

OCTUBRE
2008

U.M.S.N.H.

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**“SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE
MORTEROS POLIMÉRICOS FIBROREFORZADOS
PARA EL DESARROLLO DE MATERIALES
PREFABRICADOS”**

Para obtener el título de:

Ingeniero civil

Presenta:

Pedro Gómez Hernández

Asesor de tesis:

Dr. José Carlos Rubio Avalos

Co-asesor:

Dr. José de Jesús Pérez Bueno

*Centro de investigación y desarrollo tecnológico en
electroquímica s. c.*

Morelia, Michoacán. Octubre 2008



DEDICATORIA

*Estoy agradecido con **Díos** por haberme permitido mas años de vida y gracias a ello alcancé mi meta, que es la de haber terminado mi carrera profesional. Y también por que en los momentos mas difíciles sentía su presencia alentándome y consolándome.*

*Este proyecto que presentaré se lo dedico a mi **papá Jerónimo Gómez Pérez** y a mi **madre Jerónima Hernández Gómez**, que son los principales integrantes en mi vida, por que ellos me brindaron su cariño y comprensión; además depositaron su confianza en mí, sabían que no les podía fallar. A mis padres les estoy muy agradecido por haberme educado bien y gracias a sus consejos y regaños soy ahora un profesionista.*

*De igual forma agradezco a mi **hermano y amigo Juan Carlos** por el apoyo que me brindo, y por que el siempre me aconsejaba y me decía que le pusiera mas empeño a mis estudios.*

*Ahora también les agradezco a mis compañeros de la carrera que siempre me brindaron su apoyo; pero estaré más agradecido por mis compañeros: **Sergio medina, Edwín rojas, Manuel Servín, Alejandro Soto**, ya que ellos fueron los que me apoyaron más a lo largo de cinco años, y me brindaron su amistad que es lo más valioso. Y también agradezco a la familia **Medina** y ala familia **Rojas** por haberme abierto las puertas de su hogar.*

*A mis amigos del laboratorio de materiales "**Ing. Luis Manuel Silva Ruelas**" entre ellos: Rubén Hernández, Jaime chora y a carmelita; les agradezco por su apoyo brindado.*

También agradezco a mis compañeros de innovación, por haberme ayudado a realizar las pruebas mecánicas en mis placas y vigas.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo por haberme brindado los conocimientos de un profesionista a través de los académicos que laboran en esta institución. Y también a través del laboratorio de materiales de dicha institución.

Al Dr. José Carlos Rubio Avalos, por haber aceptado que fuera mi asesor, por su apoyo, por su comprensión y también por la amistad que me brindó; pero también por que él es la parte medular de este proyecto.

A la Dra. Elia Mercedes Alonso Guzmán, jefe del departamento de materiales, por el apoyo brindado y más que nada por su amistad, como también por haberme abierto las puertas del laboratorio de materiales. Y también por sus conocimientos que me transmitió en el transcurso de la carrera.

Al M.A. Wilfrido Martínez Molina por su amistad y también por sus conocimientos que me brindó en las mismas aulas de esta institución en el transcurso de la carrera como ingeniero civil.

A la F.N.E.R.R.R (Federación Nacional de Estudiantes Revolucionarios Rafael Ramírez)

A Alejandra Mondragón Cervantes, responsable de las casas de estudiante espartacos, por el apoyo económico que me brindó.

ÍNDICE

	PÁGINA
1. INTRODUCCION.....	3
2. ESTADO DEL ARTE.....	4
2.1. TIPOS DE MATERIALES.....	4
2.1.1. INTRODUCCION.....	4
2.1.2. CLASIFICACION DE MATERIALES.....	4
2.2. POLIMEROS.....	8
2.2.1. INTRODUCCION.....	8
2.2.2. DEFINICION.....	9
2.2.3. ESTRUCTURA DE LOS POLIMEROS.....	10
2.2.4. POLIMERIZACION.....	13
2.2.4.1. FORMACION DE CADENAS POR EL MECANISMO DE ADICION O CRECIMIENTO DE CADENAS.....	13
2.2.4.1.1. FUERZAS DE VAN DER WAALS.....	21
2.2.4.2. FORMACION DE CADENAS POR EL MECANISMO DE CONDENSACION.....	23
2.2.5. CLASIFICACION DE LOS POLIMEROS.....	24
2.2.5.1. SEGÚN SU ORIGEN.....	24
2.2.5.2. AL TIPO DE MONOMERO: HOMOPOLIMEROS Y COPOLIMEROS.....	26
2.2.5.3. SEGÚN SU FORMA.....	27
2.2.5.4. SEGÚN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS: RESISTENCIA Y DUREZA.....	29
2.2.5.5. SEGÚN LA REGION AL QUE CORRESPONDA: CRISTALINOS Y AMORFAS.....	30
2.2.5.6. SEGÚN SUS PROPIEDADES FISICAS.....	33
2.2.6. POLIMEROS TERMOESTABLES.....	35
2.3. MATERIALES COMPUESTOS.....	44
2.3.1. INTRODUCCION.....	44
2.3.2. NANOTUBOS DE CARBONO.....	45
2.3.3. FIBRAS DE CARBONO.....	48
2.3.4. Kevlar.....	49
2.3.5. FIBRA DE VIDRIO.....	49
2.3.6. MATERIALES COMPUESTOS CON FIBRA DE VIDRIO.....	50
3. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	52
3.1. ESTUDIOS GRANULOMÉTRICOS DE LA ARENA SILICA.....	53
3.2. OBTENCION DE LA MATERIA PRIMA.....	55

3.3. SÍNTESIS DEL COPOLÍMERO POLIÉSTER-ESTIRENO VIA RADICALES LIBRES.....	56
3.3.1. PREPARACIÓN DEL POLÍMERO.....	57
3.3.2. OBTENCIÓN DEL POLÍMERO ÓPTIMO.....	59
3.3.3. OBTENCIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO (ARENA SILICA-POLÍMERO-FIBRA DE VIDRIO).....	68
3.3.3.1. PREPARACIÓN DEL MORTERO POLIMÉRICO SIN REFORZAR.....	68
3.3.3.2. OBTENCIÓN DEL COMPUESTO POLIMÉRICO ÓPTIMO SIN REFORZAR.....	70
4. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS.....	73
4.1. ELABORACIÓN DE PLACAS Y VIGAS SIN REFORZAR.....	73
4.2. ELABORACIÓN DE PLACAS Y VIGAS CON REFUERZO DE FIBRA DE VIDRIO.....	77
4.3. PRUEBAS DE ABSORCIÓN EN LAS PLACAS Y VIGAS (CON Y SIN REFUERZO).....	81
5. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS.....	84
5.1. RESISTENCIA A FLEXIÓN.....	84
5.2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN.....	88
5.3. CÁLCULO DEL MOR Y DEL P_{eL}	92
5.4. CURVA CARGA—DEFORMACIÓN.....	94
6. ANÁLISIS DE COSTOS.....	106
7. APLICACIONES FACTIBLES EN EL DISEÑO DE MATERIALES PREFABRICADOS.....	108
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	111
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112

1. INTRODUCCIÓN

En nuestro planeta existen diferentes elementos o materiales con los que podemos trabajar, como son: los metales, los cerámicos, los polímeros y los materiales compuestos. Pero en este presente documento hablaremos de los polímeros o plásticos, que también es un material importante. Ya que este material siempre ha existido en nuestras vidas, solo que no se había podido trabajar con ellas. Claro, sí se ha utilizado pero la mayoría de los habitantes de nuestro país desconocen de este material más que solo son conocidos nada más en las botellas de plástico los denominados PET, en tinacos, en las pinturas; mas no como un material para la construcción.

Entonces en este documento se describirán los diferentes tipos de polímeros, como son los polímeros termoestables, los termoplásticos y los elastómeros, y sus características. Y el polímero que utilizaremos es del tipo termoestable. Ya que tiene una buena estabilidad dimensional, estabilidad térmica, resistencia química y propiedades eléctricas.

Pero no solo eso, si no que también buscaremos innovar un nuevo material para la construcción, utilizando una matriz polimérica para nuestro material compuesto. Además también se buscara mejorar sus propiedades mecánicas.

Con el nuevo material compuesto polímero-arena sílica, se elaboraran pequeñas vigas con dimensiones de 4x4x16cms que serán sometidas a pruebas mecánicas, como su resistencia a flexión y a compresión. Además se elaboraran placas con otras dimensiones que nos ayudaran a conocer como va a ser su curva Carga-Deformación, en donde las deformaciones se podrán obtener con la ayuda de un micrómetro.

Una vez que ya hayamos visto el comportamiento de este material, entonces se prosigue a reforzar dicho material para que aumentemos más su resistencia mecánica.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. TIPOS DE MATERIALES

2.1.1. INTRODUCCIÓN

Todos los ingenieros tienen que ver con los materiales de manera cotidiana en manufactura y en procesamientos, y en el diseño y construcción de componentes de estructuras. Deben seleccionar y utilizar materiales y analizar las fallas de los mismos.

Al seleccionar los materiales a incorporar en un diseño primero deben de tomarse una diversidad de decisiones importantes con las tolerancias dimensionales correctas y si pueden mantener la forma correcta durante su uso.

También que sea capaz de poder seguir las propiedades requeridas de acuerdo a las Normas de Construcción; como también si el material es compatible con otras partes de un ensamble y pueda fácilmente unirse a ellas; por otra parte, considerar que pueda fácilmente reciclarse, como también observar si el material o su fabricación pueda causar daños ecológicos; y como por último saber si el material a tratar sea económicamente factible para su utilización.

2.1.2. CLASIFICACIÓN DE MATERIALES

*Los materiales se clasifican en cinco grupos: **METALES, CERÁMICOS, POLÍMEROS, SEMICONDUCTORES Y MATERIALES COMPUESTOS**. Los materiales de cada uno de estos grupos poseen estructuras y propiedades distintas. Las diferencias en resistencia se pueden comparar en la tabla siguiente y también nos ilustra la amplia gama de propiedades disponibles.*

	APLICACIONES	PROPIEDADES
METALES		
Cobre	Alambre conductor eléctrico.	Alta conductividad eléctrica, buena formabilidad.
Hierro fundido gris	Bloques para motor de automóvil.	Moldeable, maquinable, absorbe vibraciones.
Aleación de aceros	Llaves	Endurecidas de manera significativa mediante tratamientos térmicos.
CERAMICOS		
$\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O-CaO}$	Vidrio para ventana	Ópticamente útil, aislante térmico.
$\text{Al}_2\text{O}_3, \text{MgO}, \text{SiO}_2$	Refractarios para contener metal fundido	Aislantes térmicos, se funden a alta temperatura, relativamente inertes ante metal fundido.
Titanato de bario	Transductores para equipo de audio.	Convierten sonido en electricidad (comportamiento piezoeléctrico).
POLÍMEROS		
Polietileno	Empacado de alimentos	Fácilmente conformables en delgadas películas flexibles e impermeables.
Epóxicos	Encapsulado de circuitos integrados.	Eléctricamente aislante y resistente a la humedad.
Fenólicos	Adhesivos para unir capas de madera laminada.	Fuertes, resistentes a la humedad.

SEMICONDUCTORES		
Silicio	Transistores y circuitos integrados.	Comportamiento eléctrico único.
GaAs	Sistemas de fibras ópticas	Convierte señales eléctricas en luz.
COMPUESTOS		
Grafito en matriz epóxica	Componentes para aeronaves	Relación elevada resistencia-peso.
Carburo de tungsteno-cobalto	Herramientas de corte de carburo para maquinado	Alta dureza, y de buena resistencia al impacto.
Acero recubierto de titanio	Recipientes para reactores	Tiene el bajo costo y la alta resistencia del acero, con la resistencia de corrosión del titanio.

*RPF. CIENCIA DE MATERIALES PARA INGENIEROS JAMES F. SHACKELFORD

METALES.-Los metales y sus aleaciones, incluyendo acero, aluminio, magnesio, zinc, hierro fundido, titanio, cobre y níquel, generalmente tienen como característica una buena conductividad eléctrica y térmica, una resistencia relativamente alta, una alta rigidez, ductilidad, conformabilidad y resistencia al impacto. Son particularmente útiles en aplicaciones estructurales o de carga.

CERÁMICOS.-El ladrillo, el vidrio, la porcelana, los refractarios y los abrasivos, tienen baja conductividad eléctrica y térmica, y a menudo son utilizados como aislantes. Los cerámicos son fuertes y duros, aunque también muy frágiles o quebradizos. Las nuevas técnicas de procesamiento han conseguido que los cerámicos sean lo suficientemente resistentes a la fractura para que puedan ser utilizados en aplicaciones de carga, como los impulsores en motores de turbina.

POLÍMEROS.- Producidos mediante un proceso conocido como *polimerización*, es decir, creando grandes estructuras moleculares a partir de moléculas orgánicas, los polímeros incluyen el hule, los plásticos y muchos tipos de adhesivos. Los polímeros tienen baja conductividad eléctrica y térmica, reducida resistencia y no son adecuados para utilizarse a temperaturas elevadas. Los polímeros termoplásticos, en los cuales las largas cadenas moleculares no están conectadas de manera rígida, tienen buena ductilidad y conformabilidad; los polímeros termoestables son mas resistentes, aunque mas frágiles, porque las cadenas moleculares están fuertemente enlazadas. Los polímeros son utilizados en muchas aplicaciones, incluyendo dispositivos electrónicos.

SEMICONDUCTORES.- Aunque el silicio, el germanio y una variedad de compuestos como el GaAs son muy frágiles, resultan esenciales para aplicaciones electrónicas y de comunicaciones. La conductividad eléctrica de estos materiales puede controlarse para su uso en dispositivos electrónicos como transistores, diodos y circuitos integrados. La información hoy día se transmite por la luz a través de sistemas de fibras ópticas; los semiconductores que convierten las señales eléctricas en luz y viceversa son componentes esenciales de estos sistemas.

MATERIALES COMPUESTOS.- Se conforman a partir de dos o más materiales, produciendo propiedades que no se encuentra en ninguno de los materiales de manera individual. El concreto, la madera contrachapada y la fibra de vidrio son ejemplos típicos de materiales compuestos. Con materiales compuestos podemos producir materiales ligeros, fuertes, dúctiles, resistentes a altas temperaturas o bien podemos producir herramientas de corte dura y a la vez resistente al alto impacto. Como por ejemplo tenemos a los vehículos aéreos y aeroespaciales modernos depende de manera importante de materiales compuestos como los polímeros reforzados de fibra de carbono.

2.2. POLÍMEROS

2.2.1. INTRODUCCIÓN

A lo largo del siglo XX la Ciencia de Polímeros se ha desarrollado de tal manera que se han obtenido materiales extraordinarios, básicos para los desarrollos tecnológicos de la actualidad, pero lo que mucha gente ignora es que siempre hemos vivido en la era de los polímeros. Incluso en las denominadas Edad de Piedra, Edad de Bronce o Edad de Hierro, los polímeros estaban presentes en mayor medida que los materiales que dieron nombre a dichas épocas, puesto que los polímeros forman la base de la vida animal y vegetal.

Sí no se tienen en cuenta los metales, los compuestos inorgánicos, casi todo lo que queda en el mundo son polímeros: fibras, resinas, proteínas.

Los hombres primitivos ya habían utilizado técnicas rudimentarias de tratamiento de polímeros, como curtir las pieles de los animales y transformarlas en cuero o para modelar caparazones de tortuga mediante la aplicación de calor. También aprendieron a procesar, teñir y tejer fibras naturales como la lana, la seda, el lino o el algodón.

Los polímeros que abarcan materiales tan diversos como los plásticos, el hule, el caucho y los adhesivos, son moléculas grandes que a veces se conocen como macromoléculas. La estructura de esas moléculas se deriva de la repetición de unidades estructurales mas pequeñas denominados monómeros, con pesos moleculares desde 10,000 hasta mas de 1,000,000 g/mol, y este proceso mediante la cual las moléculas más pequeñas se unen para crear estas moléculas gigantes se le denomina como polimerización. Los materiales con un grado elevado de polimerización se denominan altos polímeros. Los

homopolímeros son polímeros con un solo tipo de unidad que se repite. En los copolímeros se repiten varias unidades distintas.

Los polímeros se utilizan en un numero sorprendente de aplicaciones, incluyendo juguetes, aparatos domésticos, elementos estructurales y decorativos, recubrimientos, pinturas, adhesivos, llantas de automóvil, espumas y empaques. Y los polímeros son a menudo utilizados como fibra y como matriz en compuestos.

Los polímeros comerciales o estándar son materiales ligeros resistentes a la corrosión, de baja resistencia y rigidez, y nos son adecuados para uso a temperaturas altas. Sin embargo son relativamente económicos y fácilmente conformables en una diversidad de formas, desde bolsas de plásticos a engranes metálicos y tinas de baño.

Los polímeros también tienen muchas propiedades físicas útiles. Como podemos mencionar el plexiglás y la Lucita, son transparentes y pueden reemplazar a los vidrios cerámicos. Aunque la mayor parte de los polímeros son aislantes eléctricos, los polímeros especiales y los compuestos basados en polímeros poseen una conductividad eléctrica útil. El teflón tiene un bajo coeficiente de fricción y sirve de recubrimiento para utensilios de cocina antiadherentes. Los polímeros también son resistentes a la corrosión y al ataque químico.

2.2.2. DEFINICIÓN

Un polímero (del griego poly, muchos; mers, parte, segmento) es una sustancia cuyas moléculas son por lo menos aproximadamente, múltiplos de unidades de peso molecular bajo. La unidad de bajo peso molecular es el monómero.

Sí el polímero es rigurosamente uniforme en peso molecular y estructura molecular, su grado de polimerización es indicado por un numeral griego, según el número de unidades de monómero que

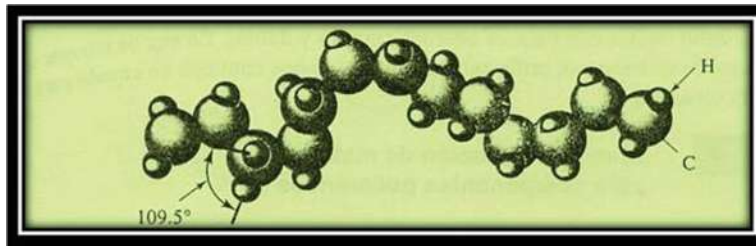
contiene; así, hablamos de dímeros, trímeros, tetrámero, pentámero y sucesivos. El término polímero designa una combinación de un número no especificado de unidades. En los polímeros, las unidades que se repiten a lo largo de la estructura reciben el nombre de unidad constitucional repetitiva (UCR), que también se les denomina con la palabra residuo.

Si el número de unidades es muy grande, se usa también la expresión gran polímero. Un polímero no tiene la necesidad de constar de moléculas individuales todas del mismo peso molecular, y no es necesario que tengan todas la misma composición química y la misma estructura molecular. Hay polímeros naturales como ciertas proteínas globulares y polícarbohidratos, cuyas moléculas individuales tienen todos los mismos pesos moleculares y la misma estructura molecular; pero la gran mayoría de los polímeros sintéticos y naturales importantes son mezclas de componentes poliméricos homólogos. La pequeña variabilidad en la composición química y en la estructura molecular es el resultado de la presencia de grupos finales, ramas ocasionales, variaciones en la orientación de unidades monómeras y la irregularidad en el orden en el que suceden los diferentes tipos de esas unidades en los copolímeros. Estas variedades en general no suelen afectar a las propiedades del producto final, sin embargo, se ha descubierto que en ciertos casos hubo variaciones en copolímeros y ciertos polímeros cristalinos.

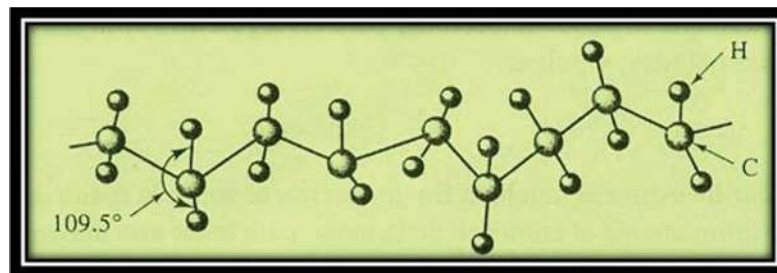
2.2.3. ESTRUCTURA DE LOS POLÍMEROS

Los polímeros pueden subdividirse en tres o cuatro grupos estructurales. Las moléculas de los polímeros lineales consiste en largas cadenas de monómeros unidos por enlaces como las cuentas de un collar. Un ejemplo de ello podemos mencionar el polietileno, en donde se tiene tres formas de cómo podemos representar su estructura, las cuales se muestran en las figuras siguientes:

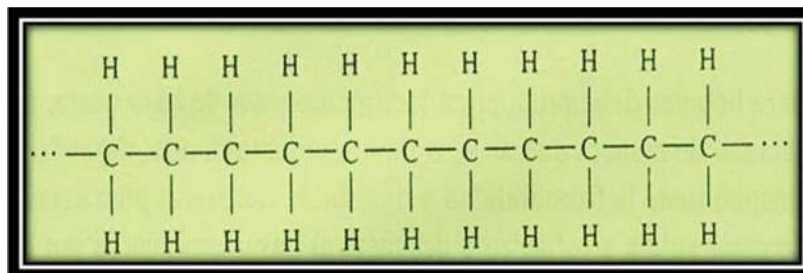
a) *Modelo sólido tridimensional



b) *Modelo espacial tridimensional



c) *Modelo bidimensional simple



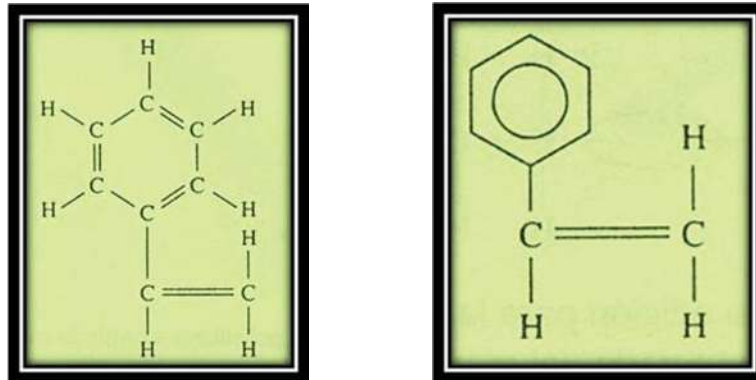
*RPJ. CIENCIA DE MATERIALES PARA INGENIEROS JAMES F. SHACKELFORD

La cadena de polímero está formada por una cadena principal de átomos de carbono; dos átomos de hidrógeno están enlazados a cada átomo de carbono en la cadena. Esta gira y se retuerce en el espacio. El modelo bidimensional simple, ya antes mencionado, incluye los elementos esenciales de un polímero y se utilizara para describir los diversos polímeros.

Las líneas sencillas (—) entre los átomos de carbono e hidrógeno representan un enlace covalente simple. Dos líneas paralelas (=) representa un enlace covalente doble entre átomos.

Varios polímeros tienen estructuras en anillo, como el anillo de benceno que se encuentra en las moléculas de estireno y las fenólicas.

*En la siguiente figura se tiene dos formas de cómo representar el anillo de benceno, en este caso el anillo de benceno está unido a un par de átomos de carbono, produciendo estireno.



*RPF. CIENCIA DE MATERIALES PARA INGENIEROS JAMES F. SHACKELFORD

Además de la estructura en anillo, tenemos también los polímeros ramificados. Estos polímeros tienen cadenas secundarias que están unidas a la cadena principal, la ramificación puede ser producida por impurezas o por la presencia de monómeros que tienen varios grupos reactivos. Los polímeros compuestos por monómeros con grupos secundarios que forman parte del monómero, como el poliestireno y el polipropileno, no se consideran polímeros ramificados.

En los polímeros entrecruzados es en donde se encuentran dos o más cadenas unidas por cadenas secundarias. Con un grado pequeño de entrecruzamiento se obtiene una red poco compacta esencialmente bidimensional. Los grados elevados de entrecruzamiento dan lugar a una estructura tridimensional, el entrecruzamiento es producido normalmente por reacciones químicas.

2.2.4. POLIMERIZACIÓN

La polimerización es un proceso químico por el cual, mediante calor, luz o un catalizador, se unen varias moléculas de un compuesto generalmente de carácter no saturado llamado monómero para formar una cadena de múltiples eslabones, moléculas de elevado peso molecular y de propiedades distintas, llamadas macromoléculas o polímeros.

Según el mecanismo por el cual se produce la reacción de la polimerización para dar lugar al polímero, esta se clasifica como polimerización de crecimiento por pasos (formación de cadenas por el mecanismo de condensación) y polimerización en cadena (formación de cadenas por el mecanismo de adición).

En cualquier caso el tamaño de la cadena dependerá de parámetros como la temperatura o el tiempo de reacción, teniendo cada cadena un tamaño distinto y, por lo tanto, un peso molecular distinto, por lo que se habla de peso promedio para el polímero. Pero en el caso de la polimerización por pasos se necesita monómeros bifuncionales.

2.2.4.1. FORMACIÓN DE CADENAS POR EL MECANISMO DE ADICIÓN ó CRECIMIENTO DE CADENAS.

Es una reacción de adición el proceso de polimerización que se inicia por un radical, un catión o un anión. Existen cinco tipos de reacción por adición: **VINILO**: Suma de moléculas pequeñas de un mismo tipo por apertura del doble enlace sin eliminación de ninguna parte de la molécula. **EPÓXIDO**: Suma de pequeñas moléculas de un mismo tipo por apertura de un anillo sin eliminación de ninguna parte de la molécula. **TÍPO DIAZO**: Suma de pequeñas moléculas de

un mismo tipo por apertura de un doble enlace con eliminación de una parte de la molécula. **TIPO A-AMINOCARBOXIANHÍDRIDO:** Suma de pequeñas moléculas por ruptura del anillo con eliminación de una parte de la molécula. **TIPO PIXILENO:** Suma de biradicales formados por deshidrogenación.

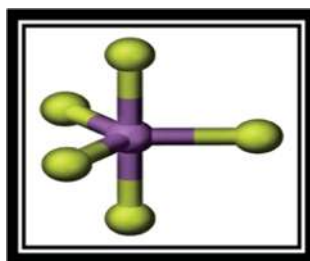
La formación del polímero más común, es el polietileno, es un ejemplo de polimerización por adición. El polietileno es un gas de fórmula C_2H_4 . Los dos átomos de carbono están unidos por un enlace covalente doble. Cada uno de estos átomos comparte dos de sus electrones con el otro, y dos átomos de hidrógeno están enlazados a cada uno de los átomos de carbono. La molécula de etileno es un monómero.

En el cuadro siguiente vemos algunos de los polímeros de adición más importantes, sus principales aplicaciones, así como los monómeros de los que proceden. Nótese que los polímeros basan su nomenclatura en el nombre comercial de los monómeros.

MONÓMERO	POLÍMERO	USOS PRINCIPALES
$CH_2=CH_2$ Etileno	$-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-$ polietileno	Bolsas, botellas, juguetes...
$CH_2=CH-CH_3$ Propileno	$-CH_2-CH-CH_2-CH-$ polipropileno	Películas, útiles de cocina, Aislante eléctrico...
$CH_2=CHCl$ cloroeteno (cloruro de vinilo)	$-CH_2-CHCl-CH_2-CHCl-$ policloruro de vinilo	Ventanas, sillas, aislantes.
$CF_2=CF_2$ tetrafluoreteno	$-CF_2-CF_2-CF_2-CF_2-$ PTFE (teflón)	Antiadherente, aislante...

$\text{CH}_2=\text{CCl}-\text{CH}=\text{CH}_2$ 2-clorobutadieno	$-\text{CH}_2-\text{CCl}=\text{CH}-\text{CH}_2-$ cloropreno o neopreno	Aislante térmico, neumáticos
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$ propenonitrilo (acrilonitrilo)	$-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-$ CN CN	Tapicerías, alfombras, tejidos poliacrilonitrilo
CH_3 $\text{CH}_2=\text{C}-\text{COOCH}_3$ metil-propenoato de metilo (metacrilato de metilo)	CH_3 CH_3 $-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-$ COOCH_3 COOCH_3	Muebles, lentes y equipos ópticos PMM (plexiglás)
$\text{CH}_2=\text{CH}-$  fenileno (estireno)	$-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-$   poliestireno	Juguetes, embalajes

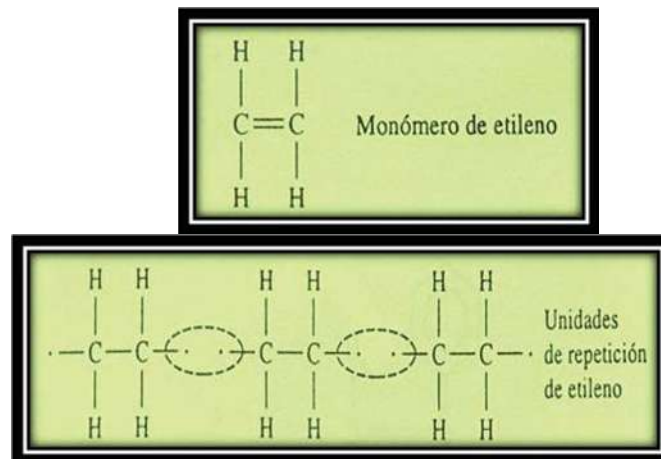
El monómero (del griego mono, uno y meros, parte) es una molécula de pequeña masa molecular que unida a otros monómeros, a veces cientos o miles, por medio de enlaces químicos, generalmente covalentes, forman macromoléculas llamadas polímeros. Además son unidades básicas o moléculas orgánicas relativamente simples, con estructura definida, estabilizada y específica. Algunos monómeros: Monosacáridos, Ácidos grasos, nucleótidos, aminoácidos, etc.



<http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Antimony-pentafluoride-monomer-3D-balls.png>

Antimonio pentafluoruro monómero

En la siguiente figura podremos ver la reacción de adición para la producción de polietileno a partir de moléculas de etileno. El enlace doble no saturado del monómero se divide para producir sitios activos, que entonces atraen a unidades de repetición adicionales hacia cada uno de los extremos para producir una cadena.



*RPF. CIENCIA DE MATERIALES PARA INGENIEROS JAMES F. SHACKELFORD

En presencia de una combinación apropiada de calor, presión y catalizadores, rompe el enlace doble entre los átomos de carbono y este se reemplaza por un enlace covalente único. Los extremos del monómero ahora son radicales libres; cada átomo de carbono tiene un electrón sin pareja, que puede compartir con otros radicales libres. Esta molécula reactiva, es el bloque constructivo básico del polímero, se conoce a veces como mero o dicho con mayor propiedad como unidad de repetición.

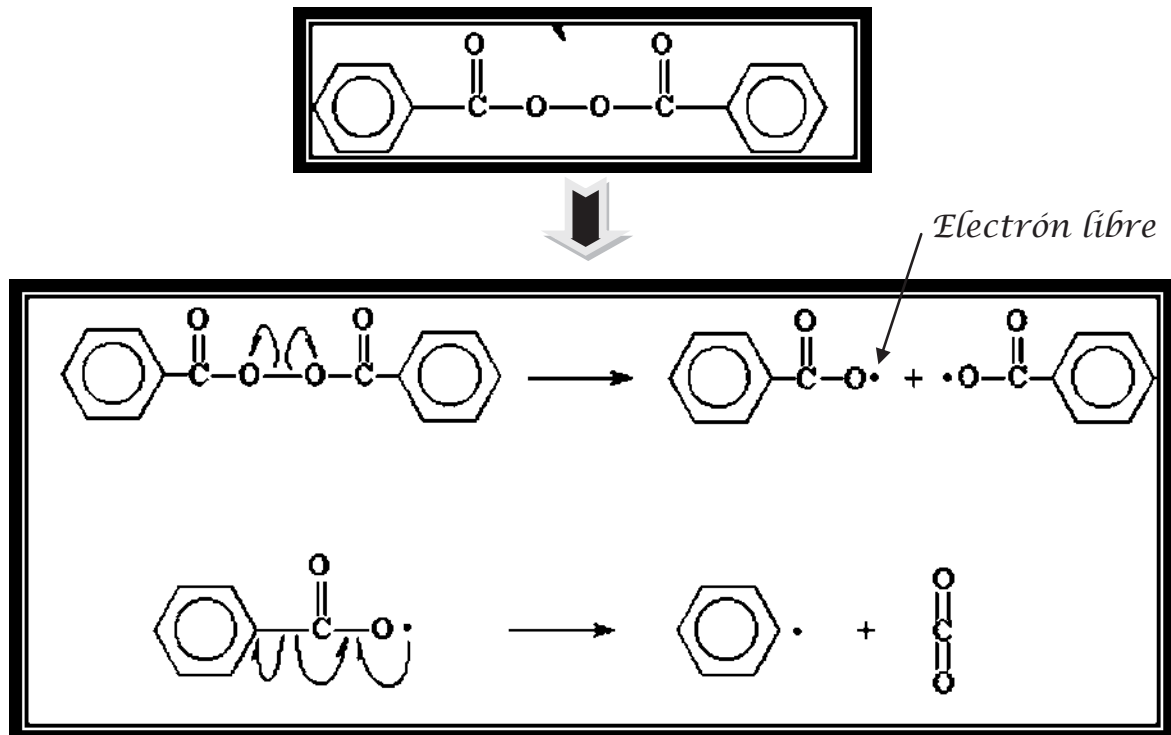
La polimerización por adición o también conocido como vía radicales libres, se emplea para sintetizar polímeros a partir de monómeros vinílicos, es decir, pequeñas moléculas conteniendo dobles enlaces carbono-carbono. Entre los polímeros obtenidos por polimerización por radicales libres tenemos el poliestireno, el poli-metacrilato de metilo, el poli-acetato de vinilo y el polietileno ramificado. Ocurre por que el monómero original tiene un enlace

covalente doble entre átomos de carbono. El enlace doble es un enlace no saturado. Después de cambiar a un enlace simple, los átomos de carbono siguen unidos, pero se convierten en activos, se puede agregar otras unidades de repetición para producir la cadena polimérica.

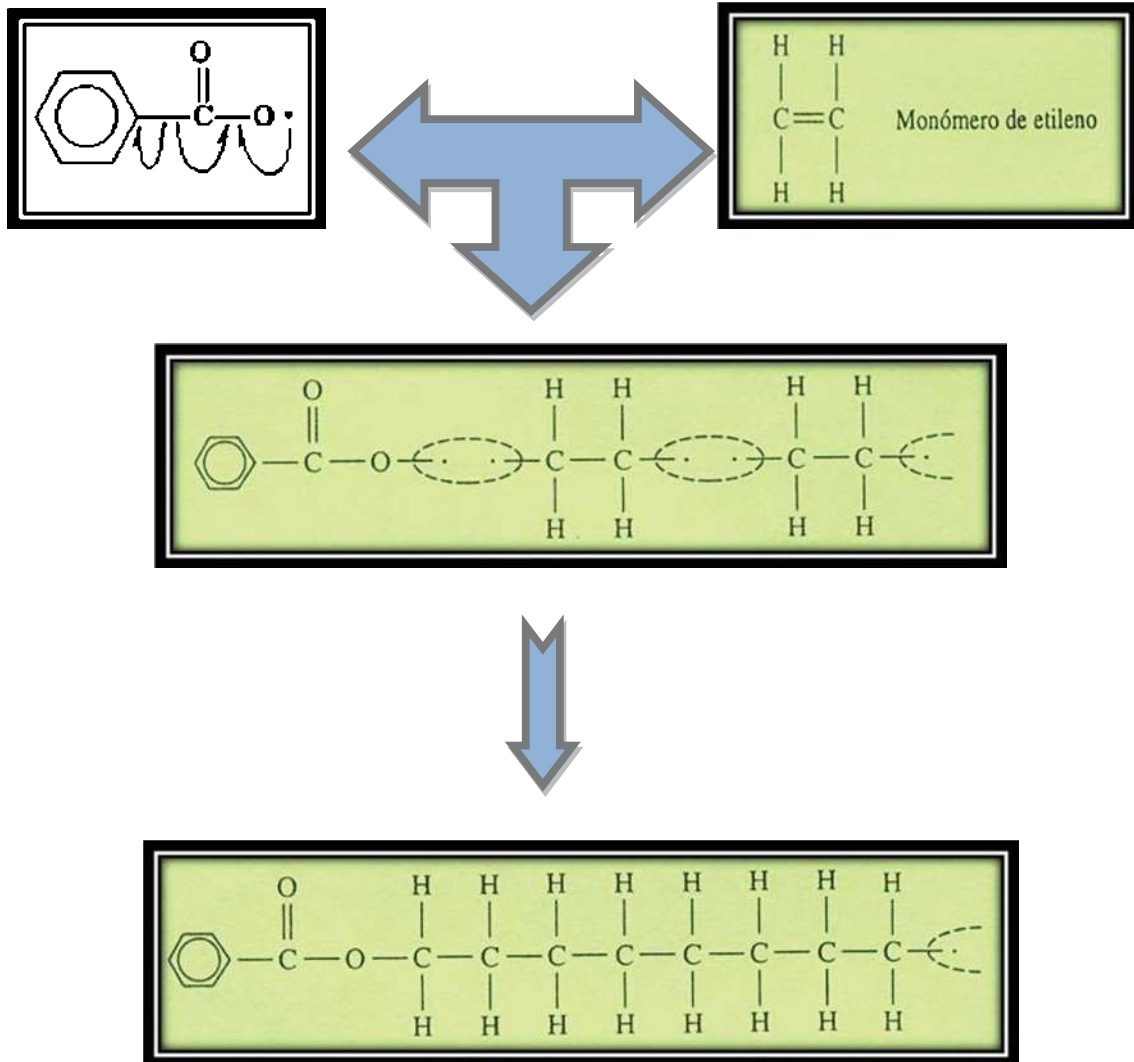
Para empezar la polimerización por crecimiento de cadenas se añade un iniciador al monómero, el iniciador forma radicales libres con un sitio reactivo que atrae a uno de los átomos de carbono del monómero de etileno. Cuando ocurre esta reacción el sitio reactivo se transfiere al otro átomo de carbono del monómero y se empieza a formar una cadena. Una segunda unidad de repetición de etileno se puede fijar en este nuevo sitio alargándose la cadena, este proceso continuará hasta que quede formada una larga cadena de polietileno o mas bien un polímero por adición. A continuación se mostrara paso a paso de cómo se lleva a cabo una polimerización por el mecanismo de adición.

- a) Todo el proceso comienza con una molécula llamada iniciador. Este puede ser por ejemplo el peróxido de benzoilo o el peróxido de metil-etil-cetona. Lo que hace especial a estas moléculas, es que poseen la inexplicable habilidad de escindirse de un modo bastante inusual. Cuando lo hacen, el par de electrones del enlace que se rompe, se separa. Esto es extraño, dado que siempre que sea posible, los electrones tienden a estar apareados. Cuando ocurre esta reacción, nos quedamos con dos fragmentos llamados fragmentos de iniciador, provenientes de la molécula original, cada uno con un electrón desapareado. Las moléculas como éstas, con electrones desapareados reciben el nombre de radicales libres.

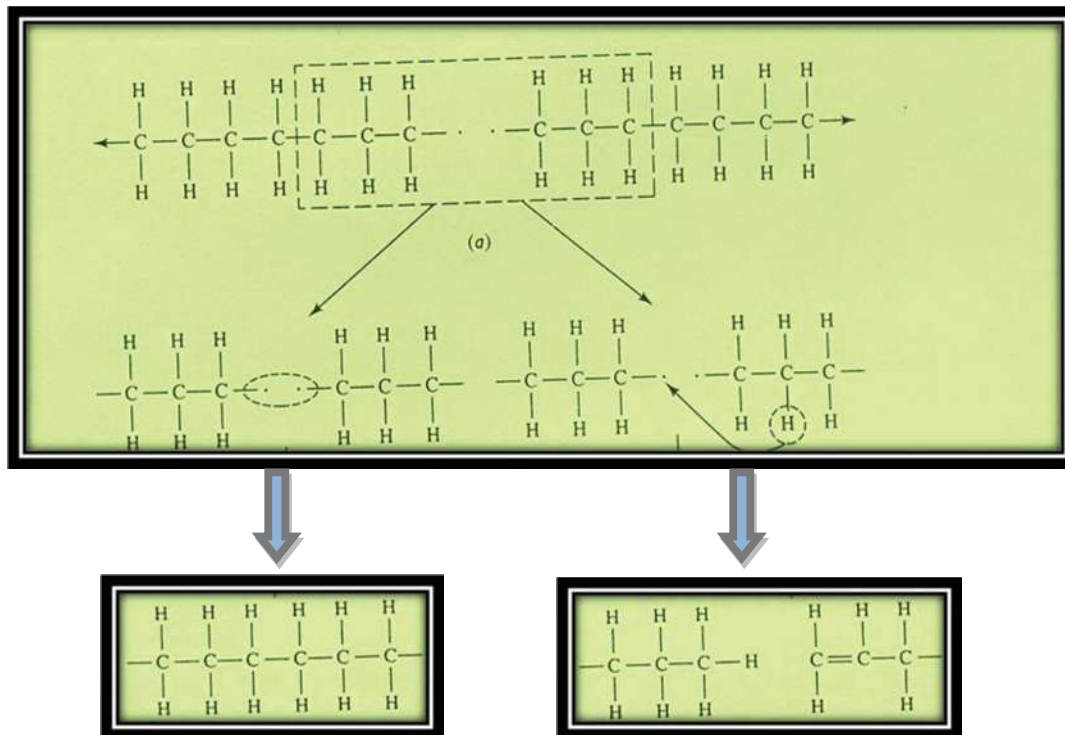
Peróxido de benzoílo



- b) Una vez iniciada la cadena se unen a gran velocidad unidades de repetición a cada cadena, quizás a varios miles de adiciones por segundo. Dado que los iniciadores reaccionan entre sí además de reaccionar con el monómero y sus vidas son relativamente cortas. Cuando la polimerización esta casi terminada, los pocos monómeros restante deben de recorrer grandes distancias antes de alcanzar un sitio activo en el extremo de alguna cadena y, en consecuencia la velocidad de crecimiento disminuye.



- c) Las cadenas pueden terminarse mediante dos mecanismos. Primero los extremos de las dos cadenas en crecimiento pueden unirse, este proceso es conocido como **combinación**. Y este proceso se lleva a cabo generando solo una cadena larga a partir de dos mas cortas.



COMBINACIÓN

DESPROPORCIONACIÓN

El otro proceso se lleva a cabo quitándole un átomo de hidrógeno de un extremo activo de la cadena a otra, donde este proceso es conocido como **desproporciónación**. Esta acción formara dos cadenas en vez de combinarlas en una mas larga.

Las cadenas de los polímeros pueden torcerse y girar debido a la naturaleza tetraédrica del enlace covalente. Las cadenas se tuercen o giran en respuesta a factores externos como la temperatura o la ubicación de la siguiente unidad de repetición al agregarse a la cadena, finalmente las cadenas quedan enlazadas

unas con otras creciendo todas simultáneamente. Para que tengamos una idea de cómo es una cadena de los polímeros, imaginémonos una cubeta llena de lombrices o un plato de espaguetí. Si tomamos un puñado de lombrices toda la masa tiende a conservarse junta debido a este entrelazamiento, pasaría lo mismo si tomáramos unas cuantas lombrices. Entonces esto nos da a entender que el entrelazamiento de cadenas de los polímeros es un mecanismo importante que le da resistencia al material.

También la resistencia a un polímero lineal lo proporciona el entrelazamiento de largas cadenas, junto con los enlaces *Van der Waals* entre cadenas.

2.2.4.1.1. FUERZAS DE VAN DER WAALS

También llamadas fuerzas de dispersión, presentes en las moléculas de muy baja polaridad, generalmente hidrocarburos. Estas fuerzas provienen de dipolos transitorios: como resultado de los movimientos de electrones, en cierto instante una porción de la molécula se vuelve ligeramente negativa, mientras que en otra región aparece una carga positiva equivalente. Así se forman dipolos no permanentes. Estos dipolos producen atracciones electrostáticas muy débiles en las moléculas de tamaño normal, pero en los polímeros, formados por miles de estas pequeñas moléculas, las fuerzas de atracción se multiplican y llegan a ser enormes, como en el caso del polietileno.

En la tabla siguiente se observa como cambia la densidad y la temperatura de fusión, al aumentar el número de átomos de carbono en la serie de los hidrocarburos. Los compuestos más pequeños son gases a la temperatura ambiente y al aumentar progresivamente el número de carbonos, los compuestos se vuelven líquidos y luego sólidos, cada vez con mayor densidad y mayor temperatura de fusión, hasta llegar a los polietilenos con densidades que van de 0,92 a 0,96 g / cm³ y temperaturas de fusión entre 105 y 135° C.

HIDROCARBURO	FÓRMULA	PESO MOLECULAR	DENSIDAD	T. DE FUSIÓN
Metano	CH_4	16	gas	-182 °C
Etano	C_2H_6	30	gas	-183 °C
Propano	C_3H_8	44	gas	-190 °C
butano	C_4H_{10}	58	gas	-138 °C
Pentano	C_5H_{12}	72	0,63	-130 °C
Hexano	C_6H_{14}	86	0,66	-95 °C
Heptano	C_7H_{16}	100	0,68	-91 °C
Octano	C_8H_{18}	114	0,70	-57 °C
Nonano	C_9H_{20}	128	0,72	-52 °C
Decano	$C_{10}H_{22}$	142	0,73	-30 °C
Undécano	$C_{11}H_{24}$	156	0,74	-25 °C
Dodecano	$C_{12}H_{26}$	170	0,75	-10 °C
Pentadécano	$C_{15}H_{32}$	212	0,77	10 °C
Eicosano	$C_{20}H_{42}$	283	0,79	37 °C
Triacontano	$C_{30}H_{62}$	423	0,78	66 °C
Polietileno	$C_{2000}H_{4002}$	28000	0,93	100 °C

Densidad y temperatura de fusión de hidrocarburos.

Debidas a dipolos permanentes, como en el caso de los poliésteres. Estas atracciones son mucho más potentes y a ellas se debe la gran resistencia tensil de las fibras de los poliésteres.

Hay atracciones de tipo iónico que son las más intensas:

Un ejemplo sería el copolímero etileno-ácido acrílico, que al ser neutralizado con la base $M(OH)_2$, producirá la estructura indicada. Estos materiales se llaman ionómeros y se usan, por ejemplo, para hacer películas transparentes de alta resistencia.

TIPO DE ENLACE	KCAL / MOL
Van der Waals en CH	2,4
Dipolos permanentes	3 a 5
Enlaces hidrógeno	5 a 12
Iónicos	mayores a 100

Energía requerida para romper cada enlace.

La fuerza total de atracción entre las moléculas del polímero, dependería del número de las interacciones. Como máximo, sería igual a la energía de enlace según la tabla, multiplicada por el número de átomos de carbono en el caso del polietileno o por el número de carbonílicos $C = O$ en los poliésteres, etc., rara vez se alcanza este valor máximo, porque las cadenas de los polímeros no pueden, por lo general, acomodarse con la perfección que sería requerida.

2.2.4.2. FORMACIÓN DE CADENAS POR EL MECANISMO DE CONDENSACIÓN

La polimerización por condensación es el proceso mediante el cual se combinan monómeros con pérdida simultánea de una pequeña molécula, como la del agua, la del monóxido de carbono, o cloruro de hidrógeno. Estos polímeros se llaman polímeros de condensación y sus productos de descomposición no son idénticos a los de las unidades respectivas del polímero.

Casi todos los polímeros de condensación son en realidad copolímeros; es decir, que están formados por dos o más clases de monómeros. Así, una diamina reacciona con un ácido dicarboxílico para formar nylon.

Entre los polímeros naturales por condensación tenemos la celulosa, las proteínas, la seda, el algodón, la lana y el almidón.

La longitud de la cadena del polímero depende de la facilidad con la cual se puedan difundir los monómeros hacia los extremos o intervenir en la reacción de condensación. El crecimiento de la cadena termina cuando ya no llegan más monómeros al extremo de las cadenas para continuar la reacción.

2.2.5. CLASIFICACIÓN DE LOS POLÍMEROS

2.2.5.1. SEGÚN SU ORIGEN

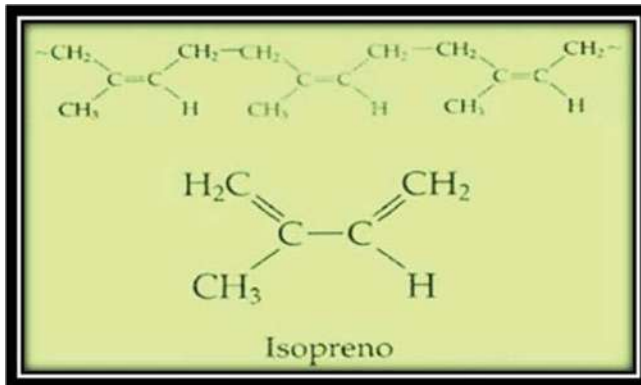
Polímeros naturales

Los polímeros naturales son todos aquellos que provienen de los seres vivos, y por lo tanto, dentro de la naturaleza podemos encontrar una gran diversidad de ellos. Las proteínas, los polisacáridos, los ácidos nucleicos son todos polímeros naturales que cumplen funciones vitales en los organismos y por tanto se les llama biopolímeros. Entre los polímeros naturales que podemos tener uno de ellos es el almidón cuyo monómero es la glucosa; y el algodón, hecho de celulosa, cuyo monómero también es la glucosa. La diferencia entre ambos es la forma en que los monómeros se encuentran dispuestos dentro del polímero.



Otros polímeros naturales de destacada importancia son las proteínas, cuyo monómero son los aminoácidos. Por otro lado, la lana y la seda son dos de las miles de proteínas que existen en la naturaleza, éstas pueden ser utilizadas como fibras y telas. Todo lo que nos rodea son polímeros. Los tejidos de nuestro cuerpo, la información genética se transmite mediante un polímero llamado ADN, cuyas unidades estructurales son los ácidos nucleicos.

Otro polímero natural que podemos tener es el caucho natural que también podría decirse que es un polímero elástico y semisólido, que posee la siguiente estructura:



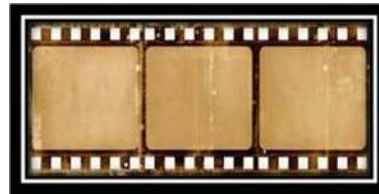
Web <http://www.educarchile.cl/Portal.Base/>

Polímeros sintéticos

Durante la Segunda Guerra Mundial, Japón cortó el suministro de caucho natural proveniente de Malasia e Indonesia a los aliados. La búsqueda de un sustituto dio como origen el caucho sintético, y con ello surgió la industria de los polímeros sintéticos y plásticos. Los polímeros sintéticos son los que se obtienen por síntesis del polímero natural, ya sea en una industria o en un laboratorio. El vidrio, la porcelana, el nailón, el rayón, los adhesivos son ejemplos de polímeros sintéticos.



Rayón



Celuloide

Polímeros semisintéticos

Son resultado de la modificación de un monómero natural. Un ejemplo de este tipo de polímeros tenemos la nitrocelulosa o el caucho vulcanizado.

2.2.5.2. AL TIPO DE MONÓMERO: HOMOPOLÍMEROS Y COPOLÍMEROS

Los materiales como el polietileno, el PVC, el polipropileno, y otros que contienen una sola unidad estructural, se llaman homopolímeros. Los homopolímeros, además, contienen cantidades menores de irregularidades en los extremos de la cadena o en ramificaciones.

Por otro lado los copolímeros contienen varias unidades estructurales, como es el caso de algunos muy importantes en los que participa el estireno. Estas combinaciones de monómeros se realizan para modificar las propiedades de los polímeros y lograr nuevas aplicaciones. Lo que se busca es que cada monómero imparta una de sus propiedades al material final.

Evidentemente al variar las proporciones de los monómeros, las propiedades de los copolímeros van variando también, de manera que el proceso de copolimerización permite hasta cierto punto fabricar polímeros a la medida. No solo cambian las propiedades al variar las proporciones de los monómeros, sino también al variar su posición dentro de las cadenas.

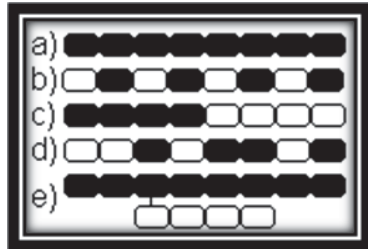
Los copolímeros están constituidos por dos o mas monómeros diferentes, como por ejemplo, la seda como copolímero natural, y la baquelita como sintético. En los copolímeros encontramos una subclasificación, que depende de la forma en que estén ordenados los monómeros:

Al azar: Es cuando los monómeros no presentan orden alguno, por tanto presentan un patrón azaroso.

Alternado: Se observa un patrón de monómeros alternados.

En bloque: Son los que presentan un patrón alternado, pero bloques o “paquetes”.

Injertado: Es cuando se ve una cadena principal formada por un solo monómero, y contiene ramificaciones formadas por el otro monómero unidas a la cadena principal.



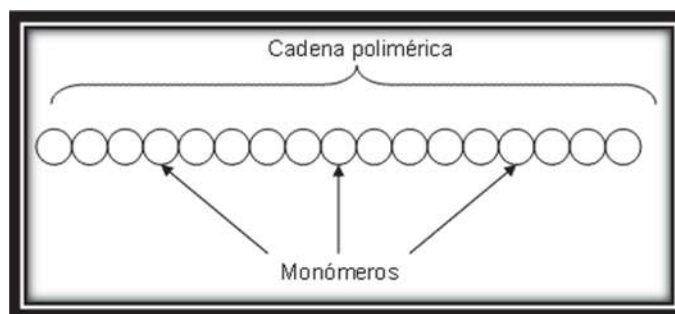
RPF.<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/94/Pol%C3%ADmeros2.png>

- A) HOPOLIMERO
- B) ALTERNADO
- C) EN BLOQUE
- D) ALEATORIO O AL AZAR
- E) INJERTADO o RAMIFICADOS

2.2.5.3. SEGÚN SU FORMA

- *Los polímeros lineales* consisten exclusivamente de moléculas de cadena larga o bien esta cadena puede presentar ramificaciones de mayor o menor tamaño. También se pueden formar entrecruzamientos provocados por el enlace entre átomos de distintas cadenas. Estos sistemas pueden ser fundidos y manipulados bajo condiciones razonables tales que permitan convertirlos en fibras, formados en mallas, o inyectados en moldes.

Los lineales se forman cuando el monómero que lo origina tiene dos puntos de “ataque” (de unión), de modo que la polimerización ocurre en una sola dirección, pero en ambos sentidos.



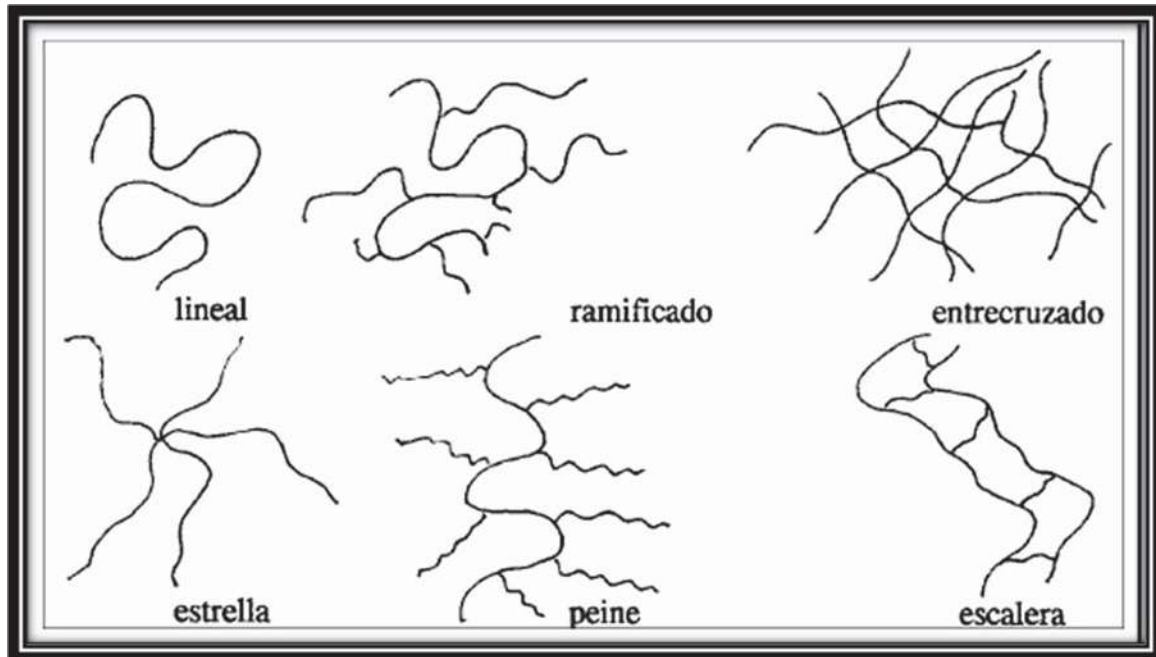
La naturaleza química píc de los monómeros, su masa molecular y otras propiedades físicas, así como la estructura que presentan, determinan diferentes características para cada polímero. Por ejemplo, si un polímero presenta entrecruzamiento, el material será más difícil de fundir que si no presentara ninguno.

- **Los polímeros ramificados** tienen cadenas secundarias que están unidas a la cadena principal. La ramificación puede ser producida por impurezas o por la presencia de monómeros que tienen varios grupos reactivos. Los polímeros compuestos por monómeros con grupos secundarios que forman parte del monómero, como el poliestireno o el polipropileno, no se consideran polímeros ramificados.

Los polímeros ramificados, se forman debido a que, a diferencia del lineal, estos tienen tres o más puntos de “ataque”, de tal forma que la polimerización ocurre en forma tridimensional, en las tres direcciones del espacio. Dentro de los polímeros ramificados encontramos tres: los que tienen forma de estrella, de red y de dendritas.

- **Polímeros entrecruzados** se pueden considerar como polímeros ramificados en los que las ramificaciones entrelazan las cadenas unas con otras, de manera que todo el conjunto puede concebirse como una sola macromolécula de tamaño ilimitado.
- **Polímeros estrella** son un caso particular de los polímeros ramificados en el que tres o más cadenas emanan de una misma unidad central.
- **Polímeros peine** contienen cadenas laterales de igual o distinta longitud, dispuestas con una cierta regularidad a lo largo de la cadena principal.
- **Polímeros escalera** están constituidos por una sucesión regular de ciclos. También pueden describirse como grupos de dos cadenas entrecruzadas entre sí.

En la siguiente figura se muestra las diferentes formas de los polímeros.



2.2.5.4. SEGÚN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS: RESISTENCIA Y DUREZA

Un polímero puede ser resistente a la compresión o al estiramiento, es decir, puede soportar golpes sin perder su forma o no estirarse con facilidad, respectivamente. También hay ciertos polímeros que son resistente al impacto, y por tanto no se destruyen al golpearlos; a su vez hay otros que presentan resistencia a la flexión: los doblamos con facilidad; y finalmente podemos encontrar resistencia a la torsión, que son los que recuperan su forma luego de haberlos torcido.

Un ejemplo de resistencia al estiramiento son las cuerdas (específicamente sus fibras), ya que por lo general están sujetadas a tensión y es necesario que no se extiendan al aplicarles esta fuerza. En sí, la resistencia es la medida de la cantidad de tensión necesaria para romper el polímero.

En cuanto a dureza, un polímero puede ser rígido o flexible. El primer tipo suelen ser resistentes y casi no sufren deformaciones, pero al no ser duros, se quiebran con facilidad; el segundo tipo, por el

contrario, aguantan bastante bien la deformación y no se rompe tan fácilmente como los rígidos.

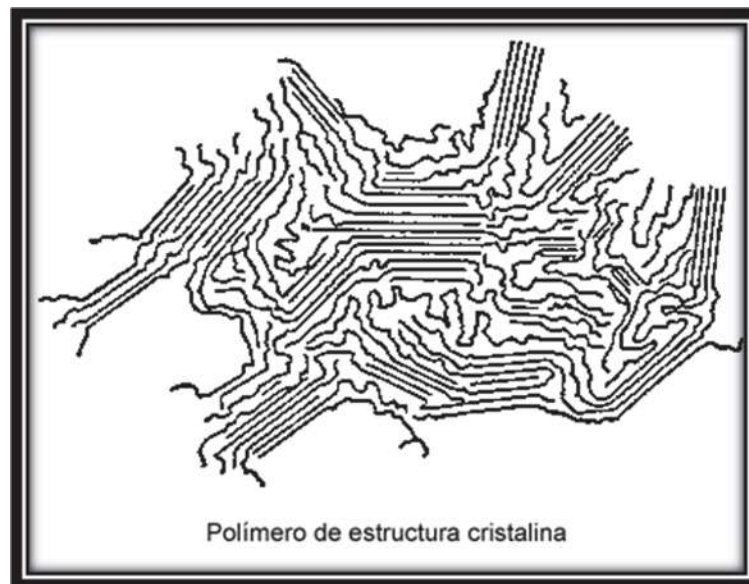
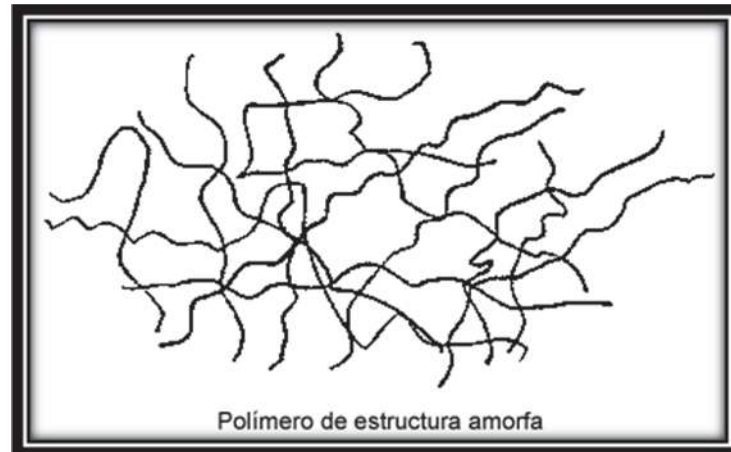
El comportamiento viscoelástico también ayuda a comprender las propiedades al impacto de los polímeros. A muy altas velocidades de deformación, como en una prueba de impacto, no hay tiempo suficiente para que las cadenas deslicen causando deformación plástica. En estas circunstancias, los termoplásticos se comportan de manera frágil y tienen valores pobres al impacto.

2.2.5.5. SEGÚN LA REGIÓN AL QUE CORRESPONDA: CRISTALINOS Y AMORFOS

Todos los materiales sólidos pueden clasificarse de acuerdo a su estructura molecular en cristalinos y amorfos.

En los sólidos cristalinos, las moléculas se encuentran ordenadas en las tres dimensiones. Esto es lo que se llama ordenamiento periódico y lo pueden tener los sólidos cristalinos constituidos por moléculas pequeñas. En el caso de los polímeros, las cadenas son muy largas y fácilmente se enmarañan y a demás, en el estado fundido se mueven en un medio muy viscoso, así que no puede esperarse en ellos un orden tan perfecto, pero de todas maneras, algunos polímeros exhiben ordenamiento parcial en regiones llamadas cristalitos.

Una sola macromolécula no cabrá en uno de esos cristalitos, así que se dobla sobre ella misma y a demás puede extenderse a lo largo de varios cristalitos.



Se distinguen regiones de dos clases: las cristalinas, en la que las cadenas dobladas varias veces en zigzag están alineadas formando las agrupaciones llamadas cristalitas; y otras regiones amorfas, en la que las cadenas se enmarañan en un completo desorden.

En esos casos puede considerarse que el material contiene una sola fase, que es cristalina, aunque con muchos defectos. En otros polímeros, como el PVC, el grado de cristalinidad es mucho menor y es más razonable considerarlo como sistemas de dos fases, una ordenada, cristalina, embebida en una matriz amorfa. Finalmente hay otros polímeros totalmente amorfos, como es el caso del poliestireno atáctico.

El grado de cristalinidad de los polímeros, que por su estructura regular y por la flexibilidad de sus cadenas tienen mayor tendencia a cristalizar, depende de las condiciones de la cristalización. Si el polímero cristaliza a partir del material fundido, habrá más imperfecciones porque las cadenas se enredan y el medio es muy viscoso, lo cual dificulta el ordenamiento de ellas. En cambio, si el polímero cristaliza de una solución diluida, es posible obtener cristales aislados, con estructuras bien definidas como en el caso del polietileno, de donde se distinguen las llamadas lamelas formada por cadenas dobladas muchas veces sobre sí mismas.

La cristalización a partir del polímero fundido conduce a la situación descrita anteriormente, en la que se tendrán dos fases: cristalina y amorfa, con algunas cadenas participando en varios cristalitas, actuando como moléculas conectoras. También es frecuente que los cristalitas mismos se agrupen radicalmente a partir de un punto de nucleación y crezcan en él en forma radical, formando esferulitos.

Los cristalitas también pueden agruparse de otras maneras, generando fibrillas; la formación de fibrillas en lugar de esferulitos, dependerá de factores tales como la flexibilidad de la cadena y las interacciones entre ellas, el peso molecular del polímero, la velocidad del enfriamiento y en muchos casos del tipo de esfuerzo del cual se somete al material durante el procesamiento.

Los cristales fibrilares pueden producirse en los procesos de inyección o de extrusión, o durante el proceso de estirado de algunos materiales que se emplean en la industria textil (nylon y poliésteres).

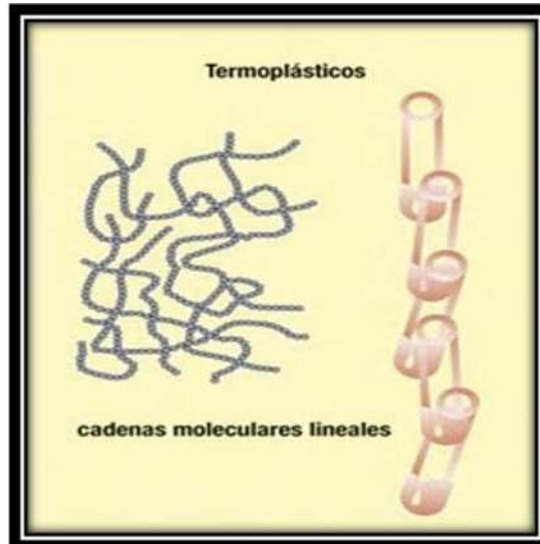
2.2.5.6. SEGÚN SUS PROPIEDADES FÍSICAS

Desde un punto de vista general se puede hablar de tres tipos de polímeros:

- *Termoplásticos*
- *Termoestables.*
- *Elastómeros*

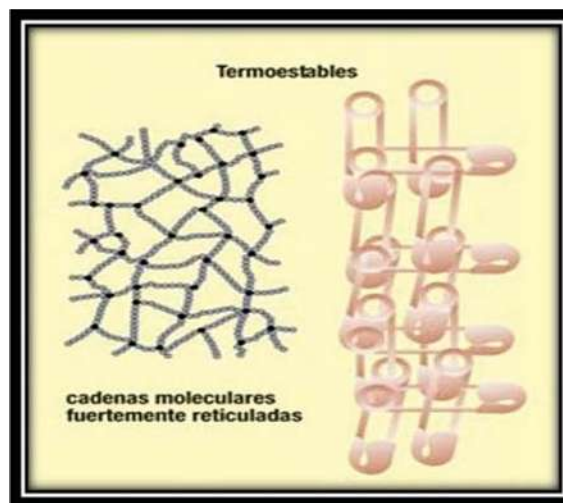
- **TERMOPLÁSTICOS**

Se componen de largas cadenas producidas al unir moléculas pequeñas o monómeros, y típicamente se comportan de una manera plástica y dúctil. Al ser calentados a temperaturas elevadas, estos polímeros se ablandan. Los polímeros termoplásticos se pueden reciclar con facilidad.



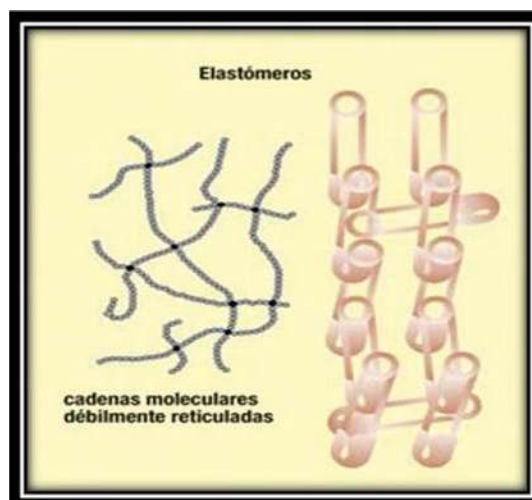
- **TERMOESTABLES**

Están compuestos por largas cadenas de moléculas con fuertes enlaces cruzados entre las cadenas para formar estructuras de redes tridimensionales. Estos polímeros generalmente son más resistentes pero más frágiles que los termoplásticos. Este tipo de polímeros no tienen una temperatura de fusión fija y es difícil reprocesarlos una vez ocurrida la formación de enlaces cruzados.



- **ELASTÓMEROS**

Tienen una estructura intermedia en la cual se permite que ocurra una ligera formación de enlaces cruzados entre las cadenas. Tienen la capacidad de deformarse elásticamente en grandes cantidades sin cambiar de forma permanente.



2.2.6. POLÍMEROS TERMOESTABLES

Las resinas termoestables son aquéllas que cambian irreversiblemente bajo la influencia del calor, de la luz, de agentes fotoquímicos y de agentes químicos, pasando de un material fusible y soluble a otro no fusible e insoluble, por la formación de un retículo tridimensional covalente. En el proceso reactivo de entrecruzamiento o de curado, las cadenas poliméricas (reactivos termoplásticos o líquidos) reaccionan entre sí y, a la vez, con un agente entrecruzador, formándose macromoléculas orientadas en todas las direcciones y con numerosos enlaces covalentes entre ellas. El retículo tridimensional formado confiere al material curado unas propiedades mecánicas, térmicas y de resistencia química muy elevadas que los hacen aptos para múltiples aplicaciones.

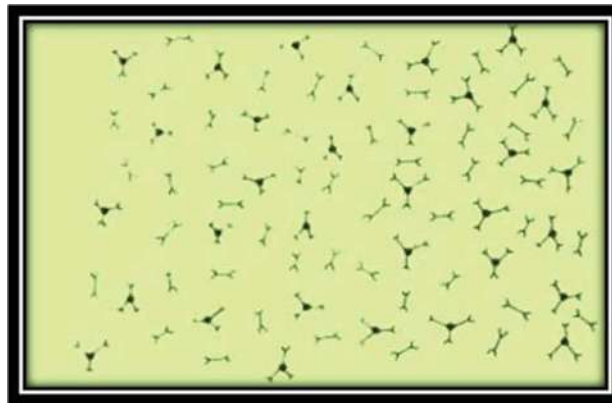
Las resinas termoestables, sobre todo el epoxi, las de poliéster insaturado y las de poliuretano, son utilizados en una amplia variedad de aplicaciones en las que actúan como matriz o fase continua de un material compuesto. Así sucede en los plásticos reforzados, en los hormigones de polímeros y en diversos materiales utilizados como adhesivos o sistemas de reparación. En general, los termoestables poseen una buena estabilidad dimensional, estabilidad térmica, resistencia química y propiedades eléctricas. Es por ello que los materiales termoestables se aplican en múltiples campos, además de los nombrados anteriormente, se pueden mencionar las siguientes:

- ⇒ Aeroespacial: Componentes de misiles, alas, fuselajes, etc.
- ⇒ Aplicaciones domésticas: Interruptores, asas, etc.
- ⇒ Automoción: Piezas ligeras para sustituir metales, frenos, pinturas, etc.
- ⇒ Construcción: Espumas aislantes, techos, chapas para forrar paredes, pinturas, etc.
- ⇒ Vestimenta: Botones, ropa tratada, etc.
- ⇒ Eléctrico: Cuadro conexiones, recubrimientos, etc.
- ⇒ Muebles: Puertas (imitación de madera), pantallas de lámparas, etc.
- ⇒ Médico: Rellenos dentales, implantes ortopédicos, etc.
- ⇒ Herramientas: Papel de lija, etc.

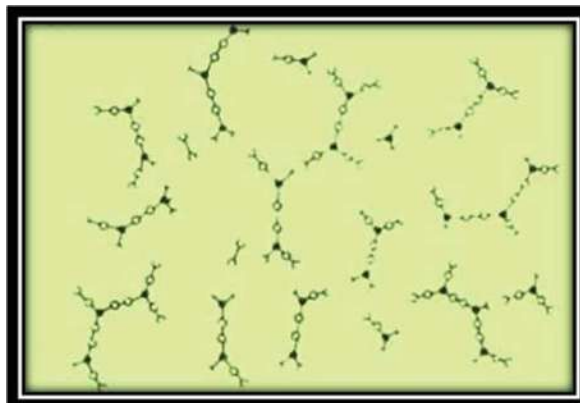
La reacción de curado es crucial en la utilización del material termoestable. Es importante conocer perfectamente la naturaleza de la misma. El curado de termoestables es complejo e incluye varias etapas. Se puede ilustrar en siguiente figura la química del proceso de curado en donde empieza con la formación y el crecimiento lineal de las cadenas, que pronto empiezan a ramificarse y posteriormente a entrecruzarse. A medida que la reacción avanza el peso molecular aumenta rápidamente y varias cadenas se unen en un retículo de peso molecular infinito.

Representación en dos dimensiones del curado de un termoestable.

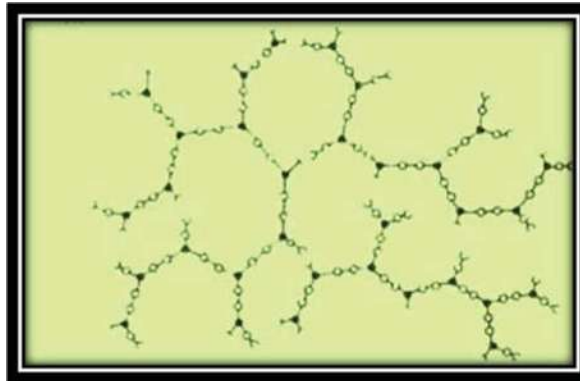
*a) *Monómeros*



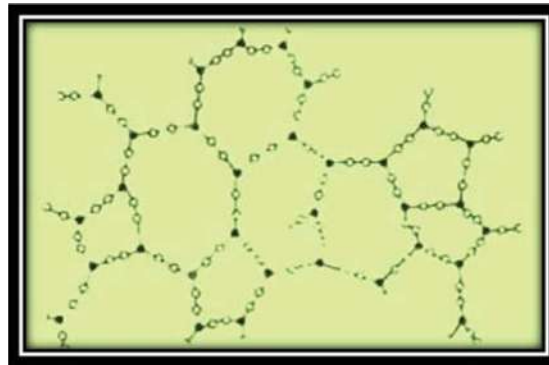
*b) *Crecimiento lineal y ramificación por debajo del grupo del gel*



c) **Formación de un gel, reticulación incompleta.*



d) **Termoestable curado completo (de cury, 1981)*



*RPF.http://www.tesisenred.net/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-1024106-174858//06Txrj6de14.pdf

La transformación, que ocurre rápidamente y de forma irreversible, en la que el material pasa desde un estado de líquido viscoso hasta un estado de gel elástico, que marca el inicio de la aparición del retículo, suele llamarse punto de gel.

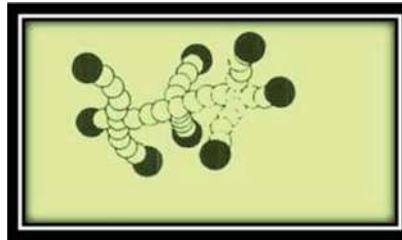
La gelificación es característica de los termoestables y tiene una gran importancia en el procesado. El punto de gel es crítico en la manipulación de los materiales termoestables, ya que a partir de este estado el material deja de fluir y no puede ser procesado. El fenómeno de la gelificación ocurre en una etapa determinada del proceso reactivo y depende de la funcionalidad, reactividad y estequiometría de las especies reactivas.

Otro fenómeno distinto de la gelificación y que puede ocurrir durante el curado es la vitrificación de las cadenas que están creciendo o del retículo. Esta transformación, desde un estado líquido viscoso o de gel elástico a un estado vítreo, empieza a ocurrir cuando la temperatura de transición vítrea de las cadenas crecientes o del retículo coincide con la temperatura de curado. A partir de aquí, el curado es extremadamente lento y la vitrificación supone una parada brusca del curado. La vitrificación es un fenómeno reversible y el curado puede ser completado por calentamiento, desvitrificándose el termoestable parcialmente curado. La vitrificación puede ser una de las causas del paso de control químico a control por difusión y puede ser observada por una disminución importante de la velocidad de reacción.

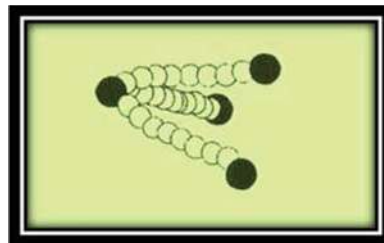
Para tener un conocimiento adecuado de los termoestables se requiere: conocer la manipulación, el procesado y el curado de las resinas, incluyendo los puntos de gel, las temperaturas de transición vítrea, las velocidades de reacción y la cinética de curado; la posibilidad de medir las propiedades de los materiales curados, especialmente el grado de conversión; la posibilidad de determinar el efecto de los aditivos, catalizadores, promotores, inhibidores, formulación de las resinas en el curado en las propiedades físicas; la posibilidad de determinar la resistencia del material curado bajo distintos ambientes y condiciones; la posibilidad de medir la descomposición y degradación de los materiales; la posibilidad de identificar y/o cuantificar las resinas, aditivos, catalizadores y otros constituyentes de los materiales, especialmente para el control de calidad.

Muchos materiales termoestables se forman por entrecruzamiento de prepolímeros de bajo peso molecular. La estructura de las macromoléculas formadas será función del proceso de curado o entrecruzamiento así como del prepolímero de partida. En función del prepolímero de partida, pueden obtenerse termoestables con distintas estructuras. Los prepolímeros pueden clasificarse en tres grupos, de acuerdo con criterios estructurales:

- a) ***Prepolímero estadístico:** Estos prepolímeros están sintetizados a partir de monómeros polifuncionales que reaccionan estadísticamente de acuerdo con las teorías de Flory. La reacción se para, generalmente por enfriamiento, cuando se tiene el peso molecular deseado para el prepolímero.

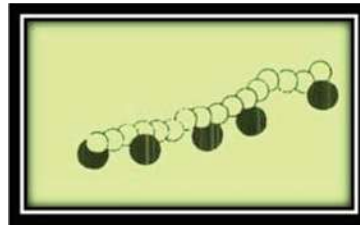


- b) ***Prepolímero de estructura terminal:** Los grupos reactivos están localizados al final de las cadenas de polímeros. Estos prepolímeros son característicos por tener una baja funcionalidad. Normalmente son sintetizados mediante reacciones de condensación (Bayer, 1960). En el caso de las resinas de poliéster insaturado, éstos pueden obtenerse usando ácidos monocarboxílicos insaturados para la formación del prepolímeros (Lanson, 1986).



- c) ***Prepolímeros de estructura colgante:** Los grupos reactivos están distribuidos a lo largo de las cadenas de prepolímeros. Ejemplos de este tipo son las resinas epoxi, las resinas de poliéster insaturado y los termoestables acrílicos. Estos prepolímeros, generalmente, tienen una relativa alta funcionalidad, aunque siempre dependerá de los monómeros de partida utilizados en función del material curado que desea obtenerse. Estos prepolímeros, a menudo, son sintetizados a partir de monómeros con una doble funcionalidad. Bajo determinadas condiciones sólo reacciona un tipo de

funcionalidad, mientras la otra permanece sin modificarse. El entrecruzamiento se llevará a cabo a través del segundo tipo de funcionalidad que permanece en el prepolímero.



RPF.http://www.tesisenred.net/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-1024106-174858//o6Txrj6de14.pdf

Los plásticos termoestables se conforman habitualmente mediante la compresión o el moldeo por transferencia. Sin embargo, en algunos casos se han desarrollado para el termoendurecido técnicas de moldeo de inyección para abaratar costes.

Muchos plásticos termoestables se utilizan en forma de dos componentes principales: como una resina que contienen los agentes de curado, endurecedores y plastificantes; y el otro como rellenos y/o materiales de refuerzo que pueden ser materiales orgánicos e inorgánicos. Tenemos por ejemplo la pasta de madera, la mica, el vidrio y la celulosa, con los materiales de relleno mas comúnmente utilizados.

RESINAS FENÓLICAS.

Fue el primer material termoplástico utilizado en la industria de forma predominante. Las patentes originales para la reacción del fenol con el formaldehído para producir el polímero fenólico conocido como bakelita fueron debidas a L.H. Baekeland en 1909.

Estos son utilizados todavía debidos a que son muy económicos y tienen buenas propiedades eléctricas y como aislantes de calor, además de buenas propiedades mecánicas. Y estas son fácilmente moldeables pero estos solo puede poseer dos colores que es el negro o marrón.

Estas resinas son producidas principalmente por la reacción del fenol y el formaldehído mediante una polimerización por condensación, con agua como producto secundario. Se producen comúnmente resinas fenólicas de dos fases (novolac) por su facilidad de moldeado. En la primera fase se produce una resina termoplástica que puede ser fundida pero que posteriormente forma un entramado sólido por entrecruzamiento.

RESINAS EPOXY

Son una familia de materiales poliméricos termoestables que no generan productos de reacción durante el curado (entrecruzamiento) y por ello tiene poca contracción al curar. Y estas poseen una buena adhesión sobre los materiales, buena resistencia química y ambiental, buenas propiedades mecánicas y como aislante eléctrico.

Para formar materiales sólidos termoestables, las resinas epoxy deben curar mediante agentes de curado o catalizadores para formar las propiedades deseadas.

Para el curado a temperatura ambiente, cuando los requerimientos calóricos para los materiales sólidos son pequeños se utilizan aminas, como la dietilentriamina y trietilentretamina, como agentes de curado.

POLIÉSTERES INSATURADOS

Los poliésteres insaturados tienen doble enlace carbono-carbono reactivos, que pueden ser entrecruzados para formar materiales termoestables. En combinación de fibras de vidrio, los poliésteres forman materiales compuestos reforzados de gran resistencia.

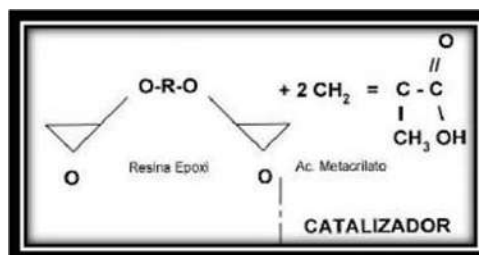
El poliéster insaturado puede formarse por la reacción del un diol (un alcohol con dos grupos $-OH$) con un diácido (un ácido con dos grupos $-COOH$) que contenga un doble enlace carbono-carbono reactivo.

Los poliésteres insaturados lineales usualmente se entrecruzan con moléculas del tipo vinilo como el estireno en la presencia de un radical libre del agente de curado. Los peróxidos son los agentes de curado mas comúnmente utilizados, como el peróxido metiletilcetona (MEK), utilizando usualmente para el curado de poliésteres a temperatura ambiente. La acción se activa comúnmente con una pequeña cantidad de naftenato de cobalto.

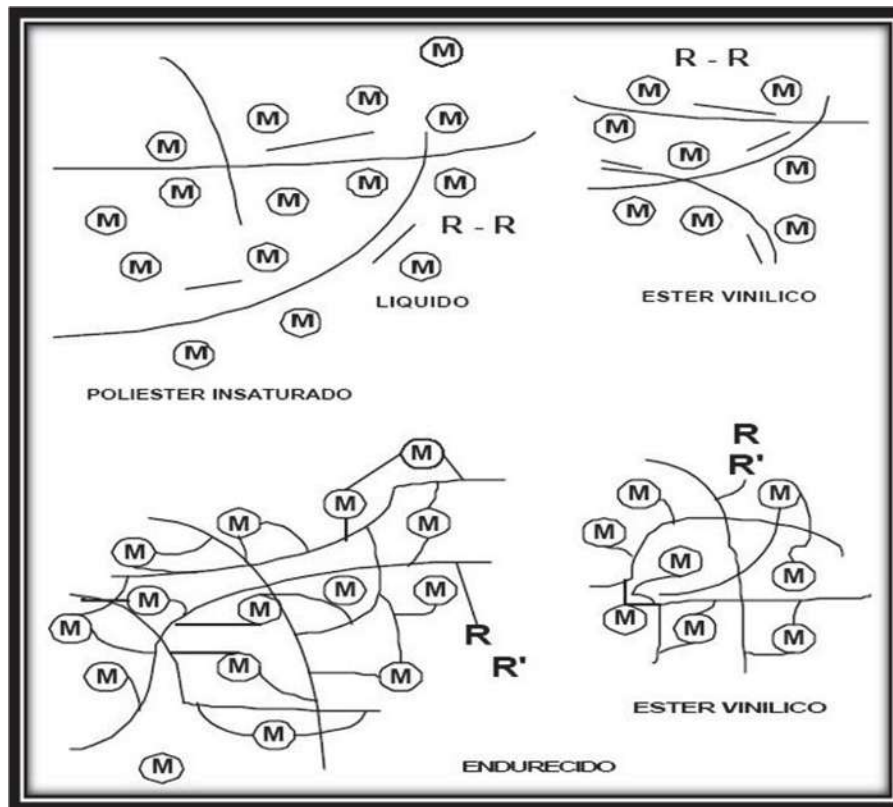
RESINAS VINILESTERES

Comparadas con las resinas de poliéster, las resinas vinilester presentan una serie de particularidades, las cuales se transmiten igualmente a las piezas moldeadas.

En la siguiente figura se presenta de cómo se obtiene las resinas vinilester:



Las moléculas lineales de vinilester son mas cortas que las del poliéster, teniendo estas últimas mayor número de puntos reactivos.



2.3. MATERIALES COMPUESTOS

2.3.1. INTRODUCCIÓN

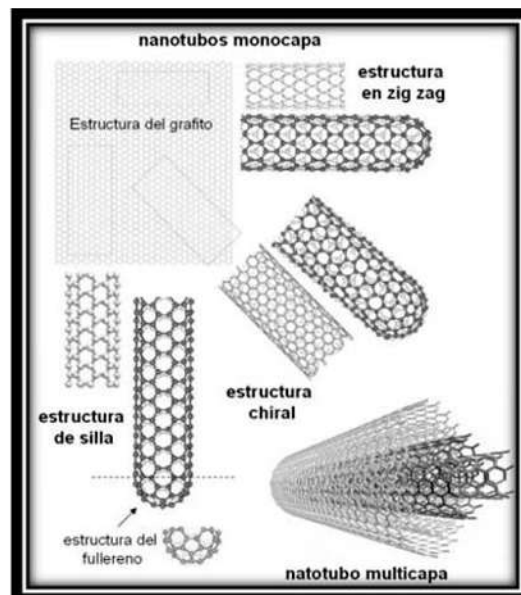
Los materiales compuestos se obtienen al unir dos materiales para conseguir una combinación de propiedades que no es posible obtener en los materiales originales. Estos compuestos pueden seleccionarse para lograr combinaciones poco usuales de rigidez, resistencia, peso, rendimiento a altas temperaturas, resistencia a la corrosión, dureza o conductividad.

Un material compuesto en ingeniería de diseño se entiende normalmente como aquel material formado por constituyentes en el ratigo de tamaño micro o macro.

Los compuestos se pueden clasificar en tres categorías: con partículas, con fibras y laminares, dependiendo de la forma de los materiales. El concreto que es una mezcla de cemento y grava, es un compuesto particulado; la fibra de vidrio, que contiene fibras de vidrio incrustadas en un polímero, es un compuesto reforzado con fibras; y la madera contrachapada o triplay, que tiene capas alternas de chapa de madera, es un compuesto laminar. Si las partículas de refuerzo están distribuidas uniformemente, los compuestos particulados tendrán propiedades isotrópicas; los compuestos con fibras pueden ser isotrópicos o anisotrópicos; los laminares siempre tienen un comportamiento anisotrópico.

2.3.2. NANOTUBOS DE CARBONO

Los nanotubos se componen de una o varias láminas de grafito u otro material enrolladas sobre sí mismas. Algunos nanotubos están cerrados por media esfera de fullerene, y otros no están cerrados. Existen nanotubos monocapa (un sólo tubo) y multicapa (varios tubos metidos uno dentro de otro, al estilo de las famosas muñecas rusas). Los nanotubos de una sola capa se llaman *single Wall nanotubes (SWNTs)* y los de varias capas, *múltiple Wall nanotubes (MWNT)*.



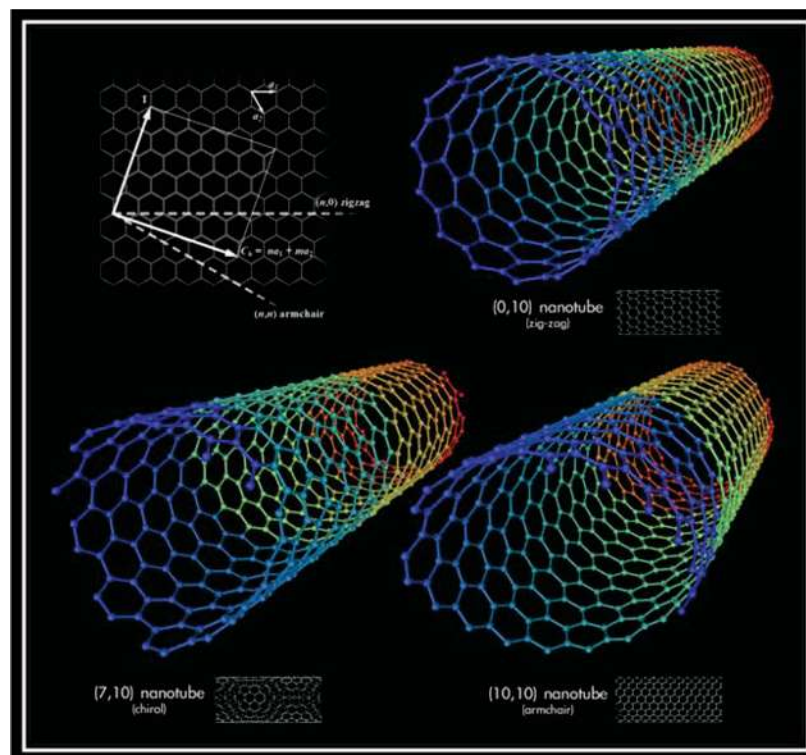
RPF.<http://www.oviedo.es/personales/carbon/estructuras/nanotubos.jpg>

Los nanotubos tienen un diámetro de unos nanómetros y, sin embargo, su longitud puede ser de hasta un milímetro, por lo que dispone de una relación longitud: anchura tremendamente alta y hasta ahora sin precedentes.

Los nanotubos de carbono son las fibras más fuertes que se conocen. Un solo nanotubo perfecto es de 10 a 100 veces más fuerte que el acero por peso de unidad y poseen propiedades eléctricas muy interesantes, conduciendo la corriente eléctrica cientos de veces más eficazmente que los tradicionales cables de cobre.

El grafito (sustancia utilizada en lápices) es formado por átomos de carbono estructurados en forma de panel. Estas capas tipo-panel se colocan una encima de otra. Una sola capa de grafito es muy estable, fuerte y flexible. Dado que una capa de grafito es tan estable sola, se adhiere de forma débil a las capas al lado, por esto se utiliza en lápices porque mientras se escribe, se caen pequeñas escamas de grafito.

En fibras de carbono, las capas individuales de grafito son mucho más grandes que en lápices, y forman una estructura larga, ondulada y fina, tipo-espiral. Se pueden pegar estas fibras una a otras y formar así una sustancia muy fuerte, ligera (y cara); y estas son utilizadas en aviones, raquetas de tenis, bicicletas de carrera etc. Nanotubos de carbón, macromoléculas con forma cilíndrica, tienen unas características únicas en cuanto a su fuerza, conductividad y comportamiento cuántico cuando se preparan con un diámetro de 10 a 50 nanómetros.



RPJF.<http://eltamiz.com/wp-content/uploads/2008/02/nanotubos-de-carbono.png>

Nanotubos de carbono de distintas geometrías

Ya hay muchos fabricantes de nanotubos de carbón, y algunos grupos empiezan a desarrollar productos comerciales que llevan incorporados nanotubos. Para que nanotubos de carbón realicen una función específica, es necesario fijar la organización o dispersión de los mismos a través de la química o la física. Normalmente es necesario procesar la preparación masiva de nanotubos antes, para deaglomerar y estabilizar los nanotubos discretos para luego formatearlos de forma óptima.

Existen diversas maneras de obtener nanotubos de carbono. Además de la original (una descarga sobre un electrodo de grafito) se emplea la ablación por láser, en la que se vaporiza carbono con un potente láser y el vapor de carbono que se sublima forma nanotubos sobre las superficies frías.

La técnica más empleada comercialmente ahora mismo es la deposición química de vapor (CVD), en la que se emplean catalizadores (nanopartículas de diversos metales) que actúan de “semilla” para que empiece a crecer el nanotubo, y se baña el recipiente con gases como metano, acetileno, etc., de donde los átomos de carbono se van depositando sobre el catalizador. Incluso se utilizan potentes campos eléctricos para convertir los gases en plasma, de modo que todos los nanotubos que van creciendo lo hagan en la dirección del campo eléctrico, todos paralelos unos a otros.



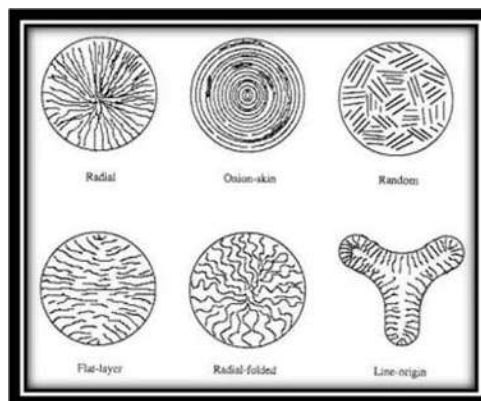
**RFE. WWW.WIKIPEDIA.ORG.*

Fabricación de nanotubos por deposición química de vapor. El brillo rojo es el sistema calefactor, el violeta es el plasma.

2.3.3. FIBRAS DE CARBONO

La fibra de carbono es el término con el cual se hace referencia a un material compuesto de índole no metálico y de la clase de los polímeros. En cuanto a la composición de la fibra de carbono, podemos decir que está formado por una matriz polimérica, a la misma se la conoce también con el nombre de fase dispersante, cuya finalidad es la de darle forma a la resina donde dicha pieza o resina contiene un refuerzo que está realizado mediante el empleo de fibras de carbono y cuya materia prima constitutiva es el polietilnitrilo. Así mismo se trata de un material sumamente caro, en especial porque tiene muy buenas propiedades mecánicas, las cuales son muy elevadas, al tiempo que cuenta con una gran ligereza.

Entre los rasgos principales de la fibra de carbono compuesto podemos destacar una gran cantidad. Uno de ellos es su elevada resistencia a todo lo mecánico, ya que funciona con una suerte de módulo de elasticidad muy elevado. Otra característica importante es la baja densidad que posee. La fibra de carbono es ampliamente utilizada en industrias como la aeronáutica y automovilística, al tiempo que puede ser empleada para la fabricación de barcos y bicicletas, donde se destacan como fundamentales sus propiedades mecánicas y su relevante rasgo de ligereza. Muchas computadoras portátiles, trípodes e incluso cañas para realizar tareas de pesca también tienen este material en su composición. Las fibras de carbono pueden ser de varios tipos dependiendo del tipo de ordenamiento de los planos grafiticos.



RPF.WWW.cochem2.tutkie.tut.ac.jp/fuller/fsl/tuve.html

2.3.4. *KEVLAR*

Las fibras de aramidas, cuyo ejemplo mas conocido es el Kevlar, son polamidas aromáticas endurecidas con una estructura de anillo de benceno.

El Kevlar se utiliza para hacer objetos tales como chalecos a prueba de balas y neumáticos de bicicleta resistentes a las pinchaduras.

Las mezclas de Nomex y de Kevlar se utilizan para hacer ropas anti-llama. El Nomex es el que protege de morir quemados a los conductores de grandes camiones y de tractores, en el caso de que sus trajes se incendien. Gracias al Nomex, una parte importante de la cultura americana puede ser practicada con seguridad.

2.3.5. *FIBRA DE VIDRIO*

El vidrio, bajo la forma de láminas tipo ventana, envases, artículos de bazar, etc., no posee ninguna característica mecánica extraordinaria, sino más bien una fragilidad que constituye tal vez su rasgo más típico: sin embargo, estirado en hilos delgados sus propiedades cambian considerablemente. A medida que el diámetro de las fibras disminuye, el vidrio, antes rígido, se vuelve flexible, y su resistencia muy escasa inicialmente aumenta con rapidez hasta sobrepasar a todas las demás fibras conocidas, siendo en esta forma que se usa como material de refuerzo.

Técnicamente, el vidrio puede definirse como un producto inorgánico de fusión, enfriado al estado sólido sin presentar cristalización; y desde el punto de vista físico, como un líquido sub-enfriado, ya que presenta la característica estructura amorfa de los líquidos.

2.3.6. MATERIALES COMPUESTOS CON FIBRA DE VIDRIO.

La mayoría de los compuestos reforzados con fibra estos pueden conseguir una mejor resistencia a la fatiga, una mejor rigidez, y además una mejor relación resistencia - peso. Todas estas resistencias mencionadas anteriormente se consiguen al incorporar las fibras resistentes y rígidas en una matriz más blanda y dúctil.

Desde tiempos atrás se han empleado los materiales de refuerzo, podemos mencionar de cómo utilizaban la paja como refuerzo al ladrillo de adobe o barro; como también las varillas de refuerzo utilizadas en el concreto. La resistencia de un compuesto reforzado con fibras depende de la unión entre las fibras y la matriz.

Al diseñar este tipo de compuestos se deben de tomar en cuenta muchos factores como: la longitud, el diámetro, la orientación, la cantidad y propiedades de la fibra; las propiedades de la matriz y la unión entre las fibras con la matriz. Las fibras pueden ser de longitud corta o larga.

Ahora podemos decir que en estados unidos son tres los tipos de fibras sintéticas que fundamentalmente se utilizan, las cuales son: el vidrio, la aramida y el carbón. El vidrio es con mucho la fibra mas extendida para el refuerzo de plásticos siendo además la de mas bajo precio.

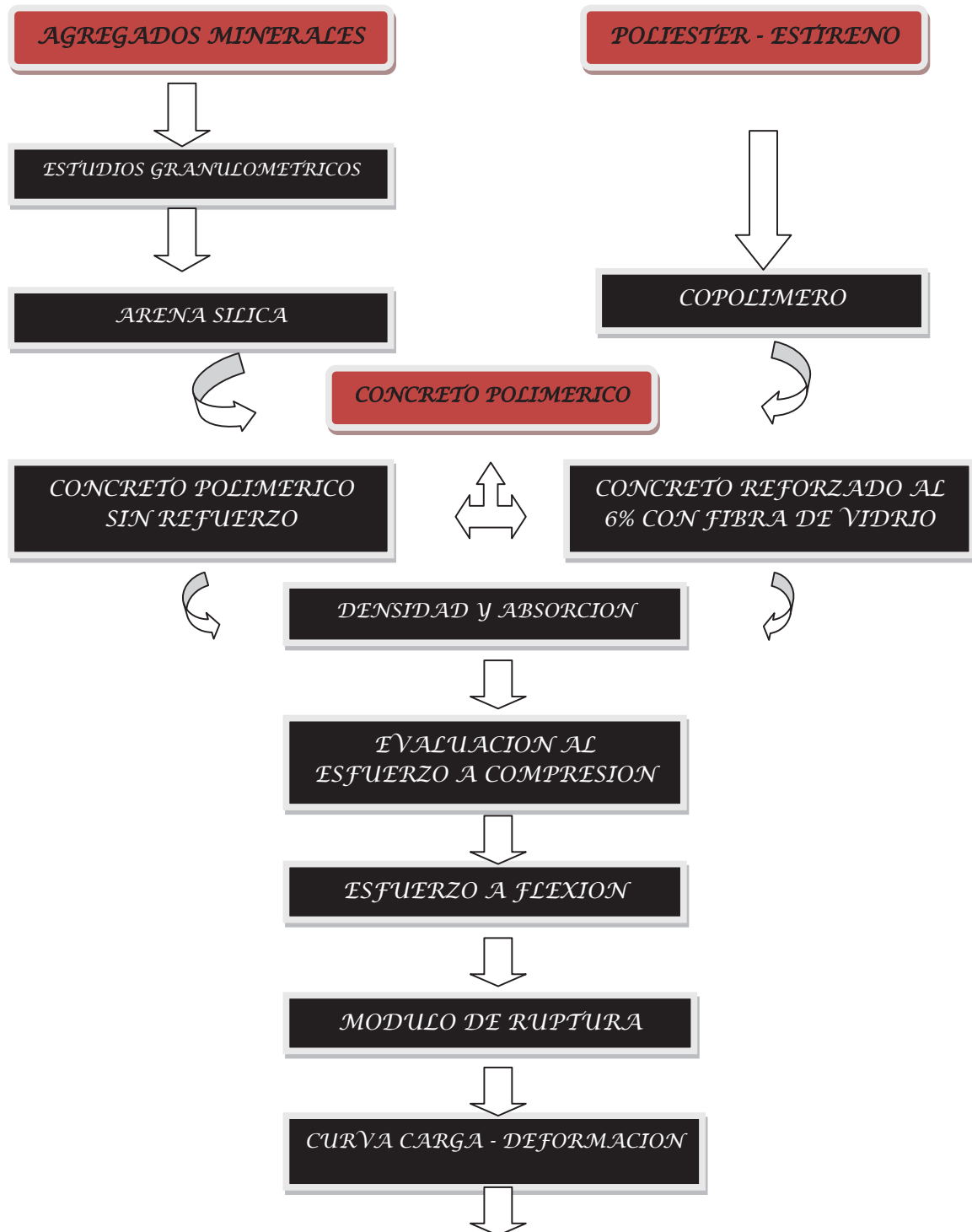
Las fibras de vidrio se usan para reforzar matrices plásticas y así forman compuestos estructurados y productos moldeados. Los compuestos plásticos reforzados con fibra de vidrio poseen las siguientes características: buena relación resistencia/peso, buena estabilidad dimensional, buena resistencia al calor, al frío, a la corrosión y a la humedad; buenas propiedades aislantes de la electricidad fáciles de fabricar y relativamente baratos.

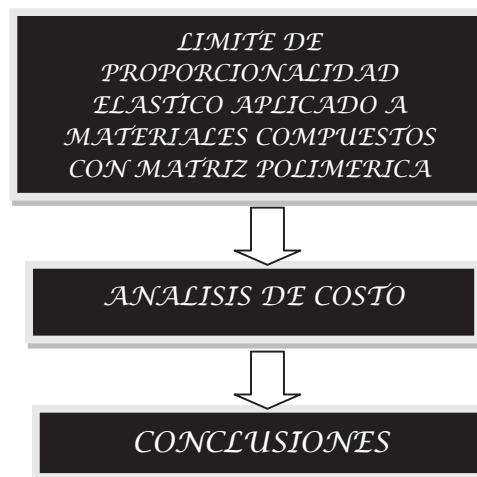
Los dos tipos de fibra de vidrio, mas importantes utilizadas para la formación de algún material compuesto, son: los vidrios E (eléctricos) y los S (alta resistencia). Donde los del tipo E casi son los

mas utilizados en la fabricación de fibras continuas, y básicamente es un vidrio borosilicato de aluminio y calcio con contenidos de potasio y sodio.

Las fibras de vidrio son producidos mediante el estiramiento de monofilamentos de vidrio que provienen de un horno que contiene vidrio fundido, reuniendo un numero elevado de esos filamentos se forma un cordón de fibra de vidrio. Estos cordones son posteriormente utilizados para hacer hebras de fibras de vidrio (mechas) que constan de una colección de haces de filamentos continuos. Las mechas pueden darse en forma de filamentos continuos o entretejidos para dar formación a mechas urdidas. Las mallas para reforzar las fibras están hechas de cordones continuos o cortados, estos cordones por lo general están unidos por una sustancia resinosa.

3. DISEÑO EXPERIMENTAL





3.1. ESTUDIOS GRANULOMÉTRICOS DE LA ARENA SILICA.

Para saber si la arena que utilizaremos para hacer nuestro polímero compuesto si sea de buena calidad, se debe de hacer la granulometría o análisis granulométrico en la arena.

Esto consiste en pasar por una serie de mallas o tamices la muestra representativa de arena, y esto nos sirve para conocer la distribución de los diámetros de las partículas y el módulo de finura que se tenga en este material.

El equipo necesario que se debe de utilizar es el siguiente:

- Un juego de mallas con abertura rectangular o circular del N°4, 8, 16, 30, 50, 100 y charola con su respectiva tapa.
- Una balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Charolas
- Espátula
- Cepillos de cerda y alambre
- Hojas de papel.

Procedimiento:

1. Se toma una muestra representativa de la arena sílica de aproximadamente 500 gramos.
2. Deben de colocarse las mallas de orden decreciente (4, 8, 16, 30, 50, 100 y charola), luego se coloca la muestra y después se tapa.

3. Se agita el juego de mallas durante un tiempo aproximado de 10 minutos como mínimo, el agitado puede ser a mano o mecánicamente (raf-tap).

6. En una superficie horizontal y limpia se coloca siete hojas de papel y sobre ellas se coloca el material retenido en cada una de las mallas.

7. se procede a pesar cada uno de los materiales retenidos en las mallas hasta el décimo de gramo anotando los pesos en los registros correspondientes.

REGISTRO:

ARENA SÍLICA				
MALLA	PESO RETENIDO (GRS)	% RETENIDO	% ACUMULATIVO	% QUE PASA
8	0.00	0.00	0.00	100.00
16	6.90	1.39	1.39	98.61
30	330.60	66.76	68.15	31.85
50	152.00	30.69	98.85	1.15
100	5.10	1.03	99.88	0.12
200	0.40	0.08	99.96	0.04
CHAROLA	0.20	0.04	100.00	0.00



CÁLCULO:

$$\text{MÓDULO DE FINURA} = \frac{\text{SUMA DEL \%ACUMULATIVO SIN CHAROLA}}{100}$$

En nuestro caso nos dio un $\text{MF} = 3.68$, eso quiere decir que nuestro material es un poco grueso, por lo tanto el material es bueno.

3.2. OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Los materiales que utilizaremos para la preparación del **polímero**, que necesitaremos para llevar a cabo este proyecto son:

a) Monómero de estireno



b) Poliéster saturado



c) Promotor de radicales libres (peróxido de metil-etil-cetona)



d) *Acelerante de reacción hidróperóxido naftenato de cobalto*



Para la elaboración del polímero compuesto se utilizaron los materiales descritos anteriormente y solo se le adiciono como mortero la arena sílica y como refuerzo se utilizo la fibra de vidrio.



Fibra de vidrio

3.3. SÍNTESIS DEL COPOLÍMERO POLIÉSTER-ESTIRENO VIA RADICALES LIBRES

Como ya sabemos cual será nuestro objetivo de este proyecto, que es la de innovar nuevos materiales para la construcción, en base a un mortero polimérico, buscando mejorar sus características físicas, químicas y en particular mecánicas.

Nuestro primer problema, podría decirse así, era la de diseñar un polímero, compuesto de los materiales antes mencionados, que pudiera ser el óptimo considerando que pudiera empezar a reaccionar a temperatura ambiente y en un tiempo no muy prolongado.

Los compuestos químicos que utilizaremos son altamente peligrosos, ya que al momento de mezclarlos generan un vapor tóxico que nos puede causar problemas respiratorios. Y también si estos compuestos químicos son utilizados inadecuadamente pueden generar una explosión y causarnos un grave accidente. Entonces nosotros tenemos que estar bien protegidos con un equipo de seguridad adecuado para este trabajo.

3.3.1. PREPARACIÓN DEL POLÍMERO

Equipo de seguridad a utilizar:

- *Bata para laboratorio*
- *Guantes de látex*
- *Protección ocular (lentes o goggles)*
- *Mascarilla*

Material:

- *Recipientes de plásticos resistentes a la reacción de los compuestos químicos.*
- *Balanza con aproximación al décimo del gramo.*
- *Lengüetas.*
- *Estopa*
- *Cronómetro*

Reactores químicos:

- *Monómero de estireno*
- *Poliéster*
- *Naftenato de cobalto*
- *Catalizador para resinas (peróxido de metil-etil-cetona)*

PROCEDIMIENTO

1. *Antes de empezar con las mezclas se debe utilizar el equipo de seguridad (la bata, los guantes, los lentes y la mascarilla).*



2. *En un contenedor hacer la mezcla del monómero de estireno con el poliéster con una espátula en un tiempo de aproximadamente 3 minutos hasta obtener una mezcla homogénea. Durante el mezclado se debe de hacer en el extractor de aire, para que así los vapores generados no se vayan directamente a la atmosfera.*



3. *Se le agrega a la mezcla una cierta cantidad del naftenato de cobalto, este tiene un color morado y se puede distinguir a simple vista. Y también se tiene que hacer un proceso de mezclado dentro del extractor de aire en un tiempo de 3 a 5 minutos.*



4. Después haberse hecho la mezcla anterior se le añade una cierta cantidad del catalizador de resinas y después se hace un proceso de mezclado con un tiempo aproximado de 3 a 5 minutos.



5. Después haber terminado con la mezcla de todos los compuestos químicos, se debe dejar en reposo y así medir el tiempo de gelado.

Nota: Jamás debe de hacerse una mezcla directa del catalizador de resinas con el naftenato de cobalto, porque generará una explosión.

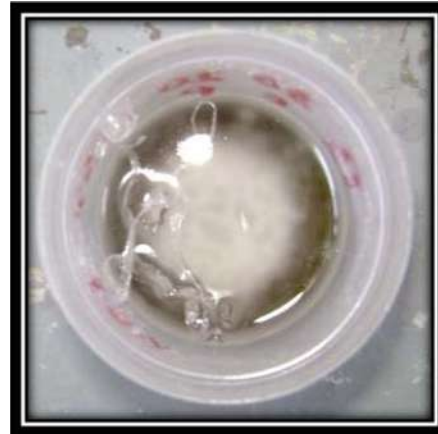
3.3.2. OBTENCIÓN DEL POLÍMERO ÓPTIMO

Para obtener el polímero óptimo se tuvo que hacer muchas pruebas, haciendo varias proporciones del: monómero de estireno, del poliéster, del catalizador y del peróxido. A continuación se presentaran las diferentes proporciones junto con sus respectivas observaciones que se tuvo.

1. *RELACION 80 - 20.- En esta primera muestra empezaremos con un peso total de 40 gramos, hacemos esto para no desperdiciar material ya que no vamos a obtener tan rápido nuestra composición deseada.*

RELACION 80-20		
P1	PORCENTAJE	GRAMOS
PESO TOTAL=	100	40
ESTIRENO	80	32
POLIÉSTER	20	8
NAFTENATO DE COBALTO	1.5	0.6
CATALIZADOR	1	0.4
PESO DEL RECIPIENTE		10.84
FECHA	08/04/2008	
HORA	14:00HRS	
TIEMPO DE GELADO	10HRS	

Observaciones: Se vio que no tuvo una reacción rápida, si no que después de diez horas obtuvo una apariencia gelatinosa siguiendo así hasta el tercer día. Pero hasta después de cinco días tuvo una forma sólida.



2. *RELACION 80 - 20.-* ahora se utilizar la misma relación del monómero de estireno con el poliéster, pero cambiando el porcentaje en peso del catalizador de resina y manteniendo el mismo valor del naftenato de cobalto.

RELACION 80-20		
P2	PORCENTAJE	GRAMOS
PESO TOTAL=	100	40
ESTIRENO	80	32
POLIÉSTER	20	8
NAFTENATO DE COBALTO	1.5	0.6
CATALIZADOR	2	0.6
PESO DEL RECIPIENTE		10.84
FECHA	09/04/2008	
HORA	13:10HRS	
TIEMPO DE GELADO	7HRS	

Observaciones: el compuesto empezó a gelar pasando siete horas siguiendo así hasta dos días, y después se vio que hasta el cuarto día ya tenía una forma sólida.



3. *RELACION 80 - 20.-* ahora se utilizar la misma relación del monómero de estireno con el poliéster, pero ahora sí cambiando el porcentaje en peso del catalizador de resina y del naftenato de cobalto.

RELACION 80-20		
P3	PORCENTAJE	GRAMOS
PESO TOTAL=	100	40
ESTIRENO	80	32
POLIESTER	20	8
NAFTENATO DE COBALTO	2.5	1
CATALIZADOR	3	1
PESO DEL RECIPIENTE		10.84
FECHA	11/04/2008	
HORA	13:50HRS	
TIEMPO DE GELADO	5HRS	

Observaciones: se vio que ahora sí tuvo una reacción mas o menos rápida, hasta alcanzar una apariencia sólida hasta el tercer día pero con una pequeña capa superior con característica gelatinosa. Y también se puede ver que es mas oscura, ya que se esta utilizando mucho catalizador de resinas y naftenato de cobalto.



Entonces, como podemos ver que aun es mucho tiempo para que empiece el proceso de gelado de nuestra muestra, ahora le aplicaremos temperatura a nuestra muestra, ya que si le aumentamos más catalizador y naftenato de cobalto, esto nos puede generar una explosión.

4. RELACION 80 - 20.- ahora tendremos nuestra muestra a una temperatura de 60° aproximadamente, y bajando nuestro porcentaje de catalizador y de naftenato de cobalto.

RELACION 80-20		
P4	PORCENTAJE	GRAMOS
PESO TOTAL=	100	40
ESTIRENO	80	32
POLIESTER	20	8
NAFTENATO DE COBALTO	1.0	0.4
CATALIZADOR	1	0.4
PESO DEL RECIPIENTE		11.05
FECHA	15/04/2008	
HORA	14:40HRS	
TEMPERATURA	60°	
TIEMPO DE GELADO	3HRS	

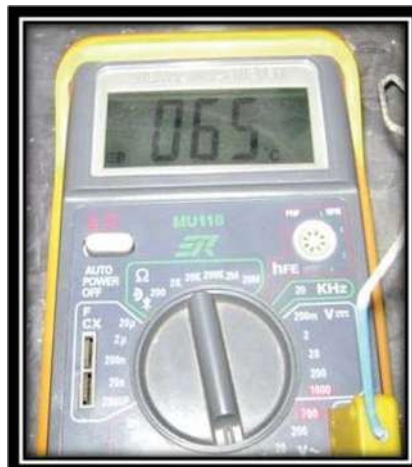
Observaciones: en esta parte se pudo observar que al haber transcurrido 3 horas nuestro espécimen ya tenía una apariencia gelatinosa, y después de otras tres horas ya tenía una forma sólida pero con una capa superior gelatinosa.

Ahora se describirá el proceso que se llevo acabo para someter la muestra a temperatura:

- Una vez realizada la mezcla (monómero de estireno, poliéster, catalizador de resinas y el naftenato de cobalto), se colocó dicha mezcla en un vaso de precipitado, ya previamente calentada.



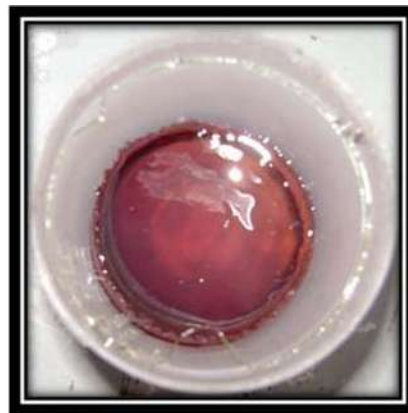
Aquí se puede ver que apenas estaba a una temperatura de 30° pero después de haber transcurrido cierto tiempo, se pudo hacer la siguiente lectura:



- Ahora podemos nuestro espécimen dentro del vaso, pero antes de eso se tuvo que hacer unas perforaciones a la tapa del frasco para que los vapores que se generen no se queden en el frasco.



- En las siguientes imágenes podremos ver la muestra con ya sólida pero con una pequeña capa gelatinosa.



Ahora podemos ver que estamos utilizando mucho catalizador y naftenato de cobalto, y esto no es muy benéfico para nosotros ya que estos compuestos son más caros que el monómero y el poliéster.

Entonces ahora lo que haremos es disminuir un poco la relación del monómero con el estireno, utilizando una relación de 60 - 40.

5. RELACION 60 - 40.- en esta relación se puede ver que disminuimos la cantidad del monómero de estireno, el catalizador y el naftenato de cobalto; pero aumentando la cantidad del poliéster.

RELACION 60-40		
P5	PORCENTAJE	GRAMOS
PESO TOTAL=	100	40
ESTIRENO	60	24
POLIÉSTER	40	16
NAFTENATO DE COBALTO	1.0	0.4
CATALIZADOR	2	0.8
PESO DEL RECIPIENTE		10.84
FECHA	24/04/2008	
HORA	13:00HRS	
TIEMPO DE GELADO	0.5HRS	

Observaciones: se nota una apariencia gelatinosa al haber transcurrido 30 minutos, y al momento de tocar el recipiente una apariencia gelatinosa, y después de otras tres horas ya tenía una forma sólida.



6. *RELACION 50 - 50.- ahora tenemos la misma cantidad de monómero de estireno y poliéster, y también el mismo porcentaje del catalizador y el naftenato de cobalto.*

RELACION 50-50		
P6	PORCENTAJE	GRAMOS
PESO TOTAL=	10	40
ESTIRENO	50	20
POLIÉSTER	50	20
NAFTENATO DE COBALTO	2.0	0.8
CATALIZADOR	2.0	0.8
PESO DEL RECIPIENTE		10.84
FECHA	21/05/2008	
HORA	14:00HRS	
TIEMPO DE GELADO	0.5 HORAS	

Observaciones.- tenía casi la misma reacción que la anterior pero la diferencia es de que el proceso de solidificación fue mas rápido.



Entonces concluimos que este es la mejor proporción que tenemos para la elaboración de nuestro polímero que será la matriz para la elaboración de nuestro mortero polimérico.

3.3.3.OBTENCIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO (ARENA SILICA-POLIMERO-FIBRA DE VIDRIO)

En esta parte se procederá para obtener el mortero polimérico compuesto por el polímero, la arena sílica y como refuerzo tenemos la fibra de vidrio.

La proporción que utilizaremos también tiene que ser el óptimo, porque lo que buscamos es que el material tenga una apariencia natural, mas no como plástico. Por esta razón por ahora no podemos mencionar la proporción que utilizaremos.

3.3.3.1. PREPARACIÓN DEL MORTERO POLIMÉRICO SIN REFORZAR.

Equipo de seguridad a utilizar

- *Bata para laboratorio*
- *Guante de látex*
- *Protección ocular (lentes o goggles)*
- *Mascarilla*

Materiales:

- *Recipientes de plásticos resistentes a la reacción de los compuestos químicos.*
- *Balanza con aproximación al décimo del gramo.*
- *Lengüetas.*
- *Estopa*
- *Cronómetro*
- *Arena sílica*

Reactores químicos:

- *Monómero de estireno*
- *Poliéster*
- *Naftenato de cobalto*
- *Catalizador para resinas(peróxido de metil-etil-cetona)*

PROCEDIMIENTO

1. *Antes de empezar con las mezclas se debe utilizar el equipo de seguridad (la bata, los guantes, los lentes y la mascarilla).*
2. *En un contenedor hacer la mezcla del monómero de estireno con el poliéster (con una espátula) en un tiempo aproximado de 3 minutos hasta obtener una mezcla homogénea. Durante el mezclado se debe de hacer en el extractor de aire, para que así los vapores generados no se vayan directamente a la atmosfera.*



3. *Se le agrega a la mezcla una cierta cantidad del naftenato de cobalto, este tiene un color violeta y se puede distinguir a simple vista. Y también se tiene que hacer un proceso de mezclado dentro del extractor de aire en un tiempo de 3 a 5 minutos.*



4. Después haberse hecho la mezcla anterior se le añade una cierta cantidad del catalizador de resinas y después se hace un proceso de mezclado con un tiempo aproximado de 3 a 5 minutos.
5. Después haber terminado con la mezcla de todos los compuestos químicos, entonces se hace la mezcla con la arena sílica. Y después dejarlos en reposo.



Nota: Jamás debe de hacerse una mezcla directa del catalizador de resinas con el naftenato de cobalto, porque generará una explosión.

3.3.3.2. OBTENCIÓN DEL COMPUESTO POLIMÉRICO ÓPTIMO SIN REFORZAR.

Como en el caso anterior, en la obtención del polímero óptimo, también se tuvo que hacer varias proporciones de polímero como matriz y de la arena sílica como material compuesto.

1. Relación 1:3.5.- aquí se utilizara una relación de cuarenta gramos de polímero y ciento cuarenta gramos de arena sílica.

RELACION 1:3.5		
P1	PORCENTAJE	GRAMOS
PESO TOTAL=	100	40
ESTIRENO	50	20
POLIÉSTER	50	20
NAFTENATO DE COBALTO	2	0.8
CATALIZADOR	2	0.8
ARENA SILICA	3.5	140
FECHA	29/05/2008	
HORA	02:30:00 p.m.	
TIEMPO DE GELADO	30 MINUTOS	

Observaciones: se vio que hubo una buena aleación del polímero con la arena sílica, pero el compuesto quedó muy seco. Así que tendremos que disminuir la cantidad de arena sílica, ya que si le agregamos mas arena este quedara muy suelta y no nos proporcionará la resistencia que nosotros queremos.



2. Relación 1:2.- ahora como pudimos ver la relación que teníamos pues no nos deja satisfechos, entonces ahora utilizaremos cuarenta gramos de polímero y ochenta gramos de arena sílica.

RELACION 1:2

P1	PORCENTAJE	GRAMOS
PESO TOTAL=	100	40
ESTIRENO	50	20
POLIESTER	50	20
NAFTENATO DE COBALTO	2	0.8
CATALIZADOR	2	0.8
ARENA SILICA	2.0	80
FECHA	2/06/2008	
HORA	02:30:00 p.m.	
TIEMPO DE GELADO	30 MINUTOS	

Observaciones: en este compuesto pudimos ver que queda con una apariencia plástica, ya que se tuvo un exceso de polímero.



3. Relación 1:3.- como no tuvimos buenos resultados de las muestras anteriores, entonces ahora vamos a aumentar un poco mas de arena, por que con las relaciones anteriores ya podemos ver en que rangos anda nuestro compuesto óptimo.

RELACION 1:3		
P1	PORCENTAJE	GRAMOS
PESO TOTAL=	100	40
ESTIRENO	50	20
POLIÉSTER	50	20
NAFTENATO DE COBALTO	2	0.8
CATALIZADOR	2	0.8
ARENA SILICA	3.0	120
FECHA	03/06/2008	
HORA	02:30:00 p.m.	
TIEMPO DE GELADO	30 MINUTOS	

Observaciones.- podemos ver que ahora si tenemos una buena composición por que solo quedo una pequeña capa de polímero, pero desaparecerá cuando el material quede ya muy sólida.



Entonces podemos concluir que esta es la relación que utilizaremos para elaborar nuestro material compuesto.

4. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS

4.1. ELABORACIÓN DE PLACAS Y VIGAS SIN REFORZAR.

Para poder hacer las evaluaciones de las propiedades físicas del compuesto polimérico con arena sílica, primeramente se tiene que hacer unas muestras.

Equipo de seguridad a utilizar:

- *Bata para laboratorio*
- *Guantes de látex*
- *Protección ocular(lentes o goggles)*
- *Mascarilla*

Materiales:

- *Recipientes de plásticos resistentes a la reacción de los compuestos químicos.*
- *Balanza con aproximación al décimo del gramo.*
- *Lengüetas.*
- *Estopa*
- *Cronómetro*
- *Arena sílica*

Reactores químicos:

- *Monómero de estireno*
- *Poliéster*
- *Naftenato de cobalto*
- *Catalizador para resinas(peróxido de metil-etil-cetona)*

PROCEDIMIENTO

1. Utilizar el equipo de seguridad (bata de laboratorio, guantes, goggles o lentes). Esto se hace por sí en algún momento (en cualquier descuido) al hacer la mezcla se nos caiga en la mano o en el ojo, no pase nada ya que estamos bien protegidos.
2. Elaborar el polímero que nos servirá como matriz, y se realizará con el mismo procedimiento que ha sido descrito anteriormente.
3. Pesar la arena sílica, según la proporción que se haya encontrado.
4. Hacer la mezcla de la arena sílica con el polímero en un recipiente, y esto se hará lo mas rápido que se pueda ya que si dejamos pasar mucho tiempo el polímero entrara en un proceso de gelificación y nos causara problemas al momento de hacer la mezcla.
5. Antes de hacer el colado de la muestra en el molde, este deberá de estar limpio.

A continuación se presentara las placas y vigas elaboradas en el laboratorio de innovación, con los datos correspondientes.

• *Placa n° 1: dimensiones 1.5x11.6x58.8cms*

RELACION 1:3		
P1	PORCENTAJE	GRAMOS
PESO TOTAL=	100	400
ESTIRENO	50	200
POLIESTER	50	200
NAFTENATO DE COBALTO	2	8
CATALIZADOR	2	8
ARENA SILICA	3	1200
FECHA	03/06/2008	
HORA	01:00:00 p.m.	
TIEMPO DE GELADO	30 MINUTOS	



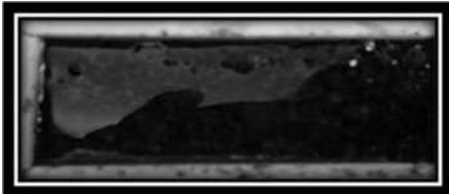
• *Placa n° 2: dimensiones 1.7x11.7x58.6cms*

RELACION 1:3		
P1	PORCENTAJE	GRAMOS
PESO TOTAL=	100	500
ESTIRENO	50	250
POLIESTER	50	250
NAFTENATO DE COBALTO	2	10
CATALIZADOR	2	10
ARENA SILICA	3	1500
FECHA	09/06/2008	
HORA	02:30:00 p.m.	
TIEMPO DE GELADO	30 MINUTOS	



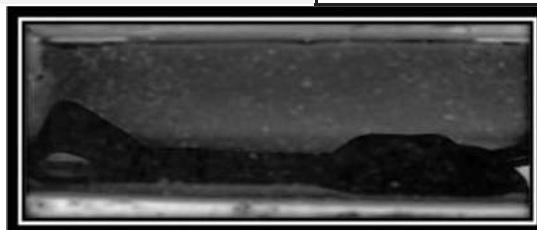
• *Víga n° 1: dimensiones 3.8x3.8x16cms*

RELACION 1:3		
P1	PORCENTAJE	GRAMOS
PESO TOTAL=	100	100
ESTIRENO	50	50
POLIESTER	50	50
NEFTANATO DE COBALTO	2	2
CATALIZADOR	2	2
ARENA SILICA	3	300
FECHA	09/06/2008	
HORA	02:30:00 p.m.	
TIEMPO DE GELADO	30 MINUTOS	



• *Víga n° 2: dimensiones 3.8x3.8x16cms*

RELACION 1:3		
P1	PORCENTAJE	GRAMOS
PESO TOTAL=	100	100
ESTIRENO	50	50
POLIESTER	50	50
NAFTENATO DE COBALTO	2	2
CATALIZADOR	2	2
ARENA SILICA	3	300
FECHA	09/06/2008	
HORA	02:30:00 p.m.	
TIEMPO DE GELADO	30 MINUTOS	



4.2. ELABORACION DE PLACAS Y VIGAS CON REFUERZO DE FIBRA DE VIDRIO

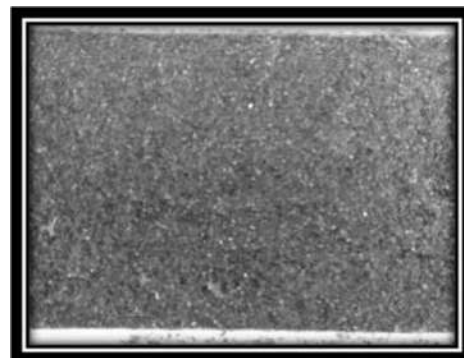
Se sigue el mismo procedimiento anterior nada mas que ahora tenemos que agregar como refuerzo la fibra de vidrio. Pero tenemos que ver que porcentaje de fibra se le tiene que adicionar al compuesto polimérico, ya que si utilizamos mucha fibra se nos puede formar los llamados *nidos de pájaro*, y esto no conviene ya que estamos buscando un mortero polimérico resistente.

Elaboración de placas con un 6% de fibra de vidrio.

- *Placa n°3: dimensiones 2x11.8x59.6cms*

RELACION 1:3:6%		
P1	PORCENTAJE	GRAMOS
PESO TOTAL=	100	600
ESTIRENO	50	300
POLIESTER	50	300
NAFTENATO DE COBALTO	2	12
CATALIZADOR	2	12
ARENA SILICA	3	1800
FIBRA DE VIDRIO	6	36
FECHA	13/06/2008	
HORA	02:30:00 p.m.	
TIEMPO DE GELADO	30 MINUTOS	

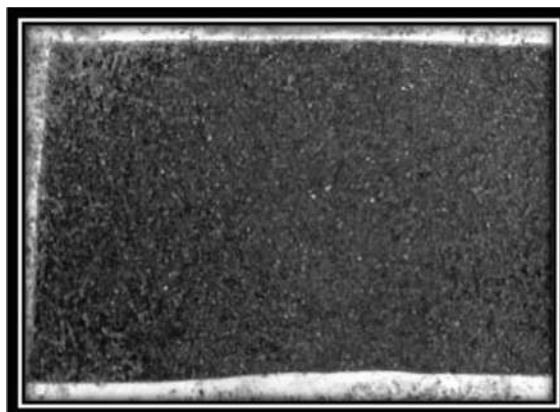
Observaciones.- aquí se puede ver que la fibra de vidrio se distribuyó muy bien a lo largo y ancho de la placa, y no hubo formación del nido de pájaro.



• *Placa n°4: dimensiones 2x11.6x58.7cms*

RELACION 1:3:6%		
P1	PORCENTAJE	GRAMOS
PESO TOTAL=	100	600
ESTIRENO	50	300
POLIÉSTER	50	300
NAFTENATO DE COBALTO	2	12
CATALIZADOR	2	12
ARENA SILICA	3	1800
FIBRA DE VIDRIO	6	36
FECHA	19/06/2008	
HORA	12:10:00 p.m.	
TIEMPO DE GELADO	30 MINUTOS	

Observaciones.- se vio que si hubo buena distribución de la fibra de vidrio.



• Viga n°1: *dimensiones 3.9x4x16cms*

RELACION 1:3:6%		
P1	PORCENTAJE	GRAMOS
PESO TOTAL=	100%	140
ESTIRENO	50%	70
POLIESTER	50%	70
NAFTENATO DE COBALTO	2%	2.8
CATALIZADOR	2%	2.8
ARENA SILICA	3	350
FIBRA DE VIDRIO	6%	8.4
FECHA	24/06/2008	
HORA	01:28:00 p.m.	
TIEMPO DE GELADO	30 MINUTOS	

Observaciones.- se vio que no hubo una buena mezcla del material compuesto con la fibra, ya que en este caso como esta mas confina y es una pequeña área, hubo formación de nidos de pájaro y se fracturo la viga.



Como en esta relación propuesta, no funcionó, entonces utilizaremos un porcentaje de fibra de vidrio menor, ahora se utilizara un 3%.

• *Viga n°2: dimensiones 3.9x3.9x16cms*

RELACION 1:3:3%		
P1	PORCENTAJE	GRAMOS
PESO TOTAL=	100%	140
ESTIRENO	50%	70
POLIESTER	50%	70
NAFTENATO DE COBALTO	2%	2.8
CATALIZADOR	2%	2.8
ARENA SILICA	3%	420
FIBRA DE VIDRIO	3%	4.2
FECHA	24/06/2008	
HORA	01:28:00 p.m.	
TIEMPO DE GELADO	30 MINUTOS	

Observaciones.- con esta nueva proporción se pudo observar que no se presentaron grietas, por eso optamos por esta relación para elaborar la otra viga.



4.3. PRUEBAS DE ABSORCIÓN EN LAS PLACAS Y VIGAS (CON Y SIN REFUERZO)

En este capítulo determinaremos la capacidad de absorción que tendrá nuestras placas y vigas, expresándola en porcentaje de su peso seco.

PROCEDIMIENTO.

1. De las placas y vigas antes seleccionadas, se ponen a saturar en agua, en un tiempo aproximado de 24 horas; pero como podemos saber que las placas y vigas son materiales formados con una matriz polimérica, estas no tendrán mucha absorción, entonces se procede a dejar estas muestras saturándolo por 36 horas (tres días).



2. Después de haber transcurrido los tres días, se procede a sacar las muestras de la pila de saturación. Pero antes de pesarlas se tienen que hacer un secado superficial a las muestras con una franela.
3. Pesar las muestras húmedas. Para así obtener el peso húmedo (P_h)



4. Se colocan las muestras al horno para ponerlos a secar, y así obtener el peso seco (P_s).



ESPECIFICACIONES.

TIPO DE ABSORCIÓN	% H. ABSORCIÓN
BAJA	MENOS DEL 2%
MEDIANA	ENTRE 2% Y 4%
ALTA	MÁS DEL 4%

RESULTADOS

PLACAS Y VIGAS SIN REFUERZO						
ESPECIMEN	PESO SECO	VOLUMEN	PESO HUMEDO	DENSIDAD	% ABSORCION	TIPO DE ABSORCION
PLACA 1	1535.00 grs	1023.12 cm3	1545.00 grs	1.50 grs/cm3	0.65	MUY BAJA
PLACA 2	1905.00 grs	1165.55 cm3	1910.00 grs	1.63 grs/cm3	0.26	MUY BAJA
VIGA 1	390.00 grs	231.04 cm3	391.00 grs	1.69 grs/cm3	0.26	MUY BAJA
VIGA 2	431.00 grs	235.64 cm3	432.00 grs	1.83 grs/cm3	0.23	MUY BAJA

PLACAS Y VIGAS CON REFUERZO						
ESPECIMEN	PESO SECO	VOLUMEN	PESO HUMEDO	DENSIDAD	% ABSORCION	TIPO DE ABSORCION
PLACA 3	2370.00 grs	1406.56 cm3	2380.00 grs	1.68 grs/cm3	0.42	MUY BAJA
PLACA 4	2320.00 grs	1361.84 cm3	2335.00 grs	1.70 grs/cm3	0.65	MUY BAJA
VIGA 3	461.00 grs	257.40 cm3	462.00 grs	1.79 grs/cm3	0.22	MUY BAJA
VIGA 4	427.00 grs	243.36 cm3	428.00 grs	1.75 grs/cm3	0.23	MUY BAJA

5. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS.

Para la evaluación de las propiedades mecánicas de los compuestos poliméricos, se tiene que someter a las placas y vigas a compresión simple y a flexión.

Donde las placas serán utilizadas para darnos la curva de **CARGA-DEFORMACIÓN**; y las vigas para conocer su **RESISTENCIA A FLEXIÓN Y A COMPRESIÓN**.

5.1. RESISTENCIA A FLEXIÓN

Y en este caso los esfuerzos a compresión estarán dadas por la siguiente fórmula; según la norma **ASTM C-348** para vigas de compuesto polimérico.

$$S_f = 0.0028P$$

Donde:

P es la carga a flexión del cubo (Newtons)

S_f es el esfuerzo del cubo a flexión (KPa)

Equipo

- Las vigas de compuesto polimérico con y sin refuerzo.
- Máquina universal de pruebas **Tinius Olsen**.
- Apoyos con diámetro de 1.3cms

PROCEDIMIENTO

1. Tomar las medidas reales de la muestra, revisando que las superficies de las caras extremas sean paralelas entre sí y formen un ángulo recto con la horizontal. Y así marcando los puntos en donde tendrán que ir los apoyos.



2. Se coloca la muestra en la máquina universal de pruebas, en donde los apoyos tendrán que ir dos en la parte superior, ubicada en los extremos, y el otro en la mitad de la viga.



3. Se ajusta y se nivela la máquina.
4. Aplicar la carga, y esta debe ser de forma lenta, en este caso se hace con la primera velocidad de la máquina hasta la falla de la muestra.

- *VIGA 1 SIN REFUERZO: dimensiones 3.8x3.8x16cms*

<i>RESISTENCIA A FLEXION</i>	
<i>CARGA OBTENIDA EN LA PRUEBA</i>	<i>753.50 Kgs</i>
<i>CARGA EN NEWTONS</i>	
<i>GRAVEDAD</i>	<i>9.81 m/seg²</i>
<i>CARGA EN NEWTONS</i>	<i>7391.84 Kgs m/seg²</i>
<i>Sf</i>	<i>20.70 MPa</i>

Imagen de la falla



- *VIGA 2 SIN REFUERZO: dimensiones 3.8x3.8x16cms*

<i>RESISTENCIA A FLEXION</i>	
<i>CARGA OBTENIDA EN LA PRUEBA</i>	<i>517.00 Kgs</i>
<i>CARGA EN NEWTONS</i>	
<i>GRAVEDAD</i>	<i>9.81 m/seg²</i>
<i>CARGA EN NEWTONS</i>	<i>5071.77 Kgs m/seg²</i>
<i>Sf</i>	<i>14.20 MPa</i>

Imagen de la falla



- *VIGA 3 CON REFUERZO: dimensiones 3.9x4x16cms*

<i>RESISTENCIA A FLEXION</i>	
<i>CARGA OBTENIDA EN LA PRUEBA</i>	<i>527.50 Kgs</i>
<i>CARGA EN NEWTONS</i>	
<i>GRAVEDAD</i>	<i>9.81 m/seg²</i>
<i>CARGA EN NEWTONS</i>	<i>5174.78 Kgs m/seg²</i>
<i>Sf</i>	<i>14.49 MPa</i>

- *VIGA 4 CON REFUERZO: dimensiones 3.9x3.9x16cms*

<i>RESISTENCIA A FLEXION</i>	
<i>CARGA OBTENIDA EN LA PRUEBA</i>	<i>565.20 Kgs</i>
<i>CARGA EN NEWTONS</i>	
<i>GRAVEDAD</i>	<i>9.81 m/seg²</i>
<i>CARGA EN NEWTONS</i>	<i>5544.61 Kgs m/seg²</i>
<i>Sf</i>	<i>15.52 MPa</i>

Imagen de la falla



5.2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN

De las vigas anteriormente probadas, se procede a cortarlas con la máquina cortadora de acero así obteniendo dos cubos de mortero polimérico con dimensiones diferentes. Y en este caso los esfuerzos a compresión estarán dadas por la siguiente fórmula; según la **norma ASTM C-349**, para cubos de compuesto polimérico.

$$Sc=0.069P$$

Donde:

P es la carga que soporta el cubo (Newtons)

Sc es el esfuerzo del cubo a compresión (KPa)

A continuación se describirá el procedimiento realizado.

Equipo de seguridad

- Bata para laboratorio
- Lentes o goggles

Equipo

- Máquina universal de pruebas **Tinius Olsen**
- Disco metálico
- Arena para cabeceo

PROCEDIMIENTO

1. Del material utilizado en la prueba anterior se cortaran en cubos de 4x4x4cms,
2. Colocar el disco metálico en la máquina,
3. Poner una pequeña capa de arena en el disco metálico
4. Colocar el cubo sobre la capa de arena, y luego se colocara otra pequeña capa sobre la superficie del cubo.



5. Se ajusta y se nivela la máquina.
6. Aplicar la carga, y esta debe ser de forma lenta, en este caso se hace con la primera velocidad de la máquina hasta la falla de la muestra.
7. Se tomara la carga que se tengan en la presencia de la primera grieta del cubo y también la carga final obtenida hasta la ruptura del cubo.

RESISTENCIA A COMPRESION: 3.8x3.8x4cms

VIGA 1 SIN REFORZAR; RELACION:1:3

1er CUBO

2do CUBO

PRIMERA GRIETA

<i>carga:</i>	2152.00 Kgs	<i>carga:</i>	2700.00 Kgs
<i>carga en newton</i>	21111.12	<i>carga en newton</i>	26487.00
<i>Sc(según ASTM C-349)</i>	1.3 MPa	<i>Sc(según ASTM C-349)</i>	1.6 MPa

RUPTURA

<i>carga:</i>	3500.00 Kgs	<i>carga:</i>	4223.50 Kgs
<i>carga en newton</i>	34335.00	<i>carga en newton</i>	41432.54 Kgs
<i>Sc(según ASTM C-349)</i>	2.1 MPa	<i>Sc(según ASTM C-349)</i>	2.6 MPa

RESISTENCIA A COMPRESION:3.8x3.8x4cms

VIGA 2 SIN REFORZAR; RELACION:1:3

1er CUBO

2do CUBO

PRIMERA GRIETA

<i>carga:</i>	2900.00 Kgs	<i>carga:</i>	2317.00 Kgs
<i>carga en newton</i>	28449.00	<i>carga en newton</i>	22729.77
<i>Sc(según ASTM C-349)</i>	1.8 MPa	<i>Sc(según ASTM C-349)</i>	1.4 MPa

RUPTURA

<i>carga:</i>	3175.00 Kgs	<i>carga:</i>	3245.00 Kgs
<i>carga en newton</i>	31146.75	<i>carga en newton</i>	31833.45
<i>Sc(según ASTM C-349)</i>	1.9 MPa	<i>Sc(según ASTM C-349)</i>	2.0 MPa

RESISTENCIA A COMPRESION:3.9x4x4cms			
VIGA 3 CON REFUERZO; RELACION:1:3:3%			
1er CUBO		2do CUBO	
PRIMERA GRIETA			
carga:	2697.00 Kgs	carga:	3670.00 Kgs
carga en newton	1422667.50	carga en newton	1935925.00
Sc(según ASTM C-349)	1.6 MPa	Sc(según ASTM C-349)	2.2 MPa
RUPTURA			
carga:	3413.50 Kgs	carga:	3874.00 Kgs
carga en newton	1800621.25	carga en newton	2043535.00
Sc(según ASTM C-349)	2.1 MPa	Sc(según ASTM C-349)	2.4 MPa

RESISTENCIA A COMPRESION:3.9x3.9x4cms			
VIGA 4 CON REFUERZO; RELACION:1:3:3%			
1er CUBO		2do CUBO	
PRIMERA GRIETA			
carga:	2473.00 Kgs	carga:	2.5 MPa
carga en newton	24260.13	carga en newton	40839.03
Sc(según ASTM C-349)	1.5 MPa	Sc(según ASTM C-349)	2532.02 KPa
RUPTURA			
carga:	2732.50 Kgs	carga:	4223.50 Kgs
carga en newton	26805.83	carga en newton	41432.54
Sc(según ASTM C-349)	1.7 MPa	Sc(según ASTM C-349)	2.6 MPa

5.3. CÁLCULO DEL MOR Y DEL P_{eL} .

MOR .- Es el módulo de proporcionalidad elástica, y esta nos indica la estabilidad de los materiales al esfuerzo a flexión elástica. Y se obtiene mediante la siguiente fórmula.

$$MOR = \frac{P_{max} L}{bd^2}$$

Donde:

P_{max} es la máxima fuerza alcanzada por el espécimen en Newtons.

L es la longitud entre apoyos. (mm)

b es el ancho del espécimen (mm)

d es el espesor promedio del espécimen (mm)

MÓDULO DE RUPTURA						
ESPECIMEN	P_{max} Newtons	L mm	b mm	d mm	d^2	MOR MPa
Placa 1 sin reforzar	548.80	450.00	116.00	588.00	345744.00	0.0061576
Placa 2 sin reforzar	717.30	450.00	117.00	586.00	343396.00	0.0080340
Placa 3 con refuerzo	1413.80	450.00	118.00	596.00	355216.00	0.0151784
Placa 4 con refuerzo	1364.70	450.00	116.00	587.00	344569.00	0.0153644

P_{eL} .- Es el límite de proporcionalidad elástica.

$$P_{eL} = \frac{P_e L}{bd^2}$$

Donde:

P_e es la fuerza donde el punto de la curva Fuerza-Deflexión se desvía de la linealidad. (Newton)

L es la longitud entre apoyos (mm)

b es el ancho del espécimen (mm)

d es el espesor promedio del espécimen (mm)

MODULO DE RUPTURA

ESPECIMEN	P_{max} Newtons	L mm	b mm	d mm	d^2	MOR MPa
Placa 1 sin reforzar	548.80	450.00	116.00	588.00	345744.00	0.0061576
Placa 2 sin reforzar	717.30	450.00	117.00	586.00	343396.00	0.0080340
Placa 3 con refuerzo	1413.80	450.00	118.00	596.00	355216.00	0.0151784
Placa 4 con refuerzo	1364.70	450.00	116.00	587.00	344569.00	0.0153644

5.4. CURVA CARGA–DEFORMACIÓN

De las placas elaboradas anteriormente, a estas se les aplicará una carga lenta en la máquina universal de pruebas hasta la falla. Pero se irá haciendo la lectura de las deformaciones a cada 0.20mm registradas en el micrómetro.

El procedimiento llevado a cabo durante esta prueba será descrita a continuación

Equipo de seguridad a utilizar:

- Bata para laboratorio
- Protección ocular(lentes o goggles)

Material:

- Placas de compuesto polimérico con y sin esfuerzo, con dimensiones 2x11.6x58.7cms.
- Placa metálica de 4.615 Kgs
- Máquina universal de pruebas Tinius Olsen
- Micrómetro

PROCEDIMIENTO

1. Marcar en las placas los puntos de apoyo.
2. Colocar los apoyos con diámetros de 2.54cms (1”), dos en la parte inferior y las otras dos en la parte superior. Después colocar la placa metálica sobre los apoyos superiores.



3. Montar el micrómetro, este tiene que ser en una parte visible.



4. Nivelar la máquina y checar que el micrómetro este en ceros al igual que la máquina.
5. Aplicar la carga lentamente hasta la falla. Por lo general la máquina se trabaja con la primera velocidad.

Datos obtenidos de la prueba: *placa 1 con relación 1:3 sin refuerzo.*

CURVA CARGA- DEFORMACION

Gravedad	9.81 m /s ²	
Peso de la placa	4.615 Kgs	
Δ mm	Carga Kgs	Carga en Newton
0.00	4.615	45.3
0.20	14.615	143.4
0.40	14.615	143.4
0.60	17.115	167.9
0.80	17.615	172.8
1.00	18.115	177.7
1.20	18.115	177.7
1.40	19.615	192.4
1.60	20.115	197.3
1.80	20.315	199.3
2.00	21.615	212.0
2.20	21.615	212.0
2.40	24.115	236.6
2.60	24.115	236.6
2.80	24.115	236.6
3.00	26.615	261.1
3.20	26.615	261.1
3.40	27.115	266.0
3.60	30.115	295.4
3.80	32.115	315.0
4.00	35.115	344.5
4.20	35.115	344.5

4.40	35.115	344.5
4.60	35.115	344.5
4.80	35.115	344.5
5.00	35.115	344.5
5.20	35.115	344.5
5.40	35.115	344.5
5.60	35.115	344.5
5.80	35.115	344.5
6.00	35.115	344.5
6.20	40.615	398.4
6.40	40.615	398.4
6.60	40.615	398.4
6.80	40.615	398.4
7.00	40.615	398.4
7.20	40.615	398.4
7.40	40.615	398.4
7.60	40.615	398.4
7.80	40.615	398.4
8.00	40.615	398.4
8.20	40.615	398.4
8.40	40.615	398.4
8.60	40.615	398.4
8.80	44.615	437.7
9.00	44.615	437.7
9.20	44.615	437.7
9.40	49.615	486.7
9.60	49.615	486.7
9.80	49.615	486.7
10.00	49.615	486.7
10.20	49.615	486.7
10.40	49.615	486.7
10.60	49.615	486.7
10.80	49.615	486.7
11.00	49.615	486.7
11.20	49.615	486.7
11.40	49.615	486.7
11.60	49.615	486.7
11.80	49.615	486.7
12.00	49.615	486.7
12.20	49.615	486.7
12.40	49.615	486.7
12.60	49.615	486.7
12.80	49.615	486.7
13.00	49.615	486.7
13.20	49.615	486.7
13.40	49.615	486.7
13.60	49.615	486.7

13.80	49.615	486.7
14.00	49.615	486.7
14.20	49.615	486.7
14.40	49.615	486.7
14.60	49.615	486.7
14.80	49.615	486.7
15.00	49.615	486.7
15.20	59.615	584.8
15.40	59.615	584.8
15.60	59.615	584.8
15.80	59.615	584.8
16.00	59.615	584.8
16.20	59.615	584.8



Datos obtenidos de la prueba: *placa 2 con relación 1:3 sin refuerzo.*

CURVA ESFUERZO DEFORMACION		
Gravedad	9.81 m /s ²	
Peso de la placa	4.615 Kgs	
Δ mm	carga Kgs	carga en Newton
0.00	4.615	45.3
0.20	6.765	66.4
0.40	6.765	66.4
0.60	10.115	99.2
0.80	12.615	123.8
1.00	16.115	158.1
1.20	18.115	177.7
1.40	19.115	187.5
1.60	21.115	207.1
1.80	23.615	231.7
2.00	23.615	231.7
2.20	25.115	246.4
2.40	27.615	270.9
2.60	30.615	300.3
2.80	33.615	329.8
3.00	33.615	329.8
3.20	35.115	344.5
3.40	36.615	359.2
3.60	38.615	378.8
3.80	39.615	388.6
4.00	41.115	403.3
4.20	42.615	418.1
4.40	47.615	467.1
4.60	47.615	467.1
4.80	49.115	481.8
5.00	50.115	491.6
5.20	51.115	501.4
5.40	52.115	511.2
5.60	52.115	511.2
5.80	53.115	521.1
6.00	53.115	521.1
6.20	54.615	535.8
6.40	56.115	550.5
6.60	58.615	575.0
6.80	61.115	599.5
7.00	62.115	609.3
7.20	63.615	624.1
7.40	64.615	633.9
7.60	64.615	633.9
7.80	64.615	633.9

8.00	64.615	633.9
8.20	65.615	643.7
8.40	67.115	658.4
8.60	69.615	682.9
8.80	70.615	692.7
9.00	70.615	692.7
9.20	71.615	702.5
9.40	72.115	707.4
9.60	73.115	717.3



Datos obtenidos de la prueba: *placa 3 con relación 1:3:6% con refuerzo*

CURVA CARGA DEFORMACION		
Gravedad	9.81 m/s ²	
Peso de la placa	4.615 Kgs	
Δ mm	carga Kgs	Carga en Newton
0.00	4.615	45.3
0.20	10.115	99.2
0.40	13.615	133.6
0.60	17.115	167.9
0.80	22.115	216.9
1.00	27.115	266.0
1.20	30.115	295.4
1.40	33.115	324.9
1.60	35.615	349.4
1.80	37.615	369.0
2.00	44.615	437.7
2.20	48.115	472.0
2.40	50.115	491.6
2.60	53.615	526.0
2.80	57.115	560.3
3.00	59.615	584.8
3.20	64.615	633.9
3.40	67.115	658.4
3.60	69.615	682.9
3.80	71.115	697.6
4.00	73.115	717.3
4.20	75.615	741.8
4.40	78.115	766.3
4.60	80.615	790.8
4.80	82.615	810.5
5.00	84.115	825.2
5.20	86.115	844.8
5.40	86.115	844.8
5.60	91.115	893.8
5.80	92.115	903.6
6.00	93.615	918.4
6.20	95.615	938.0
6.40	95.615	938.0
6.60	98.115	962.5
6.80	102.115	1001.7
7.00	103.615	1016.5
7.20	104.615	1026.3
7.40	105.615	1036.1
7.60	106.115	1041.0
7.80	107.115	1050.8
8.00	110.115	1080.2
8.20	112.115	1099.8
8.40	112.615	1104.8
8.60	115.615	1134.2

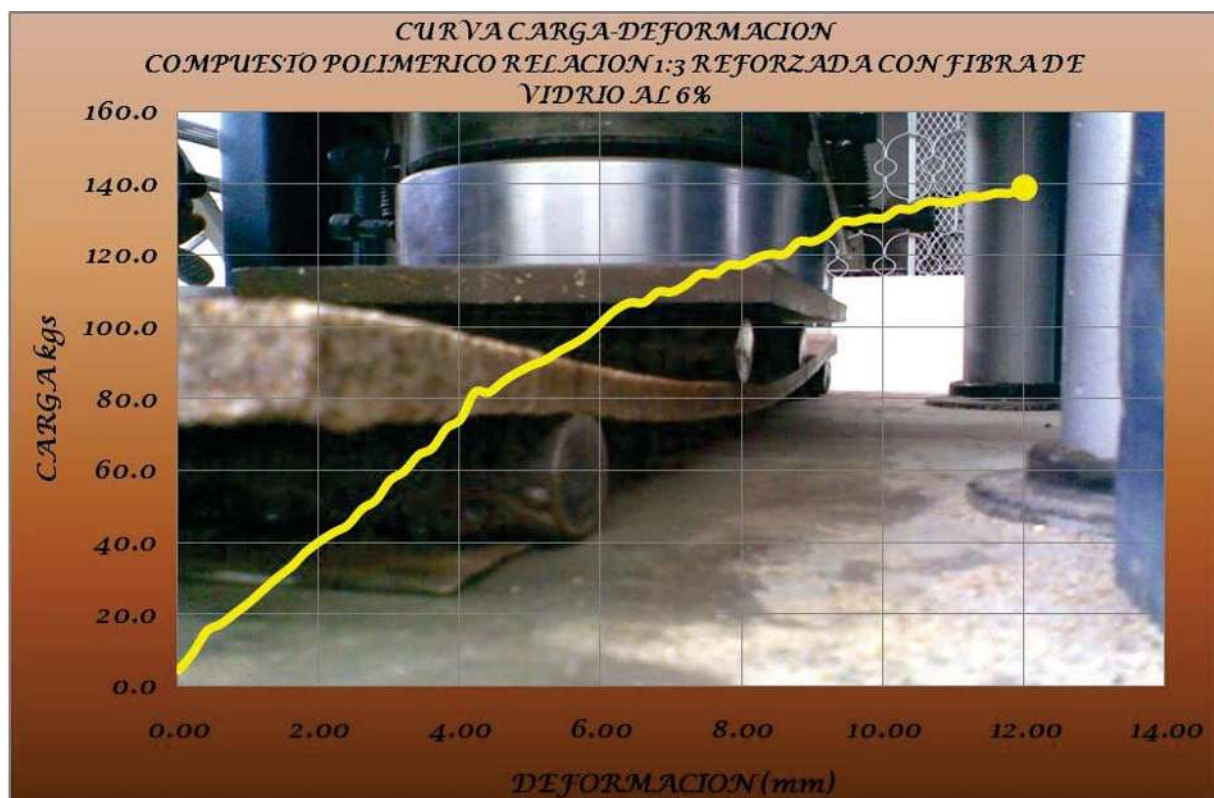
8.80	115.615	1134.2
9.00	117.115	1148.9
9.20	118.615	1163.6
9.40	119.615	1173.4
9.60	119.615	1173.4
9.80	121.115	1188.1
10.00	122.615	1202.9
10.20	124.615	1222.5
10.40	126.115	1237.2
10.60	126.115	1237.2
10.80	128.115	1256.8
11.00	130.115	1276.4
11.20	130.115	1276.4
11.40	132.115	1296.0
11.60	132.115	1296.0
11.80	133.115	1305.9
12.00	134.615	1320.6
12.20	135.115	1325.5
12.40	135.115	1325.5
12.60	137.115	1345.1
12.80	138.115	1354.9
13.00	139.615	1369.6
13.20	141.615	1389.2
13.40	143.115	1404.0
13.60	144.115	1413.8



Datos obtenidos de la prueba: *placa 4 con relación 1:3:6% con refuerzo*

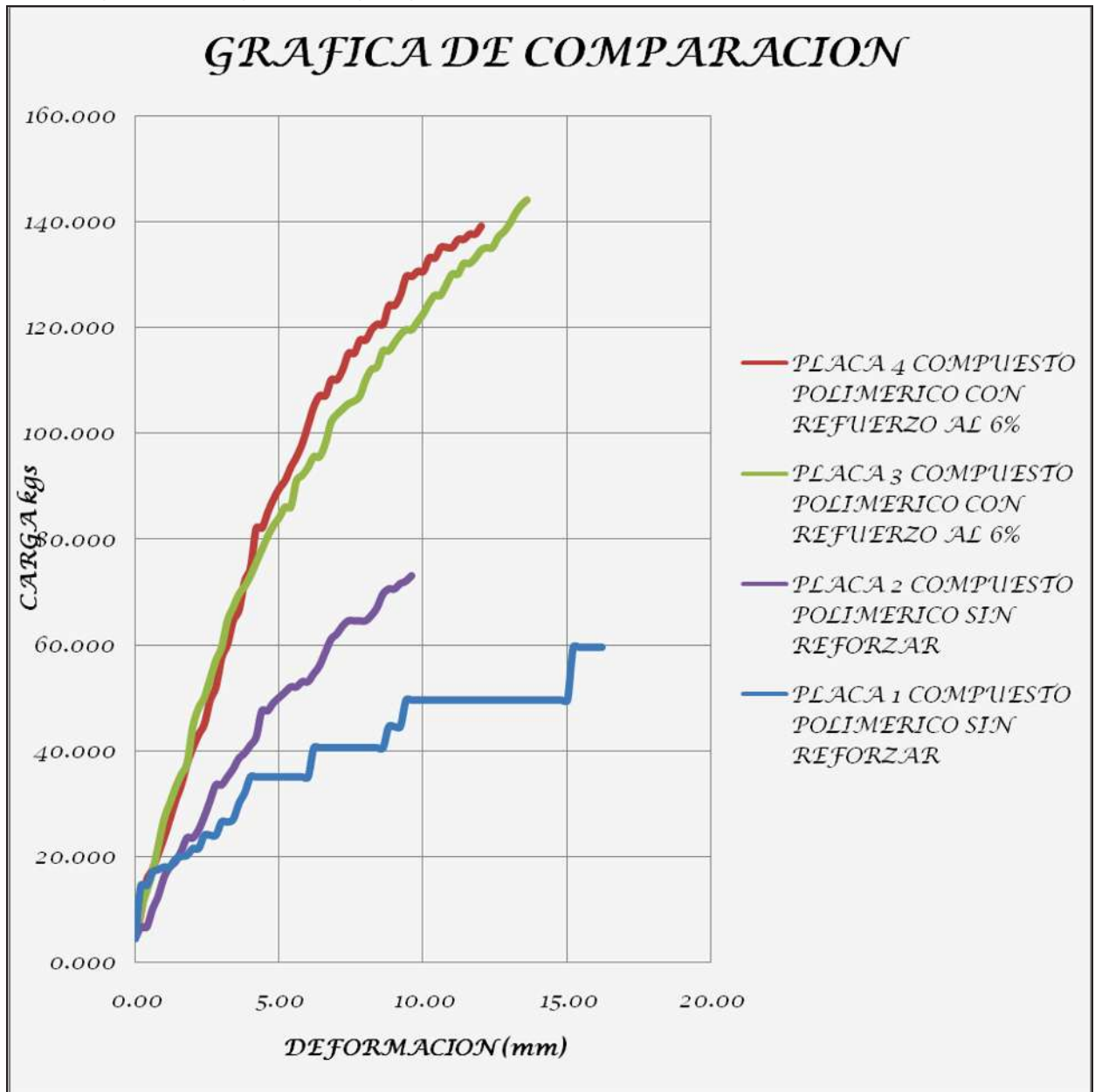
CURVA CARGA DEFORMACION		
Gravedad	9.81 m/s ²	
Peso de la placa	4.615 Kgs	
Δ mm	carga Kgs	Carga en Newton
0.00	4.615	45.3
0.20	9.515	93.3
0.40	15.615	153.2
0.60	17.615	172.8
0.80	20.615	202.2
1.00	23.615	231.7
1.20	27.115	266.0
1.40	30.615	300.3
1.60	33.615	329.8
1.80	37.615	369.0
2.00	40.615	398.4
2.20	43.115	423.0
2.40	45.115	442.6
2.60	49.615	486.7
2.80	52.115	511.2
3.00	57.615	565.2
3.20	60.115	589.7
3.40	64.615	633.9
3.60	66.615	653.5
3.80	72.115	707.4
4.00	74.615	732.0
4.20	82.115	805.5
4.40	82.115	805.5
4.60	85.115	835.0
4.80	87.615	859.5
5.00	89.615	879.1
5.20	91.115	893.8
5.40	93.615	918.4
5.60	95.615	938.0
5.80	98.115	962.5
6.00	101.615	996.8
6.20	105.115	1031.2
6.40	107.115	1050.8
6.60	107.115	1050.8
6.80	110.115	1080.2
7.00	110.115	1080.2
7.20	112.115	1099.8
7.40	115.115	1129.3
7.60	115.115	1129.3

7.80	117.615	1153.8
8.00	117.615	1153.8
8.20	119.615	1173.4
8.40	120.615	1183.2
8.60	120.615	1183.2
8.80	124.115	1217.6
9.00	124.115	1217.6
9.20	126.115	1237.2
9.40	129.615	1271.5
9.60	129.615	1271.5
9.80	130.615	1281.3
10.00	130.615	1281.3
10.20	133.115	1305.9
10.40	133.115	1305.9
10.60	135.115	1325.5
10.80	135.115	1325.5
11.00	135.115	1325.5
11.20	136.615	1340.2
11.40	136.615	1340.2
11.60	137.615	1350.0
11.80	137.615	1350.0
12.00	139.115	1364.7

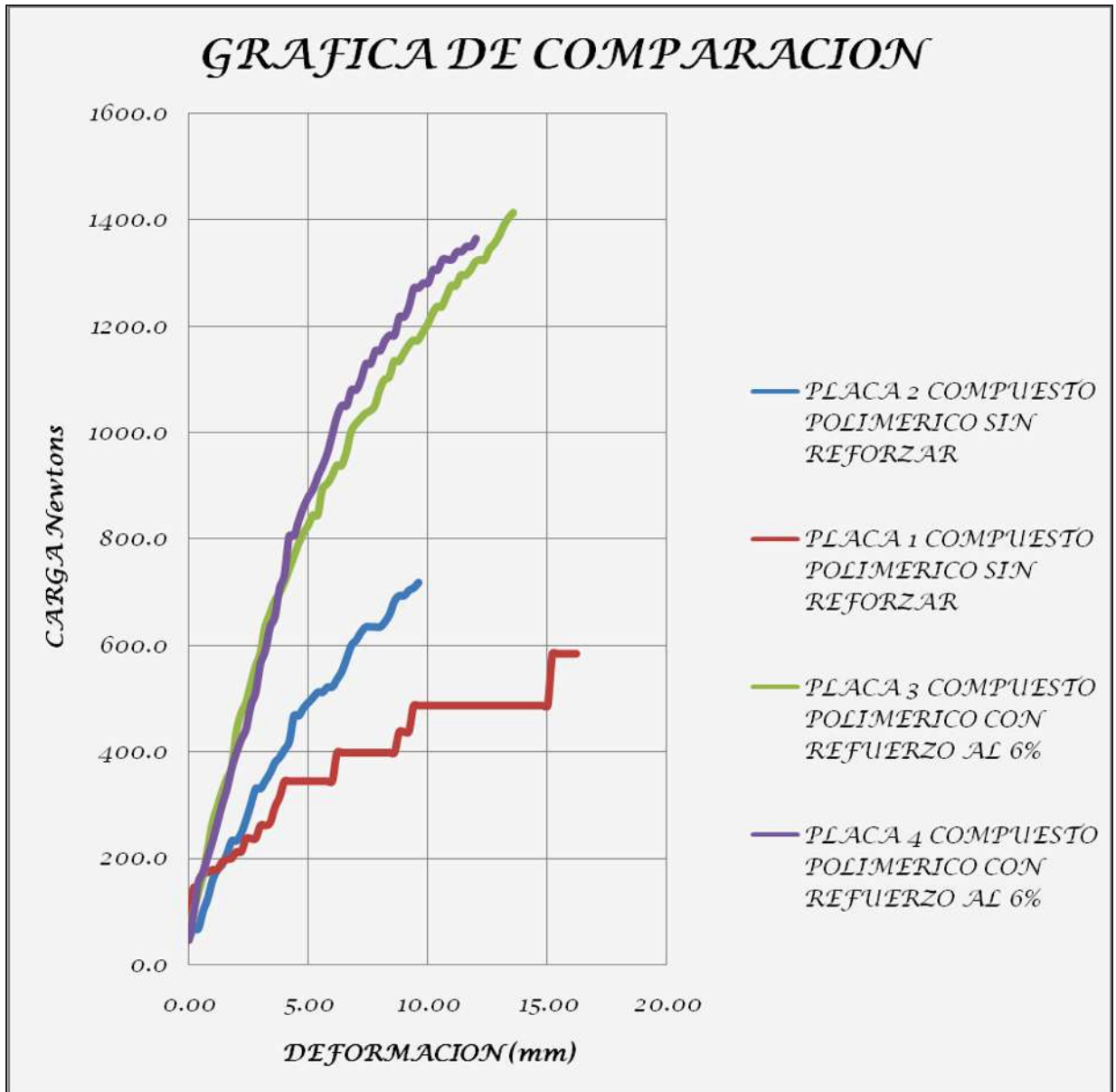


En la grafica siguiente se presentara el comportamiento de las placas sin refuerzo con las que si tienen. y así viendo cual tiene más resistencia.

Carga en kilogramos y deformación en milímetros.



Carga en Newtons y deformación en milímetros.



6. ANALISIS DE COSTOS

En la tabla siguiente se presentara el costo que tiene los productos por cantidad de material establecida a comprar.

COSTOS DIRECTOS		
MATERIAL	PRECIO/PEDIDO	PRECIO /GRAMO
Poliéster insaturado ortoftalico	\$ 50.00 /kilogramo	\$ 0.05
Monómero de estireno	\$ 37.00 /kilogramo	\$ 0.04
Catalizador MEK	\$ 25.00 /250 gramos	\$ 0.10
Naftenato de cobalto	\$ 25.00 /250 gramos	\$ 0.10
Arena sílica	\$ 5.00 /kilogramo	\$ 0.01
Fibra de vidrio	\$ 50.00 /kilogramo	\$ 0.05

COSTOS INDIRECTOS			UNIDAD M ₃
PRODUCTO	PRECIO	CANTIDAD	
Mascarilla	\$ 125.00	1	\$ 125.00
Lentes	\$ 25.00	1	\$ 25.00
guantes de látex	\$ 3.00	4	\$ 12.00
Bata	\$ 150.00	1	\$ 150.00
TOTAL			\$ 312.00

Entonces tomaremos como base una placa no reforzada con una relación 1:3 y así poder obtener el precio por m³.

PLACA 1 SIN REFUERZO: 1.5x11.6x58.8cms			
MATERIAL	PRECIO /GRAMO	GRAMOS UTILIZADOS	CANTIDAD POR MATERIAL
Poliéster insaturado ortoftalico	\$ 0.05	200.00 grs	\$ 10.00
Monómero de estireno	\$ 0.04	200.00 grs	\$ 7.40
Catalizador mek	\$ 0.10	8.00 grs	\$ 0.80
Naftenato de cobalto	\$ 0.10	8.00 grs	\$ 0.80
Arena sílica	\$ 0.01	1200.00 grs	\$ 6.00
Fibra de vidrio	\$ 0.05	0.00 grs	\$ -
TOTAL=			\$25.00

Como bien sabemos que $1m^3$ es igual a $1000000cm^3$, entonces de la muestra elaborada anteriormente se calcula el volumen que tiene, obteniendo así:

$$Vol. = 1.5 \times 11.6 \times 58.8 \text{ cms} = 1023.12 \text{ cm}^3$$

Entonces esto equivale a un 0.1023% de $1m^3$

Entonces nuestro costo directo es el siguiente:

$$CD = (1,000,000 \text{ cm}^3 / 1023.12 \text{ cm}^3) \times \$25.00 = \$24,435.06$$

$$CI = \$312.00$$

Entonces nuestro precio por m^3 de compuesto polimérico tendrá un valor de:

PRECIO/ m^3 =	\$ 24,747.06	SIN REFUERZO
-----------------	--------------	--------------

Para el caso del compuesto polimérico con un 6% de fibra nos da un valor de:

PRECIO/ m^3 =	\$ 29,170.02	CON REFUERZO AL 6%
-----------------	--------------	-----------------------

Se puede decir que $80m^2$ de una superficie sólida con un espesor de $\frac{1}{2}$ " es equivalente a un metro cúbico.

Entonces el valor de una placa con $1m^2$ de superficie y un espesor de $\frac{1}{2}$ " será de:

$$\text{Precio por } m^2 = \$24,747.06 / 80 = \$309.33 \text{ sin refuerzo.}$$

$$\text{Precio por } m^2 = \$29,170.02 / 80 = \$364.63 \text{ con refuerzo.}$$

7. APLICACIONES FACTIBLES EN EL DISEÑO DE MATERIALES PREFABRICADOS.

En los materiales prefabricados podemos encontrar en ellos una gran variedad de aplicaciones.

- **PET1.-** Envases para gaseosas, aceites, cosmética, varios frascos. Películas transparentes, fibras textiles, laminados de barrera, envases al vacío, bolsas y bandejas para microondas, cintas de video y audio, geotextiles; películas radiográficas.

- **PEAD2.-** Envases para detergentes, aceite automotor, shampoo, lácteos. Bolsas para supermercados, cajones para pescados, gaseosas, baldes para pintura, tambores, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario, macetas.

- **PVC3.-** Envases para agua mineral, aceites, jugos, mayonesa. Perfiles para marcos de ventanas, puertas, cañerías para desagües domiciliarios y de redes, mangueras, blíster para medicamentos, juguetes, envolturas para golosinas, películas flexibles para envasado (carne, fiambres, verduras), film cobertura, cables, cuero, papel vinílico.

- **PEBD4.-** Bolsas de todo tipo, películas para recubrimiento de acequias, embasamiento de alimentos y productos industriales. Stretch film, base para pañales descartables. Contenedores herméticos domésticos. Tubos y pomos, tuberías para riego.

- **PP5.-** Películas para alimentos. Bolsas tejidas para papas y cereales. Envases industriales. Hilos y cordelería. Tapas en general, envases. Bazar y menaje. Cajones para bebidas. Baldes para pintura. Potes para margarina. Cajas de batería, paragolpes.

- **PS6.-** Potes de alimentos. Vasos, bandejas. Cosmética: envases, máquinas de afeitar descartables. Platos, cubiertos. Juguetes, cassettes, blisters. Aislantes.

Los polímeros también tienen diferentes aplicaciones en la odontología, estas incluyen obturaciones provisionales y definitivas,

cementación, impresiones, férulas, entre otras aplicaciones terapéuticas.

Las resinas dentales compuestas restaurativas (composites) han sido uno de los materiales que han tenido un buen desarrollo, siendo necesario conocer en forma general algunos de los avances experimentados en su composición y clasificación, que los caracterizan en los momentos actuales.

HYTREL: RESINA TERMOPLÁSTICO DE POLIÉSTER DE DUPONT

Estas Resinas de uso múltiple son consideradas como "el mejor aliado del moldeador". Es fácil de procesar, se comporta como un caucho, pero puede ser moldeado por inyección, o extruido en forma de lámina. Sus usos principales están asociados con aplicaciones que requieren flexibilidad.



CRASTIN Y RYNITE: RESINAS TERMOPLÁSTICO DE POLIÉSTER DE DUPONT

Estas Resinas termoplásticas están diseñadas para ser utilizadas en moldeo por inyección pudiendo tener una composición química basada en PET. Pueden ser suplidas con o sin fibra de vidrio. Sus usos principales son en el área de electrodomésticos, usos eléctricos y electrónicos, telecomunicaciones, superficies de carga estática, componentes automotrices grandes y pequeños, etc.

CASAS DE POLIESTIRENO

Es una casa prefabricada hecha con poliestireno expandido, el mismo material de algunos vasos desechables. Aunque tiene la apariencia de la morada de un pitufo, sus creadores afirman que tiene muchas ventajas respecto a una construcción convencional; por ejemplo, no se oxida, pudre ni atrae termitas, a la vez que es resistente a terremotos y tifones, y no emana humo en caso de incendio. Además, el conveniente diseño erradica posibles problemas como la acumulación de telarañas y la presencia de roedores en los rincones.



RPJF.<http://www.zonafibre.org/blog/marcel/archives/109087.html>

PUENTES DE POLÍMERO

Ahora con la ayuda de los polímeros, se pueden construir elementos estructurales que antes se hacía de puro concreto. Por eso ahora esta siendo posible construir puentes en lugares que por alguna razón no se podía construir un puente de los tradicionales.

Ahora bien, no solo se trata del polímero sino también de resinas poliméricas reforzadas con fibra de vidrio o de carbono, y que gracias a su menor peso en comparación con el concreto, permite levantar estructuras sobre zonas de considerable actividad sísmica u otras superficies poco estables.

El único aspecto negativo por el momento sería con respecto al reciclaje una vez concluida la vida útil del puente, ya que a día de hoy resulta más rentable emplear resina virgen que material reciclado, tanto por razones económicas como en lo que respecta a las propiedades mecánicas del polímero.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Del material compuesto polímero-arena sílica, se vio que sí hubo un buen acoplamiento entre las partículas de la arena con el polímero.
2. De acuerdo a los resultados obtenidos, nuestro material no tiene problemas de absorción tanto en las placas y en las vigas elaboradas, ya que esta por debajo de las especificaciones dadas anteriormente. El máximo porcentaje de absorción fue de 0.65%.
3. De la relación utilizada, se utilizó esa proporción por que nosotros necesitábamos que nuestro material tuviera una apariencia natural, mas no como un plástico. Y esto también nos conviene, porque el costo no sería muy elevado.
4. La utilización de la fibra de vidrio en las placas y vigas elaboradas, si se vio que si funciona como refuerzo, ya que si aumento las resistencias mecánicas de nuestro material.
5. Del tiempo invertido en la búsqueda de esa relación polímero-arena sílica nos llevó a tener buenos resultados, ya que este es el primer material elaborado en el laboratorio de innovación. Así que este es el principio para la elaboración de nuevos materiales.
6. Como recomendación importante, es de que los materiales utilizados estén libre partículas contaminantes ya que esto influiría en la reacción que podamos tener al momento de hacer la mezcla.
7. Tratar de hacer una buena relación para que al hacer la mezcla no tengamos material en exceso. Del material que sobre y de los equipos desechables utilizados, se recomienda que se envuelva en bolsas de plástico.
8. Los compuestos poliméricos que se elaboren en un futuro, se recomienda que los ensayos sean realizados en el mismo laboratorio y la misma máquina de prueba.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CIENCIA DE MATERIALES PARA INGENIEROS.

James F. Shackelford

2. CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

Donald R. Askeland. Tercera edición

3. CIENCIA DE LOS MATERIALES

J.C. Anderson. Primera Edición

4. MATERIALES DE INGENIERÍA Y SUS APLICACIONES

5. FUNDAMENTOS DE LA CIENCIA E INGENIERÍA DE MATERIALES.

William F. Smith. Tercera Edición

6. ANÁLISIS DE MATERIALES

Luis M. Navarro Sánchez

Wilfrido Martínez Molina

José A. Espinoza Mandujano.

Primera Edición. 2000

7. CONCRETOS FIBROREFORZADOS MODIFICADOS CON POLÍMEROS

Ing. Emilio Mercado Monroy

PÁGINAS ELECTRÓNICAS

1. [WWW. Textoscientificos.com/polimerización-emulsión](http://WWW.Textoscientificos.com/polimerización-emulsión)
2. <http://es.wikipedia.org/wiki/monoc3%B3mero>
3. <http://eltamiz.com>