

124



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

“MADERA PLASTICA”

T E S I S

Que para obtener el título de
INGENIERO CIVIL

presenta:

SALOMON ROMANO JASQUI

FACULTAD DE
INGENIERIA



DIRECTOR DE TESIS:

ING. FRANCISCO CHACON GARCIA

México, D. F.

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/112/00

Señor
SALOMON ROMANO JASQUI
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. FRANCISCO CHACON GARCIA**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**

"MADERA PLASTICA"

INTRODUCCION

- I. LA MADERA Y LOS PLASTICOS EN LA CONSTRUCCION**
- II. LOS PLASTICOS COMO SUBSTITUTOS DE LA MADERA**
- III. APLICACIONES DE LA MADERA PLASTICA**
- IV. COMPARACION DE COSTOS ENTRE LA MADERA Y LA MADERA PLASTICA**
- V. CONCLUSIONES**
- BIBLIOGRAFIA**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 21 de septiembre de 2000
EL DIRECTOR


M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/mstg

COLABORACIONES ESPECIALES.

Creo que es justo hacer el esfuerzo de mencionar a los que colaboraron directa o indirectamente en este proyecto de Tesis para la obtención del título de Ingeniería Civil esperando no dejar fuera a alguien, agradeciendo de antemano a la Facultad de Ingeniería de la UNAM, a mis profesores, mis compañeros y amigos.

En principio las colaboraciones más importantes (los que me propusieron el tema) fueron las del Ingeniero Francisco Chacón García, quien además de ser uno de los mejores profesores con quienes tuve la oportunidad de tomar clases, fue mi guía en la realización de este trabajo y el Señor Natan Sambra, director de Ecologista, quien además me proporcionó información muy valiosa sobre el proyecto y las muestras que se probaron en el laboratorio.

Otra gran colaboración fue la del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería, a través del encargado, el Ingeniero Hector Guzmán Olguín y su grupo de trabajadores a cargo de Don Mario que fueron los que se encargaron de realizar las pruebas.

Quiero agradecer a los sinodales que revisaron la tesis y a mis compañeros ingenieros Civiles, Industriales, Mecánicos y Petroleros, cuyos comentarios sirvieron de retroalimentación para corregir errores y aclarar puntos importantes, que bien pueden seguir la investigación de este interesante tema desde un punto de vista diferente.

La colaboración de toda mi familia fue fundamental durante toda mi carrera, a quienes les dedico este último esfuerzo para lograr la titulación, en especial a:

Mi papá, Jacobo Romano Sede, quién me encamino por la senda de la ciencia y el amor a la naturaleza.

Mi mamá, Beatriz Jasqui de Romano, quien me apoya en todas mis decisiones y siempre contará con su ayuda incondicional.

ÍNDICE

MADERA PLÁSTICA.

INTRODUCCIÓN.....	2
I. La madera y los plásticos en la construcción.....	4
I . 1 Propiedades típicas de la madera.....	4
I . 2 Usos de la madera en la construcción.....	16
I . 3 Propiedades típicas de los plásticos.....	18
I . 4 Usos de los plásticos en la construcción.....	36
II. Los plásticos como sustitutos de la madera.....	52
II . 1 Pruebas mecánicas en laboratorio.....	52
II . 2 Propiedades mecánicas de los plásticos.....	57
II . 3 Elaboración de la Madera Plástica.....	81
III. Aplicaciones de la Madera Plástica.....	97
III . 1 Polines de Madera Plástica.....	98
III . 2 Tablas de Madera Plástica.....	100
III . 3 Hojas tipo Triplay de Madera Plástica.....	101
III . 4 Vigas y columnas de Madera Plástica.....	102
IV. Comparación de costos entre la Madera y Madera Plástica.....	103
IV . 1 Costos de la Madera común.....	103
IV . 2 Costos de la Madera Plástica.....	104
IV . 3 Comparación de costos.....	105
V. CONCLUSIONES.....	108
BIBLIOGRAFÍA.....	115

INTRODUCCIÓN.

La madera fue uno de los primeros materiales de construcción que utilizó el hombre desde las civilizaciones antiguas y se sigue utilizando ampliamente aún con el avance de la ciencia y tecnología de los materiales por su accesibilidad, facilidad de trabajo y economía entre muchas otras características que la hacen casi indispensable en la industria de la construcción, sin mencionar todos los campos industriales y comerciales que también utilizan la madera.

Dentro de la construcción tenemos por ejemplo a los Estados Unidos y Canadá en que la mayoría de las viviendas y construcciones pequeñas están hechas por estructuras de madera, ya que es un material abundante y económico, además de que son fáciles de construir. En México la madera no es muy utilizada para la construcción de estructuras ya que se prefiere utilizar materiales como el barro en forma de bloques o ladrillos y el cemento con sus agregados y solo se utiliza a gran escala como estructuras auxiliares durante la etapa de construcción, los moldes o cimbras para las estructuras de concreto.

La producción de madera de baja calidad encuentra su mercado dentro de la construcción como obra falsa, mientras que para recubrimientos, puertas y muebles se utilizan maderas de mayor calidad. Dependiendo del cuidado que se tenga con la madera, se puede utilizar varias veces como cimbra, sin embargo, la absorción de agua que la caracteriza, propicia la acción de hongos que afectan sus propiedades mecánicas y después de un tiempo ya no sirve para la cimbra y es desechada.

Por otro lado, se tiene una cultura cada vez más ecologista que se preocupa por el medio ambiente y la sobreexplotación de los recursos naturales y sin duda una de las mayores preocupaciones es la tala desmedida de los bosques, ya sea por la necesidad de madera o por terrenos para la agricultura.

Entonces, es necesario encontrar un sustituto o un complemento para la madera, que proporcione mayores ventajas tecnológicas, económicas y ecológicas para que sea aceptada dentro del medio de la construcción y al mismo ritmo del crecimiento de su utilización, disminuya el de la madera.

Existen pocos materiales cuya tecnología tenga más que ofrecer a la construcción y en general a la Ingeniería Civil que la de los plásticos. Con una gran cantidad de materias primas y agregados, además de los diferentes procesos de elaboración y transformación de plásticos, se tiene una enorme variedad de materiales de donde elegir con las características que más le convenga al diseñador dependiendo del uso para el cual se requiera.

La tecnología de los plásticos se ha desarrollado exponencialmente durante el pasado siglo aportando grandes avances en todos los campos industriales y comerciales, desde juguetes hasta componentes del transbordador espacial, envases de todo tipo y todos tamaños, para todo tipo de contenidos. Sin embargo, dentro de la construcción los plásticos como materia prima no han sido muy socorridos a pesar de las ventajas que tienen sobre otros materiales tradicionales.

Los plásticos dentro de la construcción se han utilizado casi exclusivamente como recubrimientos o acabados y tuberías para las redes de agua potable, recientemente, con el incremento de elementos prefabricados se han utilizado como moldes para los distintos elementos y con la investigación del concreto, se han agregado ciertas espumas poliméricas para darle ciertas características como mayor aislamiento térmico y acústico.

Otra característica de los plásticos que debe ser aprovechada es que algunos pueden ser reciclados; muchos de los plásticos se utilizan con fines de vida corta y después son desechados por lo que se generan gran cantidad de desperdicios plásticos y debido a su alta resistencia a la biodegradación se van acumulando y generando más basura; al reciclar los plásticos obtenemos materiales sin necesidad de más materias primas, que en su mayoría son derivadas del petróleo, y evitamos la acumulación de desperdicios sólidos.

Los plásticos pueden ser un buen complemento para la madera y un grupo de materiales importante para la industria de la construcción que contribuya con grandes adelantos en todos aspectos desde el diseño hasta los procesos constructivos.

El objetivo del presente trabajo es proporcionar una introducción al amplio mundo de los plásticos presentar y las ventajas que se pueden aprovechar, al mismo tiempo de compararlos con la madera para verificar si es factible que se utilicen de la misma forma como materiales para cimbras, para lo cual se requiere hacer pruebas de resistencia mecánica.

Con este trabajo se pretende dar una alternativa para la disminución de la tala irracional de los arboles disminuyendo la aplicación de madera, un material biodegradable, para cimbras, con un complemento no biodegradable que son los plásticos, derivados de otro recurso no renovable que es el petróleo. Sin embargo, se tiene también una alternativa al problema de los desechos plásticos al ser reciclados para una aplicación dentro de la Ingeniería Civil.

Esta innovación tecnológica tiene un alto potencial de generar incrementos en las utilidades, reducir los tiempos de construcción, producir mejoras en la calidad y disminuir el impacto en el medio ambiente, y puede convertirse en una realidad siempre y cuando los resultados sean satisfactorios.

I. LA MADERA Y LOS PLÁSTICOS EN LA CONSTRUCCIÓN.

I . 1 . Propiedades típicas de la madera.

A diferencia de muchos materiales de construcción, la madera no es un material fabricado, sino orgánico, que por lo general se usa en su estado natural, por tanto se tiene un gran número de factores que influyen en su resistencia entre los más importantes tenemos que son: la densidad, los defectos naturales y el contenido de humedad. A causa de los defectos y variaciones inherentes a la madera es imposible asignarle esfuerzos unitarios de trabajo con la precisión con que se hace en el acero o en el concreto. Desde el punto de vista de la ingeniería la madera presenta problemas más complejos y variados que muchos materiales estructurales.

Toda madera está constituida por cuatro componentes:

1. Celulosa: constituye el 70% de la madera.
2. Lignina: constituye entre el 18 y 28% de la madera y es el adhesivo que da resistencia y rigidez a la madera.
3. Extractivos: no son parte de la estructura de la madera pero aportan propiedades tales como el color, olor, sabor y la resistencia al deterioro, como son el almidón, materia colorante, aceites, resinas, grasas y ceras. Se pueden eliminar de la madera con disolventes como el agua, alcohol, acetona entre otros.
4. Minerales formadores de ceniza: constituyen desde el 0.2 al 1% de la madera, son los elementos nutrientes del árbol y se convierten en ceniza cuando la lignina y la celulosa se queman.

Los árboles que se usan para obtener madera son exógenos, es decir que aumentan de tamaño creando madera en la superficie exterior debajo de la corteza. La sección transversal del tronco de un árbol muestra los anillos de madera nueva que se forman anualmente. Estos anillos se llaman anillos anuales y frecuentemente están formados por capas de color claro y otras de color oscuro, el anillo de color claro corresponde al leño que se desarrolla en la primavera y los de color oscuro es el de verano. Así, el número de anillos anuales en la base del árbol indica su edad. La banda de anillos anuales en el borde exterior del tronco se conoce con el nombre de **albura**. Esta banda, generalmente tiene un color claro. Contiene células vivas y conduce la savia de las raíces a las hojas. Conforme el árbol envejece, la albura cambia gradualmente a **duramen**, formándose una albura nueva. La madera del duramen es generalmente más oscura que la albura. Esta compuesta por células inactivas y constituye la porción mayor del tronco del árbol. En general, la albura es más ligera y porosa que el duramen, este es más denso y da resistencia al tronco del árbol, es más resistente y más durable que la

albura, pero, si la madera se va a tratar con preservativos, la albura es útil por ser absorbente.

La estructura de los árboles está constituida por haces longitudinales de fibra leñosa o células. Estas pequeñas fibras huecas varían de forma y de disposición, lo cual influye tanto en la apariencia como en las propiedades físicas de las diferentes especies. Bandas de más pequeñas de fibras, llamadas radios medulares, se extienden radialmente desde el centro del tronco y ayudan a mantener unida la estructura.

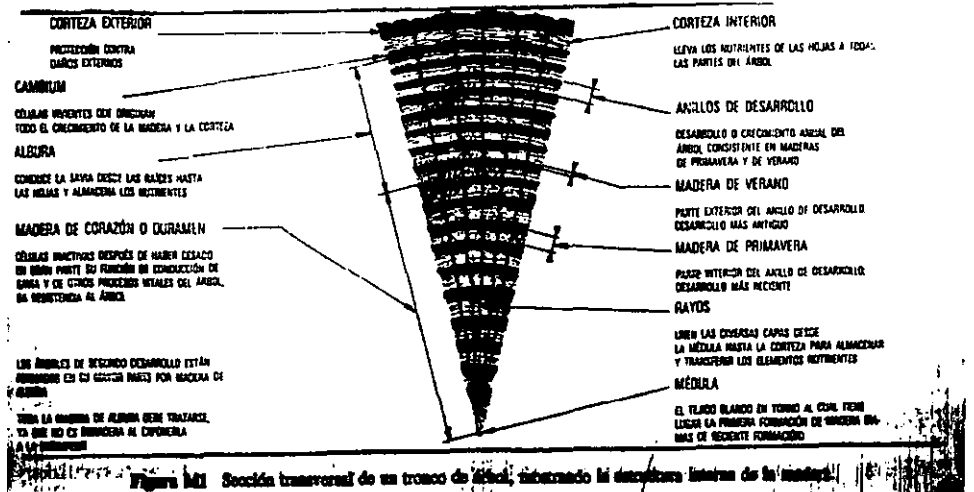


Figura I. 1.sección transversal de un tronco de árbol.

La densidad de las diferentes especies de madera, es determinada por las diferencias de disposición y tamaño de las células huecas, así como el espesor de las paredes de las células. La resistencia de la madera está íntimamente relacionada con su densidad. El término hilo o veta apretada se refiere a la madera que tiene anillos anuales angostos, con separaciones muy pequeñas. En algunos árboles como el abeto Douglas y el pino amarillo del Sur, es notable el contraste entre el leño de primavera y el de verano, y la proporción que tengan del verano es una base visual para estimar aproximadamente su resistencia y su densidad. La densidad relativa de la sustancia leñosa en todas las especies es aproximadamente de 1.53 (la densidad de la madera es 1.53 veces mayor que la del agua), pero las células de la madera contienen aire en diferentes proporciones; variando, los pesos de las especies no solo por la densidad, sino también por su contenido de humedad. Cuando se trata de hacer cálculos se toma como peso promedio de la madera de 40 lb / p³ que equivale a 643 kg / m³.

El coeficiente de expansión térmica lineal difiere en todas las especies, según la dirección estructural de la madera.

1. La expansión en dirección longitudinal (paralela a las fibras) es independiente de la densidad específica de la madera y varía de 0.000 002 a 0.000 0059 mm / °C para las diferentes especies.
2. La expansión a través de las fibras o en dirección radial y tangencial varía directamente con la densidad de la madera cuando está bien seca de 0.000 0264 a 0.000 0614 mm / °C para las diferentes especies.

Por lo general, el coeficiente de expansión térmica se puede omitir debido a que es mucho mayor el movimiento de la madera causado por la humedad (hinchamiento y contracción) en condiciones normales de exposición. Sin embargo, en estructuras que se deben mantener secas y están expuestas a una amplia gama de cambios de temperatura, se tiene que considerar el coeficiente térmico.

La madera se contrae cuando pierde humedad y se hincha cuando la absorbe. El agua en la madera se puede dividir en dos categorías: el agua libre en las cavidades celulares y espacios intercelulares de la madera y el agua absorbida y retenida en los capilares de muros de elementos de madera, como los de fibras y celdas radiales. El agua absorbida es importante en relación con la contracción. Cuando se elimina toda el agua libre, pero permanece la absorbida, se llega a un punto de saturación de fibra (aproximadamente el 30% de contenido de humedad para todas las especies). La contracción se presenta con porcentajes de contenido de humedad inferiores al punto de saturación de fibra. La madera que se seca al 15% de humedad, ha alcanzado cerca de la mitad de la contracción posible. Por cada 1% de pérdida de humedad por debajo del punto de saturación de fibra, la madera se contrae casi 1 /30 de la contracción posible total y del mismo modo por cada 1% de aumento en el contenido de humedad la madera se infla casi 1/30 del hinchamiento total posible. La madera se contrae sobre todo en la dirección de los anillos de crecimiento anual y menos a través de los anillos y en general muy poco paralelamente a la veta.

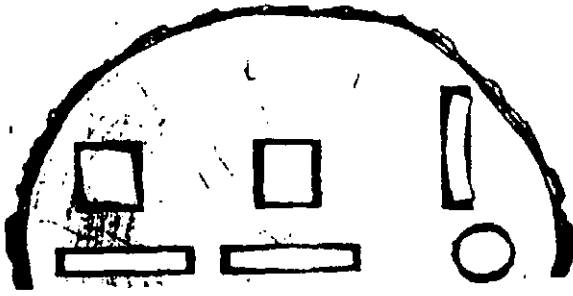


Figura M2 Contracción y distorsiones causadas por la dirección de los anillos anuales.

Figura I. 2. Contracción y distorsiones causadas por la dirección de los anillos anuales.

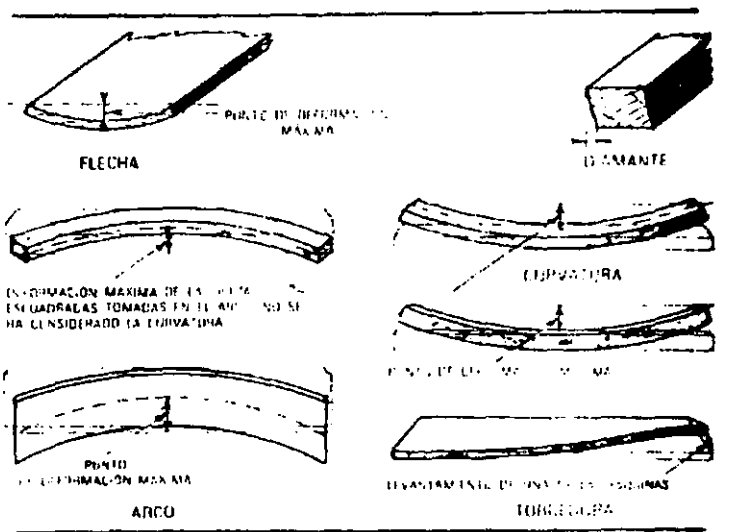


Figura M3 Diversos tipos de combadura de la madera.

Figura I. 3. Diversos tipos de combadura de la madera.

A la madera recién cortada se le llama madera verde que contiene agua y la utilidad de la madera se mejora eliminándola. El proceso para eliminar la humedad de la madera verde se conoce con el nombre de curado; se efectúa exponiéndola al aire o calentándola en hornos.

Las ventajas de la madera secada por aire respecto a la madera verde son la reducción de peso, la reducción de la contracción, agrietamiento, porosidad y torcimiento, aumento de la resistencia y el poder de retención de clavos se disminuye el ataque de diversos hongos e insectos y se mejora la capacidad de la madera para retener la pintura y recibir conservadores. Las ventajas del secado con horno respecto al secado con aire son una mayor reducción del peso, control del contenido de humedad al valor que se desee, reduciendo el tiempo de secado y destrucción de hongos e insectos y menor degradamiento.

El degradamiento es la pérdida de calidad durante el curado por contracción desigual o por acción de hongos, es decir, agujeros, manchas y deterioro. Al eliminar el agua se contraen las células fibrosas, las que forman las paredes laterales de la fibra se contraen más que las internas y las células de la albura más que las del duramen. La contracción de las fibras linosas produce esfuerzos internos que originan alabeo, rajaduras o grietas, porosidad, torcedura, aflojamiento de los nudos y colapso el efecto del curado varía según el tamaño de la madera. En general, las maderas blandas se contraen más con el curado que las duras. Algunas especies de maderas, tienen alta resistencia al deterioro y se pueden usar en condiciones en que tal riesgo existe, otras especies necesitan un tratamiento conservador.

Especies comunes de árboles con alta resistencia al deterioro.

Árbol deciduo (maderas duras)	Árbol siempreverde (maderas blandas)
Encino	Oyamel
Castaño	Cedros
Cerezo negro	Pino
Nogal negro	Ciprés
Roble	Ocote

Cualquier irregularidad en la madera que afecte a su resistencia o durabilidad es un defecto. A causa de las características naturales del material, existen varios defectos inherentes a todas las maderas, que afectan a su resistencia, apariencia y durabilidad, se mencionan a continuación los defectos más comunes.

- *La rajadura a través de los anillos* es una hendidura o separación longitudinal de la madera que atraviesa los anillos anuales; generalmente proviene del proceso de curado. *La reventadura entre anillos* es la separación a lo largo del hilo, principalmente entre anillos anuales. Estos dos tipos de defectos reducen la resistencia al esfuerzo cortante; por tanto, los miembros sujetos a flexión resultan afectados directamente por su presencia. La resistencia de los

- miembros a la compresión longitudinal no resulta muy afectada por las reventaduras entre anillos, solo debilitan la unión entre los anillos anuales.
- *La pudrición* es la desintegración de la substancia linosa debida al efecto destructor de los hongos. La pudrición se reconoce con facilidad, por que la madera se hace blanda, esponjosa o se desmorona. El aire, la humedad y una temperatura favorable propician el crecimiento de los hongos. Muchas maderas se impregnan con preservativos como la brea de carbón de piedra y la creosota para impedir el desarrollo de hongos. También se puede prevenir con la aplicación de pintura mientras la madera está seca. Generalmente es difícil determinar el alcance de la pudrición, por tanto en las maderas de grado estructural no se tolera ninguna forma de pudrición.
 - *El descantillado* es el término que se aplica a la corteza, o ausencia de madera o de corteza, en la arista o esquina de un trozo de madera aserrada. La resistencia de un miembro puede resultar afectada por este defecto porque el miembro tiene una sección transversal insuficiente. En las especificaciones, el descantillado puede evitarse con el requisito de que las aristas sean en ángulo recto.
 - *Un nudo* es la parte de una rama incorporada en el tallo de un árbol. Hay varios tipos y clasificaciones de nudos, y la resistencia de un miembro resulta afectada por el tamaño y la posición de los nudos que pueda contener.
 - *Las bolsas de resina* son aberturas paralelas a los anillos anuales que contienen resina sólida o líquida.

Los árboles cuya madera se emplea en la construcción se clasifica en dos grupos, los de madera blanda y los de madera dura. Los de madera blanda, como los pinos y cipreses, son coníferas o gimnospermas, árboles siempreverdes, que no se despojan de sus hojas con forma de escama o de aguja, al final de cada estación de crecimiento, con la excepción del ciprés, tamarak y alerce, y son típicos de regiones templadas. Mientras que los de madera dura, como los encinos o robles y los arces, son angiospermas, árboles deciduos que tienen hojas anchas y flores que en la mayoría de los casos forman un follaje vistoso, y se despojan de ellas al final de cada estación de crecimiento, excepto en las regiones más cálidas, y se encuentran en todo el mundo. Esta clasificación se puede prestar a confusiones ya que los términos de madera dura y blanda no indican el verdadero grado de dureza de las diferentes especies de árboles. Por ejemplo los encinos son muy duros, mientras que los tilos que también se clasifican entre los árboles de madera dura, son extremadamente blandos. Por otro lado, el pino amarillo del Sur y el abeto Douglas, aunque se clasifican entre los de madera blanda, en realidad son dos de las maderas más duras, además son las dos especies de árboles que más se usan para obtener madera estructural en EUA.

Las coníferas constituyen actualmente el grupo de mayor importancia económica en México. Las especies de pino representaron el 81% de la producción forestal registrada en 1988. Las otras especies siempreverdes únicamente

aportaron el 5% y el restante 14% lo formaron las angiospermas, las cuales incluyen a las maderas tropicales y los encinos. Con rigor, las especies de coníferas a las que se refieren las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Madera del D.F. son los pinos. Para otras especies como el oyamel, el cedro blanco, el ciprés, tanto las reglas de clasificación como los valores de diseño deben tomarse como guías aproximadas.

Desde el punto de vista botánico, las gimnospermas o coníferas integran un grupo de árboles con características muy similares entre sí, reflejándose en las propiedades físicas como la densidad, con un rango de variación pequeño, a diferencia de las angiospermas, con un gran número de especies que presentan un rango de variación de sus propiedades considerablemente mayor. Por tanto, desde el punto de vista estructural, conviene considerar a las coníferas como un solo grupo y subdividir a las angiospermas.

El agrupamiento de las angiospermas está en función de la rigidez o módulo de elasticidad de la madera seca, debido a que está correlacionado con las propiedades mecánicas de la madera, especialmente el esfuerzo de rotura de flexión. El módulo de elasticidad es una propiedad fácil de medir de manera no destructiva y permite hacer una predicción de la resistencia más precisamente que otras propiedades físicas.

Una forma alternativa para agrupar las especies de árboles deciduos consiste en hacer uso de la densidad relativa promedio como parámetro de agrupación, la cual se muestra a continuación. Para determinar a qué grupo pertenece una especie dada, de la que no se cuente con información, se recomienda que se determinen las propiedades de cuando menos 50 especímenes.

AGRUPACIÓN	Promedio de Densidad relativa.
I	Mayor a 0.70
II	De 0.52 a 0.69
III	De 0.35 a 0.51

Se define como madera el producto del proceso de cepillar y cantear en el aserradero, sin ningún tratamiento adicional que aserrar y volver a aserrar y pasarla longitudinalmente por una canteadora estándar, cortarla a cierta longitud e igualarla. Hay tres tipos de madera blanda en el sistema americano de normas para madera:

1. Madera comercial o de barranca.
2. Madera estructural.
3. Madera por elaborar.

La madera comercial comprende en material de grueso menor de 5 plg que se usa en trabajos generales de construcción. Es la madera que se encuentra generalmente en las madererías que venden al menudeo. Incluye tablas y madera para forros con espesor menor de 2 plg, duelas para piso, listones, tejas, estacas, material para acabados, tablones de grueso menor de 4 plg y viguetas de grueso de 4 plg o menor. En esta clasificación se incluyen los postes y los tamaños comunes de viguetas y pares de armaduras.

En el material estructural se incluye madera (excepto las viguetas y tablones) de 5 plg o más de grueso y ancho. Al material de este grupo se el conoce también como madera gruesa y en general se usa para soportar cargas y se clasifica tomando como base la resistencia y el uso de toda la pieza. Dentro de la clasificación de la madera estructural están:

- Viguetas y tablones de 2 a 4 plg de grueso y 4 plg o más de ancho.
- Vigas y largueros de 5 plg o más de grueso y 8 plg o más de ancho.
- Postes y madera gruesa de 5 por 5 plg y mayor.

La madera por elaborar comprende los tablones para fábricas y madera que se clasifica como adecuada para usarse en puertas, marcos y otras piezas de 1 ¼ plg o más de grueso y 5 plg o más de ancho. Se usa en la industria de carpintería y ebanistería y para artículos de madera.

La madera aserrada es madera comercial de grueso entre 2 y 5 pulgadas (5.08 a 12.7 cm) y de 2 pulgadas (5.08 cm) o mas de ancho. Comprende toda la madera comercial, excepto tablas tiras y madera gruesa. Se incluyen en la madera aserrada tablones, postes y viguetas gruesas.

Un tronco de madera se puede cortar de tres maneras diferentes para hacer madera aserrada: se puede aserrar en hilos paralelos al diámetro, aserrar por cuartos o discontinuamente. El *aserrado simple* se refiere al corte de la madera tangencialmente a los anillos anuales, o bien, en la práctica comercial, al corte con un ángulo de 0 a 45° respecto a los anillos anuales. El *aserrado por cuartos* se refiere a la madera cortada radialmente respecto a los anillos anuales, o paralelamente a los rayos, que en la practica comercial es con un ángulo de 45 a 90° respecto a los anillos anuales. El *aserrado discontinuo* es similar al aserrado por cuartos, excepto que los cortes penetran medularmente los rayos con una ángulo ligero para evitar los efectos de combadura.

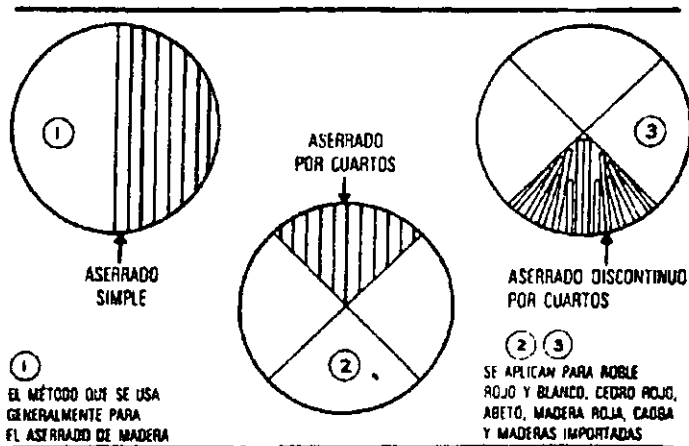


Figura M5 Métodos para aserrado de madera.

Figura I . 4. Métodos para aserrado de la madera.

A continuación se presentan las ventajas y desventajas de la madera aserrada simple y la aserrada por cuartos:

MADERA ASERRADA SIMPLE

VENTAJAS.

1. Menor desperdicio.
2. Los patrones de los anillos anuales son distintos.
3. Los nudos afectan menos la apariencia de la superficie y la resistencia.
4. Las rajaduras y los depósitos de resina afectan solamente a algunas piezas.
5. Se contrae y tuerce menos con respecto al grosor.
6. No se contrae fácilmente al secarse.
7. Usualmente es menos costosa porque el aserrado toma menos tiempo.

DESVENTAJAS.

1. La albura se puede extender hasta las orillas superficiales de las piezas.
2. Tiende a tener fibras levantadas debido a la separación de los anillos anuales.
3. Los rayos y las fibras pronunciados (decorativos) son menos distintivos.
4. Tiende a agrietarse superficialmente y a partirse durante el curado y con el uso.
5. Se contrae y tuerce a lo ancho.
6. Tiende a gastarse irregularmente.
7. Tiende a torcerse y ahucarse.
8. Algunas especies no retienen bien la pintura y permiten que los líquidos penetren y la atraviesen.

MADERA ASERRADA POR CUARTOS.

VENTAJAS.

1. La albura aparece en los bordes y está limitada solamente por el ancho de la albura del tronco.
2. Tiene menos fibras levantadas a causa de la separación de los anillos.
3. Los rayos pronunciados y fibras tramadas y onduladas son más distintivos.
4. Menos grietas superficiales y rajaduras en el curado y el uso.
5. Se contrae y tuerce menos a lo ancho.
6. Desgaste parejo.
7. Se tuerce y ahueca menos.
8. Algunas especies retienen mejor la pintura y no permiten que los líquidos entren en ella o la atraviesen.

DESVENTAJAS.

1. Mayor desperdicio.
2. Patrones de crecimiento menos distintivos.
3. Los nudos desfiguran la apariencia de la superficie y reducen la resistencia.
4. Las rajaduras y depósitos de resina se extienden a numerosas piezas,
5. Se contrae y tuerce con respecto al grosor.
6. Tiende a colapsarse en el secado.
7. Es más costosa porque toma más tiempo su aserrado.

Las diferentes piezas de madera aserrada que se obtienen de un tronco aserrado difieren mucho en cuanto a su calidad y a fin de clasificar estas cualidades tan variables, se ha establecido una serie de grados, cada uno de éstos con un rango de calidad relativamente estrecho, para madera dura y blanda. El grado de una pieza de madera aserrada se basa en el número, carácter y localización de imperfecciones que pueden disminuir su resistencia, durabilidad y uso. Las imperfecciones más comunes son las mencionadas anteriormente, como son los nudos, grietas, depresiones, rajaduras y manchas. Los mejores grados de madera aserrada no tienen prácticamente ninguna de éstas. A medida que decrece el grado, aumenta la cantidad de imperfecciones. Sin embargo, estos defectos no impiden que tal madera aserrada tenga un uso amplio.

La clasificación por grados para madera dura se basa en la cantidad de madera utilizable que tiene una pieza. Las longitudes estándar son de 4 a 16 pies en incrementos de 1 pie (1.219 a 4.877 m, en incrementos de 0.3048 m) con una longitud sobrante admisible no mayor del 50%. La madera dura de primera y segunda clase, satisface requisitos específicos respecto a nudos, hoyos y otras imperfecciones y casi siempre están combinadas en un solo grado.

La madera aserrada blanda se divide en dos categorías principales: construcción y fabricación. La madera para construcción se supone que se usará en construcción, clasificada y cortada al tamaño después de aserrarla y cerpillarla. La madera aserrada para fabricación se utilizará para posteriores etapas de fabricación y tendrá una forma completamente diferente en el producto ya terminado, por ejemplo molduras o vistas para puertas, bases y cubiertas laterales ensambladas.

La clasificación para las maderas blandas para la construcción por grados se basa en la resistencia, la rigidez y en lo derecho de la pieza:

- Grado A: es la madera sana en la que sólo se permiten nudos de tamaño pequeño en comparación con el de la pieza. Se usa para viguetas y andamios en entramados ligeros. En los edificios proyectados para cargas pesadas deben usarse, de preferencia los grados estructurales para viguetas, tablones y vigas y no los de madera aserrada.
- Grado B: admite defectos mayores y se usa para entramados ligeros de precio medio.
- Grado C: incluye todas las piezas de menor categoría, adecuada para construcciones baratas o provisionales.

En general, la madera aserrada blanda se clasifica por su uso: *madera de patio* para construcción ordinaria y propósitos constructivos generales; *madera estructural*, que se usa cuando se requieren esfuerzos de trabajo; y *madera para fábrica y taller*, utilizada principalmente para trabajos de carpintería. La madera aserrada blanda también se clasifica de acuerdo con el grado de su acabado como: *madera burda*, que no ha sido labrada y presenta marcas de sierra en todas sus caras y la *madera labrada*, que se ha cepillado con una máquina allanadora y que luego se gradúa como labrada por una o dos caras, por un borde o un canto etc.

Los acabados para maderas dependen del color, aspecto y lustre de la especie en particular que se use y de la forma en que se blanquee o acepte los rellenos, tintas y acabados transparentes. Otros aspectos decorativos dependen de los nudos, piquetes o polillas, picotazos de pájaros, deterioro en depresiones aisladas, configuración, raspaduras por minerales, remolinos en las vetas, crecimiento hacia adentro de la corteza. La textura y la veta de la madera no tienen significados definidos, y al especificar maderas se deben definir exactamente los tipos de textura, veta y acabado, sin dar lugar a malentendidos.

Las diferentes especies de maderas tienen distintas características para el labrado con herramientas manuales o de motor:

Clasificación de maderas por su facilidad de labrado con herramientas manuales

MADERAS DURAS

Fácil de trabajar.	Relativamente fácil de trabajar.	Difícil de trabajar.
Aliso rojo	Abedul (papel)	Fresno blanco
Tilo	Álamo	Haya
Nogal blanco	Magnolia	Abedul
Castaño	Ocozol	Cerezo
Álamo amarillo	Sicomoro	Olmo
	Nisa	Almez
	Nogal	Nogal americano
		Algarrobo
		Arce
		Roble

MADERAS BLANDAS

Fácil de trabajar.	Relativamente fácil de trabajar.	Difícil de trabajar.
Pino blanco	Ciprés desnudo	Abeto Douglas
Cedro turífero	Abeto balsa	Pino amarillo del sur
Cedro blanco	Tsuga o abeto del este	Alerce del oeste
Pino ponderosa	Cedro rojo oriental	
Pino de azúcar	Pinabete oriental	
Cedro rojo	Pino alerce	
	Secoya	
	Pinabete sitka	
	Abeto blanco	
	Tsuga o abeto del oeste	

En la actualidad se utiliza con mucha frecuencia el material conocido como triplay o madera contrachapada. El triplay es un material hecho con chapas, capas u hojas de madera unidas entre sí permanentemente, con la fibra de una o más capas con un ángulo de 90° con respecto a las fibras de las capas integrantes.

Por lo general, el triplay está compuesta por un número non de capas. Las capas exteriores se denominan caras de vista o trasera, y la capa o capas centrales se llaman núcleo. Las intermedias que quedan debajo de las hojas de vista y trasera, con la fibra a 90° con respecto a éstas, se denominan bandas cruzadas. En núcleo puede ser de chapa, madera aserrada sólida o conglomerado, con un grosor total de panel no menor de 1 / 16 pulgada (1.59 mm) o más de 3 pulgadas (76.2 mm).

Otro tipo de madera contrachapada se fabrica con base en un número par de capas. Cuando se usan capas u hojas de mayor grosor, a menudo dos de estas tienen sus fibras en la misma dirección. Así, el de cuatro consistirá en 1 - 2 - 1 capas y el de seis tendrá un patrón de 2 - 2 - 2.

Se denomina construcción balanceada a la disposición de las capas en pares a cada lado de la capa central o núcleo, de tal manera que para cada una haya otra opuesta, similar y paralela. El terciado de las hojas comprende consideraciones de grosor, clase de madera con respecto a su contracción y densidad, contenido de humedad al pegarla y el ángulo o dirección relativa de la fibra. En la madera contrachapada delgada, la calidad de cada una de las capas influye en la forma y permanencia de la forma final. En la madera contrachapada de 5 capas y con núcleo de madera aserrada, las bandas cruzadas influyen en la calidad y la estabilidad.

I . 2 . Usos de la madera en la construcción.

La madera es el material de construcción en ingeniería con más amplia utilización toda vez que su tonelaje de producción supera al de otros materiales como el concreto y el acero. Además el uso de la madera para carpintería y en construcción de casas, edificios y puentes etc. la madera también se utiliza para fabricar materiales compuestos tales como contrachapados, aglomerados y papel.

La madera es un material muy versátil para la construcción cuando se necesita un material de acabado que sea fuerte, durable, resistente al clima, fácil de trabajar, unir e instalar, aún en el campo; cuando se desea un material que ofrece gran variedad de colores, tipos de vetas y texturas; y cuando se requiere un material para marcos estructurales fuerte y liviano. Sin embargo algunas condiciones que hacen desfavorable el uso de la madera son como material resistente al fuego, a menos que se haya tratado especialmente para ello y sea acepado por los reglamentos gubernamentales vigentes y cuando el diseño requiera de áreas muy grandes y sin divisiones.

A continuación se presenta un listado de los principales usos de la madera en la construcción ordenados según el tipo y acabado de la madera.

ESTRUCTURAL:

1. Vigas, viguetas y vigas soportantes.
2. Listones y postes.
3. Vigas maestras.
4. Dinteles, planchas y vigas de amarre.
5. Armaduras.
6. Miembros estructurales laminados.

7. Cubiertas.
8. Pilotes.

SIN ACABADO:

1. Subpisos.
2. Cubiertas de muros y techos.
3. Forros, bloques y reglas maestras.
4. Durmientes y mamparas.
5. Bases de aplanados.
6. Puntales separadores y refuerzos transversales.
7. Bastidores gruesos de puertas y ventanas.
8. Largueros y soportes de escaleras.

ACABADO PARA EXTERIOR:

1. Molduras de vista para exterior.
2. Ripias o tejas, recubrimientos exteriores, tableros y travesaño.
3. Canales.
4. Fajillas o listones de vista, remates y molduras.
5. Escaleras y pasamanos.

ACABADO PARA INTERIOR:

1. Molduras de vista para interior.
2. Paneles.
3. Pisos.
4. Escaleras, peldaños y contrapeldaños.
5. Anaqueles.
6. Construcciones en interior (en el lugar de la obra).

FÁBRICA (ACABADO PREFABRICADO):

1. Puertas y puertas de mampara.
2. Ventanas, mamparas y contraventanas.
3. Molduras y vistas.
4. Escaleras y barandales.
5. Repisas de chimeneas.
6. Gabinetes.
7. Mesas en general
8. Muebles contruidos en obra.

I . 3 . Propiedades típicas de los plásticos.

El termino plástico como un material es esencialmente una clasificación comercial, a la que no se le puede aplicar una definición científica estricta y se emplea para definir un producto de origen sintético al que se le puede dar forma en estado fluido en una etapa de su fabricación.

Se llaman plásticos a aquellos productos artificiales obtenidos por vía de reacciones químicas a partir de materias primas no resinosas, de origen natural o sintético, y que una vez formados presentan ciertas condiciones privativas de las resinas naturales, tales como plasticidad, ductilidad y moldeabilidad, por cuyo motivo han sido calificadas con la denominación de resinas sintéticas.

Técnicamente los plásticos son sustancias de origen orgánico formadas por largas cadenas macromoleculares de estructura básica de carbono e hidrógeno y que se pueden moldear con procesos de transformación con calor y presión. Los plásticos son parte de la gran familia de los **Polímeros**, que de su origen latín significa muchas partes, de los cuales se derivan también otros productos como los adhesivos, recubrimientos y pinturas.

La plasticidad es la propiedad que presenta un material de ser susceptible a la deformación bajo una fuerza o presión que incida sobre su masa, manteniendo la última forma que resulte como consecuencia de tal acción en el momento en que cese la misma, es decir, que el material plástico no recupera su forma primitiva, a menos de que sea objeto de un nuevo proceso encaminado a tal fin. Los materiales designados corrientemente como plásticos sólo presentan propiedades plásticas durante cierto tiempo que coincide con una o varias etapas del proceso de elaboración industrial de las mismas. A pesar de esto, el nombre de plástico ha prevalecido y se adopta en el lenguaje comercial y profesional.

Las características comunes de todos los plásticos que los distingue de los demás materiales como la madera, metales, piel, vidrio y las resinas naturales son:

1. Tienen una estructura no cristalina.
2. No son conductores de la electricidad.
3. Conductividad del calor relativamente baja.
4. Resistencia a los ambientes químicos y corrosivos.
5. Bajas temperaturas de ablandamiento.
6. Se conforman fácilmente a formas complejas.
7. Muestran deformación aún después de que se retira una carga aplicada, esto se conoce como comportamiento viscoelástico.

La comercialización de los plásticos como productos de uso común, puede decirse que es posterior a la Segunda Guerra Mundial, aunque su desarrollo y propagación adquirió un notable impulso como consecuencia de la misma, por razones que son evidentes; las dificultades en el suministro de diversas materias primas que sufrieron las Naciones inmersas en el conflicto bélico, obligaron a que se aceleraran los estudios para encontrar substitutos, creando materiales artificiales cuyas características similares, y aún que podían mejorar las de aquellos productos naturales que escaseaban y a los que debían suplir.

La historia de los plásticos podría pensarse que comenzó a partir del segundo tercio del Siglo XX. Sin embargo, sustancias sintéticas se conocían de mucho antes. El desarrollo de los plásticos comenzó cuando se descubrió que las resinas naturales podían emplearse para elaborar objetos de uso práctico. Estas resinas como el betún, gutapercha, la goma laca y el ámbar, son extraídas de ciertos árboles, y ya se tiene referencias de que se utilizaban en Egipto, Babilonia, La India, China y Grecia. En América se conocía otro material utilizado por sus habitantes antes de la llegada de Colón, conocido como hule o caucho.

El hule y otras resinas presentaban algunos inconvenientes, por tanto su aplicación resultaba limitada. Sin embargo, después de muchos años de trabajos e investigaciones se llegaron a obtener resinas semisintéticas, mediante tratamientos físicos y químicos de resinas naturales. Se puede decir que la primera resina semisintética fue el hule vulcanizado, obtenida por Charles Goodyear en 1839 al hacer reaccionar azufre con la resina natural caliente. El producto obtenido resultó muy resistente a cambios de temperatura y a esfuerzos mecánicos.

A mediados del Siglo XIX, el inventor inglés Alexander Parkes obtuvo accidentalmente la nitrocelulosa, mediante la reacción de la celulosa con ácido nítrico y sulfúrico y la llamó *parkesina*, que con aceite de ricino se podía moldear. Sin embargo, debido a su flamabilidad, no tuvo éxito comercial.

Alrededor de 1860, en los Estados Unidos de América surgió el primer plástico de importancia comercial gracias a un concurso para encontrar un material que sustituyera al marfil en la fabricación de bolas de billar (en la época en que se utilizaba tanto marfil que se mataban 12 mil elefantes al año para cubrir la demanda). Casualmente los hermanos Hyatt trabajaban con el algodón tratado con ácido nítrico, siendo un producto muy peligroso que podía utilizarse como explosivo. Aprovechando la idea de Parkes, substituyeron el aceite de ricino por alcanfor y al producto obtenido le llamaron *celuloide*, el cual hizo posible la producción de varios artículos como peines, bolas de billar y películas fotográficas.

Otro plástico semisintético que tuvo buena aceptación comercial fue el que desarrollaron Krische y Spitteler en 1897, debido a la demanda de pizarrones blancos en las escuelas alemanas. Este material se fabricó a base de caseína, una

proteína extraída de la leche, al hacerla reaccionar con formaldehído. Su principal aplicaci3n fue en la elaboraci3n de botones.

En 1899 Leo H. Baekelan, descubri3 una resina considerada totalmente sint3tica, *la baquelita*, la cual se obtiene mediante la reacci3n del fenol con formaldehído. El nuevo producto aparecía como una sustancia resinosa, que por calentamiento adquiría una característica de plasticidad aprovechables para su moldeo. Pero en el fenómeno intervenía una propiedad de suma importancia, desconocida hasta entonces. La forma definitiva se lograba por el calor aplicado de forma continua, mientras la masa permanecía en el interior de un molde. Algo así como lo que se hace en la industria cerámica para cocer las piezas de arcilla. Una vez enfriado, el producto se presentaba como un material de gran dureza y extraordinaria tenacidad y resistencia, que ya no podía volver a su primitivo estado plástico.

Aunque en el Siglo XIX se observ3 en diversos laboratorios que, por acci3n de la luz o del calor, muchas sustancias simples, gaseosas o líquidas se convertían en compuestos viscosos o incluso s3lidos, nunca se imagin3 el alcance que tendrían estos cambios como nuevas vías de obtenci3n de los plásticos.

El Siglo XX puede considerarse como el inicio de "La Era del Plástico", ya que en esta época la obtenci3n y comercializaci3n de los plásticos sintéticos ha sido continuamente incrementada y el registro de patentes se presenta en un número creciente. La consecuci3n de los plásticos sintéticos se origin3 de la Química Orgánica que se encontraba en pleno auge.

En 1907 sali3 al mercado la resina fen3lica baquelita, mientras que Staudinger trabajaba en la fabricaci3n del poliestireno y Otto Rhom enfocaba sus estudios al acrílico, que para 1930 ya se producían industrialmente.

Por su parte el PVC, aunque había sido sintetizado desde 1872 por Bauman, fue hasta 1920 cuando Waldo Semon, mezclándolo con otros compuestos obtuvo una masa parecida al caucho, iniciándose así la comercializaci3n del PVC en 1938.

El químico Herman Staudinger, premio Nobel el 1953 con sus trabajos revolucionarios iniciados en 1920, demostr3 que muchos productos naturales y todos los plásticos, contienen macromoléculas. Este descubrimiento hizo que se considerara como el padre de los plásticos.

Muchos laboratorios de universidades y grandes industrias químicas concentraron sus esfuerzos en el desarrollo de nuevos plásticos, aprendiendo técnicas para encausar y dirigir casi a voluntad las reacciones químicas.

Entre los años 1930 y 1950, debido a la Segunda Guerra Mundial surge la necesidad de desarrollar nuevos materiales que cumplan con mejores propiedades, mayor resistencia, menor costo y que substituyeran a otros que escaseaban. En este período, cuando surgieron plásticos como el nylon, polietileno de baja densidad y el teflón en un sector de gran volumen, la industria química adquirió el papel de suministrador importante de materiales.

Otro momento exitoso dentro de la historia de los plásticos fue en 1952 cuando K. Ziegler, premio Nobel en 1964 junto con G. Natta, descubren que el etileno en fase gaseosa resultaba muy lento para reaccionar. Ambos logran su polimerización de manera más rápida por contacto con determinadas sustancias catalizadoras a presión normal y temperatura baja. Por su parte Natta descubrió en 1954 que estos catalizadores y otros similares daban lugar a las macromoléculas de los plásticos con un alto ordenamiento.

La década de los sesenta se distinguió porque se lograron fabricar algunos plásticos mediante nuevos procesos, aumentando de manera considerable el número de materiales disponibles. Dentro de este grupo destacan las llamadas resinas reactivas como las resinas epoxi, poliésteres insaturados, y principalmente poliuretanos, que generalmente se suministran en forma líquida, requiriendo el uso de métodos de transformación especiales.

En los años siguientes, es desarrollo se enfocó a la investigación química sistemática, con atención especial a la modificación de plásticos mediante espumación, cambios de estructura química, copolimerización, mezcla con otros polímeros y con elementos de carga y de refuerzo.

En los años setentas y ochentas se inició la producción de plásticos de altas propiedades como las polisulfonas, poliariletercetonas y polímeros de cristal líquido. Algunas investigaciones en este campo siguen abiertas.

Las tendencias actuales van enfocadas al desarrollo de catalizadores para mejorar las propiedades de los materiales y la investigación de las mezclas y aleaciones de polímeros con el fin de combinar las propiedades de los ya existentes. Sin mencionar que los usos de estos materiales cada vez es más amplio y se le encuentran más aplicaciones, como es el objetivo del presente trabajo.

En la época actual resultaría difícil imaginar que alguno de los sectores de nuestra vida diaria, de la económica o de la técnica, pudiera prescindir de los plásticos. Sólo basta con observar a nuestro alrededor y analizar cuantos objetos son de plástico para visualizar la importancia económica que tienen estos materiales. Dicha importancia se refleja en los índices de crecimiento que, mantenidos a lo largo de algunos años desde principio de siglo, superan a casi todas las demás actividades industriales y en grupos de materiales. En 1990 la

producción mundial de plásticos alcanzó los 100 millones de toneladas y para el año 2000 llegará a 160 millones.

En la siguiente figura se observa que el consumo de plásticos sólo se encuentra por abajo del consumo del hierro y acero, pero debe tomarse en cuenta que estos tienen una densidad entre seis y siete veces mayor a la de los plásticos. Por esta razón, el volumen producido de plásticos fue mayor al del acero. Los plásticos seguirán creciendo en consumo, pues están abarcando mercados del vidrio, papel, metal y madera debido a sus buenas propiedades y su relación costo beneficio.

Con base en los datos, México debe cambiar para ya no ser sólo un exportador de petróleo. Aunque este recurso es un buen negocio en el presente, si se le da un valor agregado, se convierte en un negocio más interesante. Actualmente, México es el cuarto productor mundial de petróleo, con alrededor de un millón de barriles diarios. Esta producción podría alcanzar mayores utilidades convirtiéndose en productos petroquímicos y plásticos. Es decir, al invertir un millón de pesos en la extracción de petróleo se obtienen 800 mil pesos de utilidad. Invertir esa misma cantidad en petroquímicos genera 1.2 millones y al hacerlo en la transformación de plásticos se obtienen 15 millones de pesos. Esta es una de las razones del porqué los países industrializados, a pesar de no contar con petróleo tienen altos ingresos de divisas.

Además, dentro de los petroquímicos, las fibras y las resinas sintéticas representan el mayor valor económico en México, comparado con el volumen de fertilizantes, donde su costo de producción es muy alto y su utilidad muy baja.

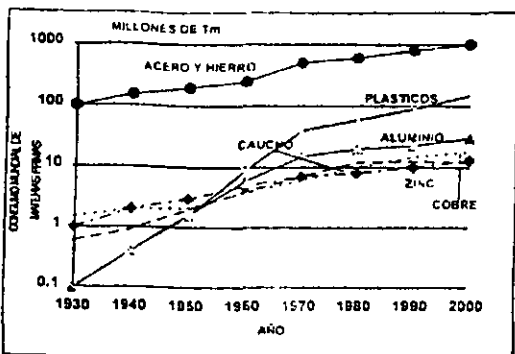


Figura 1-1 Consumo Mundial de Materias Básicas.

Figura I . 5. Consumo mundial de materias básicas.



Figura 1-2 Valor Económico de Productos Petroquímicos.

Figura I . 6. Valor económico de productos petroquímicos.

Ya que tenemos un panorama más amplio de la gran familia de los plásticos, podemos comenzar a dar una descripción científica y tecnológica de estos materiales.

Como ya se ha mencionado, las materias plásticas obtenidas a partir de materias primas no resinosas, son conocidas con el nombre de resinas sintéticas, por que han sido consecuencia de un proceso químico de síntesis. Este proceso resulta de una serie de reacciones que operan sobre las moléculas componentes, para que logren alcanzar un alto peso molecular, ya que tal estado es indispensable para que se presenten las propiedades plásticas, puede decirse que ese peso molecular se incrementará proporcionalmente a la progresión de estas reacciones. Como resultado se obtendrán las llamadas macromoléculas, que no son otra cosa que moléculas gigantes integradas por millones de moléculas simples unidas entre sí.

Dentro de la química que estudia estos fenómenos, reciben el nombre de monómeros aquellas sustancias compuestas por moléculas simples y elementales, capaces de unirse entre sí para crear polímeros. Por tanto, un polímero es una multimolécula compuesta por el encadenamiento o enlace de muchos monómeros, de naturaleza molecular iguales o distintas, de acuerdo con un orden determinado. En el primer caso, serán polímeros homogéneos, y en el segundo, mixtos.

El proceso macromolecular por el que resulta la formación de un polímero se conoce como polimerización, así por ejemplo tenemos que el etileno es un monómero, a partir del cual se puede obtener el polímero polietileno. Un copolímero o interpolímero es el nombre que se aplica para designar el polímero formado por polimerización de dos o más monómeros distintos cuya mezcla molecular constituirá una materia plástica. El acetato de polivinilo, el cloruro de polivinilo o PVC, son ejemplos de copolímeros en los que su estructura molecular está formada por el enlace de las respectivas moléculas que corresponden a sus componentes.

Las moléculas de los polímeros y copolímeros se caracterizan por el hecho de que están formadas por largas cadenas de átomos unidos entre sí. Tales agrupaciones, en las que intervienen miles de unidades básicas, son las que confieren precisamente a los productos plásticos sus propiedades especiales.

Las cadenas que integran la estructura molecular de un plástico, resultantes de la unión de los polímeros por enlaces químicos, están entrecruzadas, mezcladas para crear una especie de malla que se denomina encadenamiento molecular. A temperaturas normales, la red encadenada evita el libre movimiento de las moléculas, las cuales quedan como fijas y por consiguiente, el producto aparece como una masa sólida, dura y rígida. Pero sometido a la acción del calor, esta disposición puede alterarse ejerciendo una presión constante, tal como ocurre en el caso de la operación de moldes. Como consecuencia de ambas fuerzas combinadas, el calor y la presión, las cadenas moleculares tienden a cambiar de forma para adaptarse a la nueva que se le obliga a tomar.

Si es un termoplástico típico, al cesar el calor y enfriarse, las moléculas volverán a formar un encadenado fijo de acuerdo con la combinación que el molde les haya determinado adoptar. Pero en el momento en que vuelvan a ser sometidas a calentamiento, las moléculas tornarán a desenredarse y a moverse de acuerdo con la fuerza de tensión o compresión que actúe sobre ellas. Cuando el plástico sea termoestable, bajo la acción del calentamiento continuo, sus moléculas son afectadas por una reacción química que las fija en una forma final que ya no puede ser modificada.

La materia prima más importante para la fabricación de plásticos es el petróleo, ya que de él se derivan los productos que originan diferentes tipos de

plásticos. Es importante mencionar que también otras materias primas para la fabricación de plásticos son algunas sustancias naturales como la madera y el algodón de donde se obtiene la celulosa, así como otros plásticos se obtienen del carbón y el gas natural. Todas las materias primas mencionadas tienen en común el hecho de contener carbono C e hidrógeno H, también pueden estar presentes el oxígeno O, nitrógeno N, azufre S y el cloro Cl.

En general, se considera al etileno, propileno y butadieno como materias primas básicas para la fabricación de una extensa variedad de monómeros, que son la base de todos los plásticos.

Los polímeros son el resultado de la modificación de productos naturales, o bien, de reacciones de síntesis partiendo de las materias primas más elementales. Son reacciones químicas llevadas a cabo con un catalizador, calor o luz, en las cuales dos o más moléculas relativamente sencillas (monómeros) se combinan para producir moléculas muy grandes, que se les llama polimerización. Los plásticos se obtienen generalmente por vías sintéticas, las principales son tres:

1. **Polimerización por radicales libres:** este tipo de reacciones el doble enlace entre los átomos de carbono juega un papel decisivo, ya que el proceso consiste en el acoplamiento de monómeros, mediante la abertura de sus dobles enlaces y la consiguiente unión de eslabones individuales para formar cadenas, sin que el proceso desprenda algún producto secundario.
2. **Policondensación:** durante las reacciones de este tipo se pierden moléculas de agua. Este tipo de pérdida se conoce como condensación, de donde deriva el nombre de este proceso. Para que se lleve a cabo es necesaria la participación de moléculas que posean dos grupos funcionales. La formación del enlace entre dos moléculas tiene lugar solo cuando existen dos grupos funcionales que reaccionan perdiendo partes de sí mismos y se "condensan" en forma de agua.
3. **Poliadición:** la reacción de la poliadición transcurre de manera análoga a la policondensación, la diferencia radica en que no se produce la pérdida de moléculas, sino que el átomo de hidrógeno migra desde un grupo funcional a otro. Para la formación de un enlace por adición, los monómeros tienen que ser por lo menos bifuncionales. La poliadición tiene algunas ventajas sobre las reacciones anteriores como son la rapidez, la buena eficiencia y la ausencia de subproductos.

Existen cuatro métodos para la fabricación de polímeros:

1. **Polimerización en masa:** en este método se hace reaccionar el monómero puro con aditivos en un reactor. El calor de reacción hace generalmente que el polímero se mantenga en estado líquido fundido, normalmente a muy altas temperaturas, por lo que se hace necesario refrigerar. Este tipo de

- polimerización exige una gran vigilancia en el control de temperatura y se recomienda cuando se requieren polímeros especiales de alta pureza y calidad.
2. **Polimerización en solución:** en este caso el monómero se diluye en un solvente con el catalizador. Debido a que la recuperación del solvente es limitada, el procedimiento resulta caro y únicamente se recomienda cuando no se desean materias sólidas, sino solo diluciones. En este proceso la temperatura puede elevarse mucho por lo que es necesario un reactor con agitación. Cuando se ha llevado a cabo la reacción, el producto de la polimerización se precipita formando un polvo fino que se puede aislar cuando se evapora el solvente.
 3. **Polimerización en suspensión:** con este método se obtiene un producto de alta calidad. Aquí se mezclan el monómero y el iniciador dispersándose en agua mediante un sistema de agitación que mantiene la suspensión durante la reacción. De este modo también se controla la temperatura y el producto obtenido tiene la apariencia de perlas pequeñas.
 4. **Polimerización en emulsión:** en este caso, el monómero finamente dividido se emulsiona en agua o en otro líquido dispersante. Cuando se opera una gran cantidad de agua, a la que se ha adicionado el monómero junto con un aditivo emulsionante, puede controlarse muy bien la temperatura. El desarrollo de la reacción es mucho más rápido que en los demás tipos de polimerización y se pueden obtener polímeros de mayor peso molecular.

En dichos procesos pueden intervenir los llamados aditivos, singularmente plastificantes, aceleradores, catalizadores y endurecedores.

- Se llaman plastificantes a ciertas sustancias que sirven para aumentar la plasticidad de un polímero. La acción de un plastificante corresponde a una etapa previa en solución de un polímero en un solvente.
- Un acelerador es un aditivo que tiene la misión de activar la velocidad normal de una reacción.
- El catalizador tiene parecida función, aunque no toma parte, al menos aparentemente, en la reacción que se produce.
- Un endurecedor es la sustancia que se utiliza para ayudar al proceso del curado de un plástico.

Se llama curado de un plástico al proceso de fraguado del mismo, por el que un material plástico pierde su plasticidad para volverse rígido.

Por todo lo que se ha descrito de los plásticos hasta este momento resulta evidente que se puede tener una gran variedad, dependiendo de la amplia gama de compuestos a partir de los cuales pueden ser formados, de los distintos procesos de elaboración, que básicamente se refiere a la petroquímica básica, y a los distintos aditivos que se pueden utilizar. Así tendremos diferentes tipos de plásticos con diferentes propiedades que determinarán sus aplicaciones finales, por tanto se ha tratado de clasificar a los plásticos en diferentes formas.

Podemos clasificar a los plásticos basándonos en el hecho de que las nuevas materias plásticas sean procedentes de la transformación de otros productos naturales o enteramente sintéticos, sin embargo la clasificación más aceptada técnicamente es aquella que los ordena de acuerdo con su estructura y sistema de enlace, que tiene que ver también con el comportamiento con respecto a la temperatura, así pueden distinguirse tres grandes grupos, termoplásticos, termoestables o termofijos y elastómeros.

TERMOPLÁSTICOS.

En esta clasificación se incluyen los polímeros como el polietileno, el PVC y el polipropileno. Consisten en macromoléculas lineales o ramificadas unidas unas con otras mediante fuerzas intermoleculares. Los termoplásticos se caracterizan por transformarse de sólido a líquido y viceversa por acción del calor, se disuelven o por lo menos se hinchan al contacto con solventes.

En estado sólido pueden deformarse permanentemente después de aplicar una fuerza. Esto se debe a que sus macromoléculas están libres o sueltas unas de otras y pueden deslizarse entre sí ante la aplicación de calor. A temperatura ambiente pueden ser blandos o duros, frágiles y rígidos. Su comportamiento se deriva de la misma estructura molecular, ya que las moléculas tienen forma de cadena abierta o de hilos.

La capacidad de los termoplásticos de reblandecerse o fundirse tiene sus ventajas y desventajas. Por ejemplo, pueden moldearse por calor, es decir, una lámina o un tubo pueden pasar a un estado elástico, similar al de la goma blanda, y adquirir nueva forma después de enfriarla en un molde. Además, los termoplásticos pueden soldarse y sus desechos son reciclables.

Las desventajas consisten en que el reblandecimiento provocado por el calor limita en gran manera sus temperaturas de uso, sobre todo cuando se someten a la acción simultánea de fuerzas mecánicas.

En teoría las resinas termoplásticas son recuperables indefinidamente, ya que pueden repetir el proceso cuantas veces se quiera, ya que los repetidos calentamientos no le harán perder nunca su plasticidad. Sin embargo, el envejecimiento de los materiales que afecta a la estabilidad de los mismos, impone un límite a una repetida transformación.

Los termoplásticos se subdividen en amorfos y semicristalinos. Los termoplásticos amorfos se caracterizan porque sus moléculas filamentosas y ramificadas están en completo desorden, este arreglo molecular permite el paso de la luz, razón por la cual los plásticos amorfos son transparentes o translúcidos generalmente. El orden molecular de los plásticos semicristalinos es relativamente

bueno, se aprecia cierto paralelismo de los filamentos moleculares y ramificaciones más cortas. El ordenamiento en los tramos de macromoléculas paralelas equivale al ordenamiento de átomos o moléculas en forma de cristales, los cuales se oponen al paso de la luz provocando una apariencia lechosa o translúcida.



Figura I . 7. Modelo estructural de un termoplástico amorfo.



Figura I . 8. Modelo estructural de un termoplástico semicristalino.

TERMOESTABLES O TERMOFIJOS.

Los plásticos que se mantienen rígidos y sólidos a temperaturas elevadas se denominan termoestables. se obtienen por reticulación de productos líquidos de bajo peso molecular. Están reticulados en todas direcciones y debido a su estructura no son moldeables plásticamente, son infusibles y resisten altas temperaturas, no pueden ser disueltos y muy raramente se hinchan. A temperatura ambiente, los materiales termoestables generalmente son duros y frágiles. Debido a que no se funden no son reciclables.



Figura I . 9. Modelo estructural de un termoestable.

ELASTÓMEROS.

Los elastómeros son materiales elásticos que recuperan casi totalmente su forma original después de liberar una fuerza sobre ellos. Son insolubles y no pueden fundirse mediante la aplicación de calor, es decir, pueden descomponerse químicamente cuando se calientan más allá de su temperatura máxima de servicio. El comportamiento de estos materiales se debe a que las macromoléculas de estos, en contraste con los termoplásticos están entrecruzadas por enlaces químicos.

Los elastómeros se producen a partir de formulaciones que incluyen gran variedad de ingredientes que se mezclan para formar un compuesto, que generalmente, son masas viscosas y pegajosas que es el elastómero sin curar.

Durante la vulcanización o reticulación, las cadenas moleculares del polímero se unen mediante enlaces químicos amplios. El desperdicio de los productos reticulados, en términos prácticos, no puede ser reciclado.

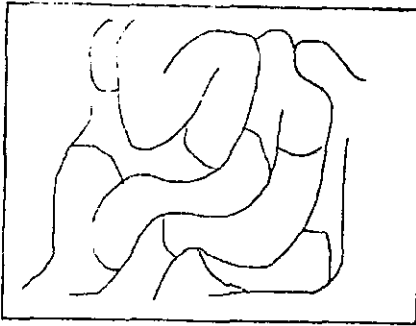


Figura I-6 Modelo Estructural de un Elastómero.

Figura I . 10. Modelo estructural de un elastómero.

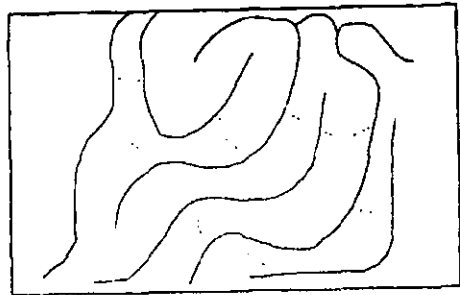


Figura I-7 Modelo Estructural de Elastómero Termoplástico

Figura I . 11. Modelo estructural de un elastómero termoplástico.

También hay otro grupo de plásticos que son los elastómeros termoplásticos que combina las propiedades de los elastómeros con las posibilidades de transformación de los termoplásticos. Son copolímeros y aleaciones entre polímeros que poseen propiedades elásticas dentro de cierto rango de temperatura.

Las propiedades elásticas se deben a la existencia de enlaces físicos provocados por fuerzas intermoleculares secundarias, tales como uniones de hidrógeno. Cuando se calientan arriba de ciertos rangos de temperatura los enlaces intermoleculares desaparecen y se restituyen inmediatamente después de que se enfrían para desarrollar sus propiedades elastoméricas.

Los elastómeros termoplásticos llenan un hueco entre los polímeros termoplásticos y los elastómeros reticulares. Pueden ser procesados en incluso reciclados de manera similar a los materiales termoplásticos, sin necesidad de vulcanización.

Otra propiedad que debemos mencionar dentro de la clasificación de los plásticos es la polaridad de los compuestos orgánicos que se debe al desplazamiento de los electrones compartidos entre los átomos de dos distintos elementos que constituyen a la molécula, debido principalmente a las diferencias de número atómico. El par de electrones compartido es atraído con mayor fuerza por el átomo que presente mayor carga en el núcleo. A medida que aumenta la polaridad, aumentan también los valores de las propiedades como resistencia mecánica, dureza, rigidez, resistencia a la deformación por calor, absorción de agua y humedad, resistencia a los solventes y aceites minerales, permeabilidad al vapor de agua, adherencia sobre piezas metálicas y la cristalinidad.

Por otro lado cuando la polaridad aumenta, disminuyen las propiedades de dilatación térmica, poder de aislamiento eléctrico, la tendencia a acumular cargas electrostáticas, la permeabilidad a gases no polares como O_2 , N_2 , y CO_2 .

Ejemplos de esta clasificación son:

- *Alta polaridad:* poliamidas, poliuretanos, ésteres de celulosa, polifloruro de vinilo y plásticos termofijos.
- *Polaridad media:* estireno, PVC y sus copolímeros, termoplásticos tipo ester, poliamidas.
- *Polaridad baja:* copolímeros de etileno y ésteres insaturados, polioxido de fenileno.
- *No polares:* polietileno, polipropileno y poliestireno.

Aunque resulta un poco subjetiva, la clasificación por consumo agrupa a los plásticos de acuerdo a su importancia comercial y sus aplicaciones en el mercado. En el siguiente esquema se muestra una pirámide, según esta clasificación: en la base se encuentran los plásticos de mayor consumo, denominados comodites, seguidos de los versátiles, técnicos y especialidades.

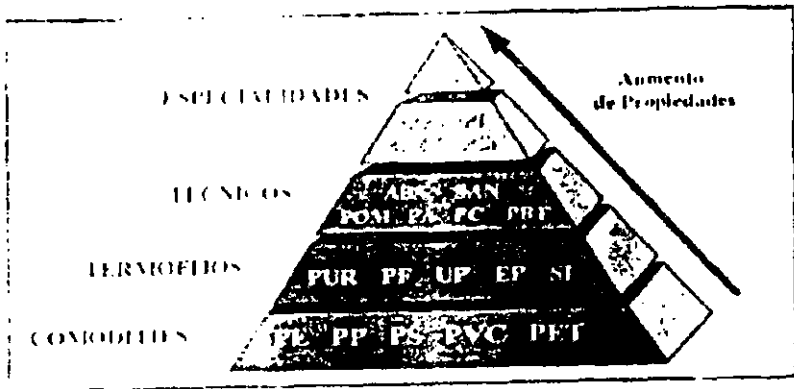


Figura 1-8 Clasificación por Consumo de Plásticos.

Figura I . 12. Clasificación por consumo de plásticos.

- **Comodites:** los plásticos más utilizados que tienen buenas, aunque no sobresalientes propiedades y su precio es de un nivel moderado, aquí se incluye el polietileno, PVC, polipropileno, poliestireno y PET.
- **Versátiles:** este grupo de plásticos intermedio en consumo se caracteriza por requerir alta creatividad para el diseño de productos, principalmente en aspectos de apariencia, color y forma. Se incluye el acrílico, poliuretano, y el grupo de plásticos termoestables como el silicón, resinas poliéster y epóxicas.
- **Técnicos o de ingeniería:** presentan un alto desempeño funcional con un excelente conjunto de propiedades tales como la resistencia mecánica y límites de temperatura elevados. Estos son además significativamente más caros y este grupo incluyen a las poliamidas, poliacetales, policarbonato y poliéster termoplástico.
- **Especialidades:** los polímeros denominados como especialidades normalmente son asociados con una o más propiedades sobresalientes, por ejemplo bajo índice de fricción, elevada resistencia dieléctrica y sobre todo un elevado precio por lo que ocupan el menor porcentaje en el consumo global de plásticos.

La industria consumidora de plástico ha planeado sus propias demandas de la calidad a los fabricantes de piezas de plástico. Tales demandas de calidad pueden ser de resistencia al impacto, a la deformación por calor, estabilidad dimensional, valores de aislamiento eléctrico, resistencia química, a la intemperie, retardancia a la flama, procesabilidad y especialmente el precio. Para cumplir con estas exigencias los fabricantes de resinas y los transformadores disponen de diferentes alternativas:

- **Modificación química:** de manera general, las reacciones de síntesis utilizadas para producir los polímeros pueden ser dirigidas casi a voluntad, con esto se pueden controlar los parámetros más importantes de las

macromoléculas como la longitud de las cadenas, la distribución del peso molecular, el grado de ramificación y la cristalinidad, los cuales inciden directamente en el comportamiento físico, químico y de procesamiento de los plásticos obtenidos por síntesis. Otras modificaciones químicas se pueden lograr mediante reacciones químicas que alteran la estructura de un polímero y por lo tanto sus propiedades, ejemplos de estas modificaciones son las reticulaciones, la cloración, la fluoración y la sulfonación de superficies plásticas.

- **Modificación física:** una de este tipo de modificaciones para los plásticos es la fabricación de mezclas entre distintos polímeros. La mezcla es conocida en el mercado como "blend o aleación" de polímeros. Es frecuente que la mezcla esté formada por componentes incompatibles, es decir varias fases. Para que la mezcla sea coherente y más o menos homogénea se agregan compatibilizadores. Puede suceder que las mezclas de polímeros tengan propiedades especiales que ninguno de sus componentes posea y generalmente se buscan resultados de sinergia. Otros procesos de modificación física se puede lograr mediante un proceso de "orientación" y el "estirado"; algunos productos de plástico como láminas, película o cuerpos huecos como botellas sopladadas, se someten a un estiramiento durante el proceso de fabricación, aplicándoles fuerza cuyo efecto consiste en el alineamiento de las macromoléculas en estado termoelástico, preferentemente en la misma dirección del estiraje, con esta operación se aumenta la resistencia mecánica, la transparencia y la barrera a los gases.
- **Modificación con aditivos:** el hecho de incorporar aditivos antes de la transformación de los plásticos, es una práctica necesaria. En realidad un plástico es un polímero en conjunto con pequeñas cantidades de otras sustancias como son catalizadores y emulsificantes. Posteriormente es necesario utilizar aditivos que tienen el objetivo de mejorar sus propiedades y facilitar su transformación. Las funciones de los aditivos y la cantidad de éstos es muy grande, y en la actualidad juegan un papel muy importante para que los productos terminados de plástico cumplan con las especificaciones que el mercado demanda.

Ya es tiempo de ocuparnos directamente de las propiedades de los plásticos y ampliar la descripción con la que empezamos el subcapítulo.

La estructura interna de los plásticos determina sus propiedades fundamentales, por ejemplo los plásticos son malos conductores del calor y de la electricidad, es decir son aislantes y esto se debe a que sus enlaces son pares de electrones que ya no disponen de ningún electrón libre como los metales. Además tienen densidades más bajas debido a que su estructura es más "suelta" y una serie de características que se analizarán a continuación.

PROPIEDADES MECÁNICAS.

Al comparar la estructura de un metal con la de un plástico, podemos observar que el metal presenta una estructura más compacta y que las fuerzas de unión son distintas a las existentes en los plásticos. La diferencia es que los plásticos tienen una estructura molecular y los metales un atómica. Por esta razón, los plásticos presentan una resistencia mecánica relativamente menor, un módulo de elasticidad menor, dependencia de las propiedades mecánicas con respecto al tiempo, dependencia de la temperatura principalmente los termoplásticos, gran sensibilidad al impacto aunque en este punto existen grandes diferencias desde los quebradizos como un poliestireno hasta un resistente policarbonato.

Los termoestables, debido a sus reticulaciones, carecen de deslizamiento interior y a eso le deben ser básicamente más quebradizos que los termoplásticos.

Por su parte algunos termoplásticos como el polipropileno, el nylon, el polietileno y los poliésteres lineales, pueden someterse al estirado, con lo cual las moléculas se orientan en la dirección del estirado. La fuerza del enlace de valencias se deja notar en este fenómeno, lo cual se manifiesta en una extraordinaria resistencia.

El comportamiento de deformación y recuperación interna de los plásticos le confiere una gran propiedad llamada memoria.

Por otra parte, el comportamiento de los plásticos reforzados, varía en función de la cantidad, tipo de cargas y materiales que contienen.

PROPIEDADES TÉRMICAS.

Como otras propiedades, el comportamiento térmico de los plásticos también es función de su estructura; los plásticos termofijos son quebradizos a lo largo de todo el intervalo de temperaturas, no reblandecen y no se funden; un poco por debajo de su temperatura de descomposición se observa una pérdida de rigidez.

Los termoplásticos se vuelven quebradizos a bajas temperaturas que son específicas para cada uno de ellos. Si la temperatura aumenta, se produce un descenso constante del módulo de elasticidad, es decir disminuye la rigidez.

Al aplicar calor continuo a los termoplásticos amorfos, sufren un reblandecimiento, es decir, la transición a un estado termoelástico. En esta zona, con pequeñas fuerzas se provocan grandes deformaciones, si se sigue calentando se incrementa la movilidad térmica de las moléculas provocando que las cadenas puedan deslizarse unas con otras. Esta zona se limita con la temperatura de descomposición.

Los termoplásticos semicristalinos poseen fragmentos amorfos (flexibles) en el intervalo de temperaturas de uso así como cristalinos (rígidos). Al aumentar la temperatura es posible moldearlos cuando los fragmentos cristalinos alcanzan el intervalo de la temperatura de fusión. Inmediatamente sigue el estado termoplástico y al seguir aumentando la temperatura, este estado se caracteriza por la transparencia que adopta el plástico antes opaco. Esta zona limita la temperatura de descomposición.

Por su misma estructura, sufren una dilatación volumétrica relativamente grande con el aumento de la temperatura. En los plásticos reforzados esta dilatación es menor, y está en función del tipo y cantidad del material de refuerzo.

Como ya se mencionó, los electrones de los plásticos carecen de movilidad, por esto, son materiales con una conductividad térmica baja, siendo aislantes térmicos.

PROPIEDADES ELÉCTRICAS.

Ya que los plásticos no disponen de electrones libres móviles, tiene un buen comportamiento como aislantes, es frecuente utilizarlos en la industria eléctrica y electrónica, por ejemplo para carcazas aislantes como enchufes, recubrimiento de cable y alambre, principalmente. Por todo eso, son importantes las siguientes propiedades eléctricas:

- Resistencia superficial.
- Resistencia transversal.
- Propiedades dieléctricas.
- Resistencia volumétrica.
- Resistencia al arco.

PROPIEDADES QUÍMICAS.

En términos generales, por ser los plásticos materiales inertes (no reactivos) frente a la mayoría de las sustancias líquidas, sólidas y gaseosas comunes, muestran mejores propiedades químicas que los materiales tradicionales como papel, madera, cartón y metales, siendo superados únicamente por el vidrio.

Sin embargo, los plásticos continúan mostrando crecimientos en aplicaciones que requieren contacto con diversos tipos de solventes y materiales corrosivos, aún en los que anteriormente se utilizaba el vidrio, donde lo más importante es seleccionar el tipo de plástico ideal, tomando en cuenta las condiciones de presión, temperatura, humedad, intemperismo y otras que puedan acelerar algún proceso de disolución o degradación.

ABSORCIÓN DE HUMEDAD.

Esta propiedad es distinta para los diferentes tipos de plásticos, consiste en la absorción de la humedad presente en el aire o por la inmersión en agua, siendo dependiente del grado de polaridad de cada plástico. Por ejemplo los plásticos no polares absorben muy poca agua; en cambio los plásticos polares como las poliamidas o los poliésteres termoplásticos, absorben gran cantidad de ella; en el caso de estos plásticos se requiere de secado antes de procesarlos y de un acondicionamiento en las piezas recién inyectadas para que alcancen un grado de humedad determinado. En estos materiales el porcentaje de humedad afecta las propiedades finales de las piezas fabricadas.

PERMEABILIDAD.

Es una propiedad que tiene gran importancia en la utilización de los plásticos del sector envase, por ejemplo, en láminas, películas y botellas.

La permeabilidad frente a gases y vapor de agua es un criterio esencial para la selección del tipo de material, según el producto a envasar: alimentos, frutas frescas, bebidas carbonatadas, embutidos y otros. Además del tipo de plástico, la permeabilidad también depende del grosor y de la temperatura.

En la mayoría de los casos, se requieren que los materiales plásticos eviten el paso de determinados gases como el dióxido de carbono, el vapor de agua, entre otros, pero también se encuentran casos en los que es importante que se permita el paso de oxígeno en el caso de legumbres y carnes frías, que requieren respirar para conservar su buena apariencia.

FRICCIÓN Y DESGASTE.

El comportamiento de los plásticos ante la fricción es muy complejo, se caracteriza por la interacción de los materiales involucrados en el fenómeno, la estructura superficial, el lubricante, la carga específica y la velocidad de desplazamiento. Una aplicación típica son los rodamientos, los más importantes están formados por el par plástico acero.

Un fenómeno a considerar en este caso es el desprendimiento del calor a través del elemento metálico, por esta razón sólo tienen sentido los datos de coeficientes de fricción referidos a pares de materiales específicos.

Los plásticos tienen otras propiedades que son específicas de cada grupo y familia que tienen que ver con sus componentes y su estructura, más adelante describiremos las propiedades de cada plástico que tienen aplicación dentro de la industria de la construcción y otros que son candidatos a una mayor explotación.

Existe una gran variedad de procedimientos de transformación de plásticos, cada uno de los cuales es resultado de la adaptación a las necesidades concretas de cada material y de las piezas que se desean obtener. Los polímeros termoplásticos se presentan en diversas formas:

- Polvos 1 a 100 μm
- Pastas
- Pellets: (3mm aproximadamente) cubos, lentejas, cilindros.
- Aglomerados
- Granulados.

Ciertos procesos requieren formas específicas de la materia prima y en algunos casos, el manejo, almacenamiento y sistemas de alimentación y dosificación son las que determinan la elección.

Las resinas termoestables en forma de polvos se abastecen comúnmente en sacos, las pastas y resinas líquidas en tambores y carros tanque. Los elastómeros se venden en forma de bloques para formular compuestos. Algunos son pastas y otros se presentan en forma de escamas.

I . 4 . Usos de los plásticos en la construcción.

En este capítulo se incluye información sobre los principales plásticos que han alcanzado importancia comercial y son aplicados en la industria de la construcción o son materiales potenciales para aprovechar sus propiedades en este campo.

El análisis está dividido en dos partes principales: termoplásticos y termoestables. Así mismo, los diferentes tipos de plásticos están agrupados en familias para cada polímero o sistema de resinas, se proporciona además, información sobre la estructura química esencial, destacando algunas consideraciones generales de sus propiedades y su mercado en México.

TERMOPLÁSTICOS.

En forma general un termoplástico es un material sólido que posee gran elasticidad a temperatura ambiente y que se convierte en un líquido viscoso a temperaturas superiores; el cambio puede ser reversible. Debido a su alto peso molecular, los polímeros nunca se convierten en fluidos ligeros (de baja viscosidad).

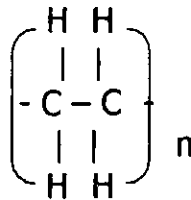
Poliolefinas: este grupo está formado por los plásticos más importantes a nivel comercial y su fórmula química consiste en átomos de carbono y e hidrógeno exclusivamente, sin presencia de estructuras anulares.

Polietileno PE: es el plástico que ocupa el primer lugar en volumen de consumo nacional y mundial. Su temperatura de fusión se encuentra entre 110 y 135 ° C. los polietilenos se clasifican según su densidad que es un buen indicador del nivel de cristalinidad, el cual a su vez afecta en forma directa muchas propiedades, tales como la tenacidad, permeabilidad a gases y resistencia a grasas. Para su transformación y uso es importante considerar que se pueden utilizar numerosos aditivos para cambiar considerablemente algunas de las propiedades de los PE.

El polietileno de baja densidad LDPE tiene una estructura ramificada y es amorfo, se comporta como un material altamente flexible y su apariencia natural es translúcida. Flota en agua, con densidad en el rango de 0.91 y 0.925 g / cm³.

Sus principales aplicaciones son las bolsas y películas de empaque, tuberías, recubrimiento de alambre y cable, juguetes y tapas.

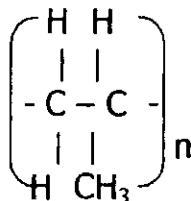
En cambio, el de alta densidad HDPE es cristalino y presenta una menor flexibilidad debido a su mayor peso molecular, por lo que se clasifica como un plástico semi rígido. Su rango de densidad es de 0.941 a 0.965 g / cm³. Los artículos fabricados con HDPE son enseres domésticos como cubetas, recipientes de cocina, botellas de variados usos, desde jugos hasta productos químicos, así como cajas de refrescos, tarimas, juguetes, tapas y tubería para conducción de líquidos a alta presión.



Polipropileno PP: es otro de los plásticos de alto consumo y en muchos aspectos es como el polietileno de alta densidad. Su elevado punto de fusión de 175 ° C proporciona una mejor resistencia térmica que permite su uso en productos que requieren esterilización como las jeringas o envases para alimentos. Presenta una densidad menor de 0.89 a 0.91 g / cm³. En contraste con el PE, no existe variación significativa en la tendencia a la cristalización entre los distintos grados.

En general el PP presenta excelente resistencia química, es sensible a la degradación por oxidación con calor, pero puede protegerse con aditivos. Presenta una moderada rigidez y tenacidad por lo que se clasifica como un plástico semi rígido. Si resistencia a la abrasión es buena en comparación con el PE.

Las aplicaciones más importantes del polipropileno son las películas utilizadas en el empaque de botanas, pastas, galletas y productos secos en general, fibras textiles para bajo alfombras, raffia para la confección de costales, cuerdas, cintas adhesivas y ornamentales, así como diversos artículos moldeados por inyección en el sector doméstico y automotriz. Los grados modificados con cargas se emplean para aplicaciones de uso más rudo.



Copolímero de etileno y acetato de vinilo EVA: es un termoplástico de diferentes grados dependiendo del contenido de acetato de vinilo que máximo puede alcanzar el 50%, debido a que se reduce la regularidad de las cadenas de polietileno, baja la cristalinidad y consecuentemente la rigidez del material. A medida que se incrementa el contenido de acetato de vinilo, aumenta la transparencia, flexibilidad, las propiedades de barrera y las propiedades superficiales.

Principalmente se aplica en la fabricación de películas termoencogibles, sellos para tapas de refrescos y en suelas espumadas para zapatos.

Vinílicos: este grupo está formado por un número importante de polímeros que presentan cierta similitud en su estructura química pero el más importante es el policloruro de vinilo PVC.

Cloruro de polivinilo PVC: se considera el plástico más versátil debido a la posibilidad de formulación con distintos tipos de aditivos que pueden alterar sus propiedades considerablemente dando lugar a una amplia variedad de aplicaciones como compuesto rígido, flexible y espumas, que se pueden procesar por todos los métodos convencionales para plásticos y hasta procesos especiales.

El PVC tiene buena resistencia química, sin embargo, algunos solventes se aprovechan como adhesivos para este plástico. Su resistencia al intemperismo puede ser excelente cuando se incorporan los aditivos convenientes, lo que explica sus extensos usos en exteriores para la construcción en Europa y EUA. En México debido al ángulo de incidencia de los rayos solares puede presentar ciertos problemas de degradación sin la debida modificación con aditivos anti UV.

La presencia del cloro en la unidad repetitiva está asociada con la propiedad de auto extinguiabilidad del PVC. El uso de estabilizadores de calor es indispensable para facilitar el procesamiento y evitar la degradación causada por las altas temperaturas. El PVC presenta buenas propiedades aislantes para sistemas eléctricos de baja frecuencia.

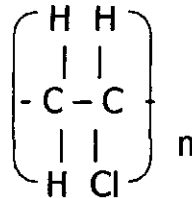
El cloruro de polivinilo rígido PVC – R es el resultado de la formulación para disminuir su fragilidad natural y para incrementar sus propiedades mecánicas. Los artículos fabricados pueden ser transparentes, translucidos u opacos y se clasifica como un plástico semirígido y presenta una densidad en el rango de 1.3 hasta 1.6 g / cm³.

Entre las principales aplicaciones se incluyen garrafones para agua y botellas, se fabrican láminas transparentes para envases (blister) y opacas para tarjetas de crédito. La tubería sanitaria e hidráulica también es de PVC rígido, así como los perfiles para persianas, muebles y marcos de ventana.

El PVC flexible se logra con la adición de plastificantes, su densidad promedio es de 1.3 g / cm³, pero puede ser disminuido con agentes espumantes como en el caso de las boyas marinas. Este compuesto se utiliza para fabricar películas transparentes para envoltura de alimentos, para la confección de diversos

artículos como bolsas, impermeables, juguetes inflables y la fabricación de tenis y sandalias.

El recubrimiento de alambre y cable para bajas frecuencias es de PVC flexible, así como las mangueras para uso médico y jardinería. La industria del juguete utiliza este plástico en grandes cantidades. Las telas y pieles sintéticas para la tapicería de muebles también son de PVC.



Estirénicos: en este grupo se clasifican una gran variedad de plásticos que en su estructura está la presencia del anillo bencénico.

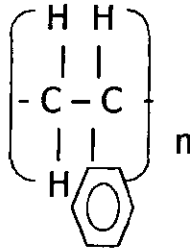
Poliestireno PS: como la mayoría de los plásticos, éste se encuentra disponible en una amplia variedad de grados que corresponden a los diferentes métodos de fabricación y formulación con aditivos. Básicamente existen tres tipos de poliestireno: cristal, impacto y expansible.

El poliestireno cristal se trata del homopolímero que se obtiene directamente de la polimerización del estireno. Es de estructura amorfa, se le considera como uno de los plásticos de mayor transparencia y brillo superficial, también presenta alta rigidez y fragilidad. Su procesamiento es muy fácil y se fabrican piezas de diseños complicados. Sus aplicaciones se dirigen a campos donde no se requiera de estabilidad a la intemperie ya que la luz UV causa amarillamiento y pérdida de propiedades mecánicas. Sus usos más comunes son los estuches para audio cassettes, envases y vajillas desechables, algunos juguetes, cancelería para interiores y joyería de fantasía.

El poliestireno impacto se desarrollo debido a la fragilidad del homopolímero para obtener mayor índices de resistencia al impacto, a través de la copolimerización con otros elastómeros, principalmente el polibutadieno, provocando una reducción de la transparencia dependiendo de la cantidad de copolímero que se utilice (del 2 al 9%), que a su vez genera otra subclasificación, poliestireno de medio y alto impacto.

El PS de medio impacto es translúcido y se emplea prácticamente en las mismas aplicaciones del PS cristal donde la transparencia no es importante y se requiere de una mayor resistencia al impacto, por ejemplo en el cuerpo de los cassettes de audio y video. El de alto impacto presenta apariencia opaca por su alto contenido de butadieno y es empleado en la fabricación de algunas carcazas de uso ligero.

Cuando durante la polimerización del monómero de estireno se incorpora un agente expansor se logra obtener un producto que puede ser espumado cuando se somete a un procesamiento que involucra el uso de vapor saturado. La espuma de poliestireno presenta excelentes propiedades de aislamiento térmico y acústico, tiene muy baja densidad, utilizándose en construcción de viviendas, edificios, aislante de depósitos frigoríficos, vasos desechables del tipo térmico, empaques para uso agrícola, pesca y artículos frágiles que requieren protección contra golpes. Se distingue como un producto blanco muy ligero y de estructura celular que puede desmoronarse.



Estireno acrilonitrilo SAN: la copolimerización al azar de 20 a 30% de unidades repetitivas de acrilonitrilo con poliestireno permite plásticos que tienen muchas de las propiedades útiles del poliestireno, como son la transparencia, brillo superficial y facilidad de procesamiento, favorecidos por las propiedades de este último como la resistencia térmica y química. El SAN es común en aplicaciones de enseres domésticos como vasos de licuadora, vajillas y capelos protectores de diversos aparatos eléctricos.

Acrilonitrilo – butadieno – estireno ABS: es el resultado de la combinación de tres monómeros que originan un plástico que se presenta en una gran variedad de grados dependiendo de las proporciones utilizadas de cada uno. De manera general, se puede considerar que cada monómero participa en el polímero impartiendo las siguientes propiedades:

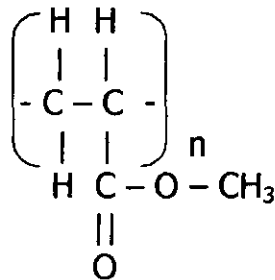
- Acrilonitrilo: resistencia química y térmica.
- Butadieno: resistencia al impacto.
- Estireno: brillo y procesabilidad.

El ABS es un plástico muy versátil en sus aplicaciones, las cuales incluyen principalmente carcasas para diversos aparatos eléctricos y domésticos, siendo la más típica la de los teléfonos. Otra aplicación importante son las cubiertas internas de las puertas de refrigeradores y carcasas de computadoras. Se puede utilizar también para la fabricación de tubería sanitaria como sustituto del PVC y por su característica de ser cromable se utiliza ampliamente en la industria automotriz.

Acrílicos: existe un gran número de polímeros formados con unidades repetitivas de tipo acrílico, sin embargo el polimetil – metacrilato es el único polímero de toda la serie que tiene suficiente temperatura de transición vítrea para formar un plástico moldeable. Los demás tipos de polímeros acrílicos se emplean como adhesivos y pinturas o bien como elastómeros.

Polimetil metacrilato PMMA: la más conocida y sobresaliente propiedad del PMMA, mejor conocido como “acrílico” es su excelente transparencia. Esta característica está soportada en su buena rigidez, aceptable resistencia al impacto, gran resistencia al intemperismo y buena resistencia química, excepto para algunos solventes orgánicos.

El acrílico se puede usar en forma transparente natural o coloreado para diversos artículos que van desde domos, piezas decorativas, luminarias, anuncios luminosos, reflectores de automóviles entre muchos otros. Como lámina opaca se usa para la fabricación de muebles de baño como las tinas de los jacuzzi.



Poliamidas: este grupo también conocidos como nylons es uno de los más variados, se caracterizan por contener cadenas con unidades repetitivas de tipo amida. Son considerados como plásticos de ingeniería y dependiendo del proceso de elaboración y del tipo de materias primas se pueden lograr innumerables grados de estos polímeros. Las poliamidas más utilizadas son la poliamida 6 y la 6/6 con propiedades muy parecidas.

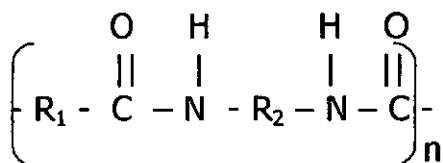
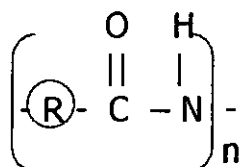
El éxito de este tipo de materiales como una de las principales clases de plásticos de ingeniería está asociado con su buen balance de propiedades mecánicas y químicas. Sobresale su resistencia al desgaste y abrasión así como a la fatiga, tensión e impacto. Una característica importante que debe considerarse en el uso de las poliamidas es su elevada absorción de humedad que ocasiona una pobre estabilidad dimensional, y por lo tanto, para su procesamiento es indispensable su secado previo.

La resistencia térmica es particularmente buena, siempre y cuando no se sometan a cargas fluctuantes. Existen grados modificados con cargas minerales y de fibra de vidrio con lo cual se logran propiedades de resistencia al impacto, a la tensión y térmica superiores a los convencionales.

Las numerosas aplicaciones de las poliamidas incluyen una gran variedad de componentes mecánicos como engranes, levas e incluso carcazas completas de aparatos de uso rudo. La industria automotriz utiliza piezas donde la resistencia química y térmica del nylon es importante, por ejemplo en el tapón de la gasolina, depósitos de aceite, mangueras y cables.

Como película, el nylon presenta baja permeabilidad al oxígeno, grasas y aceites, lo que ha abierto el mercado de laminaciones para empaque de carnes y quesos envasados al alto vacío.

También es posible encontrar al nylon del tipo 6 como fibra de uso textil y mono filamentos usados para la confección de cuerdas para llantas, redes e hilo quirúrgico. Otros tipos de nylon de mayor peso molecular se usan para la fabricación de cerdas para cepillos de dientes.



Poliéster termoplástico: la características de esta familia es la presencia de eslabones éster - CO - O. Estos grupos pueden destruirse con la presencia de agua a elevadas temperaturas, por lo que estos plásticos deben procesarse en un estricto estado seco. A temperatura ambiente no se ven afectados por la humedad y en particular, la baja absorción de agua contribuye a su buena estabilidad dimensional.

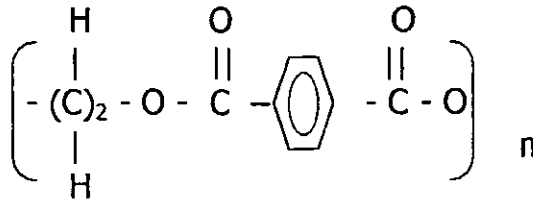
Polietilén tereftalato PET: fue introducido y es muy utilizado como fibra textil e industrial. El crecimiento comercial de este producto como botella y tarro ha sido sorprendente, principalmente en el envase de alimentos y bebidas carbonatadas, por el buen balance de propiedades de permeabilidad a gases, aunada a su resistencia química y mecánica. Existen también películas que se utilizan en el envase de alimentos, generalmente en combinación con otros plásticos en laminaciones, aunque su aplicación más importante es para películas fotográficas y cintas magnéticas para audio, video y cómputo, así como para aislamiento eléctrico.

Otra aplicación muy importante del PET, es que existen grados que permiten su uso como plástico de ingeniería para productos donde la resistencia

térmica y dieléctrica, así como su apariencia superficial de alto brillo son importantes, por ejemplo, carcasas de planchas para el hogar, tapas de distribuidor del automóvil y diversos dispositivos para uso eléctrico.

Los grados de ingeniería generalmente se formulan con aditivos retardantes a la flama, fibras y cargas que imparten mejores propiedades de resistencia térmica y mecánicas al polímero.

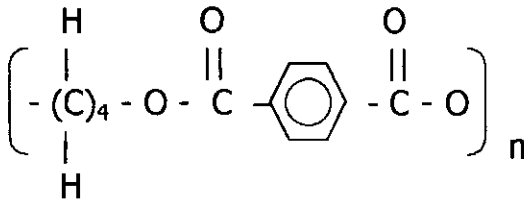
La propiedad más singular del PET, es que se puede controlar el grado de cristalinidad con la temperatura de transformación según lo requieran las aplicaciones.



Polibutilén tereftalato PBT: la estructura química de este tipo de poliéster está conformada con grupos $(\text{CH}_2)_4$, que son más largos y flexibles que los del PET, por lo que el PBT puede cristalizar más rápido y normalmente no se encuentra amorfo en estado sólido.

Las propiedades del PBT son similares a las del PET en estado cristalino y solamente se utiliza como plástico de ingeniería, transformándose principalmente por el método de inyección. Presenta elevada resistencia térmica y excelentes propiedades mecánicas y dieléctricas, así como un brillo superficial sobresaliente.

Sus principales aplicaciones se encuentran en la sustitución de plásticos termofijos, en partes que deben soportar altas temperaturas como son las carcasas de planchas y tapas de punterías para motores de automóviles.



Policarbonato PC: pueden ser considerados como poliésteres de ácido carbónico. Presentan una estructura amorfa y una baja tendencia a la cristalización. Las características sobresalientes del PC son su tenacidad y resistencia al impacto, las cuales son superiores a las de la mayoría de los plásticos rígidos, transparentes y sin modificar, razón por la cual son considerados como plásticos de ingeniería. La naturaleza no cristalina del policarbonato, tiene como

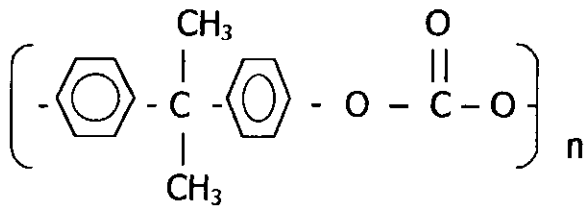
consecuencia una baja contracción de moldeo que permite tolerancias dimensionales pequeñas. La estabilidad dimensional de piezas moldeadas es muy buena y presentan baja absorción de agua.

El PC de uso general es autoextinguible y existen también los grados especiales considerados como no flamables. Al igual que otros plásticos, se puede modificar con fibras y cargas minerales que proporcionan gran variedad de grados.

La resistencia química de este plástico no es particularmente buena, los hidrocarburos, ésteres, cetonas, aminas y bases fuertes pueden afectar severamente sus características físicas.

Entre las numerosas aplicaciones del policarbonato, muchas involucran la combinación de transparencia y tenacidad. Las ventanas de seguridad de lugares públicos, domos, mamparas, luminarias de la vía pública y faros automotrices son algunos ejemplos. Debido a que es un material atóxico, se ha abierto sus aplicaciones al sector de envase de alimentos, como son las botellas retornables para agua y leche, así como diversas aplicaciones de uso doméstico, por ejemplo biberones y recipientes para uso en hornos de microondas y finalmente en artículos para uso médico, ya que soporta diferentes tratamientos de esterilización.

Su resistencia al impacto y a la flama son requeridas en la fabricación de carcasas de aparatos y herramientas de uso rudo. También se usa en cuerpos de cámaras fotográficas, conectores, capacitores y películas donde la estabilidad dimensional es muy importante.

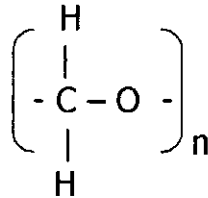


Polioxido de metileno POM: este grupo se caracteriza por la presencia de unidades repetitivas éter - O - en su estructura química y están considerados como los plásticos de mayor cristalinidad, en consecuencia opacos, se les conoce como acetales.

Los homopolímeros presentan una densidad de 1.4 g / cm³. Esta elevada densidad comparada con la mayoría de los termoplásticos refleja el empaquetamiento compacto de sus cadenas moleculares del tipo lineal. La copolimerización tiende a disminuir ligeramente la densidad y la temperatura de fusión. Ambos tipos de acetales presentan excelentes propiedades mecánicas que los distinguen entre los mejores plásticos de ingeniería.

Las aplicaciones de los acetales generalmente consisten en partes pequeñas que deben desempeñar una importante función mecánica, requieren de estrechas tolerancias de estabilidad dimensional, movimiento continuo y fricción, por lo que pueden sustituir a aleaciones de aluminio, bronce y acero.

La industria automotriz, por ejemplo, hace uso de los acetales en engranes, cojinetes, rodamientos, levas y embragues. Su resistencia a la gasolina justifica su uso en partes del carburador y de la bomba de combustible. Existen también un número importante de aplicaciones de tipo doméstico como son los cierres, encendedores, broches, y en plomería, debido a su resistencia al agua fría y caliente, válvulas, llaves, regaderas y coladeras.



TERMOESTABLES.

La definición más simple de un plástico termofijo es que son materiales rígidos que tiene una estructura molecular compleja tipo red, generada por una reacción no reversible entre dos o más componentes, la cual tiene lugar durante el proceso de moldeo. Las reacciones involucradas pueden ser activadas por temperatura, mezclado o catálisis y los procesos de moldeo son distintos a los de los termoplásticos. Al quemarse simplemente carbonizan o se degradan en otras substancias.

Existen diversos tipos de sistemas de resinas termoestables orientados principalmente a las industrias de adhesivos, pinturas y recubrimientos. Actualmente su empleo es cada vez menor debido a que son materiales no reciclables, son sustituidos por polímeros termoplásticos.

Sistemas formaldehído: consisten en una serie de polímeros termofijos que involucran la reacción del formaldehído con tres sustancias químicas con contenido de hidrógeno reactivo: fenol, urea o melamina, que forman redes moleculares tridimensionales.

Para propósitos de moldeo, generalmente son abastecidas en forma de polvos u hojuelas y a veces compactados en forma de pastillas o masillas. Los sistemas del formaldehído también son utilizados como resinas aglomerantes, adhesivos y recubrimientos.

Resina fenólica: se basa en la reacción entre el fenol y el formaldehído, este fue el primer plástico existente a nivel comercial con el nombre de *baquelita*. Sus propiedades se basan en una elevada rigidez, estabilidad dimensional a elevadas temperaturas y baja flamabilidad. Generalmente son frágiles y solamente pueden obtenerse en colores oscuros y opacos.

Las aplicaciones de moldeo incluyen partes para aislamiento térmico de enseres domésticos como asas, perillas, mangos de sartenes y para diversos componentes eléctricos, por ejemplo: conectores, enchufes y algunas piezas automotrices tales como tapas de distribuidor. Sirven como aglutinante de arenas abrasivas para esmeriles y pulidoras, balatas, madera comprimida, moldes de arena para fundición de metales o como adhesivo.

Aminoplásticos: abarca resinas basadas en urea - formaldehído o melamina - formaldehído, que incluyen el grupo amino NH_2 , de donde se deriva su nombre. Estos pueden ser translúcidos o en colores claros, lo cual es adecuado cuando las consideraciones estéticas son importantes.

La melamina formaldehído MF se caracterizan por su excelente resistencia al agua, su aplicación más común son las vajillas para uso doméstico y comercial, las cuales pueden decorarse con etiquetas de papel durante el proceso de moldeo. También se utilizan en las capas superficiales de laminados de madera aglomerada como la formaica. Sirven como adhesivos para pegar madera, y en el tratamiento de papel y textiles, particularmente por su resistencia a la humedad.

La urea formaldehído UF es transparente y se utiliza prácticamente en las mismas aplicaciones de las resinas fenólicas cuando los requerimientos de color justifican su alto costo. No es muy común su uso como plástico para moldeo y por lo tanto, es especialmente conocido como resina para pinturas y adhesivos.

Sistemas de poliéster insaturado UP: el principal componente de las también llamadas resinas poliéster, consiste en cadenas poliméricas relativamente pequeñas resultantes de la reacción controlada entre un ácido anhídrido y un alcohol de tipo glicol. Los enlaces son del tipo éster de donde proviene su nombre. Otro componente principal es un monómero capaz de polimerizar también como reactivo en las insaturaciones de las moléculas de poliéster para formar interconexiones y así redes moleculares tridimensionales, en un rango del 30 al 50%.

Los sistemas de resinas poliéster, generalmente son abastecidos con un aditivo inhibidor que previene o retarda el reticulado prematuro. Por el contrario, para que la reacción se efectúe se utilizan aditivos conocidos como iniciadores, aceleradores o catalizadores.

Los sistemas de UP pueden subdividirse en dos grupos: aquellos que curan a temperatura ambiente y aquellos que requieren altas temperaturas de curado. En general, las propiedades de los artículos hechos con estos sistemas dependen de la composición química del sistema.

Las principales aplicaciones incluyen sistemas usados en combinación con fibra de vidrio para la construcción de embarcaciones, chasis de autos, tinacos, albercas y diversos artículos ornamentales como macetas y muebles. En forma natural se utiliza para el encapsulado de productos. Si se usan cargas minerales se pueden hacer imitaciones de mármol, porcelana y piedra. Al igual que todos los

termoestables, también se utilizan en la industria de pinturas, barnices, adhesivos y aglomerantes.

Aunque la naturaleza de estos materiales los hace ser fácilmente flamables, es posible formular grados retardantes a la flama. Su resistencia química es elevada y sus propiedades mecánicas dependen directamente de las características de las materias primas empleadas en las formulación.

Sistemas epóxicos: son una clase de resinas termoestables cuyo grupo característico se conoce como grupo "epóxido". Son el resultado de la reacción entre la epichlorhidrina y ácidos multifuncionales, aminas o alcoholes.

El curado puede llevarse a temperatura ambiente o a temperaturas elevadas e indistintamente requiere de agentes de endurecimiento o catalizadores.

Las propiedades de las resinas epoxi dependen de su composición química y forma de curado, pero son superiores a otros sistemas menos costosos, por ejemplo, los de resina poliéster.

Los productos moldeados con sistemas epóxicos pueden ser duros, tenaces y resistentes a la fatiga. Se conocen por sus excelentes propiedades de adhesión a la mayoría de los materiales, incluyendo metales. Presentan buenas propiedades eléctricas con un bajo factor de disipación y excelente resistencia química y térmica. Existen grados bromados resistentes a la flama.

Las aplicaciones incluyen recubrimientos de protección a la corrosión de metales, por ejemplo, para latas de envase de alimentos y pinturas anticorrosivas. También se fabrican diversos dispositivos eléctricos y electrónicos, aglomerantes y adhesivos.

Poliuretanos: forman un grupo de materiales poliméricos que contienen el grupo químico uretano, incluyendo sistemas termofijos líquidos y termoplásticos sólidos. El poliuretano se conoce por su presentación como espumas rígidas y flexibles de diferentes densidades, las cuales dependen del tipo de aditivos y de la química de los reactivos involucrados. Estas espumas se caracterizan por su alto poder de aislamiento térmico y su elevada resistencia a la compresión. Su color es blanco para las flexibles y amarillo para las rígidas. Las propiedades pueden variar ampliamente, dependiendo del sistema que se utilice.

Para ciertas piezas donde la resistencia a la abrasión es importante, se moldean piezas de poliuretanos de tipo elastomérico conocido también como TPU o poliuretano termoplástico, debido a que puede moldearse por procesos convencionales de los termoplásticos.

Las aplicaciones varían de manera abundante y algunas son espumas para fabricación de muebles, asientos automotrices, paneles de aislamiento térmico y acústico, calzado, adhesivos y recubrimientos.

Silicones: son materiales sintéticos constituidos por combinaciones de silicio, con una estructura química fundamental de silicio - oxígeno. Existen una gran variedad de productos de silicón que se suministran en forma de aceites,

resinas y elastómeros. De éstos productos básicos se derivan otros compuestos como pastas, agentes espumantes, grasas, agentes de impregnación, agentes desmoldantes, de acoplamiento y aditivos para pinturas.

Sus propiedades de estabilidad a la temperatura, desde - 100 hasta los 250 ° C, repelencia al agua, resistencia a las radiaciones, a los hongos y microorganismos, no tóxico y su buen comportamiento dieléctrico, han hecho que continuamente aumenten las posibilidades de aplicación de estos productos.

Los silicones tienen gran variedad de campos de aplicación, ayudan a resolver problemas en las industrias de la construcción, en la fabricación de pinturas, papel, cuero y textiles, en la medicina, así como en la industria química en general.

La segmentación del consumo del plástico se ha definido de acuerdo con la Sociedad de la Industria del Plástico SIP, con el objetivo de uniformizar conceptos. Para cada mercado se incluyen las siguientes aplicaciones:

ENVASE Y EMPAQUE: Es el sector más importante del consumo de plástico.

El envase es el material rígido o flexible que almacena, protege y está en contacto directo con el producto. Incluye botellas, tarros, vasos, charolas, películas flexibles para hacer bolsas, cubetas, baldes, tapas, blister, sacos, tambores y barriles.

El empaque tiene la función de proteger y transportar diversos productos envasados. Generalmente son rígidos, por ejemplo, cajas, tarimas y espumas protectoras. El embalaje es el material flexible que sujeta y refuerza al empaque, por ejemplo, flejes, cintas y cuerdas.

CONSUMO: El mercado de consumo abarca muy diversas piezas de uso cotidiano como artículos para el hogar, cuidado personal, deportes y recreación, oficina, escuela, accesorios fotográficos, el calzado, equipaje, tarjetas plásticas, botones, etc.

ADHESIVOS Y RECUBRIMIENTOS: Está compuesto por aplicaciones de plásticos termofijos, principalmente para fabricación de adhesivos, tintas para impresión, esmaltes, pinturas y barnices.

CONSTRUCCIÓN: En México, este mercado ha crecido considerablemente en los últimos años debido a proyectos importantes para la construcción de edificios, carreteras, así como en la modernización de los drenajes y ductos para electricidad y telefonía.

Sus aplicaciones son: tubos rígidos y flexibles, tanques, perfilería para estructuras, páneces, domos, pisos, puertas, ventanas, accesorios para baños, enrejados, cercas y barandales, artículos para la iluminación y alfombras, nuevos materiales para pisos, muros, divisiones y techados, nuevos repelentes del agua, acabados para muros de tipo duro y de alto brillo.

El empleo de plásticos en concreto y morteros ha impartido a estos materiales resistencia a la tensión y ha abierto usos completamente nuevos para productos de mampostería y concreto, además se utilizan como aditivos para obtener diferentes características de resistencia, durabilidad, aislamiento térmico y acústico etc.

MUEBLES: Este mercado ha sufrido contracciones debido a la importación de producto terminado, que son principalmente sillas, sillones, telas de tapicería, colchones, cortinas y persianas, lámparas y marcos.

INDUSTRIAL: Aquí se incluyen partes para todo tipo de maquinaria como engranes, bujías, poleas, carcazas, herramientas, contenedores y tubería para procesos químicos y alimenticios.

ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO: Es un sector altamente demandado por sus propiedades de aislamiento eléctrico: recubrimiento de alambre y cable, componentes electrónicos como resistencias, cintas magnéticas, baterías y partes para equipos de comunicación, cómputo, de audio y video.

TRANSPORTACIÓN: Se define como un mercado al que agrupa aplicaciones de los plásticos en automóviles, camiones, autobuses, motocicletas, bicicletas, aviones, barcos, botes, etc.

OTROS: Se incluyen aplicaciones para uso agrícola y medicina, dispositivos de separación para procesos anticontaminantes y resinas intercambiadoras de iones para la purificación de agua.

A continuación presentamos unas tablas con más detalle de las aplicaciones de los plásticos en la industria de la construcción por grupo o familia de plásticos.

ACRÓNIMO	PLÁSTICO	ACRÓNIMO	PLÁSTICO
ABS	Acrilonitrilo - butadieno - estireno	PF	Fenol formaldehído
CA	Acetato de celulosa	PMMA	Polimetil metacrilato
EP	Epóxica	POM	Polióxido de metileno
EPS	Poliestireno expansible	PP	Polipropileno
EVA	Etil vinil acetato	PPS	Polifenilén sulfona
HDPE	Poliétileno alta densidad	PS	Poliestireno
LDPE	Poliétileno baja densidad	PTFE	Poli tetrafluoretileno
MF	Melamina formaldehído	PUR	Poliuretano
PA	Poliamida	PVC	Cloruro de polivinilo
PB	Polibutadieno	SAN	Estireno acrilonitrilo
PBT	Polibuten tereftalato	SB	Estireno butadieno
PC	Policarbonato	TPE	Elastómero termoplástico
PEI	Poliésterimida	TPU	Poliuretano termoplástico
PES	Poliéstersulfona	UF	Urea formaldehído
PET	Poliétilén tereftalato	UP	Poliéster insaturado

Tabla P68 Tipos de plásticos, sus nombres comunes y registrados, y sus usos en el campo de la construcción

Tipo de plástico	Nombre común o registrado	Uso principal en construcción	Usos menores en construcción
ABC <i>termoplástico</i>	Lustran, Abson, Dylol, Cyclocac, Kralastic	Tubería y conectores; gabinetes para ducha; gabinetes de tim de baño, etc.	Teléfonos, paneles para edificios
Acetato de celulosa <i>termoplástico</i>	Tenite, Lumerith, Plastacele, celofán	Recubrimientos orgánicos; láminas, varillas, tubos y películas	Piel y fibras artificiales; película transparente
Acrílico <i>termoplástico</i>	Lucite, Plexiglas	Domos, tragaluces, recubrimientos orgánicos, adhesivos, vidrio de seguridad, acabados de herramientas, accesorios de iluminación	Fibras (acrilán, orlón, crelán, Zefran) para textiles, alfombras, etc.; anuncios; acabados textil
Alilo <i>termofraguado</i>	Adhesivos de contacto	Adhesivos para laminación y recubrimientos	Barnices, lacas, acabados resistentes al fuego para muebles, compuestos para moldeo
Alquídico <i>termofraguado</i>	Alquídico	Vehículo para recubrimientos orgánicos para interior y exterior, y esmaltes horneados	Textiles; compuestos de caucho o hule; se usan en todo el campo de la electricidad
Butirato acetato de celulosa <i>termoplástico</i>	Celofán	Similar al acetato de celulosa	Similar al acetato de celulosa
Caseína <i>termofraguado o termoplástico</i>	Goma de caseína	Adhesivos domésticos	Adhesivos para laminación de madera interior
Celulosa etílica <i>termoplástico</i>	Gomas domésticas	Adhesivos fundidos en caliente	Recubrimiento para cables, papeles, textiles, etc.
Epóxico <i>termofraguado</i>	Epóxicos	Adhesivos en general; adhesivos de material a material; matriz para pisos de terrazo y pisos sin uniones; recubrimientos de superficies; recubrimientos orgánicos especiales	Cementos y morteros especiales; recubrimientos orgánicos para pisos
Fenol-formaldehído <i>termofraguado</i>	Fenólicos, baquelita	Recubrimientos orgánicos; esmaltes horneados	Adhesivos; acabados para herramientas; laminaciones e impregnaciones
Furanos <i>termofraguado</i>	Cemento Alkor, resinas de Tygon, plásticos de furano	Recubrimientos protectores; áreas en que se requiere resistencia a ácidos, álcalis, alcoholos e hidrocarburos	Recubrimientos eléctricos; adhesivos; tubería y conectores
Plásticos de fluorocarbono <i>termoplástico</i>	Teflón, Aclar, Halón, Fluorel	Estructuras infladas, toldos y de cables; láminas, película, tubos, varillas, cintas y fibras; recubrimientos protectores; color oscuro	Aislamiento para alambre y cable para altas temperaturas; refrigerantes empaques
Poliamidas <i>termoplástico</i>	Fiberthin, nylon, Facion	Lienzos alquitranados; estructuras utilables, toldos y de cables; alfombras	Hojas laminadas para recubrimiento; rodillos; herramientas; recubrimientos flexibles para pisos
Propionato acetato de celulosa <i>termoplástico</i>	Celofán	Similar al acetato de celulosa	Similar al acetato de celulosa
Metaminas <i>termofraguado</i>	Metamina	Laminados plásticos	Recubrimientos orgánicos (combinados con alquídicos y acrílicos); accesorios para luz
Nitrato de celulosa (nitrocelulosa) <i>termoplástico</i>	Piroxilina de celuloide	Similar al acetato de celulosa	Similar al acetato de celulosa

Tipo de plástico	Nombre común o registrado	Uso principal en construcción	Usos menores en construcción
Polibuteno :termoplástico	Vistanex	Cintas sensibles a la presión; compuestos calafateadores y selladores	Adhesivos de fusión en caliente: aislamiento de cables y selladores especiales
Policarbonato :termoplástico	Rowlex, Lexan	Material de vidrioado irrompible	Accesorios para luz eléctrica, productos moldeados, película
Políéster :termofraguado	Dacron, Mular	Plásticos reforzados; matriz para pisos sin uniones y terrazo	Espumas; recubrimientos protectores, textiles (Dacrón); laminaciones, adhesivos
Poliestireno :termoplástico	Styron, Stirofoam	Aislamiento térmico de espuma; transparente, translúcido, opaco y de color	Equipo eléctrico; accesorios para luz eléctrica
Poliétileno :termoplástico	Poliétileno	Películas para impermeabilizar; tubería para sistemas hidráulicos automáticos exteriores	Accesorios para luz eléctrica; hojas y películas; uso en el campo de la electricidad
Politerpeno :termoplástico	Politerpeno	Recubrimientos orgánicos	Pulidores de cera; curado del concreto
Poliuretano	Fibra, recubrimiento, elastómeros y espumas de poliuretano	Fibras: cerdas para brochas. Recubrimientos: recubrimientos horneados, orgánicos, fórmulas de dos compuestos, y techados. Elastómeros: agentes selladores y calafateadores. Espumas: aislamiento térmico	Recubrimientos de madera retardadores del fuego Adhesivos, películas, plástico reforzado
Polivinilo :termoplástico	Vinilos, PVC, Hi-temp, Geon, PVA	Recubrimientos orgánicos, adhesivos, películas, cementos y morteros; tubería, cunetas laterales, cañerías, pisos, superficies para atletismo, césped artificial; cintas sensibles a la presión, adhesivos de fusión en caliente	Aislamiento de tubería y Juncos; bajoalfombras Marcos de ventanas y puertas; aislamiento eléctrico; películas y hojas; fibras, recubrimientos protectores; agentes selladores y de laminación
Silicida	RTV, silicones, siloxanos	Líquidos; adhesivos, recubrimientos resistentes al agua y protectores; impermeabilización de concreto, Resinas, selladores, empaques, recubrimientos	Sellador y calafateador, aislamiento eléctrico, películas
Urea-formaldehído :termofraguado	Plaskon	Esmaltes horneados; laminación, recubrimientos orgánicos	Adhesivos; cajas para radio, televisores, equipos de alta fidelidad, maquinaria de oficina, etc.
Zien	Zien	Adhesivos, laminaciones de madera	Imitación de goma-laca; recubrimientos resistentes a la grasa

II. LOS PLÁSTICOS COMO SUBSTITUTOS DE LA MADERA.

II . 1 . Pruebas mecánicas en laboratorio.

Un factor esencial para el desarrollo de nuevos materiales y artículos es la experimentación debidamente organizada. Uno de los pasos necesarios para la producción de materiales para usos de ingeniería o en la fabricación de artículos terminados con propósitos industriales es el control de calidad del producto, que se ejerce a través de procesos de inspección apropiados.

El uso extensivo de los estudios experimentales preliminares al diseño y construcción de nuevos elementos mecánicos o estructurales y el uso de procedimientos de ensaye para control de procesos establecidos de manufactura y construcción, son hechos significativos y bien reconocidos de nuestro desarrollo técnico. Prácticamente todas las ramas de la ingeniería, especialmente la estructural y la mecánica, conciernen íntimamente a los materiales, cuyas propiedades deben ser determinadas con ensayos. La producción masiva satisfactoria depende de la inspección y control de calidad de los productos fabricados, lo que implica un sistema de muestreo y ensaye.

Algunos aspectos básicos para el estudio del ensaye de materiales son:

1. Técnica de la prueba: tipos de equipos utilizados, alcances y limitaciones.
2. Principios físicos involucrados en el equipo y el procedimiento de la prueba: satisfacción de las condiciones supuestas y detección de posibles fallas que arrojen resultados incorrectos.
3. Teoría de las mediciones: factores que afectan la precisión.
4. Variabilidad de los materiales: cantidad de pruebas necesarias para obtener un promedio significativo, métodos estadísticos de muestreo.
5. Interpretación de los resultados.

Con el avance tecnológico han surgido mejoras en los tipos más antiguos de materiales, descubrimientos de otros nuevos y una variedad de nuevos usos para todos éstos, propiciando que el ensaye de materiales tenga un alcance más amplio y complicando su práctica. Sin embargo, los principios fundamentales involucrados en la realización de pruebas válidas y confiables son comunes en todos los casos.

La función principal de los materiales de construcción es la de desarrollar resistencia, rigidez y durabilidad adecuadas al servicio para el cual fueron concebidos. Estos requerimientos definen en gran parte las propiedades que los materiales deben poseer y por tanto, determinan a grandes rasgos la naturaleza de las pruebas efectuadas en los mismos.

Para la selección de materiales, el diseñador dispone de los antecedentes de desempeño de los materiales en servicio real y de los resultados de pruebas

realizadas para aportar datos sobre el desempeño, con base en toda esta información se preparan las especificaciones. Las consideraciones involucradas en la selección de los materiales para construcción y diseño son:

1. Clases de materiales disponibles para las distintas aplicaciones.
2. Propiedades de varios materiales.
3. Requerimientos de servicio de los materiales.
4. Economía relativa de varios materiales y varias formas de un material en particular.
5. Métodos de preparación o fabricación de varios materiales y productos y la influencia de los procesos sobre sus propiedades.
6. Especificaciones y uniformidad del producto logrado.
7. Métodos de ensaye e inspección y su relación con respecto a las medidas de las propiedades deseadas.

En la siguiente tabla se muestra una clasificación de las propiedades de los materiales de ingeniería.

Físicas	Dimensiones y forma Densidad Porosidad Contenido de humedad Macroestructura Microestructura
Químicas	Oxido o composición compleja Acidez o alcalinidad Resistencia a la corrosión, a la intemperie, etc.
Fisicoquímicas	Acción hidroabsorbente o hidropelente Contracción y dilatación debidos a cambios de humedad
Mecánicas	Resistencia: tensión, compresión, cortante, flexión estática, impacto y tenacidad Rigidez Elasticidad Ductilidad Fragilidad Dureza Resistencia al desgaste
Térmicas	Calor específico Expansión Conductividad
Eléctricas y magnéticas	Conductividad Permeabilidad magnética Acción galvánica
Acústicas	Transmisión del sonido Reflexión del sonido
Ópticas	Color Transmisión de la luz Reflexión de la luz

Como el factor principal en la vida y desempeño de las estructuras y las máquinas es la carga aplicada, la resistencia es de suma importancia; un requerimiento inicial de cualquier material de ingeniería es una resistencia adecuada. Por tanto las pruebas relacionadas con las propiedades de resistencia son la mayor parte del laboratorio de ensaye de materiales ordinario, con frecuencia son llamadas simplemente pruebas mecánicas.

Los objetivos principales del ensayo de materiales que van a diferenciar la forma de realizarlos son:

1. Aportar información rutinaria acerca de la calidad de un producto; es el ensaye comercial o de control. Es un control de calidad por la verificación de los materiales bajo especificaciones de adquisición o por control de la producción. Consiste simplemente en determinar si las propiedades de un material quedan dentro de los límites requeridos sin la necesidad de un alto grado de refinamiento.
2. Recabar información nueva o mejor acerca de los materiales conocidos o desarrollos unos nuevos; que es la investigación de materiales y labor de desarrollo, con la finalidad de mejorar el diseño.
3. Obtener medidas exactas de las propiedades fundamentales o constantes físicas, conocida como la medición científica.

Así determinados los objetivos al inicio de la investigación se podrá definir el tipo de equipo necesario y la medición que debe usar, la precisión deseada, el personal a emplear y los costos implicados.

Nuestros conceptos de las propiedades de los materiales están usualmente idealizados y simplificados. En realidad, no determinamos los propiedades con valores absolutos que describan definitivamente el comportamiento del material, más bien, obtenemos solamente medidas, indicaciones o manifestaciones de las propiedades descubiertas en muestras de materiales ensayados en cierto grupo de circunstancias. Las medidas que obtenemos dependen de las condiciones de ensayo, las cuales incluyen la manera en que la muestra se toma y se prepara, así como de los procedimientos particulares involucrados al realizar la prueba.

Una especificación es el intento por parte del consumidor para decirle al productor lo que desea, intenta ser una declaración de una norma de calidad, que idealmente definiría de manera única las cualidades del material necesario para servir con la mayor eficiencia para un uso dado.

Varias consideraciones fijan los límites dentro de los cuales una propiedad especificada puede permitirse que varíe, frecuentemente se involucra la seguridad, durabilidad y eficiencia. Las especificaciones para los materiales de construcción se pueden hacer según:

- El método de fabricación.
- Las dimensiones y el acabado.
- Las propiedades químicas, físicas y / o mecánicas.

Una especificación normal para un material es por lo general el resultado de un acuerdo entre los interesados en un campo particular e involucra la aceptación para su uso de las agencias participantes. Algunos de los diversos tipos de agencias normativas son compañías independientes, asociaciones comerciales, sociedades técnicas y profesionales y organismos o departamentos gubernamentales. La amplitud de la aceptación depende hasta determinado grado de la esfera de influencia y la autoridad de la agencia normativa.

Una especificación normal implica métodos de ensaye normales y ocasionalmente también de definiciones normativas. Las especificaciones normales apropiadamente redactadas y susceptibles de ponerse en vigor pueden tener un valor inmenso para la industria, algunas ventajas son:

1. Representan el conocimiento combinado del productor y el consumidor.
2. Ofrecen al fabricante una norma de producción, teniendo un producto más uniforme y disminuyendo el desperdicio y el costo.
3. Reducen los costos unitarios al permitir la producción en masa de artículos normalizados.
4. Permiten al consumidor usar una especificación ya ensayada y que puede ponerse en vigor.
5. Permiten al diseñador elegir un material con la certeza razonable de adquirirlo.
6. Establecen el procedimiento para normas de ensaye en el campo comercial y por ello permiten la comparación de los resultados obtenidos en otros laboratorios.

Las especificaciones para materiales y métodos de ensaye deben someterse a una continua revisión para que sean adecuadas en condiciones cambiantes. Asimismo, varios códigos basados en estas normas deben revisarse continuamente.

Las normas promulgadas por la Sociedad Norteamericana para el Ensaye y los Materiales, la ASTM por sus siglas en inglés son de particular interés e importancia para quienes se ocupan del ensaye de materiales. La ASTM desempeña la doble función de la normalización de las especificaciones y los métodos de ensaye de los materiales y el mejoramiento de los materiales de ingeniería.

En México las normas acerca de las especificaciones de materiales y productos, así como de los ensayos que se realizan son recopiladas por la Secretaría de Economía (antes SECOFI), a través de la Dirección General de Normas

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes. Las Normas Mexicanas (NMX) son las que elabora un organismo nacional de normalización, o la Secretaría de Economía y tienen como finalidad establecer los requisitos mínimos de calidad de los productos y servicios de que se trate. Su aplicación es voluntaria, con excepción de los siguientes casos:

- a. Cuando los particulares manifiesten que sus productos, procesos o servicios son conformes con las mismas
- b. Cuando en una Norma Oficial Mexicana, se requiera la observancia de una Norma Mexicana para fines determinados y
- c. Respecto de los bienes o servicios que adquieran, arrienden o contraten las dependencias o entidades de la administración pública federal

El Catálogo Mexicano de Normas clasifica la información por dependencia, por rama de actividad económica, por fecha de publicación en el Diario Oficial de la Federación, por tipo de normas y por producto.

II . 2 . Propiedades mecánicas de los plásticos.

Para el diseño y construcción de cualquier estructura se requieren datos cuantitativos de las propiedades mecánicas de los materiales que se van a utilizar. En el caso de materiales convencionales como el acero, el concreto y la madera se cuenta con muchas referencias para el diseño, sin tomar en cuenta que al momento de adquirir los materiales para la construcción se realicen pruebas para comprobar las especificaciones requeridas.

Sin embargo para los materiales poco utilizados estructuralmente como los plásticos no se tienen los datos que un ingeniero civil requiere para hacer un diseño confiable y comparar con otros materiales que se utilizan tradicionalmente, es por esta razón que en este trabajo de tesis se deben realizar pruebas mecánicas de laboratorio para cumplir con el objetivo de promover el plástico como un sustituto para la madera, principalmente para las cimbras de estructuras de concreto.

Las propiedades mecánicas de la madera plástica se obtendrán de unas muestras de termoplásticos reciclados que se han utilizado en la industria como tarimas para cualquier producto a manejarse con montacargas y el siguiente inciso se explicará su elaboración.

En las Normas Mexicanas encontramos pruebas mecánicas para los plásticos termoestables, pero no para los termoplásticos, además las muestras que se han adoptado para las pruebas en plásticos no son representativas para el uso en la construcción, por lo tanto se optó por realizar las mismas pruebas que se realizan a la madera y así obtener resultados compatibles y confiables.

Las propiedades más importantes que se requieren de la madera y por tanto las pruebas que debemos realizar en los plásticos son:

1. Esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras.
2. Esfuerzo de compresión paralela a las fibras.
3. Flexión estática.
4. Esfuerzo cortante.

De acuerdo con las Normas Mexicanas la descripción de cada ensayo realizado se muestra a continuación.

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL GRANO NMX-EE-121-1981

METODO DE PRUEBA

Principio

Determinar la resistencia a la compresión perpendicular al grano en muestras de prueba, hasta que ocurra la primera falla a un incremento gradual de la carga de compresión en función de su velocidad.

Aparatos y equipo

Máquina de prueba.- Máquina de compresión constituida por dos platinas una fija y una móvil, provista de un mecanismo que le permita regular la velocidad de desplazamiento de la cabeza de carga, con exactitud del 1% y de un dispositivo capaz de registrar la curva que relaciona la carga aplicada y la deformación obtenida en la muestra de prueba con exactitud del 1%.

Dispositivo de carga uniforme.- Constituido por dos piezas metálicas autoalineables, utilizadas una como base de la muestra de prueba y otra como pieza de presión a través de la cual se aplica la carga, (véase figura 1).

Instrumento de medición.- Capaz de determinar las dimensiones de la sección transversal de la muestra de prueba con exactitud de 0.1 mm (calibrador de precisión).

Dimensiones de las muestras

Las muestras de prueba deben ser cortadas en forma de prismas rectos, teniendo una sección transversal cuadrada de 5 cm (2 in) de lado y una longitud de 15 cm (6 in).

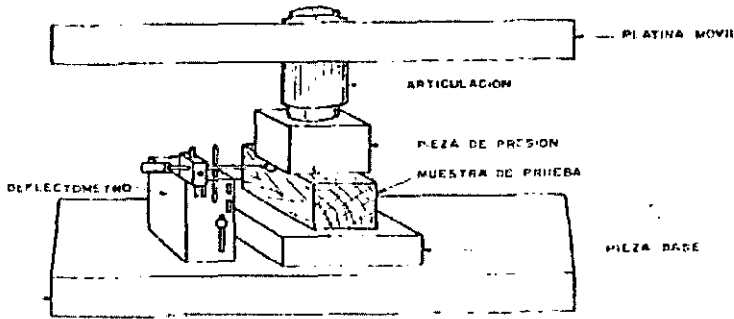


Figura 1. Disposición adecuada para la determinación de la compresión perpendicular al grano

Procedimiento

- 1 Mida las dimensiones de la muestra de prueba, con exactitud de 0.1 mm
- 2 Coloque la muestra de prueba entre la pieza base y la pieza de precisión (5 x 5 x 6.3 cm) del dispositivo de carga uniforme, de manera que la carga sea aplicada sobre la cara radial. Centre el conjunto sobre la platina fija de la máquina, baje la platina superior hasta que esté en contacto con la pieza de presión. En esta posición aplique la carga a una velocidad de 0.3 mm/min (0.012 in/min). La cual debe mantenerse constante a lo largo del ensayo.

Cálculos y resultados

La resistencia al límite proporcional (R_{lp}) de cada muestra de prueba con un contenido de humedad (H), será calculada por medio de la siguiente fórmula:

$$R_{lp} = \frac{p_l}{s}$$

Donde:

R_{lp} = Resistencia al límite proporcional se expresa en kg/cm²

S = Superficie de la pieza de presión

p_l = Resistencia al límite proporcional, se expresa en kg.

2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN DIRECCIÓN PARALELA AL GRANO NMX-EE-122-1981

METODO DE PRUEBA

Principio

Determinar la resistencia a la compresión paralela al grano en muestras de prueba, hasta que ocurra la primera falla a un incremento gradual de la carga de compresión, en función a su velocidad.

Aparatos y equipo

Máquina de prueba.- Máquina de compresión constituida por dos platinas una fija y una móvil, provista de un mecanismo que le permita regular la velocidad de desplazamiento de la cabeza de carga, con exactitud de 1% y de un dispositivo capaz de registrar la curva que relaciona la carga aplicada y la deformación obtenida en la muestra de prueba con exactitud del 1% (Véase figura 1).

Deflectómetro.- En caso de que la máquina de prueba no disponga del dispositivo que registra la curva automáticamente, o si se desea mayor seguridad en la prueba, se emplea un deflectómetro con precisión de 0.01 mm.

Instrumento de medición.- Capaz de determinar las dimensiones de la sección transversal de la muestra de prueba con exactitud de 0.1 mm (Calibrador de precisión).

Dimensiones de las muestras

Las muestras de prueba deben ser cortadas en forma de prismas rectos, teniendo una sección transversal cuadrada de 5 cm (2 in) de lado, y una longitud a lo largo del grano de 20 cm (8 in) o bien una sección transversal cuadrada de 2 cm de lado y una longitud a lo largo del grano de 6 cm (Véase figura 2).

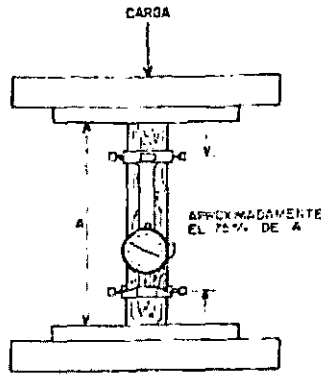


Figura 1.- Disposición adecuada para la compresión paralela al grano.

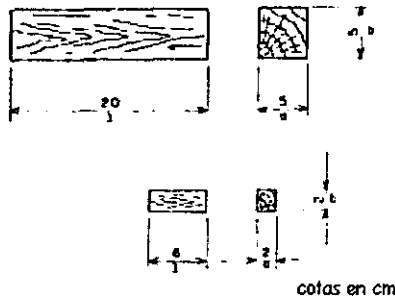


Figura 2. Muestras de prueba para la compresión paralela al grano

Procedimiento

1. Mida las dimensiones de la sección transversal y la longitud a lo largo del grano de la pieza de prueba, con una exactitud de 0.1 mm.
2. Centre la muestra de prueba sobre la platina fija de la máquina, baje la platina superior hasta que esté en contacto con la muestra.
3. La carga aplicada a la muestra en prueba debe hacerse a velocidad de 0.6 mm/min (0.024 in/min), la cual debe mantenerse constantemente a lo largo del ensayo. Determine la carga máxima ($P_{m\acute{a}x}$) con una exactitud de 1%.
4. Si la máquina no cuenta con el dispositivo registrador, determine la deformación de la muestra de prueba con el deflectómetro con exactitud de 0.01 mm a intervalos crecientes de carga.

Cálculos y resultados

De la curva de compresión paralela al grano, se deriva la carga al límite proporcional, que corresponde al punto en que termina la tangencia entre la recta y la curva. Además el punto correspondiente a la carga máxima y la deformación al límite proporcional.

La resistencia al límite proporcional (R_{lp}), resistencia máxima de compresión (R_{mc}) y módulo de elasticidad (E), de cada muestra de prueba con un contenido de humedad (H), serán calculadas por medio de las siguientes fórmulas:

$$a) \quad R_{lp} = \frac{P'}{a \times b}$$

Donde:

R_{lp} = Resistencia al límite proporcional, se expresa en kg/cm^2

P' = Carga al límite proporcional, se expresa en kg.

a y b = Son respectivamente, dimensiones de la sección transversal de la muestra de prueba, se expresan en cm.

$$b) \quad R_{mc} = \frac{P_{max}}{a \times b}$$

Donde:

R_{mc} = Resistencia máxima de compresión, se expresa en kg/cm^2

P_{max} = Carga máxima, se expresa en kg

$$c) \quad E = \frac{p^1 \cdot l}{D^1 (a \times b)}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad, se expresa en kg/cm^2

p^1 = Carga al límite proporcional, se expresa en kg

l = Longitud de la muestra de prueba, se expresa en cm.

D^1 = Deformación al límite proporcional, se expresa en cm
(Flecha de deformación)

3. DETERMINACIÓN DE LA FLEXIÓN ESTÁTICA NMX-EE-137-1982

METODO DE PRUEBA

Principio

Determinar los esfuerzos a la flexión estática en muestras de prueba, hasta que ocurra la primera falla a un incremento gradual de la carga.

Aparatos y equipos

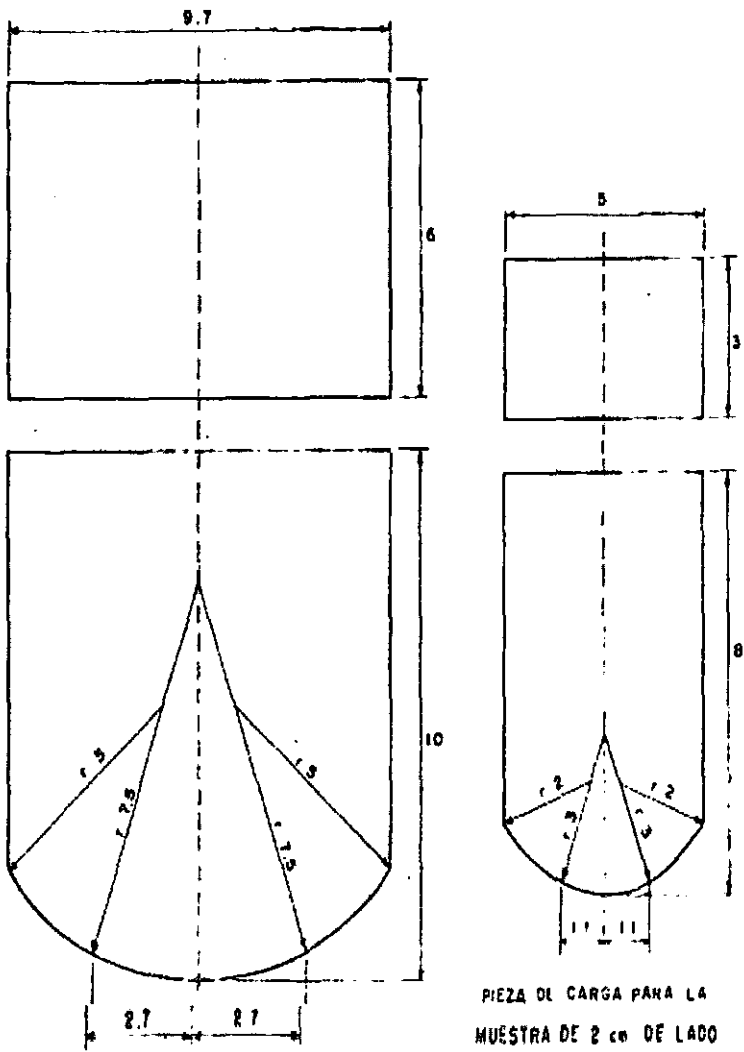
Máquina de prueba.- Provista de dos platinas, una fija y otra móvil, con un mecanismo que permita regular la velocidad de la platina móvil con exactitud de $\pm 1\%$ y un dispositivo que mida la deformación de la muestra de prueba a una exactitud de $\pm 1\%$.

Elemento de carga.- La carga se aplica a través de una pieza de madera o metal cuyo peso específico no sea menor de 1 g/cm^3 . La forma y tamaño de las piezas se indican en la figura 1 para los distintos tipos de muestras de prueba.

Instrumento de medición.- Capaz de determinar las dimensiones de la muestra con exactitud de 0.2 mm.

Dimensiones de las muestras

Las muestras de prueba deben ser cortadas en forma de prismas rectangulares, teniendo una sección transversal cuadrada de 5 cm (2 in) de lado y una longitud a lo largo del grano de 76.2 cm (30 in) o bien una sección transversal cuadrada de 2cm de lado y una longitud a lo largo del grano de 30cm.



PIEZA DE CARGA PARA LA MUESTRA DE 5 cm.

PIEZA DE CARGA PARA LA MUESTRA DE 2 cm DE LADO

Figura 1. Forma y tamaño de piezas de carga

Procedimiento

1. Mida las dimensiones de la sección transversal, ancho (a) y alto (b) así como la longitud (l) de la muestra de prueba, con exactitud de 0.2 mm.
2. La muestra de prueba debe estar soportada de tal manera que en sus apoyos, no se produzcan aplastamientos, roces u otros esfuerzos ajenos a la flexión. Los apoyos deben ser articulaciones que permitan la libre deformación de la muestra y la absorción de leves esfuerzos. véanse figuras 2 y 3.
3. La distancia entre los puntos de apoyo debe ser de 71.1 cm (28 in) ó 28 cm (11 in), según la muestra usada.
4. Se coloca la muestra sobre los apoyos, de modo que la carga sea aplicada mediante el cabezal en el punto medio y en el plano tangencial más cercano a la médula.
5. Se aplica la carga en forma continua con una velocidad de 2.5 mm/min. para las muestras con sección transversal de 5 cm de lado y de 6.6 mm/min para las muestras de sección transversal de 2cm de lado. Si no se puede obtener la velocidad especificada, la velocidad usada se registra en el informe.
6. Si la máquina no cuenta con el dispositivo que registra la curva, determinar la deflexión de la muestra usando el deflectómetro. Medir las flechas (D') producidas en el plano neutral a intervalos crecientes de carga, convenientemente elegidos. Con las lecturas así obtenidas, se determina el límite proporcionalidad (P') en la gráfica carga deformación con la precisión requerida.
7. Se registra la carga máxima (P_m) obtenida durante la prueba

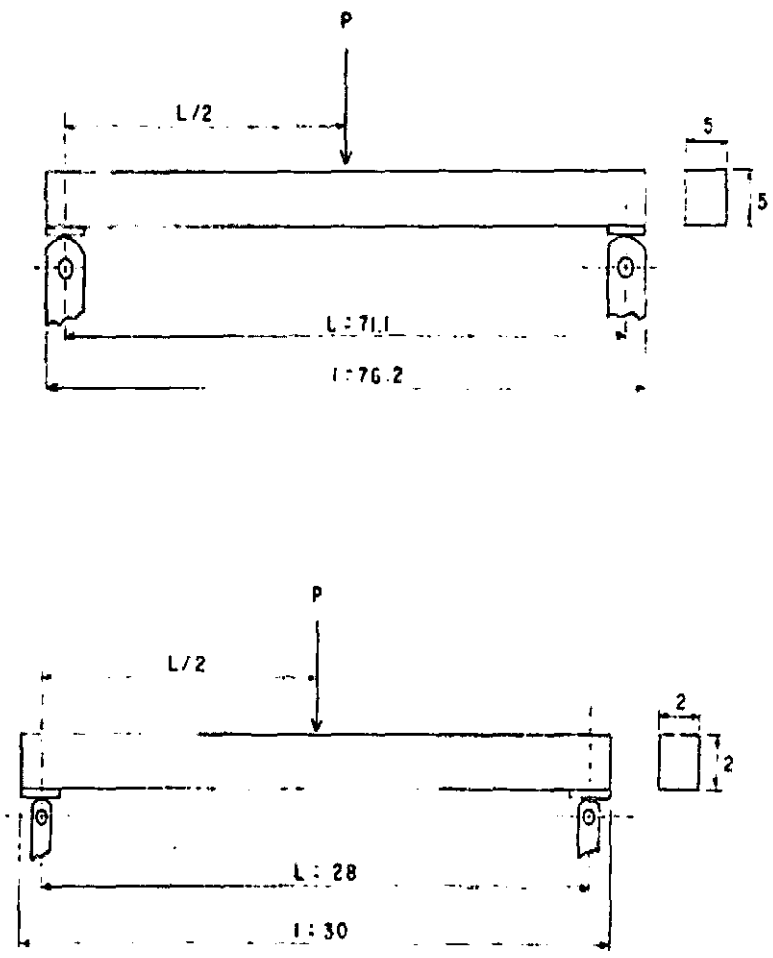


Figura 2. Carga central para muestras de prueba de 2 y 5 cm de lado

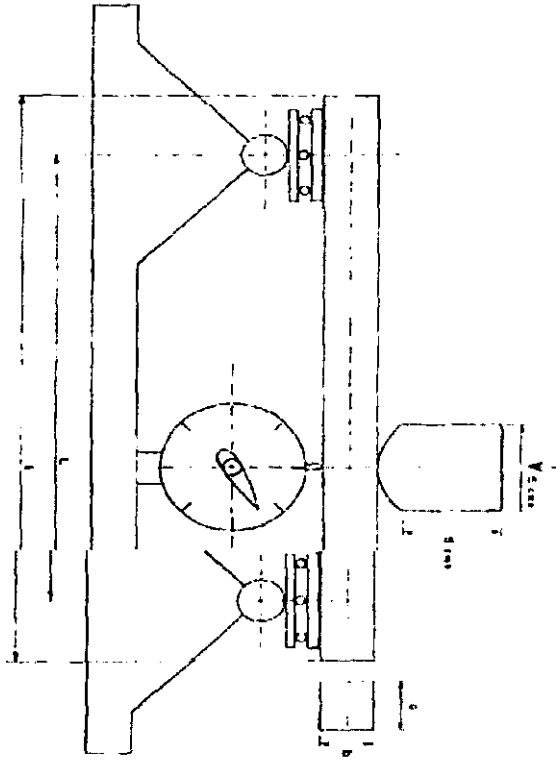


Figura 3 esquema de prueba para flexión estática

Cálculos y resultados

Para el cálculo del esfuerzo máximo se aplica la siguiente fórmula:

$$EM = \frac{3P_m \times L}{2 a \times b^2}$$

Donde:

EM: Esfuerzo Máximo: Se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado

Pm= Carga máxima soportada por la muestra: Se expresa en kilogramos

L : Distancia entre apoyos, en centímetros

a: Ancho de la muestra, en centímetros.

b: Altura a la muestra, en centímetros.

4. DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE PARALELO AL GRANO NMX-EE-163-1984

METODO DE PRUEBA

Principio

La determinación del esfuerzo cortante, paralelo al grano de una muestra de madera, se basa en la resistencia que presenta ésta a la compresión por un incremento gradual de carga.

Aparatos y equipo

Máquina de compresión, con la precisión requerida para la prueba, capaz de aplicar cargas mayores de 2 000kgf (4 4051b), con dos platinas (una fija y otra móvil), con un mecanismo que permita regular la velocidad de la platina móvil con exactitud de $\pm 1\%$ véase figura 1.

Calibrador con la precisión requerida, de acuerdo a las finalidades de la prueba.

Dimensiones de las muestras

La determinación del esfuerzo cortante se realiza en muestras cortadas en forma de prisma recto, teniendo una sección transversal cuadrada de 5 x 5 x 6.3cm (2 x 2 x 2.5in) recortadas en una de sus caras como se indica en la figura 2, cuidado que las superficies A,B y C, sean paralelas entre sí al mismo tiempo perpendiculares a la dirección general del grano.

La mitad de las muestras elaboradas para la prueba, se preparan de manera que la superficie de falla sea en plano tangencial y la otra mitad en plano radial.

Procedimiento

Se colocan las muestras bajo el dispositivo de esfuerzo cortante, de manera que la superficie de 5 x 6.3cm (2 x 2.5in) que de paralela a la platina móvil y que la superficie B, reciba la presión de la carga aplicada. Para asegurar que la carga aplicada produzca un esfuerzo cortante puro, se debe ajustar la muestra al accesorio dejando una separación de 0.3cm (0.12in) entre las dos partes.

La carga se debe aplicar en forma continua durante la prueba, de modo que el accesorio se desplace a una velocidad de 0.06cm/min (0.024in/min). Sólo se registra la carga máxima.

Cálculos y resultados

El esfuerzo cortante máximo se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$ECM = \frac{P}{S}$$

Donde:

ECM = Esfuerzo cortante máximo, en N/cm^2 (Kgf/cm^2 (lb/in^2)).

P = Carga máximo soportada por la muestra, en N (Kgf) (lb).

S = Superficie en que se produce el esfuerzo, en cm^2 (in^2).

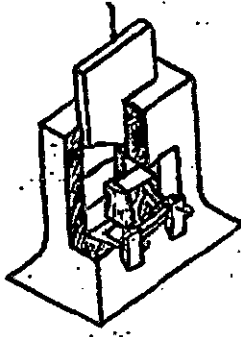


Figura 1. Diagrama esquemático de la prueba de esfuerzo cortante paralelo al grano

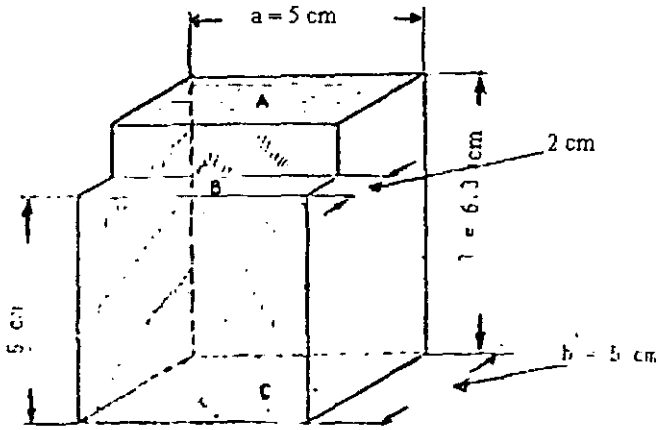


Figura 2. Muestra para la prueba de esfuerzo cortante

Siguiendo con estos procedimientos con ciertas modificaciones, se realizaron las pruebas a la madera plástica solicitada a los fabricantes de las tarimas Newplastic SA de CV en el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería el día 15 de Enero del 2001. Para obtener datos suficientes y más confiables del producto se hicieron pruebas a 6 muestras para cada ensaye, es decir en total se realizaron 24 pruebas.

Las piezas fueron obtenidas directamente de la línea de fabricación solo se cortaron según el largo requerido, sin embargo las dimensiones no fueron exactamente las solicitadas pero se realizaron las correcciones necesarias al momento de realizar los cálculos. Otra observación acerca de las probetas es que no son perfectamente prismáticas.

Los resultados obtenidos se muestran en las tablas siguientes, la simbología es la misma que la utilizada en las Normas Mexicanas.

ESFUERZO DE COMPRESION PERPENDICULAR AL GRANO
 NORMA MEXICANA PARA LA MADERA:
 NMX - EE - 121 - 1981
 INFORME DE LA PRUEBA

NUMERO DE MUESTRA	AREA DE COMPRESIÓN			CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS		
	b cm	h cm	S cm ²	tamaño cm	carga P kg	Rip kg / cm ²
1	12	4.5	54	4.5 x 4.5 x 15	5260	97.4074
2	12	4.5	54	4.5 x 4.5 x 16	3860	71.4815
3	12	4.5	54	4.5 x 4.5 x 17	4665	86.3889
4	12	4.5	54	4.5 x 4.5 x 18	3450	63.8889
5	12	4.5	54	4.5 x 4.5 x 19	5200	96.2963
6	12	4.5	54	4.5 x 4.5 x 20	4270	79.0741
promedio					4450.8333	82.4228

ESFUERZO DE COMPRESIÓN PARALELO AL GRANO
 NORMA MEXICANA PARA LA MADERA:
 NMX - EE - 122 - 1981
 INFORME DE LA PRUEBA

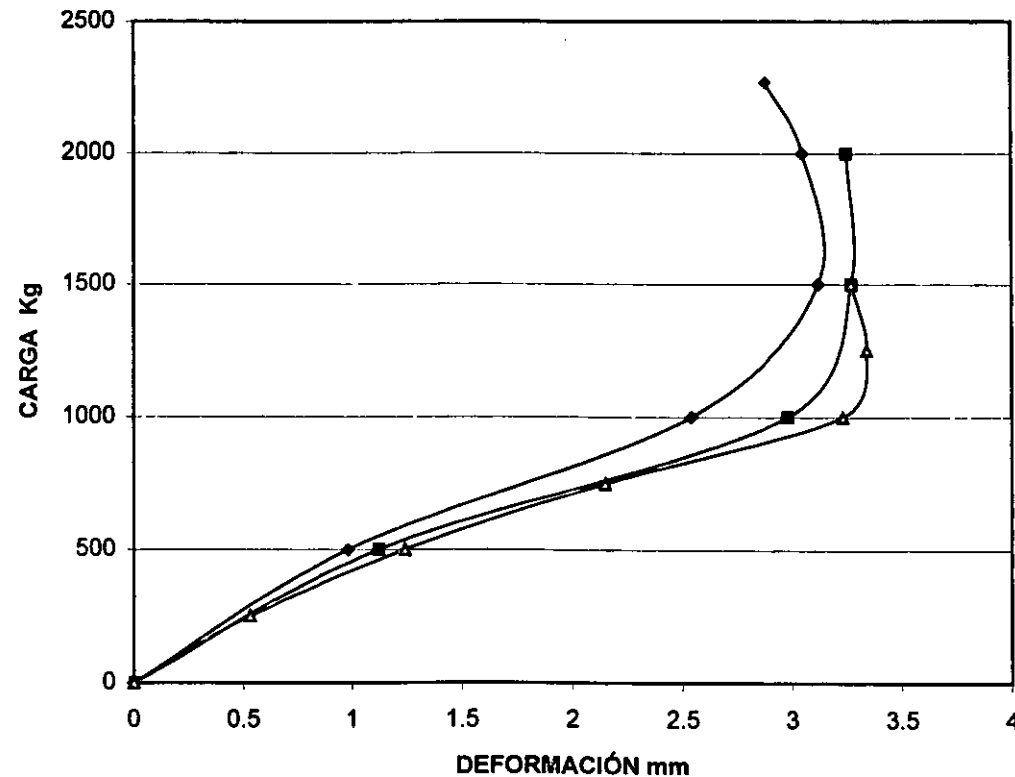
NUMERO DE MUESTRA	CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS					modulo elasticidad E kg / cm ²
	a cm	b cm	l cm	carga máxima kg	esfuerzo máximo kg / cm ²	
1	4.5	4.5	20	2270	112.0988	4402.8700
2	4.5	4.5	20	2140	105.6790	3975.9265
3	4.5	4.5	20	1750	86.4198	3275.7945
4	4.5	4.5	20	2550	125.9259	
5	4.5	4.5	20	2270	112.0988	
6	4.5	4.5	20	2350	116.0494	
promedio				2221.6667	109.7119	3884.8637

MUESTRA	1
CARGA Kg	DEFORMACIÓN mm
0	0
500	0.98
1000	2.54
1500	3.12
2000	3.05
2270	2.88

MUESTRA	2
CARGA Kg	DEFORMACIÓN mm
0	0
500	1.12
1000	2.98
1500	3.27
2000	3.25
2140	

MUESTRA	3
CARGA Kg	DEFORMACIÓN mm
0	0
250	0.53
500	1.24
750	2.15
1000	3.23
1250	3.34
1500	3.27
1750	

CARGA - DEFORMACIÓN



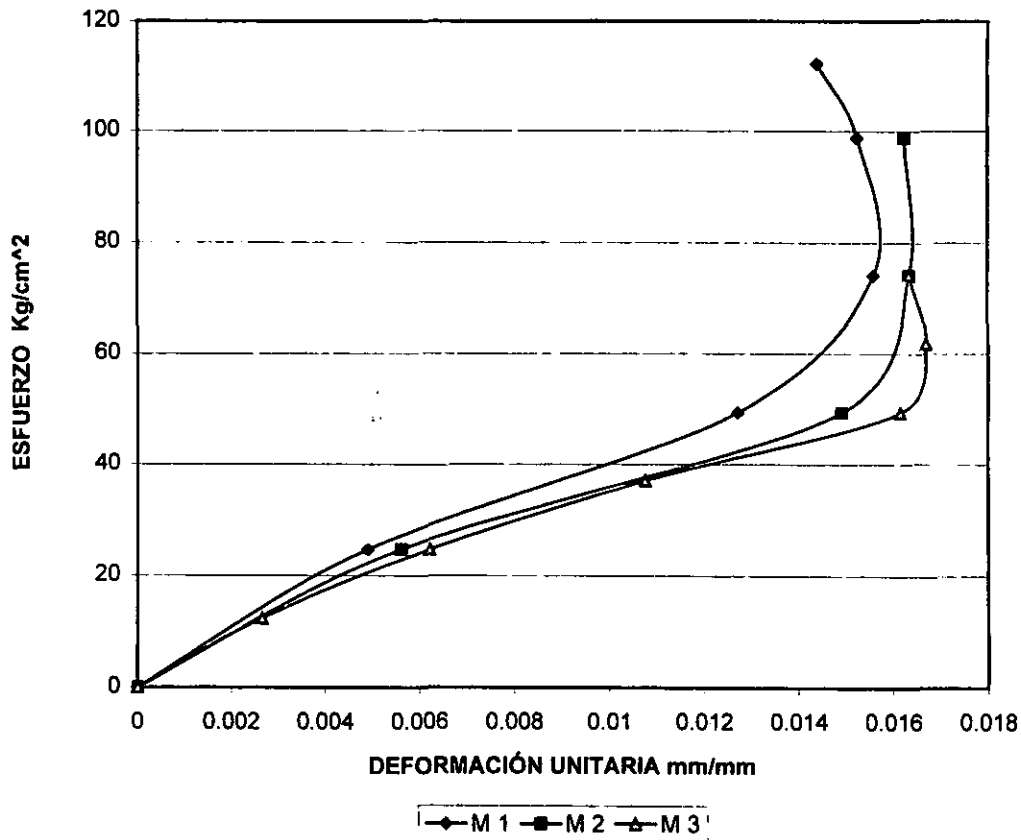
◆ M 1 ■ M 2 ▲ M 3

MUESTRA 1	
esfuerzo Kg / cm ²	def. unit. mm / mm
0	0
24.69	0.0049
49.383	0.0127
74.074	0.0156
98.765	0.01525
112.099	0.0144

MUESTRA 2	
esfuerzo Kg / cm ²	def. unit. mm / mm
0	0
24.69	0.0056
49.383	0.0149
74.074	0.01635
98.765	0.01625
105.679	

MUESTRA 3	
esfuerzo Kg / cm ²	def. unit. mm / mm
0	0
12.346	0.00265
24.69	0.0062
37.037	0.01075
49.383	0.01615
61.728	0.0167
74.074	0.01635
86.42	

ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA



ESFUERZO CORTANTE PARALELO AL GRANO
 NORMA MEXICANA PARA LA MADERA:
 NMX - EE - 163 - 1984
 INFORME DE LA PRUEBA

NUMERO DE MUESTRA	CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS					
	a cm	b cm	l cm	S cm ²	P kgf	esfuerzo cortante kgf / cm ²
1	4.5	4.5	6.5	20.25	640	31.6049
2	4.5	4.5	6.5	20.25	490	24.1975
3	4.5	4.5	6.5	20.25	570	28.1481
4	4.5	4.5	6.5	20.25	630	31.1111
5	4.5	4.5	6.5	20.25	725	35.8025
6	4.5	4.5	6.5	20.25	670	33.0864
				promedio	620.8333	30.6584

DETERMINACIÓN DE LA FLEXIÓN ESTÁTICA
 NORMA MEXICANA PARA LA MADERA:
 NMX - EE - 137 - 1982
 INFORME DE LA PRUEBA

NUMERO DE MUESTRA	CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS					esfuerzo unit. Máximo kg / cm ²
	a cm	b cm	l cm	distancia apoyos cm	carga máxima kg	
1	4.5	4.5	75.7	70.7	150	392.7778
2	4.5	4.5	75.7	70.7	120	314.2222
3	4.5	4.5	75.7	70.7	110	288.0370
4	4.5	4.5	75.7	70.7	120	314.2222
5	4.5	4.5	75.7	70.7	110	288.0370
6	4.5	4.5	75.7	70.7	120	314.2222
				promedio	121.6667	318.5864

En base al Reglamento de Construcciones del D.F. (RCDF) los diseños de estructuras se realizan según el método de resistencia al límite, independientemente del material que se utilice. El método se basa en que la resistencia teórica del elemento según el material y el diseño, disminuida por un factor de resistencia debe ser mayor que las fuerzas internas debidas a las acciones externas especificadas, aumentadas por un factor de carga.

Con el fin de comparar los resultados obtenidos de los plásticos con los de la madera en el RCDF, en la parte de las Normas Técnicas Complementarias para la Madera (NTC) encontramos los valores especificados de resistencia y rigidez para la madera de coníferas (clases estructurales A y B), para madera dura y para triplay de especies coníferas.

Las NTC para la madera son aplicables a madera maciza de cualquier especie cuya densidad relativa sea mayor de 0.35 y a elementos de madera contrachapada, en base a la clasificación de la madera estructural de las Normas Mexicanas, descrita en el primer capítulo.

Además se debe tomar en cuenta que se tienen unos factores de modificación para la madera maciza y contrachapada que afectan directamente a la resistencia, según las condiciones de la madera o de la obra en específico y los factores de modificación para uniones.

Por último presentamos algunas fotografías de las pruebas realizadas en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería.

Normas Tecnicas Complementarias para el diseño y construcción de estructuras de madera 1996

Valores especificados de resistencias y módulos de elasticidad de:
maderas de especies coníferas. (Kg / cm ²)

	Clase A	Clase B		Plástico
Flexión	170	100		318.5864
Tensión paralela a la fibra	115	70		
Compresión paralela a la fibra	120	95		109.7119
Compresión perpendicular a la fibra	40	40		82.4228
Cortante paralelo a la fibra	15	15		30.6584
Módulo de elasticidad promedio	100 000	80 000		3884.8637

maderas de especies latifoliadas. (Kg / cm ²)

	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Plástico
Flexión	300	200	100	318.5864
Tensión paralela a la fibra	200	140	70	
Compresión paralela a la fibra	220	150	80	109.7119
Compresión perpendicular a la fibra	75	50	25	82.4228
Cortante paralelo a la fibra	25	20	12	30.6584
Módulo de elasticidad promedio	160 000	120 000	75 000	3884.8637

**Normas Tecnicas Complementarias para el diseño
y construcción de estructuras de madera 1996**

**Valores especificados de resistencias, módulo de elasticidad y rigidez de
madera contrachapada de especies coníferas. (Kg / cm ^2)**

Flexión	190
Tensión	140
Tensión: fibra en las chapas exteriores perpendicular al esfuerzo	90
Compresión	
en el plano de las chapas	160
perpendicular al plano de las chapas	25
Cortante	
a través del grosor	20
en el plano de las chapas	5
Módulo de elasticidad promedio	105 000
Módulo de rigidez promedio	5 000

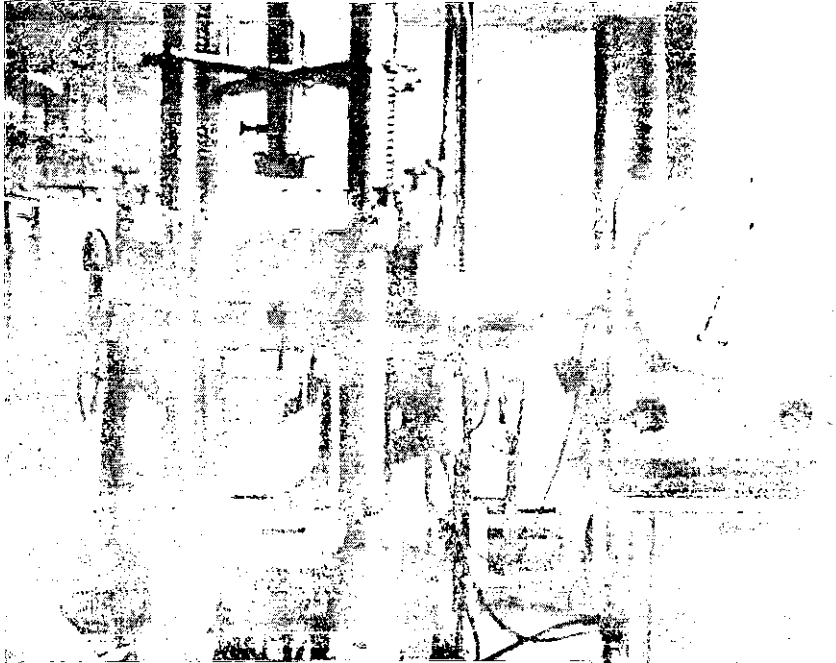
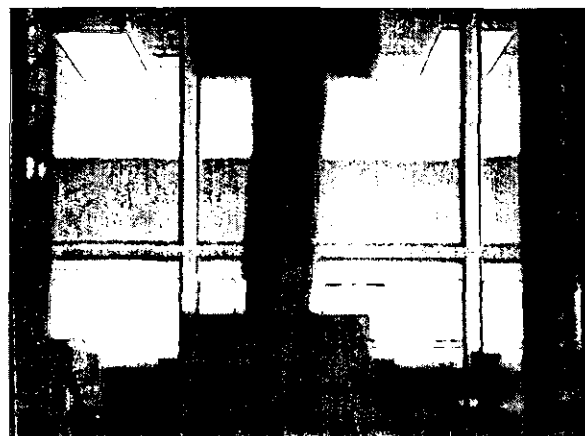
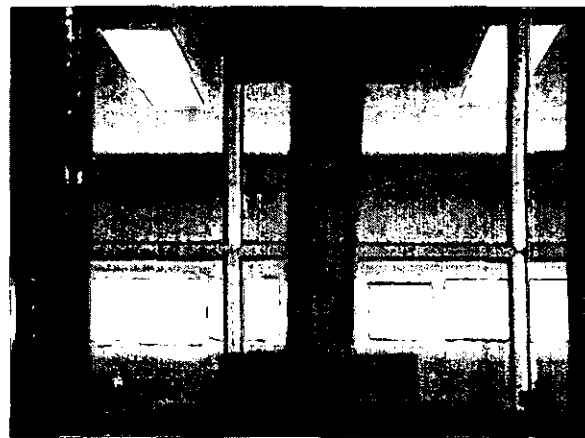
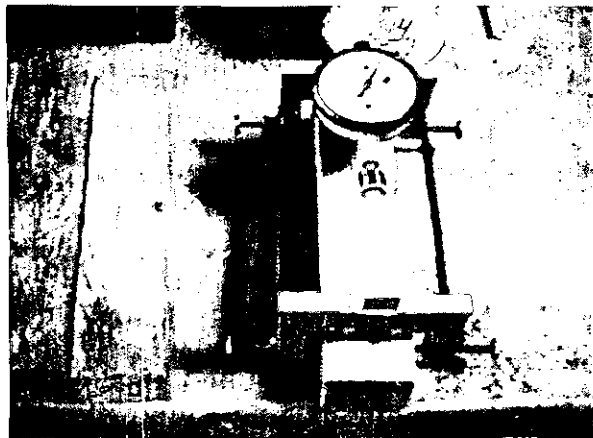


Foto 1 : Máquina Universal utilizada para los ensayos.



Foto 2: Arreglo para la determinación de la compresión perpendicular al grano.



Fotos 3 a 6 (sentido del reloj) Compresión paralela al grano: 3. Arreglo con el defectómetro. 4. Al inicio de la prueba. 5. Durante la prueba. 6. Después del ensaye muestras llevadas a la falla.

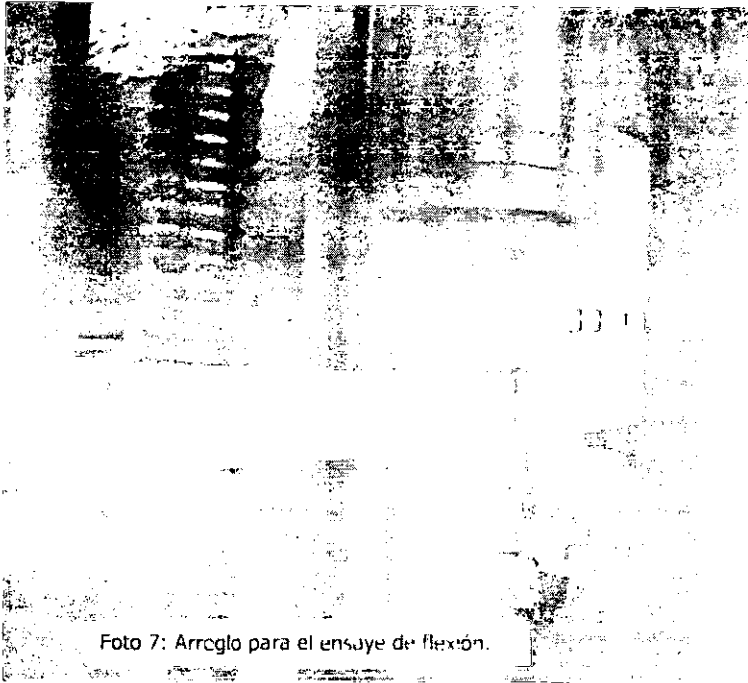


Foto 7: Arreglo para el ensaye de flexión.

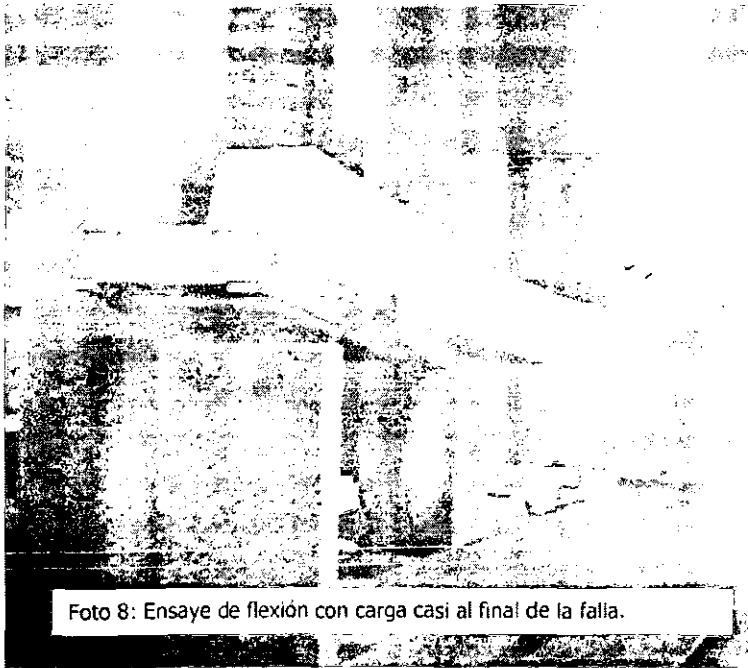


Foto 8: Ensaye de flexión con carga casi al final de la falla.

II . 3 . Elaboración de la madera plástica.

Como se mencionó anteriormente la madera plástica que se utilizó para la obtención de sus propiedades mecánicas es un plástico reciclado es una mezcla de diferentes desperdicios comunes en la sociedad moderna como son las botellas de agua y refresco, las bolsas y todo tipo de envases que tienen una vida útil corta, de diferentes tipos de plásticos de los más comunes como el polietileno, PET, PVC, entre otros.

El termino madera plástica no es el más adecuado para el material al que nos referimos, ya que se puede prestar a confusiones. Se adoptó este nombre por parte de los recicladores que empezaron a fabricar las tarimas semejantes a las de madera pero con los plásticos, de donde surgió la idea de la madera plástica. Sin embargo, el término sugiere que se ha tratado a la madera con un proceso especial donde puede o no intervenir un plástico, o que se ha utilizado aserrín de madera como un aditivo para el plástico que se ha utilizado anteriormente.

La madera plástica tal como la propone el fabricante, requiere más investigación y ciertas modificaciones para que se comercialice como un material de ingeniería y el nombre es una de ellas.

Es importante conocer los procesos de transformación de los plásticos y como se obtienen las piezas que finalmente utilizamos y como se pueden manipular para obtener un producto de mejor calidad y más adecuado a nuestras necesidades.

A la par del descubrimiento y síntesis de los materiales plásticos, la creatividad del hombre ha ideado formas para moldearlos con el objeto de satisfacer sus necesidades. Por ejemplo: la sustitución de materiales tradicionales como el vidrio, metal, madera o cerámica, por otros nuevos que permiten obtener una mejoría de propiedades, facilidad de obtención y la posibilidad de implementar producciones masivas de artículos de alto consumo a bajo costo.

Para facilitar el estudio de los procesos de transformación se clasifican según la tabla siguiente, tomando en cuenta que hay más procesos pero no son tan solicitados:

TERMOPLÁSTICOS	TERMOFONDOS	PARA AMBOS TIPOS
Extrusión	Laminado	Vaciado
Inyección	Transferencia	Rotomoldeo
Soplado	Embobinado de filamento continuo	Compresión
Termoformado	Pultrución	Esparado
Calandreo		RIM
Sinterizado		
Recubrimiento por cuchillas		
Inmersión		

Otra clasificación de los procesos de transformación se basa en los cambios de estado que sufre el plástico dentro de la maquinaria, así tenemos los procesos primarios y los secundarios. En el primer caso, el plástico es moldeado a través de un proceso térmico donde el material pasa por el estado líquido y finalmente se solidifica, mientras que en los procesos secundarios se utilizan medios mecánicos o neumáticos para formar el artículo final sin pasar por la fusión del plástico.

A continuación se presenta una breve descripción de los procesos de transformación más importantes en la industria del plástico en México y un análisis especial del proceso de reciclado ya que es un tema que nos debe preocupar por los graves problemas que tenemos de la basura y la contaminación en nuestro País.

EXTRUSIÓN.

Es un proceso continuo, en el que la resina fundida por la acción de temperatura y fricción, es forzada a pasar por un dado que le proporciona una forma definida y enfriada finalmente para evitar deformaciones permanentes. Se fabrican por este proceso tubos, perfiles, películas, mangueras, láminas, filamentos, bolsas y pellets.

Presenta alta productividad y es el proceso más importante de obtención de formas plásticas en volumen de producción. Su operación es de las más sencillas, ya que una vez establecidas las condiciones de operación, la producción continúa sin problemas siempre y cuando no exista un disturbio mayor. El costo de la maquinaria es moderado, en comparación con otros procesos y con una buena flexibilidad para cambios de productos sin necesidad de hacer inversiones mayores.

La restricción principal es que los productos obtenidos por extrusión deben tener una sección transversal constante (tubo o lámina) o periódica (tubería corrugada); quedan excluidos todos aquellos con formas irregulares o no uniformes. La mayor parte de los productos obtenidos de una línea de extrusión requieren de procesos posteriores con el fin de habilitar adecuadamente el artículo,

como el sellado y cortado para la obtención de bolsas a partir de película tubular, o la formación de la unión en el caso de la tubería.

En México es el proceso más importante tomando en cuenta el volumen de plástico transformado. En 1995, más del 50% de todo el plástico moldeado se obtuvo por este proceso, sin considerar que los procesos de soplado y termoformado involucran una fase de extrusión.

INYECCIÓN.

El moldeo por inyección, es un proceso intermitente para producir piezas de plástico que consiste básicamente de un sistema de fusión y mezclado de la resina, diseñado para expulsarla a alta presión una vez que se encuentra en estado líquido, un molde metálico hecho de dos o más piezas, cuya cavidad tiene la forma exterior de la pieza deseada y un sistema de cierre de molde que evita que se abra al recibir la presión interna del plástico fundido. Para agilizar el Ciclo productivo de la máquina se usa un sistema de enfriamiento de molde, que es un elemento periférico.

El proceso de inyección tiene la ventaja de producir piezas con las siguientes características:

- Superficies lisas.
- Propiedades de resistencia excelentes, a pesar de espesores de pared delgados.
- Posibilidad de formar orificios, refuerzos, inserciones de partes metálicas.
- Elevada productividad dependiendo del tamaño de la pieza.
- Obtención de piezas listas para ensamble o uso final.
- Piezas de gran exactitud en forma y dimensiones.

En cuanto a las restricciones, al planear usar la inyección para producir una pieza se debe considerar que:

- Cada pieza requiere de un molde particular.
- La forma de la pieza puede ser complicada por lo que se recurre a moldes complicados y caros.
- Por tratarse de un proceso cíclico, una interrupción menor en una de las etapas puede abatir gravemente la productividad del proceso.
- La construcción de un molde es costosa e implica la necesidad de tener asegurada una alta producción o el costo final de los productos se elevará.
- Existe un límite para el espesor de las paredes que se pueden formar (aproximadamente hasta 15 a 20 milésimas de pulgada la más delgada).

El proceso de inyección, a pesar de no alcanzar los volúmenes de producción que se logran con el moldeo por extrusión, tiene su importancia en la impresionante variedad de artículos que se pueden generar y por tanto, la diversidad de mercados que puede abarcar. Por medio de la inyección se logran desde piezas sencillas como una pluma, una cuchara desechable, engranes de ingeniería, piezas complicadas para implantes quirúrgicos, y con respecto a las dimensiones, se puede moldear un objeto del tamaño de un botón, hasta una tarima para embalaje de uso industrial.

La inyección es uno de los procesos de mayor interés por la cantidad de artículos que se producen y de resina consumida, superada por la extrusión en razón del volumen. Al considerar la maquinaria, la inyección ocupa el primer lugar en cuanto al número de equipos en funcionamiento. En el aspecto económico, se requeriría un análisis detallado para determinar que posición ocupa la inyección en cuanto a monto de ventas logrado, pues si la extrusión es el proceso que utiliza el mayor volumen de resina en comparación a cualquier otro método de moldeo, la inyección se caracteriza por producir piezas con mayor valor agregado que la extrusión.

SOPLADO.

El moldeo por soplado es un proceso discontinuo de producción de recipientes y artículos huecos, en donde una resina termoplástica es fundida, transformada en una preforma hueca y llevada a un molde final en donde, por la introducción de aire a presión en su interior, se expande hasta tomar la forma del molde, es enfriada y expulsada como un artículo terminado. Para la producción de la preforma, se puede considerar la mitad del proceso como conjunto y utilizando el proceso de inyección o extrusión, permitiendo que el proceso de soplado se divida en dos grupos distintos: inyección – soplado o extrusión – soplado.

Este proceso tiene la ventaja de ser el único proceso para la producción de recipientes de boca angosta; compartiendo el mercado solo con el rotomoldeo en contenedores de gran capacidad. Para el proceso de extrusión – soplo, la producción de la pieza final no requiere de moldes muy costosos. Otra ventaja es la obtención de artículos de paredes muy delgadas con gran resistencia mecánica. Operativamente permite cambios en la producción con relativa sencillez, tomando en cuenta que los moldes no son voluminosos ni pesados.

Como restricciones del proceso se puede mencionar que se tiene en cada ciclo una porción de material residual que debe ser molido y retornado al material virgen para su recuperación, lo que reduce la relación producto obtenido / material alimentado y que se debe adicionar al precio del producto.

Prácticamente el moldeo de cualquier recipiente se puede lograr por medio del proceso de soplado, siendo el único para la producción de recipientes de cuello angosto de alto consumo en industrias como la alimenticia, cosmética y química, aunque en envases de cuello ancho, puede encontrar cierta competencia en el proceso de inyección y quizás con el termoformado. El proceso se encuentra en franco crecimiento, bajo la necesidad de abastecer a un mercado en constante auge.

El moldeo por soplado se puede considerar como el productor de artículos de vida útil corta, ya que aún teniendo en cuenta que por este proceso se obtienen grandes recipientes industriales de hasta 10 000 litros, tanques de combustible o contenedores no desechables para líquidos en general, el mayor porcentaje en volumen de las formas obtenidas están dirigidas al envase de productos de vida de anaquel breve, que en muchos casos no llega a una semana cuando se trata de alimentos. Esta situación, unida con la condición siempre creciente de la industria de productos alimenticios, farmacéuticos y cosméticos, permite que el proceso de soplado conserve una posición de verdadero desarrollo. Incluso, las dificultades de transporte de envases por problemas de volumen, prácticamente libra a este tipo de moldeo de ataques por importaciones masivas de artículos terminados; ello no sucede para otros procesos de transformación de plásticos.

TERMOFORMADO.

Es un proceso de transformación secundario, una lámina de material termoplástico se moldea por la acción de temperatura y presión. La temperatura ayuda a reblandecer la lámina y por medio de moldes y la intervención de vacío o presión, se adquiere la forma final.

La alta productividad es una de las ventajas del termoformado, en razón de que por ser un proceso de transformación secundario, no se llega a la fusión de la resina, sino únicamente a reblandecerla. También se deriva en requerimientos de moldes muy sencillos, en comparación a los moldes de inyección para la fabricación de la misma pieza. La sencillez relativa en la construcción de moldes ofrece al proceso de termoformado una mayor agilidad e inversiones bajas cuando se cambia de diseño de producto, lo cual es tardado y costoso en un cambio de moldes por inyección.

En cuanto a las restricciones del proceso, se debe partir de una lámina de material plástico en lugar de materia prima en forma de perlas o polvos. Así el costo de materias primas para el proceso es mucho mayor que para los procesos primarios. Además se tiene un límite en los espesores y dimensiones del producto. En el primer caso, láminas muy gruesas no permiten un calentamiento uniforme en su parte interna, por la baja conductividad térmica de estos materiales que

impediría el formado de la pieza. En el caso de las dimensiones del producto, por ser un proceso basado en estiramientos de una lámina, la forma final está restringida a las propiedades mecánicas de la resina y al espesor de la lámina.

La inserción de partes metálicas o la producción de piezas con perforaciones no es posible directamente; se debe recurrir a métodos de maquinado posteriores y no se usa en 100% de la lámina en artículo terminado, ya que una parte de ésta debe ser cortada y reciclada.

El proceso de termoformado tiene su mayor mercado en productos de vida corta como aplicaciones para envase y embalaje de alimentos, medicinas y artículos diversos, así como en productos desechables. Sin embargo también tiene aplicaciones de tipo industrial y en la construcción como domos para tragaluz.

ROTOMOLDEO.

El rotomoldeo es un proceso intermitente para la producción de cuerpos huecos, que consiste en el calentamiento de un polímero en polvo o líquido, dentro de un molde que gira, en donde el material se distribuye y adhiere en toda la superficie interior del molde. Posteriormente, se enfría todo el sistema y se abre el molde para extraer la pieza terminada.

Tiene como principal ventaja las inversiones económicas que se requieren en relación al equipo primario de transformación, lo que se comprueba al compararlo con maquinaria de soplado, proceso con el que compite directamente en el área de cuerpos huecos de más de 20 litros de volumen. También puede generar cuerpos huecos con entradas muy angostas o sin ellas, razón que favorece al rotomoldeo para fabricar juguetes, pelotas y artículos deportivos. El moldeo rotacional se considera un proceso sencillo comparado con otros procesos primarios.

Como restricciones, se puede mencionar que es un proceso poco productivo, con ciclos más largos que los requeridos para formar piezas del mismo tamaño, en un proceso como el soplado. Otra restricción se relaciona con la materia prima, que presenta menor disponibilidad que las materias primas convencionales en perlas. Esa misma especialidad en la presentación de materiales en polvo o líquidos para transformar, permiten que el proceso de reciclado de piezas defectuosas o mal rotomoldeadas sea difícil, considerando que no es factible poder pulverizarlas o llevarlas nuevamente al estado líquido.

La baja productividad de este proceso, provoca que el principal campo de aplicación esté dirigido a la fabricación de contenedores de gran volumen, por las altas inversiones necesarias para máquinas de soplado, y en la producción de artículos de PVC, porque no puede ser transformado por soplado.

CALANDREO.

Es un proceso primario continuo para la producción de láminas y películas, por medio de un sistema de cilindros que comprimen el material preplastificado para llevarlo al espesor deseado, pasando después a otra serie de rodillos para enfriar el producto.

Tiene como principal ventaja, la productividad y manejo de materiales con alta relación de carga, que no podrían usarse con equipos de extrusión convencionales. Sin embargo en costo es alto y dificulta la instalación de nuevas plantas. También tiene el inconveniente de requerir líneas de productos que representen un volumen apreciable para que la operación de la máquina sea costeaible. Por otra parte, son relativamente pocos los materiales que requieren el calandreo, donde el PVC es el termoplástico que se usa en mayor porcentaje.

El calandreo se dirige básicamente a mercados de alto consumo, gracias a la productividad de las líneas de proceso. Algunos de sus productos tienen aplicaciones directas al consumidor, mientras que otros productos generales como láminas y películas se pueden modificar mediante otras técnicas de impresión, sellado y maquinado, para ofrecer una amplia variedad de productos.

A pesar de la elevada productividad de las máquinas, la cantidad de material calandreado no es comparable al consumo de plásticos de otros procesos. No obstante, el proceso tiene mercados asegurados, incluso se estima que continuará creciendo, ya que sirve a sectores muy dinámicos como la construcción (linóleum, losetas, papel tapiz), empaque (lámina para blister) entre otros.

INMERSIÓN.

Es un proceso de transformación primario, en donde un plástico en estado líquido recubre a un molde caliente, solidificándose y permaneciendo adherido al molde como parte del producto final o separándose para utilizar el molde para fabricar una nueva pieza.

Como ventajas se puede mencionar la sencillez de la instalación y los niveles bajos de inversión para establecer un taller de inmersión. Por otra parte, las piezas obtenidas por este proceso pueden tener formas complejas y se pueden utilizar para recubrir piezas metálicas y protegerlas del medio ambiente. Pero solo puede usarse plásticos de consistencia líquida, esto restringe la aplicación a ciertos materiales.

El proceso de inmersión es utilizado a baja escala y algunas aplicaciones están siendo reemplazadas, pero existen productos que difícilmente se podrán

cambiar por otros métodos como los recubrimientos de herramientas, guantes y botas entre otros.

VACIADO.

Es un proceso de transformación primario para la producción de piezas con espesores grandes. en un molde se agregan materias primas líquidas y por cambios físicos o químicos se endurecen para generar una pieza.

Este proceso tiene como ventajas la sencillez de instalación, los niveles bajos de inversión, la posibilidad de obtener piezas con materiales que se están polimerizando "in situ" obteniendo piezas con altas propiedades mecánicas y físicas. Aunque no es adecuado para todos los tipos de polímeros ya que debe estar en estado líquido, además cuando se usa la polimerización directa dentro del molde los porcentajes de contracción son mayores que para los plásticos comunes, ello genera la posibilidad de obtener piezas con defectos e inexactitud de dimensiones.

De todas las aplicaciones que se producen actualmente por vaciado, gran parte de ellas son hechas de materiales termoestables.

RECICLADO.

El desarrollo de la industria del plástico ha contribuido en cambios y avances de diversos sectores importantes ya mencionados anteriormente que en consecuencia, han modificado los hábitos de consumo de la población, propiciando el uso de una gran cantidad de materiales plásticos, que posteriormente se convierten en desechos que ocasionan un gran problema de contaminación.

Recientemente, a nivel mundial se ha generalizado el cuidado por el medio ambiente y de recursos naturales. Los plásticos enfrentan a uno de sus retos más importantes desde su introducción en el mercado, ya que sus ventajas como la resistencia a la degradación y su economía con respecto a otros materiales están siendo cuestionadas por su impacto ambiental.

Algunos países han tomado medidas legislativas como la retornabilidad y la reglamentación en el uso de materiales para reciclado. El interés por reciclar plásticos tiene como beneficios el mejoramiento ecológico y la generación de nuevas industrias que pueden resolver los problemas de contaminación, aunado a la obtención de utilidades económicas.

Aunque no se cuenta con datos de cómo inició en reciclado de plásticos es posible que en los inicios de la industria de transformación empezaron a reciclar piezas defectuosas que se tenían durante la producción y posteriormente determinaron que mezclándolas en determinados porcentajes con material virgen podrían obtener partes moldeadas de buena calidad.

En 1970 inicia el desarrollo del reciclado de plásticos debido a que su precio comenzó a aumentar y posteriormente, al desabasto de materiales como consecuencia del embargo petrolero y su incremento de precio. Esta combinación de circunstancias propició el desarrollo de tecnologías de recuperación que atenderían las necesidades de los consumidores.

Con el objetivo de encontrar soluciones para los desechos plásticos, se han desarrollado diversas investigaciones que incluyen métodos físicos y químicos. Los métodos físicos consisten en sistemas para lavado y separación, molienda, fusión y granulado. Los métodos químicos no han prosperado fuera del laboratorio, como el proceso de pirólisis para aprovechar el poder calorífico de los materiales plásticos o los procesos de hidrólisis que sirven para depolimerizar las moléculas de plásticos y obtener sus materias primas originales.

Cuando se analizó el costo energético y productivo desde la extracción del crudo hasta su transformación final, se obtuvieron datos poco favorables para hacer la incineración la solución que eliminara la basura plástica, creándose otras tecnologías que permitieran transformarla en una vida útil secundaria.

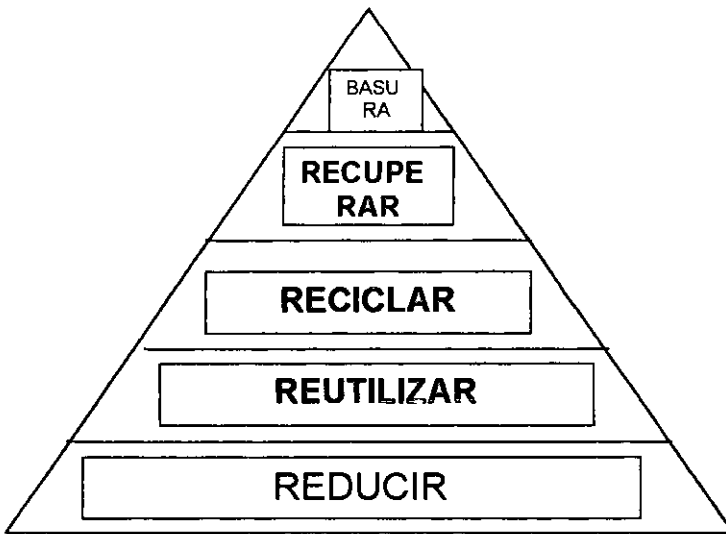
Reciclar significa "La circulación de materiales dentro de un sistema cerrado con el propósito de optimizar recursos, disminuir la generación de basura, propiciar la separación de desperdicios y reintroducir los mismos al sistema productivo para generar artículos útiles al hombre".

Los factores más importantes para reciclar plásticos son:

- **Ecología:** actualmente las normas ecológicas se han reestructurado siendo más estrictas para el control de desechos plásticos. El reciclado de plásticos contribuye con la ecología, ya que ayuda a resolver el problema de los desperdicios, se ahorra hasta el 88% de la energía que se requiere para producirlos a partir de petroquímicos y conserva los recursos naturales al reutilizar los productos del petróleo.
- **Economía:** la generación de desperdicios es inevitable en la industria de transformación de plásticos, por lo que para no crear una pérdida económica las empresas reciclan las mermas combinándolas con material virgen. Estas mezclas ayudan a reducir el costo del producto, que de acuerdo a los porcentajes que se utilicen de regranulado, se disminuyen los costos, siempre y cuando no se afecten las características del artículo fabricado.

- **Escasez:** la industria de la transformación de plásticos ha crecido considerablemente y además ha atravesado por varias crisis de materiales. Estos dos factores propician la escasez y desabasto de materias primas que origina buscar otras fuentes de abasto como los plásticos reciclados.

La secuencia de acciones para disminuir el problema que generan los materiales de corta vida útil se describen a través de la pirámide que se muestra a continuación:



1. **Reducir:** significa utilizar la menor cantidad posible de materiales que se vayan a desechar. Con este propósito se han desarrollado plásticos más resistentes, aditivos y procesos que permiten fabricar productos más ligeros y de espesores menores y diseños ergonómicos. Por ejemplo se han substituido botellas rígidas por películas flexibles para contener líquidos con el objetivo de ocupar menores espacios en los centros de acopio y en los rellenos sanitarios.
2. **Reutilizar:** es aprovechar al máximo la vida útil de los productos a través de sistemas de retornabilidad, como es el caso de las botellas para refrescos y las cajas donde se transportan, así la empresa fabricante logra un control en el manejo de los productos terminados, disminuyendo el desperdicio y su impacto visual en la basura.
3. **Reciclar:** es la tercera opción y se aplica una vez que los productos ya no pueden ser utilizados para su objetivo original. Sirve para obtener materia prima que será utilizada para fabricar artículos útiles para una segunda aplicación.
4. **Recuperar:** es la utilización de métodos químicos para obtener materias primas o energía a partir de los desechos.

5. **Basura:** es la última etapa en el tratamiento de desechos sólidos y solamente deberá ser útil para cuando los productos hayan alcanzado su máximo uso y no se justifica su reciclamiento.

Sin embargo, en la actualidad no se sigue esta secuencia ya que el menor esfuerzo es la producción de basura.

La generación de desperdicios plásticos se produce por dos grupos:

Se conoce como desecho industrial a todo aquel artículo que es separado antes de formar parte de la basura, de este modo su recuperación es económica y práctica, originando que se utilicen de nuevo los materiales.

En la industria de transformación del plástico se obtienen piezas defectuosas que se separan de acuerdo al tipo de material y se reciclan. La reutilización es práctica, ya que estos artículos no han tenido contacto con el usuario o con la basura y están libres de contaminación. Los desperdicios se pueden volver a transformar o vender a un reciclador, para que no generen pérdidas a la empresa.

La basura siempre ha sido un problema para la sociedad y el medio ambiente, se considera basura a todo objeto que ya no tiene uso o valor, sugiriendo el deseo de eliminarlo. Sin embargo algunos desperdicios al separarlos se pueden manejar y reutilizar.

En 1993 se produjeron 1 000 millones de toneladas de basura en el mundo que representan 2.7 millones de toneladas diarias y considerando que presentan una densidad de $200 \text{ kg} / \text{m}^3$ son equivalentes a 13 millones de m^3 . De este volumen sólo el 30 % recibió un tratamiento, el resto se convirtió en un problema ecológico, higiénico, social y económico, ya que el costo de su recolección, transporte y eliminación es cada vez más elevado y cuestionable.

En países del primer mundo como Alemania y Japón se han desarrollado programas de recolección de desperdicios, es decir artículos de desechos que son separados por especie, por ejemplo, artículos de papel, vidrio, madera y plástico. Estos programas se fundamentan en un cambio de cultura y actitud, en la que sus pobladores desde pequeños conocen la diferencia entre los distintos materiales para que los separen, estos se convierten en desperdicios y no en basura que es difícil de recuperar.

No es muy común que los desperdicios plásticos se recuperen, ya que es necesario someterlos a sistemas de lavado demasiado costosos, que requieren de una fuerte inversión para las plantas de lavado, así como de recursos humanos para su recuperación.

En México, el manejo de los desechos sólidos es el reflejo de la desenfrenada urbanización, originando un incremento en la generación de basura, sobre todo porque no existen programas de separación de desperdicios. Es uno de los países con mayor producción de basura, llegando en 1994 a los 29 millones de toneladas.

Generalmente, los materiales que se encuentran presentes en la basura son: papel, cartón, vidrio, metales, madera, materia orgánica y plástico, con gran predominio del papel y plástico, ya que son por excelencia utilizados para envasar y empacar cualquier producto.

DESECHOS EN LA BASURA	
MATERIAL	%
Papel y cartón	38
Plásticos	18
Metal	14
Materia orgánica	4
Vidrio	2
Madera	2
Otros	22
TOTAL	100

Fuente: "enciclopedia de los plásticos", IMPI

La tabla anterior muestra que el papel ocupa en doble del porcentaje que presentan los plásticos, sin embargo, estos últimos poseen mayor impacto visual, debido a que flotan en los ríos y mares; en los tiraderos es común que se desechen los desperdicios en bolsas de plástico. En el segmento de otros, quedarán incluidos jeringas, pilas, equipo hospitalario, material radiactivo y productos que se deben desechar por seguridad después de su uso.

Actualmente en el mundo entero se padece de enfermedades, contaminación del agua, aire y suelo, por el tratamiento inadecuado que se le proporciona a los grandes volúmenes de basura que se producen diariamente. Atendiendo a esta dificultad y buscando la forma de aprovechar al máximo los recursos naturales, se mencionan las técnicas aplicadas a la disposición final de los residuos sólidos:

- **Relleno sanitario:** su definición teórica es un lugar legalmente autorizado donde la basura municipal se deposita y clasifica para su posterior entierro.
- **Pepena:** es un sistema de clasificación manual de la basura en sus diferentes componentes. Se realiza en los tiraderos a cielo abierto. Esta técnica requiere de grandes equipos como un camión recolector que no compacte la basura para poder seleccionarla, un área que será inutilizada por mucho tiempo y que no se encuentre lejos de los centros de producción. La pepena no es una

técnica eficiente, debido a que un 30 % de la basura se queda en barrancas, ríos y calles y el 70% en los tiraderos, sin embargo solo se aprovecha el 40% ya que el resto no se puede separar por ser materiales en vías de putrefacción.

- **Compactación:** es un tratamiento de residuos sólidos que reduce el volumen de éstos, por la aplicación de altas presiones.
- **Incineración:** consiste en eliminar la mayor parte del volumen de los residuos mediante su combustión con la transformación de los desechos en gases, cenizas y escorias con el fin de aprovechar la energía producida.
- **Composteo:** se basa en la fermentación de materias orgánicas contenidas en los residuos sólidos, por la acción de bacterias que generan nutrientes al suelo de agricultura.
- **Degradación de los plásticos:** conocida como pirólisis a la descomposición de elementos orgánicos que contienen los residuos sólidos. Se realiza a altas temperaturas y en ausencia de oxígeno. Durante este proceso, las materias orgánicas se convierten en líquidos, gases y residuos que representan la mitad del volumen inicial. La ventaja de esta técnica es que controla los gases emitidos y la recuperación de subproductos. Se emplea para la producir carbón sintético, la recuperación de metanol y ácido acético.

Los plásticos generan desperdicios desde la obtención de materias primas, transformación hasta su consumo final. Las fuentes generadoras de dichos desperdicios son:

- **Hogar:** los desperdicios plásticos generados por una familia son películas de empaque, botellas y envases, entre muchos otros artículos desechables que generan el 60 % del total. Cuando estos productos van directamente a la basura se contaminan para su reciclaje, por lo que se requiere separarlos y lavarlos. Es por ello que se emplea el triángulo de identificación de materiales.
- **Comercio:** contribuye con el 10% de los desperdicios, en este rubro se integran tiendas, supermercados, cines, restaurantes y centros comerciales en general.
- **Industria usuaria:** las industrias generan una cantidad importante de desechos plásticos derivados del empaque de sus materias prima, así como de los desperdicios generados en la línea de envasado, contribuyendo con un 10% del total de desperdicios. En ocasiones estos desperdicios se contaminan por los productos que contienen y su reciclaje se complica.
- **Transformadores:** en esta industria no es posible evitar los desperdicios, su cantidad depende de los procesos utilizados, la eficiencia del equipo y el tipo de plástico que se maneje. Es común observar que los desechos se utilicen en la misma empresa para productos de menor calidad, ya que la industria transformadora aporta un 15% del total de desperdicios. Existen productos que no aceptan material reciclado, por lo que éste se vende a empresas que lo procesan y comercializan como remolidos.

- **Fabricantes de materia prima:** generan un 5% con el material de purga y limpieza de los reactores, estos plásticos presentan grandes dimensiones, son difíciles de moler y procesar, sin embargo, también deben ser considerados como una fuente de desperdicios, ya que con ciertas tecnologías es posible recuperarlos.

El reciclado de plásticos no representa una tarea fácil, sobre todo porque no existe una cultura en plásticos como ecológica, México y América Latina están en la primera etapa de reciclado, por lo que su factibilidad radica básicamente en cuatro aspectos, iniciando por el abasto de materiales, que debe ser contante y clasificado, según la normalización. La liquidez es necesaria para que el abasto de material no sea suspendido, el cual puede provenir después del consumo o de desperdicios industriales. Además se debe de contar con la tecnología adecuada para que el negocio sea rentable y se puedan controlar los diferentes lotes de materiales de acuerdo al abasto y producción que se maneje para su comercialización. El mercado es un aspecto importante para propiciar el éxito del negocio, se debe tener un producto en cantidad y calidad.

Otro factor importante en el reciclado de plásticos es la degradación de los polímeros, que se inicia por reacciones que rompen las cadenas moleculares y puede ser de varios tipos:

- Térmica.
- Mecánica.
- Fotoquímica.
- Por radiación química.
- Biológica.
- Química.

Sin embargo los plásticos de mayor uso son inertes, es decir no son biodegradables. En la industria de la transformación de plásticos, las dos formas de degradación que se generan durante el proceso, son la térmica y la mecánica. Utilizar de nuevo una colada en el proceso es correcto para evitar desperdicios, pero cuando el material tiene varias pasadas o historias térmicas, se pone en riesgo la calidad del producto, por lo que hace necesarias pruebas mecánicas para conocer el porcentaje de degradación.

Algunas aplicaciones de diferentes materiales son semejantes, por lo que es muy difícil identificar un material plástico con la vista o con el tacto, por eso se implementó un sistema que ayuda a identificar el material empleado para fabricar los diversos artículos. Se basa en una simbología simple que permite en el proceso de recolección y reciclaje, identificar y separar los diferentes productos.

Se compone por tres flechas que forman un triángulo con un número en el centro y letras en la base. El código es moldeado mediante un inserto o un grabado, en el fondo del recipiente o cerca de éste, según lo permita la geometría del artículo. El tamaño mínimo recomendado es de 2.5 cm para lograr su rápido reconocimiento, aunque puede ser proporcional al tamaño del envase.

El procedimiento de grabado proporciona facilidad en el cambio de códigos, de acuerdo al material utilizado para fabricar envase, ya que no tiene relación alguna con el contenido y apariencia del mismo.

Existen 5 familias de plásticos que son las que se encuentran en los empaques domésticos y representan el 75% del consumo de plásticos y se encuentran en un 95% en los basureros:

- **Poliétilén tereftalato PET:** es el material más reciclado, representa alrededor del 25% de todas las botellas de plástico. Su número de código es el 1. Tiene la propiedad de transparencia, tenacidad y barrera a los gases.
- **Poliétileno:** es en plástico más utilizado en envases. Se clasifica en polietileno de alta densidad PEAD y de baja densidad PEBD, su número de código es 2 y 4 respectivamente. El polietileno de baja densidad tiene su mayor aplicación en película para bolsas, mientras que el de alta densidad representa alrededor del 50% de botellas de plástico. En EUA se desechan cada año 370 000 toneladas de botellas y solo se recupera un 20%.
- **Cloruro de polivinilo PVC:** debido a su versatilidad y compatibilidad con aditivos y plásticos, el PVC se utiliza para la fabricación de una gran variedad de productos rígidos. Su número de código es el 3.
- **Polipropileno PP:** es un plástico de alta resistencia química y a la fatiga, con una densidad muy baja que favorece el rendimiento. Se identifica para el reciclado con el número 5.
- **Poliestireno PS:** es una familia de plásticos rígidos que abarcan diversas aplicaciones. Sus principales propiedades son la transparencia y la habilidad para espumarse, además de su fácil procesamiento. Sus aplicaciones incluyen platos y vasos desechables. Tienen el número 6.
- **Otros plásticos:** con el número 7 se incluyen plásticos mezclados como laminaciones y productos de difícil separación, así como plásticos de ingeniería y termofijos que tienen un bajo consumo. Existen tecnologías para su reciclamiento, para producir placas y barras, que sustituyen aplicaciones de madera.



**Abreviatura del material
(opcional)**

Símbolo de identificación

Existen diversas tecnologías para el reciclado de plásticos, que se definen de acuerdo al tipo de material que se procesa. Si se trata de materiales limpios y de la misma especie, el procedimiento se facilita.

Si se requiere un acondicionamiento previo, primero se procede a un lavado de los materiales, donde se separan residuos de producto, tierra y otras suciedades y se compactan por medio de cuchillas que por fricción calientan el material y facilitan el proceso.

Posteriormente se pasa a un proceso de molienda, los desperdicios después de ser recuperados y acondicionados, según sea el caso, se pasa a un molino que por medio de cuchillas fragmentan las piezas de plástico para ser utilizados de nuevo en los procesos de transformación. Existen diferentes tipos de molinos según el material, su estado, dimensiones, granulometría final requerida, contaminación y la producción.

Para concluir, para hacer una realidad en México, la recuperación y reciclado de materiales en general se debe hacer bajo un sistema de legislación, información y motivación a la población. Se deben actualizar todas las normas y leyes existentes sobre recolección, aprovechamiento y eliminación de basuras urbanas, para adecuarlas a las existentes en países desarrollados, por ejemplo se propone la privatización en la recolección de basura.

Mediante la utilización de todos los medios educativos de comunicación y publicitarios, se debe conseguir la comprensión y colaboración de toda la población, para aprender a clasificar y separar los diferentes desperdicios. Además se debe facilitar dichas medidas, instalando centros de acopio y recolección diferenciada y crear empresas especializadas en el reciclado de materiales, con publicidad y difusión.

III. APLICACIONES DE LA MADERA PLÁSTICA.

Se ha propuesto en principio que el uso de la madera plástica o los plásticos en general, se puede adaptar a cualquier uso de la madera ya que igualmente se pueden tener diferentes clases de plásticos en cuanto a la resistencia, a la calidad y a la presentación.

En el caso de la madera para usos estructurales dentro de la construcción, en México se utiliza básicamente para la elaboración de cimbras, pero no podemos descartar la idea de que se puede utilizar la madera plástica también para la construcción de estructuras permanentes como viviendas de bajo costo, o estructuras especiales que requieran de elementos de madera.

La madera plástica utilizada para la investigación de este trabajo es un plástico reciclado, por tanto es un plástico económico y de baja calidad con una presentación poco estética pero bien sirve dentro de la construcción, ya dependerá del diseñador y el uso que le quiera dar, el plástico que mejor se adecue a sus necesidades.

Otra vez tenemos que referirnos a las Normas Mexicanas para obtener las dimensiones de la madera aserrada para su uso en la construcción.

Las dimensiones de la sección transversal de las piezas de madera y sus longitudes están dadas en la siguiente tabla:

GROSOR	ANCHURA	LONGITUD
mm	mm	mm
19	87	2440
24	140	3050
38	190	3660
64	240	4270
87	290	4870
140		5480
		6100

El contenido de humedad en la madera terminada debe ser uniforme e igual a 18 %, teniendo una tolerancia de + 2 %.

Las tolerancias para las dimensiones de la madera están dadas a continuación:

DIMENSIONES mm	TOLERANCIAS mm (+ / -)
De 18 a 38	0.8
De 39 a 290	1
De 291 a 6100	6

Para la madera contrachapada o triplay, las dimensiones nominales y sus tolerancias son:

DIMENSIONES NOMINALES mm	TOLERANCIAS
ANCHO 760 , 910, 1220	1.6
LARGO 1830 , 2140 , 2440	1.6
ESPESOR 3, 4, 5.5, 6, 9, 12	0.4
14, 16, 19, 21, 22, 25, 38	3 % del espesor

Para tableros sin pulir se dará una tolerancia de ± 0.8 mm del espesor especificado.

III . 1 . Polines de madera plástica.

Dentro de las secciones comerciales se conoce al polín como una sección cuadrada de 8.89 cm (3.5") por 2.5 m de largo, estas piezas se pueden clasificar según las Normas Mexicanas descritas en el primer capítulo, por lo que tenemos diferentes calidades de polines.

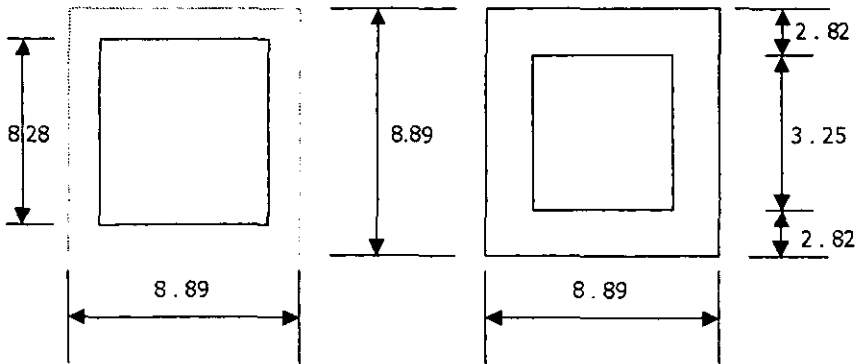
El polín es un elemento que generalmente es usado en la obra falsa para el apuntalamiento, ya que gracias a su sección cuadrada y robusta proporciona una gran capacidad de carga, necesaria para soportar la cimbra de contacto. Además puede ser usado como larguero para darle soporte a las secciones intermedias, principalmente a las de triplay que son en la mayoría de los casos las más propensas a sufrir deformaciones importantes.

Si utilizamos esta misma sección de madera plástica cuidando los mismos detalles en cuanto a dimensiones y secciones rectas, tendremos una pieza más pesada que la pieza de madera, debido a que la densidad relativa de la madera comercial en promedio es de 0.5 y la del plástico es de 0.85 aunque también es variable.

Pero debemos aprovechar la capacidad de carga de la madera plástica, que resultó ser más resistente que la madera común. Se puede hacer de dos formas diferentes, se pueden separar los claros de la obra falsa o se pueden tener secciones más esbeltas o tubulares, haciendo el diseño necesario en cualquiera de los dos casos, revisando los aspectos de estabilidad y los estados límite de deformación que se pueden tener en la cimbra sin que afecte a la estructura final de concreto.

Como propuesta en este trabajo para una sección de polín de madera plástica, utilizando los resultados obtenidos en el laboratorio tenemos que:

- Un polín de madera común del grado B, el más solicitado para cimbras, según las NTC su resistencia a la compresión paralela al grano es de 95 Kg / cm^2 , que es el sentido de mayor resistencia y tiene un área de sección de 79.0321 cm^2 . por tanto la fuerza que resiste el polín es de (95×79.0321) igual al 7508.0495 Kg .
- En un polín de madera plástica se busca que resista lo mismo que la madera pero su resistencia a la compresión fue de $109.7119 \text{ Kg / cm}^2$, mayor que el de la madera, por lo que para resistir la misma fuerza de la madera tan solo se requiere una sección de $(7508.0495 / 109.7119)$ igual a 68.4342 cm^2 . Con esta área de sección podemos hacer una sección cuadrada más esbelta de 8.28 cm de lado o una sección hueca cuadrada de dimensiones exteriores del mismo tamaño que el polín de 8.89 cm , el espesor de la pared sería de 2.82 cm :



III . 2 . Tablas de madera plástica.

Las tablas de madera son conocidas comercialmente como duela o tablón según las dimensiones de los elementos. La duela será de diferentes medidas que van de 1 a 2 pulgadas de espesor y de 2 a 8" de ancho por la longitud deseada y el tablón con dimensiones de 2" de espesor por 6 a 10 " de ancho por la longitud deseada.

La duela se utiliza para formar superficies de contacto, con la ventaja de poderse ensamblar fácilmente por el machihembrado que se le da, para formar todo tipo de secciones incluso curvas o circulares sin la necesidad de muchos cortes con gran desperdicio, con un costo económico.

El tablón es muy parecido a la duela con un ancho mayor, lo que lo hacen más práctico en casos donde los esfuerzos a los que estará sometida la cimbra serán de magnitudes no muy grandes, sirve como tendido o para cimbras de elementos especiales.

Las desventajas son el acabado de las superficies de concreto, debido al seccionamiento de los elementos de madera y la gran cantidad de mano de obra necesaria para poder ensamblar este material es otra razón por la cual la hacen impráctica en muchos casos.

Por ser cimbra de contacto, el diseño se basa en la resistencia a la flexión y el cortante, para determinar el espesor necesario de la duela o tablón y la separación de los yugos o abrazaderas.

En el caso de la madera plástica se puede tener las mismas secciones de las duelas y los tablonés, incluso se puede obtener el machihembrado desde la línea de producción sin la necesidad de pasar por un labrado posterior. Por lo que las dimensiones y los soportes necesarios se determinarán al momento del diseño tomando en cuenta la mayor resistencia que tiene la madera plástica.

El aspecto que se debe tener en cuenta es la calidad de la superficie de la madera plástica para evitar grietas que permita que el agua pase a través de estas, al igual que en la madera sin embargo el plástico no la absorbe directamente.

La duela también se utiliza comúnmente como recubrimiento de paredes y puertas no para resistir cargas sino como acabado para dar una mejor apariencia, para lo cual se utiliza madera primera calidad, cuidando aspectos como el color, las vetas y los defectos que pueda tener, también se puede aplicar plásticos para este tipo de recubrimientos, aparte de los ya conocidos como la formaica y los acrílicos.

Al plástico se le puede dar una variedad mayor de acabados, incluso imitaciones de madera, sin la necesidad de barnices o pinturas.

III . 3 . Hojas tipo triplay de madera plástica.

La madera contrachapada proporciona muchas ventajas al diseñador de cimbras, los tamaños estándar de las hojas reducen las juntas en las superficies de recubrimiento con mejores propiedades mecánicas que la madera común de la cual fue fabricado. Mediante el diseño, el uso de cajas y tarimas en la construcción puede proporcionar soluciones económicas para los problemas relacionados con cimbras.

El uso de triplay proporciona superficies libre de juntas y combaduras, y cuando se recubre o se trata adecuadamente deja huellas de grano fino en el concreto. Se puede obtener varios usos si es tratada adecuadamente, incluyendo el sellado de cantos, que por su textura absorben más fácilmente el agua. En lo posible se deberá minimizar el daño a los bordes, aunque las hojas de triplay se pueden recortar en obra. Todos los defectos pueden corregirse rápidamente con selladores epóxicos o tapones que proporcionan un sello satisfactorio para la mayoría de las aplicaciones comerciales.

Cuando se utilizan hojas de triplay es conveniente planear el cimbrado, aunque sea con simples diagramas que indiquen la ubicación de las hojas con el objeto de impedir el corte indiscriminado y el consecuente desperdicio.

Después de que ya no sirva como cimbra de contacto aparente, puede utilizarse para acabados comunes, cimbras perdidas, tarimas o trabajo de piso, incluso se pueden utilizar como mamparas para proteger el paso de personas ajenas a la construcción.

Otra ventaja del triplay es que puede ser doblado y asegurarlo a una cercha para el colado de superficies curvas. Es necesario cerchar fuertemente las láminas pesadas para mantener la curvatura y deberá tenerse en cuenta la posibilidad de usar dos capas de triplay más delgado.

Recientemente algunos fabricantes han introducido enchapados con superficies texturizadas, cuyas caras dejan huellas y estrías en la superficie del concreto, solo que se debe tener cuidado con el proceso de limpieza y durante la aplicación de aceites o aditivos desmoldantes, pues de lo contrario se pueden acumular pequeñas partículas de concreto en las estrías y estropear así la apariencia del acabado final de la superficie.

En el caso de la madera plástica no tiene una disposición de fibras tan clara como en la madera y se observa que las propiedades mecánicas no son tan diferentes en ambas direcciones por lo que no parece necesario un arreglo como el del triplay para la madera plástica. Se pueden manejar las mismas dimensiones de las hojas con una mayor gama de espesores que fácilmente se pueden obtener de los procesos de transformación.

Los acabados que se tienen son los mismos teniendo igual cuidado con las grietas y los tratamientos que recibe la madera para antes y después de armada la cimbra para poder utilizarse varias veces.

La madera plástica es más resistente que la madera pero también es un material más dúctil por lo que se debe tener especial cuidado en los refuerzos laterales para evitar deformaciones que resulten excesivas debido a la duración de las cargas.

III . 4 . Vigas y columnas de madera plástica.

Las vigas y columnas son elementos más robustos y largos que los polines, por lo general de 4" por 6" (10.16 x 15.24 cm) por 5 m de largo. Se utilizan principalmente como vigas madrina para transmitir cargas en las losas. Para la comodidad del armado, las vigas con frecuencia se colocan sobre las armaduras, o se conectan a ellas, de manera que uno de los ejes principales de la misma sea paralelo a la inclinación de la losa. Con esta disposición resulta que la carga vertical transmitida nunca será paralela a alguno de los ejes principales de la viga.

Estos elementos se utilizan en estructuras permanentes en casas y chozas, o donde los claros a cubrir o los esfuerzos sean mayores, para estructuras ligeras o armaduras, visibles y ocultas. Las vigas y columnas de madera se utilizan par estructuras económicas que no se requiera materiales como el acero y el concreto para resistir los esfuerzos a los que estará sometida.

Al realizar el diseño estructural, se deberá considerar la resistencia de los materiales y las secciones comerciales que se encuentran en el mercado. Al utilizar madera plástica, se podrá tener una mayor gama de tamaños, sin embargo se podrá considerar también su mayor resistencia no al disminuir las secciones de las piezas sino en los espaciamientos y la magnitud de los claros.

IV. COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE LA MADERA Y LA MADERA PLÁSTICA.

IV . 1 . Costos de la madera.

Como hemos visto hasta ahora, hay muchos tipos de madera que son comercializadas dependiendo el uso que se le vaya a dar, no solo por la especie del árbol del que proviene sino de la calidad y los defectos que pueda tener después del aserrado.

Las coníferas constituyen el grupo de mayor importancia económica en México, siendo las especies de pino las de mayor explotación y comercialización en todas las ramas industriales que utilizan madera, esto incluye obviamente a la industria de la construcción. Es debido a esto que todas las normas referentes a la madera están en gran parte basadas en la madera de pino.

Dentro de la construcción en México, la función más importante de la madera es como material para cimbras de las estructuras de construcción, es decir estructuras provisionales en la etapa de construcción del proyecto y en algunos otros casos como estructuras ligeras que no requieran gran resistencia.

Debido a esto encontramos que hay un gran número de empresas que se dedican exclusivamente al diseño y renta de sistemas de cimbra de diversos materiales incluyendo a la madera, sin embargo no manejan materiales plásticos aún, por lo que no resulta congruente comparar los costos de la madera plástica con los costos de estos servicios.

Por lo tanto manejaremos los costos que se tienen comprando la madera nueva en una maderería con la capacidad de proveer la suficiente madera para una construcción, según los tamaños comerciales y los grados estructurales estipulados en las normas, es decir su calidad. Además de que se tiene que revisar el número de usos que se le puede dar a la madera tomando en cuenta la reducción en la resistencia de los elementos estructurales.

Realizando una investigación del mercado en diferentes madererías, la madera para construcción se vende por piezas como en el caso del polín y por hojas de triplay, que son los elementos más solicitados.

- El polín es un madero cuadrado de 8.89 cm (3.5") por 2.5 m de largo, su costo promedio es de \$35.00 por pieza, su calidad es la de segunda que es la que se utiliza con mayor frecuencia para las cimbras.
- Se manejan tarimas de madera reforzadas de 50 por 100 cm con un costo de \$25 por pieza.

- La duela es una tabla de 10 cm de ancho por 2 cm de grueso y 2.5 m de largo, que se utiliza también para pisos y recubrimientos tiene un costo de \$28 la de primera calidad, la de segunda de \$24 y la de tercera de \$17.
- El triplay se vende por hojas de 1.22 por 2.44 m de diferentes espesores, que se pueden utilizar como material para la cimbra o para recubrimientos, entre otros usos.

Espesor en mm	Costo unitario
3	\$ 115
6	\$ 150
9	\$ 230
12	\$ 260
15	\$ 310
19	\$ 340

IV . 2 . Costos de la madera plástica.

Los plásticos como materiales estructurales son poco comunes, anteriormente se contaba con cimbras de plásticos pero sistemas especiales para estructuras especiales, poco conocidas y comercializadas debido a su alto costo, solamente aplicadas si el proyecto requiere dicha inversión.

Lo que hemos propuesto es utilizar piezas semejantes a las de la madera pero de madera plástica. Este material se ha utilizado comercialmente para la fabricación de tarimas para productos ya sea para su manejo con montacargas o para que no estén en contacto directo con el suelo.

El costo que ha propuesto el fabricante de cada tarima de 101.6 por 121.92 cm (40" por 48") es de \$ 300 y para promocionar el uso de las tarimas de plástico ofrece a sus clientes la compra de las tarimas que ya estén deterioradas por el uso.

Pero ya manejando las piezas al igual que la madera común, se ha propuesto el costo por kilogramo de madera plástica que sería de \$ 9 el kilogramo.

IV . 3 . Comparación de costos.

Según un estudio realizado por el fabricante de la madera plástica en relación a la comparación entre tarimas de plástico con las de la madera tenemos lo siguiente:

Una tarima de madera nueva tiene un costo de \$ 150, tiene una vida útil de 25 vueltas máximo, lo que da un costo por vuelta de \$6.00. Una tarima de madera plástica tiene un costo de \$ 300 y tiene un costo de recuperación ya dañada de \$ 50 y cuenta con una vida útil antes de cualquier reparación de 100 vueltas por lo que resulta que el costo por vuelta es de \$ 2.50.

La madera que se utiliza para la construcción de cimbras es utilizada varias veces según su estado y la función que desempeñe, es decir, la cimbra se integra por dos estructuras:

- Cimbra de contacto: se encuentra en contacto directo con el concreto y su función principal es la de contener y confinar el concreto de acuerdo con el diseño de la estructura. El acabado de las superficies de concreto en cimbras no aparentes es el que deja la madera para después poner un acabado final si es que se requiere. En las cimbras aparentes su superficie debe cumplir como acabado arquitectónico.
- Obra falsa: son los elementos que trabajan estructuralmente soportando a la cimbra de contacto.

Obviamente la cimbra de contacto tiene una vida más corta que la obra falsa, además de que deben tener un tratamiento especial previo para lograr un mejor acabado, con herramientas, cepillando y puliendo las piezas, o bien tratando la madera con barnices o con otro tipo de materiales.

En cuanto a cimbras de madera, generalmente, la cimbra de contacto se utiliza cuando más 5 veces, pero la obra falsa se llega a utilizar entre 8 y 10 veces. Posteriormente se podrán utilizar ciertas piezas de madera que no estén muy dañadas para otras funciones que no requieran tanta resistencia, pero la mayor parte es desechada.

Si lo manejamos por piezas, para poder comparar los costos necesitamos obtener el costo por kilogramo de la madera:

Suponiendo una densidad del pino en promedio de todas las especies comerciales de $500 \text{ kg} / \text{m}^3$, el volumen de un polín es de $(0.0889^2 * 2.5)$ es igual a 0.0197m^3 por lo que la masa de un polín es de 9.8790kg .

Si un polín cuesta \$35 por pieza su costo por kilogramo es de \$ 3.55.

Realizando un análisis similar para los otros tipos de piezas comerciales tenemos que los costos por kilogramo de la duela y el triplay es:

DUELA 10 x 2 x 250 cm		TRIPLAY DE PINO 1.22 x 2.44 m	
Primera	\$ 11.2 / kg	9 mm	\$ 17.17 / kg
Segunda	\$ 9.6 / kg	12 mm	\$ 14.56 / kg
Tercera	\$ 6.8 / kg	15 mm	\$ 13.88 / kg

Como podemos observar, en el caso del polín, la madera plástica resulta ser mas cara pero es más económica que la duela o que el triplay.

Al igual que en las tarimas, la inversión inicial en la madera plástica es mayor que comprar madera, sin embargo se puede utilizar un mayor número de veces y se tiene un costo de recuperación para su reciclado.

Para la cimbra de contacto el plástico es superior a la madera ya que su absorción de humedad es mucho menor, es mas resistente y mas económica, ya que su costo baja aun más por el número de usos que se le puede dar y el costo de recuperación, solo se deberá revisar el terminado para evitar grietas y porosidad que pudiera permitir el paso del agua a través de la cimbra y verificar la facilidad de descimbrar, ya que dependiendo del tipo de plástico, el calor del concreto al fraguar podría fundir el plástico lo suficiente como para quedar adherido al concreto ya solidificado. Si este fuera el caso, se podría utilizar como superficie de contacto un triplay de poco espesor pegado a una placa de madera plástica para darle el soporte necesario.

En el caso de la obra falsa, los polines de madera parecen ser mejores que los plásticos, ya que el precio es menos de la mitad del costo de la madera plástica, pero si nos basamos en el estudio hecho para las tarimas, el plástico se puede utilizar cuatro veces mas que la madera en una relación 4 a 1, por lo que si suponemos que toda la madera de la obra falsa se utiliza 10 veces, la madera plástica se podría utilizar hasta 40 veces, por tanto el costo por vuelta de la madera y del plástico, por kilogramo se muestra en la siguiente tabla:

Polín madera	Madera plástica \$ 9 / kg		
\$3.55/kg			
10 vueltas	40 vueltas	30 vueltas	20 vueltas
\$ 0. 355 / vuelta	\$ 0. 225 / vuelta	\$ 0. 3 / vuelta	\$ 0. 45 / vuelta
	Relación 4 a 1	Relación 3 a 1	Relación 2 a 1

El costo directo de la madera y el plástico se iguala cuando se utiliza en una relación de 2.5 a una, el resto del provecho que se le pueda sacar a la madera plástica se puede considerar como ganancia, además con en costo de recuperación, el costo por vuelta de los plásticos baja aun más.

Además no hay restricciones de algún tipo por lo que no se puedan construir cimbras compuestas por los dos materiales, para evitar que la inversión inicial sea muy alta utilizando solo plásticos y por otro lado es una excelente oportunidad para probarlos en obra, la mejor prueba que se puede realizar para verificar su factibilidad.

Se demostró que dentro del costo directo por materiales el plástico resulta más económico que la madera pero por los costos por mano de obra y por herramientas, al no tener experiencia en el campo con este material no se pueden tener datos exactos, sin embargo, no se pueden percibir cambios en los costos que se tienen al trabajar con madera plástica pues su manejo es similar, se pueden usar las mismas conexiones y las mismas herramientas, incluso se pueden tener mayor facilidad en cuanto a los tamaños requeridos solicitados al momento de fabricación.

Una vez conocidos, probados y recomendados los productos de madera plástica en la obra no será difícil la comercialización, hay un enorme grupo de empresas dedicadas a los plásticos para asegurar el abasto del material. Materia prima hay más que suficiente, cada vez se tienen más plásticos para reciclar, por tanto ya estabilizado el mercado no se tendrán costos indirectos adicionales causados por la espera del material, lo cual repercute en el tiempo de construcción y en la planeación de la obra.

V. CONCLUSIONES.

El gran desarrollo que tuvieron las antiguas civilizaciones hubiera sido imposible sin el uso de la madera, incluso hoy es difícil concebir una sociedad moderna sin este noble material. Desde las primeras herramientas primitivas que utilizó el hombre de palos y piedras, la rueda y las primeras balsas y canoas, hasta las máquinas simples y los grandes galeones, la madera ha sido fundamental para la supervivencia y la cultura del Ser Humano.

La madera desde un principio nos ha facilitado la alimentación y transporte, nos ha dado calor y refugio contra las inclemencias del medio ambiente, hemos obtenido papel y lápiz para plasmar nuestras ideas y creamos instrumentos musicales para agrandar a nuestros oídos y alegrar a nuestros corazones. Desde la cuna hasta la tumba nos vemos rodeados por la madera y sus tantos derivados.

Incluso con el avance de la ciencia y la tecnología, del procesamiento de los minerales para obtener diferentes metales y aleaciones de forma más abundante y económica y el descubrimiento de nuevos materiales, la madera ha permanecido como una buena opción por sus propiedades inherentes, su gran accesibilidad y su fácil manejo sin la necesidad de mucho refinamiento técnico. Ciertas industrias como la mueblera, han sido casi exclusivas de la madera teniendo como mayor competencia las diferentes especies o clases que se tienen.

Se tienen tantas o más clases de maderas que especies de árboles de los cuales provienen, se puede fabricar más madera como la madera contrachapada o los aglomerados para aprovechar mejor sus propiedades. Todas las especies tienen ciertas características que las diferencian unas de otras y que las hacen más adecuadas para algunas aplicaciones, por tanto sea cual sea el problema de materiales hay un tipo de madera que puede realizar el trabajo satisfactoriamente.

La madera al ser un producto natural, no se pueden controlar sus propiedades y puede tener algunos defectos que afectan su rendimiento y su apariencia. Los defectos se pueden eliminar o minimizar su efecto con cortes o sustancias todo depende de su aplicación final. En ocasiones el color y la orientación de las fibras son importantes para el producto y la apariencia que se quiera por esto es tan importante la forma de cortar el tronco del árbol desde un principio, además de aprovechar la mayor cantidad de madera posible.

La industria de la construcción siempre ha contado con la madera como material estructural, como recubrimientos y acabados; y con la invención del concreto como estructura auxiliar que sirve de molde para sus estructuras. Iniciando por las mamparas de protección de las obras, pasando por las tarimas sobre las cuales trabajan los constructores y en todas las etapas de la construcción, incluyendo las herramientas, terminando por los acabados y el uso

final de una obra de Ingeniería Civil la madera siempre es un material indispensable en la gran mayoría de los proyectos.

Pero el hombre no siempre ha sabido administrar bien los recursos naturales, pensando que se tienen fuentes inagotables que se renuevan casi al mismo ritmo del cual son extraídos, que no afectan a otras áreas del medio ambiente. Pues no fue hasta hace poco que se empezó a dar cuenta de lo que se esta provocando y lo que puede pasar si no cambia de actitud, que el Planeta Tierra es un complejo sistema que aún no comprendemos en su totalidad, y las acciones del pasado pueden afectar de manera global la naturaleza y la vida, incluso la del hombre.

Uno de los cambios que ha hecho el hombre, que puede ser revertido, es la tala desmedida de los bosques y las selvas, provocado en parte por la explosión demográfica, que requiere de una mayor cantidad de espacio para habitar, terrenos que sirvan para la agricultura y una gran cantidad de materiales para cubrir sus necesidades básicas y la madera es uno de los principales materiales solicitados.

Por tanto, con el avance de la ciencia y tecnología de materiales se busca un material que sea un buen sustituto de la madera, que asemeje sus buenas propiedades con ciertas ventajas ecológicas, pero debe ser competitivo también en lo económico para que sea atractivo a los posibles compradores y se produzca el cambio. Por supuesto que no es una tarea fácil dado el arraigo que se tiene por la madera, las excelentes propiedades que tiene y la desconfianza que provoca utilizar un producto nuevo.

Dentro de los materiales del Siglo XX y la Era Espacial, encontramos un grupo de materiales poco utilizado dentro de la Ingeniería Civil, que cada vez adquiere mayor importancia dentro de la sociedad moderna, los plásticos.

Los polímeros es el nombre científico de este grupo de materiales, se incluye a las resinas naturales que fueron los primeros en utilizarse y por la necesidad de substituir a otros materiales, muchos científicos del pasado siglo se dedicaron a la sintetización y la invención de los nuevos materiales conocidos comúnmente como plásticos o resinas sintéticas.

Los polímeros son materiales con una cadena repetitiva de moléculas, derivados del petróleo, que le confiere sus propiedades que los hacen tan especiales, diferente a los materiales tradicionales con una estructura no cristalina, no son conductores de electricidad, aislantes térmicos, resistentes a los químicos y corrosivos, y se moldean fácilmente en formas complejas.

Con el avance científico en este campo se ha logrado sintetizar un gran número de polímeros con diferentes reacciones según las sustancias que se manejen y el resultado que se quiera obtener, además se cuenta con la ayuda de los aditivos que facilitan la reacción y perfeccionan algunas propiedades del producto final. Al igual que las aleaciones en los metales, en la industria del plástico se ha logrado llegar al punto donde se controla la fabricación de los plásticos con las propiedades que se quieren obtener para cierta aplicación dada, lo que da como resultado que se tenga una enorme cantidad de polímeros diferentes de donde escoger.

Debido a sus propiedades por grupo y de cada uno de los plásticos, han encontrado su mercado, desplazando otros materiales y quedando dentro de la preferencia de los usuarios, para todo tipo de actividades se encuentran plásticos, para uso común y para los más especiales en todas las ramas industriales y comerciales.

Simultáneamente se ha ideado la forma de moldearlos y procesarlos para obtener los productos finales en la presentación que se requiere logrando una gran variedad de formas posibles simples y complicadas, permitiendo la producción en masa a un precio bajo. Todo lo anterior ha provocado que en la sociedad moderna estemos rodeados de plásticos en una amplia gama de aplicaciones.

En la industria de la construcción los polímeros se han venido utilizando en tuberías, instalaciones y acabados pero no como un material estructural para soportar las cargas directamente, se tienen más ventajas técnicas y económicas al utilizar materiales tradicionales ya probados ampliamente modificados únicamente por aditivos o procesos especiales en los que en ocasiones intervienen los plásticos.

En el caso de la madera, que se usa en sistemas de cimbra, donde las cargas son pequeñas a comparación con la estructura final se han probado otro tipo de materiales como el acero pero los costos son aceptables solo en casos especiales y para cierto tipo de estructuras, pero la madera sigue siendo preferida en la mayor parte de la industria de la construcción, las obras pequeñas, de bajo costo, que son las que más se hacen. Es la aplicación para la cual el plástico puede servir y complementar a la madera.

Sin embargo existen también desventajas, en principio, los polímeros son derivados del petróleo, recurso no renovable, altamente resistentes a la biodegradación y la mayoría de las aplicaciones son de vida útil muy corta, lo que al desecharse causan más desperdicios y basura, que la naturaleza no puede degradar. Este es otro problema que la sociedad debe afrontar siguiendo la secuencia de las tres "R": reducir, reutilizar y reciclar. Viendo lo bueno en lo malo, se tiene grandes ventajas económicas y ecológicas al reciclar, una vez

comprendido la importancia del reciclado se vuelve una tarea más fácil con beneficios en todos los sectores de la sociedad.

Por tanto la sustitución que se propone a la madera es la madera plástica, una mezcla de diferentes plásticos reciclados para formar piezas parecidas, que puedan ser manejadas de la misma forma.

Se necesita conocer en principio las propiedades mecánicas de la madera plástica para ser comparadas con las de la madera y ver si es factible como un sustituto. Las pruebas que se realizaron fueron las mismas que las comunes para la madera con el fin de comparar su comportamiento, no son las más adecuadas para conocer las propiedades de los plásticos pero era necesario verificar su comportamiento ante las cargas en piezas grandes para las aplicaciones que se requiere en la Ingeniería Civil.

Aun así no se realizaron las pruebas rigurosamente como lo indica la norma, las piezas no eran del tamaño exacto y no tenían secciones totalmente rectas, lo que provoco que las mediciones fueran difíciles de tomar y con un margen de error alto, en comparación con los ensayos de que otros materiales precisan. Además no se realizaron todas las pruebas que comprobarían definitivamente la factibilidad y viabilidad de utilizar la madera plástica en masa. Pero esta tesis es tan solo la introducción a este campo de los plásticos para la Ingeniería Civil, ya que con más recursos y más investigación por parte de los fabricantes de la materia prima y los consumidores, en este caso lo constructores se podrá obtener en definitiva un material que sustituya a la madera.

Los resultados obtenidos indican que la madera plástica utilizada en cuanto a la resistencia es un poco mejor que la madera y puede manejarse como un buen sustituto, sin embargo se debe investigar un poco más con pruebas ya en campo, en estructuras reales, utilizando el concreto para ver la reacción que tiene el plástico, como el calor desprendido por el fraguado, cosa que se puede modificar con aditivos en la producción de la madera plástica.

El módulo de elasticidad de los plásticos fue mucho menor que el de la madera, lo que provoca que las deformaciones sean excesivas. Se relaciona íntimamente con la estructura molecular de los polímeros, siendo materiales dúctiles, mientras que la madera es frágil.

En cuanto a cimbras es importante que no se tengan grandes deformaciones que puedan afectar las secciones finales del concreto, por tanto la madera plástica se deberá mejorar con los aditivos conocidos como cargas y refuerzos. Los que se requieren para nuestro proyecto son principalmente las fibras que mejoran la resistencia y el módulo de elasticidad, entre las más conocidas están la fibra de vidrio (de diferentes tipos), la fibra de carbono y fibras cerámicas

La madera plástica utilizada para los ensayos al ser una mezcla de material reciclado las propiedades mecánicas pueden variar considerablemente entre las diferentes coladas de materia prima, las muestras ensayadas no son totalmente representativas, por lo que se debe tener un mayor control de calidad al momento de fabricación para garantizar la resistencia del producto final para que se pueda hacer un diseño confiable y adecuado a las necesidades de cada proyecto.

La madera utilizada para los sistemas de cimbras no son de las maderas de mayor resistencia, se usa madera de segunda y hasta de tercera calidad ya que la resistencia que tienen es suficiente y la apariencia no es importante ya que terminada la obra, la cimbra es desechada o preparada para más usos, pero es provisional. Igualmente en los plásticos se pueden tener clases más resistentes y de mejor apariencia pero lo que interesa es que el costo no se eleve mucho en comparación con la madera para que sea más atractivo para los constructores y se empiece a trabajar en obra con este material.

Los materiales tradicionales también han pasado por su etapa de prueba, su alto costo por ser una innovación pero eventualmente llegan a estar dentro de la preferencia de los diseñadores, se realizan pruebas de los materiales, se toman experiencias pasadas, se recomienda el uso del material y finalmente se comercializa a gran escala. Posteriormente se elaboran normas que estandarizan la terminología, controles de producción y de calidad, que son las llamadas Normas Mexicanas lo que facilita la producción de los materiales y la aplicación en obra y nos proporciona los métodos para poder comprobar la calidad del producto. Por último se elaboran unas ayudas de diseño para el Ingeniero Civil en las Normas Técnicas Complementarias al RCDF por materiales comúnmente utilizados en la industria de la construcción en el País.

Para los plásticos se tiene mucha información de investigaciones realizadas desde varios puntos de vista, pero nunca desde la aplicación en un proyecto de obra civil como un material estructural, estamos apenas en la etapa de las pruebas para obtener las especificaciones que se requieren para su aplicación en la construcción y los encargados de la producción estén dispuestos a cumplir con las mismas. En principio para facilitar el proceso se propone que se utilice de la misma forma que la madera con diseños similares, piezas similares modificados por los datos de resistencia obtenidos en el laboratorio, aprovechando las ventajas que nos ofrece el plástico como la facilidad de moldeo de las piezas de muchos tamaños sin que se tenga desperdicio de material, la resistencia y durabilidad al no ser atacado por hongos como la madera y el reciclado.

En estas épocas de crisis, un argumento muy importante es el del costo, ya que aunque técnicamente se demuestre claramente que un material es superior a otro, si no es costeable para cierta aplicación no se utilizará más que en ciertas ocasiones especiales. Pero se intenta que la madera plástica se introduzca como una opción en cualquier caso con un costo competitivo.

Entre los materiales que se utilizan para la cimbra, la madera es uno de los más económicos por lo que es el predilecto de los diseñadores de cimbras, los montos de inversión son bajos y se recuperan rápidamente. En el caso de la madera plástica, la inversión inicial es un poco mayor, aunque el número de usos que se le puede dar permite que el costo total sea considerablemente más bajo que el de la madera.

El costo de cimbra para una obra de concreto puede representar entre el 35 y 60% del costo total por concepto de concreto, por lo que el diseño y construcción de cimbras demanda buen juicio y una adecuada planeación que garanticen economía y seguridad.

La facilidad de uso y sencillez de instalación son dos factores esenciales en la selección de una cimbra, y deberán considerarse en todo momento bajo las condiciones existentes en el patio de obra. Cualquiera que sea el material adoptado, el diseñador deberá estar en contacto con las compañías que fabriquen y distribuyan tanto los productos para confinar al concreto, como los elementos, equipos y herramientas para la sujeción y remoción de cimbras. Es tarea nuestra mantenernos al tanto acerca de los nuevos desarrollos de tecnología, tratamientos y procedimientos apropiados que agilicen, abaraten o faciliten nuestra labor en la construcción.

En ocasiones se dice que vivimos en sociedades de plástico, que quiere decir que estamos rodeados por plásticos, un material sintético por lo que cada vez más se pierden los pocos vínculos que tenemos con la naturaleza y por si fuera poco, contaminamos el planeta con estos productos que no son biodegradables. El Ser Humano debe aprender que el concepto de desecho y basura no existen en la naturaleza, y por tanto debemos encargarnos nosotros mismos de la generación de contaminación que provocamos.

Es cuestión de sincronizarnos con los ritmos de la naturaleza, extraemos los recursos naturales mucho más rápido de lo que se regeneran y descargamos más contaminantes de los que se pueden procesar naturalmente. Como una analogía, es lo que sucede cuando ingerimos bebidas alcohólicas, si tomamos más de lo que el hígado puede destilar nos embriagamos y vienen los efectos secundarios. A últimas fechas estamos viendo los efectos que hemos provocado a nivel local y global.

Llego el momento de que el Ser Humano asuma el papel autoproclamado de gobernador de la Tierra, pero no como un tirano, sino que se interese en cuidar el sistema completo, sin afectar el hábitat de los demás organismos, plantas y animales, sin cortar las complicadas cadenas alimenticias, aprovechar eficientemente y al máximo los recursos naturales y evitar los desperdicios, y desintoxicando al Planeta, pues se empiezan a ver que los efectos nos afectan directamente y mientras más nos tardemos en darnos cuenta de la situación en la que estamos, las soluciones serán más difíciles de hallar.

La misma ciencia que ha provocado efectos no deseados, por omisión o por previsión y falta de estudios de efectos secundarios posibles, tiene la solución a los problemas que ahora nos aquejan, pero como ya lo decía Albert Einstein " El Mundo que hemos creado hoy, tiene problemas que no podrán ser resueltos pensando de la misma forma que cuando los creamos".

BIBLIOGRAFÍA.

- Alcaraz Lozano Federico
"Diseño de cimbras de madera"
FUNDEC, México 1995.
- Askeland Donald
"La ciencia e ingeniería de los materiales"
Grupo editorial Iberioamericana, México 1987.
- Davis Harmer y Troxel George
"Ensaye e inspección de materiales de ingeniería"
CECSA, México 1976.
- Ghio C. Virgilio
"Guía para la innovación tecnológica en la construcción"
Ediciones de la Universidad Católica de Chile, Chile 1997.
- Hornbostel Caleb
"Materiales para construcción: tipos, usos y aplicaciones"
Noriega Limusa, México 1999.
- Juan de Cusa
"Aplicaciones del plástico en la construcción"
CEAC, España 1979.
- Parker Harry
"Diseño simplificado de estructuras de madera"
Noriega Limusa, México 1990.
- Robles Francisco y Dávalos Raymundo
"Comentarios y ejemplos de las NTC para el diseño y construcción de estructuras de madera"
Series del Instituto de Ingeniería ES – 5, México 1991.
- Smith William
"Fundamentos de la ciencia en ingeniería de materiales"
Mc graw Hill, España 1992.
- Instituto Mexicano del Plástico Industria S.C.
"Enciclopedia de los plásticos.
- Reglamento de construcciones para el Distrito Federal y las Normas Técnicas Complementarias.

- Catálogo de Normas Mexicanas de la Secretaría de Economía, Dirección General de Normas:

Para madera:

CLAVE DE LA NORMA	DESCRIPCION
NMX-C-145-1982	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION – VIVIENDA DE MADERA- AGRUPAMIENTO Y DISTANCIAS MINIMAS EN RELACION A PROTECCION CONTRA EL FUEGO ESPECIFICACIONES
NMX-EE-072-1979	ENVASE Y EMBALAJE- DE MADERA. TERMINOLOGIA
NMX-EE-137-1982	ENVASE Y EMBALAJE- MADERA- DETERMINACION DE LA FLEXION ESTATICA
NMX-C-224-1983	IND. DE LA CONSTRUCCION - VIVIENDA DE MADERA Y EQUIPAMIENTO URBANO – DIMENSIONES DE LA MADERA ASERRADA PARA SU USO EN LA CONSTRUCCION
NMX-EE-095-1980	ENVASE Y EMBALAJE- MADERA- DETERMINACION DE LOS DEFECTOS EN MADERAS ASERRADAS Y CEPILLADAS
NMX-EE-128-1981	ENVASE Y EMBALAJE- MADERA- DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA EXTRACCION DE CLAVOS
NMX-EE-115-1981	ENVASE Y EMBALAJE- MADERA- METODO DE PRUEBA A LA COMPRESION
NMX-EE-121-1981	ENVASES Y EMBALAJE- MADERA- DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN DIRECCION PERPENDICULAR AL GRANO
NMX-EE-122-1981	ENVASE Y EMBALAJE – MADERA – DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN DIRECCION PARALELA AL GRANO
NMX-EE-103-1981	ENVASE Y EMBALAJE – MADERA- DETERMINACION DE HUMEDAD
NMX-C-326-1978	MADERA CONTRACHAPADA DE PINO (TRIPLAY)
NMX-EE-167-1983	ENVASE Y EMBALAJE – MADERA – CONTRACCION - LINEAL METODO DE PRUEBA
NMX-C-239-1985	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION – VIVIENDA DE MADERA-CALIFICACION Y CLASIFICACION VISUAL PARA MADERA DE PINO EN USOS ESTRUCTURALES
NMX-EE-170-1984	ENVASE Y EMBALAJE- MADERA- RESISTENCIA AL IMPACTO- METODO DE PRUEBA
NMX-EE-171-1984	ENVASE Y EMBALAJE- MADERA – RESISTENCIA A LA ABRASION- METODO DE PRUEBA
NMX-EE-163-1984	ENVASE Y EMBALAJE- MADERA- ESFUERZO CORTANTE PARALELO AL GRANO- METODO DE PRUEBA
NMX-EE-165-1984	ENVASE Y EMBALAJE- MADERA- DUREZA METODO DE PRUEBA
NMX-EE-166-1984	ENVASE Y EMBALAJE- MADERA- RAJADURA METODO DE PRUEBA
NMX-EE-056-1984	ENVASE Y EMBALAJE – EMBALAJE – MADERA TARIMAS - DIMENSIONES
NMX-EE-145-1982	ENVASE Y EMBALAJE – MADERA – PLATAFORMAS PARA EL TRANSPORTE DE MAQUINARIA Y OBJETOS PESADOS ESPECIFICACIONES
PROY-NMX-C-224-ONNCE-2000	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-VIVIENDA DE MADERA Y EQUIPAMIENTO URBANO-DIMENSIONES DE LA MADERA ASERRADA PARA USO EN LA CONSTRUCCION (CANCELA A LA NMX-C-224-1983)
PROY-NMX-C-178-ONNCE-2000	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-PRESERVADORES PARA MADERA-CLASIFICACION Y REQUISITOS (CANCELA A LA NMX-C-178-1983 Y A LA NMX-R-031-1973)

NMX-C-411-ONNCE-1999	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-VIVIENDA DE MADERA-ESPECIFICACIONES DE COMPORTAMIENTO PARA TABLEROS A BASE DE MADERA DE USO ESTRUCTURAL.
NMX-C-409-ONNCE-1999	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-ELEMENTOS DE MADERA-CLASIFICACION VISUAL PARA MADERAS LATIFOLIADAS DE USO ESTRUCTURAL
NMX-EE-164-1983	ENVASE Y EMBALAJE -MADERA - TENSION PERPENDICULAR AL GRANO -- METODO DE PRUEBA
NMX-EE-117-1981	ENVASE Y EMBALAJE- DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO APARENTE EN MADERAS
NMX-R-017-1981	INDUSTRIA MADERERA - MADERAS PRESERVADAS - TERMINOLOGIA
NMX-R-034-1976	TABLEROS CONTRACHAPADOS (TRIPLAY) DE MADERAS FINAS (CEDRO Y CAOBA) Y DUFAS TROPICALES

Para plásticos:

CLAVE DE LA NORMA	DESCRIPCION
NMX-EE-136-1982	ENVASE Y EMBALAJE- PLASTICO- TERMINOLOGIA
NMX-E-186-1990	INDUSTRIA DEL PLASTICO - RESISTENCIA - AL IMPACTO IZO DE MATERIALES RIGIDOS - METODO DE PRUEBA
NMX-E-082-1990	INDUSTRIA DEL PLASTICO- RESISTENCIA A LA TENSION DE MATERIALES PLASTICOS- METODO DE PRUEBA
NMX-E-201-1993-SCFI	INDUSTRIA DEL PLASTICO - ABSORCION DE AGUA POR PLASTICOS - METODO DE PRUEBA
NMX-E-004-1990	INDUSTRIA DEL PLASTICO - DENSIDAD RELATIVA Y ABSOLUTA- METODO DE PRUEBA
NMX-E-183-1990	INDUSTRIA DEL PLASTICO - RESISTENCIA A LA FLEXION - METODO DE PRUEBA
NMX-P-064-1986	INDUSTRIA DEL VIDRIO - FIBRA DE VIDRIO - LAMINAS DE PLASTICO CON REFUERZO DE FIBRA DE VIDRIO
NMX-E-137-1986	PLASTICOS - LAMINAS ACANALADAS DE PLASTICO REFORZADAS CON FIBRA DE VIDRIO - RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE- METODO DE PRUEBA
NMX-E-138-1986	PLASTICOS - LAMINAS ACANALADAS DE PLASTICO REFORZADAS CON FIBRA DE VIDRIO - RESISTENCIA A LA CARGA TRANSVERSAL- METODO DE PRUEBA
NMX-E-232-SCFI-1999	INDUSTRIA DEL PLASTICO - RECICLADO DE PLASTICOS - SIMBOLOGIA PARA LA IDENTIFICACION DEL MATERIAL CONSTITUTIVO DE ARTICULOS DE PLASTICO - NOMENCLATURA.
NMX-E-17-1988	INDUSTRIA DEL PLASTICO - ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA
NMX-E-077-1979	PLASTICOS - BRILLO SUPERFICIAL- DETERMINACION
NMX-E-083-1979	PLASTICOS - DETERMINACION DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
NMX-E-088-1979	PLASTICOS - DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION
NMX-E-090-1979	PLASTICOS - DETERMINACION A LA RESISTENCIA AL IMPACTO
NMX-E-091-1979	PLASTICOS: DETERMINACION DE LA DEFORMACION POR EL CALOR
NMX-C-195-1983	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION - MATERIALES TERMOAISLANTES PLASTICOS - COEFICIENTES DE EXPANSION TERMICA LINEAL - METODO DE PRUEBA
NMX-E-097-1980	PLASTICOS - CARACTERISTICAS DE ACONDICIONAMIENTO
NMX-E-098-1980	PLASTICOS - PELICULAS - DETERMINACION GRAVIMETRICA DEL ESPESOR
NMX-E-163-1985	PLASTICOS - RESISTENCIA AL INTemperismo DE LAMINADO PLASTICOS - METODO DE PRUEBA
NMX-E-060-1978	TERMINOLOGIA DE PLASTICOS
NMX-E-057-1978	SIGLAS Y ABREVIATURAS DE TERMINOS RELACIONADOS CON LOS PLASTICOS
NMX-E-032-1969	METODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE RESISTENCIA DE LOS PLASTICOS A LOS REACTIVOS QUIMICOS