

5 2e

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ACATLAN

TRABAJO DE TESIS:

ARMADURAS CON PERFILES DE PLASTICO

QUE PRESENTA:

LEONARDO ARRIAGA DE LA TORRE 8756356-8

ASPIRANTE AL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

ACATLAN, EDO. DE MEXICO A 5 DE ABRIL DE 1993



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 está 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.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

P.I.C.- 084-93

SR. LEONARDO ARRIAGA DE LA TORRE
ALUMNO DE LA CARRERA DE INGENIE-
RIA CIVIL.
P R E S E N T E .

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 3 de abril de 1992 me com-
place notificarle que esta Jefatura del Programa tuvo a bien asignarle -
el siguiente tema de tesis: "ARMADURAS DE PERFILES PLASTICOS", el cual -
se desarrolla como sigue:

- 1.- INTRODUCCION.
- 2.- ANTECEDENTES.
- 3.- CAP. 1 ALTERNATIVAS EN PLASTICOS PARA LA FABRICACION DE PERFILES
Y SU APLICACION EN ARMADURAS.
- 4.- CAP. 2 EVALUACION ECONOMICA.
- 5.- CAP. 3 PROCESOS CONSTRUCTIVOS E IMPACTO SOCIAL.
- 6.- CONCLUSIONES.
- 7.- BIBLIOGRAFIA.

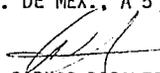
Asi mismo fue designado como Asesor de Tesis el SR. ING. IGNACIO LIZARRAGA
GAUDRY.

Ruego a usted tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la Ley
de Profesiones, deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de
seis meses como requisito básico para sustentar exámen profesional, así como
la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido
de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título
del trabajo realizado. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior -
de las tesis.



EN. P. ACATLAN
JEFATURA DEL
PROGRAMA DE INGENIERIA

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
ACATLAN, EDO. DE MEX., A 5 DE ABRIL DE 1993


ING. CARLOS ROSALES AGUILAR
JEFE DEL PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

CRA*ehs

FALTA DE ORIGEN
TESIS CON

INDICE	PAGINA
INTRODUCCION	3
1 ANTECEDENTES	4
2 CARACTERISTICAS DE LOS PLASTICOS	7
2.1 APROXIMACION SISTEMATICA A LA SELECCION Y DISEÑO DE LOS PLASTICOS	9
2.1.1 DISEÑO DE TECNOLOGIA	10
2.1.2 INFORMACION DISPONIBLE	13
2.1.3 PASOS A SEGUIR EN EL DESAROLLO DE UNA APLICACION	13
2.1.4 SELECCION DE LAS PROPIEDADES DE INGENIERIA	17
2.1.5 ANALISIS DE LAS FUNCIONES DE UNA PARTE Y MUESTREO DE MATERIALES CANDIDATOS	18
2.2 DISEÑO PARA RIGIDEZ Y RESISTENCIA BAJO CARGA ESTATICA	21
2.2.1 COMPARACION DE LOS PLASTICOS CONTRA LOS METALES	22
2.2.2 COMPORTAMIENTO DE LOS METALES	23
2.2.3 CONSECUENCIAS DE LA VISCOELASTICIDAD	26
2.2.4 PROPIEDADES DE ESFUERZO DEFORMACION DE LOS PLASTICOS	31
2.2.5 PROPIEDADES CREEP DE LOS PLASTICOS	32
2.2.6 RUPTURA CREEP, CRITERIO PARA EL ESFUERZO DE DISEÑO	36
2.2.7 EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA RUPTURA CREEP	38

2.2.8	MODULO CREEP, CRITERIO DE DISEÑO PARA RIGIDEZ	40
2.2.9	LIMITES DE EXTRAPOLACION PARA CURVAS CREEP Y RUPTURA CREEP	44
2.3	OPCIONES DE DIFERENTES PLASTICOS	45
2.4	CONFORMADO DE LOS PLASTICOS	54
2.5	ELECCION DEL PLASTICO OPTIMO	59
2.5.1	EPOXY	63
2.5.2	MATERIALES COMPUESTOS	67
3	ARMADURAS	68
3.1	PARTES DE UNA ARMADURA	68
3.2	TIPOS DE ARMADURAS	70
3.3	DISEÑO DE ARMADURAS CON PERFILES PLASTICOS	72
3.3.1	EFECTO DEL TIEMPO BAJO LA CARGA	74
3.4	PROCESO CONSTRUCTIVO	87
4	ANALISIS ECONOMICO	89
4.1	EVALUACION DEL PROYECTO DE INVERSION	93
5	MERCADOTECNIA E IMPACTO SOCIAL	108
5.1	MEZCLA DE MERCADOTECNIA	109
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	114
	APENDICE 1 ENSAYO "CREEP"	118
	APENDICE 2 ENSAYO DE TENSION EN LOS MATERIALES PLASTICOS	119
	APENDICE 3 ENSAYO DE COMPRESION	120
	APENDICE 4 CALCULO DEL FACTOR DE SALARIO REAL	122
	BIBLIOGRAFIA	

INTRODUCCION

No es tan sencilla la creación de nuevas aplicaciones en el campo de la ingeniería; a parte de las limitaciones técnicas que cualquier desarrollo técnico trae consigo, el ingeniero muchas veces no está preparado para ampliar su horizonte de recursos, encerrándose en sus materiales, dispositivos y procedimientos tradicionales, quedando en ocasiones en la obsolescencia por no buscar nuevos caminos que lo lleven a soluciones óptimas.

El ingeniero civil debe poseer una actitud emprendedora, aceptando los nuevos retos que la tecnología le exige, adquiriendo nuevos conocimientos que enriquecen su capacidad para permanecer a la vanguardia de novedosas técnicas. Debe mantener esa amplia visión, necesaria para poder estar fuera de la mediocridad del subdesarrollo.

Esta tesis, basada en una investigación para la aplicación del plástico en armaduras, cumple fielmente con el sentido de este tipo de documentos; es una proposición que se mantiene con razonamientos y puede ser base de una argumentación.

El objetivo principal es el de proponer al plástico como material para la elaboración de armaduras, demostrando su posible ó imposible uso para tal fin. Con ésto, se debe de entender que los resultados pueden o no ser aceptables para cumplir con los requerimientos. La importancia, recae en el hecho de ampliar nuestros conocimientos en el campo de los plásticos, que día a

día están más en uso, y comprobar una proposición basados en el método científico.

Esta investigación, además de aportar los aspectos técnicos en la selección de un plástico para su aplicación en armaduras, se complementa con estudios económicos y de mercado simulando el comportamiento de una empresa, evaluando la rentabilidad del proyecto. Esto es, con el fin de demostrar en una forma breve, la actividad interdisciplinaria que en la mayoría de los proyectos reales, el ingeniero participa y toma decisiones.

La información aquí contenida, seguramente causará interés a todo ingeniero comprometido con su profesión y motivará a investigaciones posteriores, más precisas, que con el apoyo de empresas del ramo del plástico y/o construcción, se podrían obtener resultados fructíferos. El apoyo es de suma importancia, pues los experimentos son muy especializados y de un alto costo; ésto es, por lo que la tesis muestra deficiencias en la experimentación con modelos y prototipos. El ensayo con modelos, sería la mejor forma para obtener los criterios adecuados para el diseño, con una especial atención en el comportamiento de los nudos de las armaduras.

1 ANTECEDENTES

El hombre en la construcción, ya fuese para uso de casa habitación o impresionantes obras, ha utilizado diferentes materiales que son determinados principalmente por las

características geográficas y sociales del lugar donde se construye. Estos materiales son de gran diversidad y en nuestra época con el avance de la tecnología, se desarrollan nuevos materiales que sustituyen a los usados a través de la historia.

Es en Egipto donde se dan las primeras grandes construcciones en piedra. En esta región en épocas del cuarto milenio A.C., ya se poseían las herramientas de cobre y bronce endurecidas por forja para el trabajo de la piedra, cuyo método para desprenderla de su lugar original, consistía en abrir a lo largo de cuatro lados, profundas fosas o cavidades, empotrándose en ellas, cuñas de madera seca, saturándolas luego de agua para provocar su hinchazón, siendo entonces extraído el bloque de su lecho natural mediante palancas de madera.

Al mismo tiempo del uso de la piedra, se realizaron los primeros intentos de elaborar muros de barro, siendo muy desalentadores por su lento secado y por consiguiente una contracción y agrietamiento. No obstante, pronto se advirtió que elaborando piezas de adecuados tamaños y agregándoles paja picada, hierba u otro material vegetal, no solo ayudaba a darle mas consistencia, también ayudaba a la evaporación del interior y tendía a distribuir más niveladamente el agrietamiento. Se descubre que la selección de arcillas amasadas con agua, con una forma determinada por un molde, al ser cocidas en hornos, adquirirían nuevas y mejores propiedades, extendiéndose su uso en la construcción.

Un material de gran utilidad para el hombre ha sido la

madera en sus variadas formas, siendo utilizada principalmente, como elemento estructural. Formando edificios con muros de caña y paja, colocadas verticalmente, aseguradas con cuerdas o varas horizontales, teniendo sus extremos empotrados en boquetes abiertos en los montantes del marco principal, forrando la superficie del muro con un aplanado de arcilla. En algunas ocasiones y principalmente para interiores, se usaban aplanados de yeso que se les añadían pequeñas cantidades de queratina (compuesto por el cocimiento de crines, cuernos, y pezuñas de animales, en una solución de sosa cáustica) con el fin de retardar aquella solidificación, surgiendo así el uso de los primeros aditivos para los materiales.

En épocas más recientes, se descubre la cal, producida por la calcinación de la caliza, para convertirla en cal viva, la cual, y para fines de la construcción, se mezcla con agua para formar lo que se denomina cal hidratada. Con un proceso similar pero incluyendo arcilla y alcanzando temperaturas de calcinamiento, como para aglutinar o vitrificar el material, formando una masa refractaria, posteriormente molida, se produce el moderno cemento Portland. Con los cuales, mezclados con arenas y piedras (agregados) principalmente, se abaratan los costos, formando concretos que en combinación con el acero, forman materiales de alta resistencia y amplias propiedades. El acero, además de su uso combinado con el concreto, ha tenido aplicación en la edificación desde épocas muy tempranas, para las tuberías y cubiertas de protección, para acabados decorativos, componentes

de estructura y encajes de herramienta. El acero se hace actualmente de lingotes de hierro, el cual se usa en aleación con otros metales para crearle propiedades especiales.

En los últimos años, la adaptación tanto de técnicas como la de gran número de materiales, ha venido a tener un enorme desarrollo en las obras de construcción, llegando a cumplir las grandes exigencias funcionales que requieren las edificaciones modernas.

La construcción se lleva hoy a tan gran escala que el empleo económico de sus materiales, se ha convertido también en factores de gran importancia, estudiándose la manera de mejorar sus cualidades y uniformidad, a la par de hacerlo más duradero.

En las grandes áreas urbanas, donde el terreno no es muy disponible; la tendencia es construir en mayor elevación. Por ende ha habido una demanda incrementada de materiales y componentes estructurales de menos peso, con el fin de aligerar la superestructura y reducir la carga sobre los cimientos.

2 CARACTERISTICAS DE LOS PLASTICOS

El término plástico en su sentido original, se aplica a un material que puede hacerse fluir, de modo que pueda moldearse o modelarse. Esto es cierto en los metales, arcilla y otros materiales, pero el hombre ha llegado a denominar en forma específica, un grupo de sólidos orgánicos que pueden hacerse

fluir con facilidad, mediante calor o presión o ambos en formas con valor comercial.

A partir de los años 40's, los plásticos han tenido un desarrollo muy acelerado, el cual se ha llevado a cabo, basado en los conocimientos empíricos, obtenidos en experiencias de prueba y error.

Los plásticos han tenido aceptación creciente, ya que ofrecen combinaciones únicas con una amplia variedad de propiedades que se ajustan en particular a muchos desarrollos modernos. Los plásticos son de peso ligero; la mayoría pesan menos que el magnesio. Fuera de espumas plásticas especialmente ligeras, la gravedad específica promedio es aproximadamente 1.4. Esto los hace adecuados para guarniciones y accesorios en la aviación comercial y ha ayudado a aligerar muchos implementos manuales. Los plásticos son buenos aisladores eléctricos a frecuencias bajas y altas y tienen usos importantes en la industria eléctrica. También son buenos aisladores del calor. Algunos soportan bien la intemperie y son muy resistentes a la corrosión y al ataque químico.

Las resistencias de los plásticos abarcan una amplia gama. La mayoría de los materiales están en extremo bajo del rango, pero algunos tienen resistencias bastante altas. Su principal ventaja estructural es una relación alta de resistencia al peso.

2.1 APROXIMACION SISTEMATICA EN LA SELECCION Y DISEÑO DE LOS PLASTICOS

Los plásticos han sido aplicados ampliamente en el mercado, sin ser necesario que respondieran a características y propiedades mecánicas sofisticadas.

Es hasta los años 80's, que se requiere un alto rendimiento y especialmente los de uso aeroespacial.

Cuando se diseña, se predice el comportamiento de un material. Este diseño se lleva a cabo calculando las dimensiones de una pieza basados en sus propiedades, bajo la influencia de diferentes esfuerzos; ambos conocidos a partir de la experimentación en ambientes controlados. Por ejemplo, el módulo de Young nos ayuda en el cálculo del espesor de una barra, cuyas propiedades, obviamente serán las necesarias para la selección del material idóneo.

Hasta en los metales existen esfuerzos que no pueden ser analizados, cayendo en la necesidad de correlacionar propiedades con su comportamiento. En los plásticos, esta correlación de propiedades con su comportamiento, junto con las ecuaciones de diseño, generalmente son llamadas propiedades de ingeniería, las cuales abarcan una gran variedad de esfuerzos por encima de la resistencia estática y rigidez básicas. Como son el impacto, la fatiga, capacidad de trabajo en baja y alta temperatura, flamabilidad, resistencia química y resistencia al flujo eléctrico.

2.1.1 DISEÑO DE TECNOLOGIA

Históricamente, los plásticos han crecido demasiado sin un diseño de esta tecnología, la necesidad de un diseño para la selección de un material pocas veces se ha tomado en cuenta. En el pasado, lo importante era reducir los costos en el desarrollo de nuevos productos. En recientes años, dos nuevas tendencias han propiciado la urgencia de resolver este problema.

Uno es el incremento, dando énfasis en conocer el comportamiento del material. Los plásticos, generalmente son mucho mas bajos en resistencia y rigidez, comparados con los metales, con los cuales compite. Por consecuencia, son ordinariamente diseñados muy cerca de sus límites permitidos, por lo que ha incrementado la importancia de conocer los límites cuantitativamente y bajo condiciones reales. reales.

La segunda tendencia la constituyen los grandes estímulos para reemplazar los metales con plásticos, provocado por la preocupación y ahorro de energía. En algunos casos las iniciativas para el reemplazo son directas, como ejemplo, el ahorro del peso en el reemplazo de metales en los automoviles. En todos los casos, son grandes retos de diseño para los plásticos, que reciben cada vez más severos y complejos requerimientos de soporte de esfuerzos. De una forma realista, el desarrollo de una tecnología en el diseño de los plásticos, se ha vuelto importante no solo para el futuro de los mismos, también para las industrias que los usan.

Dos problemas han contribuido críticamente a la demora en el desarrollo de un diseño coherente y una tecnología para la selección de plásticos. Una es la profunda diferencia entre la viscoelasticidad de los plásticos y la elasticidad de los metales estructurales, en los que ingenieros han sido primeramente instruidos y en cuyas ecuaciones analíticas se basan, son ampliamente estudiadas. Cuando uno considera la viscoelasticidad en las propiedades, el problema es poco comprensible. Por otro lado, los diseñadores tienen un conjunto de ecuaciones y relaciones que son constantes para un material específico, como es el límite de fluencia y límite de proporcionalidad, derivados de las pruebas de esfuerzo deformación. En los plásticos, el diseñador encuentra que los resultados de estas pruebas, varían enormemente con el tipo de carga, con el rango de la carga, con el tiempo de carga, con pequeños cambios de temperatura y hasta con algunos detalles de las pruebas. Estas propiedades, no significan lo mismo para los plásticos que para los metales estructurales; el diseñador está severamente limitado en su uso y correlación con su comportamiento.

Resistencia y rigidez no son las únicas áreas del esfuerzo donde el diseñador necesita datos. El desarrollo de un plástico para su aplicación usualmente requieren de otras propiedades en adición a las mecánicas, como la resistencia al calor, propiedades eléctricas, claridad óptica, permeabilidad, flamabilidad y procesabilidad.

Por la diversidad de aplicaciones y la frecuente ocurrencia

de partes multifuncionales, hasta la aplicación mas simple de plástico significan una mezcla compleja de propiedades. Cada una de las diferentes áreas de esfuerzos lleva consigo la misma necesidad para el diseño y comportamiento que las de el área de esfuerzos mecánicos.

El problema no es la deficiencia de conocimiento o entendimiento del comportamiento de los plásticos bajo una variedad de esfuerzos, ni la deficiencia de propiedades del comportamiento viscoelastico, como pueden ser: Creep¹, ruptura a creep y relajación de esfuerzos. Mas bien, es la definición de un sistema para adaptar las verdaderas propiedades de los plásticos, a la tecnología del diseño que ha evolucionado alrededor de la teoría de la elasticidad. Una parte fundamental de ese sistema, es la identificación de las propiedades de los plásticos que son útiles en el diseño y desarrollo, conteniendo especificaciones y programas de control de calidad.

Otro problema crítico es la insuficiencia de información en las propiedades de ingeniería de los plásticos comerciales. Pues esa información, usualmente requiere experimentos complejos con alto consumo de tiempo, multivariantes y muy caros. Por lo que la producción del plástico, mantiene sus tendencias mas allá de encabezar el desarrollo. Como resultado de estos problemas los diseñadores de plásticos tienen que trabajar por su cuenta propia.

¹ Deformación lenta bajo carga estática y temperatura constante en períodos largos de tiempo.

2.1.2 INFORMACION DISPONIBLE

Las publicaciones especializadas de origen extranjero continuamente están desarrollando y publicando tablas para el diseño seleccionado y propiedades relacionadas al comportamiento de los plásticos comerciales, por nombre y tipo, como se conocen en el mercado. Estos datos son obtenidos de los proveedores del material y son cuidadosamente ensayados por autoridades competentes. Todas las tablas son actualizadas cada año, con la adición de los nuevos productos y el desecho de los obsoletos. Las guías de diseño son publicadas cada año junto con las tablas de datos. Consistiendo en una serie de artículos relacionados con las propiedades de ingeniería de los plásticos y las guías de diseño son básicas para conocer las propiedades del comportamiento de los plásticos, además de ser guías prácticas para el diseño y la selección del material.

2.1.3 PASOS A SEGUIR EN EL DESARROLLO DE UNA APLICACION

Para ser coherente, el diseño y la tecnología de selección de materiales que se requieren para los plásticos, debe de ser más que identificar las propiedades de su funcionamiento e idear métodos para probarlas. Se requiere proveer un sistema para su uso en el proceso de desarrollo de sus aplicaciones.

Las razones para la situación compleja de los plásticos y la multiplicidad de usos se basa en:

Primero, los plásticos requieren muchas más propiedades diferentes, que los materiales tradicionales con los que compite, principalmente porque son usados en una mayor variedad de aplicaciones. Frecuentemente, la naturaleza de la aplicación de los plásticos requiere el compromiso de gran número de propiedades, incluyendo el costo.

Segundo, los tipos de esfuerzos para los cuales se usan las ecuaciones de diseño y propiedades, son relativamente pocas, por lo que nos fuerza en depender grandemente en algunas propiedades que se correlacionan en varios grados con el comportamiento. De hecho, algunos tipos de esfuerzos por ejemplo el desgaste, la adhesión e impacto, no son propiedades del material que realmente predicen su funcionamiento.

Como resultado de estas complicaciones, el procedimiento para la selección del material en la mayoría de las aplicaciones, raramente es simple y debe ser conducida en forma sistemática.

Es particularmente importante, poner en una secuencia correcta los pasos para definir los requerimientos para su aplicación y selección de las propiedades válidas de su comportamiento que son reflejadas por estos requerimientos. También, es muy importante reconocer el casi indispensable rol de la elaboración de modelos y prototipos.

Se muestra una secuencia típica par el desarrollo de una aplicación con los pasos a seguir:

Paso 1.- Concepción de la parte, encabezando un diseño funcional inicial. Por ejemplo, la forma de la parte y sus componentes

funcionales, acompañado de una selección de un proceso de fabricación básico.

Paso 2.- Muestreo de los materiales candidatos, tomando en cuenta su procesamiento y todas las propiedades de ingeniería relativas al funcionamiento bajo los esfuerzos que la parte le impone al material.

Paso 3.- Diseño analítico preliminar. Por ejemplo, el cálculo del espesor de una barra y otras dimensiones, usando las propiedades de diseño que sean posibles y no se tenga experimentación.

Paso 4.- Uso de prototipos y modelos, en pruebas bajo condiciones actuales o simuladas.

Paso 5.- Rediseño y vuelta a pruebas (en algunos casos, muestreo de materiales candidatos, cuando las propiedades del material seleccionado no cumplen las solicitaciones de los esfuerzos).

Paso 6.- Finalización del diseño y selección del material, en base a las pruebas del prototipo y costo de fabricación.

Paso 7.- Especificaciones de material seleccionado.

Algunas veces, estos pasos pueden ser ignorados, especialmente donde los requerimientos de las partes son simples o es una nueva parte que es un poco diferente de partes ya existentes. Por otro lado, todos los pasos pueden ser muy complejos, especialmente en las nuevas aplicaciones o donde los esfuerzos funcionales son demasiado retadores para los plásticos. En estos casos, una aproximación sistemática siguiendo esta secuencia, no solo es la ruta para el éxito, sino también la ruta para la minimización de costos en el desarrollo.

Una de las mas marcadas diferencias entre los plásticos y los metales, ocurre en la selección de propiedades a ser usadas en las especificaciones del material. Con los metales, las mismas propiedades pueden ser usadas para el muestreo de cualquier metal, su diseño y especificación. Por ejemplo, el módulo elástico y punto de fluencia. No sólo estos predicen el funcionamiento, además son ideales para la especificación en pruebas, siendo ésto, más rápido, fácil y barato. Para los plásticos, este no es el caso. Las especificaciones en pruebas de plásticos, usualmente las de esfuerzo-deformación y otras que la American Society Testing Materials (A.S.T.M.), las hace llamar propiedades de las hojas de datos, como es la deflexión bajo una carga a determinada temperatura, el impacto y otras, no son generalmente útiles en la predicción del comportamiento de los plásticos. Son especialmente inadecuadas para juzgar la capacidad de resistencia mecánica y resistencia al calor. En los plásticos, la filosofía apropiada, es contar con las propiedades de ingeniería y simular con modelos y prototipos para la elección del material, estableciendo las especificaciones después de identificarlo. De hecho, esta es la forma en que casi todas las especificaciones de la A.S.T.M. son escritas en nuestros días.

2.1.4 SELECCION DE LAS PROPIEDADES DE INGENIERIA

El uso efectivo de las propiedades de ingeniería que será descrito a continuación, dependiendo principalmente de la minuciosa y precisa realización de uno de los pasos críticos de selección de material. Este paso es el análisis de la parte en aplicación, en términos de requerimientos de esfuerzos que se imponen al material y la trasladación de estos requerimientos en propiedades del material. En la mayoría de los casos, los requerimientos de una parte tendrán que ser bien definidos, con respecto al tipo de esfuerzo impuesto y la propiedad del material correspondiente. En las aplicaciones que no son simples, usualmente habrán requerimientos funcionales que son complejos y envuelven muchas propiedades del material, interactuando de manera compleja. Sin tomar en cuenta el ambiente, los requerimientos funcionales de una parte son simples o complejos; es necesario identificar ésto, para todas las partes que intervienen en todas las propiedades relativas al comportamiento para el muestreo del material, el cual serviría para su propósito.

El propósito, es identificar todos los materiales que pueden calificar para una aplicación dada. El costo del material, no debe ser incluido en este nivel. Aunque el objetivo último, es el de encontrar el material que pueda hacer el trabajo al precio mas bajo de fabricación, este costo, es el resultado final de una serie de factores que pueden servir de una forma tan compleja,

hasta lograr un costo directo por kg. Ejemplos de estos factores son acabado, uniones, productividad (rendimiento, calidad, etc.), diseño, dureza, y resistencia. Frecuentemente, el efecto de estos factores en el costo directo, no puede predecirse sin una simulación. En cualquier caso, el diseñador o el ingeniero de producto, empezará conociendo todos los materiales que puedan satisfacer el comportamiento requerido de la aplicación, antes de empezar a trabajar en la selección del costo último mas efectivo.

2.1.5 ANALISIS DE LAS FUNCIONES DE UNA PARTE Y MUESTREO DE MATERIALES CANDIDATOS

Este paso consiste en tres diferentes fases:

- 1.- Listado de los requerimientos, en términos de aplicación, siendo las propiedades del material, los mas cuantitativas como sea posible.
- 2.- Desarrollo del perfil de un material a buscar, asignándole valores requeridos de diseño y propiedades de comportamiento que predicen o se correlacionan con las funciones especificas de la parte derivada del paso 1.

El objetivo, es una descripción del material requerido, tan completa como sea posible, por valores numéricos o cualitativos de las propiedades del material mencionado. Aún cuando ésto puede ser hecho solo aproximadamente, facilita enormemente el muestreo del candidato, produciendo valiosos puntos para la selección del

material.

La selección del material correcto es crítico y a menudo compleja. Mas de una propiedad de un material, frecuentemente estará envuelta en una función dada de la parte. Por ejemplo, en la estabilidad dimensional, es una combinación de expansión térmica, contracción posterior al moldeo y absorción de humedad. Así, de esta manera los requerimientos de una parte, como la resistencia y rigidez, pueden servir con las características del diseño, ampliando el campo del costo y eficiencia de los materiales.

En algunos casos, no habrá ninguna propiedad del material directa que se relacione con las necesidades de la parte, como es la capacidad para cromarse. En estos casos la calificación del material, tiene que ser determinada por prueba y error.

Los requerimientos pueden ser ambiguos, por ejemplo la resistencia al impacto de un automóvil, citada anteriormente. En estos casos, también los requerimientos cuantitativos deben ser sintetizados por una prueba que simula el uso final o por un requerimiento cualitativo basado en la experiencia. En ambos casos, una prueba final de terminación de la aceptabilidad del material, tendrá que ser hecha con prototipos o partes de la producción en servicio.

3.- Determinación de los materiales candidatos mas parecidos para la aplicación, comparando sus propiedades con las del perfil derivado de los requerimientos de la parte. Esto no es necesariamente una búsqueda para cada material concebido que

posiblemente puede hacer el trabajo, aunque algunos proyectos de aplicación de alto rendimiento se realizan de este modo.

Mas a menudo, se realiza un escrutinio para decidir qué material es el más apropiado. Obviamente plásticos especiales con altos costos de material o costos de fabricación muy altos tienden a ser los primeros en ser muestreados.

En general, es mas efectivo realizar la fase I completamente como sea posible y sistemáticamente excluyendo o incluyendo materiales en el programa, en base al valor del juicio en análisis. Esta es la forma mas segura de evitar los dos extremos: 1) Intentar realizar un material de trabajo muy barato, sin estar calificado para tal función. 2) Exagerar con un material muy caro que realmente no se requiere.

Uno de los puntos más importantes que pueden obtenerse en la primera fase, es la identificación de esas propiedades que son inherentes en los materiales, sin realizarlas por el diseño. Típicamente, tales propiedades son la resistencia química, máxima temperatura (a veces en compañía de propiedades mecánicas o eléctricas), claridad óptica, color, capacidad del terminado, y calificaciones bajo regulaciones militares o especificaciones de Instituciones del Gobierno. Estas propiedades para actuar o no, deben ser aplicadas primero, para que el campo de los posibles materiales sea reducido a lo mas real y rápidamente posible.

El resultado de esta fase, puede ser una lista de materiales que son lo más apropiados para los siguientes pasos en el desarrollo de la aplicación. Adicionalmente, las pruebas de

muestras pueden ser implementadas y aplicadas para muestreos previos al modelaje con prototipos. Un análisis preliminar del costo, puede ser aplicado a esos materiales como parte de un paso del diseño inicial, para ver si la aplicación es parecida a su costo objetivo. Desde este análisis, se pueden comenzar a ordenar las prioridades en las cuales los materiales van a ser simulados y al final de su uso probados. Es importante que estos y otros análisis de costos, sean los que cuenten y afecten al costo final, no sólo de material por kilogramo. Estos, deberán incluir terminado, uniones, productividad (Carga de la máquina, ciclos, nivel de calidad), raspado y otros que son relativos al diseño y ensamble.

2.2 DISEÑO PARA RIGIDEZ Y RESISTENCIA BAJO CARGA ESTÁTICA

El principal problema para diseñar con plásticos, bajo carga estática, deriva en encontrar valores apropiados de resistencia y dureza por substitución en las ecuaciones de diseño convencionales. Un sistema para hallar estos valores, se describe aquí. Cuyas principales características del sistema son:

- 1) Los valores de diseño para resistencia y dureza en la mayoría de los casos, serán derivados de pruebas creep (ver apéndice 1)² mas que pruebas de esfuerzo deformación.
- 2) Las propiedades claves de los plásticos, resistencia a la

² pagina 118

ruptura creep y módulo creep, deben ser derivados de funciones logarítmicas (curvas) de propiedades contra tiempo, a diferentes temperaturas con datos de ensayos a creep.

3) La vida útil diseñada de una parte, es un dato esencial que debe ser determinado por el diseñador para seleccionar los valores apropiados del esfuerzo a ruptura creep y módulo.

4) La imprecisión en la extrapolación de los datos a creep; las complicaciones de la viscoelasticidad; la interacción del valor actuando en el esfuerzo de ruptura a creep y el efecto del nivel de esfuerzo en el módulo creep, requiere de un mayor cuidado y libre uso de los factores de seguridad usados en la práctica común de los metales estructurales.

2.2.1 COMPARACION DE LOS PLASTICOS CONTRA LOS METALES

Existe una diferencia crítica entre los plásticos y los metales estructurales bajo una carga. Esto es una realidad en todos los plásticos y se aplica a todo tipo de cargas, incluyendo esfuerzos dinámicos como el impacto y la fatiga. Sin embargo, las consecuencias de estas diferencias son particularmente importantes en el comportamiento bajo carga estática por ejemplo rigidez, resistencia y elasticidad (grado de recuperación de la deformación, después de quitar la carga). Una de las más obvias consecuencias es que; aunque existe una significativa sobreposición; los plásticos son substancialmente más bajos en resistencia y dureza que los metales. La más

profunda consecuencia es que los plásticos requieren diferentes propiedades de comportamiento, diferentes métodos de prueba, diferentes interpretaciones de datos convencionales en pruebas y una diferente aproximación a la generación y uso de los datos para el diseño. En otras palabras, la selección exitosa de un material para una resistencia y rigidez con plásticos, requiere de una aproximación especial (ésto para plásticos o cualquier material viscoelástico) y diferente de los metales estructurales con excepción a altas temperaturas. Para entender esta aproximación, comencemos con un pequeño resumen del comportamiento de los metales.

2.2.2 COMPORTAMIENTO DE LOS METALES

La figura 2.1 es una curva típica del esfuerzo deformación en el acero con bajo contenido de carbón como en la mayoría de los metales estructurales. Aunque las curvas de esfuerzo deformación para los metales varía un poco en forma, principalmente en el grado de ductilidad, la curva para el acero es correcta para usarse, pues muestra todas las características, generalmente encontradas en los metales.

Las siguientes, son la principal característica que distingue el comportamiento de los metales:

- 1) Una porción lineal inicial muestra una característica del esfuerzo, el límite proporcional, en el cual el esfuerzo es

proporcional a la deformación. La linealidad, permite el cálculo de un simple valor que define la rigidez. Esta es la pendiente, la proporción o relación entre el esfuerzo y la deformación. Una constante fundamental para cada metal o aleación y éste, es parte importante para muchas ecuaciones de diseño.

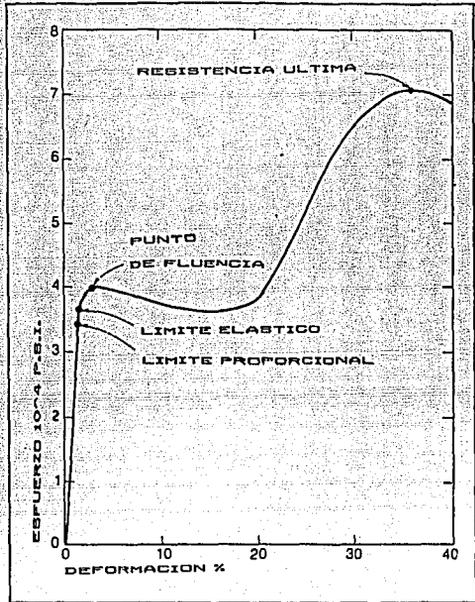


FIG. 2.1
CURVA TÍPICA DE ESFUERZO DEFORMACION DEL ACERO AL BAJO CARBONO.

2) Cuando la deformación se incrementa más allá del límite proporcional, se

encuentra el límite elástico. En esta porción de la curva el esfuerzo deja de ser proporcional a la deformación. Sin embargo, bajo el límite elástico, el comportamiento del material es elástico; esto es, en el momento en que el material es descargado, la recuperación de la deformación es esencialmente completa e instantánea. Esforzar el material mas allá del límite elástico resulta en una deformación permanente.

3) Más allá del límite elástico, cuando el esfuerzo se incrementa con la deformación hasta un esfuerzo de fluencia, es aquí el

primer punto donde nuevos incrementos en la deformación, no resultarán en incrementos del esfuerzo. Esto es el criterio fundamental para el diseño con la resistencia en los metales. Usualmente multiplicado por un factor de seguridad o diseño menor a uno para producir un esfuerzo de trabajo de trabajo, el cual es usado en gran cantidad de ecuaciones de diseño. Esta región es comúnmente descrita en los libros acerca de metales por término de fluencia.

4) Los límites proporcional y elástico de los metales estructurales usualmente ocurren con altos esfuerzos, relativos a los de fluencia. Esto significa que estos metales tienen rangos muy amplios en los cuales son elásticos y sus módulos predicen muy acertadamente la deformación.

5) Excepto a muy altas temperaturas muy por arriba del rango en que los plásticos pueden ser usados, las curvas esfuerzo deformación de los metales, varían muy poco con la temperatura. Sin ser particularmente sensitivos al rango de carga. Por lo tanto, el límite proporcional, esfuerzo de fluencia y otras propiedades de esfuerzo deformación de los metales son constantes.

El comportamiento del esfuerzo deformación de los metales, es razonablemente consistente con modelos teóricos de metales cristalinos que postulan una estructura elástica y atribuyendo fenómenos no elásticos a imperfecciones estructurales y discontinuidades, como son las fronteras en los granos. La representación teórica de una región elástica de un metal, es un

resorte perfecto como en la figura 2.2A

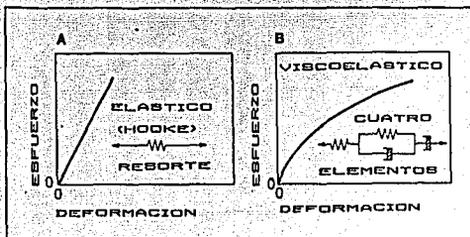


FIG. 2.2
MODELOS MECANICOS DE METALES (A) Y
PLASTICOS (B)

2.2.3 CONSECUENCIAS DE LA VISCOELASTICIDAD

Los plásticos tienen una estructura diferente muy significativa teórica y prácticamente. Los plásticos son viscoelásticos; esto es, son agregados complejos de diferentes elementos y fluidos y como consecuencia, muestran propiedades intermedias entre metales cristalinos y fluidos muy viscosos. La complejidad de la estructura de los plásticos, está simplificada por un modelo altamente simplificado fig 2.2B.

Los resortes representan los elementos elásticos (saltos químicos, cristalinidad, cadena de rigidez, etc.), cada resorte teniendo diferentes constantes o módulos.

Los amortiguadores representan los elementos fluidos, cada uno teniendo diferente viscosidad. Como los metales, los plásticos soportan cargas en tensión, compresión y flexión; como

los fluidos sus características de deformación y resistencia son complejas y sujetas a variables que generalmente, no afectan a los metales. A continuación se resumen las principales consecuencias de la viscoelasticidad relativa al comportamiento de los plásticos.

1) Las curvas de esfuerzo deformación y valores de los módulos de esfuerzo de fluencia derivados de ellos, varían con el rango de la carga y sustancialmente con la temperatura. Por ejemplo, cambios que se realizan en los plásticos durante veinte años, se propician por un cambio de sólo 20° C.. Por lo tanto, las curvas en los plásticos, no presentan constantes como en los metales. Este comportamiento es ilustrado por las curvas típicas mostradas en la figura 2.3, las cuales son representativas de muchos plásticos dúctiles.

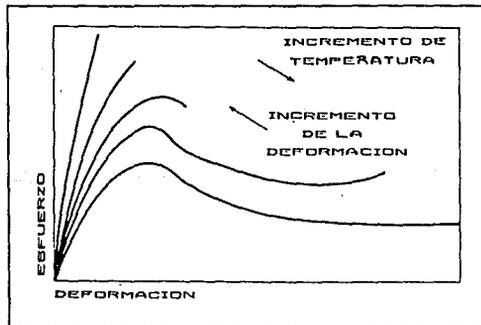


FIG. 2.3
CURVA TÍPICA DE ESFUERZO DEFORMACION
DE PLASTICOS DUCTILES MOSTRANDO EL
EFECTO DE LA TEMPERATURA.

2) Los plásticos no tienen límites proporcionales verdaderos. En la práctica y la teoría las curvas de esfuerzo deformación de la mayoría de los plásticos, con cargas a rangos ordinarios y temperaturas usuales son curvilíneas. A temperatura ambiente y más baja, la mayoría de los plásticos rígidos aparentan tener pequeños segmentos que son lineales con muy bajas deformaciones. En algunos plásticos compuestos (con fibras), rígidos materiales, la linealidad es sustancial. Sin embargo, estas regiones tienden a cambiar en condiciones de prueba. Como un resultado, el límite de proporcionalidad en general tiende a ser subjetivo en medición e impreciso para predecir la deformación.

3) La mayoría de los plásticos no tiene un verdadero o un preciso punto de fluencia. La apariencia de fluencia en algunos plásticos dúctiles usualmente es debido al hecho de que el esfuerzo es calculado con el área de una sección geométrica, como se realiza con los metales. Los plásticos tienen un radio de Poisson considerablemente alto, comparado con los metales, por lo que tienden a adelgazarse de gran manera, principalmente en las pruebas a tensión. Por lo tanto, los puntos de fluencia no tienen el mismo significado como en los metales llamados al principio de una significativa fluidez. Para los plásticos, la fluidez comienza a muy bajos esfuerzos. El comportamiento a flexión y compresión usualmente es afectado por las características del montaje donde se prueba. Consecuentemente, los esfuerzos de fluencia son muy imprecisos para tomar un

criterio en el diseño.

4) Aunque los plásticos pueden hacerse para la ruptura en pruebas a tensión, muchos no tendrán ruptura en pruebas de doblez, sólo los más rígidos, los no dúctiles fallarán a compresión. Como consecuencia de ésto y la imprecisión de los puntos de fluencia descritos arriba, las pruebas de esfuerzo deformación frecuentemente no producen un criterio para la máxima carga en doblez y compresión.

5) Bajo carga estática, la deformación y ruptura de todos los plásticos a todas las temperaturas, bajo todo tipo de esfuerzos, es profundamente afectado por el tiempo bajo la carga. La escala de tiempo a la que nos referimos aquí son semanas, meses y años. Por la brevedad de las pruebas de esfuerzo deformación, éstas son inadecuadas para predecir el comportamiento a largo plazo. Para ésto, necesitamos pruebas creep en las cuales la deformación y la ruptura, son funciones del tiempo bajo la carga estática a tensión, flexión, compresión y otros tipos de cargas mas comunes que produce una máquina de cabeza movable, como es la prensa de laboratorio. Desde un punto de vista práctico, las pruebas creep simulan las condiciones de uso reales, más allá que las pruebas de esfuerzo deformación y son predichas por la teoría de la viscoelasticidad. Sin embargo, la razón más importante para su uso es que produce mediciones realistas de la verdadera resistencia y rigidez de los plásticos; la información del esfuerzo deformación a groso modo sobreestima el comportamiento y especialmente a elevadas temperaturas.

6) El límite elástico de los plásticos, como sus otras propiedades, dependen grandemente de la temperatura. También, depende el tiempo bajo la carga y la cantidad de carga. Las curvas de esfuerzo deformación no se pueden correlacionar con el comportamiento tan complejo. Para ésto, necesitamos pruebas a creep, en las cuales la carga es ininterrumpida y la medición de la recuperación de la deformación como función del tiempo. Algunos ejemplos de estas curvas se muestran en la figura 2.4.

7) Una gran cantidad de ecuaciones de diseño para los metales, ha sido desarrollada para una gran variedad de estructuras como barras, placas, armaduras, vigas, etc.. Todo ésto, basado en la teoría de la elasticidad que presume la existencia de constantes elásticas como el módulo a tensión. Para usar estas ecuaciones con los materiales viscoelásticos, es

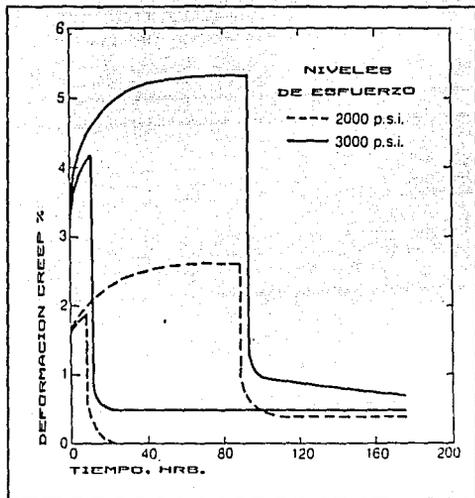


FIG. 2.4
ELASTICIDAD DE UN TERMOPLASTICO TÍPICO DE INGENIERIA. LAS CURVAS MUESTRAN EL ESFUERZO EN UN TIEMPO BAJO CARGA Y LA RECUPERACION DESPUES DE LA DESCARGA.

necesario adoptar la información viscoelástica a creep, por medio de la graficación de las curvas y los cálculos. Los sistemas para lograr ésto, han sido desarrollados (por ejemplo, el sistema PPI

-Plastics Pipe Institute- para el diseño de tuberías de plástico) y han tenido un uso exitoso durante muchos años.

Sintetizando, los plásticos contra los metales, las mayores consecuencias de la viscoelasticidad son:

1) Todas las propiedades mecánicas de los plásticos, son altamente dependientes y tienen que ser medidas en función de la temperatura.

2) Aún cuando son medidas las propiedades de esfuerzo deformación en función de la temperatura no son útiles en el diseño bajo cargas estáticas.

3) Las pruebas a creep, producen propiedades de resistencia y rigidez que pueden ser usados en el diseño.

4) La información a creep, puede ser adaptada para el uso en ecuaciones de diseño elástico.

2.2.4 PROPIEDADES DE ESFUERZO DEFORMACION DE LOS PLASTICOS

Las propiedades de esfuerzo deformación, pueden ser útiles en las siguientes situaciones específicas:

1) En el diseño de partes sujetas a esfuerzos instantáneos o intermitentes, por ejemplo esfuerzos en el brazo de un apagador o en el mecanismo de paso operado intermitentemente. Otro ejemplo es en el cálculo de esfuerzos iniciales envueltos en el ajuste de fuerzas. Si el marco del tiempo de aplicación es similar al de las pruebas de esfuerzo deformación, estas propiedades pueden ser usadas mas allá que el creep.

2) En la selección de materiales, la información del esfuerzo deformación es muy útil para obtener una estimación muy general e imprecisa, del nivel de resistencia y rigidez de un plástico dado con respecto a otros plásticos. Sin embargo, no puede inferirse ninguna propiedad de forma confiable a otras temperaturas. Mas allá, en la comparación de diferentes plásticos, ningún significado deberá ser usado con las pequeñas diferencias de las características de esfuerzo deformación, sin corroboración de otras pruebas.

3) Para medir los efectos del rango de deformación a alta velocidad, las curvas de esfuerzo deformación son útiles porque proveen una medida de energía-área bajo la curva de esfuerzo deformación.

2.2.5 PROPIEDADES CREEP DE LOS PLASTICOS

Cuando un plástico está sujeto a una constante carga estática, se deforma rápidamente con una deformación burdamente predicha por su módulo de esfuerzo deformación y continúa deformándose a un rango lento por un tiempo indefinido; o si la carga es suficientemente grande hasta que la ruptura ocurra. Este fenómeno que también ocurre en los metales suaves y metales estructurales a altas temperaturas es llamado creep. Las curvas de creep muestran principalmente tres estados: el primero marcado por una larga y rápida deformación inicial; la segunda donde la deformación continúa a una relativamente lenta pero continua

deformación; el tercero, cuando la ruptura ocurre. En los plásticos dúctiles, el tercer estado en creep incluye una elongación distintiva o fluencia, poco antes de la ruptura. En los plásticos no dúctiles, la ruptura ocurre abruptamente al final del segundo estado a creep. Este fenómeno es llamado ruptura a creep.

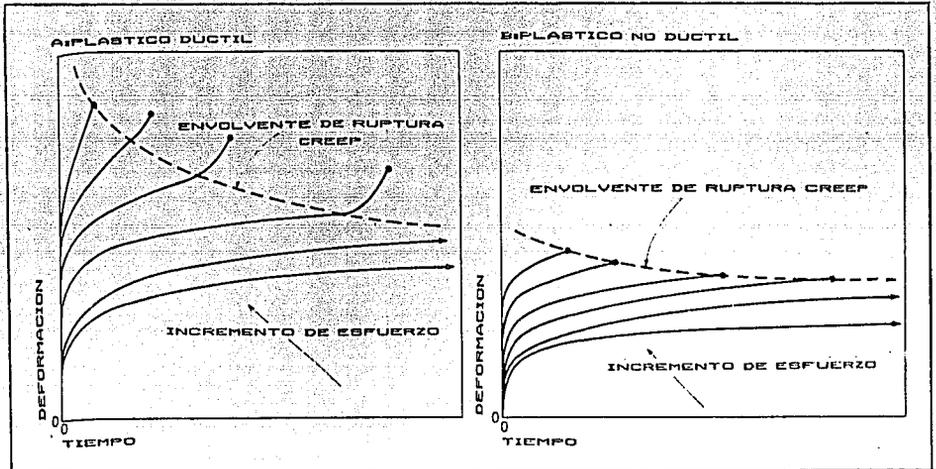


FIG. 2.5
 COMPORTAMIENTO REPRESENTATIVO A CREEP DE PLASTICOS DUCTILES
 Y NO DUCTILES

Dos familias de curvas idealizadas a creep a temperatura constante son mostradas en la figura 2.5 la figura A, muestra una típica fractura dúctil y B muestra una no dúctil. La deformación es graficada contra el tiempo, por encima de un amplio rango de esfuerzos arbitrarios (cerca de la fluencia o valores de resistencia última, obtenidos de las pruebas de esfuerzo deformación). Todos los estados del creep, proceden rápidamente

y la ruptura ocurre en unos cuantos minutos u horas. Cuando el esfuerzo es disminuido, el tiempo de ruptura se vuelve mas largo y la deformación a la ruptura, disminuye hasta que el esfuerzo es encontrado para que la ruptura no ocurra por un largo tiempo, de hecho por años. Uniendo los puntos de ruptura en el caso de los plásticos no dúctiles o los puntos de fluencia en el caso de plásticos dúctiles, podemos definir una curva envolvente del creep, lo cual forma la base para los parámetros del diseño a resistencia a la ruptura. Cuando el esfuerzo es disminuido cambios suelen ocurrir en el perfil general de las curvas a creep. Estas tienden a volverse más planas y los rangos de deformación en el segundo estado del creep, se vuelven más constantes y extrapolables, esta relativa constancia de los rangos a creep, forma las bases para los parámetros de diseño para la deformación, deformación a creep y módulo creep. Un número de importantes observaciones acerca de las propiedades bajo carga estática, pueden ser hechas de las curvas en la figura 2.5.

1) Cuando la carga es más que momentánea, la resistencia de los plásticos es considerablemente menor y la deformación considerablemente mayor que la predicha por la curva de esfuerzo deformación. Por lo tanto, la información creep debe proveer las propiedades básicas para el diseño y selección del material para los plásticos.

2) Cuantitativamente, la mayoría de los efectos del tiempo bajo la carga, ocurren en las primeras mil horas (aproximadamente

seis semanas) después de la carga inicial. Por lo tanto, considerando que las curvas son extrapolables podemos obtener gran cantidad de información de diseño que necesitamos en pequeños intervalos de tiempo de prueba. Obviamente, esto no es conveniente como las pruebas de esfuerzo deformación. Sin embargo, es importante mencionar que las pruebas a creep, aunque complejas se pueden obtener con la capacidad de un laboratorio de ingeniería competente.

3) Las envolventes de la ruptura creep, definen los máximos esfuerzos por abajo de lo cual, es seguro usar las curvas de creep para predecir la deformación a largo tiempo. Obviamente los rangos de creep a esfuerzos muy altos que producen fallas tempranas, son sólo de interés académico. De hecho, una envolvente de la ruptura a creep, midiendo sólo el esfuerzo contra el tiempo de falla. Entonces, cuando el nivel de seguridad de ruptura creep se establece, las curvas de deformación creep contra el tiempo son generadas como esfuerzos por abajo de este nivel.

4) En el diseño con plásticos, la vida de diseño de la parte analizada, se vuelve un requerimiento adicional de importancia que el diseñador debe determinar, antes que la información a creep para usarse en los cálculos para la selección, pues la resistencia y dureza son dependientes del tiempo. Esto puede ser una decisión crítica, especialmente si existe la necesidad de extrapolar, mas allá de los resultados de las pruebas realizadas o si la vida de diseño es indefinida. Esto es una de las razones

por la que es común en la práctica del diseño de plásticos, aplicar factores de seguridad al módulo creep así como a la resistencia.

5) La información de creep graficada en coordenadas cartesianas como en la figura 2.5, son difíciles de usar e imponen un agobiante número de puntos necesarios para definir las curvas. También, la extrapolación de estas curvas no lineales, están sujetas a un significativo error. Afortunadamente, existen métodos de graficación que simplifican la extrapolación y facilitan su uso en el diseño.

2.2.6 RUPTURA CREEP, CRITERIO PARA EL ESFUERZO DE DISEÑO

Cuando nosotros graficamos la envolvente de la ruptura creep, como esfuerzo contra tiempo de ruptura (o fluencia) en coordenadas log-log o semilog dependiendo del tipo de esfuerzo, el resultado usualmente es lineal. La figura 2.6 muestra ejemplos de tales curvas obtenidas por pruebas a tensión y flexión a creep. No solo las pruebas son simples y la extrapolación más precisa; la curva a ruptura creep proporciona la información de la fluencia, directamente usable en la aplicación de ecuaciones para el diseño, mientras que el diseñador ha propuesto la vida de diseño de la parte diseñada. Por ejemplo, si el diseñador desea calcular el espesor de una simple barra rectangular, con un ancho dado y un claro conocido para soportar una carga dada, procedería como sigue:

1) Seleccionar la vida de diseño de la parte.

2) Consultar los datos, si es que están disponibles en el cuadro de creep (1985-1986

Modern Plastics Enciclopedia pag. 492) la carga de ruptura a creep del material, extrapolando donde sea necesario y leer el esfuerzo de ruptura a creep que se encuentre que

corresponda con la vida de diseño que ha sido seleccionado.

3) Calcular el esfuerzo de trabajo, aplicando un factor de seguridad al esfuerzo de ruptura a creep (de 0.5 a 0.75). Este factor debe reflejar cualquier desconcierto en los datos, además de la extrapolación o desviación de la linealidad así como el diseño de las consideraciones de riesgo, comunes de los metales.

4) Seleccionar la ecuación convencional de diseño apropiada para la cual en el caso de una barra simplemente apoyada, tenemos que el momento actuante es:

$$M=PL/4$$

y que el módulo de resistencia para una barra rectangular es:

$$Z=(bd^2)/6$$

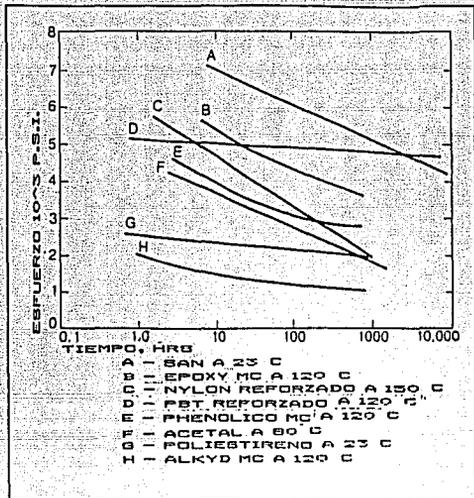


FIG. 2.6
RESISTENCIA A LA RUPTURA CREEP DE PLASTICOS A TENSION Y FLEXION.

Considerando que el esfuerzo en la fibra mas alejada es:

$$S=M/Z$$

Tenemos:

$$S=(PL/4)/((bd^3)/6)$$

Despejando b de la ecuación anterior:

$$b=(3PL)/(2Sd^2)$$

donde, b=espesor de la barra, d= ancho de la barra, L= longitud de la barra, P= carga aplicada, y S= esfuerzo máximo en las fibras.

5) Substituir el esfuerzo de trabajo a ruptura creep por S, en la ecuación de arriba, además de las otras cantidades conocidas o dadas y calcular el espesor requerido.

2.2.7 EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA RUPTURA CREEP

De las curvas de la figura 2.7 se puede observar que incrementando la temperatura causa un significativo cambio de la izquierda, lo que significa una disminución de la resistencia a un tiempo dado y acortamiento de tiempo a la ruptura en un esfuerzo dado. Esto

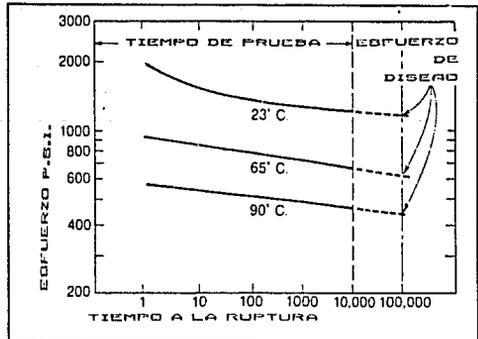


FIG. 2.7 SISTEMA DE DISEÑO PARA CURVAS DE ESFUERZO DE RUPTURA A DIFERENTES TEMPERATURAS.

ilustra una ventaja de las curvas de ruptura a creep, caracterizando el comportamiento de los plásticos a elevadas temperaturas: esto describe, en términos cuantitativos que está directamente relacionado al fin del uso de las partes diseñadas.

Además, existe un beneficio adicional de igual importancia. Esto es que las curvas de ruptura a creep, creadas para elevadas temperaturas inherentemente, miden la resistencia al calor. Además, las pruebas a

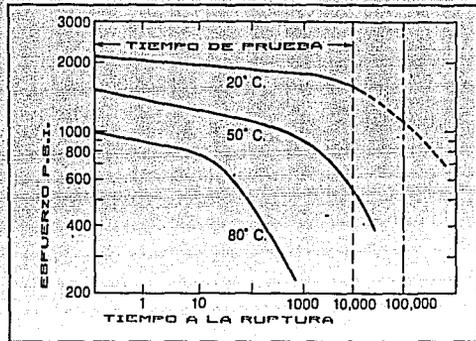


FIGURA 2.8
GIRO HACIA ABAJO A ELEVADA
TEMPERATURA

ruptura a creep en elevadas temperaturas simulan cercanamente las condiciones actuales de la combinación de la curva y oxidación térmica que ocurre en situaciones reales de diseño para temperaturas estáticas elevadas, un ejemplo de este beneficio es mostrado en la figura 2.8, el cual muestra un grupo de esfuerzo a presión en tubos de polietileno de alta densidad contra el tiempo de ruptura, a varias temperaturas similarmente a la figura 2.7, excepto en una importante cuestión. El polietileno tiene peso molecular bajo. El resultado, dramáticamente mostrado en la figura es la aparición de fallas prematuras a elevadas temperaturas, marcadas por un giro hacia abajo en las curvas de

ruptura creep. Esto, efectivamente desecha el uso de resinas de bajo peso molecular para tuberías por la obvia limitación de la temperatura y por la correlación del giro hacia abajo con temperatura, indica el fenómeno que ocurrirá hasta en la temperatura de ambiente dentro del diseño de la vida útil del tubo.

Los giros hacia abajo, representan una interacción entre la carga y la acción del calor que solo pueden ser demostrados con pruebas como la ruptura creep. No pueden ser predichas por pruebas en hornos donde los especímenes no están cargados.

2.2.8 MODULO CREEP, CRITERIO DE DISEÑO PARA RIGIDEZ

Aunque un diseñador piense ocasionalmente en usar para la graficación de la curva de ruptura creep como deformación tiempo, estas curvas son muy difíciles de usar en el simple diseño porque la mayoría de las ecuaciones requiere de un módulo. Mas allá, como las curvas de ruptura creep son difíciles de extrapolar, menos podrán ser graficadas como líneas rectas. Afortunadamente la información creep son lineales en coordenadas log-log particularmente curvas que caen en la zona de diseño. Por ejemplo, bajo la envolvente de la ruptura creep, un módulo dependiente del tiempo llamado módulo creep, puede ser definido para usarse en las ecuaciones de diseño.

La derivación de la gráfica lineal del módulo creep, se

muestra en la figura 2.9A que es una curva típica a tensión creep de la deformación creep, contra el tiempo a una carga constante, graficada en coordenadas cartesianas. Si nosotros calculamos el radio del esfuerzo aplicado a la deformación medida en cada punto de prueba, obtendremos una serie de módulos secantes, cuyos valores van siendo cada vez mas pequeños como la prueba va avanzando. Una gráfica de esta secante o módulo creep provee una función continua, la cual es el módulo de rigidez a cualquier tiempo, la figura 2.9B muestra como la curva del módulo creep, calculada para los datos de 2.9A. La figura 2.9C es la misma curva de módulo creep, graficada en coordenadas log-log, mostrando la linealidad que permite una extrapolación razonable.

El procedimiento básico para el uso de la información del módulo creep es:

- 1) Seleccionar la vida de diseño de la parte.

- 2) Consultar o graficar de la información disponible en la tabla de creep, la curva del módulo del material de interés a la temperatura de la parte que va a ser usada, extrapolando donde sea necesario. Como la ruptura a creep, el módulo creep varía grandemente con la temperatura.

Adicionalmente, está sujeta a otras variables que a menudo hay que manejar. Esta variable es el nivel de esfuerzo. Para cada tipo de material, la información del módulo creep es tabulada en la tabla, primero por pruebas de temperatura y segundo por esfuerzos aplicados. Para plásticos muy rígidos como los

termoestables, los termoplásticos reforzados y termoplásticos amorfos a temperatura ambiente y más baja, las curvas del módulo creep muestran una variación menor con la aplicación de esfuerzos, por ejemplo, el nylon reforzado con fibra de vidrio en la figura 2.10, sin embargo, para plásticos más flexibles y dúctiles, las curvas del módulo creep varían significativamente y sistemáticamente con el nivel del esfuerzo. Entre más alto sea el esfuerzo, más bajo será el módulo creep. Esta es una consecuencia de la viscoelasticidad. Este comportamiento es ilustrado por las curvas del PTFE en la figura

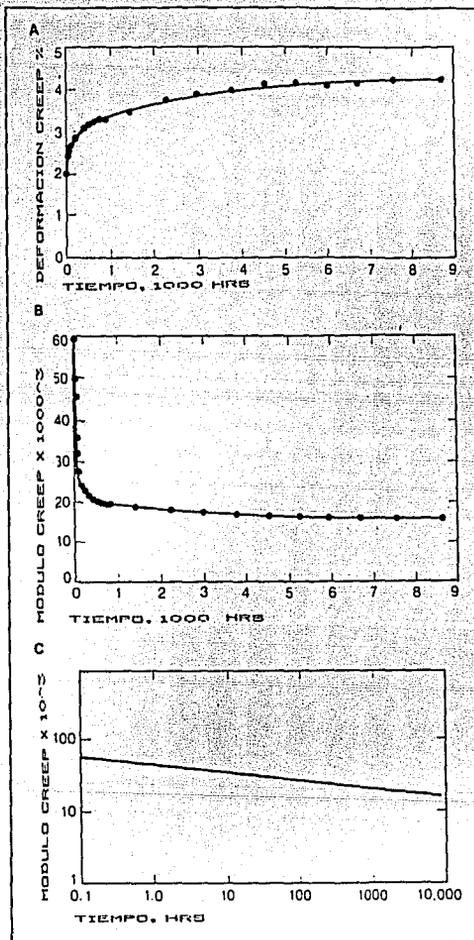


FIGURA 2.9 PRUEBA A TENSION CREEP DE PLASTICO PTFE A 45 KG/CM² A 23°C.
 A- DEFORMACION CREEP CONTRA TIEMPO EN COORDENADAS CARTESIANAS.
 B- MODULO CREEP CONTRA TIEMPO EN COORDENADAS CARTESIANAS.
 C- MODULO CREEP CONTRA TIEMPO EN COORDENADAS LOGARITMICAS.

2.10. Al enfrentarse con el efecto del nivel de esfuerzo, el diseñador tiene dos alternativas. Si el problema de diseño es que el nivel de esfuerzo es predeterminado, entonces tendrá que seleccionar la curva del módulo creep a un nivel conservador de esfuerzos y

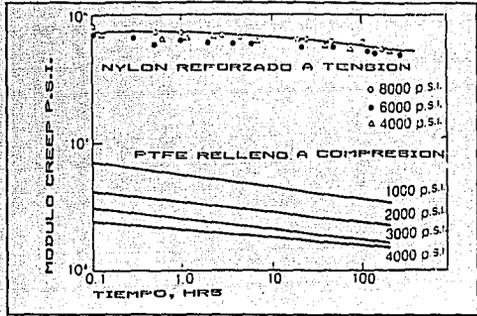


FIG. 2.10
MODULO CREEP A 23°C DE NYLON REFORZADO Y PLASTICO PTFE MOSTRANDO LAS DIFERENCIAS EN LOS EFECTOS DEL NIVEL DE ESFUERZOS.

verificar esta opción, antes de que se haya calculado el nivel de esfuerzo.

3) Leer de la curva del módulo creep seleccionada, el valor del módulo correspondiente a la vida de diseño. Este es el módulo de diseño.

4) Aplicar un factor de seguridad para el módulo de diseño para trabajar con un módulo de trabajo. Esto es raramente necesario en el diseño de metales, pero es correcto en el diseño para cualquier imprecisión, derivada de la extrapolación u otras suposiciones realizadas. Los factores de seguridad de 0.5 hasta 0.75 son típicos.

5) Substituir el módulo de trabajo calculado en la ecuación de diseño. Por ejemplo, para calcular el espesor de una barra simplemente apoyada, se requiere limitar la máxima deflexión a un valor específico cuando la longitud y ancho de la barra están

dados, el módulo de trabajo deberá ser sustituido por E, en la siguiente ecuación de diseño:

$$b = (PL^3) / (ED4d^3)$$

donde b=espesor de la barra; d=ancho de la barra; L=longitud; P=carga; D= máxima deflexión permitida; E= módulo de trabajo.

2.2.9 LIMITES DE LA EXTRAPOLACION PARA CURVAS CREEP Y RUPTURA CREEP

Existen algunas importantes limitaciones en la extrapolación de las curvas creep y ruptura creep que el diseñador debe mantener en mente.

1) En general, las curvas creep y ruptura creep, no deberán ser extrapoladas más allá de una década de tiempo. Por eso, la prueba creep realizada hasta cien horas, no podrá ser extrapolada mas allá de mil horas. La prueba creep de mil horas, no podrá ser extrapolada mas allá de diez mil horas y así sucesivamente.

2) Las curvas de ruptura creep a elevadas temperaturas deberán ser extrapoladas con precaución por los peligrosos giros hacia abajo que se han descrito anteriormente.

3) Algunos experimentos han sido realizados para verificar la posición de las extrapolaciones. Ello indica que la información en el rango de 1000 a 5000 horas cuando es extrapolado una década o mas se pueden esperar valores de fluencia a creep que son de un 10% a un 35% mas altos que los valores actuales. Esta desviación debe ser tomada en cuenta, en

el factor de seguridad aplicado al módulo de diseño.

2.3 OPCIONES DE DIFERENTES PLASTICOS

Los plásticos los podemos dividir en tres grandes grupos: Los termofijos o termoestables. Son plásticos de red formados por una reacción de condensación. Estos plásticos no pueden ser reprocesados después de que han sido conformados, debido a que parte de las moléculas (producto secundario de la reacción de condensación) ha salido del material.

Los termoplásticos. Como lo indica el nombre, se comportan de una manera plástica a elevadas temperaturas. Mas aún, la naturaleza de su enlace no se modifica radicalmente cuando la temperatura se eleva. Por ejemplo, los termoplásticos pueden ser conformados a temperaturas elevadas, enfriados y después, recalentados o reconformados sin afectar el comportamiento del polímero. Los termoplásticos son lineales.

Los elastómeros (cauchos o hules). Tienen un comportamiento intermedio pero, lo más importante, tienen la capacidad de deformarse elásticamente en alto grado, sin cambios permanentes en su forma original.

A continuación, se tienen tablas que contienen algunas de las propiedades, características y costos relativos más importantes de los principales plásticos en el mercado. Con éstas, se realiza el muestreo para la elección de los posibles candidatos para el diseño de la parte requerida. Eligiendo el que

mejor cumpla con los requerimientos de entre los candidatos seleccionados.

PLASTICOS TERMOFIJOS

CLASE	ALGUNAS MARCAS	RESISTENCIA A TENSION (KG/CM ²)	TEMPERATURA MAXIMA DE SERVICIO (°C)	COSTO RELATIVO PROMEDIO (DLS/KG)	PROPIEDADES IMPORTANTES	PROCESOS DE FABRICACION (MATERIAS PRIMAS)	APLICACIONES
ALQUIDOS	DUREZ PLENCO PLASTON	210-620	150	1.80	BUEN AISLAMIENTO ELECTRICO, ESTABILIDAD DIMENSIONAL, RESISTENCIA AL IMPACTO.	MOLDEO (POLVOS, LIQUIDOS, HOJAS SUAVES, CUERDAS, TROZOS)	EQUIPO ELECTRICO.
ALILICOS	ACME, DAPON, PLSKOH	280-550	180	8.60	ALTA RESISTENCIA A LA HUMEDAD Y QUIMICA, ESTABILIDAD, Y RESISTENCIA DIELECTRICA.	MOLDEO Y EXTRUSION, LAMINACION, (POLVOS, LIQUIDOS, PREIMPREG.)	EQUIPO ELECTRONICO, LENTES, LAMINADOS
AMIHOS: (UREA Y MELAMINA-FORMALDEHIDO)	BAKELITA BERTLE MELMAC	340-690	80-100	1.50	COLORIDO DUREZA; RESISTE RASCUROS, DETERGENTES Y MUCHOS LIQUIDOS	MOLDEO Y LAMINADO, (POLVOS, GRANULADOS, LIQUIDOS, ESPUMAS)	VAJILLAS, TAPAS DE DISTRIBUIDOR, CUBIERTAS DE MOSTRADOR, UTENSILIOS DOMESTICOS
EPOXIES	DUREZ, HISOL, POLYMERIC	340-2100	260	2.00	BUENAS PROPIEDADES ELECTRICAS Y MECANICAS, ESTABLE, RESISTENTE AL CALOR Y QUIMICOS, FUERTES Y ADHERENTES.	COLADO EXTRUSION, MOLDEO Y PRESERVACION EN TINA (POLVO, LIQUIDOS, ESPUMAS)	ADHESIVOS, TANQUES Y ENVOLVENTES, HERRAMIENTAS Y DADOS.
FENOLICOS: FENOL-FOR- WALDGHIDO Y FURFURAL	BAKELITA, GENAL, TEXTOLITA	340-670	150-260	1.10	RIGIDO, ESTABLE, BUENA RESISTENCIA ELECTRICA Y QUIMICA, COLORES LIMITADOS	MOLDEO Y COLADOS, (POLVOS, PERDIGONES, SOLUCIONES E IMPREGNADOS)	EQUIPO ELECTRICO, PARTES DE ARTEFACTOS, PANELES LAMINADOS, AGLUTINANTES PARA RUEDAS DE ESMERILAR

* Tomado del libro MATERIALES Y PROCESOS DE MANUFACTURA PARA INGENIEROS DOYLE, KEYSER, LEACH, SCHARDER Y SINGER PAG.242-243

PLASTICOS TERMOFIJOS *

CLASE	ALGUNAS MARCAS	RESISTENCIA A TENSION (KG/CM ²)	TEMPERATURA MAXIMA DE SERVICIO (°C)	COSTO RELATIVO PROMEDIO (DLS/KG)	PROPIEDADES IMPORTANTES	PROCESOS DE FABRICACION (MATERIAS PRIMAS)	APLICACIONES
POLIESTERES	DACRON, MYLAR	70-3400	65	1.10	PARA HACER REFUERZOS TENACES; RESISTE LA MAYORIA DE LOS SOLVENTES, ACIDOS Y BASES	MOLEDO, COLADOS, LAMINADOS (POLVOS, LIQUIDOS HOJAS, BARRAS Y TUBOS)	PARTES PARA CARROCERIA DE AUTOMOVILES DECORACIONES, LANCHAS, MALETAS

* Tomado del libro MATERIALES Y PROCESOS DE MANUFACTURA PARA INGENIEROS
DOYLE, KEYSER, LEACH, SCHARDER Y SINGER PAG.242-243

PLASTICOS TERMOPLASTICOS PRINCIPALES

CLASE	ALGUNAS MARCAS	RESISTENCIA A TENSION (KG/CM ²)	TEMPERATURA MAXIMA DE SERVICIO (°C)	COSTO RELATIVO PROMEDIO (DLIS/KG)	PROPIEDADES IMPORTANTES	PROCESOS DE FABRICACION (MATERIAS PRIMAS)	APLICACIONES
ABS	ABSON, CYCOLAC, MARBON, SELLON	280-550	120	1.40	DUREZA, RIGIDEZ Y TENACIDAD; AMPLIO ESPECTRO DE PROPIEDADES; DEGRADABLE EN LA INTEMPERIE.	EXTRUSION, MOLDEO, FORMADO EN FRIO, CALANDREADO (RESINA Y ADITIVO)	MOLDURAS DE AUTOMOVIL, IMPULSORES, CAJAS, TUBERIA, CASCOS, PERILLAS, REJILLAS, ALOJAMIENTOS
ACETALES: HOMOPOLIMEROS, COPOLIMEROS	DELIRIN, CELCON	550-690	80-105	2.45	FORTALEZA Y RIGIDEZ CON BUENAS RESISTENCIAS A LA HUMEDAD, CALOR Y QUIMICOS; RESISTE LA MAYORIA DE LOS SOLVENTES PERO NO ACIDOS MINERALES FUERTES	EXTRUSION, MOLDEO, FORMADO MAQUINADO (RESINAS, ALCUNOS CON FIBRA DE VIDRIO Y OTROS RELLENOS Y ADITIVOS)	ENCRANES, PIÑONES, CARRETIILLAS, MUELLES DE HOJA, COJINETES, PALANCAS, ABANICOS, TUBERIA, VALVULAS
ACRILICOS: ETIL Y METIL-METACRILATO	ACRILITA, LUCITA, FERPEX, PLEXIGLAS	420-690	60-110	1.50 GRADO MOLDEO	RESISTENCIA, MODERADA, SUAVIDAD, BAJA RESISTENCIA AL CALOR EN LA MAYORIA DE LOS GRADOS; BUENA OPTICA, CLARA A COLOREADA, BUENA RESISTENCIA ELECTRICA	EXTRUSION, MOLDEO, TERMOFORMADO, REVESTIMIENTO, MAQUINADO (COMPUESTOS MOLDEADOS Y LAMINAS COLADAS)	LENTE, SEÑALES, PLACAS CON LETREROS, DECORACIONES, EXHIBIDORES, DE NOVEDADES, CARATULAS ACABADOS TRANSPARENTES Y COLOREADOS, BOTELLAS Y MODELOS
CELULOSICOS: CELULOSA ACETATO, (BUTIRATO) CELULOSA NITRATO, CELULOSA PROPILNATO, ETIL CELULOSA	ETOCEL, LUHARITH, TENITA	180-590	50-90	2.20	TENACIDAD, FACILIDAD DE PROCESO; BUENA TRANSPARENCIA Y BRILLO DE SUPERFICIE; MUCHOS COLORES; RESISTENCIA MODERADA AL CALOR Y MORDENTES	EXTRUSION, MOLDEO, TERMOFORMADO, REVESTIMIENTO, MAQUINADO (MOLDEO DE COMPUESTOS, PELICULAS, HOJAS, BARRAS Y POLVOS)	PERILLAS, MANIJAS, APARATOS DOMESTICOS Y GUARNICIONES, ACABADOS TRANSPARENTES O COLOREADOS EMPAQUES, BOTAS DE BILAR, TUBERIAS, Y VOLANTES DE AUTOMOVIL
FLUOROPLASTICOS FLUOROCARBONES TFE, FEP, PFA, FLUOROPOLIMEROS ETFE, ECTFE, RESINAS CTFE, ETC...	FLUORTHENE, HALAR, POLIFLUORON, TEFLON, TEFZEL	170-450	175-290	18.70	INERCIA QUIMICA SOBRESALIENTE, A LA ELECTRICIDAD Y A LA TEMPERATURA, RESISTENCIA A LA INTEMPERIE A BAJA FRICCION; BAJA RESISTENCIA MECANICA PERO PUEDE REFORZARSE; TENAZ A BAJA TEMPERATURA	EXTRUSION, MOLDEO, REVESTIMIENTO FORMADO COLADO POR DISPERSION, MAQUINADO (GRANULADOS, PERFORONADO, POLVOS Y DISPERSIONES CON ACREGADO DE RELLENOS, PELICULAS Y HOJAS)	BLINDAJES ABLATIVOS COJINETES, SELLOS, TUBERIA AISLAMIENTO ELECTRICO, ESMALTES REVESTIMIENTOS QUE NO SE HUELVEN PECALOSOS CON LA TEMPERATURA SUPERFICIES NO ADHERENTES,
IONOMEROS		140-340	70	1.90	LIGERO, TENAZ, TRANSPARENTE, FLEXIBLE NO RIGIDO, Y CIERTA FLEUCENCIA	EXTRUSION, MOLDEO, TERMOFORMADO: (RESINAS Y ESTABILIZADORES)	PELICULAS, JUGUETES, CONTENEDORES, CHAROLAS, AISLAMIENTO DE ALAMBRES
FENOXIS: FENOLENO BASE OXIDO	BAKELITA, NORIT	480-1168	75	3.30	BUENA DUCTILIDAD, ESTABILIDAD Y PROPIEDADES A BAJA TEMPERATURA	EXTRUSION, MOLDEO, TERMOFORMADO: (VARIOS GRADOS DE RESINAS, ALGUNOS REFORZADOS)	PARTES EN FLUJO DE AGUA, DISPOSITIVOS ELECTRONICOS, MOLDURAS DE AUTOMOVIL, APARATOS DOMESTICOS, Y PARTES.
POLIAMIDAS	NYLON, ULTRAMID, VERSALON	550-2000	120-150	4.30	ALTA RESISTENCIA, RIGIDEZ E IMPACTO, RESISTENTE A LA TEMPERATURA, ELECTRICIDAD Y LOS QUIMICOS, ABSORBE AGUA, SE SUAVIZA CON SOLVENTES	EXTRUSION, MOLDEO, FORMADO COLADO, REVESTIMIENTO MAQUINADO (SOLIDO Y LIQUIDO, RESINAS CON RELLENOS Y REFUERZO	TELAS, CERDAS, SUTURAS, TUBOS COJINETES, CAMAS, ENCRANES, EMPAQUES Y AISLAMIENTO

* Tomado del libro MATERIALES Y PROCESOS DE MANUFACTURA PARA INGENIEROS DOYLE, KEYSER, LEACH, SCHARDER Y SINGER PAG. 244-247

PLASTICOS TERMOPLASTICOS PRINCIPALES *

CLASE	ALGUNAS MARCAS	RESISTENCIA A TENSION (KG/CM ²)	TEMPERATURA MAXIMA DE SERVICIO (°C)	COSTO RELATIVO PROMEDIO (DLIS/KG)	PROPIEDADES IMPORTANTES	PROCESOS DE FABRICACION (MATERIAS PRIMAS)	APLICACIONES
POLICARBONATOS	LEXAN, MERLON	620-720	120	2.75	ALTA RESISTENCIA MECANICA, ELECTRICA. ABAJO HASTA -170°C, DUCTILIDAD, RIGIDEZ, Y TRANSPARENCIA	EXTRUSION, MOLDEO, ESPUMAS, MAQUINADO (RESINAS Y HOJAS)	HOJAS DE SEGURIDAD, SEÑALES, LENTES, CUBIERTAS, MIRRILLAS DE CALIBRADORES, GLOBOS Y ACCESORIOS DE ALUMBRADO, CUBIERTAS PROTECTORAS, BOLAS DE COJINETES
POLIESTERES POLITEREFTALATOS	CELANEX, TENITA, VALOX	550-1200	110	2.20	BUENA RESISTENCIA QUIMICA AL AGUA, AERACION Y RESISTENCIA ELECTRICA, TENACIDAD	EXTRUSION Y MOLDEO (RESINAS ALCUNAS REFORZADAS)	BOMBAS MEDIDORES, ENGRANES, CAMAS RODILLOS, COMPONENTES ELECTROMECANICOS
POLIETILENOS	ALATHONE, ETILIN, POLITHENE	40-480	90	0.90	TENAZ A -99°C; BUENA RESISTENCIA QUIMICA A LA HUMEDAD Y ELECTRICA BAJA FRICCION; PLASTICO DE MAS USO, MUCHOS GRADOS; FLEXIBLE Y RIGIDO	TRABAJADO EN TODOS LOS PROCESOS (RESINAS CON ADITIVOS)	ALOJAMIENTOS, TUBERIAS, DUCTOS, BOTELLAS, CUBETAS, TANQUES, AISLAMIENTO, OBJETOS CASEROS, JUGUETES, REVESTIMIENTOS, PELICULAS, EMPAQUES
POLIMIDAS	CERMON, KAPTON, VESPEL	690-1700	315	26.50	FUERTE, RIGIDO Y ESTABLE CON EXCELENTE RESISTENCIA AL CALOR, AERACION, FLUENCIA Y RADIACION; FLEXIBLE A -270°C	MOLDEO Y SINTERIZADO (POLVO, REVESTIMIENTO, PELICULAS, FORMAS SOLIDAS)	VALVULAS, AISLAMIENTO ELECTRICO, CIENTOS DE PARTES EN LOS MOTORES DE CHORRO
POLIPROPILENOS	ESCON, PROFILUX, TENITA	340-590	120	0.85	RESISTENCIA QUIMICA, HUMEDAD Y ELECTRICIDAD; GRADOS ESPECIALES PARA RESISTENCIA AL IMPACTO Y SERVICIO A TEMPERATURAS ALTAS Y BAJAS	EXTRUSION, MOLDEO, LAMINADO, REVESTIMIENTO SINTERIZADO (RESINA CON ADITIVOS)	EQUIPO ELECTRICO, BISAGRAS, TUBERIA, EMPAQUE, EQUIPAJE, MOLDURAS DE AUTOMOVIL
POLIESTIRENOS	CERZ, LORALIN, LUSTRON, ESTIRON	140-550	60-80	0.80	BUENA RESISTENCIA ELECTRICA Y AL MANCHADO	EXTRUSION, MOLDEO, TERMOFORMADO, ESPUMADO (RESINA CON ADITIVOS)	TUBERIA, CABATULAS, JUGUETES, AISLAMIENTO A ALTA FRECUENCIA CAJAS DE BATERIAS, PLACAS DENTALES, VAJILLAS, PARTES DE AUTOMOVIL Y APARATOS DOMESTICOS, LENTES
POLISULFONAS	UDEL	690	150-260	7.90	RIGIDO Y DUCTIL A -100°C; ESTABIL Y RESISTENCIA ELECTRICA	EXTRUSION, MOLDEO, TERMOFORMADO (RESINA CON ADITIVOS)	PARTES ELECTRICAS Y PARA AUTOMOVIL, ALOJAMIENTO, TUBERIA, AISLAMIENTO DE CABLES
VINILOS: CLORURO DE POLIVINILO, ACETATO, ETC.	CHEMACO, EIVANOL, SARAN, VINILITA	70-480	60-105	0.90	MUY FLEXIBLE HASTA RIGIDO. BUENA RESISTENCIA A LA FLAMA ELECTRICA QUIMICA, ACEITE AERACION Y A L. INTERPERIE EN VARIOS GRADOS; COLOREABLE Y ATRACTIVO; FACIL DE PROCESAR	EXTRUSION, MOLDEO, REVESTIMIENTO, COLADO, ESPUMADO (RESINA CON ADITIVOS, DISPERSIONES, HOJAS, PELICULAS)	BISOS Y CUBIERTAS DE PAREDES, TACTERIA, ROBA IMPERMEABLE LATERALES DE CASAS, TUBERIAS, JUGUETES, AISLAMIENTO, DISCOS FOTOGRAFICOS, CRISTAL INASTILLABLE DE SEGURIDAD

* Tomado del libro MATERIALES Y PROCESOS DE MANUFACTURA PARA INGENIEROS DOYLE, KEYSER, LEACH, SCHARDER Y SINGER PAG. 244-247

ELASTOMEROS PRINCIPALES

NOMBRES	PROPIEDADES	COSTO RELATIVO PROMEDIO (DLS/KG)	CARACTERISTICAS Y USOS PARTICULARES
HULE NATURAL. POLIISOPRENO NATURAL. NR	A:R B:200 C:7.5-8.5	1.30	ECELENTES PROPIEDADES FISICAS: BUENA RESISTENCIA LA CORTE. MORRIDAS Y ABRASION: BAJA RESISTENCIA AL CALOR. OZONO Y ACEITE
ISOPRENO. POLISOPRENO SINTETICO. IR	A:R B:170 C:3.0-8.0	1.55	LO MISMO QUE EL HULE NATURAL PERO REQUIERE MENOS MASTICACION: LLANTAS DE AUTOMOVIL. BANDAS DE TRANSMISION DE POTENCIA. MANGUERAS. EMPAQUES. RODILLOS
GR-S o Buna S ESTIRENOBUTADIENO SBR	A:R B:17 C:4.0-6.0	1.00	BUENAS PROPIEDADES FISICAS CUANDO SE LE REFUERZA: EXCELENTE RESISTENCIA AL AGUA Y A LA ABRASION: NO RESISTE ACIETE. OZONO O INTemperIE
BUTIL ISOBUTILENO ISOPRENO IIR	A:R B:180 C:7.5-9.0	1.05	EXCELENTE RESISTENCIA A LA INTemperIE Y AL CALOR: BUENA PERMEABILIDAD AL GAS. BUENA RESISTENCIA QUIMICA. AL OZONO Y AL ENVEJECIMIENTO: RESISTENCIA MECANICA ACEPTABLE: CAMARAS DE LLANTAS: MANGUERAS DE VAPOR Y AISLAMIENTO
CLOROBUTIL CLORO ISOBUTILENOISOPRENO IIR CLOROBUTIL CLORO	A:T B:180 A:T	1.10	PROPIEDADES SIMILARES AL BUTILO CON TEMPERATURAS DE SERVICIO A 200°C Y BUENA RESISTENCIA AL ACEITE CUANDO SE MEZCLA: PARA TUBOS (CAMARAS) Y VEJIGAS DE CURADO
POLIBUTIADENO. CIS-4 BR	A:R B:40 C: 4.0-10.0	1.25	PROPIEDADES GENERALES SIMILARES A LAS DEL SBR PERO MEJOR RESISTENCIA LA ABRASION. Y A LA INTemperIE. SERVICIO A BAJA TEMPERATURA Y RESISTENCIA: EMPLEADO POR LO GENERAL EN MEZCLAS

CODIGO PARA DESIGNACION DE PROPIEDADES: A SERVICIO: R DESIGNA SIN RESISTENCIA A LOS ACEITES. S PARA RESISTENCIA ESPECIFICA PARA LOS ACEITES: T PARA EXPOSICION PROLONGADA A TEMPERATURAS ANORMALES Y ACEITES COMPUESTOS: B RESISTENCIA RELATIVA MEDIA A LA TENSION DE GOHA FURA (KG/CH2): C ALARGAMIENTO HASTA RUPTURA DE GOHA FURA 100%

* Tomado del libro MATERIALES Y PROCESOS DE MANUFACTURA PARA INGENIEROS DOYLE, KEYSER, LEACH, SCHARDER, Y SINGER PAG. 248-250

ELASTOMEROS PRINCIPALES

NOMBRES	PROPIEDADES	COSTO RELATIVO PROMEDIO (DLS/KG)	CARACTERISTICAS Y USOS PARTICULARES
ETILENO PROPILENO, EPM (TERMOPOLINERO EPDM)	A:R B:70 C:POBRE	1.65	BUENAS PROPIEDADES MECANICAS CUANDO SE LE REFUERZA; EXCEPCIONAL PARA RESISTIR LA LUZ SOLAR, OXIGENO Y OZONO; BUENAS PROPIEDADES ELECTRICAS Y DE TEMP. PARA AISLAMIENTO, ZAPATOS, ENCINTADOS CONTRA INTEMPERIE
NEOPRENO, CLOROPRENO, CR	A:S B:250 C:8.0-9.0	2.25	EXCELENTE RESISTENCIA AL OZONO, INTEMPERIE Y FLAMA Y PROPIEDADES MECANICAS; BUENA RESISTENCIA QUIMICA Y AL ACEITE; PARA MANGUERAS DE ACEITE, REVESTIMIENTO DE TANQUES Y AISLAMIENTO
BUNA N, NITRILO, ACRILONITRILO BUTADIENO, NBR	A:S B:50 C:4.5-7.0	2.50	EXCELENTE RESISTENCIA QUIMICA Y AL ACEITE; PROPIEDADES MECANICAS ACEPTABLES Y POBRES A BAJA TEMPERATURA; PARTES PARA CARBURADOR Y TANQUES DE GASOLINA Y BOMBA, EMPAQUES Y RODILLOS PARA IMPRENTA
HYPALON (HVP), POLIETILENO CLOROSULFONADO, CSM	A:S B:250 C:MAX. 6.0	2.45	EXCELENTE RESISTENCIA AL OZONO, INTEMPERIE Y ACIDOS, ESTABILIDAD DE COLOR, RESISTENCIA ACEPTABLE AL ACEITE Y SERVICIO A BAJA TEMPERATURA HASTA 120°C PARA MANGUERAS QUIMICAS Y DE PETROLEO, CONECTORES, ETC.. ZAPATOS Y PISOS
URETANO, POLIESTER U, AU POLIESTER U, EU	A:S B:350 C:5.4-7.5	5.15	RESISTENCIA EXCEPCIONAL A LA ABRASION, CORTE Y DESCARRANIENTO; MODULOS DE ALTA RESISTENCIA Y DUREZA; BUENA RESISTENCIA AL OXIGENO, OZONO Y A LA LUZ SOLAR; ESPECIAL PARA AMORTIGUACION DE VIBRACIONES Y AISLAMIENTO ACUSTICO BAJA RESISTENCIA AL CALOR Y HUMEDAD

 CODIGO PARA DESIGNACION DE PROPIEDADES: A SERVICIO; R DESIGNA SIN RESISTENCIA A LOS ACEITES; S PARA RESISTENCIA ESPECIFICA PARA LOS ACEITES; T PARA EXPOSICION PROLONGADA A TEMPERATURAS ANORMALES Y ACEITES COMPUESTOS; B RESISTENCIA RELATIVA MEDIA A LA TENSION DE GOMA PURA (KG-CM²); C ALARGAMIENTO HASTA RUPTURA DE GOMA PURA 100%

* Tomado del libro MATERIALES Y PROCESOS DE MANUFACTURA PARA INGENIEROS
 DOYLE, KEYSER, LEACH, SCHARDER, Y SINGER PAG. 248-250

ELASTOMEROS PRINCIPALES *

NOMBRES	PROPIEDADES	COSTO RELATIVO PROMEDIO (DLIS/KG)	CARACTERISTICAS Y USOS PARTICULARES
HULES SILICONES, MQ, PMQ, ETC.	A:T B:7 C:1.0-5.0	10.50	TEMPERATURA DE -85 A 315°C; ALTA RESISTENCIA AL OXIGENO OZONO Y RADIACION; FRAGUADO EN ALTA COMPRESION; BAJA RESISTENCIA MECANICA AL DESGASTE Y AL ACEITE AISLAMIENTO, SELLOS, EMPAQUES
VITON, ELASTOMEROS DE FLUOROCARBONO, FVM	A:T B:150	38.80	TEMPERATURA -40 A 315°C RESISTENCIA SOBRESALIENTE QUIMICA, Y AL ACEITE. ESPECIALMENTE A ALTA TEMPERATURA; BUENAS PROPIEDADES MECANICAS; PARA EQUIPO INDUSTRIAL Y DE AVIACION
HULES ACRILICOS, POLIACRILATO ACM	A:T B:20 C:4.5-7.5	3.45	EXCELENTE RESISTENCIA AL OZONO Y ACEITE; POBRE RESISTENCIA AL AGUA; PARA SELLOS, EMPAQUES, MANGUERAS Y ANILLOS O
ELASTOMEROS TERMOPLASTICOS, TERMOELASTICOS	A:B	3.90	BUENAS PROPIEDADES MECANICAS Y ELASTICAS; FLEXIBILIDAD A BAJA TEMPERATURA; PROCESO RAPIDO DE BAJO COSTO; NUMERO DE CLASES CON UNA AMPLIA GAMA DE PROPIEDADES

 CODIGO PARA DESIGNACION DE PROPIEDADES: A SERVICIO; R DESIGNA SIN RESISTENCIA A LOS ACEITES, S PARA RESISTENCIA ESPECIFICA PARA LOS ACEITES; T PARA EXPOSICION PROLONGADA A TEMPERATURAS ANORMALES Y ACRITES COMPUESTOS; B RESISTENCIA RELATIVA MEDIA A LA TENSION DE GOMA PURA (KG/CM²); C ALARGAMIENTO HASTA RUPTURA DE GOMA PURA 100%

* Tomado del libro MATERIALES Y PROCESOS DE MANUFACTURA PARA INGENIEROS DOYLE, KEYSER, LEACH, SCHARDER, Y SINGER PAG. 248-250

2.4 CONFORMADO DE LOS PLASTICOS

Las técnicas usadas para conformar plásticos en formas útiles, dependen en gran medida de la naturaleza del plástico (en particular de si es termoplástico o termoestable).

Se usa una gran diversidad de técnicas para conformar los termoplásticos. El plástico es calentado a una temperatura cercana o superior a la temperatura de fusión, de modo que el plástico se haga líquido. El plástico es entonces fundido o inyectado dentro de un molde , o forzado a pasar, dentro o a través de un dado o boquilla para producir la forma requerida.

Se utilizan pocas técnicas de conformado para los plásticos termoestables, debido a que una vez que ha ocurrido la polimerización y se ha establecido la estructura reticular, dichos plásticos no se pueden conformar más. Después de la vulcanización, los elastomeros tampoco pueden ser conformados adicionalmente.

Extrusión. Un mecanismo de tornillo, fuerza el termoplástico caliente a través de un dado abierto (o boquilla) para producir formas sólidas, películas, hojas, tubos, y aún bolsas plásticas. La extrusión puede ser utilizada también para recubrir alambres y cables.(Figura 2.4.1)

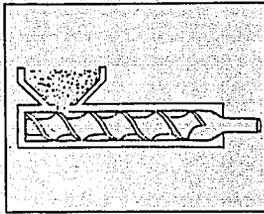


FIGURA 2.4.1
EXTRUSION

Moldeo por soplado. Un globo caliente de plástico, llamado preforma, es introducido en un molde y, mediante un gas a presión, expandido contra las paredes del dado. Este proceso se utiliza para producir botellas plásticas, recipientes y muchas otras formas huecas (Figura 2.4.2.)

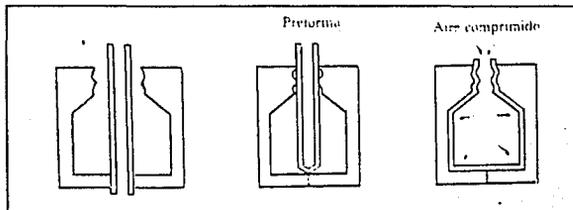


FIGURA 2.4.2
MOLDEO POR SOPLADO

Moldeo por inyección. Los termoplásticos que son calentados por encima de la temperatura de fusión, pueden ser forzados dentro de un molde cerrado para producir una figura moldeada. Este proceso es similar al de moldeo en boquilla para los metales. Un émbolo o mecanismo especial de sinfín aplica la

presión para forzar al plástico dentro del molde. (Figura 2.4.3)

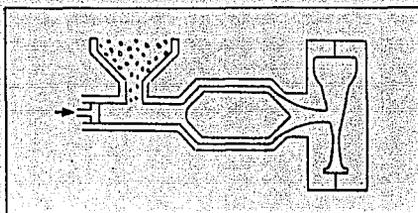


FIGURA 2.4.3
MOLDEO POR INYECCION

Conformado al vacío. Las láminas termoplásticas calentadas dentro de la región plástica, se colocan sobre un molde o patrón, conectado a un sistema de vacío. Las pequeñas rendijas en el molde o patrón, permiten que el vacío tire de la hoja caliente de plástico sobre el patrón. Una aplicación singular de esta técnica, es el proceso para la fabricación de moldes en la industria del moldeo metálico. (Figura 2.4.4)

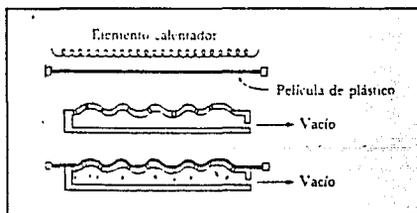


FIGURA 2.4.4
CONFORMADO AL VACIO

Calandrado. En una calandra, se vierte plástico fundido entre un grupo de rodillos con una pequeña abertura. Los rodillos

generan una delgada capa o película de plástico. Gran cantidad de laminados de cloruro de polivinilo se fabrican de este modo. (Figura 2.4.5)

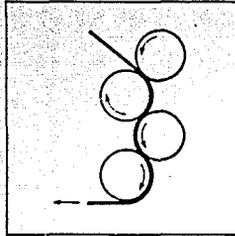
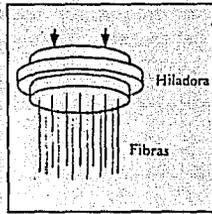


FIGURA 2.4.5
CALANDRADO

Trefilado y laminado. Estos procesos producen fibras o modifican la forma de las extrusiones. Además de producir las dimensiones finales, estos procesos causan recristalización y una orientación preferencial de las cadenas en los termoplásticos.

Hilado. Los filamentos y fibras pueden ser producidos a través del hilado, que en realidad es un proceso de extrusión. El termoplástico es forzado a pasar a través de una boquilla o dado que contiene muchos pequeños agujeros. El dado, llamado hilador, puede girar y producir una fibra o cordón. (Figura 2.4.6)



2.4.6
HILADO

Moldeo por compresión. Los plásticos termoestables pueden conformarse, colocando el material sólido en un molde caliente. La aplicación de temperaturas y presiones altas, causa que el plástico se licue y llene el molde. (Figura 2.4.7)

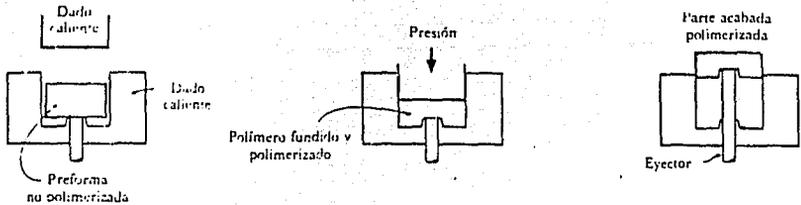


FIGURA 2.4.7
MOLDEO POR COMPRESION

Moldeo por transferencia. Aquí se usa un doble intercambiador para los plásticos termofijos. El plástico es calentado bajo presión en un intercambiador; después de fundido, el plástico es inyectado en el molde adyacente. Este proceso combina elementos tanto del moldeo por compresión como del moldeo por inyección y permite que algunas de las ventajas del moldeo por inyección sean usadas en los plásticos termofijos (Figura 2.4.8)

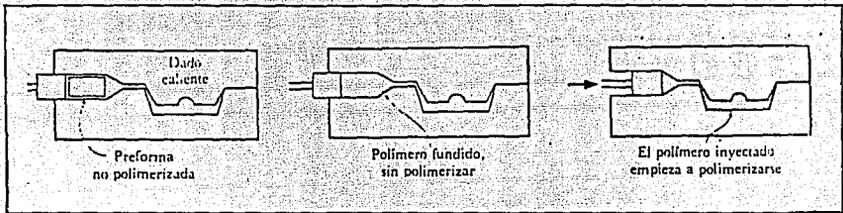


FIGURA 2.4.8
MOLDEO POR TRANSFERENCIA

Colado. Muchos plásticos pueden ser colados en moldes, lo cual les permite solidificar dentro de los mismos. Los moldes pueden ser placas de vidrio para producir hojas gruesas individuales de plástico o bandas móviles de acero inoxidable, para la colada continua de hojas más delgadas. Las pelotas huecas de caucho pueden hacerse a través de un cierto tipo de colada centrífuga; conforme gira el molde, el plástico fundido es llevado contra la pared del molde.

2.5 ELECCION DEL PLASTICO OPTIMO

Siguiendo una metodología sistemática para la elección del plástico que mejor reúne propiedades, características y conformado para su uso en la elaboración de partes específicas. Se procede, en base a toda la información ya antes citada.

La parte que se va a analizar, es un perfil que servirá para la elaboración de armaduras. Se propone una barra con perfil de ángulo tipo L, por la facilidad para la construcción de las armaduras, al utilizar para los extremos de cada barra, uniones

con tornillo y tuerca. Las propiedades que debe resistir cada barra, que en conjunto forman una armadura, serán en primer lugar, los esfuerzos producidos por las sollicitaciones de las cargas de servicio que permanecerán de forma estática, a lo largo de la vida útil de la armadura; estas cargas se consideran que actúan paralelamente a las fibras del material, por lo que los esfuerzos son considerados como axiales a la barra. Por lo tanto, una de las propiedades más importantes para la elección del plástico, será el que cumpla con la mayor capacidad para soportar esfuerzos de tensión y compresión, aplicados de forma continua a lo largo de la vida útil de la armadura. Como la temperatura es un factor que modifica totalmente el comportamiento del plástico, para permanecer dentro de los rangos de seguridad más amplios, otra propiedad que influye de gran forma en la elección del material, será que su temperatura de servicio sea lo mas alta posible. Será conveniente que la rigidez del material sea lo mas alta posible para evitar al máximo las excesivas deformaciones que se pueden presentar, por el efecto de las cargas y la influencia de la temperatura. Es importante una buena resistencia a la humedad, y al efecto del medio ambiente pues estas estructuras son de uso común al aire libre. Se recomienda que el proceso de conformado sea por extrusión, aunque la inversión es grande para la adquisición de la maquinaria, sería apropiado por la rapidez de producción, sin ningún otro proceso de acabado y por consiguiente un abaratamiento del producto terminado. Otra opción puede ser el colado que aunque lento para la producción

es recomendable, por su baja inversión y sin procesos posteriores al desmoldeo para tener el producto terminado. Es importante considerar la posibilidad de algún refuerzo (como fibra de vidrio) para formar un material compuesto con características mejoradas.

Dentro de los posibles candidatos que se aproximan en el cumplimiento de las propiedades ántes mencionadas, tenemos:

EN EL GRUPO DE LOS TERMOFIJOS

NOMBRE	RESISTENCIA A LA TENSION (KG/CM ²)	TEMPERATURA DE SERVICIO (°C)	COSTO PROMEDIO (DLLS/KG)
EPOXY	2100	260	2.00
POLIESTERES	3400	65	1.10

EN EL GRUPO DE LOS TERMOPLASTICOS

NOMBRE	RESISTENCIA A LA TENSION (KG/CM ²)	TEMPERATURA DE SERVICIO (°C)	COSTO PROMEDIO (DLLS/KG)
POLIAMIDAS	2000	160	4.30
POLIMIDAS	1700	315	26.50

Estos son los posibles candidatos para cumplir con los requisitos ántes citados.

En primer lugar, el epoxy además de tener la segunda resistencia mas alta del grupo, posee un rango de temperatura de servicio, lo suficientemente alto para permanecer dentro de la seguridad requerida. Su costo no es el más bajo pero es competitivo con el de menor costo.

Los poliesteres cumplen mas allá de lo esperado la resistencia al esfuerzo, pero este material es definitivamente inadecuado para su uso, por la baja temperatura de servicio que lo convierte en un producto peligroso en condiciones extremas.

Las poliamidas son un producto que tiene semejante resistencia al epoxy, con una temperatura de servicio moderable pero que comparado en todos los aspectos, es apropiado pero no el mejor.

Las polimidas son el producto que compite para su selección, principalmente por su alta temperatura de servicio, que es la mejor del grupo, además de una resistencia aceptable, su única desventaja es que el costo es demasiado alto, por lo que queda desechado. Por lo tanto, los productos más apropiados, son los epoxies que para mejorar sus propiedades, se reforzarán con fibra de vidrio al 30 %.

2.5.1 EPOXY

Los epoxies son una amplia familia de materiales, conteniendo un grupo reactivo funcional (anillo oxirino) en su estructura molecular. Los epoxies son resinas únicas en los termofijos, por sus bajas contracciones durante la polimerización o curado. Epoxies son usados en recubrimientos de protección, adhesivos, pisos, ingeniería civil, productos eléctricos y electrónicos, compuestos y materiales para construcción.

QUIMICA

Las más amplias de resinas epóxicas, están basadas en la reacción del bisphenol a y el epocloridrín, produciendo éther de diglicidil del bisphenol a (DGEBA). La estructura básica de esta resina se muestra en la figura 2.13.

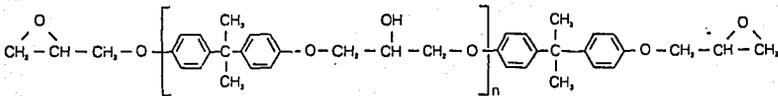


FIGURA 2.13
DIGLYCIDIL ETHERS DEL BISPHENOL A -DGEBA-

Las resinas epóxicas tienen que ser reaccionadas con un endurecedor, coreactivo, agente mezclador, o un catalítico para volverse una resina termofija, proveyendo las propiedades físicas deseadas.

Las resinas con un alto por ciento de funcionalidad epoxica (epoxy novolacs, epoxies multifuncionales y las resinas DGEBA de bajo valor n) son curadas usando el grupo epóxido, mientras que las resinas DGEBA de peso molecular alto ($n > 3$ a 4) son

usualmente curadas via grupos hidroxyl.

La mayoría de los endurecedores/coreactivos son aminas alifáticas, anhídridos, poliamidas, phenol/urea, formaldehidos y ácidos catalíticos Lewis. Un endurecedor es usualmente seleccionado para los requerimientos del trabajo de un sistema y para producir las propiedades físicas en los productos curados.

APLICACIONES

Las aplicaciones del epoxy están divididas en dos categorías principales: recubrimientos y estructurales .

Los recubrimientos de protección, basados en las resinas epóxicas muestran dureza adhesión, resistencia a la corrosión y muy buena resistencia química. Los tipos de recubrimientos epóxicos son: 1) Marino y de mantenimiento; 2) Envases; 3) Automotriz; 4) Industrial; 5) tubería y; 6) artefactos (maquinaria).

Las aplicaciones estructurales para las resinas epoxicas son principalmente: 1) láminas eléctricas; 2) Compuestos reforzados; 3) Eléctrico y electrónico; 4) adhesivos; 5) materiales de construcción. Los epoxies son bien conocidos por su adhesión a muchos diferentes sustratos, su capacidad para ser curados, sin producir sustancias volátiles y su muy baja contracción durante el curado. Estas propiedades hacen a los epoxies, ideales para su uso como reemplazos ligeros y altamente resistentes, de los metales en la aviación, aeroespacio, automóviles y otras aplicaciones estructurales.

Láminas eléctricas. Las resinas DGEBA de bajo peso molecular

son usadas con varias cantidades de epoxies bromadas para tener suficiente retardante de flama en las tarjetas de circuitos. Las resinas generalmente recubren y son parcialmente curadas de forma que sean hojas fácilmente manejables. Aquí, es cuando son cortadas y cubiertas con una delgada hoja de cobre, moldeadas a la forma de la tarjeta del circuito. Las buenas propiedades eléctricas y térmicas del epoxy; su adhesión al vidrio y su resistencia a la flexión lo hace ideal para esta aplicación.

Plásticos reforzados. Las estructuras compuestas por compuestos epóxicos reforzados, proveen una alta resistencia con respecto a su peso, además de las buenas propiedades térmicas y eléctricas. Los compuestos de fibra de carbono con epoxy son frecuentemente usados en la industria de la aviación y el aeroespacio. Manteniendo sus propiedades físicas a altas temperaturas y bajo condiciones de alta humedad; son requeridas para su aplicación de cubiertas de motores de cohetes, recipientes a presión y tanques. Los componentes de fibra de vidrio y epoxy son usados en tuberías de aceite, gas, minería e industria química.

Eléctrico y electrónica. Los sistemas de resinas epóxicas, pueden ser usados con curado rápido o lento a altas o bajas temperaturas y pueden ser compuestos o sin compuestos por encapsulación, para aparatos eléctricos o electrónicos. Las resinas epóxicas son bien aceptadas para este tipo de aplicaciones por sus buenas propiedades eléctricas, incluyendo el alto volumen de resistividad, bajo factor de disipación, alta

resistencia mecánica bajo condiciones de alta humedad, y una baja contracción durante la polimerización. Las resinas epóxicas son usadas en transistores encapsulados, semiconductores, apagadores, bobinas, transformadores y todo tipo de interruptores.

Adhesivos, recubrimientos, pisos y construcción. El epoxy tiene propiedades sobresalientes en todas estas áreas. Las resinas pueden ser formuladas en dos paquetes, independientemente estables y pueden ser curados a temperatura ambiente. Durante el curado, no se desprende ningún vapor. Las formulaciones epóxicas muestran una mínima contracción durante el curado y una adherencia excepcional a muchos materiales. Los adhesivos epóxicos han sido usados de forma creciente por la industria automotriz, donde son necesarios los pegamentos fuertes y de rápido secado. Los epoxies líquidos del tipo DGEBA y los diluidos también del tipo DGEBA con baja viscosidad, baja toxicidad y monofuncionales, son usados para estas aplicaciones. Estas resinas pueden ser compuestas con fibras de bajo precio para reducir el costo total. Los sistemas adhesivos pueden ser formulados con endurecedores apropiados, para darle un curado lento o rápido a temperaturas ambientales o a elevadas temperaturas. Robots controlados por computadora aplican el epoxy en al industria automotriz y la industria de la construcción prefabricada. Los epoxies, también son usados en pisos decorativos (con piedra, cuarzo, mármol, etc..). Y están en investigación para su uso en pinturas para señalamiento en carreteras.

2.5.2 MATERIALES COMPUESTOS

Los materiales compuestos (o compósitos), se producen cuando dos materiales se unen para dar una combinación de propiedades que no podían ser obtenidas en los materiales originales. Estos materiales pueden seleccionarse para proporcionar combinaciones poco usuales de rigidez, resistencia, peso, rendimiento a temperatura alta, resistencia a la corrosión, dureza o, conductividad. Los compuestos pueden ser metal-metal, metal-cerámica, metal-plástico, cerámica-plástico, cerámica-cerámica, o plástico-plástico. Los compuestos metal-cerámica, por ejemplo, incluyen las herramientas de corte de carburo de silicio, y el acero esmaltado.

Los compuestos pueden clasificarse en tres categorías: con partículas, con fibras y laminares. Dependiendo de las formas de los materiales. El concreto, mezcla de cemento y grava, es un compuesto particulado; la fibra de vidrio, que consta de fibras de vidrio en un plástico, es un compuesto reforzado con fibras; y la madera terciada o "triplay", que tiene capas alternadas de madera chapada con veta, es un compuesto laminar. Si las partículas reforzantes se encuentran uniformemente distribuidas, los compuestos particulados tienen propiedades isotrópicas; los compuestos fibrados pueden ser tanto isotrópicos como anisotrópicos; los compuestos laminares siempre tienen un comportamiento anisotrópico.

3 ARMADURAS

Una armadura es una configuración estructural de elementos, generalmente soportada sólo en sus extremos y formada por una serie de miembros rectos arreglados y conectados uno a otro, de tal manera que los esfuerzos transmitidos de un miembro a otro sean axiales o longitudinales a ellos únicamente; ésto es de tensión o compresión. Un triángulo es el único polígono cuya forma es incapaz de modificarse geoméricamente, sin cambiar la longitud de uno o más de sus lados; en consecuencia, una armadura está compuesta esencialmente de un sistema de triángulos.

Teóricamente se supone que los miembros, se unen en las juntas por medio de pasadores sin fricción, aunque esta condición no existe realmente en la práctica. Puesto que siempre que sea posible, los miembros de una junta se arreglan de modo tal que sus ejes se intersecten en un punto común, ninguno de los esfuerzos en los miembros puede causar momento respecto a este punto. Por esta razón los esfuerzos son axiales, de tensión o de compresión y son iguales a lo largo de los miembros.

3.1 PARTES DE UNA ARMADURA

En general, una armadura está compuesta por las cuerdas superiores e inferiores y por los miembros del alma, figura 3.1. La cuerda superior consta de la línea de miembros más alta que se extiende de un apoyo a otro, pasando por la cumbrera.

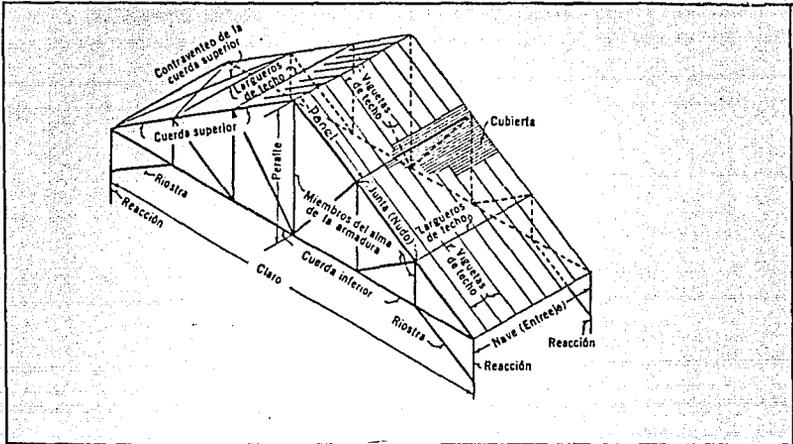


FIGURA 3.1
 ARMADURA TIPO HOWE MOSTRANDO VIGUETAS Y
 LARGUEROS DE TECHO.

Para armaduras triangulares, el esfuerzo máximo en la cuerda superior, ocurre generalmente en el miembro contiguo al apoyo. La cuerda inferior de una armadura, está compuesta por la línea de miembros más baja que va de un apoyo a otro. Como en la cuerda superior, el esfuerzo máximo en la cuerda inferior de armaduras triangulares, se establece en el miembro adyacente al apoyo.

Los miembros que unen las juntas de las cuerdas superior e inferior, son los miembros del alma, y dependiendo de sus posiciones se llaman montantes o diagonales. En base al tipo de los esfuerzos, los miembros a compresión de una armadura se llaman puntales, mientras que aquellos miembros que están sometidos a esfuerzos de tensión se llaman tirantes. La junta en

el apoyo de una armadura triangular se llama junta de talón, y la junta en el pico más alto se le llama cumbrera. Los puntos en donde se unen los miembros del alma a las cuerdas se les llama nudos.

3.2 TIPOS DE ARMADURAS

En la selección de un tipo especial de armadura, deben considerarse varios factores. Lo primero de todo es el uso que va a tener. Si se trata de una armadura de techo, es importante el contorno o perfil del techo; ésto, generalmente se determina por requerimientos arquitectónicos. El material del que se fabricará la armadura, también es importante; debido a la dificultad en el diseño de conexiones, muchas armaduras son prácticas sólomente, cuando se construyen en acero. El claro de la armadura determina el número de paneles y el número de divisiones de la cuerda superior, con ésto se determina en cierto grado, el tipo de armadura que se usará.

Siempre es conveniente eludir el uso de miembros demasiado largos. Esto es particularmente cierto, en lo que toca a miembros a compresión. En el diseño de un puntal, su longitud es un factor dominante y manteniéndola tan corta como sea posible, se reduce su tendencia al pandeo.

Algunos tipos de armaduras se ilustran en la figura 3.2

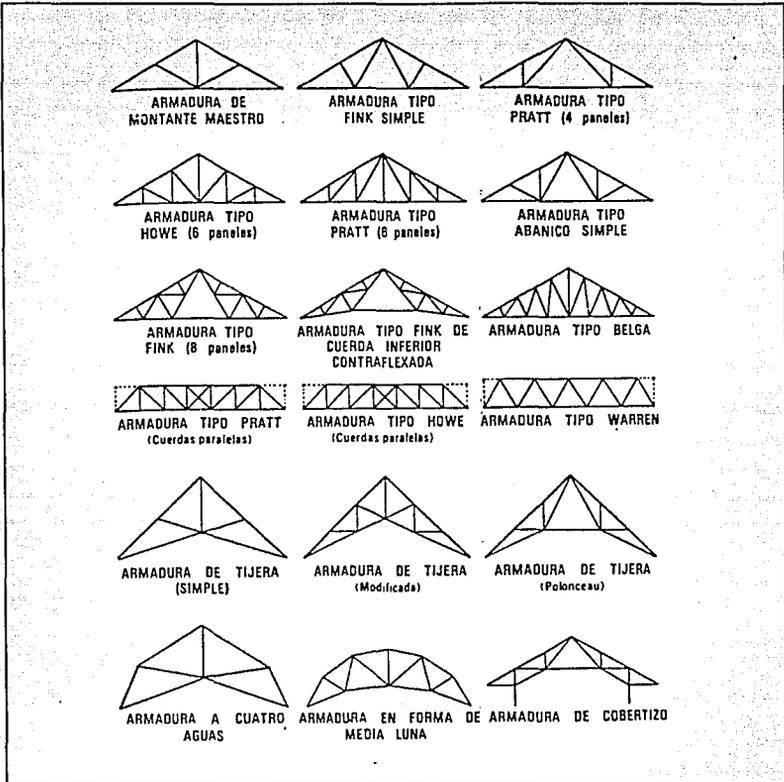


FIGURA 3.2
TIPOS DE ARMADURAS

3.3 DISEÑO DE ARMADURAS CON PERFILES DE PLASTICO

Para comenzar a realizar el diseño de alguna armadura, ya sea isostática o hiperestática, será necesario hacer el análisis por cualquier método conocido; en nuestro caso las armaduras que aquí se diseñan son isostáticas por ser este tipo el de uso más común en la construcción.

Como en las armaduras, sus miembros sólo trabajan con esfuerzos axiales, sólo será necesario realizar un diseño para esfuerzos a tensión y compresión, que para este segundo tipo de esfuerzo, es necesario revisar el posible pandeo, debido a la esbeltez de cada miembro que forma la armadura.

Para las uniones en los nodos, éstas serán por medio de placas de aluminio 3/8" de espesor, en las cuales se unirán los ángulos por medio de un tornillo de 3/8" de diámetro por cada 700 kg de carga axial, ya sea a tensión o compresión; ésto se verá a detalle en el procedimiento constructivo.

La fórmula que se usará en el diseño para esfuerzos a tensión será la de uso común para calcular una carga axial siendo necesario conocer el esfuerzo resistente del material y el área de la sección transversal.

$$Pr = Sc \times A$$

donde: Pr = es la carga resistente en kg.; Sc = es el esfuerzo resistente a la ruptura creep en pruebas a tensión, a una determinada temperatura, extrapolado a la vida útil del material

en kg/cm²; A = área de la sección transversal en cm².

Para esfuerzos a compresión, lo primero es revisar la carga resistente sin que exista pandeo y se produzcan flexiones no calculadas en los miembros de las armaduras. Esta revisión se realiza por medio de la fórmula de Euler para columnas esbeltas articuladas en sus dos extremos:

$$Pr = (\pi^2 EI)/(L^2)$$

donde: Pr = es la carga resistente sin que se presente pandeo en kg.; E = módulo de elasticidad del material en kg/cm²; I es el momento de inercia con respecto a X-X y Y-Y en cm⁴; L = la longitud del miembro en cm; $\pi = 3.1415926$

Después de revisado y que no exista pandeo, se procede a utilizar la misma fórmula a tensión. Se usa el mismo módulo de resistencia a ruptura creep (Sc) a compresión, porque como no se presenta una falla frágil en pruebas a compresión, debido a que es un material muy dúctil, es difícil identificar cual sería su módulo. De cualquier forma es mejor usar el módulo de tensión para el diseño a compresión ya que es el caso más desfavorable, pues en pruebas de laboratorio se demuestra que los esfuerzos necesarios para producir la ruptura a tensión, apenas producen deformaciones a compresión.

Realizando un diseño al límite de servicio, se disminuirá en un 75 % la resistencia del material (factor de seguridad); además de afectar el esfuerzo aplicado axialmente en el miembro

por un factor de 1.3.

Para el diseño de cada uno de los miembros se proponen una serie de pasos que ayudan en la búsqueda de la solución óptima.

Paso 1.- Proponer la vida útil de material. Con este dato entrar en la curva de ruptura creep y extrapolar para obtener el esfuerzo resistente (S_c).

Paso 2.- Suponer una sección transversal tentativa cuyas dimensiones se estimen convenientes.

Paso 3.- Basados en el análisis de la armadura, se revisa si el miembro trabaja a tensión o compresión.

Paso 4.- Si el miembro trabaja a tensión se aplica la fórmula $P_r = S_c * A$, revisando que la carga resistente sea mayor o igual que la carga actuante (carga de diseño).

Paso 5.- Si la pieza trabaja a compresión se revisa por la fórmula de Euler, cual es la carga resistente sin pandeo comprobando que la carga resistente es mayor o igual que la carga actuante y después se procede con la misma fórmula del paso cuatro.

Paso 6.- Si la carga de diseño es mayor que la carga resistente, se propone otra sección geométrica, y se vuelve a proceder de la misma forma.

3.3.1 EFECTO DEL TIEMPO BAJO CARGA ESTÁTICA

Como ya se ha visto anteriormente, el efecto del tiempo bajo la carga es un factor determinante que modifica las

características geométricas requeridas para soportar cargas estáticas determinadas.

Para demostrar la dependencia en el diseño del tiempo bajo carga se procede a realizar un diseño simple a tensión, variando los tiempos de aplicación.

Aplicando un esfuerzo unitario de una tonelada, el esfuerzo resistente del material varía a través del tiempo, según la curva de ruptura creep para el Epoxy a 60°C. Figura 3.3. Con ésto, se obtendrá el área requerida para soportar dicho esfuerzo actuante.

Para un tiempo bajo la carga, instantáneo $t=0$

$$Pr = Sc \times A \Rightarrow A = Pr/Sc$$

si $Pr = 1000 \text{ kg}$ y $Sc = 1270 \text{ kg/cm}^2$

$$A = 1000\text{kg} / 1270\text{kg/cm}^2 = 0.79 \text{ cm}^2$$

Para un tiempo bajo la carga de 6 min. $t=0.1 \text{ hrs.}$

$$Pr = 1000 \text{ kg} \quad Sc = 1060 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 1000\text{kg} / 1060\text{kg/cm}^2 = 0.94 \text{ cm}^2$$

Para un tiempo bajo la carga de 1 hora $t=1 \text{ hr.}$

$$Pr = 1000 \text{ kg} \quad Sc = 900 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 1000\text{kg} / 900\text{kg/cm}^2 = 1.11 \text{ cm}^2$$

Para un tiempo bajo la carga de 10 horas $t=10 \text{ hrs.}$

$$Pr = 1000 \text{ kg} \quad Sc = 738 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 1000\text{kg} / 738 \text{ kg/cm}^2 = 1.36 \text{ cm}^2$$

Para un tiempo bajo la carga de 100 horas $t=100 \text{ hrs.}$

$$Pr = 1000 \text{ kg} \quad Sc = 600 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 1000\text{kg} / 600\text{kg/cm}^2 = 1.67 \text{ cm}^2$$

Para un tiempo bajo la carga de 1000 horas $t=1000 \text{ hrs.}$

$$Pr = 1000\text{kg} \quad Sc = 482 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 1000\text{kg} / 482\text{kg/cm}^2 = 2.07 \text{ cm}^2$$

Para un tiempo bajo la carga de 10000 horas $t=10000 \text{ hrs.}$

$$Pr = 1000 \text{ kg} \quad Sc = 406 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 1000\text{kg} / 406\text{kg/cm}^2 = 2.46 \text{ cm}^2$$

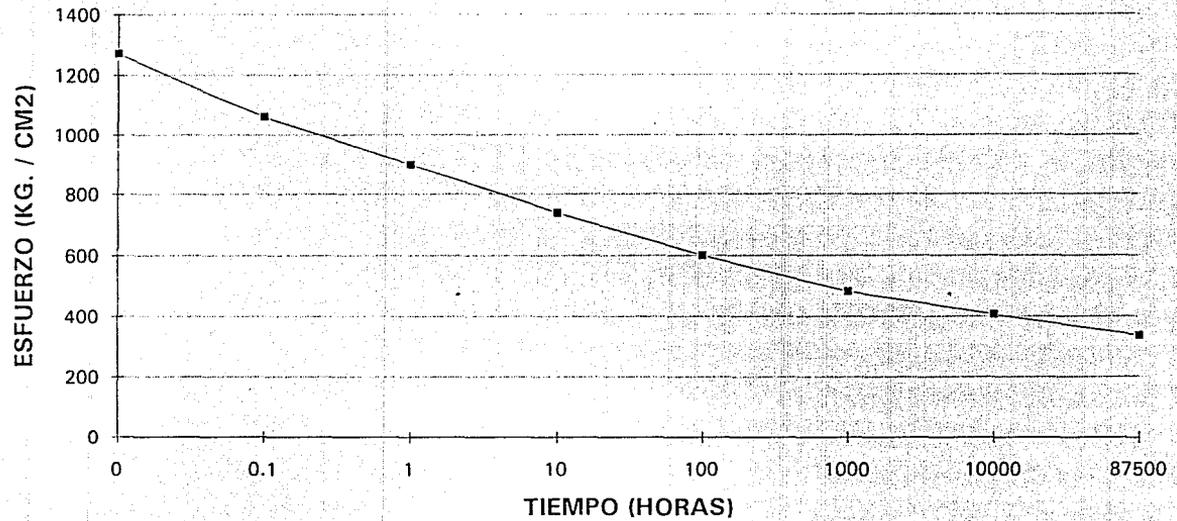
Para un tiempo bajo la carga de 10 años $t=87500 \text{ hrs.}$

$$Pr = 1000 \text{ kg} \quad Sc = 337 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 1000\text{kg} / 337\text{kg/cm}^2 = 2.98 \text{ cm}^2$$

Con ésto, se observa como a través del tiempo, va siendo necesario aumentar el área del plástico; en este caso Epoxy a 60°C; para soportar los requerimientos que se le imponen al material. La influencia del tiempo es determinante en la sección transversal, como aquí se observa, se requieren de mas de tres y media veces de área después de 10 años bajo una carga con respecto a una carga instantánea. Por consiguiente, es obvio como el costo de la armadura aumenta en la etapa de diseño cuando va siendo mayor la vida útil.

RUPTURA CREEP EPOXY A 60 °C



EJEMPLOS

Diseño de tres armaduras diferentes bajo el efecto de cargas permanentes. La información que a continuación se muestra, es la misma para los tres casos.

Formulas:

A TENSION

$$Pr = Sc \times A$$

A COMPRESION

$$Pr = (\pi^2 \times E \times I) / (L^2)$$

$$Pr = Sc \times A$$

Factores:

Para la resistencia del material, multiplicar por 0.75

Para la carga de diseño, multiplicar el esfuerzo actuante por 1.3

Datos:

Se considera una vida útil de 10 años a una temperatura extrema de 60°C que extrapolando de la figura 3.3 para ruptura creep del epoxy, se obtiene: 337 kg/cm²

$$Sc = 337 \times (0.75) \text{ kg/cm}^2$$

$$Sc = 252.75 \text{ kg/cm}^2$$

Se proponen tres tipos de ángulos en L con lados iguales.

	BASE ó ALTURA (mm)	ESPEJOR DE PLACA (mm)	AREA TRANS (cm ²)	MOM. INER. X-X y Y-Y (cm ⁴)
I	25.4	6.30	2.80	1.54
II	50.8	9.50	6.99	19.98
III	63.5	9.50	11.16	40.79

El módulo de elasticidad para el epoxy reforzado con fibra de vidrio es:

$$E = 35000 \text{ kg/cm}^2$$

Con los pasos ántes descritos, se procede a elaborar una tabla por cada armadura en la que se muestran los resultados obtenidos para los esfuerzos aplicados en cada uno de los miembros.

Las primeras 4 columnas son las correspondientes a los datos del análisis de cada armadura .

La columna 1 .- Es la numeración de cada miembro que conforma la armadura según la gráfica anexa.

La columna 2 .- Es la longitud de cada miembro. Medida en

centímetros.

La columna 3 .- Es la carga obtenida del análisis por cualquier método conocido para armaduras isostáticas. Medido en kilogramos.

La columna 4 .- Es el tipo de carga actuante, ya sea a compresión o tensión según sea el caso.

De las columnas 5 ala 12 son las relativas al diseño donde:

La columna 5 .- Es la carga obtenida del análisis, afectada por el factor considerado para el diseño. Medido en kilogramos.

La columna 6, 7 y 8 .- Se proponen tres tipos de ángulos con características geométricas diferentes, descritos a detalle anteriormente. Siendo elegido el que cumple con los requerimientos del modo más óptimo, por medio de una X.

La columna 9 .- Indica el valor de la carga que resiste el ángulo seleccionado para los casos, en que el esfuerzo es a tensión, basados en la fórmula antes descrita. Medido en kilogramos.

La columna 10 .- Indica el valor de la carga que resiste el ángulo seleccionado para los casos en que el esfuerzo es a compresión revisándose el efecto de pandeo por la formula antes descrita. Medido en kilogramos.

La columna 11 .- Indica el valor de la carga resistente en el ángulo seleccionado para los casos en que el esfuerzo es a compresión sin revisión de pandeo. Medido en kilogramos.

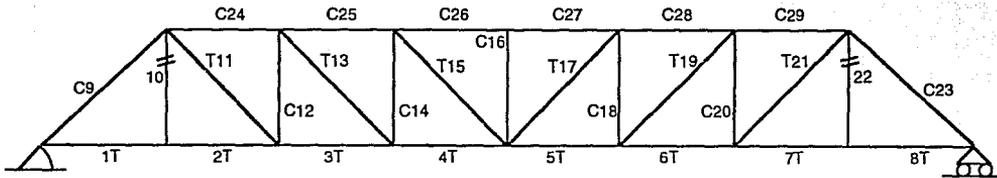
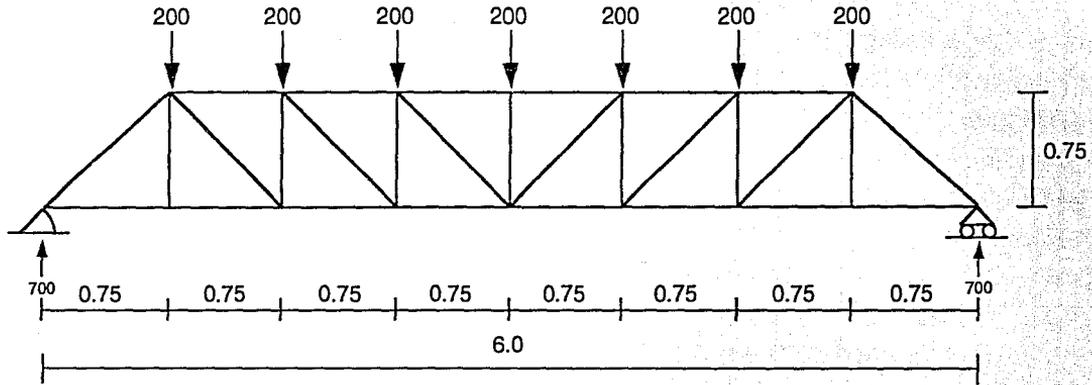
La columna 12 .- Se compara si la carga de diseño (columna 5) es menor que la carga resistente (columna 9 ó 10 y 11), aceptando el ángulo propuesto, si se cumple esta condición. Terminando con ésto el proceso de diseño.

ANÁLISIS

DISEÑO

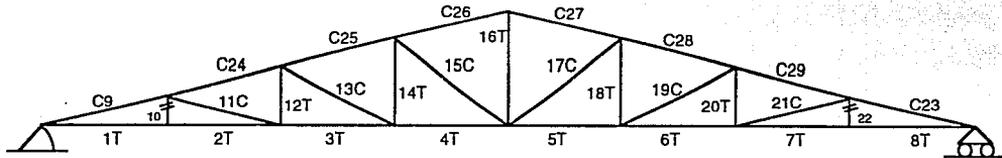
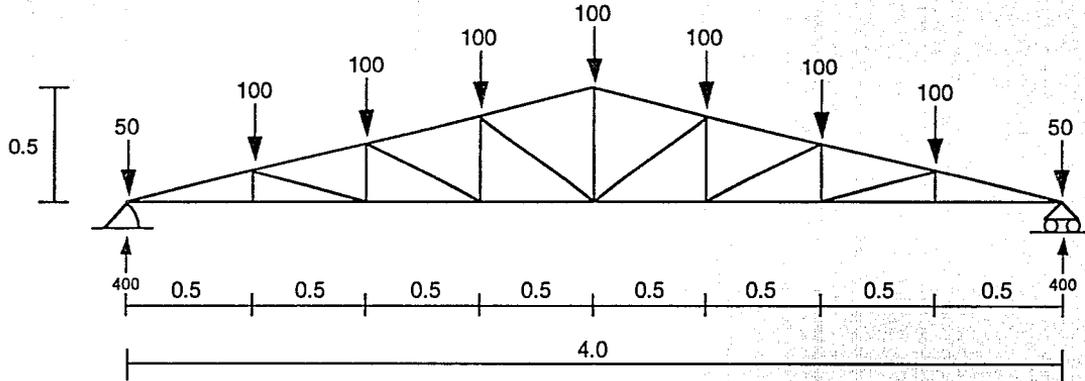
MIEMBRO (1)	LONGITUD (CM) (2)	ESFUERZO (KG) (3)	TIPO T-TENSION C-COMPRES (4)	CARGA DE DISEÑO (KG) (5)	ANGULOS PROPUESTOS			TENSION	COMPRESION	RESULTADO (12)	
					I (6)	II (7)	III (8)	CARGA RESISTENTE (KG) (9)	CARGA RESIS. (PANELO) (KG) (10)		CARGA RESISTENTE (KG) (11)
1	75	700	T	910		X		1766			SE ACEPTA
2	75	700	T	910		X		1766			SE ACEPTA
3	75	1200	T	1560		X		1766			SE ACEPTA
4	75	1500	T	1950			X	2820			SE ACEPTA
5	75	1500	T	1950			X	2820			SE ACEPTA
6	75	1200	T	1560		X		1766			SE ACEPTA
7	75	700	T	910		X		1766			SE ACEPTA
8	75	700	T	910		X		1766			SE ACEPTA
9	106	900	C	1170			X		1254	2820	SE ACEPTA
10	75	0	-	0	X			707			SE ACEPTA
11	106	707	T	919		X		1766			SE ACEPTA
12	75	500	C	650		X			1226	1766	SE ACEPTA
13	106	424	T	551	X			707			SE ACEPTA
14	75	300	C	390		X			1226	1766	SE ACEPTA
15	106	141	T	183	X			707			SE ACEPTA
16	75	200	C	260		X			1226	1766	SE ACEPTA
17	106	141	T	183	X			707			SE ACEPTA
18	75	300	C	390		X			1226	1766	SE ACEPTA
19	106	424	T	551	X			707			SE ACEPTA
20	75	500	C	650		X			1226	1766	SE ACEPTA
21	106	707	T	919		X		1766			SE ACEPTA
22	75	0	-	0	X			707			SE ACEPTA
23	106	900	C	1170			X		1254	2820	SE ACEPTA
24	75	1200	C	1560			X		2504	2820	SE ACEPTA
25	75	1500	C	1950			X		2504	2820	SE ACEPTA
26	75	1600	C	2080			X		2504	2820	SE ACEPTA
27	75	1600	C	2080			X		2504	2820	SE ACEPTA
28	75	1500	C	1950			X		2504	2820	SE ACEPTA
29	75	1200	C	1560			X		2504	2820	SE ACEPTA

ARMADURA I



ANALISIS				DISEÑO								RESULTADO	
MIEMBRO	LONGITUD (CM)	ESFUERZO (KG)	TIPO T-TENSION C-COMPRES	CARGA DE DISEÑO (KG)	ANGULOS PROPUESTOS			TENSION	COMPRESION	CARGA RESISTENTE (KG)	CARGA (PAÑEJO) (KG)		CARGA RESISTENTE (KG)
					I	II	III	CARGA RESISTENTE (KG)	CARGA RESIS. (PAÑEJO) (KG)				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)		
1	50	1750	T	2275			X	2820				SE ACEPTA	
2	50	1750	T	2275			X	2820				SE ACEPTA	
3	50	1500	T	1950			X	2820				SE ACEPTA	
4	50	1250	T	1625		X		1767				SE ACEPTA	
5	50	1250	T	1625		X		1767				SE ACEPTA	
6	50	1500	T	1950			X	2820				SE ACEPTA	
7	50	1750	T	2275			X	2820				SE ACEPTA	
8	50	1750	T	2275			X	2820				SE ACEPTA	
9	52	1782	C	2317			X		5312		2820	SE ACEPTA	
10	13	0	-	0	X			707				SE ACEPTA	
11	52	255	T	332		X			2602		1766	SE ACEPTA	
12	25	50	C	65	X			707				SE ACEPTA	
13	56	269	T	350		X			2208		1766	SE ACEPTA	
14	38	100	C	130	X			707				SE ACEPTA	
15	63	292	T	380		X			1766		1766	SE ACEPTA	
16	50	300	C	390	X			707				SE ACEPTA	
17	63	292	T	380		X			1766		1766	SE ACEPTA	
18	38	100	C	130	X			707				SE ACEPTA	
19	54	269	T	350		X			2208		1766	SE ACEPTA	
20	25	50	C	65	X			707				SE ACEPTA	
21	52	255	T	332		X			2602		1766	SE ACEPTA	
22	13	0	-	0	X			707				SE ACEPTA	
23	52	1782	C	2317			X		5312		2820	SE ACEPTA	
24	52	1530	C	1989			X		5312		2820	SE ACEPTA	
25	1275	1500	C	1950		X			2602		1766	SE ACEPTA	
26	1020	1600	C	2080		X			2602		1766	SE ACEPTA	
27	1020	1600	C	2080		X			2602		1766	SE ACEPTA	
28	1275	1500	C	1950		X			2602		1766	SE ACEPTA	
29	1530	1200	C	1560			X		5312		2820	SE ACEPTA	

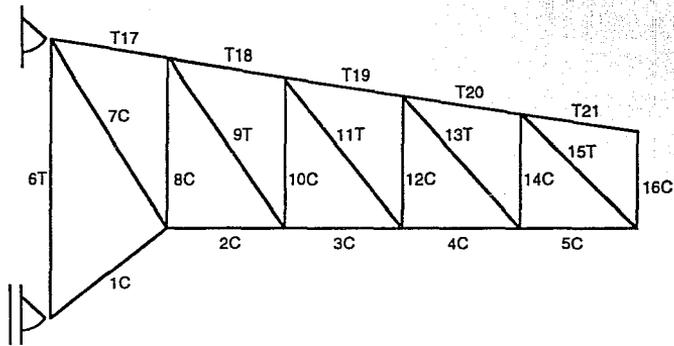
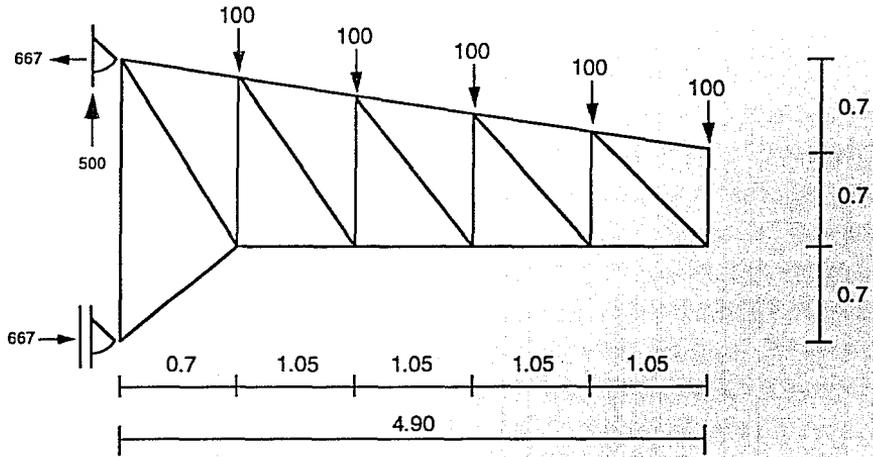
ARMADURA II



ARMADURA III

ANÁLISIS				DISEÑO								
MIEMBRO (1)	LONGITUD (CM) (2)	ESFUERZO (KG) (3)	TIPO T-TENSION C-COMPRES (4)	CARGA DE DISEÑO (KG) (5)	ANGULOS PROPUESTOS			TENSION	COMPRESION	CARGA RESISTENTE (KG) (11)	RESULTADO (12)	
					I	II	III	CARGA RESISTENTE (KG) (9)	CARGA RESIS. (PANDEO) (KG) (10)			
					(6)	(7)	(8)					
1	99	943	C	1226			X		1437	2820	SE ACEPTA	
2	105	827	C	1075			X		1278	2820	SE ACEPTA	
3	105	570	C	741			X		1278	2820	SE ACEPTA	
4	105	340	C	442		X			626	1766	SE ACEPTA	
5	105	152	C	198		X			626	1766	SE ACEPTA	
6	210	667	T	867		X		1766			SE ACEPTA	
7	157	359	C	467			X		571	2820	SE ACEPTA	
8	130	346	C	450			X		633	2820	SE ACEPTA	
9	107	409	T	532	X			707			SE ACEPTA	
10	115	319	C	415		X			521	1766	SE ACEPTA	
11	155	291	T	378	X			707			SE ACEPTA	
12	100	252	C	328		X			690	1766	SE ACEPTA	
13	145	259	T	337	X			707			SE ACEPTA	
14	85	178	C	231		X			955	1766	SE ACEPTA	
15	135	182	T	237	X			707			SE ACEPTA	
16	70	100	C	130		X			1408	1766	SE ACEPTA	
17	71	827	T	1075		X		1766			SE ACEPTA	
18	106	576	T	749		X		1766			SE ACEPTA	
19	106	343	T	446	X			707			SE ACEPTA	
20	106	153	T	199	X			707			SE ACEPTA	
21	106	0	-	0	X			707			SE ACEPTA	

ARMADURA III



3.4 PROCESO CONSTRUCTIVO

El fabricante del material desarrolla un plano, incluyendo todas las especificaciones, de acuerdo a las necesidades del cliente. Con este plano se debe realizar una cuantificación previa para conocer los volúmenes de material requerido. Como el fabricante suministra los ángulos en tramos de 2.00 mts. se tendrá especial atención en la cuantificación para evitar al máximo el desperdicio.

Los ángulos ya puestos en el lugar de la colocación de la armadura tienen que ser cortados por medio de segueta o sierra eléctrica, en miembros según el plano.

Las uniones para cada nodo serán por medio de placas de aluminio de 3/8" de espesor por medio de un tornillo y tuerca de 3/8" de diámetro por cada 700 kg. de carga, ya sea a compresión o tensión. Esto es debido a que el cortante simple resistente, es igual a 1050 kg/cm² y como el área de un tornillo es de 3/8" es de 0.71 cm² la resistencia al cortante, será de $0.71 * 1050 = 746$ kg que para nuestro caso lo consideramos como 700 kg. Por ejemplo, si tenemos una carga de 3250 kg a tensión o compresión, se aplica la fórmula:

$$\text{No. de tornillos}(3/8") = P \text{ actuante} / 700$$

por lo tanto:

$\text{No. de tornillos}(3/8") = 3250 / 700 = 4.64$ tornillos
toda fracción de tornillo, siempre se aproxima a la unidad, con lo que tendríamos que usar 5 tornillos de 3/8" de diámetro.

Los tornillos se colocarán sobre el lado que va unido a la placa en la parte media de la cara que está en contacto, y la separación mínima para dos o más tornillos será igual a la medida de longitud de una de las caras. Esto es, si tuviéramos un ángulo de lados iguales de 50.8×50.8 mm, los tornillos irían en el sentido transversal de la cara unida a la placa a:

$50.8 / 2 = 25.4$ mm, y en el sentido axial se colocarían a cada 50.8 mm.

Los agujeros para los tornillos y placas, se realizarán por medio de un taladro eléctrico con broca para metal. Se recomienda a la hora de colocar los tornillos usar rondana lo más grande posible para distribuir al máximo la presión del tornillo y la tuerca. Será de suma importancia colocar resina epóxica a manera de adhesivo, en todo tipo de unión. Algunos ejemplos de como colocar los tornillos, se muestran en la figura 3.4.

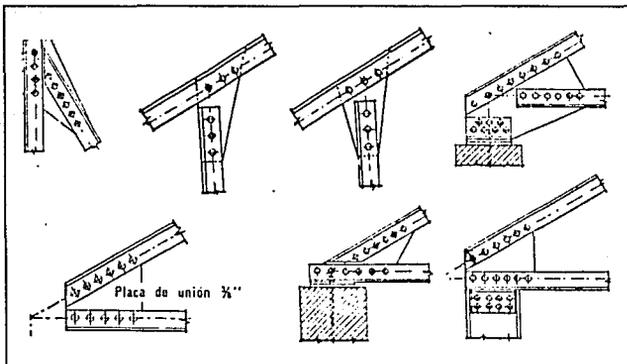


FIGURA 3.4
COLOCACION DE TORNILLOS

Ya ensamblada la armadura, se procede a colocarla en su lugar definitivo, teniendo cuidado de no provocar esfuerzos adicionales para los que fue diseñada.

4 ANALISIS ECONÓMICO

El ingeniero debe poner gran atención en los costos; de desarrollo, de realización, de operación; conociendo la productividad de sus creaciones, ya sea para producir una ganancia neta o un beneficio mayor al costo. Esto debido a que en la mayoría de las realizaciones de ingeniería se crean grandes desembolsos que si no son evaluados como una inversión a corto o largo plazo, pueden provocar pérdidas económicas muy grandes.

Como se va a evaluar una nueva aplicación en la que ya existe un mercado de armaduras de acero; con el cual competir, primeramente se realiza una evaluación del costo de la armadura I (figura 3.5) en acero y se compara con el costo de la misma armadura en plástico para comprobar que tan competitivo en precio es el nuevo producto.

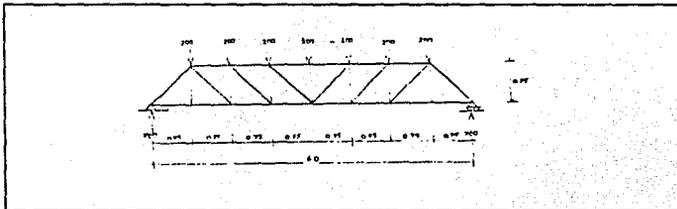


FIGURA 3.5
ARMADURA I

ARMADURA DE ACERO

Cuantificando material, se obtienen 24.2 metros lineales de perfil necesario para elaborar la armadura. Se propone usar ángulo perfil estándar de lados iguales A-36 de 19 mm por lado y un espesor de 3.2 mm el cual es más que suficiente para soportar las cargas en la vida útil de diez años, como es el caso de la armadura I. El peso del perfil por metro es de 880 gramos³ por lo que tendríamos un peso total de la armadura de:

$$24.2 \text{ ml} \times 0.88 \text{ kg/ml} = 21.3 \text{ kg}$$

Considerando⁴ costos por kilogramo de:

Materiales, Herramienta y Equipo	N\$ 4.03 por kilo
Mano de obra	N\$ 1.14 por kilo
Montaje	<u>N\$ 1.30 por kilo</u>
Total	N\$ 6.47 por kilo

Con lo que nos daría un total sin desperdicios:

$$21.3 \text{ kg} \times \text{N\$ } 6.47 \text{ kilo} = \$ 137,619$$

ARMADURA DE PLASTICO

Cuantificando, se obtiene:

Perfil I	5.74 ml
Perfil II	10.37 ml
Perfil III	8.12 ml
Total	24.2 ml

³ tomado del MANUAL DE ALTOS HORNOS

⁴ tomado del libro Manual de Costos para Constructores Junio 1991 ING. RAUL GONZALEZ MELENDEZ Ed. CPU

El epoxy con una densidad de 1.3 tn/m³ tiene un peso por metro lineal igual a su área x longitud x densidad. Que para el perfil I sería:

$$2.8 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm} \times 1.3 \text{ gr/cm}^3 = 364 \text{ gr por ml}$$

Con lo que tendríamos:

$$5.74 \text{ ml} \times 364 \text{ gramos por metro lineal} = 2089 \text{ gr} = 2.1 \text{ kg}$$

De la tabla 4.2 Se tiene que para el perfil I el costo por kilogramo es de:

Materiales	N\$ 7.43 por kilo
Mano de Obra	N\$ 0.81 por kilo
Herramienta y Equipo	<u>N\$ 2.45 por kilo</u>
Total	N\$ 10.69 por kilo

Con lo que nos daría un total de perfil I:

$$2.1 \text{ kg} \times \text{N\$ } 10.69/\text{kilo} = \text{N\$ } 22.45$$

Con el cargo por montaje:

$$2.1 \text{ kg} \times \text{N\$ } 1.30 \text{ por kilo} = \text{N\$ } 2.73$$

Para el perfil II tendríamos:

$$6.99 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm} \times 1.3 \text{ gr/cm}^3 = 908 \text{ gr por ml}$$

Con lo que obtenemos:

$$10.37 \text{ ml} \times 0.91 \text{ kg por ml} = 9.44 \text{ kg}$$

De la tabla 4.3, se tiene que para el perfil II el costo por kilogramo de:

Materiales	N\$ 7.25 por kilo
Mano de Obra	N\$ 0.81 por kilo
Herramienta y Equipo	<u>N\$ 1.58 por kilo</u>
Total	N\$ 9.64 por kilo

Con lo que nos daría un total de perfil II:

$$9.44 \text{ kg} \times \text{N\$ } 9.64 \text{ por kilo} = \text{N\$ } 91.00$$

Con el cargo por montaje:

$$9.44 \text{ kg} \times \text{N\$ } 1.30 \text{ por kilo} = \text{N\$ } 12.27$$

Para el perfil III tendríamos

$$11.16 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm} \times 1.3 \text{ gr/cm}^3 = 1451 \text{ gr por ml}$$

Con lo que obtenemos:

$$8.12 \text{ ml} \times 1451 \text{ gr por ml} = 11,782 \text{ gr} = 11.8 \text{ kg}$$

De la tabla 4.4, se obtiene que para el perfil III el costo por kilogramo es de:

Materiales	N\$ 7.14
Mano de Obra	N\$ 0.81
Herramienta y Equipo	N\$ 1.13
Total	N\$ 9.08

Con lo que nos da un total de perfil III:

$$11.8 \text{ kg} \times \text{N\$ } 9.08 \text{ por kilo} = \text{N\$ } 107.14$$

Con el cargo por montaje:

$$11.8 \text{ kg} \times \text{N\$ } 1.30 \text{ por kilo} = \text{N\$ } 15.34$$

Y haciendo la suma total de perfiles con montajes:

Perfil I	N\$ 22.45
Cargo por montaje	N\$ 2.72
Perfil II	N\$ 91.00
Cargo por montaje	N\$ 12.27
Perfil III	N\$ 107.14
Cargo por montaje	N\$ 15.34
Total sin desperdicios:	N\$ 250.93

COSTO DE LA ARMADURA I EN ACERO N\$ 137.81

COSTO DE LA ARMADURA I EN PLASTICO N\$ 250.93

Como se puede observar las armaduras de plástico son 1.8 veces más caras que las armaduras convencionales en acero.

4.1 EVALUACION DEL PROYECTO DE INVERSION

La evaluación económica se realiza por medio de la simulación de desarrollo y planeación de una compañía que surgiría para la producción del nuevo producto. Todos los nombres, direcciones, y cifras son ficticios, cuyo objetivo es exclusivamente dar realismo a la simulación del proyecto de inversión:

La compañía "Perplas S.A.", se encuentra analizando la posibilidad de entrar en el negocio de fabricación de perfiles en ángulo de plástico para la elaboración de armaduras. La planta se localiza en el Distrito Federal, y basados en investigaciones preliminares realizadas por un grupo de ingenieros y administradores, indican que la inversión requerida para este tipo de negocio será de:

ACTIVO CIRCULANTE = N\$ 50,000

(Propuesto como 3 meses de costos indirectos)

ACTIVO FIJO = N\$ 0

(Considerado en los costos indirectos; en las rentas y

depreciaciones de local, maquinaria y equipo.)

Perplas S.A. decide que su producción estará conformada por los tres tipos de perfiles usados en el capítulo anterior, para el diseño de las armaduras.

La compañía analiza sus costos indirectos de operación, a partir de la tabla 4.1; así como obtienen sus costos directos, elaborando las matrices de precios unitarios respectivas para cada perfil. Tabla 4.2, 4.3 y 4.4.

La utilidad que se pretende obtener será del 10 %, que aunado a los datos anteriores, se crea el precio de venta al que el público tendría acceso al nuevo tipo de perfil.

TABLA 4.1
 COSTOS INDIRECTOS DE OPERACION

	COSTO MENSUAL N\$	COSTO ANUAL N\$
I.- GASTOS TECNICOS Y/O ADMINISTRATIVOS		
1 GERENTE GENERAL	3000	36000
2 SECRETARIA GTE. GRAL.	1100	13200
3 ASESORIA CONTABLE	1000	12000
4 SUPERVISOR GENERAL	1800	21600
5 VELADOR	800	9600
6 MENSAJERO	600	7200
7 LIMPIEZA	500	6000
TOTAL	8800	105600
II.- ALQUILERES Y/O DEPRECIACION		
1 RENTAS:		
OFICINA Y TALLER	3500	42000
2 SERVICIOS:		
ENERGIA ELECTRICA	400	4800
TELEFONO	250	3000
CORREOS	10	120
3 MANTENIMIENTO:		
EQUIPO DE OFICINA	10	120
EQUIPO DE TALLER	50	600
EQUIPO DE ALMACEN	5	60
CAMIONETA	450	5400
4 DEPRECIACION:		
EQUIPO DE OFICINA	50	600
EQUIPO DE TALLER	120	1440
EQUIPO DE ALMACEN	15	180
CAMIONETA	350	4200
5 AMORTIZACIONES:		
GASTOS DE ORGANIZACION	15	180
GASTOS DE INSTALACION	25	300
TOTAL	5250	63000

CONT. TABLA 4.1

	COSTO MENSUAL NS	COSTO ANUAL NS
III.- OBLIGACIONES Y SEGUROS		
1 AFILIACIONES:		
CAMARA DE LA IND. DEL PLASTICO	25	300
CAMARA NAL. IND. CONSTN.	15	180
CUOTAS ASOC. PROFESIONALES	20	240
2 SEGUROS:		
SEGURO COBERTURA AMPLIA	1200	14400
TOTAL	1260	15120
IV.- MATERIALES DE CONSUMO		
1 IMPRESOS DE OFICINA	170	2040
2 PAPELERIA OFICINAS	70	840
3 COPIAS XEROGRAFICAS	50	600
4 ART. DE LIMPIEZA	50	600
5 VARIOS	100	1200
TOTAL	440	5280
V.- CAPACITACION Y PROMOCION		
1 CURSOS A EMPLEADOS	50	600
2 PROMOCION:		
ANUNCIOS EN REVISTAS	800	9600
REGALOS A CLIENTES	166	1992
CELEBRACIONES OFICINA	50	600
TOTAL	1066	12792
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	16816	201792

TABLA 4.1

PRODUCCION:

DIAS LABORADOS = 271.75 (VER APENDICE 4)
RENDIMIENTO DIARIO = 16 KG/HORA X 8 HRS (JORNAL) = 128 KG/JOR
PRODUCCION ANUAL = 217.75 JOR X 128 KG/JOR = 34784 KG/AÑO

PRODUCCION AL 100% ANUAL = 34784 KG/AÑO

CON UNA EFICIENCIA PROMEDIO:
 $0.7+0.8+0.9+1 \times 7 = 0.95 \times 34784 \text{ KG/AÑO}$

PRODUCCION PROMEDIO ANUAL = 33044 KG/AÑO

OBTENEMOS EL VOLUMEN DE VENTAS ANUALES A COSTO DIRECTO
MULTIPLICANDO LA PRODUCCION POR EL PRECIO UNITARIO A
COSTO DIRECTO DE UN ANGULO CONSIDERADO COMO REPRESENTATIVO
POR SU COSTO MEDIO ENTRE LOS DEMAS ANGULOS.

$33044 \text{ KG/AÑO} \times 9.64 \text{ N\$/KG (ANGULO II)} = \text{N\$ } 318,478$

VENTAS ANUALES A COSTO DIRECTO = N\$ 318,478

FACTOR DE COSTO INDIRECTO = $\frac{\text{N\$ } 201,792}{\text{N\$ } 318,478} = 0.63$

PRECIO DE VENTA = $\text{N\$ } 9.64 \times 1.63 = \text{N\$ } 15.71 \times 1.10$ (UTILIDAD)

PRECIO DE VENTA = N\$ 17.28 KG

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

TABLA 4.2

ANGULO I

Elaboración de ángulo tipo L de lados iguales de 25.4 mm con resina epóxica y reforzado con fibra de vidrio con un área de sección de 2.8 cm² y un espesor de la placa de 6.3 mm. elaborado con molde para perfil de 2 mts. (incluye vaciado, desmoldado y epilado en el mismo taller)

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO POR	KILOGRAMO	IMPORTE
			P.U.		
MATERIALES:					
RESINA EPOXICA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO (3% DESPERDICIO)	KG	1.03	6.6		6.8
ANTIADHERENTE (UN LT DESMOLDA 30 KG)	LT	0.026	5		0.13
SOLVENTES (UN LT LIMPIA 4 MOLDES DE UN KG)	LT	0.25	2		0.5
			TOTAL		7.43
MANO DE OBRA:					
OFICIAL + AYUDANTE (REND. 120 KG/JOR)	JOR	0.008	100.74		0.81
			TOTAL		0.81
EQUIPO Y HERRAMIENTA:					
MOLDE PARA ANGULO 2 MTS. DE LONGITUD	PZA	0.093	250		2.33
HERRAMIENTA MENOR	% M.O.	15 %	0.81		0.13
			TOTAL		2.45
			TOTAL A COSTO DIRECTO		10.69

(DIEZ NUEVOS PESOS 69/100)

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
 ANGULO II

TABLA 4.3

Elaboración de ángulo tipo L de lados iguales de 50.8 mm con resina epóxica y reforzado con fibra de vidrio con un área de sección de 6.99 cm² y un espesor de la placa de 9.5 mm, elaborado con molde para perfil de 2 mts. (incluye vaciado, desmoldado y apilado en el mismo taller)

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO POR P.U. N°	KILOGRAMO	IMPORTE N°
MATERIALES:					
RESINA EPOXICA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO (3% DESPERDICIO)	KG	1.03	6.6		6.6
ANTIADHERENTE (UN LT DESMOLDA 47 KG)	LT	0.021	5		0.11
SOLVENTES (UN LT LIMPIA 2 MOLDES DE TRES KG)	LT	0.175	2		0.35
				TOTAL	7.25
MANO DE OBRA:					
OFICIAL + AYUDANTE (REND. 128 KG/JOR)	JOR	0.008	100.74		0.81
				TOTAL	0.81
EQUIPO Y HERRAMIENTA:					
MOLDE PARA ANGULO 2 MTS. DE LONGITUD	PZA	0.0066	22		1.45
HERRAMIENTA MENOR	% M.O.	15 %	0.81		0.13
				TOTAL	1.58
TOTAL A COSTO DIRECTO					9.64

(NUEVE NUEVOS PESOS 64/100)

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
ANGULO III

TABLA 4.4

Elaboración de ángulo tipo L de lados iguales de 63.5 mm con resina epóxica y reforzada con fibra de vidrio con un área de sección de 11.16 cm² y un espesor de la placa de 9.5 mm. elaborado con molde para perfil de 2 mts. (incluye vaciado, desmoldado y apilado en el mismo taller)

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO POR P.U. Ns	KILOGRAMO	IMPORTE Ns
MATERIALES:					
RESINA EPOXICA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO (3% DESPERDICIO)	KG	1.03	6.6		6.8
ANTIADHERENTE (UN LT DESMOLDA 55 KG)	LT	0.018	5		0.9
SOLVENTES (UN LT LIMPIA 2 MOLDES DE CUATRO KG)	LT	0.125	2		0.25
			TOTAL		7.14
MANO DE OBRA:					
OFICIAL + AYUDANTE (REND. 128 KG/JOR)	JOR	0.008	100.74		0.81
			TOTAL		0.81
EQUIPO Y HERRAMIENTA:					
MOLDE PARA ANGULO 2 MTS. DE LONGITUD	PZA	0.005	200		1
HERRAMIENTA MENOR	% M.O.	15 %	0.81		0.13
			TOTAL		1.13
TOTAL A COSTO DIRECTO					9.07

(NUEVE NUEVOS PESOS 7/100)

Los costos de operación, el nivel anual de ventas considerando, que toda la producción de la empresa se vende en el mercado y la eficiencia de operación de los próximos 10 años (horizonte de planeación que utiliza la empresa), se muestran en la siguiente tabla 4.5.

TABLA 4.5

AÑO	EFICIENCIA	VENTAS (Tn/Año)	M.O.D. \$/Tn N\$	MATERIALES \$/Tn N\$	MAQ. Y EQ. \$/Tn N\$
1	70%	24.3	\$1.151	\$7.253	\$1.579
2	80%	27.8	\$1.008	\$7.253	\$1.579
3	90%	31.3	\$ 896	\$7.253	\$1.579
4	100%	34.8	\$ 806	\$7.253	\$1.579
5-10	100%	34.8	\$ 806	\$7.253	\$1.579

(HORIZONTE DE PLANEACION)

Se sabe que los gastos por concepto de costos indirectos serán de N\$ 201,792 al año.

Se estima que la tasa de impuestos para esta empresa es del 30% y considerando a los CETES a 28 días con un rendimiento de 12% anual como tasa de rendimiento mínima atractiva (TREMA) se estima un precio de venta de N\$17,280 por tonelada. Además se tendrá un valor de rescate de 100% para el activo circulante al final de los 10 años.

Es necesario realizar un análisis de sensibilidad del proyecto de inversión para conocer la verdadera rentabilidad del proyecto.

Para la información anterior, la tabla 4.6 muestra los

flujos de efectivo después de impuestos que promete generar esta propuesta de inversión. Para estos flujos, la tasa interna de rendimiento (TIR) que se calculó, por medio de iteraciones es de 31.78% puesto que la $TIR > TREMA$

TABLA 4.6

AÑO	FLUJO DE EFECTIVO ANTES DE IMPUESTOS N\$	GRAVABLE	IMPUESTOS	FLUJO DE EFECTIVO DESPUES DE IMPUESTOS N\$
0	\$-50.000			\$-50.000
1	\$-24.475			\$-24.475
2	\$ 5.040	\$ 5.040	\$ 1.512	\$ 3.528
3	\$ 34.585	\$ 34.585	\$ 10.375	\$ 24.209
4	\$ 64.150	\$ 64.150	\$ 19.245	\$ 44.905
5	\$ 64.150	\$ 64.150	\$ 19.245	\$ 44.905
6	\$ 64.150	\$ 64.150	\$ 19.245	\$ 44.905
7	\$ 64.150	\$ 64.150	\$ 19.245	\$ 44.905
8	\$ 64.150	\$ 64.150	\$ 19.245	\$ 44.905
9	\$ 64.150	\$ 64.150	\$ 19.245	\$ 44.905
10	\$ 64.150	\$ 64.150	\$ 19.245	\$ 44.905
10	\$ 50.000			\$ 50.000

(FLUJO DE EFECTIVO DESPUES DE IMPUESTOS)

vale la pena emprender este nuevo proyecto de inversión. Sin embargo, la

TIR de este proyecto sería de 31.78%, si todas las estimaciones que se hicieron conforme a los parámetros del proyecto fueran correctas. Si el precio de venta por tonelada es menor de N\$

17,280 entonces la TIR del proyecto disminuye. La TIR del proyecto también disminuye, si los costos directos por tonelada se incrementan. Por consiguiente, es recomendable analizar la sensibilidad de la TIR de este proyecto a cambios en el precio unitario de venta y cambios en los costos directos.

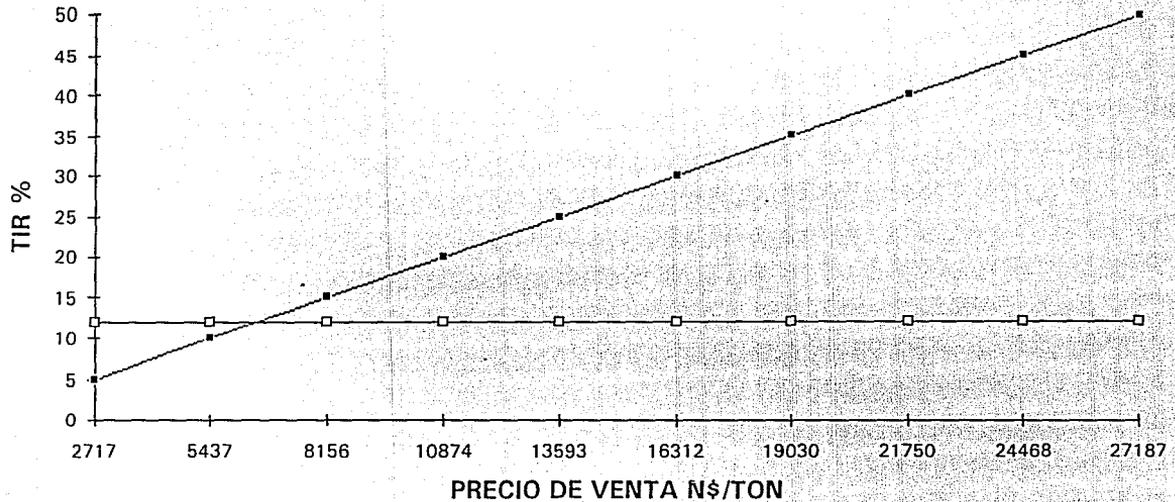
La sensibilidad de la TIR a cambios en el precio unitario de venta, se muestra en la figura 4.7. En esta figura, se puede apreciar que el proyecto es atractivo o aceptable, si el precio de venta por tonelada es mayor que N\$ 6,340. Por consiguiente, si se considera muy probable que el precio de venta por tonelada sea mayor que este valor, entonces se recomienda seguir adelante con este proyecto. La recomendación anterior es válida, si las estimaciones de los demás parámetros son correctas.

Como los costos directos representan arriba del 55 % de los costos totales, cualquier variación en ellos repercutirá grandemente en la TIR del proyecto. La figura 4.8 muestra la sensibilidad de la TIR, a cambios en los costos directos. En esta figura se puede apreciar que si todas las demás estimaciones (producción, nivel de ventas, precio de venta, indirectos, etc...) son correctas, el proyecto de inversión puede observar hasta un 20% de aumento en los costos directos. También, en la misma figura, se puede observar que si los costos directos disminuyen un 15%, la TIR obtenida sería de aproximadamente 47%.

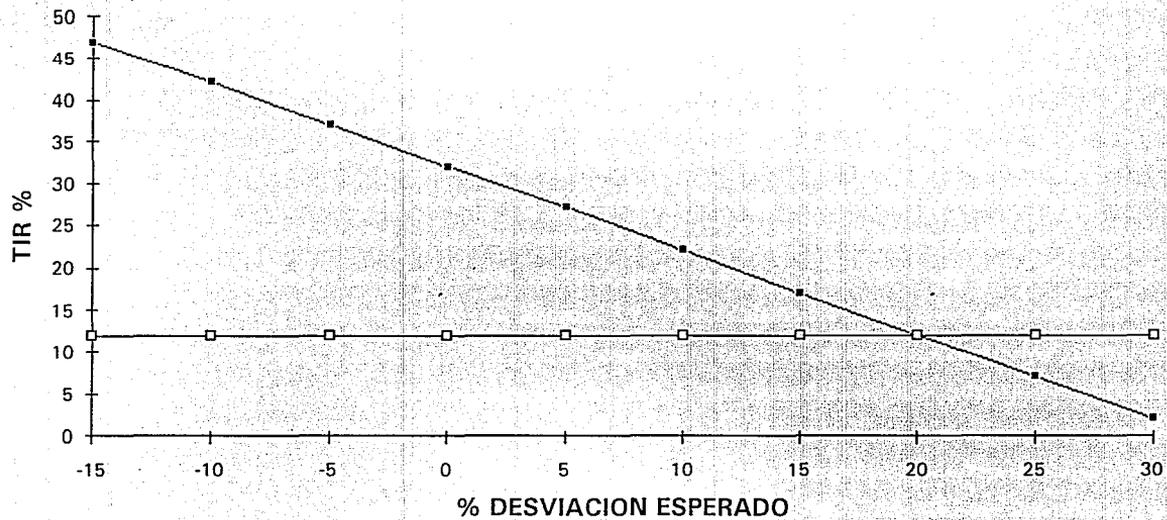
Finalmente, la figura 4.9 muestra la sensibilidad de la TIR a cambios en el precio unitario de venta y a cambios en los costos directos. En esta figura, se puede apreciar que la TIR es

más sensible a cambios en los costos. También, en esta figura se puede observar que si el precio de venta real es menor que el estimado, en una cantidad mayor que 20%, entonces el proyecto de inversión deja de ser atractivo o aceptable.

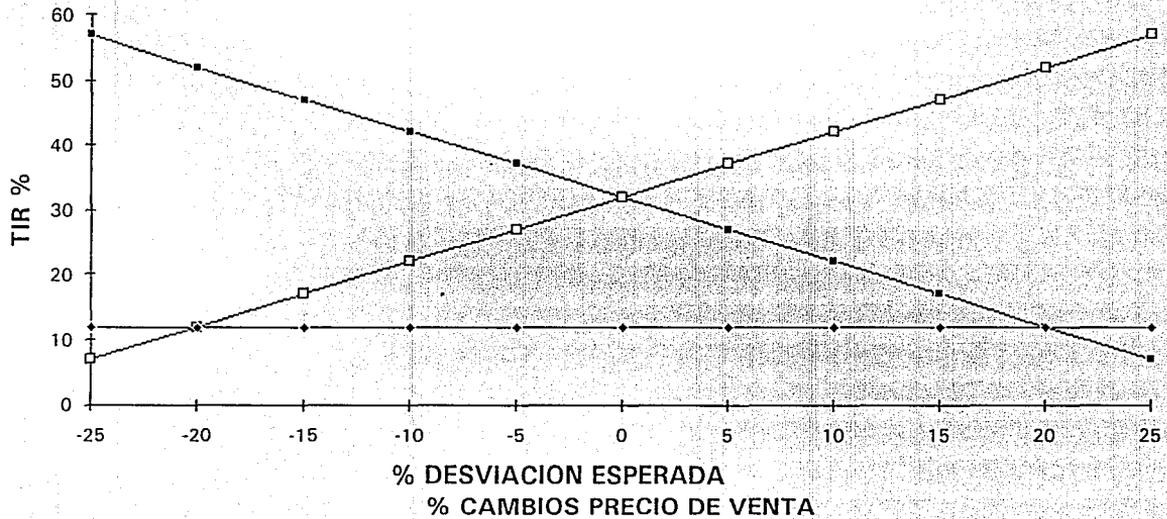
SENSIBILIDAD DE LA TIR CAMBIOS EN EL PRECIO DE VENTA



SENSIBILIDAD DE LA TIR VARIACIONES EN COSTOS DIRECTOS



SENSIBILIDAD DE LA TIR A CAMBIOS EN PRECIO DE VENTA Y C.D.



Toda la información aquí contenida es ficticia, con fines demostrativos exclusivamente.

El mercado que se va a analizar, es el de las armaduras. El material convencional que se utiliza actualmente en la construcción de armaduras es el acero. El objetivo principal es el de introducir en el mercado un nuevo material "el plástico", para este caso, basados en los estudios realizados, el epoxi es la resina más adecuada para la elaboración de armaduras bajo carga estática, en períodos relativamente largos. Las características que influyen en cuanto a competitividad para la elaboración de armaduras, son las siguientes: densidad, resistencia axial, precio y el procesamiento. Respecto a dichas características se resume lo siguiente:

a) densidad: Basados en pruebas realizadas por la A.S.T.M., el epoxi es en general cuatro veces más ligero que el acero.

b) resistencia a compresión y tensión: También, pruebas realizadas por la A.S.T.M. muestran que el acero con bajo contenido de carbón, es generalmente tres veces más resistente que el epoxi.

c) precio: El precio del epoxi para este caso es cuatro veces mayor al del acero.

d) procesamiento: el proceso para la elaboración de perfiles de epoxi es mucho más sencillo y económico.

Debido a esto podemos concluir que el epoxi como material

para la elaboración de armaduras con perfiles plásticos no cumple con las características competitivas necesarias dentro de la construcción, ésto es, porque el precio dentro de este mercado es un factor decisivo para la adquisición de los materiales que se empleen y como el precio es demasiado alto, no podrá competir con el del acero.

Sin embargo, un mercado en el que el perfil plástico podría penetrar con gran facilidad es el de estructuras aparentes que no soporten grandes sollicitaciones como por ejemplo las tridilosas que son utilizadas de forma ornamental en diversas estructuras. Existe una amplia gama de plásticos, lo que permite escoger el más conveniente en cuanto a precio, debido a que la característica de resistencia ya no es un factor primordial que impida el uso de un plástico en especial. En este caso por sus características, el nylon es el material que mejor cubre los objetivos de este tipo de armaduras.

5.1 MEZCLA DE MERCADOTECNIA

La mezcla de mercadotecnia, se compone de cuatro puntos: producto, precio, promoción y plaza.

1) Producto: Perfil plástico de nylon producido por extrusión que sirve para realizar armaduras tridimensionales que tienen por objeto el dar un mejor aspecto a las obras terminadas como por ejemplo techos de tiendas de autoservicio, centros comerciales, hoteles, y todo aquél lugar público, en donde la

imagen es muy importante para la atracción de clientes potenciales. Los perfiles que se manejan dentro de nuestra línea de productos, sirven para elaborar tridillosas que libran claros de hasta diez metros, sin embargo, cuando el cliente requiera de un claro de mayor dimensión (hasta veinte metros) se considerará como "pedido especial".

Como un servicio adicional al producto, se ofrece una garantía de cinco años desde el momento de la entrega y colocación. La vida útil del producto es de veinte años.

Se maneja una amplia gama de colores a escoger por el Cliente, como son el negro, rojo, azul, verde, café y blanco, y otros colores bajo pedido.

Como características del producto es importante destacar la fácil instalación, sin necesidad de mano de obra especializada y que el proceso de elaboración por extrusión, al ser extremadamente barato permite un precio de venta accesible.

2) Precio: El precio de venta del producto es de N\$ 9.50 por kilo aproximadamente. Dependiendo del color que el cliente escoja y el tipo de sección que se requiera, el precio puede llegar a variar pero sin embargo, dentro de éste se incluye la elaboración y colocación siempre y cuando sea en la zona metropolitana.

3) Promoción: La mezcla promocional se va a elaborar de la siguiente manera:

- Se publicará en una revista especializada "OBRAS" cada mes, un anuncio de un octavo de página con lo que se podrá

llegar a ingenieros y arquitectos. Además, al estar inscritos en las cámaras "Nacional de la Industria de la construcción" y "Nacional de la Industria del plástico", se puede hacer promoción con cargos preferenciales en ciertas publicaciones de dichas cámaras. La publicidad en revistas especializadas es una forma de promoción que permite contactar a Clientes que podrían considerarse como preferenciales, ya que manejan grandes volúmenes de obra y tienen a su cargo proyectos muy importantes, como centros comerciales, hoteles y diversos lugares públicos, dichos Clientes, al mismo tiempo que representan para nosotros una venta que proporciona altas remuneraciones, el tipo de proyectos que manejan, tienen la característica de hacer publicidad por si solos, lo cual nos permite contactar a otros Clientes como por ejemplo sus mismos competidores directos.

- Anuncios una vez al mes, de un octavo de página en el periódico "Excelsior", para poder llegar al público en general. Este medio publicitario, es uno de los que mayor alcance tienen, por lo cual se considera como una inversión de gran importancia para la subsistencia de Perplas.

- En la Feria Anual de la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción, se piensa incluir un stand, para la promoción del producto ya que es totalmente innovador, en el cual se instalará una pequeña tridilosa para que el público pueda conocer el producto. De esta manera se podrán contactar numerosos Clientes potenciales. Se repartirán tarjetas del gerente general y de la misma manera, se recogerán tarjetas de los posibles

Clientes que se muestren interesados en establecer una relación comercial con la empresa. Se contratará un servicio de dos edecanes para un mejor servicio en el stand. Aún cuando el precio del stand es muy elevado, consideramos que con sólo una vez que se instale, se podrán conseguir muchos Clientes, ya que las ferias son muy visitadas cada vez que son realizadas y de esta manera se recuperará rápidamente la inversión de este proyecto.

- Como otro factor promocional, en el caso de Clientes preferenciales, se les obsequiarán regalos en la temporada navideña.

Esta mezcla promocional se considera como la óptima para Perplas, considerando tanto los aspectos económicos como los objetivos de la misma empresa.

La venta del producto, se realiza por medio del gerente general que estará al pendiente de las llamadas de Clientes potenciales que se presenten. Cuando entra una llamada, el gerente otorga una cita en la misma empresa o en el lugar de la obra, eso dependerá de lo que las necesidades del cliente.

4) Plaza: Los puntos importantes a destacar en lo que es plaza son los siguientes:

- El punto de venta es el lugar de Perplas que estará ubicado en la zona metropolitana del Distrito Federal.

-La disposición de la empresa está conformado por una bodega, en donde se encuentra instalada la maquinaria, y una oficina para el gerente general y la secretaria.

- La distribución física del producto será por medio de una camioneta pick up, propiedad de la empresa.

- En la bodega, se utilizará una sección exclusiva para el almacenaje del producto terminado, aún cuando también se trabaje por pedidos en los casos de ventas de altos volúmenes o casos especiales.

5.2 IMPACTO SOCIAL

Las actitudes (sentimientos emocionales) de los Clientes hacia un producto, representan un factor que proporciona un éxito rotundo o un fracaso total.

Enfocándonos a nuestro producto, como es totalmente innovador el mexicano, tomando en cuenta la cultura de éste, se considera como una persona un tanto difícil, en cuanto a la adopción de nuevos productos o sistemas por la falta de credibilidad hacia el buen funcionamiento o la calidad de éste, sobre todo en el área de la construcción. Esto lleva a una difícil aceptación a nuevos métodos que difieren de los sistemas convencionales que le transmiten mayor seguridad.

Sin embargo, aún cuando en un principio costará un poco de tiempo que se acepte nuestro producto, la publicidad y la calidad del producto terminará convenciendo a los clientes potenciales que la compra de éste, le proporcionará muchas satisfacciones.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A lo largo de la historia, se han utilizado diferentes materiales para la construcción, estos materiales no han sufrido grandes modificaciones a través de su desarrollo y uso, pero es hasta el siglo XX que comienza un proceso muy acelerado en la creación de nuevas tecnologías. Estos materiales requieren de nuevas características, debido a las exigencias del desarrollo moderno, y surgen materiales como los metales que vienen a suplir las antiguas estructuras de madera, su uso se extiende hasta en la industria de la aviación.

Los plásticos comienzan un crecimiento acelerado, debido a la necesidad de obtener materiales mucho más ligeros que pueden llegar a competir en resistencia con los metales y aun, mejorar en general por mucho el comportamiento de éstos. Es a finales del siglo XX que surge la industria aeroespacial que por la complejidad de los requerimientos que intervienen en los materiales de sus proyectos, se crea una nueva generación de materiales, generalmente compuestos que cumplen con propiedades nunca ántes imaginadas.

Los plásticos forman parte importante de nuestra vida diaria y a través del apoyo que se da para su desarrollo, surgen nuevas metodologías y aplicaciones que amplían el campo de los materiales en las construcción.

Aunque las investigaciones realizadas en la creación de nuevas tecnologías en los países como México son casi nulas,

apoyados en toda la información de países desarrollados, se tiene la capacidad para generar nuevas alternativas.

En esta tesis, se muestra la metodología para el desarrollo de cualquier aplicación con materiales plásticos. Estas aplicaciones generalmente no son desarrolladas en el ámbito estructural dentro del campo de la Ingeniería civil debido al alto costo que significa, principalmente la materia prima para su elaboración.

Los plásticos generalmente, compiten contra los metales. La principal desventaja de los metales, es su alto peso específico que los convierte en partes muy pesadas para sus aplicaciones, a diferencia de los plásticos con pesos específicos muy por debajo de los metales. El principal problema al que se enfrentan los plásticos es su comportamiento viscoelástico que modifica la respuesta mecánica de los plásticos, dependiendo de gran variedad de factores; principalmente la temperatura, tipo de carga y tiempo bajo la carga. Esto obliga a que la investigación de cualquier aplicación, utilice otros tipos de pruebas, algunas muy diferentes a las de cualquier material conocido, como son las pruebas creep realizadas específicamente para plásticos.

La resistencia en general de los plásticos, muy baja comparada con la de los metales, crea la necesidad de reforzarlos con fibras. Estos materiales compuestos son generalmente de muy alto precio y por ésto, están limitados cuando se quieren soportar cargas estáticas muy grandes. Pues a través de la vida útil de la pieza bajo la carga, el esfuerzo resistente de la

pieza se ve disminuido poco a poco pero de forma continua, hasta una deformación irreversible o la ruptura.

El uso del plástico como material estructural y específicamente en miembros de armaduras, es posible como se demuestra en esta tesis. El principal problema para su aplicación es el alto costo que representa su producción. Esto es debido a que el diseño, se realiza con los módulos obtenidos de pruebas creep, que simulan el comportamiento real de los plásticos bajo cargas estáticas. Estos módulos son cada vez más pequeños a través del tiempo y para una vida útil de más de cinco años (las obras civiles tienen una vida útil generalmente mucho mayor a los cinco años) son muy bajos, propiciando que para soportar los esfuerzos estáticos aplicados a un miembro, se necesiten áreas transversales muy grandes, aumentando de manera considerable el volumen del material y por consiguiente su precio.

Otra desventaja que es notable en los plásticos para uso en armaduras, es su poca rigidez, provocando deformaciones notables y, para miembros esbeltos existe demasiada tendencia al pandeo en cargas a compresión. Siendo por ésto recomendable, el uso de miembros lo más corto posibles.

El plástico podría ser competitivo, si fuera diseñado para estructuras que soportaran cargas instantáneas, aplicadas con una frecuencia tal, que se diera el tiempo suficiente para la recuperación total del material. Así, se usarían los módulos creep más altos de las gráficas, usándose secciones transversales mucho menores que las aplicadas en casos bajo cargas estáticas.

El análisis económico comprueba que el negocio de la producción de perfiles es muy rentable y deja grandes ganancias, ésto sería verdadero, si todos los parámetros considerados fueran reales; existe un parámetro que es completamente ficticio y por el cual, emprender un proyecto de esta magnitud implicaría grandes pérdidas. Este es, el volumen de ventas esperado, que se consideró igual al volumen de producción, el cual no es real, debido a que nadie compraría un material que es mucho mas caro que el material con el que compite.

Basados en el estudio de mercado, se demuestra que una posible solución para la aplicación del plástico en la construcción, sería en estructuras aparentes que no soporten cargas. Para este tipo de proyectos, sería mas fácil entrar en el mercado, además de tener un proceso de selección, diseño y producción, mucho mas simple y económico que la mayoría de los materiales con los que compite.

APENDICE 1

ENSAYO "CREEP"

La mayoría de los ensayos de alargamiento lento, o creep, se efectúan a base de tensión, siendo el tipo de probeta, similar al del ensayo de tensión normal. Casi todos los ensayos creep, se llevan a cabo bajo condiciones de carga constante, empleando pesos muertos que actúan por medio de un sistema de palancas. Para medir el alargamiento que se produce durante el ensayo, se usa generalmente un extensómetro del tipo de espejo, anotándose las lecturas del aparato a intervalos regulares de tiempo, hasta que se han obtenido todos los datos requeridos o hasta que se rompe la probeta, dependiendo de ello, si el objetivo del ensayo es determinar el alargamiento por unidad de tiempo, o bien, el alargamiento total por tensión elástica. Alrededor de la probeta se monta un horno tubular, siendo esencial que la temperatura se mantenga uniforme a lo largo de la longitud calibrada de la probeta y, además, que sea constante mientras dure el ensayo. Una de las dificultades de las pruebas creep es que un sólo ensayo, puede tardar mucho tiempo en complementarse (10000 horas, ésto es 417 días), siendo muy difícil pretender la extrapolación, partiendo de los resultados relativamente cortos de tiempo, para estimar el comportamiento probable de un material, a lo largo de un período de servicio de 10 o 20 años.

Los modernos laboratorios de ensayos creep, pueden tener en servicio continuo, cientos de máquinas de ensayo de alargamiento lento.

APENDICE 2

ENSAYO DE TENSION EN LOS MATERIALES PLASTICOS

El ensayo de tensión de los materiales plásticos, suele efectuarse de una forma análoga al de los metales. No obstante, muchos plásticos son más sensibles a la velocidad de deformación que los metales, por lo que se recomienda, en las publicaciones relativas a las normas pertinentes, que el ensayo se lleve a cabo con valores de deformación relativamente altos. Al contrario de los metales, muchos termoplásticos se comportan como si se estiraran en frío, durante un ensayo de tensión, y, en estos casos, se especifica un valor para la tensión de alargamiento, la cual viene dada por la relación:

tensión de alargamiento = carga de alargamiento/sección transversal.

Las curvas de esfuerzo deformación, obtenidas para muchos materiales plásticos, no presentan deformación proporcional (porción recta), o bien, muestran un comportamiento inicial de acuerdo con la ley de Hooke con valores muy bajos de la carga aplicada. En estos casos, ofrecería muchas dificultades, o sería prácticamente imposible obtener un valor del módulo de Young. El valor que se da como módulo de elasticidad, E, en los plásticos es, de hecho, un módulo de la secante, que se obtiene determinando la tensión correspondiente a un valor de 0.2 % de deformación.

Muchos termoplásticos se alargan considerablemente, durante el ensayo de tensión, pero existe una gran proporción de

recuperación casi instantánea de la deformación, tan pronto se rompe la probeta. El valor del alargamiento en tanto por ciento, se denomina alargamiento de ruptura y se determina, anotando la distancia entre marcas de calibrado en el momento de la fractura, y no poniendo juntas después del ensayo en las dos partes fracturadas, como en el caso de los metales.

APENDICE 3

ENSAYO DE COMPRESION

Para efectuar el ensayo de compresión en los materiales, suele tomarse una pequeña probeta cilíndrica, con una relación de altura/diámetro que no exceda de 3/1. Con probetas que superen esta relación, se corre el riesgo de que se doblen bajo la carga. Los ensayos de compresión, raramente se llevan a cabo con materiales dúctiles porque los resultados obtenidos son de escaso valor. Una dificultad que ofrece este ensayo, se debe al rozamiento elevado entre los extremos de la probeta y los platos de la máquina de ensayo, rozamiento que al limitar el ensanchamiento de la probeta, da lugar a que se produzca una forma de barril. El ensayo de compresión se usa principalmente para determinar la resistencia de los sólidos frágiles. En el ensayo de tensión, es comparativamente fácil comparar elementos de sujeción de la probeta que se alineen por sí mismos, a fin de que pueda transmitirse una fuerza puramente axial a la pieza de ensayo. En el caso del ensayo de compresión, es más difícil obtener condiciones de carga completamente axial, por lo que debe

lograrse el posicionamiento preciso de la pieza de ensayo y el centrado exacto de la muestra, sobre los platos de carga de la máquina. El ensayo de compresión, se usa algunas veces, como medio de determinar las propiedades de tensión de un sólido frágil, tal como un material cerámico. En este caso, la muestra es de forma de disco circular, el cual es sometido a compresión diametral.

APENDICE 4

CALCULO DEL FACTOR DE SALARIO REAL PARA SALARIOS MINIMOS

CONCEPTO	OPERACIONES	TOTAL ANUAL PAGADO
SALARIO BASE	1.00	
PERCEPCION ANUAL	1.00 X 365.25	365.25
PRIMA VACACIONAL	1.00 X 6 X 0.25	1.5
GRATIFICACION ANUAL	1.00 X 15	15
TOTAL DEVENGADO ANUAL	SALARIO INTEGRADO	381.5
CUOTA I.M.S.S.	381.75 X 0.2461	93.96
GUARDERIA I.M.S.S.	381.75 X 0.01	3.82
IMPUESTO REMUNERACIONES PAGADAS	381.75 X 0.01	3.82
IMPUESTO DEL 2% SOBRE NOMINA	381.75 X 0.02	7.64
CUOTA INFONAVIT	NO SE APLICA	
OTROS IMPUESTOS	NO SE APLICA	
SUMA PAGADA ANUAL		490.98

* DIAS NO LABORABLES

DOMINGOS	52
SABADOS	19
1 DE ENERO	1
5 DE FEBRERO	1
21 DE MARZO	1
1 DE MAYO	1
16 DE SEPTIEMBRE	1
20 DE NOVIEMBRE	1
25 DE DICIEMBRE	1
VACACIONES MINIMAS	6
DIAS DE COSTUMBRE	3
DIAS DE ENFERMEDAD	3
MAL TIEMPO	3
OTROS	0
6 DE JULIO DE C/TRES ANOS	0.33
1 DICIEMBRE C/6 ANOS	0.17
SUMA DIAS NO LABORABLES	93.5

DIAS PAGADOS	365.25
DIAS LABORADOS	365.25 - 93.50 = 271.75

FACTOR DE SALARIO REAL PARA SALARIOS IGUALES AL MINIMO	SUMA PAGADA ANUAL	
	-----	= 1.4046
	DIAS LABORADOS	

CONTINUACION APENDICE 4

CALCULO DEL FACTOR DE SALARIO REAL PARA SALARIOS MAYORES AL MINIMO

C O N C E P T O	OPERACIONES	TOTAL ANUAL PAGADO
SALARIO BASE	1.00	
PERCEPCION ANUAL	1.00 X 365.25	365.25
PRIMA VACACIONAL	1.00 X 6 X 0.25	1.5
GRATIFICACION ANUAL	1.00 X 15	15
TOTAL DEVENGADO ANUAL	SALARIO INTEGRADO	381.5
CUOTA I.M.S.S.	381.75 X 0.00	0.00
GUARDERIA I.M.S.S.	381.75 X 0.00	0.00
IMPUESTO REMUNERACIONES PAGADAS	381.75 X 0.00	0.00
IMPUESTO DEL 2% SOBRE NOMINA	381.75 X 0.00	0.00
CUOTA INFONAVIT	NO SE APLICA	
OTROS IMPUESTOS	NO SE APLICA	
SUMA PAGADA ANUAL		0.00

* DIAS NO LABORABLES

DOMINGOS	52
SABADOS	19
1 DE ENERO	1
5 DE FEBRERO	1
21 DE MARZO	1
1 DE MAYO	1
16 DE SEPTIEMBRE	1
20 DE NOVIEMBRE	1
25 DE DICIEMBRE	1
VACACIONES MINIMAS	6
DIAS DE COSTUMBRE	3
DIAS DE ENFERMEDAD	3
MAL TIEMPO	3
OTROS	0
6 DE JULIO DE C/TRES ANOS	0.33
1 DICIEMBRE C/6 ANOS	0.17
SUMA DIAS NO LABORABLES	93.5

DIAS PAGADOS	365.25
DIAS LABORADOS	365.25 - 93.50 = 271.75

FACTOR DE SALARIO REAL PARA SALARIOS MAYORES AL MINIMO	SUMA PAGADA ANUAL ----- DIAS LABORADOS	= 1.4046
--	--	----------

BIBLIOGRAFIA

EDWARD V. KRICK

Introducción a la ingeniería y al diseño en la ingeniería
Editorial Limusa, México D.F. 1986 Segunda edición

NORMAN DAVEY

Historia de la construcción
Editorial Jano, Barcelona 1964 Primera edición

MODERN PLASTICS ENCYCLOPEDIA 1986-87

Editorial Mc Graw Hill, New York NY 1986 Primera Edición

RONALD R. ASKELAND

La ciencia e ingeniería de los materiales
Grupo Editorial Iberoamerica México D.F. 1987 Primera edición

PETER A. THORNTON/VITO J. COLAGENO

Ciencia de materiales para ingeniería
Editorial Prentice Hall Hispanoamérica, México D.F. 1987
Primera edición

DOYLE, KEYSER, LEACH, SCHARDER Y SINGER

Materiales y procesos de manufactura para ingenieros
Editorial Prentice Hall Hispanoamérica, México D.F. 1988
Primera edición

WILLIAM F. SMITH

Materials science and engineering

Editorial Mc Graw Hill, U.S.A. 1986 Primera Edición

V.B. JOHN

Conocimiento de materiales en ingeniería

Editorial Gustavo Gili, Barcelona 1976 Primera edición

IGNACIO M. LIZARRAGA GAUDRY

Estructuras Isostáticas

Editorial Tesiscentro, México D.F. 1988 Primera edición

HARRY PARKER

Diseño simplificado de armaduras de techo para arquitectos
y constructores

Editorial Limusa, México D.F. 1991 Primera edición

S. TIMOSHENKO / D.H. YOUNG

Elementos de resistencia de materiales

Editorial Montaner y Simon, Barcelona 1970 Primera edición

FERDINAND P. BEER Y E. RUSELL JOHNSTON, JR

Mecánica vectorial para ingenieros, Estática

Editorial Mc Graw Hill, México 1984 Cuarta edición

SUAREZ SALAZAR

Costo y tiempo en edificación

Editorial Limusa, México D.F. 1987 Tercera Edición

RAUL GONZALEZ MELENDEZ

Manual de costos para constructores Junio 1991

Editorial Centro de Precios Unitarios Prisma, México D.F.

Primera edición

RAUL COSS BU

Análisis y evaluación de proyectos de inversión

Editorial Limusa, México D.F. 1987 Segunda edición

WILLIAM J. STANTON

Fundamentos de mercadotecnia

Editorial Mc Graw Hill, México D.F. 1985 Tercera edición