

11126
10



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN.**

**" DISEÑO Y FABRICACIÓN DE PIEZAS MEDIANTE EL VACIADO
DE RESINAS TERMOFIJAS ".**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO – ELECTRICISTA

PRESENTA:

JAIME JOSÉ BRAVO GARCIA

ASESOR: M.I. FELIPE DIAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ.

A



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



FACULTAD NACIONAL
DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN



EXAMENES
PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Diseño y fabricación de piezas mediante el
vaciado de resinas termofijas".

que presenta el pasante: Jaime José Bravo García
con número de cuenta: 9215361-7 para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 25 de junio de 2003.

PRESIDENTE	<u>M.I. José Guadalupe Alfonso Ramos Anasasio</u>	
VOCAL	<u>Arq. José Luis Ríos y Lorenzo</u>	
SECRETARIO	<u>M.I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Enrique Cortés González</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Rogelio Xelhuantzi Parada</u>	

B

AGRADECIMIENTOS.

A Dios:

Por darme la vida y obsequiarme los mejores regalos que todo ser humano anhela en este mundo: el amor, la salud y una hermosa familia.

A mis Padres:

Por todo el inmenso amor que me han dado y demostrado a través de todo este tiempo. Por enseñarme e inculcarme los verdaderos valores que un ser humano debe poseer. Por su apoyo siempre incondicional. Por sus sabios consejos y sus llamadas de atención, porque es aquí donde uno comienza su formación. Este triunfo se los debo a ustedes, es suyo. Gracias, por tanto y tanto amor que me han regalado. Los amo.

A mis hermanas:

A ellas, con las que siempre he compartido momentos tan alegres. Por su apoyo durante todos estos años. Porque cuando las necesité, siempre estuvieron ahí, y porque sé que lo seguirán estando. Este logro también es de ustedes. Gracias. Las amo.


A mis compañeros y amigos:

Por compartir conmigo todas aquellas horas que pasamos juntos en las aulas y fuera de ellas. Por su ayuda, porque cuando necesite algo, nunca me lo negaron. Gracias muchachos.

A mi asesor:

Al Ing. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez, por guiarme a través de sus conocimientos y sus consejos en la elaboración de la presente tesis. Muchísimas gracias.

A todos: gracias.



INDICE

Introducción.....	1
Objetivos.....	4

CAPITULO 1 PLASTICOS

1.1 Clasificación de los plásticos.....	5
1.1.1 Plásticos termoplásticos.....	5
1.1.2 Plásticos termofijos.....	8
1.1.3 Elastómeros.....	9
1.2 Propiedades y características.....	11
1.2.1 Resistencia mecánica.....	12
1.2.2 Dureza.....	15
1.2.3 Propiedades térmicas.....	16
1.2.4 Estabilidad a altas temperaturas y comportamiento en el fuego.....	17

CAPITULO 2 PROCESAMIENTO DE LOS PLÁSTICOS

2.1 Moldeo por compresión.....	19
2.2 Moldeo por transferencia.....	21
2.3 Moldeo por inyección de termoplásticos.....	22
2.4 Moldeo por inyección de termofijos.....	23
2.5 Extrusión.....	24
2.6 Colado.....	25
2.7 Procesamiento del hule.....	26

CAPITULO 3 FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS

3.1 Piezas a fabricar.....	27
3.2 Fabricación del modelo.....	27
3.3 Fabricación del molde.....	31
3.4 Vaciado de la resina.....	36
3.5 Operaciones de maquinado.....	38
3.5.1 Perilla 1.....	38
3.5.2 Perilla 2.....	38
3.5.3 Palanca.....	39
3.6 Acabado superficial.....	40
3.7 Aplicaciones adicionales.....	40

D

Conclusiones.....	41
Bibliografía.....	42

INTRODUCCIÓN

Diferente al arte del vaciado del metal, cuyos antecedentes registrados en la historia datan de muchos siglos atrás, la tecnología de las sustancias sintéticas, es en gran parte un moderno desarrollo, sobre todo en los siglos XIX y XX. Hace más de 400 años, exploradores españoles al descubrir el nuevo mundo, observaron que nativos sudamericanos jugaban con una bola de goma hecha de líquido que extraían de ciertos árboles. Dicho material, era hasta ese entonces desconocido en Europa.

En 1731, un oficial francés en la región del Amazonas envió a su país una cantidad de un material resinoso recogido del árbol nativo llamado "Hevea". Reportó que los nativos del Amazonas usaban el material llamado "Caoutchouc" resistente al agua que se utilizaba para hacer calzado. También reportó que producían botellas herméticas con moldes de arcilla cubiertas de tan singular material. Cuando la resina se secaba, ellos rompían los moldes y removían las piezas. Este ejemplo fue uno de los primeros métodos registrados del vaciado de partes de resina.

Paso mucho tiempo, para que la manufactura de productos plásticos se diera en gran escala. El descubrimiento de la ebonita o hule duro por parte de Charles Goodyear en 1839 y el desarrollo de celuloide por Hyatt en 1869 marcaron el comienzo de esta industria. No fue sino hasta 1909, cuando uno de los materiales más importantes, la resina de fenolformaldehído fue desarrollado por el Dr. L. H. Baekeland y sus asociados. Desde entonces, la investigación ha agregado numerosos materiales sintéticos que varían ampliamente en propiedades físicas.

En general, el término "plástico" se aplica a todos los materiales capaces de ser moldeados o modelados. El uso moderno de esta palabra ha cambiado su significado, hasta incluir un gran grupo de materiales orgánicos sintéticos que se hacen plásticos por la aplicación de calor y son capaces de formarse bajo presión. Estos substituyen a materiales como vidrio, madera, y metales en la construcción. Los productos hechos de materiales plásticos pueden producirse rápidamente con dimensiones exactas y excelentes acabados de superficie. Frecuentemente han substituido a los metales en los casos en que la ligereza de peso, resistencia a la corrosión y

resistencia dieléctrica sean cualidades deseables. Otra característica importante en estos productos es que pueden hacerse transparentes o en colores. Existen más de 50 clases distintas de plásticos en producción comercial a la fecha, y que ofrecen una amplia variedad de propiedades físicas.

Una definición técnica que proporciona la ASTM (American Society for Testing and Materials) sobre los plásticos, dice que son materiales que contienen como ingrediente esencial una sustancia orgánica de gran peso molecular en sólido ya terminado, y que en alguna etapa de su manufactura o procesamiento se le ha dado la forma deseada debido a su fluidez.

Los materiales plásticos se pueden clasificar, en términos generales, como termoplásticos, termofijos o termoestables y elastómeros. Dentro del grupo de los termoplásticos se encuentran materiales tales como el polietileno, polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinil (PVC), poliamida (NYLON), entre otros. En el grupo de los termofijos, se encuentran materiales como la baquelita, poliuretano, poliéster, silicones y epoxicos. Por lo que respecta a los elastómeros, lo conforman materiales tales como el hule natural (caucho), hule artificial, neopreno, entre otros.

Dentro de las ventajas que ofrecen los materiales plásticos, se pueden enumerar las siguientes:

1. Ofrecen baja densidad
2. Son fácilmente conformables
3. No se corroen
4. Son aislantes, tanto térmicos como eléctricos
5. Son reciclables

Como todo material, los plásticos presentan desventajas, que a continuación se mencionan:

1. Poseen propiedades mecánicas moderadas con respecto a los metales
2. No pueden trabajar a temperaturas muy elevadas ($T < 100^{\circ}\text{C}$)

3. Se degradan debido a los rayos UV

Algunas de sus aplicaciones, se encuentran en componentes automotrices, envases, tuberías, fibras textiles, entre otras.

En este trabajo, a través de las siguientes páginas, se presentan los 3 capítulos que integran la presente tesis. En su primer capítulo, se exponen temas como la clasificación de los plásticos, su descripción, así como sus diferentes clases, mencionando también sus propiedades y características principales. En el segundo capítulo se presentan los principios de operación de los diferentes tipos de procesamiento a los que pueden ser sometidos los materiales plásticos. Y en el último capítulo, se explican los pasos que se llevaron a cabo en el proceso de fabricación para la obtención de distintas piezas por medio del vaciado de una resina termofija.

OBJETIVOS:

- Mencionar los diferentes tipos de plásticos y sus características
- Mostrar los métodos básicos de procesamiento
- Obtener diferentes piezas mediante el vaciado de una resina termofija (poliéster)

CAPITULO I PLÁSTICOS

1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS.

Muchas clases de materiales se llaman plásticos. La mayoría de ellos se basan en alguna forma de resina orgánica sintética que es un compuesto que contiene carbono como el elemento central. Otros elementos como el hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y cloro se enlazan a los átomos de carbono para formar las moléculas. Un plástico puede estar en una o más de tres formas en el estado de la materia prima. La primera es en forma de polvo, hojuelas o gránulos para moldear piezas de plástico. La segunda son los líquidos para colar, laminados impregnados, adhesivos, pinturas y compuestos de moldeo mezclado. La tercera son los filamentos, películas, hojas y varillas. Los plásticos se clasifican en tres principales grupos, que son:

- Plásticos termoplásticos
- Plásticos termofijos o termoestables
- Elastómeros

1.1.1 PLÁSTICOS TERMOPLÁSTICOS.

Estos materiales reciben este nombre, debido a que son plásticos que pueden fundirse o reblandecerse con el calor y usarse como los materiales metálicos que se vuelven a fundir y colar. Los termoplásticos se caracterizan por su estructura lineal o en cadena, donde grandes moléculas (cadenas moleculares, macromoléculas) están enlazadas entre sí por las débiles fuerzas secundarias de van der Waals. El tipo de enlace determina las propiedades físicas y mecánicas. Funcionan de una manera similar a una barra de chocolate que se derrite con el calor y toma consistencia al enfriarse, se caracteriza también por no sufrir cambios químicos en el moldeo y no se endurecen con la aplicación de presión o calor. Sin embargo, se produce alguna degradación si se les sobrecalienta o se les calienta demasiado frecuentemente y los materiales reciclados únicamente se usan para componentes sometidos a esfuerzos ligeros. Por lo general, permanecen suaves a temperaturas elevadas hasta que se endurecen por enfriamiento, y se pueden fundir por medio de aplicaciones sucesivas de calor. Los materiales

termoplásticos se procesan principalmente por inyección, extrusión, soplado, termoformado, moldeo rotacional.

Los termoplásticos disponibles en el comercio son muchos pero entre los más comunes están el ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno), acrílicos, celulósicos, nylon, poliestireno y vinilos, los cuales incluyen el cloruro de polivinilo (PVC).

Los plásticos ABS son fuertes y resistentes a la intemperie. Las aplicaciones típicas del ABS son botes, guardabarros de vehículos, equipaje, componentes telefónicos y cascos protectores.

Los acrílicos son fuertes y rígidos, tienen extraordinarias propiedades ópticas y buena resistencia a la electricidad y al desgaste. Las aplicaciones típicas son los lentes para luces de vehículo, protectores y hojas para ventanas en vez de vidrios, rótulos luminosos y pinturas.

Los celulósicos son tenaces, tienen buenas propiedades aislantes y pueden colorearse con facilidad. Las aplicaciones típicas son pantallas para lámparas, accesorios automotrices, tubos de diversos tamaños, equipo para dibujo, aparatos telefónicos y cepillos de dientes.

Los nylon son tenaces y elásticos, pero tienen poca resistencia a ciertos ácidos y otros productos químicos. Sus aplicaciones típicas son bujes (casquillos), engranes, arandelas y componentes mecánicos.

Los poliestirenos son rígidos y duros, tienen poca resistencia a los disolventes de hidrocarburos, buena resistencia a la mayoría de los productos químicos inorgánicos y se colorean con facilidad. Sus aplicaciones típicas son recipientes para alimentos, utensilios, juguetes y muebles.

Los vinilos son rígidos y flexibles, fuertes y tienen buena resistencia a los productos químicos. Sus aplicaciones comunes son tubos, aislantes, envases para alimentos, revestimientos y losetas para pisos. En la tabla 1.1 se muestran algunas clases de compuestos termoplásticos, así como algunas de sus características y propiedades.

Tabla 1.1 Propiedades y características de algunos compuestos termoplásticos.

Clase	Algunas marcas	Resistencia a la tensión [MPa (Ksi)]	Máximo servicio [°C (°F)]	Costo relativo promedio [\$/lb (¢/lb)]	Propiedades importantes	Procesos de fabricación	Usos típicos
AHS	Abson, Cyclocac, Marbon, Seilon	28 - 55 (4 - 8)	120 (250)	1.40 (0.65)	Buena dureza, rigidez y tenacidad, degradable en la intemperie	Extrusión, moldeo, formado en frío, calandreado (resina y aditivos)	Molduras de automóvil, empuñaduras, cajas, tuberías, cascotes, perillas, rejillas
Acetales	Delrin, Celcon	55 - 69 (8 - 10)	80 - 105 (180 - 220)	2.45 (1.10)	Fortaleza y rigidez con buenas resistencias a la humedad, calor y químicos; resiste la mayoría de los solventes pero no los ácidos minerales fuertes	Extrusión, moldeo, formado, maquinado (resinas, algunos con fibras de vidrio y otros rellenos aditivos)	Engranajes, pistones, carretillas, muelles de hojas, cojinetes, valvulas, abanicos, tubería, válvulas
Acrílicos	Acrilita, Luceta, Perplex, Plexiglas	42 - 69 (6 - 10)	60 - 110 (140 - 230)	1.50 (0.70)	Resistencia moderada, suavidad, baja resistencia al calor en la mayoría de los grados, buena resistencia eléctrica	Extrusión, moldeo, formado, revestimiento, maquinado (compuestos moldeados y láminas coladas)	Lentes, señales, placas con letreros, decoraciones, exhibidores de novedades, caratulas, acabados transparentes o coloreados, botellas
Celulosicos	Etocel, Lumarith, Tenita	10 - 59 (1.5 - 8.5)	50 - 90 (120 - 200)	2.20 (1.00)	Tenacidad, facilidad de proceso, buena transparencia y brillo de superficie, resistencia moderada al calor.	Extrusión, moldeo, termoformado, revestimiento, maquinado (moldeo de compuestos, películas, hojas, barras, polvos)	Perillas, manijas, aparatos domésticos y guarneciones, acabados transparentes y coloreados, empaques, bolas de billar, tuberías volantes de automóviles
Fluoroplásticos	Fluorothene, Halar, Polifluoron Teflon, Tefzel	17 - 45 (2.5 - 6.5)	175 - 290 (350 - 550)	18.70 (8.50)	Buena resistencia a la temperatura, resistencia a la intemperie, baja resistencia mecánica pero puede forzarse	Extrusión, moldeo, revestimiento, maquinado	Cojinetes, sellos, tubería, aislamiento eléctrico, casacaes, revestimientos que no se vuelven pegajosos con la temperatura
Isomeros		14 - 34 (2 - 5)	70 (160)	1.90 (0.85)	Ligeros, tenaz, transparente y flexible no rígido y cierta fluencia.	Extrusión, moldeo, termoformado (resinas y estabilizadores)	Películas, juguetes, contenedores, churrolas, aislamiento de alambres
Fenoxis	Hakelita, Noril	48 - 117 (7 - 17)	75 (170)	3.30 (1.50)	Buena ductilidad, estabilidad y propiedades a baja temperatura	Extrusión, moldeo, termoformado (varios grados de resinas, algunos reforzados)	Dispositivos electrónicos, molduras de automóvil, aparatos domésticos y partes.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

1.1.2 PLÁSTICOS TERMOFIJOS.

Reciben este nombre, debido a que no pueden volverse a fundir ni reblandecer después de que se endurecen. Se forman mediante calor y con o sin presión, resultando un producto que es permanente duro. El calor ablanda primero el material, pero al añadirle más calor o sustancias químicas se endurecen por un cambio químico conocido como polimerización y no pueden reblandecerse nuevamente. Los procesos utilizados para plásticos termofijos incluyen compresión, moldeo por transferencia, colado, laminado. Así mismo, algunos se usan para estructuras rígidas o flexibles de espuma.

Los plásticos termofijos más comerciales son los epóxicos, melamina, fenólicos, y uretano. Los plásticos epóxicos, son resistentes a la humedad, ácidos y disolventes. Se emplean para revestimientos, adhesivos, aisladores eléctricos y muchas otras aplicaciones.

Las melaminas (aminoplastos) son duras y fuertes, resistentes a los aceites y se pueden colorear. Se utilizan para botones, laminados, vajillas y alambrados eléctricos.

Los fenólicos son duros y elásticos, tienen buena resistencia a los productos químicos y buenas propiedades aislantes. Se utilizan para joyería, juguetes, aisladores eléctricos y gabinetes para radios y televisores.

Los uretanos son fuertes y tenaces, resistentes a la humedad y buenos aislantes térmicos y eléctricos, además de poseer buena resistencia a la intemperie. Se emplean para esponjas, juguetes, neumáticos industriales, en aislamiento para muebles y para esmaltes y pinturas de excelente duración.

La tabla 1.2 muestra algunos compuestos termofijos así como algunas de sus características y propiedades.

Tabla 1.2 Propiedades y características de algunos plásticos termofijos.

Clase	Algunas marcas	Resistencia a la Tensión [MPa (ksj)]	Temperatura máx. de servicio [°C (°F)]	Costo relativo Promedio [\$ / Kg (\$ / lb)]	Propiedades importantes	Procesos de fabricación	Aplicaciones
Alquidós	Durez, Plenco, Plastón	21 - 62 (3 - 9)	150 (300)	1.80 (0.80)	Buen aislamiento eléctrico - resistencia al impacto	Moldes (pólvos, líquidos, hojas suaves, cuerdas, tirizes, peduzos)	Equipo eléctrico, lentes, laminados
Alifáticos	Acme, Dupon, Pluskon	28 - 55 (4 - 8)	180 (350)	8.60 (3.90)	Alta resistencia a la humedad y química, resistencia dieléctrica	Moldes y extrusión, laminación, (pólvos, líquidos)	Equipo electrónico, lentes, laminados
Aminós	Bakelita, Beclite, Melmac	34 - 69 (5 - 10)	80 - 100 (170 - 210)	1.50 (0.70)	Buena dureza, resiste ácidos, detergentes y muchos líquidos	Moldes y laminado, (pólvos, granulados, líquidos, espumas)	Vajillas, tapas de distribuidor, cubiertas de motorizador, utensilios domésticos
Epoxis	Durez, Hisol, Polymeric	34 - 207 (5 - 30)	260 (500)	2.05 (0.95)	Buenas propiedades eléctricas y mecánicas, estable, resistente al calor y químicos, fuertes y adherentes	Colado, extrusión, moldes (pólvos, líquidos, espumas)	Adhesivos, tanques y envoltorios, herramientas y dados
Fenólicos	Bakelita, Genal, Textolita	34 - 69 (5 - 10)	150 - 260 (300 - 500)	1.10 (0.50)	Rígido, estable, buena resistencia eléctrica y química	Moldes y colados (pólvos, soluciones e impregnados)	Equipo eléctrico, partes de artefactos, paneles laminados, aglutinantes para ruedas de esmerilar
Poliésteres	Dacron, Mylar	7 - 345 (1 - 50)	65 - 150 (150 - 300)	1.10 (0.50)	Para hacer refuerzos tenaces, resiste la mayoría de los solventes, ácidos y bases	Moldes, colados, laminados (pólvos, líquidos, hojas, barnes y tubos)	Partes para carrocería de automóviles, decoraciones, lanchas, maletas

1.1.3 ELASTOMEROS.

Los elastómeros son polímeros que en un estado primario son pegajosos y se deforman elásticamente con facilidad a temperatura ambiente. Para hacerlos útiles sus moléculas se enlazan cruzadas en puntos ampliamente separadas en una red. Sus moléculas tienden a rizarse en forma aleatoria pero cuando se estiran deben actuar en forma concertada. Esta propiedad resulta mediante la vulcanización en el hule natural. Originalmente, ésta se hacía calentando con azufre, pero hoy en día elementos como el selenio, telurio y compuestos orgánicos de azufre también sirven como agentes vulcanizantes. Otros aditivos aplicados al hule son sustancias que aceleran la vulcanización, activadores para los aceleradores, agentes antioxidantes, plastificantes, agentes reforzadores, aditivos para rigidez rellenos y pigmentos o

agentes de coloración para cumplir condiciones específicas de servicio. Los materiales sintéticos principales con propiedades semejantes a las del hule y de importancia comercial son: el isopreno, estireno-butadieno, etilo propileno, neopreno, poliéster U, hules acrílicos, entre otros.

Algunos hules sintéticos, como el neopreno, son muy parecidos en su constitución química y comportamiento físico al hule natural y compiten en una base de precios. Otros tienen propiedades de las que el hule carece, como resistencia a los aceites y a la temperatura y sirven donde se necesitan pero a costo más alto. La tabla 1.3 nos describe algunos elastómeros con sus propiedades y sus características principales.

Tabla 1.3 Elastómeros principales.

Nombre	Propiedades*	Costo relativo promedio [\$/kg (\$/lb)]	Características y usos particulares
Hule natural, polisopreno natural	A R B 20 (3) C: 7.5-8.5	1.30 (0.60)	Excelentes propiedades físicas, buena resistencia al corte, mordidas y abrasión, baja resistencia al calor, ozono y aceite
Isopreno, polisopreno sintético	A R B: 17 (2.5) C: 3.0-8.0	1.55 (0.70)	Las mismas que el hule natural, llantas de automóvil, bandas de transmisión de potencia, mangueras, empaques, rodillos
GR-S ó Buna S, estireno-butadieno	A R B: 1.7 (0.25) C: 4.0-6.0	1.00 (0.45)	Buenas propiedades físicas cuando se le refuerza, excelente resistencia al agua y a la abrasión, no resiste aceite, ozono o intemperie
Butil isobutileno isopreno	A R B: 18 (2.7) C: 7.5-9.0	1.05 (0.70)	Excelente resistencia a la intemperie y al calor, buena permeabilidad al gas, buena resistencia química, al ozono y al envejecimiento, resistencia mecánica y resistencia aceptables, cámaras de llantas, mangueras de vapor, y aislamiento
Clorobutil	A T B: 18 (2.7) C: 7.5-9.0	1.10 (0.50)	Propiedades similares al butilo con temperaturas de servicio a 200 °C (400 °F) y buena resistencia al aceite cuando se mezcla, para tubos
Poli-butadieno	A R B: 4 (0.6) C: 4.0-10.0	1.25 (0.55)	Propiedades generales similares a las del hule pero mejor resistencia a la abrasión y a la intemperie, servicio a baja temperatura
Etileno propileno	A R B: 7 (1.0) más C: polve	1.65 (0.80)	Buenas propiedades mecánicas cuando se le refuerza, excepcional para resistir la luz solar, ozono y ozono, buenas propiedades eléctricas y de temperatura
Neopreno	A S B: 25 (3.5) C: 8.0-9.0	2.25 (1.05)	Excelente resistencia al ozono, calor, intemperie y flama y propiedades mecánicas, buena resistencia química y al aceite

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Tabla 1.3 (Cont.)

Nombres	Propiedades*	Costo relativo promedio [\$/kg (\$/lb)]	Características y usos particulares
Huna N, nitrilo	A S B 5 (0.7) C 4.5-7.0	2.50 (1.15)	Excelente resistencia química y al aceite, propiedades mecánicas aceptables y pobres a baja temperatura, partes para carburador y tanques de gasolina y bombas, empaques y rodillos para imprenta
Ispulon	A S B 25 (4.0) max. C max 6.0	2.45 (1.10)	Excelente resistencia al ozono, intemperie y ácidos, resistencia aceptable al aceite y servicio a baja temperatura hasta 120 °C (250 °F) para mangueras químicas y de petróleo
Uretano, Poliéster U	A S B 35 (5.0) C 5.4-7.5	5.15 (2.35)	Resistencia excepcional a la abrasión, corte y desgarramiento, módulos de alta resistencia y dureza, buena resistencia al oxígeno, ozono y a la luz solar, especial para amortiguación de vibraciones y baja resistencia al calor y a la humedad
Hules estícones	A T B 7 (1.0) C 1.0-5.0	10.50 (4.75)	Alta resistencia al oxígeno, ozono y radiación, baja resistencia mecánica al desgaste y al aceite, aislamiento, sellos y empaques
Hules acrílicos	A T B 2 (0.3) C 4.5-7.5	3.45 (1.60)	Excelente resistencia al ozono y aceite; pobre resistencia al agua
Elastómeros termoplásticos, termelásticos	A S	3.90 (1.80)	Buenas propiedades mecánicas y elásticas, flexibilidad a baja temperatura, proceso rápido de bajo costo, número de clases con una amplia gama de propiedades

*Código para designación de propiedades. A servicio R designa sin resistencia a los aceites, S para resistencia específica a los aceites, T para exposición prolongada a temperaturas anormales y aceites compuestos B) resistencia relativa media a la tensión de goma pura Mpa (ksi), C) alargamiento hasta ruptura de goma pura, 100%

1.2 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS.

La selección adecuada de un material polimérico para una determinada aplicación requiere el conocimiento, por una parte, de los requisitos de toda índole exigidos a la piezas o artículos a fabricar y, por otra, de las propiedades y características de los distintos materiales brutos o semielaborados que se encuentran disponibles en el mercado. También debe conocerse la posibilidad de modificar las características de los materiales básicos mediante mezcla con determinados aditivos, cargas, colorantes, pigmentos, etc. En la actualidad, sin embargo, la tecnología y la industria de los materiales plásticos está suficientemente desarrollada como para ofrecer una extensa gama de materias primas y de productos semielaborados que satisfacen las habituales necesidades del transformador final. La evolución de esta tecnología está impulsada, precisamente, por la pretensión de satisfacer requisitos cada vez más exigentes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Es por ello, que a continuación se presentan las propiedades mecánicas de los polímeros industriales en estado sólido considerando, no sólo su comportamiento frente a esfuerzos duraderos, sino también al impacto. Se tratarán así mismo, las propiedades térmicas y otras de gran importancia práctica, como son la estabilidad a altas temperaturas, así como el comportamiento en el fuego.

Cada una de estas propiedades o características se va a considerar en relación a la estructura y morfología moleculares de los polímeros industriales en general y de manera globalizada.

1.2.1 RESISTENCIA MECÁNICA.

Las relaciones entre los esfuerzos principales (normales, de compresión o de tracción, y cortantes) y las deformaciones que originan se expresan simplificadaamente mediante los correspondientes módulos. Las condiciones límites corresponden o a deformaciones inadmisibles o, incluso, a la rotura.

Módulo de elasticidad normal ó módulo de Young: $E = \sigma / e$, siendo e la deformación en la misma dirección de la tensión principal σ , sea esta de tracción (alargamiento) o de compresión (acortamiento). Para materiales isótropos en muestras paralelepédicas, la deformación transversal e' queda relacionada con la longitudinal mediante la relación de Poisson: $\nu_p = e' / e$ que para materiales elásticos e incompresibles toma el valor de 0.5 (tal ocurre con los elastómeros y plásticos amorfos), mientras que para los de alto grado de cristalinidad se reduce a 0.3

Módulo de elasticidad al corte: $G = \tau / \alpha$, siendo α el ángulo de deformación que origina un esfuerzo cortante puro τ .

Conforme a la teoría de la elasticidad ambos módulos y la relación de Poisson se encuentran interrelacionados mediante la ecuación:

$$E = 2(1 + \nu_p) \cdot G$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Módulo de Flexión: E_f , o más correctamente, pseudomódulo de elasticidad de los materiales viscoelásticos en ensayos de flexión, correspondiente al módulo elástico que, de conformidad con la teoría de la elasticidad lineal y considerando una distribución de tensiones triangular de tracción compresión con respecto a la línea neutra, según de muestra en la figura 1.1, proporciona el valor de la máxima deformación o flecha de cualquier viga cargada mediante una ecuación del tipo: $\delta = A/E_f$, siendo A función de la carga, momento de inercia, longitud de la viga, etc

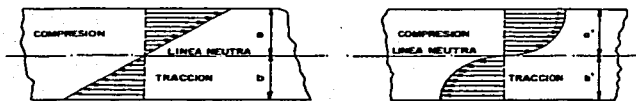


Figura 1.1 Diagramas de esfuerzos.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

En un material viscoelástico, el módulo E_f no coincide con el de tracción o compresión, ni con su valor medio, debido a la distorsión de tensiones que origina la fluencia viscosa, de modo que estas tensiones, evolucionan con el tiempo, llegando a una distribución similar a la representada en la figura anterior.

En un estado de esfuerzos complejo de naturaleza duradera se llega a la *rotura* cuando las tensiones de tracción o cortadura superan unos ciertos valores límites característicos para cada material. El aspecto de la superficie de la rotura puede ser muy diferente. En algunos casos presenta un aspecto áspero, con aristas vivas, cráteres y grietas diminutas; las deformaciones transversales son reducidas y la fluencia longitudinal también; tal tipo de rotura se califica de *frágil* y es propia de polímeros tales como el poliestireno, el polimetacrilato de metilo y todas las resinas duroplásticas. En otros casos la rotura se produce tras grandes alargamientos, que ponen de manifiesto una prolongada fluencia del material; las deformaciones transversales son grandes, con formación de cuellos alargados; este tipo de rotura se denomina *dúctil* y es la característica del polietileno de baja densidad, por citar un ejemplo.

En general, cualquier polímero puede presentar tanto la ruptura frágil como la dúctil según las circunstancias y, sobre todo la temperatura, la evolución en el tiempo de la tensión y su frecuencia, en el caso de tensiones alternativas (fatiga).

En la práctica industrial la ruptura dúctil es siempre preferible a la frágil, a igualdad de valor de la carga a la que se produce, pues absorbe mucha más energía, según se pone de manifiesto en la figura 1.2

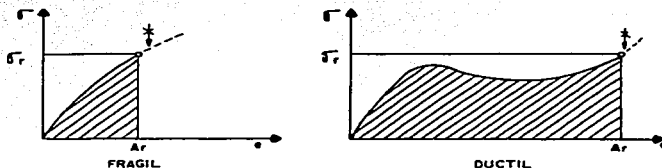


Figura 1.2 Tipos de ruptura.

El comportamiento en la rotura de los materiales sometidos a esfuerzos duraderos está íntimamente relacionado con el que se verifica en los fenómenos de choque o impacto y que se puede cuantificar en ensayos estandarizados mediante la medida de la energía consumida en la creación de la nueva superficie.

Muchos y muy distintos son los ensayos de resistencia al impacto, pero los más usados son los que utilizan un péndulo, tipo Charpy o Izod (según la manera de sujetar la pieza, que es rectangular con una entalladura estandarizada) para medir la energía absorbida en el impacto, que tiene lugar en el punto inferior de su carrera.

Las dimensiones y forma de la entalladura son fundamentales para comparar correctamente los valores de la resistencia al impacto, no sólo en términos absolutos, sino relativos.

A nivel industrial se realizan ensayos de resistencia al impacto que intentan reproducir las circunstancias más desfavorables que suelen producirse en el funcionamiento o utilización de las piezas y que no admiten cuantificación alguna excepto un cierto porcentaje de roturas en una serie de ensayos suficientemente numerosos.

Una característica particularmente interesante de los elastómeros es la *resiliencia*, definida como la relación entre la energía restituida y la suministrada al material en ensayos normalizados de impacto, en los que no se llega a la rotura.

1.2.2 DUREZA.

La resistencia relativa que opone un material a ser rayado o penetrado por efecto de una carga concentrada en una pequeña área de su superficie se denomina dureza o microdureza, según la cuantía del esfuerzo aplicado y las dimensiones de la huella obtenida. Su valor se obtiene relacionando la dimensión de la huella (medida al cabo de cierto tiempo) con la intensidad y la duración de la carga aplicada, en igualdad de condiciones del elemento penetrador (aguja o bola, etc.) y otras circunstancias; por consiguiente, la dureza debe estar siempre referida a la norma y al tipo de durómetro o microdurómetro utilizados (norma HV, VICKERS; norma HK, KNOOP; SHORE A/D, etc.)

A diferencia de los metales, el carácter viscoso-elástico de los plásticos produce una rápida recuperación de la huella, tanto más, cuanto más alta sea la temperatura. Las características morfológicas, como el grado de cristalinidad y la orientación de los cristales, afectan a la medida de la dureza de un mismo material, estando estrechamente relacionada con sus restantes características mecánicas. Por esta razón y por la facilidad con que se realizan estos ensayos de carácter no destructivo, la dureza se utiliza en algunos casos, como en los cauchos y en algunas resinas duroplásticas, para caracterizar distintos grados de vulcanización, reticulación o curado.

El desgaste producido en los plásticos por abrasión de sólidos granulares, generalmente mucho más duros que aquellos, se reduce más fácilmente aumentando sus características elásticas que aumentando su dureza. Por eso, los elastómeros se utilizan sistemáticamente en la fabricación de protecciones antidesgaste en condiciones extremadamente duras y se mezclan

con otros polímeros, formando las llamadas aleaciones, para mejorar su resistencia a la abrasión y, simultáneamente, su tenacidad.

1.2.3 PROPIEDADES TERMICAS.

Los polímeros industriales son malos conductores del calor. Su conductividad térmica es similar a la de la madera y muy inferior a la del vidrio.

El fenómeno de la transmisión de calor por conducción en los materiales no metálicos, en los que no existen electrones móviles, puede considerarse como la transmisión del movimiento vibratorio de unos átomos (o de unos iones) de mayor nivel energético a los contiguos; esta transmisión resulta mucho más fácil cuando su estructura es cristalina, estando dispuestos los átomos (o los iones, en su caso) ordenadamente en el espacio, que en los materiales amorfos. De todas formas, la transmisión de la vibración térmica es mejor para los átomos unidos por enlaces covalentes que para los de diferentes moléculas, entre los que sólo existen relativamente débiles fuerzas de cohesión.

Se admiten, en general los siguientes axiomas de aplicación a los polímeros industriales:

- Dentro de la relativa uniformidad de los valores que muestra la tabla 1.4, los polímeros cristalinos (PE, PP y PTFE) cuentan con una mayor conductividad térmica que los amorfos (PVC, PS y PMMA), siendo mayor ésta en los que se disponen de mayor grado de cristalinidad (PEAD en comparación con el PEBD, concretamente).
- Los polímeros de estructura orientada presentan valores de la conductividad térmica mucho mayores en la dirección del estirado que en las otras, lo que se interpreta como una consecuencia de la alineación de las cadenas moleculares.

En los polímeros amorfos y a igualdad de otras circunstancias, la conductividad térmica aumenta con el peso molecular promedio y disminuye con la concentración del plastificante.

En la tabla 1.4 se relacionan los valores típicos de la conductividad térmica y del calor específico de algunos materiales poliméricos.

Tabla 1.4 Coeficientes de conductividad térmica y calor específico.

Polímero	Conductividad térmica k (KJ/h °C m)	Calor específico C _p (KJ/kg °C)
PEBD	1.25	1.88
PEAD	1.59	2.30
PP	0.87	1.90
PTFE	0.96	1.04
PVC (sin plastificar)	0.58	1.04
PS	0.58	1.21
PMMA	0.67	1.38
PA (nylon) 6	1.13	1.60
PA (nylon) 66	0.92	1.67
PIET	0.50	1.00
PUR	1.13	1.75
CR	0.75	1.67
NR	0.67	1.90

1.2.4 ESTABILIDAD A ALTAS TEMPERATURAS Y COMPORTAMIENTO EN EL FUEGO.

Una limitación del uso de los materiales plásticos convencionales se debe principalmente a la pérdida de las características físicas que tiene lugar a temperaturas relativamente bajas, a veces muy por debajo de los 200 °C, para exposiciones de larga duración. A esas temperaturas ya es perceptible una cierta degradación química: las cadenas moleculares se fisioanan, reduciéndose progresivamente el peso molecular; se separan moléculas sencillas originadas por condensación y otros residuos orgánicos volátiles; y en contacto con el aire se verifica una oxidación acelerada, que progresa según un mecanismo de peroxidación mediante radicales libres.

A partir de los 400°C la degradación de los polímeros orgánicos es muy rápida, con reacciones propias de pirólisis, originándose gran cantidad de residuos volátiles que, en presencia de oxígeno, arden con aspecto de llama. Simultáneamente, sobre la superficie del material aparecen residuos carbonosos tipo alquitrán, que difícilmente ARDEN porque la difusión del oxígeno a través de ellos resulta controlante.

La combustión de los plásticos produce gran cantidad de humos y gases tóxicos, como el CO, HCN (cuando en su composición entre significativamente el nitrógeno), HCl e, incluso, el fosgeno (cuando arden polímeros a base de hidrocarburos clorados en determinadas

circunstancias). Ello hace que los incendios en los que se queman estos materiales resultan extremadamente peligrosos.

Evidentemente, el mantenimiento y propagación del fuego depende de la concentración de oxígeno presente en la atmósfera que rodea el material en combustión y se ha encontrado como parámetro más significativo del comportamiento de los plásticos en el fuego al valor mínimo de esa concentración que, en las circunstancias de un ensayo normalizado, mantiene la combustión de una varilla del material en cuestión situada en el eje de un cilindro vertical por cuyo extremo inferior se introduce una mezcla controlada de oxígeno y nitrógeno.

CAPITULO 2.

PROCESAMIENTO DE LOS PLASTICOS

Se siguen dos pasos principales en la manufactura de productos plásticos. El primero es un proceso químico para crear la resina. El segundo es mezclar y formar todo el material en el artículo o producto terminado. Los compuestos plásticos difieren grandemente entre sí y se prestan a una gran variedad de métodos de procesos. Cada material se adapta mejor a algunos de los métodos, aunque muchos se pueden procesar por varios de ellos. En la mayor parte de los procesos, el material para moldear se encuentra en forma de polvo o granular, aunque para algunos existe una operación preliminar de preformado, antes de usarlo.

Los objetos plásticos se forman por compresión, transferencia y moldeo por inyección. Otros procesos son el colado, extrusión, laminado, formación de hojas, maquinado, entre otros. Una razón para la variedad de procesos es que los materiales diferentes deben trabajarse en formas distintas. También, cada método es ventajoso para ciertas clases de producto. Los principios de operación de algunos procesos se exponen a continuación.

2.1 MOLDEO POR COMPRESIÓN.

En el moldeo por compresión una cantidad apropiada de material en la cavidad de un molde se comprime mediante un punzón llamado también fuerza. El plástico se calienta en la mayoría de los casos entre 120 y 260°C (250 y 500°F), se suaviza y fluye para llenar el espacio entre la fuerza y el molde. El molde se mantiene cerrado durante suficiente tiempo para permitir que se endurezca la pieza formada. Esto se hace en una prensa capaz de ejercer una presión de 15 a 55 MPa (2000 a 8000 psi) sobre el área del trabajo.

El moldeo por compresión se usa principalmente para los plásticos termofijos que tienen que curarse por medio de calor en el molde. Otros métodos son más rápidos para la producción en grandes cantidades de termoplásticos. Los tres tipos básicos de moldes de compresión para los plásticos se muestran en la figura 2.1. La fuerza se ajusta con holgura en el molde de tipo positivo. Se ejerce la presión total de la fuerza para hacer que el material llene totalmente el

molde. La cantidad de carga debe controlarse en forma estrecha para producir una parte de tamaño exacto.

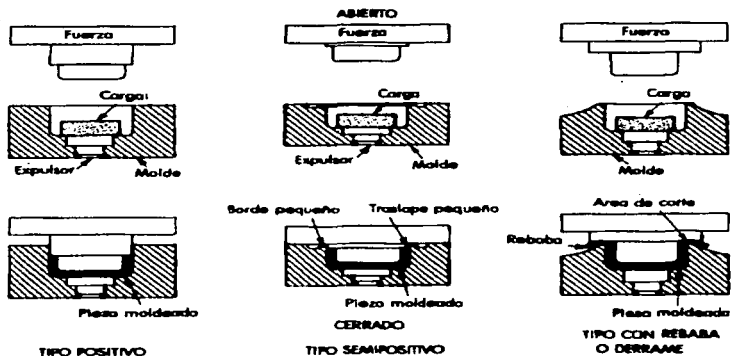


Figura 2.1 Tres tipos de moldes de compresión para plásticos.

La fuerza tiene un ajuste estrecho en un molde del tipo semapositivo solo dentro del último milímetro de viaje. La presión completa se ejerce al cierre total del molde, pero puede escapar el exceso de material y la carga no tiene que controlarse con precisión. Este tipo se considera mejor para la producción en grandes cantidades de piezas de calidad.

Para ciertos propósitos, se usan moldes elaborados. Los moldes de cavidades múltiples o de cuadrilla son económicos para producción en grandes cantidades, de tapas para botellas por ejemplo. Un molde de cuadrilla con subcavidad tiene una cámara de carga común para varias cavidades. Un molde de cavidad dividida puede abrirse para quitar una pieza con entalladuras, etc.

El moldeo de compresión principalmente se hace en caliente, pero cierto moldeo en frío se hace en particular para compuestos del tipo refractario porque es rápido. El material se comprime para que tome la forma en el molde y entonces se hornea una estufa hasta que se cubre. Este método no controla también el tamaño ni da un acabado de superficie tan bueno como el moldeo en caliente.

2.2 MOLDEO DE TRANSFERENCIA.

En el proceso de moldeo de transferencia, el polvo termofraguante o preformas, se colocan en la cámara de presión arriba de las cavidades del molde, como se ilustra en la figura 2.2. Luego, se plastifica por calor y presión, y se inyecta a las cavidades del molde, como líquido caliente, donde el material cura y endurece. El tiempo de curado para el moldeo por transferencia es generalmente menor que el se requiere para el moldeo por compresión. El tiempo de carga es también corto, ya que las tabletas preformadas se pueden calentar más rápidamente. Este proceso es especialmente deseable para producir piezas que requieren pequeñas inserciones del metal, puesto que el material plástico caliente, entra al molde en forma gradual y sin gran presión. Las piezas complicadas, y las que tienen grandes variaciones en el espesor de su sección, también pueden producirse ventajosamente por este método. Las limitaciones del proceso incluyen pérdida de material al fluir en tolvas y canalizaciones, generalmente, el costo del molde es más elevado que el que se requiere para moldeo por compresión.

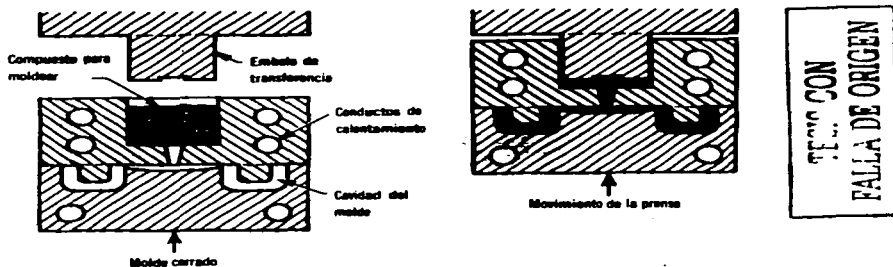


Figura 2.2 Esquema diagramático de un proceso de moldeo por transferencia.

TEMA CON FALLA DE ORIGEN

2.3 MOLDEO POR INYECCIÓN DE TERMOPLÁSTICOS.

Las máquinas de moldeo por inyección son algo similares a aquellas que se usan para moldear en matriz. Los materiales termoplásticos se convierten de granular a líquido para ser inyectados en el molde, donde se solidifican. Este material puede ser a menudo cambiado de sólido a líquido sin ningún cambio químico, haciéndolo ideal para un proceso rápido.

Las máquinas de moldeo por inyección se describen por la presión en Newtons, con la cual cierran las matrices, así como por la cantidad de material inyectada en el ciclo. La mayoría de las máquinas de este tipo, tienen una capacidad de sujeción de los moldes de 0.4 a 22 MN (1), y la capacidad de moldeo por cada inyección varía de menos de un gramo hasta alrededor de 9 kg. Existen máquinas de tipo hidráulico de 22 MN capaz de moldear 9 kg por ciclo. En estas máquinas, el plástico, se ablanda previamente en la máquina a razón de 180 kg/h antes de ser inyectado en proporciones arriba de 0.01 m³/s. Se moldean por inyección en máquinas de este tipo, tableros de instrumentos, canastas para lavandería, partes de refrigerador, muebles y botes grandes para desperdicio. La figura 2.3 es un diagrama esquemático mostrando el funcionamiento de la máquina de moldeo por inyección. El material de moldeo se alimenta por gravedad desde una tolva y pasa por un aparato medidor a una cámara cilíndrica de calentamiento, donde se plastifica e inyecta al molde cerrado, bajo considerable presión. El producto acabado se endurece en el molde por el efecto de enfriamiento del agua que circula por conductos en él. Una vez que se retira el émbolo de inyección se abre el molde y el producto es expulsado.

El moldeo por inyección es mucho más rápido que el moldeo por compresión. El molde se mantiene a una temperatura constante, generalmente de 75 a 95 °C. por circulación de agua; siendo posible una producción de dos a seis golpes por minuto. En el moldeo por inyección, el costo de los moldes es menor, puesto que son necesarias menos cavidades para mantener una producción equivalente.

(1) MegaNewtons

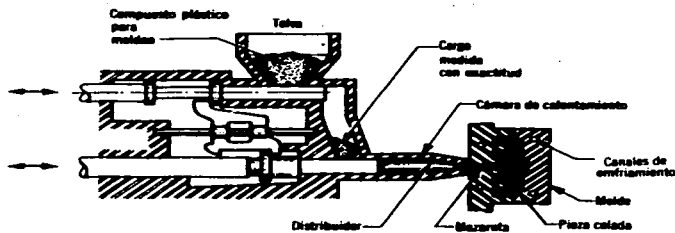


Figura 2.3. Esquema de una máquina de moldeo por inyección.

2.4 MOLDEO POR INYECCIÓN DE TERMOFIJOS.

Los materiales termofijos se moldean por inyección o por un proceso conocido como moldeo a chorro. Con unos cuantos cambios de menor importancia, casi cualquier máquina normal para moldeo de termoplásticos por inyección, se puede convertir en una máquina de moldeo por chorro. La parte más importante de la máquina es la boquilla, debe calentarse y enfriarse durante el ciclo de moldeo. Primeramente se calienta la resina en el cilindro del émbolo, haciéndolo plástico aunque no apreciablemente polimerizado. Como el émbolo fuerza a pasar al molde a través de la boquilla, éste recibe calor adicional. Cuando el molde se llena, la boquilla se enfría rápidamente mediante agua corriente para impedir la polimerización del material sobrante.

El material se alimenta por gravedad hasta el giro del tornillo donde es calentado por contacto con el cilindro y por la fricción de la rotación del tornillo. Como el tornillo gira, el material plastificado se prepara adelante siendo bloqueado desde la entrada de la cámara de transferencia por el émbolo en posición superior, hasta que es acumulada una cantidad suficiente. Entonces el émbolo retorna a la posición inferior y el tornillo sin girar, se desliza forzando al material a entrar a la cámara de transferencia, donde el émbolo empuja ascendiendo hasta las cavidades del molde. El precurado del material es prevenido por una banda refrigerada por agua alrededor y al final del cilindro. Este proceso es similar al proceso de moldeo por transferencia, excepto que éste es en operación automática.

La figura 2.4 nos da una referencia ilustrativa de cómo se lleva a cabo el ciclo de moldeo por inyección con tornillo.

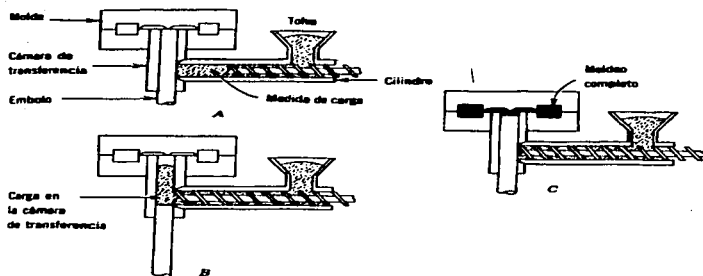


Figura 2.4. Ciclo de moldeo por inyección con tornillo. A. El tornillo se retrae girando mientras el material es alimentado dentro del cilindro por gravedad. B. Entre tanto el tornillo sin girar fuerza al material a entrar a la cámara vertical. C. El émbolo hidráulico fuerza al material plastificado a entrar al molde.

2.5 EXTRUSION.

Los materiales termoplásticos, tales como los derivados de la celulosa, resinas de vinilo, poliestireno, polietileno, polipropileno y nylon, pueden extruirse por medio de matrices, en formas simples de cualquier longitud. Un diagrama esquemático de una prensa de extrusión se muestra en la figura 2.5 con material granulado o pulverizado se alimenta a la tolva forzándolo luego a través de una cámara de calentamiento por medio de una rosca espiral. En la cámara, el material se convierte en una masa densa y viscosa, forma en la cual, se pasa a través de la matriz. Al abandonar a la matriz, se le enfría por medio de aire, agua o por contacto con una superficie fría, endureciéndose gradualmente al descansar sobre el transportador. En esta forma se producen fácilmente tubos largos, varillas, secciones moldeadas y muchas secciones especiales.

Una máquina para extrusión de termofijos utiliza un émbolo en lugar de un tornillo para forzar el material a través de la matriz. El material se alimenta por una tolva que se encuentra atrás del cilindro, y por medio de la carrera del émbolo es forzado a entrar a una matriz de cono

largo, cuyas zonas son previamente calentadas. El calor adicional resulta de la resistencia de fricción cuando el material se fuerza a pasar a través del cilindro y matriz. El curado se acompleta cuando se llega a la parte final del extruido.

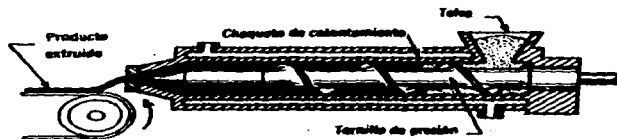


Figura 2.5 Esquema de una prensa para extrusión de plásticos.

2.6 COLADO.

Los materiales termofijos que se utilizan en el colado, incluyen los fenoles, poliésteres, epóxicos y resinas; siendo estas últimas especialmente útiles para lentes ópticos y otras aplicaciones que requieren excelente transparencia. Estas resinas tienen un uso más amplio en el proceso de colado que los termoplásticos, puesto que tienen mayor fluidez al ser vertidas. Es decir, las resinas líquidas se cuecen en moldes de materiales relativamente suaves, como hule, yeso, etc. Estos moldes pueden formarse alrededor de un modelo formado con facilidad de madera, yeso, metal, etc. Se añade un catalizador para polimerizar la resina, la cual es común, que se calienta en una estufa por horas o días a casi 65 a 95 °C (150 a 200 °F) para endurecerla. El costo del equipo es bajo, pero el proceso es lento. Frecuentemente, se usan moldes abiertos de plomo, que se forman sumergiendo un mandril de acero de la forma deseada, en plomo fundido y sacando la cubierta de los lados del mandril después que ha solidificado. Se pueden introducir corazones de plomo, yeso o hule si se desea. Los colados huecos también se producen por el método de moldeo de pared delgada. Pueden hacerse igualmente objetos sólidos con moldes de yeso, vidrio, madera o metal. Cuando las piezas tienen numerosas muescas, los moldes se hacen de hule sintético.

Se recomienda el moldeo para preparar varillas cortas, tubos y varios perfiles que deban tener maquinado o tallado subsecuente. Las superficies maquinadas tienen una apariencia blanca opaca, que se puede eliminar por frotación en tambor, con bloques de madera y partículas

abrasivas o por pulido. Los plásticos de vinilo se moldean a partir de plastisoles para producir juguetes. La bisutería y artículos de fantasía son moldeados debido a la combinación atrayente de colores que se pueden obtener y al hecho de que los frecuentes cambios de estilo no justifican la preparación de equipo costoso de matrices. Otros ejemplos de productos plásticos colados son las perillas, cajas de relojes e instrumentos, manijas, plantillas para taladros, plásticos reforzados así como punzones y matrices para la fabricación de lámina metálica en la industria aeronáutica.

2.7 PROCESAMIENTO DEL HULE.

El hule crudo está compuesto de largas moléculas de gran peso molecular y por lo tanto es bastante elástico y resiste a ser trabajado. Estas moléculas deben romperse para que el hule pueda moldearse y formarse. Para este propósito el hule puede extruirse en un plastificador, masticarse por batientes giratorios en un mezclador Bunbury o plastificarse entre rodillos en un laminador de hule. Lo último puede hacerse solo o después de uno o ambos de los otros tratamientos. En el laminador de hule, el hule se oprime entre dos rodillos que giran uno contra otro en el lado de entrada. Uno gira a un tercio más rápido que el otro e induce un cizallado severo lo mismo que acción de compresión en el hule. La hoja que sale de los rodillos comúnmente se alimenta atrás por una vez en la mezcla que entra para mejorar el mezclado. En la mezcladora y el laminador el hule se impregna con la sustancia agregada para el producto final.

El segundo paso es moldear o formar el hule como se desea y vulcanizarlo. El azufre en el vulcanizado forma enlaces cruzados entre las moléculas de hule. Esto hace elástico el hule, no pegajoso, fuerte y más resistente al calor y los solventes. La estructura de la mayoría de los elastómeros sintéticos se establece cuando se polimerizan y no se vulcanizan. El formado y moldeado reales se hacen en un número de modos comunes a los plásticos. Los hules se someten a extrusión, moldeo por inyección y compresión y se forman.

CAPÍTULO 3 FABRICACION DE LAS PIEZAS

El conocimiento de las características de los diferentes tipos de materiales plásticos y de las tecnologías de su procesado o transformación, que han sido objeto de los capítulos anteriores, son los requisitos fundamentales, para las actividades de ingeniería con estos materiales. Este capítulo muestra una perspectiva de este tipo de actividades, cuyo desarrollo exige algo de arte e ingenio que solo puede adquirirse con la práctica y que van desde la concepción de un producto o artículo, la selección del material o materiales a utilizar, así como su fabricación, como ejemplo, se obtendrán diferentes piezas que serán mostradas más adelante, mediante el vaciado de una resina termofija, poliéster en este caso. A continuación, se mencionan los puntos que conformaron el proceso de fabricación.

3.1 PIEZAS A FABRICAR.

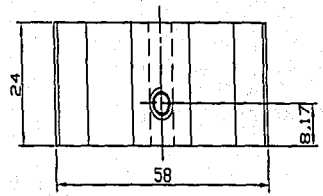
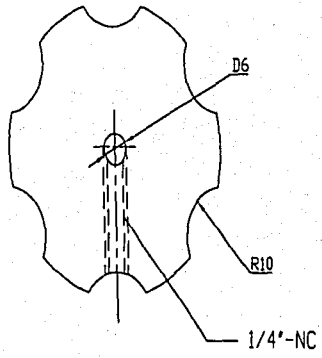
Se obtendrán 3 diferentes piezas mediante el proceso de vaciado de una resina termofija. Dos de ellas serán utilizadas como aditamentos para complementar algunas máquinas del Laboratorio de Tecnología de Materiales. En primer lugar, se obtendrán 2 tipos diferentes de perillas. La primera de ellas, perilla 1, que se ilustra en la figura 3.1, servirá para accionar el encendido de una máquina pulidora, y la segunda, perilla 2, que se ilustra en la figura 3.2, servirá como empuñadura de una palanca de velocidades de un automóvil. Por último, se fabricará una palanca, que será acoplada al émbolo de una máquina encapsuladora, y que se muestra en la figura 3.3.

3.2 FABRICACION DEL MODELO.

Para poder fabricar el modelo, es necesario contar con las dimensiones de las piezas que se quieren obtener, esto con el fin de seleccionar el material adecuado para la elaboración de dicho modelo.

Existe una amplia gama de materiales que pueden ser útiles en la realización de un modelo, como por ejemplo: madera, metal, cartón, plastilina, por mencionar solo algunos.

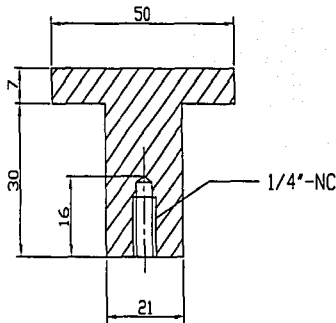
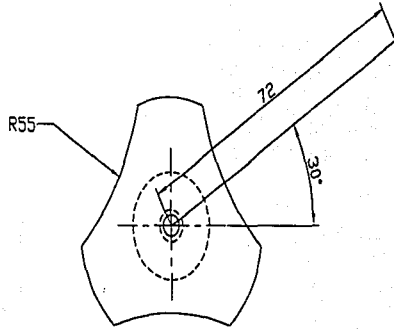
TESIS CON
FALLA DE
ORIGEN



Escala 1:1	FES-CUAUTILAN	6/MAYO/03	Dibujo JJBG
Acot: mm	PERILLA 1		Revisa FDCR
	MAT: POLIESTER		Fig. 3.1

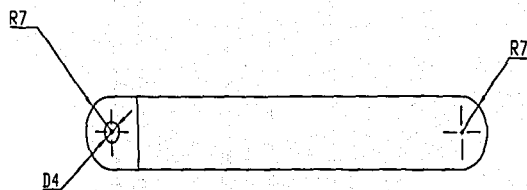
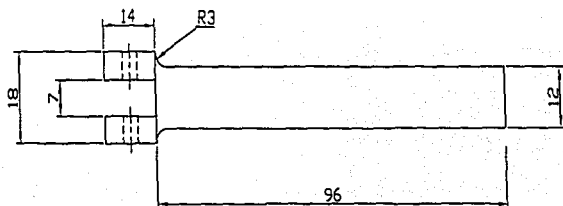
1/4''-NC. ROSCADO DE 1/4''

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Escala 1:1	FES-CUAUTITLAN	6/MAYO/03	Dibujor JJBG
Acot: mm	PERILLA 2		Revisor FDCR
	MAT: POLIESTER		Fig. 3.2

1/4"-NC ROSCADO DE 1/4"



TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

Escala 1:1	FES-CUAUTITLAN	6/MAYO/03	Dibujor: JJBG
Acot: mm	PALANCA		Revisor: FBCR
	MAT: POLIESTER		Fig. 3.3

Para nuestro propósito, se ha seleccionado la madera, debido a su bajo costo y su fácil manipulación. Los modelos a fabricar se muestran en la figuras 3.4, 3.5 y 3.6.

A continuación, se hicieron los trazos necesarios requeridos sobre la madera, y posteriormente se realizaron las operaciones de maquinado necesarios para proporcionarle al modelo las dimensiones necesarias.

Por ejemplo, en el caso de la elaboración del modelo para la perilla, se tuvieron que utilizar máquinas-herramienta, tales como el taladro, para realizar operaciones de barrenado, y también un cortador circular con dientes de sierra, esto con el fin de obtener un diámetro preciso del modelo. Los modelos obtenidos pueden ser observados en la figura 3.7.

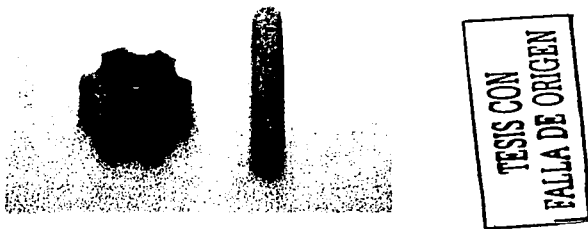
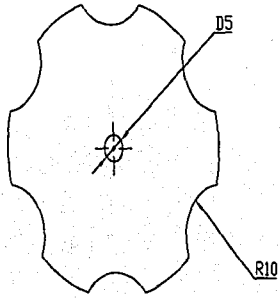


Figura 3.7 Modelos

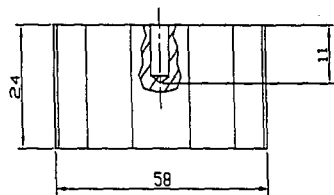
3.3 FABRICACION DEL MOLDE.


El molde fue construido a base de yeso de uso comercial, optándose por este material, principalmente, por su sencilla preparación, por su gran disponibilidad en el mercado y por su bajo costo.

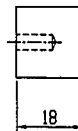
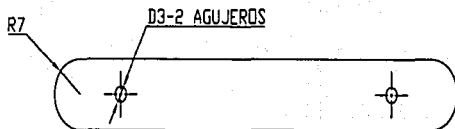
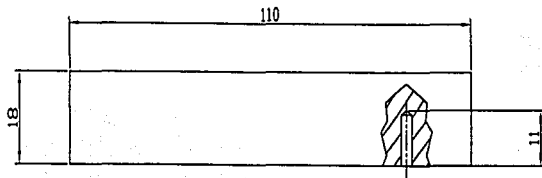
El primer paso para obtener el molde, es preparar una mezcla a base de agua, de tal forma, que dicha mezcla sea homogénea.




TRESIS CON
 FALLA DE ORIGEN



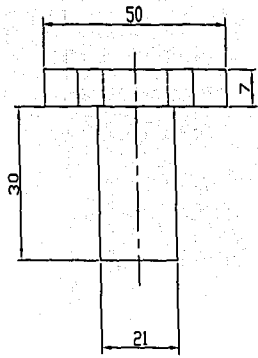
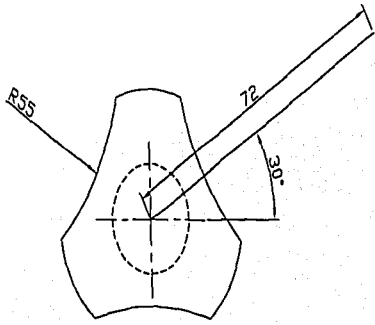
Escala 1:1	FES-CUAUTITLAN	6/MAYD/03	Dibujor: J.B.G
Acot: mm	MODELO-PERILLA 1		Revisor: F.B.C.R
	MAT: MADERA		Fig. 3.4




**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Escala 1:1	FES-CUAUTITLAN	6/MAYO/03	Dibujos: JJBG
Acot: mm	MODELO-PALANCA		Revisor: FDCR
	MAT: MADERA		Fig. 3.5

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Escala 1:1	FES-CUAUTITLAN	6/MAYO/03	Dibujo JJBG
Acot: mm	MODELO-PERILLA 2		Revisa FDCR
	MAT: MADERA		Fig. 3.6

Posteriormente, dicha mezcla se vació en un recipiente de aluminio, esto con el fin de poder extraer el molde de una forma muy sencilla, como se ilustra en la figura 3.8.



Figura 3.8 Vaciado de la mezcla

Cabe mencionar, que el vaciado de la mezcla en el recipiente se hizo rápidamente, debido a que dicha mezcla tiende a secarse inmediatamente. A continuación, fue necesario untarle al modelo algún tipo de grasa. En este caso, se ocupó petrolato puro, mejor conocido en el ámbito comercial como vaseline, esto con el fin de lograr dos metas importantes: la primera, que al momento de sacar el modelo de la mezcla, éste no dañe las paredes del molde, y la segunda, para tratar de evitar que se produzcan la menor cantidad de zonas porosas dentro del molde. Ya por último, se introdujo el molde en la mezcla, dejando pasar solo unos cuantos minutos para finalmente extraer la muestra anteriormente introducida. Para poder utilizar el molde, es necesario esperar al menos 2 días, esto con el fin de que la mezcla adquiera una buena consistencia. La figura 3.9 muestra los moldes fabricados.

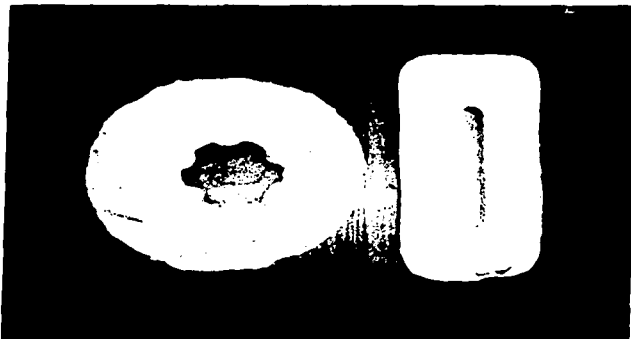


Figura 3.9 Moldes obtenidos

3.4 VACIADO DE LA RESINA.

En esta fase, el molde debe estar perfectamente seco, antes de preparar y vaciar la resina. En este caso, el molde presentó diminutas porosidades, por lo cual fue necesario aplicar una pequeña capa de pintura a base de aceite, para eliminar esos pequeños defectos.

Ya que el molde estuvo en óptimas condiciones, se procedió a la preparación de la resina, lo cual consistió básicamente en vaciar la resina en un recipiente, de preferencia de material plástico. A continuación, se agregó el colorante, si así se desea, para continuar con la mezcla de ambos compuestos. Posteriormente, se agregó una pequeña cantidad de catalizador, esto con el fin de endurecer dicho compuesto. Por último, se vació la resina en el molde antes fabricado, lo cual se muestra en la figura 3.10

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

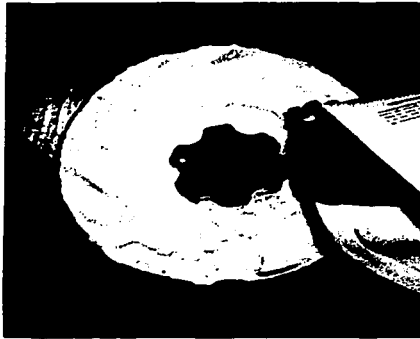
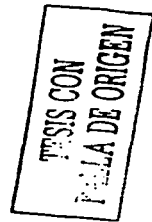


Figura 3.10 Vaciado de la resina en el molde

Es importante mencionar que se dejó curar la resina dentro del molde durante un período comprendido entre 1 y 2 días, con el propósito de que las piezas estén lo suficientemente solidificadas, ya que posteriormente, serán sometidas a algunos procesos de maquinados. La figura 3.11 muestra las piezas obtenidas por medio del vaciado de la resina.



Figura 3.11 Piezas antes del proceso de maquinado



3.5 OPERACIONES FINALES DE MAQUINADO.

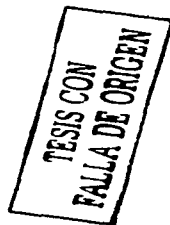
Para proporcionarle a la piezas su geometría y dimensiones finales, se sometieron a diferentes operaciones de maquinado, los cuales se describen a continuación.

3.5.1 PERILLA 1

- a) Con la ayuda de una broca de 6 mm de diámetro, se realizó un primer agujero en el centro, que es el punto donde se acoplará esta pieza con el eje del encendido de la máquina pulidora.
- b) Se realizó un segundo agujero, con la misma broca de 6 mm de diámetro, en la cara frontal de esta perilla, para posteriormente llevar a cabo un roscado por medio de un machuelo de 1/4, con el fin de poder introducir ahí un prisionero, el cual ayudará a la perilla a estar unida de forma adecuada al eje de la máquina pulidora. La pieza final se ilustra en la figura 3.12.



Figura 3.12 Perilla 1



3.5.2 PERILLA 2

En este elemento, que se muestra en la figura 3.13, sólo se llevó a cabo una operación de manufactura, que se menciona a continuación:

- a) Se realizó un agujero en el centro, por medio de una broca de 6 mm de diámetro, esto con la finalidad de obtener posteriormente una rosca interna por medio de un machuelo de 1/4, y así conseguir sus características finales.



Figura 3.13 Perilla 2

3.5.3 PALANCA

En la obtención de la geometría final de esta pieza, que se ilustra en la figura 3.14, se realizaron las siguientes operaciones de maquinado:

- Se realizó un barrenado de lado a lado en la cara frontal, por medio de una broca de 4 mm.
- Por medio de una máquina fresadora se desbastó el centro de uno de los extremos de esta pieza, utilizando un cortador de $\frac{1}{4}$.
- Se llevó a cabo otro proceso de barrenado, a partir de una determinada distancia de uno de los extremos de la palanca, utilizando una broca de 6mm de diámetro.
- Por último, se desbastaron por medio de una máquina fresadora ambos extremos de dicha pieza, ocupando un cortador de $\frac{1}{4}$. Es importante mencionar que las 3 últimas operaciones se realizaron en la cara superior de la palanca.

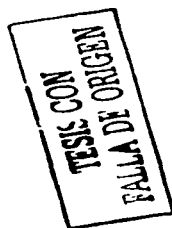


Figura 3.14 Palanca

3.6 ACABADO SUPERFICIAL.

Para lograr en la piezas un mejor acabado superficial, se aplicó un proceso de pulido, utilizando lijas de diferentes medidas, para aplicar posteriormente una pasta, la cual ayudó a obtener una mejor apariencia superficial de la piezas.

3.7 APLICACIONES ADICIONALES.

Mediante el proceso ya descrito anteriormente, es posible obtener barras de este material, como la que se muestra en la figura 3.15, esto con el fin de proporcionar al laboratorio de Sistemas de Manufactura Flexible un material de apoyo para que los alumnos desarrollen sus diferentes prácticas en dicho laboratorio, para obtener piezas como la que se muestra en la figura 3.16.

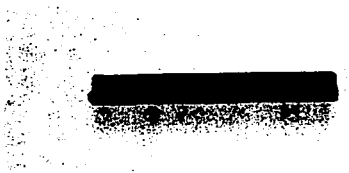


Figura 3.15 Barra obtenida mediante el vaciado de una resina termofija.

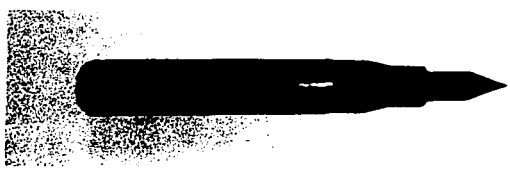


Figura 3.16 Pieza obtenida.



CONCLUSIONES

Después del trabajo experimental realizado (diseño de las piezas, fabricación de los modelos, fabricación del molde, vaciado de la resina y operaciones de maquinado) se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1. Los productos hechos de materiales plásticos, que en este caso se obtuvieron por medio del vaciado de una resina termofija (poliéster), pueden producirse con dimensiones exactas y buenos acabados de superficie.
2. Utilizando este tipo de proceso (vaciado), se pueden crear piezas de dimensiones pequeñas, que serían muy complicadas de obtener empleando algún metal.
3. Para la fabricación de piezas de plástico, como las que se obtuvieron en este trabajo, se utilizaron materiales de apoyo de fácil manipulación, rápida adquisición en el mercado y sobre todo a un bajo costo.
4. Se llevaron a cabo procesos de manufactura en los cuales no fue necesario utilizar herramientas o máquinas especiales o de gran potencia para el maquinado de las piezas fabricadas.
5. Para obtener un acabado superficial ideal de las piezas, solo fue necesario someter a dichas piezas a un proceso de pulido.
6. En términos generales, el modo de producción que se llevó a cabo para la fabricación de las piezas se realizó de una forma sencilla.

Los materiales plásticos son una buena opción en la elaboración de productos que requieren ligereza de peso, resistencia a la corrosión y muchas otras características que otros materiales no pueden proporcionar. Otra ventaja que favorece el uso de los materiales plásticos, es el hecho de que se les puede agregar colorante, o simplemente dejarlos en forma transparente.

Por esta y otras razones, los materiales plásticos han substituido en gran medida el empleo de metales en la elaboración de una gran variedad de productos que forman parte de nuestra vida diaria.

BIBLIOGRAFIA.

1. Doyle Lawrence E.
Materiales y Procesos de Manufactura para Ingenieros.
Prentice-Hall.
México, 1988, 2ª Edición.

2. Amstead B. H.
Procesos de Manufactura.
CIA. Editorial Continental.
México, 1981, 1ª Edición.

3. Cannon William A.
How to Cast Small Metal and Rubber Parts.
McGraw-Hill.
Washington, 1986, 2ª Edición.

4. Altng Leo.
Procesos para Ingeniería de Manufactura.
AlfaOmega.
México, 1990, 2ª Edición.

5. Begeman Myron L.
Procesos de Manufactura.
CIA. Editorial Continental.
México, 1964, 2ª Edición.

6. Dubois J. H.

Ingeniería de Moldes para Plástico.

Ediciones URMO.

Bilbao, 1972, 2ª Edición.

7. Von Keyseubug C. M.

Tecnología de los Plásticos para Ingeniería.

Ediciones URMO.

Bilbao, 1967, 1ª Edición.

8. Timings R. L.

Tecnología de la Fabricación.

AlfaOmega.

México, 1992, 2ª Edición.