Tecnología, fibras vegetales, deshidratación, concreto hidráulico, resistencia.

ABSTRACT

This is a investigation of technological search development for the production of vegetable fibers or dehydration thereof, for addition to hydraulic concrete to help increase resistance to bending / tension, steel corrosion, permeability and appearance. Achieve the best quality of the fibers based on a process of preserving fibers by dehydration or by reducing the water content, dehydrating it before, chemical control, placing on trays, dehydration, dehydrated after, materials used, raw materials and ingredients, necessary for dehydration plant, as well as some of the processes for the dehydration of the fibers are more economical as: Solar drying, forced air drying, combustion, wagon type, electric oven dried. Their applications in durability and improvement of plant fibers in hydraulic concrete, an example of the tiny lettuce treatment and their use for bending / tension assays of this fiber reinforced mortar and resistance results.

Keywords:

Technology, vegetable fibers, dehydration, hydraulic concrete, resistance.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 1 DESARROLLO TECNOLÓGICO	3
1.1 La preservación por deshidratación.....	3
1.2 Preservación de las fibras vegetales por reducción del contenido de agua.....	8
1.3 Predeshidratado.....	9
1.4 Control químico.....	13
1.5 Colocación en bandejas.....	15
1.6 Deshidratación.....	15
1.7 Posdeshidratado.....	20
Capítulo 2 MATERIALES	22
2.1 Materias primas e ingredientes.....	22
2.2 Planta deshidratadora.....	23
Capítulo 3 RESULTADOS	41
3.1 Fibras naturales para el mejoramiento del concreto hidráulico.....	41
3.2 Principales aplicaciones.....	42
3.3 Costos de producción.....	55
CONCLUSIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	57

INTRODUCCIÓN

La deshidratación de las fibras vegetales es el proceso de extracción del agua que contiene mediante la circulación de aire caliente, lo que detiene el crecimiento de enzimas y microorganismos que lo deterioran. Además, muchos microorganismos son destruidos cuando la temperatura llega a 60°C. El objetivo de secar, es preservar las fibras al disminuir su humedad hasta que el crecimiento microbiano de bacterias, levadura y moho, y las reacciones químicas por degradación enzimática se detengan y cesen de destruir las fibras durante su almacenaje.

Esta investigación pretende encontrar tratamientos adecuados en la fibra vegetal de cactus opuntia, que permitan aumentar la durabilidad del compuesto reduciendo el deterioro que sufre la misma en el medio alcalino propio del concreto.

Son tiempos en los que todo lo que se realiza se hace pensando en el medio ambiente. Es conocida la situación actual del planeta, se sabe que poco a poco con las acciones que se llevan a cabo y el uso desmedido de los recursos naturales para beneficio de la humanidad, han degradado el planeta.

Los impresionantes cambios climáticos y los ya cada vez más devastadores fenómenos naturales, han hecho que se tome conciencia, más bien generada por el miedo, y se está tratando de contrarrestar y remediar el daño hecho desde hace miles de años.

En la actualidad se han tomado medidas como el reciclaje, reúso, y sustitución de materias primas naturales, por otras que no afectan las condiciones terrestres.

Otra realidad que no podemos ocultar es el desmedido crecimiento de la población mundial, y por ende, la creciente urbanización. Esto aparte de estar acabando con las zonas naturales, genera un gran consumo de materia prima para la construcción de los medios urbanos.

A lo largo de la historia se han utilizado muchos elementos para construir; desde las rocas, lodo, y muchos productos que con errores y aciertos se han ido probando. Actualmente el concreto es el material más usado.

La hipótesis manejada es el aumento de la resistencia a la tensión/flexión del concreto y disminución de agrietamiento.

Se hacen estudios en varias partes de la república mexicana, utilizando fibras naturales de otras procedencias, tal es el caso de la fibra de coco, nopal y la fibra de lechuguilla, bagazo de caña, etc.

En realidad en materiales de construcción que tuvieron usos estructurales similares al concreto, como el adobe, la tapia pisada y los morteros de cal entre otros, las fibras siempre estuvieron presentes. Las fibras vegetales son de uso obligado en la tapia pisada y el adobe debido a que les ayudan a asumir esfuerzos de tensión y le confieren así un mayor monolitismo (no fisuración) a los elementos. En la antigüedad era lo único existente.¹

El uso de las fibras naturales como un componente más en materiales de relleno o aglomerantes, no es así nuevo y se remonta varios siglos atrás. En concreto existen referencias tempranas de experimentación con un refuerzo discontinuo (clavos, segmentos de cable, ganchos) que se remontan a 1910.¹ Probablemente el uso más extendido de las fibras como un componente más en materiales aglomerantes haya sido su uso en elementos como tejas o prefabricados de asbesto-cemento. En este caso las fibras de asbesto le conferían al material el monolitismo y la resistencia a la tensión/flexión buscada, sin embargo por consideraciones de salud estas fibras de asbesto han sido sustituidas por otras de diferentes materiales que no tienen ningún efecto sobre la salud humana, pero que siguen dando resistencia ante cargas dinámicas y esfuerzos de tensión/flexión/cortante.¹

A partir de que las fibras de asbesto fueron relacionadas con potenciales peligros para la salud, (pulmón, problemas respiratorios, cáncer), prohibido hoy en día en más de 50 países por la organización mundial de la salud (OMS) ,[el país periódico].Se inició la búsqueda de posibles sustitutos que le proporcionarían al concreto las propiedades tan favorables que el asbesto le daba, además de ser competitivos en calidad y precio. Las fibras de acero, de vidrio y más recientemente las de polipropileno, son alternativas viables para reforzar al concreto. Sin embargo, otro grupo de fibras llamadas orgánicas o naturales las animales son la lana de cordero, pelo de cabra, etc., han sido motivo de varios estudios para su posible aplicación como refuerzo del concreto y también como material de refuerzo en piezas de adobe (tierra cruda) y morteros de base cal para restauración patrimonial.²

Capítulo 1 DESARROLLO TECNOLÓGICO

1.1 LA PRESERVACIÓN POR DESHIDRATACIÓN

La técnica de secado de las fibras vegetales es probablemente el método más antiguo para preservar las fibras que ha ideado el ser humano. La extracción de la humedad de las fibras previene el crecimiento y la reproducción de los microorganismos causantes de la pudrición. Produce una disminución sustancial del peso y el volumen, reduciendo empaque, costos de almacenamiento y transporte y permitiendo el almacenamiento del producto a temperatura ambiente por largo tiempo.

Básicamente, el deshidratado consiste en retirar por evaporación, el agua de la superficie del producto y traspasarla al aire circundante. Al deshidratar se producen dos fenómenos:

1. Transmisión del calor del medio gaseoso externo al medio interno del sólido poroso.
2. Transferencia de la humedad interna del sólido al medio externo.

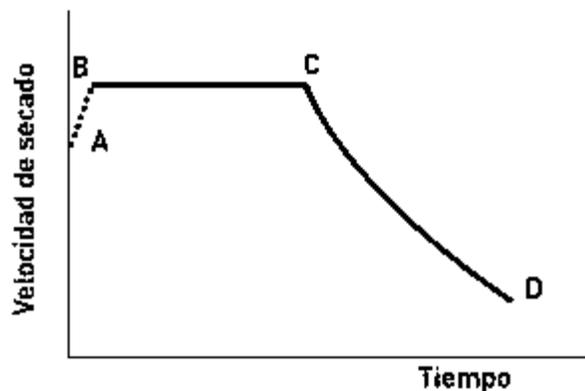
En el sólido, el calor tiene que pasar primero a su superficie y de allí a su interior. La masa húmeda se transfiere desde el interior del sólido hacia su superficie como líquido y/o vapor, y como vapor desde su superficie al medio externo. En este proceso se distinguen dos estados:

1. El estado pendular, que es el de un líquido en un sólido poroso cuando no existe ya una película continua de líquido alrededor de las partículas discretas (agua superficial).
2. El estado funicular, que es el de un cuerpo poroso cuando chupa aire dentro de los poros por la succión capilar.³

Un sólido poroso está hecho de material higroscópico- propiedad de los materiales de absorber el agua del medio ambiente [wikipedia]. Esta se encuentra en los intersticios a causa de la atracción molecular líquido-sólido. La humedad retenida por un sólido poroso en determinadas condiciones de humedad del aire se llama “contenido de humedad en equilibrio”. En general, en una atmósfera normal con temperaturas entre 15° y 35° C, el

contenido de humedad en equilibrio es relativamente independiente de la temperatura, por el mismo hecho de que la segunda mantiene su equilibrio con la primera. Pero, en la medida que la temperatura aumenta con una humedad determinada, el contenido de humedad en equilibrio disminuye. Por último, ésta pierde su importancia con relación al contenido de humedad en equilibrio cuando la temperatura supera el punto de ebullición. Así pues, se llama “contenido de humedad libre” al líquido que puede eliminarse para una temperatura y humedad dadas.³

En general, se observa con muchos productos que la velocidad inicial de secado es constante y después disminuye, algunas veces a dos intensidades distintas. En el proceso de deshidratación se distinguen dos periodos en los que el contenido de humedad se relaciona con el tiempo. La curva de secado se divide en un periodo de intensidad constante y un periodo de intensidad decreciente.

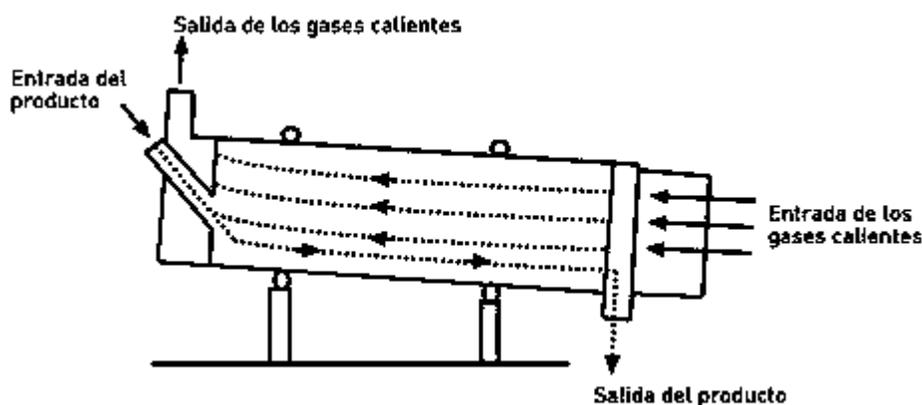


[Empresa eficiente.com]

Si el contenido de humedad requerido es menor que el contenido crítico, el proceso de deshidratación pertenecerá exclusivamente al periodo de intensidad constante. Este es el caso de las fibras. El periodo de intensidad decreciente comienza cuando se sobrepasa el contenido crítico de humedad. De este modo, si el contenido inicial de humedad es menor que el contenido crítico, todo el proceso de deshidratación estará comprendido en el periodo de intensidad decreciente. Este es el caso del secado de la madera y del

jabón. En este periodo la intensidad instantánea de la desecación disminuye continuamente.³

El producto debe deshidratarse desde su base de peso húmedo, que es el porcentaje de humedad del sólido húmedo, hasta su base seca comercial, que es su contenido de humedad en kg de agua por kg sólido cuando este sale del túnel de secado.



Túnel de secado [empresaeficiente.com]

La rapidez de este proceso depende del aire (la velocidad con la que éste circule alrededor del producto, su porcentaje de humedad relativa, etc.), y de las características del producto (su composición, su contenido de humedad, el tamaño de la partícula, etc.). El aire contiene y puede absorber vapor de agua. La cantidad de vapor de agua presente en el aire se llama humedad relativa, que su porcentaje depende de la zona geográfica, latitud y altitud. La cantidad de vapor de agua que el aire puede absorber depende de su temperatura. A medida que el aire se calienta, su humedad relativa disminuye y, por tanto, puede absorber mayor humedad. Al calentarse el aire alrededor del producto, éste se deshidrata más rápidamente.³

1. Transferencia de calor y masa.

La deshidratación trata de la aplicación de calor para evaporar agua y de la forma de extraer el vapor después de su separación de los tejidos vegetales. La aplicación de calor implica suministro de energía. Una corriente de aire es el medio más común para transferir calor al tejido del que se evapora agua.

Los dos aspectos más importantes de la transferencia de masa son:

- La transferencia del agua desde el interior hasta la superficie del material.
- La extracción del vapor de agua desde la superficie del material.

Con el objeto de asegurar una calidad óptima a un bajo costo la deshidratación debe ser relativamente rápida (de 6 a 14 horas utilizando un deshidratador de alimentos y de 2 a 4 días en deshidratadores solares). [Universidad de Georgia-secado de frutas y verduras]

Cuatro aspectos afectan la velocidad y el tiempo total de deshidratado:

- Las características del producto, en particular el tamaño de sus partículas, su geometría y la masa. · El arreglo geométrico de los productos con relación al medio calórico de transferencia.
- Las características físicas del medio que deshidrata (calor inducido, solar, etc).
- Las características del equipo deshidratador. (De los cuales menciono en el Capítulo 2).³

2. Superficie

En general, para ser deshidratadas las fibras vegetales son cortadas en pequeños trozos que son esparcidos sobre bandejas en delgadas capas.

- Ello permite aumentar la transferencia de calor y masa.
- Grandes superficies de secado proveen mayor contacto con el medio calórico (el aire caliente) y mayor área de escape de la humedad.
- Pequeñas partículas o delgadas capas reducen la distancia entre el calor externo y el núcleo del material. Igualmente, reducen la distancia de escape de la humedad del núcleo hacia la superficie.³

3. Temperatura.

Mientras mayor sea el diferencial de temperatura entre el medio calórico y el producto, mayor será la intensidad de transferencia del calor al producto, permitiendo una mayor energía para extraer la humedad. Cuando el medio calórico es el aire, la temperatura juega un rol secundario importante.³

4. Velocidad del aire.

No sólo el aire caliente es capaz de extraer más humedad que el aire frío, sino que el aire en movimiento será más efectivo. Una mayor velocidad del aire extraerá con una mayor intensidad la humedad que se desplaza hacia la superficie del producto desde su núcleo e impide que la masa de aire llegue a saturarse. Ésta es la razón que explica que la ropa seque más rápidamente en días ventosos.³

5. Sequedad del aire.

Cuando el aire es el medio empleado para secar el producto, su mayor sequedad será importante en la rapidez del deshidratado. El aire seco tiene mayor capacidad para absorber y retener la humedad. El aire húmedo está más cercano a su saturación, por lo que puede absorber y retener menor humedad adicional que si estuviera seco. También el aire seco determinará el nivel de humedad del producto al cual se podrá deshidratar.³

6. Presión atmosférica.

Si el producto es colocado en una cámara de vacío, su humedad podrá ser extraída a una temperatura menor que con mayor presión. Alternativamente, a una temperatura determinada, con o sin vacío, la intensidad de extracción de agua del alimento será mayor con menor presión.³

7. Evaporación y temperatura.

Mientras el agua se evapora desde su superficie, la va enfriando. Este enfriamiento es el resultado de la absorción del calor latente por el agua en su fase de transformación de líquido a gas. El calor para la evaporación se obtiene del medio, lo que produce su enfriamiento. La cantidad de calor requerida para evaporar un gramo de agua a una temperatura de 60°C es de 560 kca.³

8. Tiempo y temperatura.

Puesto que todos los métodos más importantes para deshidratar fibras vegetales se basan en el calor y en los constituyentes de las fibras son sensibles al calor, se debe llegar a un compromiso entre la intensidad máxima de deshidratación y el mantenimiento de la calidad de las fibras. Tal como en el caso del uso de calor para el proceso de pasteurización y esterilización, el proceso de deshidratación podrá emplear relativamente altas temperaturas por poco tiempo para que el daño al alimento sea menor que menores temperaturas por tiempos más prolongados. De este modo, las fibras deshidratadas en deshidratadores retendrán una mejor calidad que el mismo producto secado al sol.

Temperaturas bajas de deshidratado y tiempos de deshidratado menores son especialmente importantes en el caso de fibras sensibles al calor. Temperaturas elevadas producen encostramiento en productos ricos en almidones. Este fenómeno se produce cuando el agua que hay dentro de la fibra no puede salir debido a la velocidad con que se ha secado la superficie. Así, el proceso puede verse interrumpido si la superficie de la fibra se seca por completo, creando una costra que evita que la humedad que estaba emergiendo continúe su curso. En otros casos, aumentar la temperatura para intensificar el proceso de deshidratado destruye las vitaminas, lo que origina la pérdida de color y sabor. La decoloración suele ocurrir tanto durante las fases preliminares como en las del deshidratado propiamente dicho. Así, se produce el pardeamiento causado por reacciones químicas y bioquímicas o por sobrecalentamiento. Por otra parte, temperaturas un poco mayores que las del ambiente, junto a un alto grado de humedad dentro del túnel de secado, favorecen el desarrollo de hongos, levaduras y bacterias.³

1.2 PRESERVACIÓN DE LAS FIBRAS VEGETALES POR REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA.

Los microorganismos en un estado saludable de crecimiento pueden contener más del 80% de agua. Esta agua la obtienen de las fibras en el que proliferan. Si se la extrae de las fibras, también se la sacará de la célula bacteriana, y la proliferación se detendrá. De ahí que la deshidratación parcial es menos efectiva que el total. Sin embargo, para algunos

microorganismos la deshidratación parcial puede ser suficiente para detener el crecimiento bacteriano y su multiplicación.

Las bacterias y las levaduras requieren más humedad que los mohos, de modo que estos últimos se encuentran a menudo creciendo en fibras semi-deshidratados, pero donde las bacterias y las levaduras no encuentran condiciones favorables.

Pequeñas diferencias en la humedad relativa en el ambiente en el cual la fibra se mantiene, o dentro del paquete, pueden representar grandes diferencias en la velocidad de multiplicación de los microorganismos. Puesto que éstos pueden vivir en una parte de las fibras vegetales que puede diferir en humedad y otras condiciones físicas y químicas de otra parte a milímetros de distancia, debemos preocuparnos de las condiciones en el

“microambiente”. De este modo, es usual referirse a las condiciones del agua en términos de actividad específica.³

1.3 PREDESHIDRATADO

1. Recepción.

La recepción en almacén de materias primas trata del control cualitativo y cuantitativo de los vegetales. Ciertamente, en esta etapa no se puede controlar y evaluar plenamente su estado sanitario y organoléptico (percibir los sentidos, sabor, textura, olor y color). Pero se debe rechazar todo producto que no cumpla con las condiciones del pedido. En el laboratorio químico se puede realizar rápidamente un análisis para evaluar la complejidad de información organoléptica.

- Extracto refractométrico (tomates, frutas).
- Peso específico (papas, nopales).
- Consistencia (medida con tenderómetro, penetrómetro, etc.).
- Ensayo de cocción.

Al ir descargando el camión y antes de ser almacenada la materia prima debe ser pesada y calificada según su estado de madurez. La información del pesaje debe ser registrada y archivada.³

2. Almacenamiento del producto en fresco.

Una vez que los vegetales han sido cosechados, éstos pierden su resistencia natural a la acción de los microorganismos de pudrición. También se producen cambios en sus sistemas enzimáticos que pueden acelerar la actividad de los organismos de pudrición ó fermentación.

Los medios que se usan corrientemente para prevenir la pudrición de los vegetales deben incluir:

- Cuidado en prevenir cortes y magulladuras durante la cosecha, transporte y almacenamiento.
- Control de la intensidad de respiración y de maduración durante el almacenamiento.

Una de las principales pérdidas económicas que ocurren durante el transporte y/o almacenamiento del producto fresco es la degradación debido a efectos de respiración. El contenido de oxígeno del ambiente debe ser reducido a un valor no superior al 5% del de la atmósfera, pero superior al valor al cual la respiración anaeróbica pudiera comenzar. Cuando la concentración de oxígeno se reduce desde el principio (dentro de 60 min. de la cosecha) el deterioro que pudiera sufrir resulta insignificante. Durante el almacenamiento y hasta que el producto alcance la madurez requerida, éste debe cubrirse con una carpa impermeable que permita la adecuada concentración de oxígeno.

La bodega debe estar cubierta, ser fresca, seca, ventilada, pero sin circulación forzada del aire que pudiera inducir a pérdidas significativas de peso mediante una intensiva evaporación del aire. Su humedad relativa debe estar en 70 a 80%.³

3. Lavado.

El lavado se usa no sólo para retirar las impurezas del campo, como la tierra, el polvo y la suciedad que están adheridas al producto, además de las materias extrañas que puedan estar presentes. El lavado sirve también para sacar los microorganismos, además de fungicidas, insecticidas y otros pesticidas, puesto que existen leyes que especifican niveles máximos que pueden ser retenidos en el producto, y en la mayoría de los casos el nivel

residual permitido es virtualmente de cero. En este caso el agua para lavar contiene detergentes y otras sustancias higiénicas no contaminantes que sirven para remover completamente estos residuos.

El equipo de lavado es de flotación cuando se trata de vegetales, y es rotativo donde el producto se dispone para ser rociado.

Todo vegetal debe ser lavado y restregado suave y completamente en agua con hipoclorito de sodio en concentración del 10% antes de procesar. Usar 0,5 cm³ (10 gotas) de hipoclorito de sodio por litro de agua. La acción del cloro sobre las impurezas lo va consumiendo.

Los vegetales deben deshidratarse tan pronto como se hayan cosechado y siempre que estén maduros.

El seleccionado cubre dos operaciones separadas:

- Remoción de productos fuera de norma y posibles cuerpos extraños que permanecieron después del lavado.
- Selección basada en la variedad, el tamaño y el criterio organoléptico sobre la etapa de madurez.³

4. Procesado.

En general, el producto debe ser pelado y las semillas, tallo y espinas extraerlas, según sea el caso. Se debe cortar y separar las partes dañadas, inmaduras, blandas, fibrosas, leñosas y enfermas del producto.

El pelado puede ser mecánico. Esta operación se realiza con varios tipos de equipos que dependen del resultado esperado y las características del producto.

Calor húmedo. Las hortalizas con cáscara gruesa, como, papa, zanahoria, camote, nopal, pueden ser peladas con vapor a presión (10 at) en recipientes cilíndricos rotatorios. Este proceso suelta la cáscara del tejido subyacente: cuando la presión se aplica de pronto, el vapor bajo la piel se expande y ésta se levanta y se agrieta. La piel se remueve con chorro de agua a alta presión (sobre 12 atm=12.396Kg/cm²).

Calor seco. La exposición directa a la llama de 1000°C por 1 minuto (o gases calientes) en peladores rotatorios desarrolla vapor bajo la piel separándola del producto. Ésta puede ser extraída con agua.³

El pelado manual se usa cuando los anteriores métodos son imposibles de aplicar. La pérdida de masa en el pelado de hortalizas, en %, se presenta en la siguiente tabla.

CUADRO I.3.4.A VEGETALES – PORCENTAJE DE DESECHO EN RELACION A LA MP (masa de pelado)

HORTALIZA – MANUAL – MECÁNICO – QUÍMICO

Papa.....	15-19.....	18-28
Nopal.....	... 13-15	16-18 8-10
Remolacha.	14-16.....	13-15..... 9-10

Después de pelar, despepitar y deshuesar, el producto se debe cortar por mitad, cuartear o rebanar según el caso. Los cortes deben tener el mismo grosor para que todo seque al mismo tiempo.

CUADRO I.3.4.B. VEGETALES – PREPARACIÓN Y BLANQUEADO

HORTALIZA ----- PREPARACIÓN ----- BLANQUEADO Minutos **

Apio.....	Cortar hojas, rebanar a 6 mm	2 – 3
Brócoli	Desflorar, cortar longitudinalmente a 6 mm....	2--3
Col de Bruselas	Cortar longitudinalmente por la mitad	5 – 6
Calabaza	Pelar y cortar de 5 a 10 cm x 6 mm	2 ***
Coliflor * Deshacer en florecillas	4 – 5 ****
Espárrago *	... Lavar, trozar a 12 mm, o cortar por mitades ...	4 – 5
Espinaca	Lavar, sacudir, cortar	2

MaízDesgranar después de blanquear 2

Nopal..... Lavar, cortar espinas, rebanar a 5 mm 4

* No rehidratan bien.

** Tiempo de blanqueado para altitudes de 1000 a 1700 msnm. Para altitudes mayores, éste toma más tiempo.

*** Añadir zumo de limón.

**** Añadir sal³

1.4 CONTROL QUÍMICO

El objetivo del control químico es preservar el color y el sabor del producto, mantener sus nutrientes, detener la descomposición por la acción enzimática, asegurar un deshidratado parejo, extender su vida de almacenamiento.

El producto debe ser tratado químicamente previo a su deshidratación para detener la acción enzimática, la que produce una pérdida de sabor. Ciertas enzimas pueden causar decoloración y pérdida de nutrientes y cambios de sabor en los alimentos deshidratados. Estas enzimas deben ser neutralizadas. Las hortalizas se deterioran más rápidamente que las frutas por la acción enzimática. En éstas su alto contenido de azúcar y ácidos contrarrestan la acción enzimática.³

1. Solución ácida.

En los vegetales no se usa el blanqueamiento o escaldado, pues les da un sabor a cocido. Su principal problema es el pardeamiento por oxidación y la pérdida de vitaminas A y C. El pardeamiento es crítico en los vegetales de color pálido, a causa de la acción de la enzima fenoloxidasasa (PO). Para impedir estos efectos, se las somete a un control químico que interfiere con las reacciones químicas oxidantes. Este consiste en un baño en una solución de ácido con agua. El ácido más usado es el ascórbico (vitamina C). También

éste puede ser empleado en mezclas con ácido cítrico y/o azúcar, pero no es tan efectivo como usarlo solo. El ácido cítrico es más suave.

Las soluciones están compuestas en la siguiente proporción:

Ácido ascórbico: 1,5 a 2 gramos/litro de agua (1,5 g equivale a una cucharilla de té) Ácido cítrico: 6 gramos/litro de agua. (6 g equivalen a una cuchara de sopa).

La solución puede rociarse sobre el producto o éste puede sumergirse en aquella. También puede usarse la miel de colmena. En este caso se mezcla 1 parte de azúcar en 3 partes de agua y se la hace hervir. Hirviendo, se le añade 1 parte de miel, y la solución se enfría. La solución se puede volver a usar, pero debe quedar refrigerada y tiene una duración de tres días. El tiempo de inmersión de los vegetales en la solución es de 3 a 5 minutos.³

2. Sulfitación o azufrado.

En los vegetales el baño con sulfito (SO₂) logra un mejor efecto de largo plazo que el baño con ácido: retarda la pudrición y el pardeamiento y reduce la pérdida de vitaminas A y C. Incluso es mejor que el segundo. Además es más rápido y fácil que el azufrar con azufre gaseoso. No obstante, el sulfitado no es plenamente recomendable debido a que el azufre puede causar una reacción asmática en una pequeña parte de la población asmática. Ciertamente, estas personas pueden elegir ingerir otro tipo de productos, pero pueden existir distribuidores que pudieran exigir un producto libre de azufre. En cualquier caso, la legislación sobre alimentos de muchos países exige que la etiqueta especifique la cantidad de SO₂ que contiene el producto (NOM-130-SSA1-1995 en México).

Muchos compuestos químicos tienen la capacidad para detener el crecimiento de microorganismos y de eliminarlos, pero pocos son los permitidos en los alimentos. De estos últimos, se agregan en pequeñas dosis (hasta el 0,2%) y no alteran las características físico-químicas y organolépticas del producto (o muy poco). El dióxido de azufre (SO₂) es un gas incoloro, sofocante, de olor picante, inflamable y muy soluble en agua fría (85g en 100 ml a 25°C). Con niveles de pH menores de 4, produce ácido sulfuroso y iones de bisulfito y sulfito. Las distintas sales de sulfito contienen entre 50 y 60% de SO₂ activo. El SO₂ es usado como gas o en sus formas de sales como sulfito,

bisulfito o metabisulfito, que son polvos. En su forma gaseosa se produce ya sea quemando azufre o soltándolo de sus formas líquidas. El metabisulfito es más estable a la oxidación que los otros sulfitos. La acción del SO₂ contra levaduras, mohos y bacterias es selectiva, siendo algunas especies más resistentes que otras. Además de sus efectos antimicrobianos, el SO₂ tiene características antioxidantes, reductivas y previene las reacciones enzimáticas y no-enzimáticas de pardeamiento

1.5 COLOCACIÓN EN BANDEJAS

Una vez que el producto ha sido trozado y sometido al control químico, se vierte en bandejas a razón de 4-6 kg/m². Los trozos deben tener el mismo espesor, deben colocarse en una sola capa y no deben traslaparse ni los bordes toparse, para evitar que se peguen.³

1.6 DESHIDRATACIÓN

El éxito del deshidratado depende de:

- Suficiente calor para extraer la humedad al producto lo más rápido posible sin cocinarlo ni afectar su sabor, textura y color.
- Aire seco para extraer la humedad del producto.
- Suficiente circulación de aire para acarrear la humedad fuera del túnel de secado.

1. Temperatura de deshidratación.

Si la temperatura es muy baja al comienzo, pueden desarrollarse microorganismos antes que el producto sea adecuadamente deshidratado. Si la temperatura es muy elevada y la humedad muy baja, la superficie del producto puede endurecerse manteniendo la humedad interna.

La temperatura para deshidratar vegetales es de 50° a 60°C. Mayor calor cocina los vegetales, y si es aún mayor, cocina su exterior impidiendo que la humedad interna escape.

CUADRO 1.6.1.A. TEMPERATURAS MÁXIMAS RECOMENDADAS

PRODUCTO - TEMPERATURA RECOMENDADA

Hierbas mayor que 35° C

Vegetales mayor que 52

El tiempo de deshidratado depende del producto, su grosor, humedad relativa, calor, temperatura ambiente, etc. En general es mejor sobre-deshidratar que sub-deshidratar, aunque mucha pérdida de humedad significa una reducción de peso mayor y una disminución del rendimiento, lo que redonda en una pérdida de valor y en un menor precio.³

CUADRO 1.6.1.B. CONDICIONES EN LA DESHIDRATACION DE VEGETALES

CONDICIÓN ----- UNIDAD -- AJO -- NOPAL - CEBOL. - PIMENT – ZANAH

Temp. zona húmeda °C 75 80 70 75 80

Temp. zona seca °C 60 60 6060 75

Cont. humedad inicial ... % ... 65 94 86 87 88

Cont. humedad final % 8 12 8 8 8

Humedad de resecado .. % ... 6,5 8 5

CUADRO 1.6.1.C. CONDICIONES DEL PRODUCTO TERMINADO

PRODUCTO - HUMEDAD RELATIVA % - RENDIMIENTO %

Cebolla.....	4-6	8-11
Hierbas.....	5-7	5-7
Hortalizas c/hojas. 6-8.....		5-7 (espinacas, acelgas, etc).
Papa.....	8-10.....	12-16
Puerro.....	4-6.....	7-10
Repollo.....	4-7.....	4-6
Nopal.....	4-6.....	7 ³

2. Tiempo de deshidratación.

CUADRO 1.6.2.A. TIEMPO DE DESHIDRATACION DE VEGETALES COLOCADOS EN BANDEJAS

VEGETAL TIEMPO EN HORAS TEMPERATURA ENTRE 50° y 60°C

Apio	18
Berenjena	24
Brócoli	10
Col de Bruselas... ..	24
Calabaza	18
Cebolla	20
Coliflor	16
Espárrago	10
Espinaca	15
Hongos	16

Maíz	12
Papa	12
Pimiento	12
Repollo	10
Tomate	26
NOPAL....	18

3. Disminución de masa entre MPF y PF.

CUADRO 1.6.3. RELACIÓN PRODUCTO FRESCO / PRODUCTO FINAL.*

PRODUCTO -----	RELACIÓN
Chile	5/1
Ajo	4/1
Apio: tallos y hojas	20/1
Apio: sólo tallos	30/1
Cebolla	9/1
Papa	7,6/1
Pimiento verde	22/1
Pimiento rojo	19/1
Repollo	16/1
Tomate	20/1
Nopal....	9/1

Nota: (*) La relación indica la cantidad de kg de producto fresco necesario para producir 1 kg de producto final.³

4. Cuidado en el deshidratado.

Se debe examinar el estado de la deshidratación cada dos horas. Las bandejas se deben rotar para obtener un deshidratado uniforme. El producto corriente-arriba se deshidrata más rápido que el que está corriente-abajo. Si fuera necesario, se debe dar vuelta el producto con una espátula.

Al comienzo del deshidratado no hay peligro que el producto se tueste. Este peligro es inminente al finalizar el deshidratado si la temperatura sube sobre el límite indicado. Un producto tostado pierde sabor y su valor nutritivo queda degradado. (cuadro1.6.1. A).

El deshidratado termina cuando el peso del producto tiende a alcanzar las condiciones de equilibrio en el tiempo, es decir, cuando la variación del peso del sólido es casi nula, tendiendo a un peso constante.

CUADRO 1.6.4.A. VEGETALES – CAPACIDAD PARA DESHIDRATACIÓN

HORTALIZA - DESHIDR.

Ajo..... B

Alcachofa..... R

Apio..... M

Calabaza..... M a R

Camote..... R

Cebolla..... B a E

Hongos..... B

Nabo..... R a B

Papa..... B

Perejil..... B

Pimiento..... B

Tomate..... R a B

Nopal.....B

EVALUACION: E = excelente; B = bueno; R = regular; M = malo; ³

1.7 POSDESHIDRATADO

1. Pruebas de secado.

No es fácil calibrar cuándo ha terminado la deshidratación de un producto. En ausencia de instrumentación las características de varios productos después de la deshidratación pueden ser evaluadas por la experiencia. Sin embargo, a continuación se dan algunas indicaciones generales.

Para hacer la prueba de sequedad, dejar que el producto enfríe. Cuando está caliente, parece ser más blando, húmedo y correoso de lo que es en realidad. Los vegetales están deshidratados cuando quedan frágiles y duros, o correosos y fuertes (vegetales en general). Si quedan correosos, estarán flexibles, pudiendo volver a su forma inicial.

En general, mientras menor sea el contenido de humedad, la calidad será mayor. Pero productos sobredeshidratados tienen en general una calidad menor. Además un exceso de deshidratación no es comercialmente aceptable.

Después de deshidratar, el producto debe ser seleccionado sobre la bandeja o sobre una mesa y deben retirarse los pedazos de poca calidad y color y toda materia extraña.

Después de seleccionar y graduar, el producto deshidratado debe ser empacado inmediatamente, preferentemente en bolsas de polietileno que deben ser selladas al vacío. Puesto que las bolsas pueden dañarse fácilmente, éstas deben ponerse en cajas de cartón o bolsas de yute antes de ser almacenadas y transportadas.

Después de retirar el producto final de las bandejas, humedecerlos, lavarlos con agua limpia y fría, secarlas y esparcir una fina capa de desmoldante (glicerina o margarina vegetal) tanto por el bastidor como por la rejilla. Así, el bastidor queda protegido y resulta más fácil retirar el producto ya deshidratado de la rejilla.

CUADRO 1.7.1.A. VEGETALES – INDICE DE SEQUEDAD

HORTALIZA --- ÍNDICE DE SEQUEDAD

Apio	Frágil, quebradizo
Brócoli	Frágil, quebradizo
Calabaza	Quebradizo
Cebolla	Quebradizo, como papel
Espárrago	Quebradizo a correoso
Espinaca	Frágil, quebradizo
Hongos	Seco, fuerte, correoso
Maíz	Quebradizo, crujiente
Nopal.....	Frágil a quebradizo ³

2. Tecnología para el procesamiento de polvo vegetal.

Esta tecnología se aplica principalmente en papas (hojuelas, harina, granulado), nopal (polvo) y tomates rojos (polvo). Para obtener un producto terminado mediante la deshidratación, el contenido de humedad debe ser reducido a menos del 4 %. Después el producto debe ser pulverizado, tamizado y envasado.³

Capítulo 2 MATERIALES

2.1 Materias primas e ingredientes.

Equipo y material.

5 Mesas de trabajo.

1 Balanza de 0-50 kg, precisión 0,1 kg.

1 Moledora, capacidad 50 kg/min, mallas: 0.38 mm (0.015”); 0,76 mm (0.03”); 1.14 mm(0.045”)

5 Cocinillas industriales.

3 Ollas acero inox. Cap. 10 l.

15 cuchillos acero inox., hoja de 12-15 cm. de largo

10 Cucharas acero inox., varios tamaños.

5 Cucharas madera.

10 Regaderas manuales.

1 Exprimidor de limón plástico.

5 Coladores plásticos.

1 Espumadera acero inox.

1 Cucharón acero inox.

5 Barriles plásticos.

5 Cortadores acero inox.

Ingredientes.

Metabisulfito de potasio (K₂S₂O₅).

Acido ascórbico o vitamina C (C₆H₈O₆)

2.2 Planta deshidratadora

La planta deshidratadora para producir producto final para un contenedor mensual se caracteriza por la utilización de líneas procesadoras completas, aunque ajustables para cumplir con programas de producción, y equipos específicos para procesar vegetales particulares.

1. Edificio.

a) Dependencias.

- Bodega de materias primas y área de lavado- 100 m².
- Taller para el procesamiento húmedo- 100 m².
- Taller para el procesamiento seco- 50 m².
- Laboratorio para el control de calidad- 10 m².
- Bodega de productos terminados- 50 m².

Todas las áreas requieren tener una plataforma recubierta con losetas cerámicas y cumplir con lo expuesto en la sección anterior de Buenas prácticas de manufactura y los requisitos de higiene.

b) Patio exterior.

Esta superficie se requiere para acceso, estacionamientos, y para rodear las instalaciones. Debe estar cementada.

2. Laboratorio.

1 Balanza de 0-3 kg, precisión 1 g.

2 Refractómetros manuales

10 Termómetros 10-100°C. de capacidad

1 pH metro modelo de bolsillo.

1 pH metro modelo de laboratorio.

1 penetrómetro.

1 microscopio.

1 balanza analítica.

Tubos de inoculación.

Platos Petri.

Contador de colonias.

Pipetas.

Tipos de deshidratadores solares

Los deshidratadores solares pueden convertirse en tecnología rural apropiada. Para lograrlo es necesario que el proceso de apropiación sea acompañado de expertos que conozcan a fondo los principios termodinámicos de su funcionamiento, el proceso de secado de los alimentos a deshidratar, las condiciones meteorológicas del lugar, y fundamentalmente la radiación solar.

Este trabajo de caracterización requiere esfuerzos de análisis termodinámico tanto teórico como experimental, para generar diseños adecuados de deshidratadores solares. El tipo de producto y volumen a secar ofrece una primera información sobre el requerimiento energético. Los parámetros meteorológicos y termodinámicos a través de la modelación teórica y/o numérica, nos permite dimensionar con precisión los deshidratadores y conocer los efectos de las adiciones sobre los efectos mecánicos causados sobre las propiedades de los diferentes materiales de construcción.

Con estos modelos también es posible predecir la velocidad de deshidratación del producto y la eficiencia térmica y de gasto energético del aparato. Las mediciones experimentales posibilitan comprobar las predicciones teóricas, mejorar los diseños y conocer la calidad de los productos deshidratados obtenidos. Es necesario contar, a nivel nacional, con recursos humanos calificados y comprometidos para realizar todas estas tareas, siempre en contacto con los usuarios finales para que el resultado sea un diseño con las características de la tecnología apropiada.

Los productos pueden secarse usando la radiación solar directa o indirecta. El método más simple y usual de deshidratación solar consiste en colocar el producto a secar directamente sobre una superficie plana (a veces color negro mate); el sol y el viento secarán la cosecha.

Un método sencillo para la construcción de un secador directo es a partir de una malla metálica enmarcada que al colocarse sobre bloques de madera u hormigón permite la circulación de aire por debajo del producto. Por encima del producto se puede colocar una cubierta de tela ligera (de tejido de redecilla por ejemplo) con objeto de protegerlo de insectos y pájaros.

Esta forma de secar, aunque es eficiente, tiene varias desventajas:

- 1.- El producto está sujeto a pérdidas por acción de roedores y otros factores externos
- 2.- El proceso depende del clima: hay que cuidar que no llueva
- 3.- El producto puede ser fácilmente contaminado porque está a la intemperie.
- 4.- Debido a la exposición directa, los rayos ultravioleta decoloran muchas veces el producto
- 5.- No se pueden controlar la temperatura ni el flujo de aire adecuado para deshidratar el producto.

OPERACIONES DE PREPARACIÓN PARA EL PROCESADO

Algunos productos necesitan un tratamiento de escaldado antes de la congelación secado. Las frutas tales como manzanas, peras, melocotones y albaricoques (chabacanos) se tratan a veces con dióxido de azufre antes del secado. El escaldado (mediante baño de agua hirviendo o con vapor) detiene ciertas reacciones enzimáticas del producto, ayudando así a conservar el color y sabor después del procesado. El tratamiento con dióxido de azufre mediante incineración de una cucharada de azufre en polvo por cada medio kilogramo de fruta, o por inmersión de la fruta en una solución al 1% de metabisulfito de potasio ($K_2S_2O_5$), durante un minuto, ayuda a prevenir el pardeamiento, así como la pérdida de sabor y de vitamina C.

Tiempo de escaldado para algunos productos (se usan 8 litros de agua por kilogramo de producto).

Producto	Tiempo en agua hirviendo (minutos)
Brócoli	3
Judías verdes	3
Repollo	5
Zanahorias	5
Coliflor	3 (añadir 4 cucharillas de sal)
Maíz	7
Berenjena	4 (añadir 1/2 taza de zumo de limón)
Hortalizas de hoja	2
Nopales	3 a 5
Chícharos	5
Papas (nuevas)	4 a 10
Calabaza	hasta consistencia blanda
Calabacitas	3

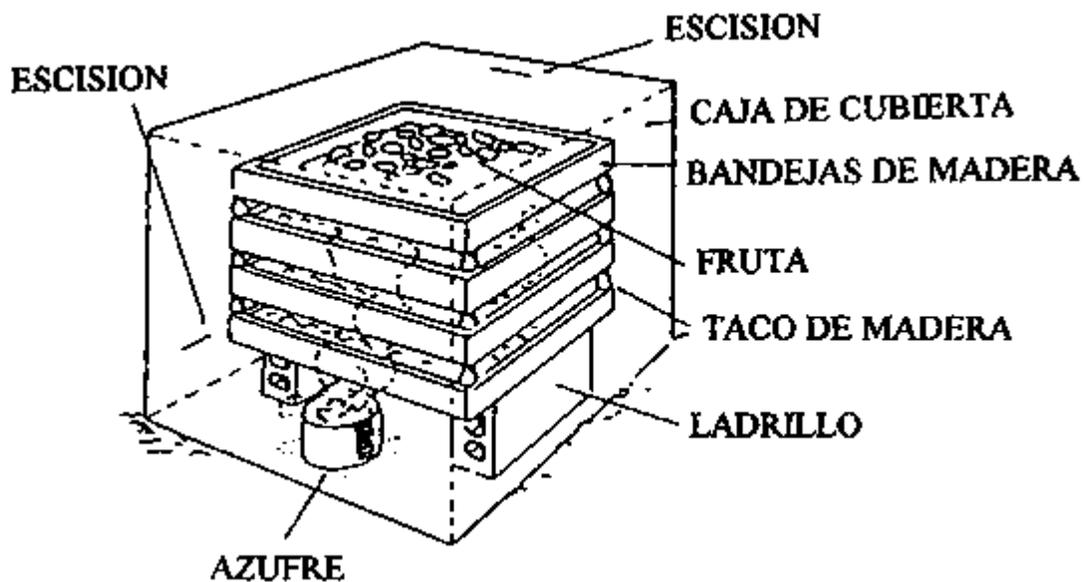
[Fuente: Chioffi, N. and Mead, S. 1991. Keeping the Harvest. Pownal, Vermont: Storey Publishing.]

Tiempo de sulfatado para algunas frutas:

Cultivo	Tiempo
Manzanas	45 minutos
Chabacanos	2 horas
Duraznos	3 horas
Peras	5 horas

[Fuente: Miller, M. et al. 1981. Drying Foods at Home. University of California. Division of Agricultural Science, Leaflet 2785.]

Una cámara para el sulfatado de bajo costo puede construirse a partir de una caja grande de cartón a la que se practican escisiones en varios lugares para permitir una ventilación adecuada. Las bandejas de secado son apiladas dentro de la caja usando como espaciadores ladrillos y tacos de madera. Las bandejas deben ser completamente de madera, dado que los vapores de azufre corroen el metal. El montaje completo debe ubicarse al aire libre, preferiblemente sobre suelo raso. Se usa una cucharada de azufre por cada medio kilogramo de fruta. El azufre se introduce dentro de un recipiente que ha de situarse retirado de las paredes de la caja, dado que alcanza temperaturas bastante altas. Los bordes inferiores de la caja se cierran con tierra.

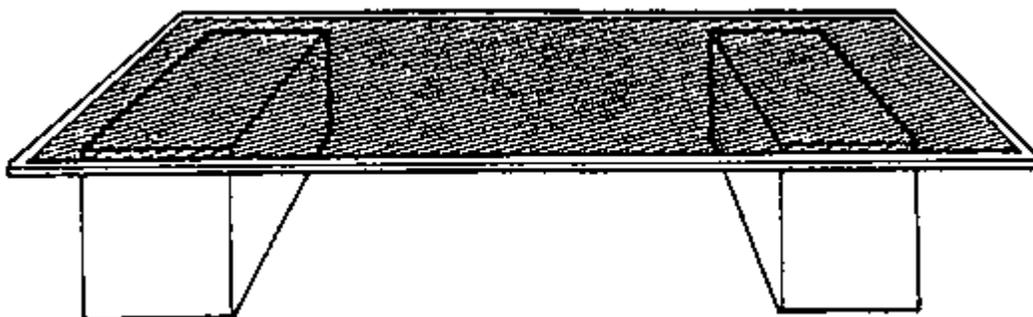


[Fuente Miller, M. et al. 1981. Drying Foods at Home. University of California, Division of Agricultural Science, Leaflet 2785.]

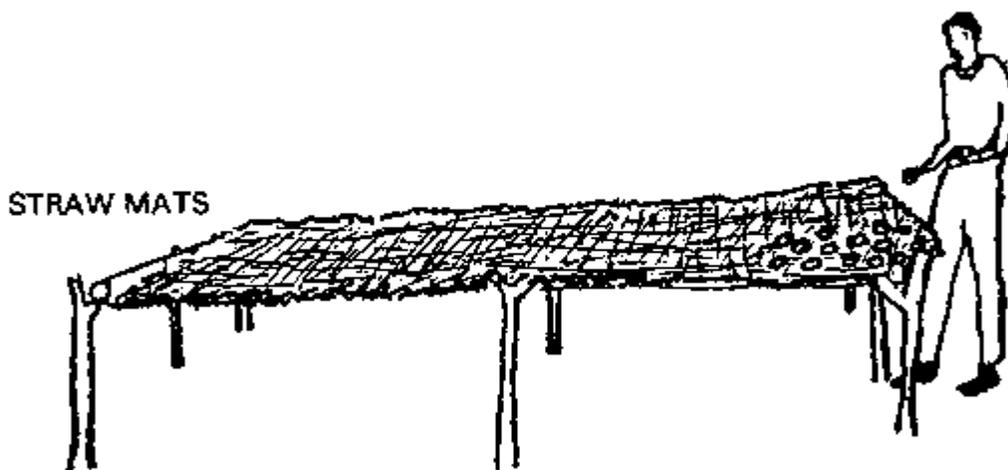
SECADO SOLAR

Los productos pueden secarse usando la radiación solar directa o indirecta. El método más simple de secado solar consiste en colocar el producto a secar directamente sobre una superficie negra plana; el sol y el viento secarán la cosecha.

Un método sencillo para la construcción de un secador directo es a partir de una malla metálica enmarcada que al colocarse sobre bloques de madera u hormigón permite la circulación de aire por debajo del producto. Por encima del producto se puede colocar una cubierta de tela ligera (de tejido de redcilla por ejemplo) con objeto de protegerlo de insectos y pájaros.



Un modelo sencillo de secador solar puede construirse a partir de un marco de madera cubierto con esteras de malla ancha. La siguiente ilustración representa el secado solar directo de rodajas de tomate fresco sobre esteras de paja. El aire puede pasar por encima y por debajo del producto, acelerando el secado y reduciendo pérdidas debidas a sobrecalentamiento.



[Fuente: Kitinoja, L 1992. Consultancy for Africare / USAID on food processing in the Ouadhai, Chad, Central Africa. Extension Systems International, 73 Antelope Street, Woodland, California 95695.]

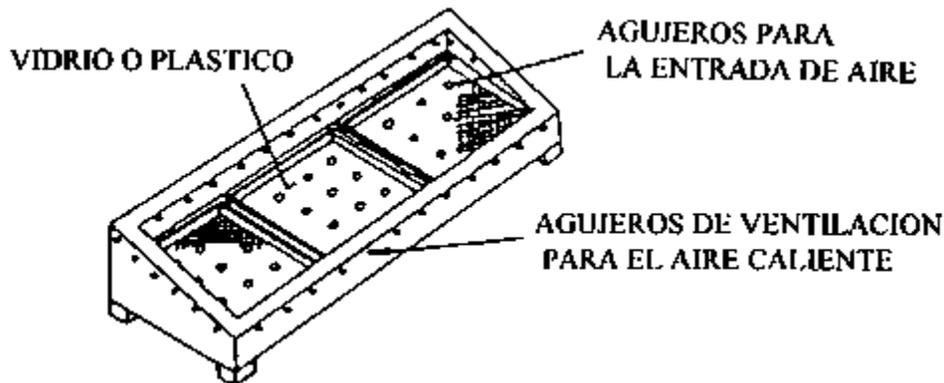
Para aumentar la eficiencia del secado se deben usar algunas estructuras capturen la radiación solar. Varios tipos de secadores solares se han desarrollado y se muestran a continuación.

Tipo de Secador	Descripción	Esquema del Modelo Básico
Cabina (Gabinete) directa	La cámara de secado es de vidrio y no usa un colector solar por separado	
Cabina (Gabinete) indirecta	Se usa un colector solar que está separado de la cámara de secado y que no tiene superficies transparentes	
Modelo combinado	La cámara de secado está hecha de vidrio parcial o totalmente, y usa un colector solar por separado	
Túnel	Normalmente se usa un armazón metálico con 1 ó 2 capas de plástico vidriado. Generalmente se trata de un secador directo, pero puede ser indirecto si el plástico de la capa más interna es negro	
Túnel bajo	Secador directo semejante al anterior pero se construye más cercano al suelo y normalmente solo contiene una sola capa de producto	
Tienda	Secador solar con un marco recto en lugar de curvado	
Arcón (bin)	Cualquier secador pero nominalmente indirecto, con flujo de aire forzado por convección que puede secar capas profundas (normalmente 300 mm ó más) de producto.	

[Fuente: Fuller, R.J 1993 Solar Drying of Horticultural Produce: Present Practice and Future Prospects. Postharvest News and Information 4 (5): 131N-126N]

Existen modelos más complejos de secadores solares que los anteriormente descritos. Se construyen con ventanas de vidrio o plástico transparente que cubren el producto proporcionando protección contra insectos. a la vez que captan más calor solar.

Secador solar directo:

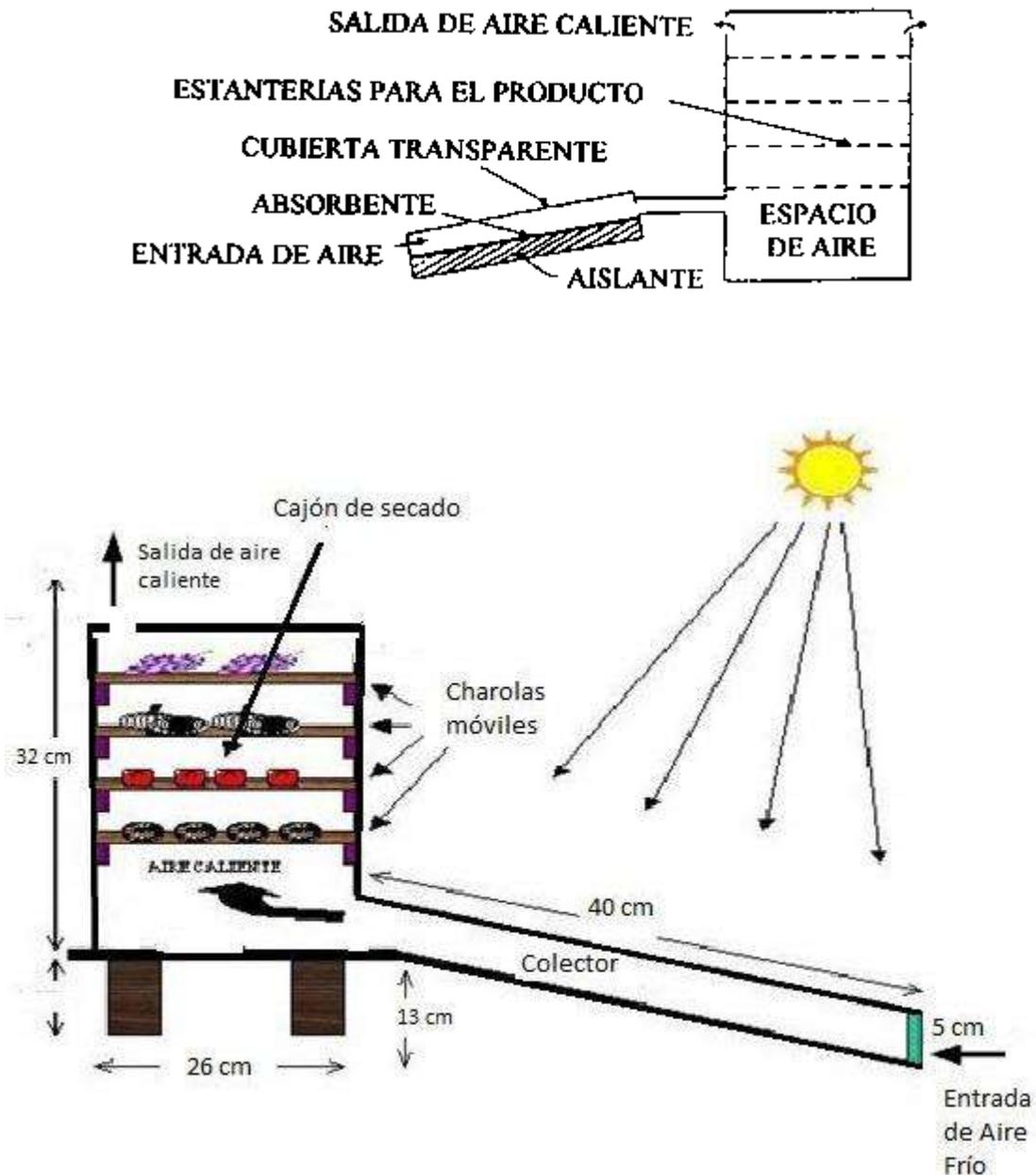


[Fuente: Yaciuk, G. 1982. Food Drying: Proceedings of a Workshop held at Edmonton, Alberta, 6-9 July 1981. Ottawa, Ontario: IDRC 104 pp.]



Los secadores indirectos se construyen de modo que la radiación solar es recogida por un dispositivo. Este colector solar consiste en una caja poco profunda con interiores pintados de negro y un panel de vidrio en la parte

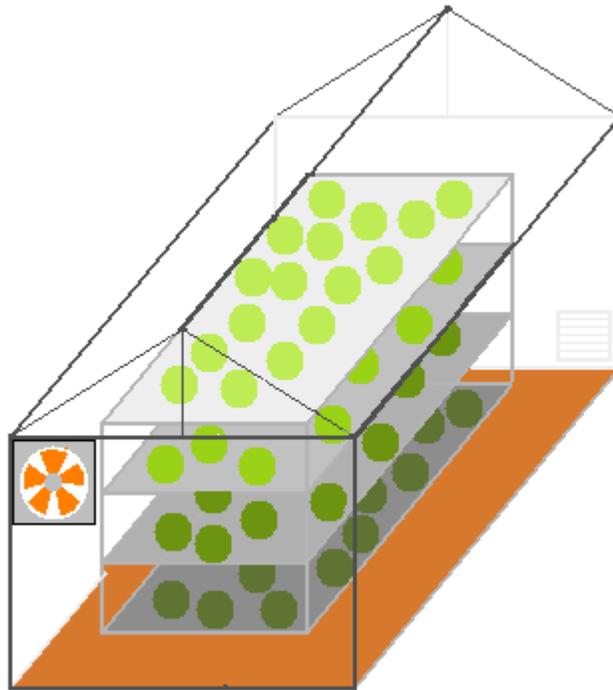
superior. El aire caliente así recogido asciende a través de un recipiente que contiene de cuatro a seis bandejas apiladas en las que se carga el producto a secar.



[Fuente: Yaciuk, G. 1982. Food Drying: Proceedings of a Workshop held at Edmonton, Alberta, 6-9 July 1981. Ottawa, Ontario: IDRC 104 pp.]

Deshidratadores de invernadero

Este sistema consiste en un gran invernadero similar a los que se emplea en la agricultura. En este caso el calor generado en el invernadero es utilizado para desecar productos. En si representa el mismo esquema que el modelo de gabinete solo que con las proporciones y los materiales que se emplean en los cultivos de invernadero. Algunos modelos propuestos para secar madera introducen la innovación de contar con ruedas, lo que evita mover la pesada carga de madera, solo la más liviana estructura de plástico. Deshidratador solar de invernadero.



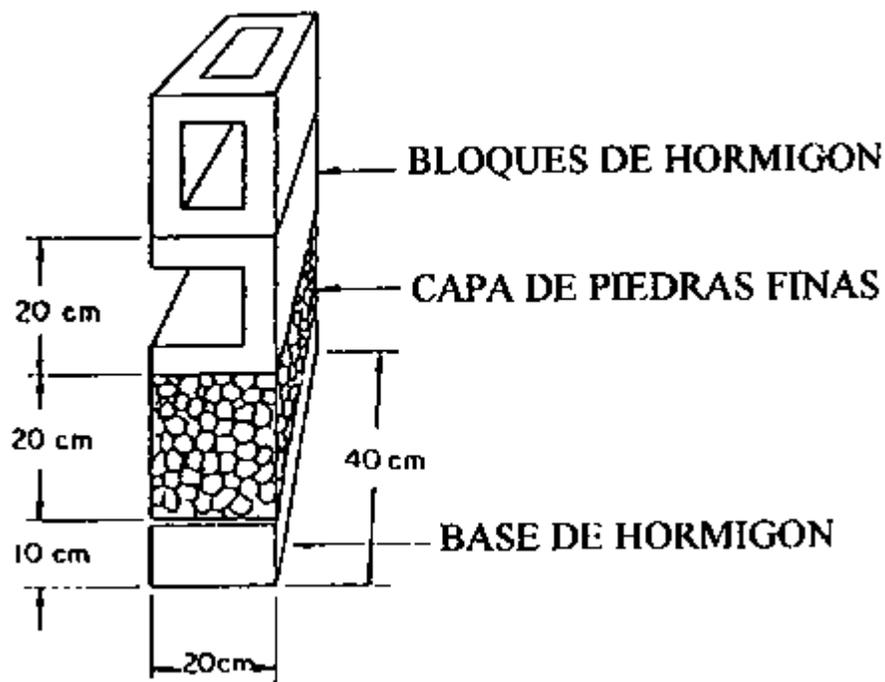
Deshidratador solar de invernadero

Estos diseños cuentan con sistemas de circulación forzada para conseguir un nivel de renovación de aire adecuado que el sistema por si solo no puede alcanzar por convección.

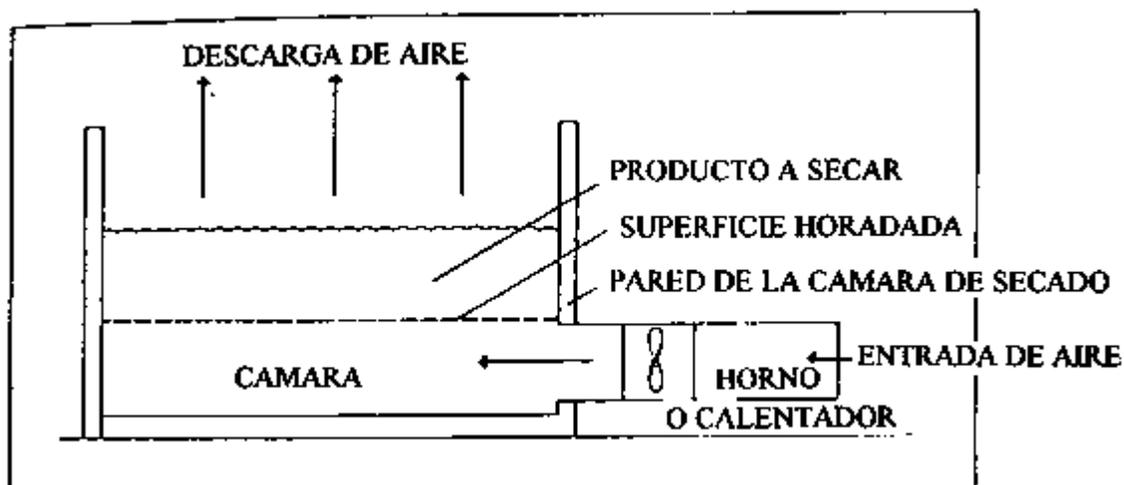
<http://www.sitiosolar.com/los%20deshidratadores%20solares.htm#sthash.RJhtLiyH.dpuf>

Deshidratadores de aire forzado

En caso de grandes cantidades usando un deshidratador que combina un flujo constante de aire con una fuente externa de calor. La base de la cámara en la que se coloca el producto a secar se cubre con una lámina de metal horadada o listones de madera. Entre el horno y la cámara existe un ventilador que impulsa el aire caliente a través del producto.



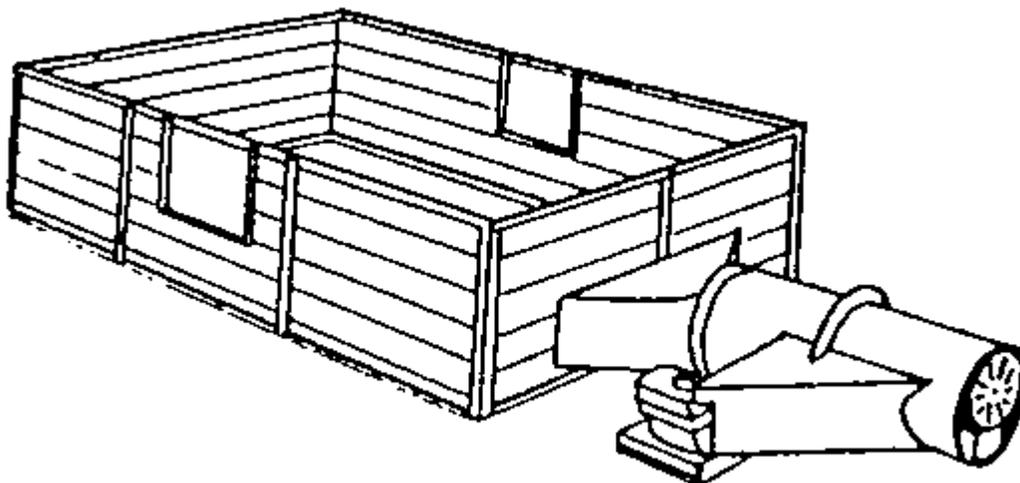
[Fuente: Best, R., Alonso, L and Velez, C. 1983 The development of a through circulation polar heated air dryer for cassava chips. 6th Symposium. International Society for Tropical Root Crops]



[Fuente: FAO. 1985. Prevention of Post-Harvest Food Losses: A Training Manual. Rome: UNFAO. 120 pp.]

Deshidratadores de combustión

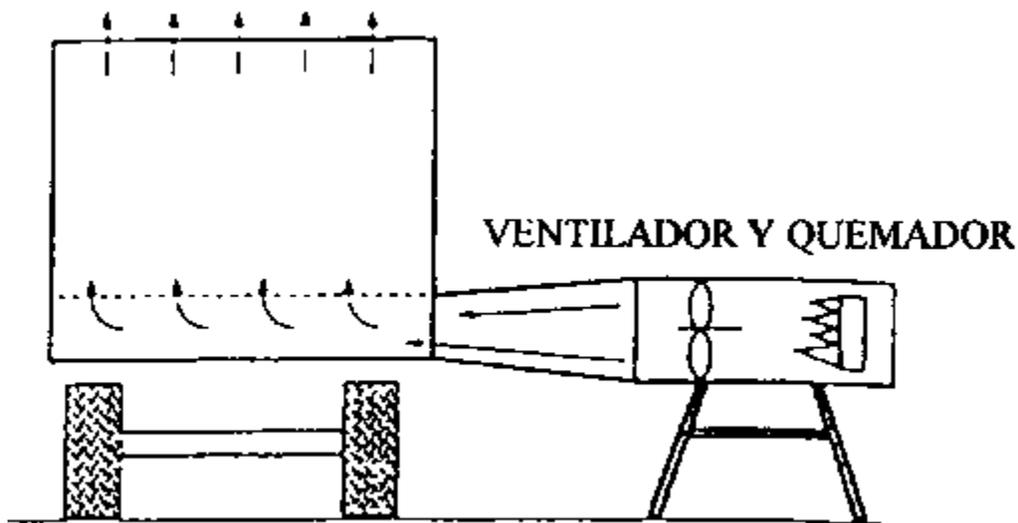
El deshidratador para grandes cantidades cuyo esquema se representa a continuación está construido de madera: consta de un ventilador axial y funciona por combustión de queroseno o diesel. Una gran variedad de deshidratadores de este tipo se fabrican en todo el mundo.



[Fuente: Clarke, B. 1987. Post-Harvest Crop Processing Some Tools for Agriculture. London, UK: Intermediate Technology Publications.]

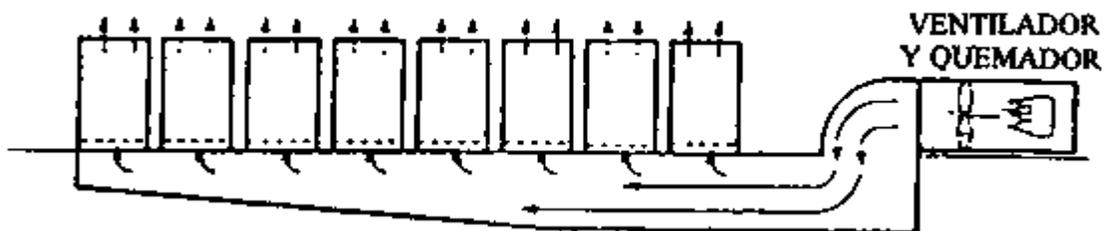
Para secar pequeños volúmenes, normalmente se usan dos tipos de deshidratadores. Un vagón (furgón, carro) con piso horadado que se puede transportar desde el campo conectándose posteriormente al quemador portátil para el secado del lote. El segundo tipo es un deshidratador estacionario, conocido como deshidratador de "arcones múltiple"; está diseñado para mover aire caliente a lo largo de una cámara situada debajo de una plataforma fija: los arcones individuales de vegetales se colocan sobre la plataforma y se secan con el aire caliente que sube por el piso horadado.

Deshidratador tipo Vagón



Deshidratador de Arcones Múltiples

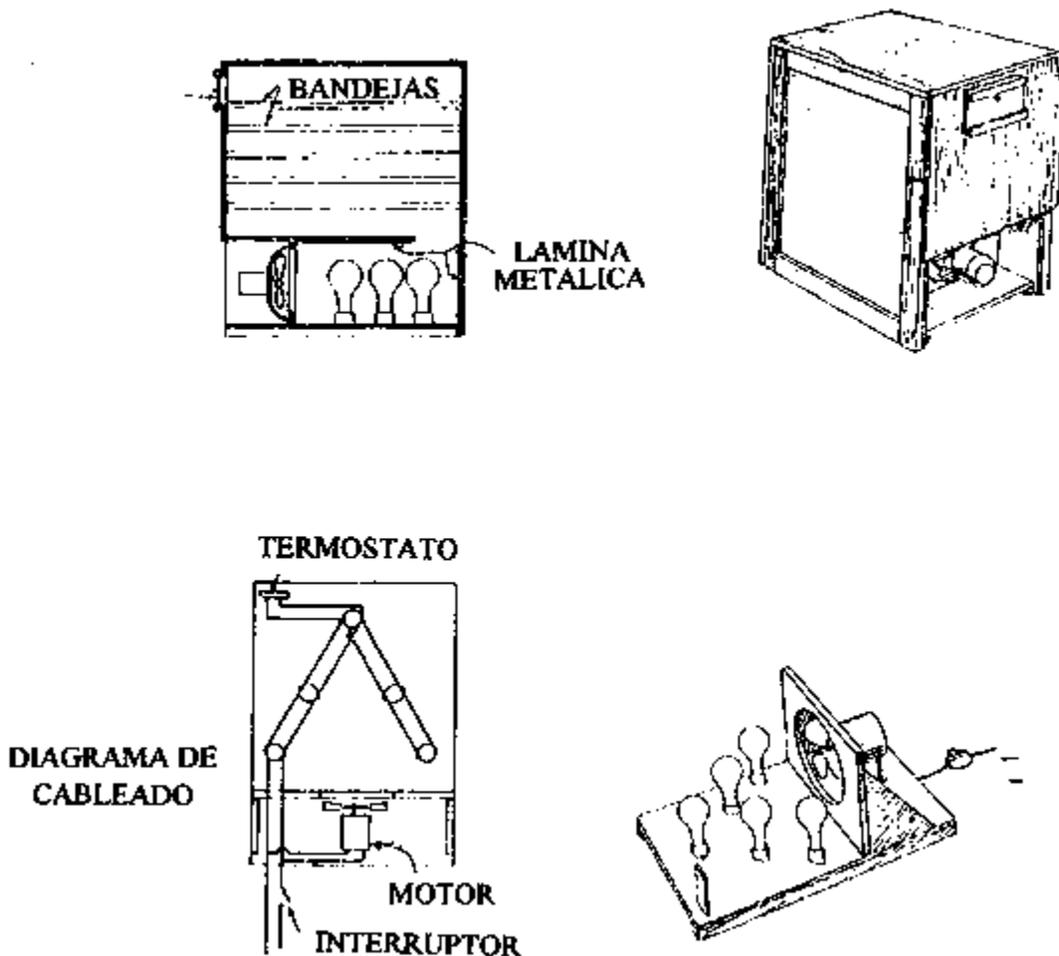
PLATAFORMA DE ARCONES DE SECADO



[Fuente: Kader, A.A. and Thompson, J.F. 1992. In: Kader, A.A. (Ed). Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3311.]

Deshidratadores eléctricos

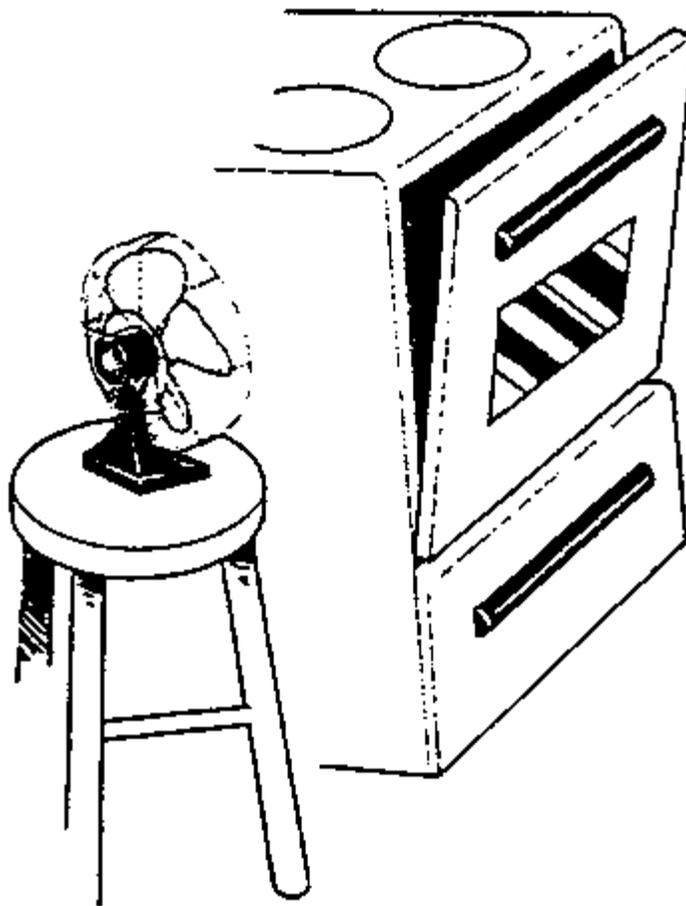
Un deshidratador eléctrico básico puede construirse de madera contrachapada, lámina de metal, un ventilador pequeño, cinco bombillas con soporte de porcelana y tamices metálicos. El secador mostrado a continuación es de aprox. 80 cm de largo por 53 cm de ancho y 76 cm de alto. Contiene estantes para cinco bandejas. El ventilador y la lámina de metal que reviste el compartimento inferior contribuyen a la conducción de calor ascendente a través de la cámara.



[Fuente: Chioffi, N and Mead, G. 1991. Keeping the Harvest. Pownal, Vermont: Storey Publishing]

Secado en horno

Los vegetales y hortalizas pueden secarse en un horno doméstico, si éste puede operar a temperaturas bajas. El producto preparado se coloca sobre bandejas de hornear o de tamiz metálico. La temperatura del horno se fija a 60 C y se deja la puerta entreabierta 5 a 10 cm. El tiempo de secado se puede reducir si se aumenta la ventilación, por ejemplo mediante el uso de un ventilador pequeño colocado fuera del horno.



[Fuente: Georgia Cooperative Extension Service 1984. So Easy to Preserve.
University of Georgia, Athens, Georgia]

Las ventajas económicas y ambientales de la deshidratación solar

- Son orgánicos,
- Se conservan por mucho tiempo,
- Mantienen íntegras sus propiedades nutricionales,
- Los sabores se intensifican, al concentrarse.
- Ocupan poco espacio de almacenaje,
- Son fáciles de manipular y transportar,
- No manchan.

Las principales alternativas para la conservación de alimentos, especialmente de productos vegetales son:

- 1.- Elaboración de jugos o néctares
- 2.- Elaboración de mermeladas
- 3.- Deshidratación solar o con gas o electricidad
- 4.- Refrigeración
- 5.- Liofilización

[Tecnología y materiales sustentables www.tsmx.com]

Caracterización de la calidad de productos deshidratados

La primera característica que es necesario evaluar en los productos deshidratados es el contenido bromatológico (ciencia que estudia los alimentos en cuanto a su producción, manipulación, conservación, elaboración y distribución, así como su relación con la sanidad), o mejor conocido como análisis de contenido de los alimentos. El contenido de los alimentos pueden clasificarse según su función en macronutrientes y micronutrientes. Los macronutrientes son los que proporcionan energía o calorías a través de procesos de oxidación, se requiere consumirlos diariamente en mayores proporciones que los micronutrientes, y se clasifican en hidratos de carbono, grasas y proteínas.

Por lo tanto, la evaluación completa del contenido nutrimental de un alimento debe contener información de todos estos elementos. Sin embargo, se sabe que cada tipo de alimento aporta diferentes nutrientes de manera preponderante. Por ejemplo, las carnes son fuente de proteína y grasas, las harinas fuente de hidratos de carbono, las frutas y verduras son fuente de vitaminas, minerales y fibra. Por lo tanto, en la investigación para caracterizar los productos deshidratados, no siempre se evalúan todos los componentes, sino los que más interesan y es posible evaluar con el equipo y capacidades disponibles.

Los hidratos de carbono son uno de los tres grupos que forman la materia orgánica de los alimentos junto con las grasas y las proteínas. Los carbohidratos aportan la energía suficiente para alimentar el proceso metabólico del organismo. Se clasifican en monosacáridos o simples, polisacáridos o complejos. Algunos ejemplos de los hidratos de carbono monosacáridos son la glucosa y la fructosa. Por otro lado, ejemplos de los hidratos de carbono, son la celulosa de los vegetales, el almidón de los tubérculos o los glucógenos de los músculos de animales. La fibra dietética está clasificada también como hidrato de carbono. La función de la fibra es regular la mecánica digestiva (absorbe lípidos y aumenta la movilidad de los alimentos) y actuar como factor de prevención para algunas enfermedades crónicas.

Todos los tejidos vivos contienen proteínas. Se distinguen de los hidratos de carbono y de las grasas por contener hidrógeno. Las proteínas son el constituyente principal de las células y son necesarias para su crecimiento, así como para la reparación y renovación de los tejidos corporales. Para evaluar la “calidad de la proteína” se miden dos parámetros fundamentales: el “valor biológico de la proteína” (definido como la proporción de la proteína absorbida que es retenida y por lo tanto utilizada en el organismo) y el “coeficiente de utilización neta de la proteína” (definido como la proporción de proteína consumida que es utilizada o digestibilidad). Las principales fuentes de proteína son: lácteos, carnes, pescado, huevo, cereales, leguminosas y frutos secos.

Los lípidos o grasas son sustancias insolubles en el agua, pero solubles en solventes orgánicos. Los tipos de lípidos son tres: los triglicéridos

(comúnmente llamados grasas), fosfolípidos y esteroides (colesterol). Los triglicéridos son de dos tipos: glicerol y ácidos grasos. Los ácidos grasos a su vez son saturados, monoinsaturados y polinsaturados. Un ejemplo de los fosfolípidos es la lecitina, y el colesterol es ejemplo de los esteroides. La grasa es necesaria para la salud en pequeñas cantidades, ya que es una fuente concentrada de energía y son un elemento de reserva y protección para el organismo.

Los minerales, al igual que las vitaminas, no aportan energía, pero tienen funciones reguladoras importantes y forman parte de la estructura de muchos tejidos. Los minerales consumidos en exceso pueden ser tóxicos. Su biodisponibilidad, es decir, la forma en la que un mineral es absorbido y utilizado, es variable y depende de muchos factores.

Las vitaminas, por otra parte, son fundamentales en distintas fases y componentes del proceso metabólico. La deficiencia de algunas vitaminas produce serios problemas de salud. Las vitaminas aportadas por diferentes alimentos, son absorbidas principalmente por el intestino delgado, mediante mecanismos de difusión y transporte activo. Hay cuatro funciones principales de las vitaminas, Las vitaminas son muy sensibles a distintos factores físicos y químicos: luz, calor, oxidantes, humedad, ácidos, bases, etc. Por esta razón, es muy común que se pierdan durante procesos culinarios y de otro tipo. En este sentido, la deshidratación solar debe ser extraordinariamente cuidada para preservar al máximo este tipo de componentes en los alimentos. Por ejemplo, la radiación solar puede destruir la riboflavina.

Otra característica a evaluar en los productos deshidratados es la inocuidad del alimento, es decir su perfil microbiológico. Aunque la mayoría de los microorganismos son destruidos durante la deshidratación, ésta de por sí no es letal para los microorganismos. Para su crecimiento las bacterias necesitan una cantidad de humedad relativamente elevada, mientras que las levaduras necesitan menos y los hongos aún menos agua.

Capítulo 3 Resultados

3.1 Fibras naturales para el mejoramiento del concreto hidráulico.

El uso de las fibras en materiales de construcción se remonta hasta antes de la aparición del cemento Pórtland y del concreto. Fibras naturales como pasto, agave, junco y pelo animal han sido tradicionalmente agregadas al adobe para disminuir su tendencia a la fisuración y mejorar el desempeño del material a esfuerzos de tensión. La introducción de “agregados” de forma específica y una resistencia a la tracción superior a la matriz en la que están embebidos, ha conferido cualidades adicionales que no alcanzarían, sin dicho refuerzo, el adobe, el yeso, el estuco, la cerámica o el concreto. Durante los últimos cincuenta años el empleo y estudio de las fibras en la construcción ha llevado al desarrollo y fabricación de tipos específicos de fibras que responden a diferentes necesidades.

Se ha señalado que la resistencia a la compresión y a la tensión del concreto están íntimamente relacionadas; sin embargo, no hay una proporcionalidad directa. Cuando la resistencia a la compresión del concreto se incrementa, la resistencia a la tensión también se incrementa, pero a una velocidad decreciente. En otras palabras, la relación de la resistencia tensión/compresión depende del nivel general de la resistencia a la compresión.

Ordinariamente, el concreto presenta numerosas microgrietas (debido a la contracción plástica y asentamiento plástico). La rápida propagación de las microgrietas bajo un esfuerzo aplicado, es la responsable de la baja resistencia del concreto a la tensión del material. Inicialmente, se suponía que la resistencia a la tensión, igual que a la flexión del concreto, podían incrementarse sustancialmente introduciendo fibras cercanamente espaciadas que obstruirían la propagación de las microgrietas, retrasando así el inicio de las grietas postensión, e incrementando la resistencia a la tensión del material.

3.2 Principales aplicaciones

Los productos hechos con cemento portland y fibras naturales, tales como la lechuguilla, coco, bagazo de caña, bambú, yute, madera, nopal, etc., se han probado para determinar sus propiedades de ingeniería y su posible uso en la construcción en al menos 40 diferentes países. Hablaré de una investigación hecha en el departamento de tecnología del concreto, instituto de ingeniería civil de la UANL, que es el uso de la lechuguilla (agave), para el mejoramiento de la durabilidad del concreto hidráulico.²

LECHUGUILLA (agave, lechuguilla)



TRATAMIENTO A LA FIBRA, PREVIO AL MEZCLADO

Para reducir la cantidad de agua que puede absorber la fibra, y adicionalmente darle una protección contra el medio alcalino de la pasta de cemento, se consideró utilizar sustancias que fueran hidrófobas y económicas para no encarecer el proceso:

- Aceite de linaza.
- Aceite de linaza + resina natural.
- Parafina.
- Parafina + resina natural.
- Sellador para madera.
- Creosota.

El aceite de linaza se extrae en caliente de la semilla del lino, de color ambarino, se oxida y polimeriza con facilidad, produciendo una película elástica. La parafina es una sustancia sólida a temperatura ambiente, con punto de fusión alrededor de los 67°C, compuesta por una mezcla de hidrocarburos. A la resina natural utilizada se le conoce como brea, la cual se obtiene de varios árboles coníferos, a temperatura ambiente es sólida, de color oscuro y frágil. A temperaturas entre los 90°C y 100°C se convierte en una sustancia viscosa, puede ser mezclada con solventes como el aguarrás y no es soluble en el agua. El sellador para madera y la creosota son productos industrializados y de fácil disponibilidad en el mercado.

Aprovechando las propiedades de alta absorción que tiene la fibra, se buscó la temperatura óptima de las diferentes sustancias para que la impregnación por capilaridad fuera adecuada. Una forma inicial de evaluar la capilaridad es la tensión superficial de los líquidos. Las moléculas situadas en la superficie del líquido experimentan menos atracción por parte de las otras moléculas que aquellas que se encuentran en el interior de la fase líquida y para separar esas moléculas de la superficie o dicho de otra manera, aumentar el área de la superficie interfacial líquido - vapor; es necesario realizar un trabajo. Este trabajo o tensión superficial es inversamente proporcional al ascenso capilar y es menor cuando el líquido aumenta su temperatura.⁴

Las unidades típicas de la tensión superficial son unidades de fuerza/ unidades de longitud. En la prueba realizada se colocó un pequeño anillo metálico sobre la superficie de la sustancia, mediante un mecanismo mecánico se determinaba la fuerza necesaria para separar el anillo de la superficie del líquido. Las unidades de la tensión superficial registradas son propias del dispositivo utilizado, sin embargo, esto no afecta ya que los resultados son comparativos entre las diferentes sustancias.

De tal modo que la impregnación se llevó a cabo con las sustancias y a las temperaturas que resultaron con mayor ascenso capilar. Esto es, los aceites a una temperatura de 80°C y las parafinas a 100°C. La parafina sola y con resina presenta valores únicamente a temperaturas mayores a 70°C ya que su punto de fusión es de 67°C, esto impedía tomar las lecturas correspondientes.

La impregnación con los aceites se realizó por inmersión de la fibra seca en la sustancia a 80°C durante 5 min, posteriormente la fibra se sumerge en la misma sustancia a 24°C durante el mismo periodo de tiempo. Este ciclo se repitió tres veces buscando que la sustancia penetrara completamente en la fibra.

Para la impregnación con las parafinas, éstas se calentaron hasta los 100°C sumergiendo la fibra seca en la sustancia durante 5 min. La fibra impregnada se colocó dentro de un horno a 100°C - 110°C durante 15 min, esto redujo la formación de grumos de parafina en las fibras mejorando la disgregación de las mismas antes y durante el mezclado.

ENSAYES EN MORTEROS REFORZADOS CON FIBRAS

El concreto o el mortero sin ningún refuerzo tienen generalmente una alta resistencia a la compresión, esto es adecuado para muchas aplicaciones. Sin embargo, cuando se requiere propiedades específicas como resistencia a la tensión, a la flexión, al agrietamiento, es necesario reforzarlo. Los diferentes tipos de fibras como son las de acero, vidrio, plásticas y naturales le proporcionan al concreto ductilidad y capacidad de absorber energía. La más importante contribución de las fibras es la de incrementar la tenacidad del compuesto.⁵

Las propiedades mecánicas del CRFN (concreto reforzado con fibras naturales) son afectadas por muchos factores. Algunos de estos son el tipo, la geometría, la forma y la superficie de la fibra, las propiedades de la matriz de cemento, la proporción de la mezcla, el método de mezclado, decolado y de curado.⁶

En esta investigación se evaluó el comportamiento de especímenes de CRFN con dos diferentes relaciones A/C. La relación de 0.65 con un consumo de cemento de 381 kg/m³ resultó ser una mezcla trabajable y de fácil manejo con la fibra. Sin embargo, en el estado endurecido presentó una alta permeabilidad, su aplicación puede ser en elementos constructivos de bajo costo y de autoconstrucción.

Para la relación de 0.35 con consumo de cemento de 707 kg/m³ fue necesario agregar 10 ml de aditivo superfluidificante por kg de cemento, la mezcla resultante fue trabajable y la adición de las fibras se realizó

adecuadamente. Este concreto de mayor densidad e impermeabilidad resulta conveniente para aplicaciones estructurales de mayor costo, no se considera viable para la autoconstrucción.

La longitud y el volumen de la fibra fueron de 20 a 30 mm y 1% del volumen total de la mezcla (13.8kg/m³) respectivamente, manteniéndose constantes en todos los colados ya que se trataba inicialmente de evaluar la eficiencia de los tratamientos en la fibra. La mezcla fue realizada en una revolvedora con una capacidad de 40 L. Primero se homogeneizaron los agregados con su agua de absorción y con el agua de absorción de la fibra, posteriormente se agregó el cemento y el agua de reacción, se mezcló durante un minuto, se dejó reposar un minuto y nuevamente se mezcló durante otro minuto. El aditivo se agregó durante el minuto de reposo para la relación A/C de 0.35. Las fibras se adicionaron durante el minuto del segundo periodo de mezclado tratando de evitar que se agruparan, lo que se consiguió parcialmente ya que al vaciar a los moldes se tuvo en algunos casos que separar la fibra manualmente.

La mezcla se vació en moldes metálicos de tres barras por molde para fabricar especímenes de 75 x 75 x 280 mm, el vaciado fue realizado en dos capas iguales correspondientes a la mitad de la altura del molde (75 mm). Se compactó con una varilla de acero punta de bala diámetro de 9.5 mm (3/8") dando 30 golpes por capa distribuidos en toda el área. Así como 12 golpes al molde metálico con un martillo de goma para cada capa. Se fabricaron tres barras de mortero reforzado con fibra sin tratar y tratada con las cuatro diferentes sustancias protectoras, para las dos relaciones A/C. Todos los especímenes se mantuvieron en sus moldes durante 24 h protegiéndolos de la pérdida de humedad y posteriormente se colocaron dentro de un cuarto de curado con 95 % de humedad relativa hasta el momento de su ensaye.²

Una primera serie de 18 barras para cada relación A/C se ensayó a los 14 días de edad de acuerdo a la norma ASTM C 78-94. Se obtuvo su módulo de ruptura a flexión, el cual es un índice de la tenacidad del compuesto. Adicionalmente se registró la deflexión al centro del claro de las barras utilizando un micrómetro de carátula con una precisión de 0.01mm como se puede ver en la figura 10.

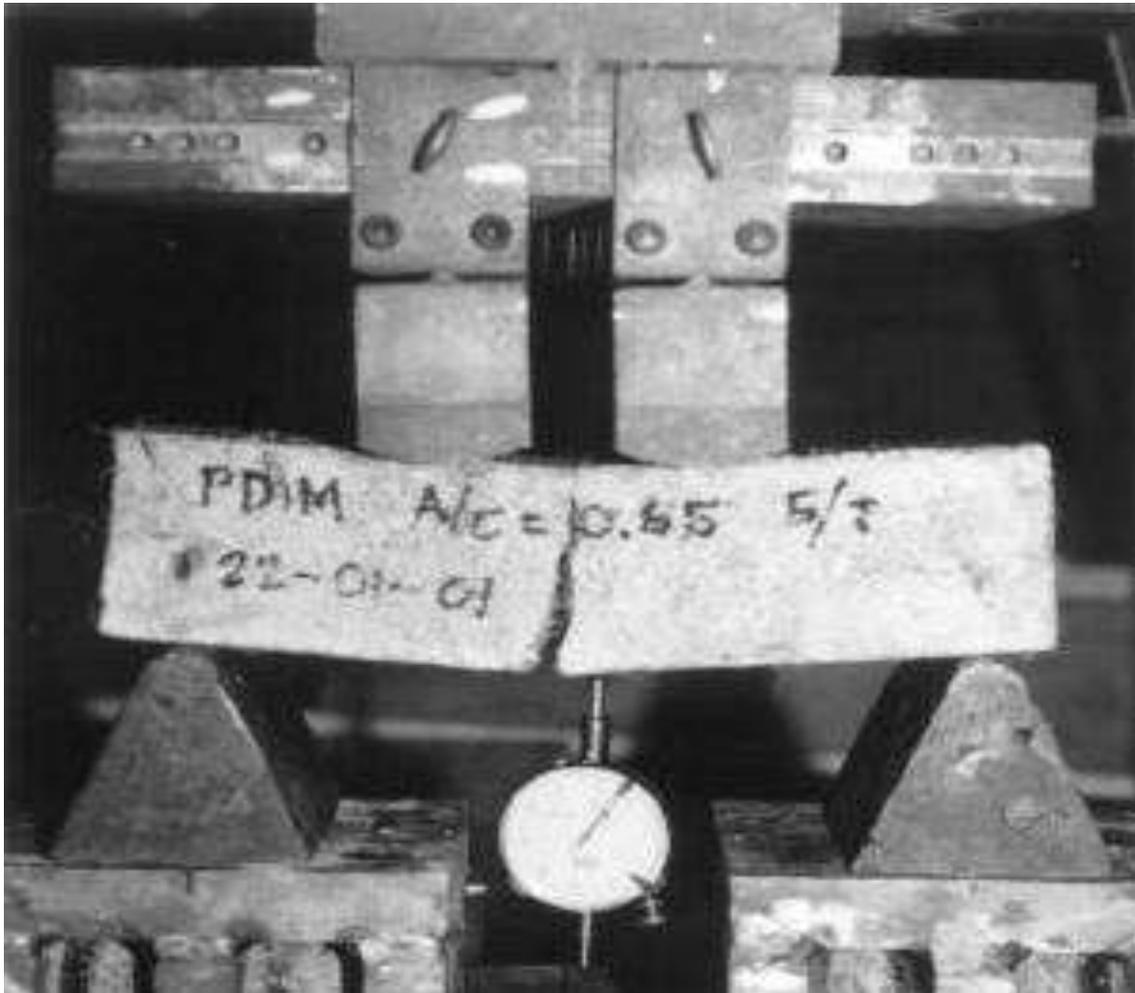


Fig. 10. Ensaye a flexión para obtener el módulo de ruptura de especímenes de CRFN. (concreto reforzado con fibras naturales).²

La figura 11 registra los resultados de los ensayos a flexión en las barras con relación $A/C = 0.65$. Se puede observar que el tratamiento con parafina permite al compuesto tener el doble de módulo de ruptura en comparación con los otros tratamientos, sin embargo, la resistencia a flexión no se incrementó en comparación con el mortero sin fibras. De esta forma, los especímenes sin fibra resistieron mayor carga, pero su falla es frágil. Este tipo de falla no se presentó en los especímenes con fibra.

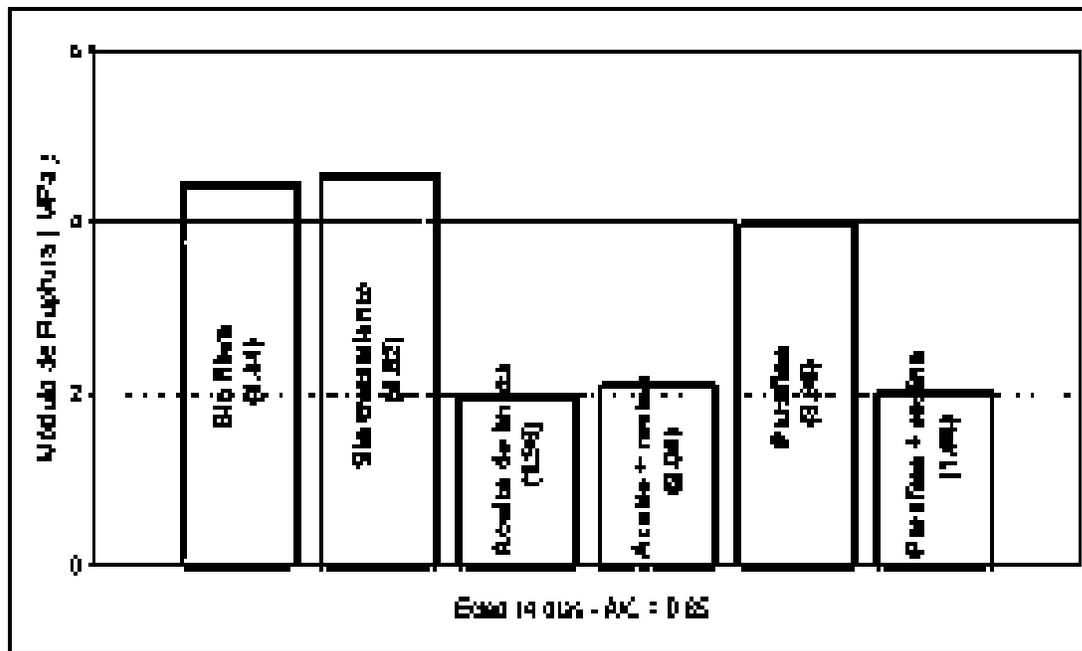


Fig. 11. Comportamiento a flexión y módulo de ruptura de especímenes de CRFN de relación A/C = 0.65. ²

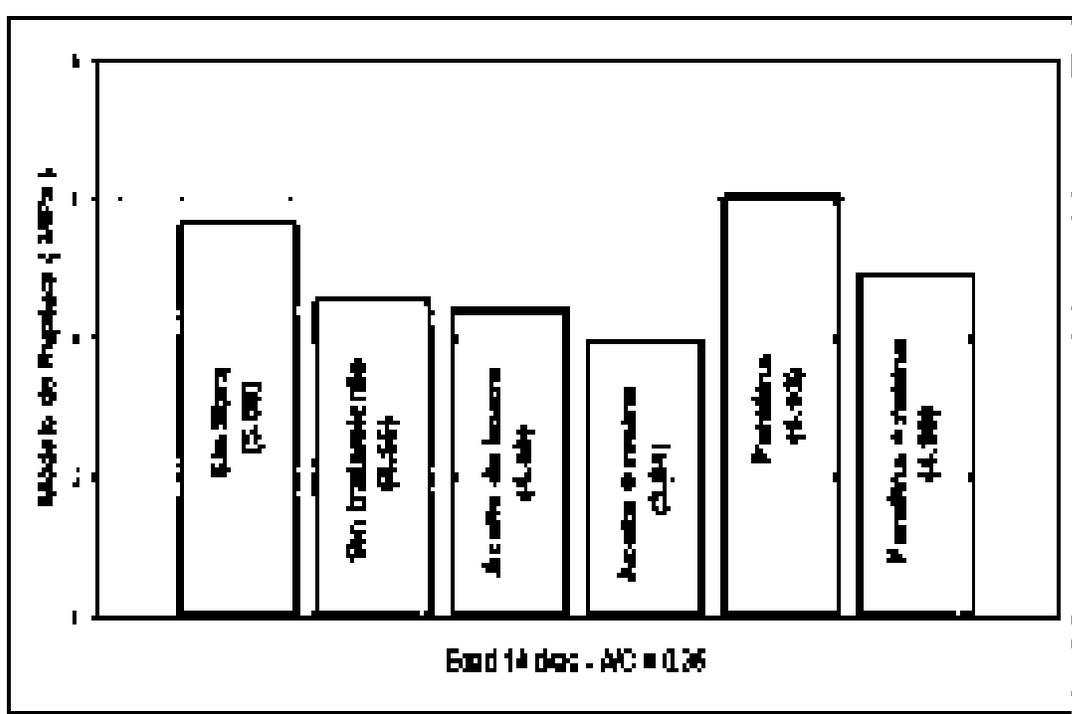


Fig. 12. Comportamiento a flexión y módulo de ruptura de especímenes de CRFN de relación A/C = 0.35. ²

El sangrado que se presenta en concretos con alta relación A/C, posiblemente influyó para que la resistencia a flexión de los especímenes con fibra fuera menor que la de los especímenes sin refuerzo.

En los especímenes con relación A/C = 0.35 donde el sangrado se reduce sustancialmente, se registra mayor módulo de ruptura de acuerdo a la figura 12. De igual forma, el tratamiento con parafina propicia nuevamente un mejor comportamiento a flexión en los especímenes e incluso un mayor módulo de ruptura. De acuerdo a los resultados obtenidos, el medio alcalino de la matriz de cemento a la edad de 14 días no es factor que reduzca la resistencia a flexión, ya que las barras reforzadas con fibras sin tratamiento mantuvieron un adecuado nivel de resistencia. De tal manera, es posible que sean la disminución de la adherencia y el sangrado los principales factores que causaron dicho comportamiento.

Cada curva de carga vs deflexión de las figuras 11 y 12 es producto del promedio de tres especímenes de mortero, y su área representa la capacidad de absorber energía o la tenacidad del compuesto. En ambas relaciones A/C la curva con mayor área corresponde al mortero reforzado con fibra impregnada con parafina.

El comportamiento observado en los especímenes durante el ensaye a flexión, fue de mínima deflexión hasta que se alcanza la carga máxima donde aparece la primera grieta. Posteriormente el espécimen no sostiene la carga, la cual disminuye rápidamente hasta un nivel del 20 % de la carga máxima aproximadamente. En ese punto la carga es sostenida y va disminuyendo paulatinamente, mientras que la deflexión se incrementa sustancialmente. No se observó la formación de pequeñas grietas adicionales a la primera. Al aparecer la primera grieta fue incrementando su ancho durante la aplicación de la carga, por lo que únicamente se generó un solo plano de falla. Esto posiblemente se deba a que la fibra no es capaz de transmitir por adherencia los esfuerzos de tensión a la matriz no agrietada, se observó que la fibra falló por tracción lo que refuerza lo anteriormente mencionado.

Para tratar de evaluar la influencia de las variaciones de humedad sobre el comportamiento a flexión de especímenes de CRFN, se sometió a una prueba de ciclos humedecimiento y secado, una segunda serie de 15 barras para ambas relaciones A/C. Todas las barras permanecieron en el cuarto de curado durante 10 meses y posteriormente fueron expuestas a 10 ciclos. Cada ciclo consistió en 12 h dentro de un horno a 70°C en ambiente húmedo y 12 h en un horno a 70°C en ambiente seco. Del mismo modo que los resultados en especímenes de 14 días de edad, se mantuvo una tendencia muy semejante. El tratamiento con parafina le permite a los especímenes mantener una adecuada resistencia a flexión. Como puede observarse en la figura 13 el efecto de la alcalinidad de la pasta de cemento parece empezar a ser factor en la resistencia a flexión de los especímenes con fibra sin tratar, ya que para la relación A/C = 0.35 tiene uno de los más bajos módulos de ruptura.

De acuerdo con los resultados de la figura 13, la fibra tratada con parafina después de 10 meses en el ambiente alcalino propio de la matriz de cemento y después de ser sometida a variaciones de humedad a 70°C de temperatura, parece mantener la capacidad de reforzar al compuesto.

Según los resultados de los ensayos a flexión mostrados en la figura 13, las fibras que fueron tratadas con los aceites y la resina son las más afectadas por la reacción alcalina de la matriz de cemento. Esta reacción propició que la adherencia entre la matriz y la fibra disminuyera, fragilizando a la fibra y por consiguiente, su resistencia a flexión se reduce considerablemente.

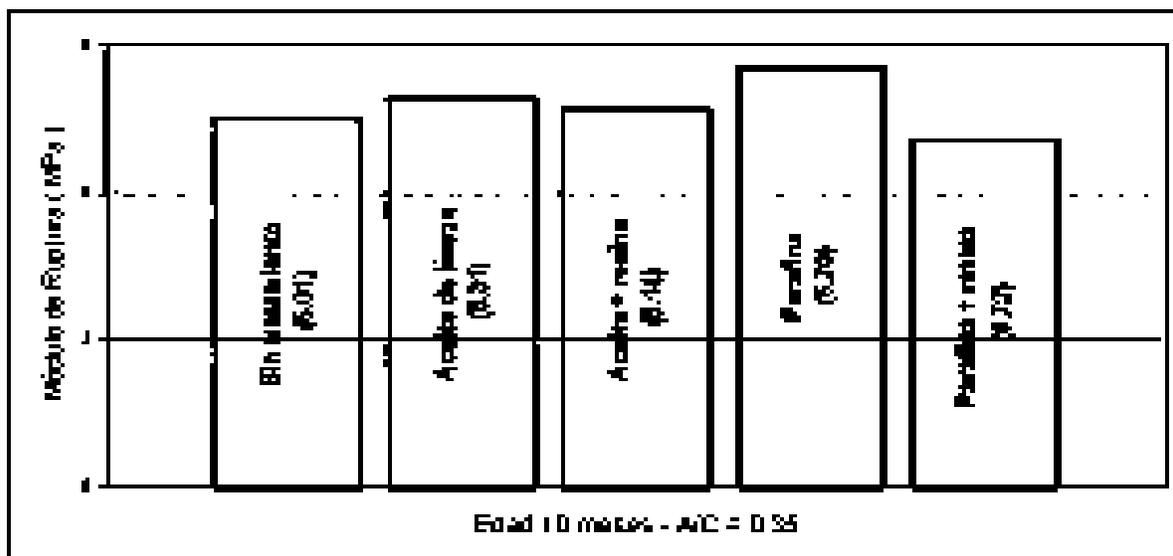
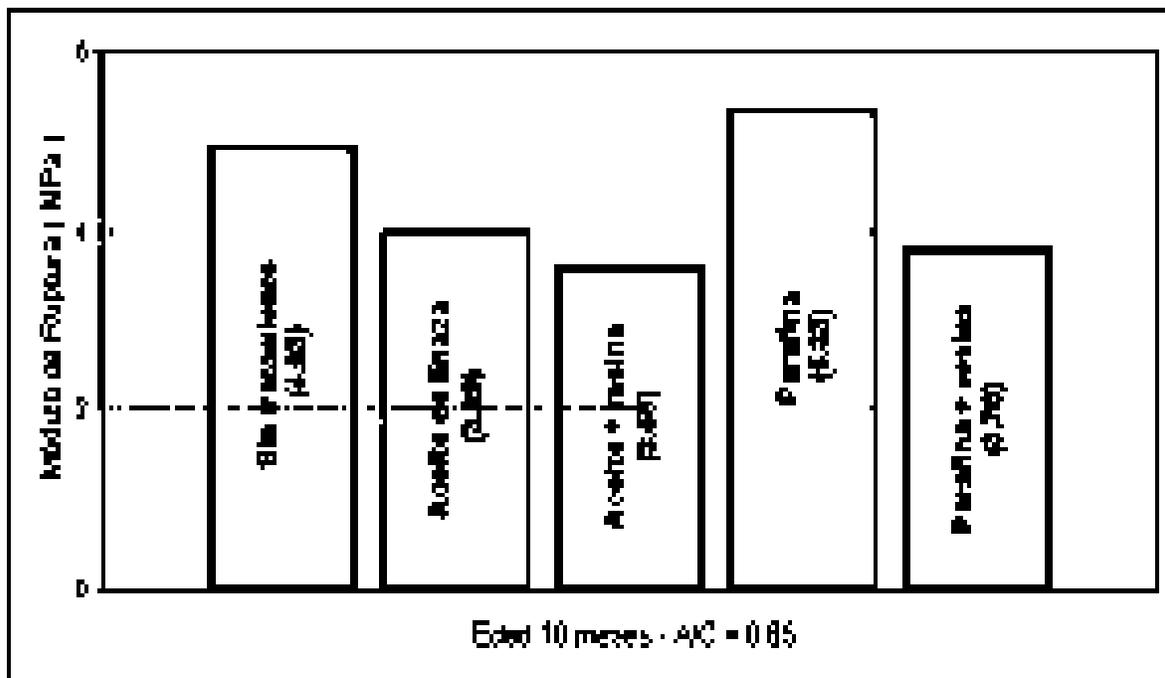


Fig. 13. Efecto de los ciclos humedecimiento y secado en la resistencia a flexión de especímenes de CRFN.²

EFFECTO DEL VOLUMEN Y LA LONGITUD DE LA FIBRA

Según Aziz, Paramaswivam y Lee, la resistencia última del concreto con fibras depende principalmente del tipo, de la longitud y del volumen en la mezcla de la fibra. La relación de la longitud y el volumen de fibra difieren para cada tipo de fibra natural. Una cantidad alta de fibra dificulta el mezclado y éstas tienden a apelmazarse, generando inadecuada adherencia lo que disminuye su resistencia.

Para estudiar este efecto se fabricaron especímenes para ensayos a flexión reforzados con fibra tratada con parafina, ya que según los resultados referentes al porcentaje de absorción y la resistencia al medio alcalino de la fibra, así como, el efecto de las sustancias protectoras en la resistencia a flexión de especímenes, la parafina resultó ser el mejor protector de la fibra en comparación con las otras sustancias estudiadas en esta investigación. Los volúmenes de fibra con respecto al total de la mezcla fueron de 0.5, 1, 1.5 y 2%. Y para cada volumen correspondió las siguientes longitudes de fibra: 10, 20, 20-30, 30-40, 40-50 y 300 mm.

La figura 14 muestra los resultados encontrados con estas variables respecto a la flexión. De acuerdo con los resultados obtenidos, para las dos relaciones A/C el comportamiento es muy similar. Como puede observarse en la figura, la fibra con longitud de 300 mm aumentó la resistencia a flexión de las barras. Siendo la combinación con un volumen de fibra de 0.5% la que resultó con mayor incremento en su resistencia. Comparada con las barras sin fibra la resistencia a flexión aumentó un 20% para ambas relaciones A/C. Se puede observar una tendencia en la resistencia a flexión, la cual disminuyó conforme se incrementó el volumen de fibra.

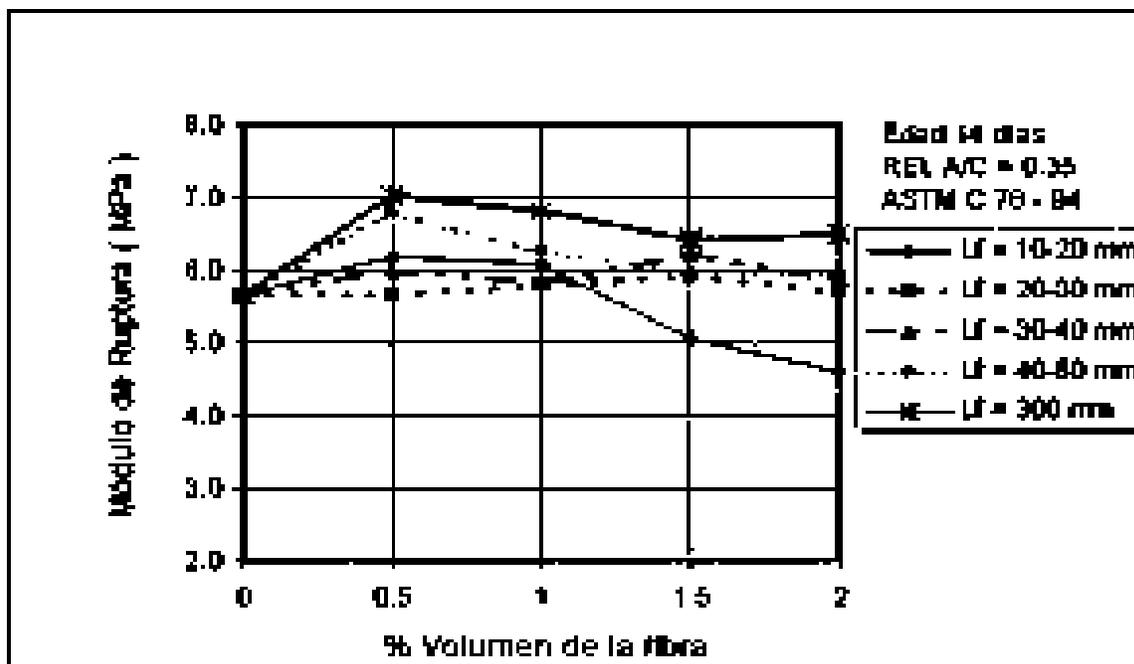
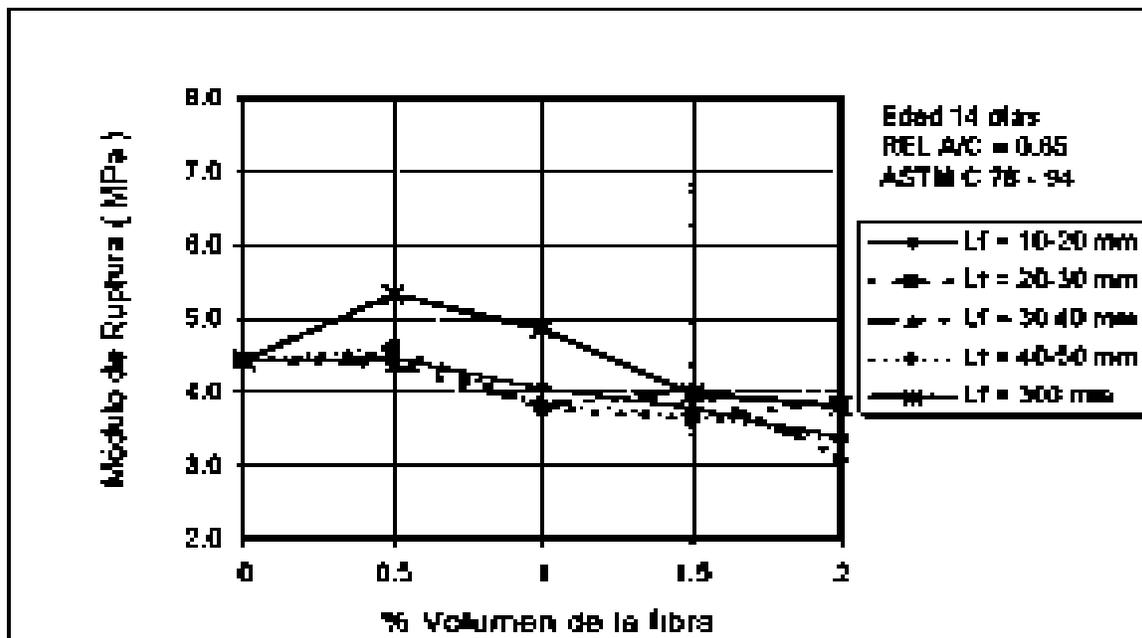


Fig. 14. Efecto del volumen y la longitud de la fibra en la resistencia a flexión. Las fibras largas incrementan el módulo de ruptura con respecto al concreto simple.²

Es posible que la fibra larga tuviera mayor adherencia debido a su longitud. Esto se confirma al examinar la superficie de falla de los especímenes ensayados, en donde se pudo observar que las fibras cortas normalmente tuvieron un tipo de falla de extracción debido a la falta de adherencia. Mientras que las fibras largas presentaron una falla por ruptura de la fibra, lo que indica una adecuada adherencia.

Shah⁷ explica que el compuesto soportará cargas crecientes después del primer agrietamiento de la matriz, si la resistencia a la extracción de las fibras en la primera grieta es mayor que la carga al primer agrietamiento. En la sección agrietada, la matriz no resiste tensión alguna y las fibras soportan toda la carga aplicada al compuesto. Con una carga creciente en el compuesto, las fibras tenderán a transferir el esfuerzo adicional a la matriz a través de esfuerzos de adherencia. Si estos esfuerzos de adherencia no exceden la resistencia de adherencia, entonces puede haber agrietamiento adicional en la matriz. Este proceso de múltiple agrietamiento continuará hasta que fallen las fibras o que la pérdida de adherencia local acumulada conduzca a la extracción de la fibra. Según observaciones durante los ensayos, en los especímenes con fibras cortas la falla por flexión se inició al agrietarse la matriz. En ese momento la carga disminuyó, lo que indica que la fibra no fue capaz de transferir por adherencia los esfuerzos a la matriz, el ancho de la grieta aumentó sin presentarse otros planos de falla hasta que la fibra fue extraída. Para el caso de especímenes con fibras largas, al agrietarse la matriz la fibra fue capaz de sostener la carga de agrietamiento, sin embargo, no pudo soportar cargas crecientes. Al igual que con las fibras cortas, únicamente se presentó un plano de falla, pero la fibra falló por ruptura. Es posible que la fibra no pudiera soportar más carga después del agrietamiento al no transferir efectivamente los esfuerzos a la matriz debido a su bajo módulo de elasticidad. Es decir, la fibra es flexible con alta capacidad de elongación que impide soportar cargas crecientes una vez agrietada la matriz de concreto

RESULTADOS DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA

1. Las fibras de lechuguilla tienen significativas propiedades físico mecánicas tal como su resistencia última a tensión, que les permite ser consideradas como posible refuerzo en el concreto.
2. El tratamiento protector con parafina, le permite a la fibra reducir su capacidad de absorción de agua. Además, de mantener un porcentaje aceptable de su resistencia última a la tensión después de haber estado expuesta durante un año a un ambiente húmedo y alcalino, lo que resulta sumamente crítico.
3. La fibra de lechuguilla permite un comportamiento dúctil después del agrietamiento de la matriz de concreto.
4. Las fibras largas adicionadas en bajas cantidades, es decir, con porcentajes bajos del volumen total de la mezcla, proporcionan al concreto la capacidad para soportar mayores cargas de flexión en comparación con el concreto simple.

3.3 Costos de producción

Materiales reforzados con fibras naturales se pueden obtener a un bajo costo usando la mano de obra disponible en la localidad y las técnicas adecuadas para su obtención. Estas fibras son llamadas típicamente fibras naturales no procesadas.

Sin embargo, las fibras naturales pueden ser procesadas químicamente para mejorar sus propiedades. Estas fibras son generalmente derivadas de la madera. Estos procesos son altamente industrializados y no se dispone en los países en desarrollo. A tales fibras se les conoce como fibras naturales procesadas.

Las fibras naturales están disponibles razonablemente en grandes cantidades en muchos países en desarrollo y representan una fuente renovable continua. México es un país que posee abundante producción de fibras naturales sobre todo las de la familia del agave. De esta familia la más conocida es el “sisal” que puede ser obtenida en la península de Yucatán; otras especies de la misma familia son el “maguey” y la “lechuguilla”. El primero crece principalmente en el Valle del Mezquital ubicado en el estado de Hidalgo, mientras que la lechuguilla normalmente se desarrolla en la zona noreste de México. Es esta última fibra natural el motivo del presente estudio.

La región ixtlera del noreste del país que comprende los estados de Coahuila, Zacatecas, Nuevo León, San Luis Potosí y Tamaulipas tiene graves carencias en vivienda. Algunas alternativas para disminuir esta problemática bien pueden ser:

- La autoconstrucción de la vivienda realizada por los mismos campesinos y,
- Aplicar la tecnología adecuada que les permita utilizar fibras naturales para reducir los costos de construcción, sobre todo si se utiliza como refuerzo en el concreto.

CONCLUSIONES

Las fibras vegetales pueden ser una posibilidad real de los países en desarrollo, ya que están disponibles en grandes cantidades y representan una fuente renovable continua. La fibra es afectada principalmente por la alcalinidad de la matriz del concreto. La durabilidad del compuesto dependerá entonces de la protección que tenga la fibra y las características de impermeabilidad propias de la matriz.

En el desarrollo tecnológico para la obtención de fibras vegetales como adición al concreto hidráulico en el mejoramiento de la durabilidad, existen varias tecnologías que se utilizan actualmente como son deshidratadores tales como:

- Secado solar directo.
- Deshidratadores de aire forzado.
- Deshidratadores de combustión.
- Deshidratador tipo vagón.
- deshidratadores eléctricos.
- Secado en horno.

Así como el todo el proceso para obtener la mejor calidad de las fibras vegetales, para la aplicación en el uso del mejoramiento del concreto hidráulico, en donde se observó en el ejemplo de la lechuguilla, los resultados en propiedades significativas físico mecánicas, como la resistencia a la última tensión/flexión, su comportamiento después del agrietamiento de la matriz del concreto.

Los resultados y las conclusiones alcanzadas en esta tesis aportan información para el diseño de fibras vegetales mínimamente procesados y permiten predecir la tendencia de algunas variables (pérdida de agua, ganancia de sólidos) determinantes en la eficiencia del tratamiento pudiendo contribuir a optimizar las condiciones de proceso a escala industrial

BIBLIOGRAFÍA

Coutts, R. S. P., Wood Fibre Reinforced Cement Composites, Concrete Technology and Design Vol. 5, Natural Fibre Reinforced Cement and Concrete, edited by R. N, Swamy, Blackie and Son Ltd, U.K., 1988, pags. 1 – 62.

ACI Committe 544, State-of-the-Art on Fiber Reinforced Concrete, ACI Manual of Concrete Practice, Part 5, 1998, pags. 544.1R-1 – 544.1R-66.

Aziz, M. A., Paramasivam, P., Lee, S. L., Prospects of Natural Fiber Reinforced Concretes in Construction, Int. J. Cement Composites and Lightweight Concrete, Vol. 3, No. 2, 1981, pags. 123 – 132.

Romanh, De la Vega, C. F., Principales Productos Forestales no Maderables de México, Universidad Autónoma de Chapingo, Depto. De Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques, Chapingo, Méx., Publicaciones Especiales, 1984, pags. 366 –408.

Rechy de von Roth, M., Estudio Integral Tecnológico de Cinco Especies del Género Yucca para Uso Industrial, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, 2000, 91 pags.

Castro, J., Naaman, A. E., Cement Mortar Reinforced with Natural Fibers, ACI Journal, Proceedings, Vol. 78, No. 1, Jan-Feb 1981, pags. 69 – 78.

Maiti, M. R., Fibras Vegetales en el Mundo, Aspectos Botánicos, Calidad y Utilidad, Editorial Trillas, Méx., D.F., Primera Edición, 1995, pags. 105 – 123.

Aziz, M. A., Paramaswivam, P., Lee, S.L., Concrete Reinforced with Natural Fibers, Concrete Technology and Design Vol. 2, New Reinforced Concretes, edited by R. N, Swamy, Surrey University Press, U.K., 1984, pags. 106 – 140.

Zapién, Barragán, M., Evaluación de la Producción de Ixtle de Lechuguilla en Cuatro Sitios Diferentes, Primera Reunión Nacional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de las Plantas Útiles del Desierto, Memoria del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, SARH, Monterrey, N.L., Méx., 1980, pags. 385 – 389.

CITAS

1 [Sika informaciones técnicas ISSN-0122-0594, col.sika.com/.../Concreto reforzado con fibras.pdf.].

2 [Cesar A. Juárez Alvarado, Patricia Rodríguez López, 2004, uso de fibras naturales como refuerzo del concreto, [http://ingenieria.uanl.mx/22/uso de fibras](http://ingenieria.uanl.mx/22/uso%20de%20fibras)].

3 [Patricio Valdés Marín, 2008, [manualdeshidratacion.blogspot .com](http://manualdeshidratacion.blogspot.com)]

4 [Levine I.N., Fisicoquímica, cuarta edición vol I, ed by Mc Graw Hill, 1996 pags 379-382].

5 [Mehta, K., Monteiro, P., Concreto estructura, propiedades y materiales, Instituto Mexicano del cemento y el concreto A.C., México 1998 pags.286-297].

6 [Fördös, Z., Natural or Modified cellulose Fibres as Reinforced in cement composites. Concrete Technology and Design Vol 5, Natural Fibre Reinforced cement and concrete edited by R.N., Swamy, Blackie and Son Ltd,uk, 1988, pags. 173-207].

7 [Shah, S. P., Marikunte, S. S., Fiber Reinforced Concrete, Proc. of ACBM Faculty Enhancement Workshop, 1993, pp. 226 – 252].

wwwpvaldesmarin@hotmail.com].

<http://www.sitiosolar.com/los%20deshidratadores%20solares.htm#sthash.RJhtLiyH.dpuf>