

**OBTENCIÓN, EVALUACIÓN Y APLICACIÓN DE RESINAS DE POLIÉSTER
MAGNÉTICAS**

PROYECTO DE GRADO

Por:

Carlos Uriel López Oliveros

Código 1953345

Daniel David Mejía Ordóñez

Código 1973341

Director:

Ramiro Augusto Salazar L.

Ingeniero Químico, Ph. D.

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BUCARAMANGA**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	1
1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	2
1.1 Resinas de poliéster	2
1.2 Agentes reforzantes	3
1.2.1 Cargas reforzantes magnéticas	
1.3 Gelificación y endurecimiento	5
1.4 Resinas Preaceleradas	6
1.5 Reacción de curado	6
1.6 Características de diferentes sistemas de curado	9
1.7 Factores que influyen en el tiempo de gelificación	9
1.8 Cargas	10
1.9 Resinas flexibles	10
1.10 Mezclado	11
1.11 Aplicaciones de resinas de poliéster sin refuerzo	11
1.12 Moldeo por contacto	12
1.12.1 Moldes y modelos	
1.12.2 Gel Coat.	
1.12.3 Agentes desmoldantes y de cierre.	
1.12.4 Curado asistido por calor.	
1.12.5 Desmoldeo.	
1.12.6 Postcurado.	
1.12.7 Condiciones de trabajo.	
1.13 Control de calidad	14
1.13.1 Fallas Corrientes	
1.13.2 Reparaciones	
1.14 Control de variables	16
1.15 Guía de seguridad para resinas de poliéster insaturado	17
1.15.1 Toxicidad	17
1.15.2 Polimerización	18
1.15.3 Precauciones generales recomendadas	18

2. PARTE EXPERIMENTAL	19
2.1 Descripción de operaciones involucradas	19
2.1.1 Molienda	
2.1.2 Mezclado	
2.1.3 Moldeado	
2.1.4 Vaciado y curado	
2.1.5 Polarización	
2.2 Pruebas Realizadas.....	21
2.2.1 Inducción remanente	
2.2.2 Adherencia	
2.2.3 Densidad	
2.2.4 Resistencia a la tracción y alargamiento	
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
3.1 Evaluación de la propiedad magnética	24
3.2 Evaluación de la propiedad de adherencia	25
3.3 Evaluación de la propiedad de tensión.	26
3.4 Evaluación de la propiedad de compresión	27
3.5 Evaluación de la prueba de impacto	28
3.6 Evaluación de la densidad.....	29
3.7 Estudio de mercado para las resinas de poliéster.....	29
4. CONCLUSIONES.....	31
5. BIBLIOGRAFÍA.....	32

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Imanes de ferrita de bario y estroncio

Figura 2. Variación temperatura Vs tiempo en reacción de curado de resinas Cristalán.

Figura 3. Curado en frío de una resina de poliéster corriente (sin carga).

Figura 5. Inducción remanente de muestras de resinas de poliéster magnético

Figura 6. Adherencia en resinas magnéticas

Figura 7. Ensayo de tracción y elongación de resinas magnéticas

Figura 8. Prueba de compresión de resinas magnéticas.

Figura 9. Prueba de resistencia al impacto.

Figura 10. Procedencia de la resina consumida en Colombia

Figura 11. Volumen de consumo anual de resina en Colombia

Figura 12. Nivel de calidad de la resina de poliéster consumida industrialmente en Colombia

Figura 13. Destino de los productos fabricados en Colombia con resina de poliéster reforzada

Figura 14. Producción de productos poliméricos (tabla 7) en el año 2000 Unidades: producción X 10^9 Kg

Figura 15. Muestra cualitativa de la propiedad adherente y magnética de las resinas.

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades típicas de la resina de poliéster sin carga.

Tabla 2. Propiedades de la ferrita de bario y ferrita de estroncio

Tabla 3. Formulación de una resina de poliéster sin carga.

Tabla 4. Características de los diferentes sistemas de curado.

Tabla 6. Datos experimentales de Inducción magnética.

Tabla 7. Datos experimentales de prueba de adherencia.

Tabla 8. Datos experimentales de ensayo de tracción y elongación.

Tabla 9. Datos experimentales del ensayo de compresión.

Tabla10. Datos experimentales del ensayo de resistencia al impacto.

Tabla 11. Densidad de muestras de resinas magnéticas

Tabla 17. Estratos de consumo industrial de resinas comerciales de poliéster reforzado

Tabla 19. Selección de la muestra

Tabla 20. Procedencia de la resina consumida en Colombia

Tabla 21. Volumen de consumo anual de resina en Colombia

Tabla 22. Nivel de calidad de la resina de poliéster consumida industrialmente en Colombia

Tabla 23. Destino de los productos fabricados en Colombia con resina de poliéster reforzada

Tabla 24. Producción de polímeros en USA (2000)

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO 1. Estrategias para el análisis de mercado para la resina

ANEXO 2. Resultados de la encuesta

ANEXO 3. Encuesta a consumidores industriales

RESUMEN

TITULO: OBTENCIÓN, EVALUACIÓN Y APLICACIÓN DE RESINAS DE POLIÉSTER MAGNÉTICAS¹

AUTORES: CARLOS URIEL LOPEZ OLIVEROS Y DANIEL DAVID MEJÍA ORDÓÑEZ^{**}

PALABRAS CLAVES: Resinas. Preaceleradas. Poliéster. Magnéticas. Obtención. Evaluación. Propiedades.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:

Actualmente las resinas de poliéster están remplazando el uso del metal, vidrio y madera, ya que estas tienen propiedades fisicomecánicas afines. Se ha venido tratando de incorporar materiales de refuerzo para mejorar tales propiedades. Este trabajo es una forma de cómo adicionar ferrita de bario y estroncio como carga de relleno magnético, obteniéndose el material mediante el método de moldeo por contacto en frío y a baja presión para obtener tales mejorías y adicionar una nueva propiedad magnética, comportándose la resina como un imán permanente y rígido teniendo en cuenta su reacción de curado, bajo estudio de los diferentes factores de proceso como de los ambientales, para la obtención de un material óptimo, con especial cuidado en las fases del moldeo y la forma del modelo.

Al tiempo mediante una encuesta se hace un sondeo para analizar el impacto en el mercado del producto, encontrando posibles múltiples aplicaciones siendo el uso artesanal y de decoración el de mayor impacto en Colombia, junto con otras variables que inciden en su costo de producción.

Alcanzándose el objetivo de la mejora en las propiedades, es un reto para la ingeniería encontrar la forma de cómo mejorar la resistencia de la resina al ataque de hidrocarburos, aceites, ácidos y grasas.

¹ Tesis de grado.

^{**} Facultad de Ingenierías fisicoquímicas. Ingeniería Química. Director: Ing. Ph. D. Ramiro Salazar L.

ABSTRACT

TITLE: OBTAINING, EVALUATION AND APPLICATION OF MAGNETIC RESINS OF POLYESTER *

AUTHORS: CARLOS URIEL LÓPEZ OLIVEROS AND DANIEL DAVID MEJÍA ORDÓÑEZ **

PASSWORDS: Resins. **Quick Pre**. Polyester. Magnetic. Obtaining. Evaluation. Estates.

DESCRIPTION OR CONTENT:

At the moment the polyester resins are substituting the use of the metal, glass and wood, since these they have physical-mechanical estates you tune. One has come trying to incorporate reinforcement materials to improve such estates. This work is a way of like a adding is east work ferrite of barium and strontium like magnetica load of filling, obtaining the material by means of method of moulding by contact in cold and to low pressure to obtain such improvements and to add a new magnetic property, behaving the resin like a permanent and rigid imam. Considering its cured reaction of under study of the different factors of the process like from the environmental ones, for the obtaining of an optimal material, with special taken care of in the phases of the moulding and the form of the model.

At the time by means of a survey a poll is made to analyze the impact in the market of the product, finding possible multiple applications being the handmade use and of decoration that of more impact in Colombia, together with other variables that impact in its cost of production.

Being reached the objective of the improvement in the estates, it is a challenge for the engineering to find the form of how to improve the resistance from the resin to the attack of hydrocarbons, oils, acids and fats.

* Grade thesis.

** Ability of physiochemical Engineerings. Chemical engineering. Director: Engineer Ph. D. Ramiro Salazar L.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el empleo de materiales plásticos reforzados se ha diversificado ya sea por sus propiedades físico-mecánicas o por sus bajos costos de producción. El objetivo de este trabajo es el de incorporar a una resina comercial propiedades magnéticas para mejorar la adherencia entre metales y la resina formada, esto se logra gracias al campo magnético ejercido este tipo de resina.

Las propiedades magnéticas serán suministradas mediante la adición de ferrita de bario y estroncio durante el proceso de mezclado con la resina y los reactivos necesarios en el proceso de obtención. La ferrita de bario y la ferrita de estroncio con formula molecular $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ y $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ respectivamente, se comportan como imanes permanentes y son de gran aplicación industrial debido a su excepcional relación calidad / precio.

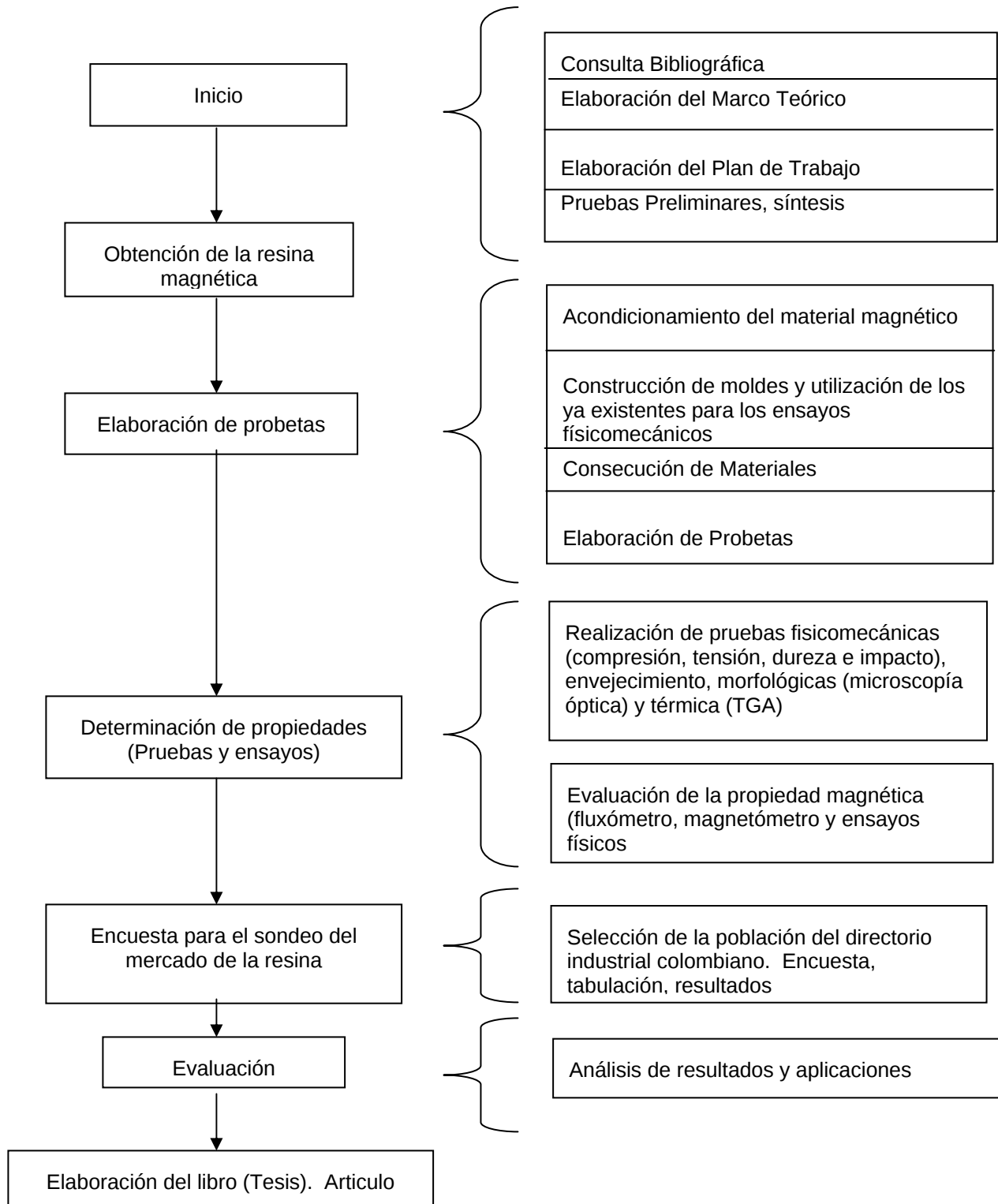
El magnetismo es una de las propiedades más estudiadas y con más aplicaciones en el campo de la ingeniería. La idea de agregar compuestos ferromagnéticos o ferromagnéticos pulverizados a otros materiales surgió en la década de los sesenta con la búsqueda de crear un fluido coloidal con propiedades ferromagnéticas. Estos fluidos consisten en partículas finamente divididas de magnetita o cobalto suspendidas en un medio aceitoso, como el kerosene, otorgándole al coloide propiedades muy interesantes cuando se le coloca en un campo magnético.

Esta idea tuvo mucha acogida a nivel industrial y la investigación se extendió hasta otro tipo de materiales, donde encontramos los poliésteres. Posteriormente las investigaciones tomaron dirección al estudio de sus propiedades. Es necesario anotar que dentro de los materiales con los cuales se ha elaborado compuestos magnéticos mediante la adición de compuestos ferromagnéticos o ferromagnéticos se encuentra el PVC. Estos productos hoy son utilizados en para publicidad y en artículos domésticos.

El objetivo de este trabajo es obtener y evaluar la resina magnética, estudiando la influencia de cada uno de los factores presentes en el proceso (fracciones másicas de los reactivos, condiciones de temperatura, tiempo de operación, tiempo de fraguado, etc.). Estas influencias se evaluarán mediante las mediciones de las propiedades del producto obtenido, escogiendo los valores que indican un producto de mayor calidad. Igualmente sus posibles aplicaciones se determinarán según la relación que se desee entre las propiedades magnéticas y mecánicas.

La investigación de mercado del producto, se enmarca dentro de un estudio exploratorio. Su impacto es prospectivo, porque busca la identificación de un futuro probable y deseable, que depende únicamente del conocimiento que se tiene sobre los usos y aplicaciones del producto en la industria, además identifica las alternativas (escenarios futuros) que posibilitarán el análisis y toma de decisiones sobre proyectos, estrategias y nuevos productos o productos de próxima generación.

METODOLOGIA

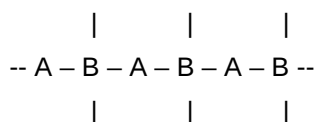


1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

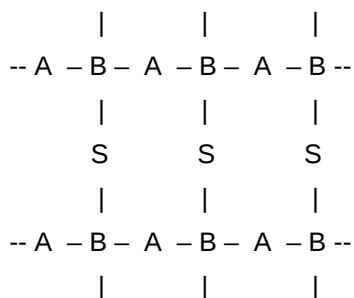
1.1 Resinas de poliéster

Las resinas Cristalán son resinas de poliéster no saturado, significa esto que son resinas que pueden endurecerse pasando del estado líquido al sólido cuando se les somete a las debidas condiciones. Estas resinas son liquidas. Consisten en una solución de un poliéster en un monómero, que generalmente es estireno. El estireno desempeña la función vital de permitir a la resina endurecerse del estado líquido al sólido, por reticulación de las cadenas moleculares del poliéster, sin generación de subproductos. Puede moldearse, pues, sin el uso de presión. Son resinas de moldeo por contacto a baja presión.

Las cadenas moleculares de poliéster pueden presentarse como sigue:



Mediante la adición de estireno – S –, y en presencia de un catalizador y agente acelerador, el estireno entrelaza las cadenas del polímero formando una red tridimensional muy compleja, como la siguiente:



La resina de poliéster se dice entonces que ha fraguado o curado, es decir, se ha endurecido convirtiéndose entonces en un material sólido resistente a los ataques químicos y generalmente dura. La reticulación o proceso de curado es lo que se llama polimerización. Se trata de una reacción química irreversible. En tabla 1 se presenta alguna de las propiedades de la resina de poliéster sin carga.

PESO ESPECIFICO	1.28
DUREZA, ROCKWELL escala M	110
DUREZA BARCOL(GYZJ 934-1)	50
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	55MN/m ²

RESISTENCIA A LA COMRESIÓN	140 MN/m ²
RESISTENCIA AL IMPACTO. Izo	2 KJ/m ²
MODULO DE YOUNG	3.5 GN/m ²
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	2%
CONDUCTIVIDAD TERMICA	2.3 KJ/Kg/°C
COEFICIENTE DE DILATACIÓN LINEAL	0.0000006 /°C
ABSORCIÓN DE AGUA, 24h a 20C	0.15%

Tabla 1. Propiedades típicas de la resina de poliéster sin carga.

Tomado del manual de aplicaciones de poliéster reforzado con fibra de vidrio.
Andercol S.A.

1.2 Agentes reforzantes

Los agentes reforzantes son los encargados de crear nuevas fuerzas de atracción intermoleculares (en forma artificial), con el fin de que una resina cristalina, pueda ser utilizada en aplicaciones superiores. Se emplean por razones preferentemente técnicas, para modificar la resistencia mecánica, la resistencia a la rotura, al desgarro y a la abrasión.

Un agente reforzante es un material formado por partículas muy finas, tan pequeñas y de superficie tan irregular (o rugosa) que pueden atraer las moléculas de las resinas y vincularlas posteriormente a su estado sólido.

Los agentes reforzantes pueden impartir protección frente al calor y la luz, contra los ácidos, las grasas, los aceites, el agua, los compuestos cáusticos y en general contra numerosas acciones adversas que el producto puede encontrar en servicio, si se eligen bien y se utilizan en las proporciones adecuadas.

El plástico reforzado es un material compuesto por una resina resiliente y duradera combinada con un material fuerte de relleno fibra fuerte. La resina constituye el componente principal y normalmente es una resina de poliéster.

El plástico reforzado es un material de construcción ligero, duradero y extraordinariamente duro, con el que puede construirse toda clase de productos. Puede ser translúcido, opaco o de color, plano o de determinadas formas, y espesor delgado o grueso. Prácticamente no existen límites de tamaño en los objetos que puedan hacerse con este material.

1.2.1 Cargas reforzantes magnéticas

Las cargas de materiales magnéticos no son comúnmente utilizadas en la elaboración de productos de resinas. El presente estudio incorpora materiales magnéticos, específicamente ferrita de bario y de estroncio como carga de relleno con el fin de obtener propiedades magnéticas que mejoren la adherencia a metales en el producto final.

Las ferritas son materiales denominados ferromagnéticos, cuya formula es $MO \cdot (Fe_2O_3)_n$, donde M es un ion de un metal divalente; son compuestos cerámicos con excelentes propiedades magnéticas que les permite ser utilizados como imanes permanentes. La ferrita de Bario $BaFe_{12}O_{19}$ y la ferrita de estroncio $SrFe_{12}O_{19}$ fueron patentadas en 1952 por la Organización Phillips en Holanda con el nombre de *Ferroxdure* y son los materiales magnéticos más difundido por su excepcional relación calidad / precio. La ferrita está compuesta por una mezcla de óxido de hierro y carbonato de bario (o estroncio) y se obtiene a través de un proceso de sinterización en seco o en húmedo.

Las propiedades magnéticas como la fuerza coercitiva y los valores de BH_{max} de las ferritas son altos pero se pueden incrementar con un tratamiento anisotrópico que consiste en prensar el polvo que se va a sinterizar en presencia de un campo magnético, el cual alinea su momento magnético en una dirección. Su gran fuerza coercitiva y elevada resistividad eléctrica hace que el material sea especialmente apropiado para aquellas aplicaciones en que están presentes grandes fuerzas imantadoras o campos de alta frecuencia; su bajo costo lo hace aceptable para los equipos de mantenimiento.

A continuación se muestran las propiedades más relevantes de la ferrita de bario y de la ferrita de estroncio:

Propiedad		Valor	
		BaFe ₁₂ O ₁₉	SrFe ₁₂ O ₁₉
Energía Máxima de Atracción BH _{max}		8 kJ/m ³	28 kJ/m ³
		1 MOe	3.5 Moe
Inducción Remanente B _r		215 mT	385 mT
		2150 Gauss	3850 Gauss
Fuerza Coercitiva H _C	H _{C_B}	135 kA/m	250 kA/m
		1.750 kOe	3140 kOe
	H _{C_J}	220 kA/m	260 kA/m
		2.760 kOe	3270 kOe
Permeabilidad		1.20 Gauss/Oe	1.10 Gauss/Oe
Densidad		4.8 g /cm ³	4.8 g /cm ³
Temperatura de Curie		450 °C	450 °C
Temperatura Máxima de Operación		250°C	250°C
Dureza		6-7 Mohs	6-7 Mohs
Modulo de Elasticidad		0.15 N/mm ²	0.15 N/mm ²

Resistencia a la compresión	700 N/mm ²	700 N/mm ²
Resistencia a la Tracción	50 N/mm ²	50 N/mm ²
Resistencia a la Flexión	55 N/mm ²	55 N/mm ²
Coeficiente de Dilatación	10 10 ⁻⁶ m/K	10 10 ⁻⁶ m/K
Resistencia eléctrica específica	> 10 ⁴ Ωm	> 10 ⁴ Ωm

Tabla 2. *Propiedades de la ferrita de bario y ferrita de estroncio*
Tomado de Electrometría de materiales magnéticos. Karcz, Andrés.

En la práctica, a menudo se emplean ferritas mezcladas, pues se pueden elegir estos materiales para que formen una combinación con una magnetoestricción y una anisotropía cristalina bajas, lo que permite obtener permeabilidades más altas que con las ferritas puras, aunque puede que bajen los valores de saturación (inducción remanente). La saturación también se ve afectada con la elevación de la temperatura, ya que se produce una agitación térmica que descompone la alineación de los dipolos magnéticos, de esta manera la saturación desciende continuamente a medida que sube la temperatura, y lo hace con rapidez al acercarse al punto de Curie, donde cambia el comportamiento magnético del material; la ferrita cambia su comportamiento ferromagnético a paramagnético.



Figura 1. *Imanes de ferrita de bario y estroncio*

1.3 Gelificación y endurecimiento

- Uso de catalizadores y aceleradores

Para producir un objeto moldeado o laminado, una resina de poliéster tiene que fraguar, que es el proceso general de gelificación o coagulación y endurecimiento. Se consigue esto o bien mediante el uso de un catalizador y calor o a la temperatura normal del cuarto de trabajo empleando un catalizador y un agente acelerante. Los catalizadores para las resinas de poliéster son generalmente peróxidos orgánicos, los catalizadores puros son inestables químicamente y susceptibles de descomponerse con violencia explosiva. Se suministran por eso en forma de dispersión en pasta o Líquida en un plastificante, o en forma de polvo en una carga inerte.

Los catalizadores mas utilizados son el metil etil cetona peróxido o MEK peróxido y el benzoil peróxido o BPO. El peróxido de benzoilo, puede ser adquirido 100°/o puro o en solución al 50°/o en dibutil ftalato. El peróxido de metil etil cetona (MEK peróxido)

se vende en una solución al 50% en dimetil ftalato. Se utilizan diferentes sistemas de acelerador y catalizador de la siguiente manera:

- Sistemas a base de BPO: cuando se utiliza el BPO son más eficientes las aminas terciarias siendo más efectiva la dimetilanilina (DMA) que la dietilanilina (DEA).
- Sistemas a base de MEK peróxido: para los sistemas catalizados con MEK Peróxido, es más común utilizar sales organometálicas de cobalto como el SECAN 726(naftenato de cobalto) o el SECAN 706(octoato de cobalto).

Cuando se usa un acelerador basado en una amina terciaria por sí misma conduce a tiempos de gelificación y de curado excesivamente largos a temperatura ambiente. Por eso cuando se desee utilizar una amina terciaria es práctico que el sistema iniciador sea una mezcla de una sal de cobalto y una amina. Los catalizadores y aceleradores nunca deben mezclarse directamente el uno con el otro. La reacción puede ser explosiva.

1.4 Resinas Preaceleradas

Muchas resinas comerciales Cristalán se suministran con un sistema acelerador previamente incorporado, controlado de modo que produzca las características de gelificación y endurecimiento más adecuadas para el fabricante. Estas resinas solo precisan la adición de un catalizador para que comience la reacción de fraguado a la temperatura ambiente.

1.5 Reacción de curado

El curado de una resina de poliéster comienza en cuanto se le agrega un catalizador adecuado. La velocidad de la reacción depende de la resina y de la actividad del catalizador. Sin la adición de un acelerador, calor o radiación ultravioleta, la resina tiene una duración en el envase de horas o a veces días. Esta velocidad de curación es demasiado lenta para los fines prácticos, así que en condiciones de temperatura ambiente es corriente añadir un acelerador para que la reacción se desenvuelva de forma más rápida. La cantidad de acelerador que se añade determina el tiempo que tarda en gelificarse la resina y la velocidad de endurecimiento.

Para muchos procesos puede resultar indeseable la duración limitada de la resina catalizada en el recipiente y en esas condiciones es conveniente añadir la cantidad requerida de acelerador a la resina antes que nada. La resina con el acelerador incorporado se conserva utilizable durante muchos días o hasta semanas. Puede catalizarse entonces pequeñas cantidades de esta mezcla a medida que se necesite. Los catalizadores líquidos son generalmente más adecuados para esta técnica.

La reacción es exotérmica, y la temperatura de la resina puede aumentar hasta más de 150°C en un vaciado sin carga, Pero en un laminado el aumento de temperatura es bastante menor. Incluso cuando se cura la resina con calor empleando sólo catalizador, se produce aun así un aumento de temperatura. La curva exotérmica de un vaciado corriente. Se muestra en la Gráfica 2. Existen tres fases bien diferenciadas en la reacción de curado:

- **Tiempo de gelificación.** Es el tiempo que transcurre desde la adición del acelerador hasta que la resina cuaja formando un gel blando.

- **Tiempo de endurecimiento.** Es el tiempo que transcurre desde que fragua la resina hasta el punto en que este lo bastante dura para que el objeto moldeado o el laminado pueda retirarse del molde.
- **Tiempo de maduración.** Este tiempo puede ser de horas, viarios días o hasta semanas, dependiendo de la resina y del sistema de curado, y es el tiempo que tarda el objeto moldeado o laminado en adquirir su plena dureza, resistencia química y estabilidad. La maduración puede tener lugar a la temperatura del cuarto de trabajo o puede acelerarse mediante postcurado.

Siempre que sea posible es ventajoso, en el caso de aplicaciones críticas, el dejar que el objeto moldeado o laminado “madure” a la temperatura del cuarto de trabajo durante por lo menos 24 horas antes del postcurado, especialmente si la temperatura de este último proceso es superior a 50 °C.

Las propiedades de la resina se mejoran mediante el postcurado. La disminución de la absorción de agua se consigue gracias a la mejora del curado del laminado, a diversos intervalos después de la gelificación. En las aplicaciones que precisen la máxima resistencia del calor son esenciales las fases de postcurado, preferiblemente en etapas de temperaturas crecientes hasta alcanzar la temperatura a que vaya a estar sometido el objeto. Una cantidad de acelerador demasiada baja origina resinas subcuradas y a la vez una baja cantidad de catalizador no permite la obtención de una cura completa de la resina.

El tiempo de gel, pico exotérmico, tiempo de desmoldeo de una resina puede ser ajustado a través de una dosis adecuada de catalizadores y aceleradores. Una dosis excesiva de catalizador puede bloquear o neutralizar la reacción de curado, produciendo así una resina subcurada.

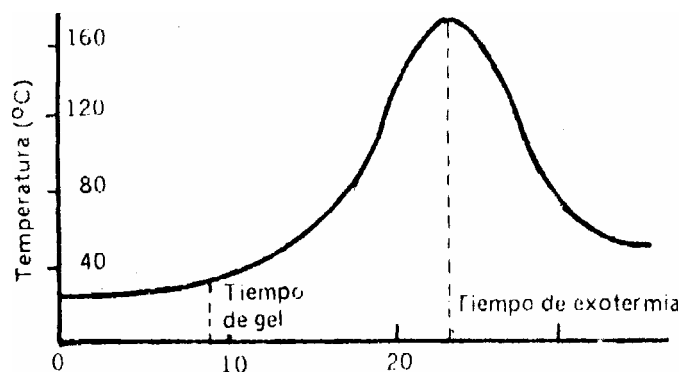


Figura 2. Variación temperatura Vs tiempo reacción de curado de resinas Cristalán.

Tomado del manual de aplicaciones de poliéster reforzado con fibra de vidrio.
Andercol S.A.

En la gráfica podemos observar que durante algunos minutos, 10 a 15 aproximadamente, la temperatura de la resina no varía, durante ese tiempo está en estado líquido y se puede aplicar pasado este periodo de tiempo la resina se vuelve sólida y por lo tanto, no puede aplicarse.

El tiempo de gel debe ser mayor para laminados grandes que para laminados pequeños y debe ser suficiente para permitir la humectación y el asentamiento de la fibra de vidrio en el molde.

Después del tiempo de gel, la temperatura de la masa comienza a subir hasta alcanzar la máxima temperatura (pico exotérmico), después del cual la temperatura comienza a bajar. El tiempo de gel debe regularse variando el contenido de acelerador y no alterando la cantidad de catalizador.

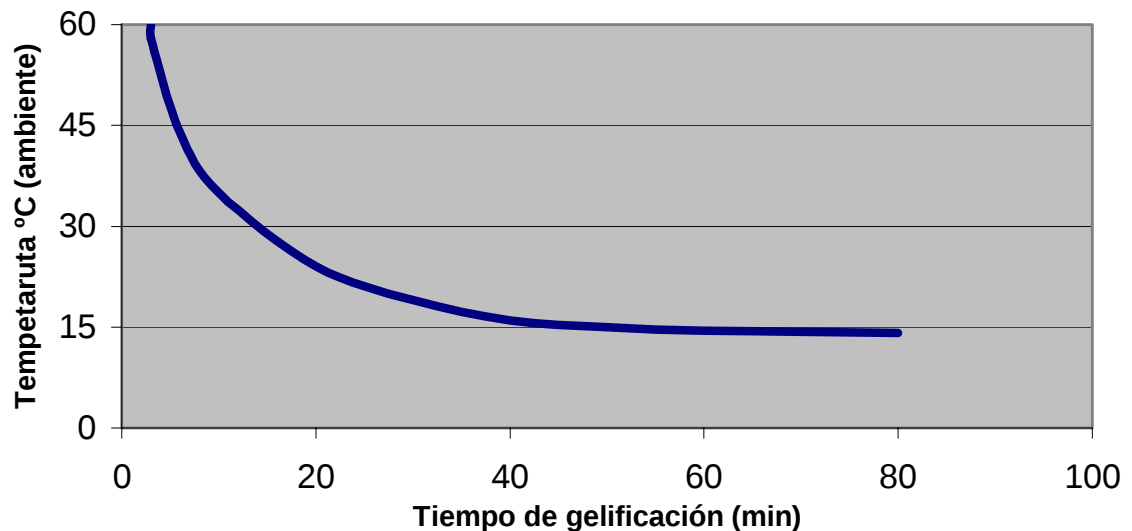


Figura. 3 .Curado en frío de una resina de poliéster corriente (sin carga).

Tomado del manual de aplicaciones de poliéster reforzado con fibra de vidrio. Andercol S.A.

Componente	Concentración por 100 partes de resina
Resina de poliéster	100 partes
Mekperóxido	1.0 partes
Octoato de cobalto	0.5 partes

Tabla 3. Formulación de una resina de poliéster sin carga.

Tomado del manual de aplicaciones de poliéster reforzado con fibra de vidrio. Andercol S.A.

1.6 Características de diferentes sistemas de curado

BPO + DMA BPO + DEA	Laminados amarillentos .Más resistencia a rayos solares. Tactosidad en la superficie expuesta. Poco curado en laminados de poco espesor.
Mek peróxido + cobalto	Baja tactosidad superficial. Usado para curar gel cotas y laminados de poco espesor. Considerado el mejor sistema “universal” para un curado en frío.
Mek peróxido + cobalto + DMA	Todas las características del anterior sistema. Laminados amarillentos y tiempo de gel corto.
Mek peróxido + cobalto + BPO	Todas las características del mek peróxido + cobalto. Tiempote gel largo y un curado rápido.

Tabla 4. Características de los diferentes sistemas de curado.

Tomado del manual de aplicaciones de poliéster reforzado con fibra de vidrio. Andercol S.A.

1.7 Factores que influyen en el tiempo de gelificación

- **Contenido de catalizador.** Cuando menos catalizador se use más tiempo tardará la resina en solidificarse. El uso de insuficiente catalizador conduce a que los objetos moldeados salgan insuficientemente curados.
- **Contenido de acelerador.** Cuando menos acelerador se emplea mas tarda en solidificarse la resina. Cuando hay insuficiente acelerador para activar el catalizador, la resina puede quedar sin curar o puede endurecerse con demasiada lentitud.
- **Temperatura ambiente.** Cuanto menor sea la temperatura, mayor es el tiempo que tarda en solidificarse la resina. El curado a menos de 15 °C puede dar lugar a que quede insuficientemente curada.
- **Volumen de resina.** Cuando mayor sea el volumen de resina, menor es el tiempo de gelificación. Por ejemplo, un cubo vaciado de 25 mm se solidifica más de prisa que un laminado de 2 mm usando la misma formulación.
- **Pérdida del monómero por evaporación.** Es imprescindible tener suficiente monómero en la resina para que se produzca una polimerización adecuada. Cuando haya que formar laminados de grandes superficies, se recomienda pues, que se haga gelificar la resina rápidamente.
- **Elección de cargas cuando se usen.** La mayoría de las cargas prolongan el tiempo de gelificación.
- **Contenido de pigmentos.** Algunos pigmentos prolongan el tiempo de gelificación, mientras que otros lo acortan. El efecto de los pigmentos que no se hayan recomendado específicamente para resinas de poliésteres debe constatare por tanto, antes de usarlos. No debe agregarse más cantidad de pigmentos que la que sea absolutamente necesaria para lograr la profundidad de color u opacidad que se desee. Puede usarse hasta 10% en peso.

- **La demora entre la adición del catalizador y la adición del acelerador.** Cuando más tiempo se haya tenido guardada la resina acelerada, menor es el tiempo de gelificación.
- **Presencia de inhibidores.** Estos son compuestos de los que pequeñas trazas bastan para contaminar la reacción de polimerización y pueden impedir que consigan curar del todo el plástico. La mayoría de los inhibidores comunes son fenoles, polvo de resina de fenolformaldehído, azufre, caucho, cobre y sales de cobre, la mayoría de las formas del negro de humo y el metanol.

1.8 Cargas

Las cargas minerales adquirieron mala reputación desde el principio de ser introducidas en la industria de los plásticos reforzados, debido mayormente al uso de piedra calcárea crudamente molida. Estas “cargas” se emplearon en proporciones excesivas con el único fin de reducir el precio de los artículos moldeados, sin que se prestara atención al serio deterioro de las propiedades de resistencia mecánica que ello traiga consigo. Pero hoy en día existen en el mercado varias cargas minerales que se prestan particularmente para su uso en los objetos moldeados de plástico reforzado. Efectivamente, está reconocido ahora que el ahorro que resulta del uso de una carga es de importancia secundaria en comparación con la mejora de las propiedades que pueden conseguirse.

Las cargas de carbonato cálcico tratadas superficialmente sobre todo los tipos cristalinos, están empleándose ahora extensamente en la industria del plástico reforzado, y los principales fabricantes pueden recomendar grados para muchas aplicaciones. Otras cargas que pueden usarse con las resinas de poliéster incluyen las microesferas de vidrio, que varían de tamaño desde 20 hasta 5000 μ y el aserrín empleado en la fabricación de muebles de poliéster.

Pero como regla general conviene mantener lo más bajo posible el contenido de carga. Si hay que utilizar carga finamente dividida, no debe incluirse carga de minerales en mayor proporción en 25% en peso de la resina. Para superficies decorativas pueden usarse mayores cantidades de agregados minerales bastos, siempre que el pH del agregado no sea mayor de 8,5.

1.9 Resinas flexibles

Para algunas aplicaciones, especialmente en masillas e industria eléctrica, es necesario agregar una resina flexibilizante para aumentar su flexibilidad, tenacidad y elasticidad y al mismo tiempo reducir la fragilidad. Existen resinas que han sido desarrolladas especialmente para este fin y pueden ser utilizadas como cualquier resinas, mientras que la adición de ellas incrementará la flexibilidad, tenacidad y elasticidad, tiene un efecto adverso sobre otras propiedades, sobre todo, la resistencia al agua.

Es necesario, pues estudiar, cuidadosamente para cada aplicación hasta que punto una disminución de estas propiedades puede estar justificada por las mejores en las otras.

1.10 Mezclado

Todos los materiales que entran en la composición deben dispersarse bien en la resina, ya que una mezcla inadecuada puede conducir a la obtención de artículos defectuosos. El orden de mezcla del catalizador y acelerador depende de la aplicación particular y del sistema de curado que se emplee.

1.11 Aplicaciones de resinas de poliéster sin refuerzo

- **Masillas.** Las masillas basadas en resinas de poliéster están empleándose crecientemente en la reparación de carrocerías de automóviles, así como para reparar piezas de plásticos reforzados y otras donde se necesita una rápida completación. Estos compuestos son una mezcla de resinas de poliéster y rellenos y tienen como propiedades principales su fácil uso, curado rápido y largo tiempo de almacenamiento.
- **Recubrimiento De Superficies.** Las resinas de poliésteres se usan extensamente en el recubrimiento de maderas, en la fabricación de muebles, cajas de aparatos de radio y TV y otras aplicaciones similares. Las resinas se formulan de modo que se obtengan acabados con una sola capa, tanto como brillantes como mates, aplicándolas con brocha, por recubrimiento de “cortinas” o por proyección con pistola. El procedimiento corriente, después de dar a la madera una mano de imprimación, es aplicar la resina en una máquina de recubrir, por cortina empleando un material con fórmula que permita el fragüe en frío.

Después de que la resina se ha endurecido se procede a aligarla y pulirla. Puede obtenerse así un acabado extremadamente duro y brillante.

- **Fabricación De Botones Por Vaciado.** Prácticamente todos los botones para camisas y blusas, y muchos de tamaños más grandes se hacen de resina de poliéster. No hay ninguna otra materia plástica que pueda usarse económicamente para hacer botones y que pueda soportar el lavado y planchado repetidos.
- **Vaciados Y Encapsulados.** Las resinas de poliéster pueden usarse para ocluir especímenes botánicos y zoológicos, pueden vaciarse sin dificultar bloques de la transparencia del cristal, que a menudo sirven para preservar rasgos especiales del espécimen que no podrían conservarse de otra forma.
- **Juntas de tuberías.** En los países industrializados están usándose cantidades considerables de resinas de poliéster para vaciar aros alrededor de los extremos de los tubos de desagüe fabricados de arcilla vidriada con el uso de una junta de goma es posible unir entonces cada sección de tubería muy rápidamente sin el uso de cemento.
- **Concreto polimérico o policoncreto.** Los morteros de resinas sintéticas son combinaciones de resinas reactivas, tales como las resinas de poliéster insaturado, diferentes agentes de reacción y posiblemente diluyentes reactivos, que curan a temperatura ambiente con agregados secos tales como

grava, arena, cuarzo en polvo o triturado, mármol en polvo y en algunos casos pigmentos estables a la luz.

- **Mármol sintético.** El mármol sintético es considerado como producto artificial que reemplaza el mármol natural en aplicaciones sanitarias y decorativas. Su costo por unidad es mucho mas bajo que el natural y además puede fabricarse en diseños, formas y tamaños ilimitados.

1.12 Moldeo por contacto

El moldeo por contacto es el principal método de fabricación empleado en la industria de los plásticos reforzados. Normalmente se emplea para series de producción relativamente cortas, pero también se ha adaptado con éxito para la producción en serie. Es el único método de producción que aprovecha plenamente las dos características más importantes de la resina de poliéster, es decir, el hecho de que la resina fragua sin calor y sin presión. En torno al moldeo por contacto se ha desarrollado una industria considerable y sin este método de producción sería imposible la obtención de objetos grandes de plástico moldeados en una pieza.

1.12.1 Moldes y modelos.



Para el moldeo por contacto solo se necesita un molde, que puede ser un molde macho o hembra, dependiendo de cual de las caras del objeto moldeado a de quedar lisa. Los moldes se hacen generalmente de resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio. Un molde de este tipo resulta fuerte, resiliente y ligero de peso.

1.12.2 Gel Coat.

La durabilidad de un objeto moldeado de plástico reforzado depende principalmente de la calidad de superficie expuesta. Conviene adoptar todas las precauciones posibles para impedir que las fibras lleguen muy cerca de esta superficie, donde

puedan ser susceptibles de ser atacadas por la humedad. Se consigue esto formando una zona rica en resina en la superficie de trabajo del laminado, que es lo que se llama "gel coat".

En muchos aspectos el gel coat es la parte más importante del laminado. Es también la más vulnerable. Es preciso, pues, tener especial cuidado en la formulación y aplicación de esta capa. La gel coat puede aplicarse con brocha, rodillo de pintar o por aspersión. El espesor debe regularse con exactitud alrededor de 0.30 a 0.45mm.

1.12.3 Agentes desmoldantes y de cierre.

Debido a que las resinas que se utilizan en los plásticos reforzados poseen buenas propiedades adhesivas y cohesivas, es evidente que deba utilizarse un método para evitar que el producto moldeado quede unido de forma permanente al molde sobre el que ha sido fabricado. Para conseguir la separación se utilizan los agentes de desmoldeo, por definición, un agente de desmoldeo es un material o una sustancia que crea un ángulo de contacto elevado con la superficie cuando se aplica a un sustrato, con lo que evita el mojado del sustrato por cualquier material que se aplique sobre él. Entre los agentes desmoldantes externos más utilizados están el alcohol polivinílico y las ceras carnaubas o siliconas.

En el moldeo por contacto a mano, la mayor parte de los agentes de desmoldeo se aplican directamente al molde. Estos no forman parte del grupo de "agentes de desmoldeo interno". Cuando se aplican ceras se debe sacar brillo al molde para evitar que la cera libre emerja sobre el laminado y ponga en contacto a este con el molde.

1.12.4 Curado asistido por calor.

El curado en frío puede acelerarse mediante la aplicación de calor moderado al objeto que se está moldeando. La temperatura debe aumentarse poco a poco para evitar la evaporación del estireno la formación de vejigas. Para la gel coat la temperatura debe aumentarse hasta 30 – 35 °C, medida en el molde. Una vez que esta capa ha fraguado, puede ser necesario que dejar que se enfríe el molde antes de seguir adelante. Después de que haya fraguado la resina puede aumentarse la temperatura poco a poco hasta alrededor de 60 °C y mantenerse así durante alrededor de una hora. Antes de sacar el objeto del molde, es preciso dejarlo que se enfríe.

1.12.5 Desmoldeo.

A no ser que el objeto moldeado sea de una forma compleja, el desprendimiento del molde será sencillo con tal de que se haya aplicado correctamente el agente de desmoldeo. El borde de laminado debe separarse con cuidado del molde y luego dando un tirón se desprenderá generalmente. En el caso de los moldes de gran espesor, a menudo se ayuda al desprendimiento dando unos cuantos golpes al exterior del molde con un mazo recubierto de goma.

1.12.6 Postcurado.

Los laminados de plástico reforzado pueden tardar varias semanas en alcanzar su plena madurez, y que ese plazo puede reducirse mediante el postcurado durante tres

horas a 80 °C, o durante un tiempo mas largo usando una temperatura más baja. Los mejores resultados se obtienen dejando que el objeto moldeado se estabilice a la temperatura del cuarto de trabajo durante un día o dos antes de pasar al postcurado.

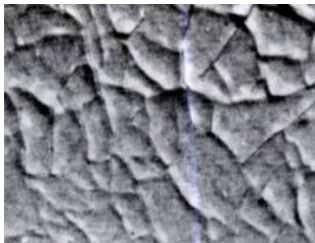
1.12.7 Condiciones de trabajo.

El edificio no debe ser húmedo y deberá estar adecuadamente templado y ventilado. Conviene que haya bastante altura libre y que se disponga de espacio suficiente para todas las operaciones. Debe dividirse en secciones la superficie, a saber: preparación del refuerzo, mezcla de resinas, moldeo, recortado y acabado.

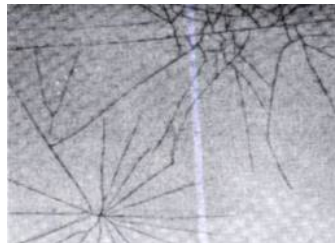
1.13 Control de calidad

1.13.1 Fallas Corrientes

Muchas quejas relacionadas con el aspecto y comportamiento de los objetos moldeados de plástico reforzado emanan de la causa básica de que la resina no está bien curada. El remedio, en cada caso, resultará aparente al analizar las causas.



Cuarteado



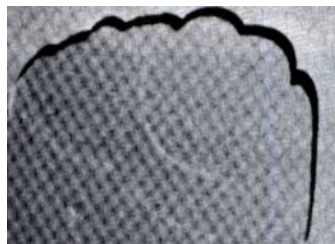
Grietas



Arrugamiento



Picaduras



Mala adherencia del gel coat



Vejigas

Arrugamiento. Este defecto es causado por el ataque disolvente sobre la piel de moldeo por el monómero de la resina de laminación, debido a que el gel coat no está curado. Puede evitarse el arrugamiento asegurándose de que la formulación de la resina es la correcta, que la piel de moldeo no es demasiado delgada, y regulando la temperatura y la humedad y manteniendo el trabajo alejando de sitios donde haya aire en movimiento especialmente aire caliente.

Picadura. La formación de pequeñas cavidades en la superficie es ocasionada por pequeñas burbujas de aire que son atrapadas en la piel de moldeo antes de la gelificación. Ocurre esto cuando la resina es demasiado viscosa, o tiene un gran

contenido de carga, o cuando la resina del gel coat moja imperfectamente el agente de desmoldeo, o cuando la línea de aire comprimido arrastra agua a la aplicación.

Mala adherencia de la resina del gel coat. A no ser que la adherencia del gel coat al laminado de base sea muy mala, este defecto solo se observará cuando se esté manipulando la estructura y se desprendan trozos del gel coat. A veces pueden detectarse zonas de mala adherencia por la presencia de una vejiga, o por haber ondulaciones localizadas en la superficie, cuando se la mira oblicuamente. La mala adherencia del gel coat puede ser ocasionada por la consolidación inadecuada del laminado, la contaminación del gel coat antes de colocar encima la fibra de vidrio o más generalmente, por dejarse curar demasiado tiempo el gel coat.

Manchas. Este defecto se manifiesta en forma de pequeñas manchas por toda la superficie del gel coat del laminado. Generalmente se debe a que uno de los ingredientes de la resina no está debidamente disperso.

Estrías. Este defecto se debe a la flotación del pigmento, y es muy probable que se produzca cuando el color empleado es una mezcla de más de un pigmento. El remedio consiste en mezclar bien la pasta de los pigmentos o usar una pasta distinta.

Vejigas. La presencia de vejigas indica que existe exfoliación dentro del objeto moldeado y que ha quedado atrapado aire o disolvente. Las vejigas que se extienden sobre una superficie considerable también puede ser indicio de que la resina está insuficientemente curada, y este tipo de vejigas puede que no se forme hasta algunos meses después del moldeo.

También puede producirse vejigas si el objeto se somete a una cantidad excesiva de calor radiante durante el curado. Una posible causa de este defecto puede ser el uso de un grado inadecuado de catalizador constituido por peróxido de metiletilcetona. Si por otra parte la vejiga aparece por debajo de la superficie, es probable que se deba haberse mojado imperfectamente la fibra de vidrio por la resina durante la impregnación. La causa de ello estribará seguramente en que se ha dejado transcurrir tiempo insuficiente para que la fibra de vidrio absorba la resina antes de empezar a pasar el rodillo. Las vejigas de esta clase generalmente pueden detectarse al hacer la inspección en cuanto se saca el objeto del molde.

Cuarteado. La superficie puede cuartearse inmediatamente después de la fabricación o puede tardar algunos meses en producirse este defecto. Aparece en forma de grietas finas en la superficie de la resina. Frecuentemente la única evidencia inicial de este defecto es que la resina pierde su brillantez superficial.

El defecto de cuarteado generalmente está relacionado con las zonas ricas en resina y la causa de ello es el uso de una resina o formulación de resina inadecuada en el gel coat. La aplicación adicional de estireno a la resina de gel coat es una causa corriente del defecto. También es posible que la resina de la piel de moldeo esté demasiado

dura con relación a su espesor. En otras palabras, cuanto mas gruesa sea la piel de moldeo más resiliente necesita ser la resina.

El efecto cuarteado que aparece al cabo de algunos meses de exposición a la intemperie o al ataque químico tiene su origen en haberse curado insuficientemente la resina, al uso de demasiada carga, o al uso de una resina que se ha vuelto demasiado flexible.

Otros posibles defectos. Afloramiento de las fibras, ojos de pez, agrietamiento en forma de estrella, porciones internas secas, mala impregnación de la fibra, lixiviación y amarilleo.

1.13.2 Reparaciones

Algunos defectos de moldeo pueden corregirse rápidamente durante la fase de recortado y acabado antes de duplicar la pintura. No presentaran ninguna dificultad, puesto que se dispondrá de todos los materiales y equipos. Toda la resina y refuerzo que estén sueltos deben desalojarse de la zona afectada, debe limpiarse y secarse. A veces será necesario hacer áspera la parte circundante, para conseguir mejor adherencia. Tratándose de daños superficiales, es decir, daños ocasionados solo al gel coat, debe aplicarse resina activada a la parte dañada, dejándola fraguar. Una película de celofán ayuda a menudo a mantener la resina en posición, además de dar a la superficie un acabado liso.

Es aconsejable siempre aplicar una película algo más gruesa de lo necesario, para compensar el encogimiento. Cuando se haya endurecido la parte reparada, puede lijarse la resina para darle el contorno correcto del objeto moldeado. Cuando el daño es demasiado extenso, lo mejor es reparar el objeto volviendo a ponerlo en su molde primitivo.

1.14 Control de variables

Variaciones del contenido de resina. Es esencial trabajar bien el laminado con el rodillo: esta operación deberá consolidar el refuerzo sin perturbar su distribución ni romper las hebras de la fibra de vidrio hasta convertirlas en filamentos.

Corrientes de aire. Causan excesiva pérdida de estireno, lo cual conduce a que el plástico no cure debidamente.

Tiempo de gelificación. Si se prolonga demasiado, la pérdida de estireno por evaporación puede ser excesiva.

Temperatura ambiente. Debe mantenerse constante. Pero si varía, conviene controlar el tiempo de fragüe ajustando el contenido de acelerador y no el contenido de catalizador.

Otras variables de control. Mezcla adecuada de los agentes de curado. Variedad de la densidad en el catalizador líquido, cuando se usa. Intervalo que transcurre entre la adición del catalizador y la adición de acelerador.

1.15 Guía de seguridad para resinas de poliéster insaturado

Los sistemas de resinas de poliéster no son peligrosos cuando se manipulan correctamente. La forma más común de suministro de la resina poliéster es una solución en un monómero insaturado, por ejemplo estireno o metil metacrilato. Algunas soluciones pueden suministrarse con alguno de los siguientes productos: acelerador, agente tixotrópico, pigmentos o rellenos. (Estos últimos son inertes y no afectan el peligro potencial de la resina poliéster). Es ampliamente conocido que no es recomendable suministrar la resina catalizada.

Las soluciones de resina de poliéster pueden transformarse de su estado de suministro a su estado final sólido o curado usando un catalizador, acelerador, calor o radiación ultravioleta. Para prevenir el gelado prematuro fuera de control, se añaden a la solución pequeñas cantidades (a nivel de partes por millón) de inhibidores.

1.15.1 Toxicidad

Por inhalación. En el uso de resinas de poliéster los efectos tóxicos por inhalación son debidos únicamente al monómero solvente o a los solventes usados para la limpieza de instalaciones y equipos.

El estireno en bajas concentraciones en el aire, tiene un olor agradable que a medida que se aumenta la concentración se vuelve molesto. En niveles de 800 ppm o más se convierte en un irritante inmediato de las membranas mucosas y se hace intolerable.

El metil metacrilato tiene un olor dulce agradable a bajas concentraciones y se comporta similarmente al estireno. A altas concentraciones es un poco menos nocivo que el estireno. Los aceleradores se suministran generalmente como soluciones, siendo los solventes monómeros plastificantes o hidrocarburos como varsol o kerosene.

La información anterior se aplica a los disueltos en monómeros ya que los otros solventes poseen una muy baja volatilidad. Las áreas de almacenamiento y de trabajo especialmente, deben estar muy bien ventiladas para disminuir la concentración de tales vapores particularmente cuando se usan moldes semicerrados, por ejemplo, en la fabricación de cascos para botes.

Contacto con la piel. Casi todos los productos químicos, especialmente los solventes y monómeros producen irritación sobre la piel humana y si la exposición o contacto es prolongado, pueden generar una dermatitis.

El estireno y el metil metacrilato remueven la grasa natural que protege la superficie de la piel y por lo tanto la hacen más débil al ataque bacterial. Este comentario es aplicable también a los aceleradores. Debe tenerse especial cuidado con aceleradores en base a aminas.

La piel deberá protegerse con overoles, cremas, guantes y todo cuanto este al alcance del producto deberá cubrirse. Las ropas contaminadas con salpicaduras deberán lavarse completamente antes de su uso.

Por ingestión. La dosis letal de estireno esta en 5 gr / kg de resina y la del metil metacrilato en 9.4 gr / kg de resina. Ambos monómeros caen bajo la clasificación de ligera a moderadamente tóxicos.

Cualquier efecto causado por la ingestión de aceleradores deberá asociarse más con el solvente que con el propio agente acelerador. Estos solventes generalmente caen en la misma clasificación que los monómeros.

Contacto con los ojos. Desde moderados hasta severos efectos pueden ser causados los ojos, tanto si la resina de poliéster como acelerador llega a salpicar los ojos. En caso contacto prolongado, puede producirse opacidad de la córnea.

Fuego y explosión. Los peligros de fuego y explosión con la resina poliéster son debidos al contenido del monómero. La mayoría de las resinas poliéster están clasificadas como altamente inflamables.

Los "flash point" de los dos monómeros más comunes son 31 °C para el estireno y 10°C para metil metacrilato. Las resinas de poliéster que los contengan, tendrán el "flash point" en 32°C y 10°C dependiendo de las respectivas cantidades usadas. Esta información también es aplicable para aquellos aceleradores disueltos en estos monómeros.

1.15.2 Polimerización

Las resinas de poliéster se suministran con inhibidores para prevenir la polimerización prematura. Estos inhibidores pierden su actividad en largos periodos de almacenamiento y este proceso se acelera con calentamiento. La polimerización siempre va acompañada por la generación de calor, la cual a su vez promueve una mayor polimerización. Mientras esto suceda en pequeñas cantidades o en secciones delgadas, no presentan riesgos serios pero en grandes cantidades o secciones muy gruesas, una situación seriamente riesgosa existirá. La polimerización prematura de una gran masa en un envase sellado puede llegar a ser incontrolable y causar explosión. El mismo calor generado por la polimerización sin control puede causar fuego en los vapores altamente inflamables que existan alrededor.

1.15.3 Precauciones generales recomendadas

Consideraciones sobre la salud. Sobre los monómeros es muchísima la bibliografía existente, bien documentada y sin marcadas controversias. Mucho menos extensa es la literatura sobre compuestos órgano-metálicos, las aminas y algunos de los rellenos, además de tener sobre ellos algunas controversias médicas.

Resinas en solución.

- Efectos del vapor de estireno

25 ppm	Olor detectable
100 ppm	Mínimo límite de irritabilidad
200-400 ppm	Efecto irritante pasajero en ojos y nariz
400 – 1000 ppm	mareos, náusea y dolor de cabeza
1000 ppm	Puede provocar pérdida de conocimiento
10000 ppm	Puede causar la muerte en menos de una hora

11500 ppm	Mínimo límite de explosividad
-----------	-------------------------------

- Efectos del metil metacrilato

10 ppm	Olor detectable
--------	-----------------

100 ppm	Mínimo límite de Irritabilidad
---------	--------------------------------

21000 ppm	Mínimo límite de explosividad
-----------	-------------------------------

- Efectos de los aceleradores

Aunque se ha dicho que los compuestos de cobalto producen disturbios gástricos, apariencia sugestiva de fibrosis, chequeo anormal de rayos x a los pulmones, no parece ser que la rápida exposición a pequeñísimas cantidades de estas sustancias durante el manejo y uso de las resinas de poliéster pueda llegar hasta tales consecuencias. Sin embargo, los compuestos de cobalto pueden causar dermatitis alérgica así como también hipersensibilidad de la piel cuando se usa naftenato de cobalto específicamente.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Descripción de operaciones involucradas

En la fabricación del poliéster magnético, se verifican una serie de operaciones, que incluyen la molienda del material magnético, tamizado del material magnético, mezclado de reactivos, moldeo, curado y desmoldeo. A continuación se describirán estas operaciones y se mencionarán los equipos en los que se lleva a cabo cada una.

2.1.1 Molienda

Es el proceso mediante el cual se reduce el tamaño del material magnético a un diámetro de partícula más pequeño, para facilitar su posterior incorporación a la mezcla poliestérica.

Esta operación se lleva a cabo en un molino de bolas donde la reducción del material se hace por impacto y por rozamiento con el medio sólido de molienda (bolas de diferentes diámetros); posteriormente se hace una selección del diámetro de partícula adecuado para el mezclado del material con la mezcla de la resina, mediante el tamizado con mallas (malla 80 serie Tyler), con diámetro promedio de partícula 0.177 mm aproximadamente. Una vez teniendo el material tamizado con un diámetro seleccionado, se tiene cierta cantidad de ferrita disponible para el posterior mezclado con la resina.

2.1.2 Mezclado

Se toma un volumen determinado de resina el cual debe conocerse su peso para luego mediante la siguiente fórmula establecer el porcentaje másico peso a peso sobre el que vayamos a realizar.

$$\% \text{ p/p} = \frac{W_{\text{ferrita}}}{W_{\text{ferrita}} + W_{\text{resina}}} * 100\%$$

Conociendo el peso luego se mezcla la ferrita a la resina ahorrándonos el proceso de adición del acelerador y estabilización, ya que la resina comercial que se compró a Andercol S.A. es del tipo Cristalán preacelerada 856, que es una resina ortoftálica preacelerada, estabilizada y rígida, de uso general.

2.1.3 Moldeado

Se elaboraron moldes metálicos, ya que el metal es un buen conductor de calor y favorece el tiempo de curado, el calor se conserva más tiempo, y es resistente al ataque de la resina y al proceso de desmoldeo. Los moldes estuvieron recubiertos con placas de acetato debidamente enceradas hasta el brillo, para facilitar el proceso de desmoldeo.

A la resina se le adicionó una cantidad establecida proporcionalmente de 1 parte de catalizador (mek peróxido) por cada 100 partes de resina, homogenizamos con la

ayuda de una espátula, al poco tiempo de haber alcanzado la homogeneidad de la mezcla, adicionamos la cantidad de ferrita correspondiente a la muestra y el porcentaje en peso determinado. Se vuelve a mezclar hasta alcanzar de nuevo una homogeneidad, teniendo en cuenta la relación temperatura Vs tiempo de la grafica de la figura 2. Para nuestro trabajo determinamos un tiempo de gelificación de 12 a 15 minutos para luego pasar al moldeo, con un rango de temperatura de 50 a 60 °C.

2.1.4 Vaciado y curado

Se vertió el gel en el molde debidamente preparado y se deja fraguar tranquilamente bajo las condiciones de temperatura y humedad anteriormente mencionadas, sin ningún tipo de calor asistido y minimizando las alteraciones externas posiblemente, trabajando siempre dentro de la cámara de absorción de gases, para evitar la irritabilidad de los ojos y las fosas nasales.

Se dejó que la resina lleve su proceso de curado bajo las condiciones mencionadas, poca luz, poca humedad, poco flujo de aire, en un proceso aproximado de 16 a 20 horas.

2.1.5 Polarización

El proceso de polarización se llevó a cabo con un moldeo con imanes de Neodimio, para generar un mayor campo magnético, en los extremos acoplados de tal forma que quedaran norte con sur, es decir, en atracción por las dos superficies más grandes y paralelas.

2.2 Pruebas Realizadas

A continuación se mencionan las pruebas magnéticas, mecánicas, físicas y químicas realizadas sobre la resina magnética, desarrolladas con el fin de caracterizar la resina. Se incluyen sus definiciones y el procedimiento de medida en el laboratorio para cada una de ellas.

2.2.1 Inducción remanente

Los materiales que se comportan como materiales magnéticos presentan una propiedad que esta relacionada directamente con el campo magnético que producen; esta propiedad es la inducción remanente o remanencia. Como se menciono anteriormente el magnetismo es producido por el movimiento de rotación de los electrones (espín) en un átomo, lo cual genera un momento magnético; la suma vectorial de estos momentos determina el momento magnético total, el cual es alto para los materiales que se comportan como imanes permanentes. La inducción remanente o remanencia, es la fuerza de imantación que está presente (debido al momento magnético total) o que permanece en un material que ha sido imantado hasta la saturación en un circuito cerrado. Las unidades de medida de la remanencia son Tesla (T) o Gauss (G), los cuales se pueden determinar directamente en un gaussímetro, magnetómetro u osciloscopio ó indirectamente en un fluxómetro.

2.2.2 Adherencia

Puesto que muchos artículos industriales constan de resina de poliéster y metal adherido entre sí, es de interés para el control de calidad determinar el valor de la adherencia. Sin embargo, en la práctica dicho valor depende de la forma y las dimensiones de la pieza, del modo en que se aplica el esfuerzo y de su dirección respecto a la superficie de unión, y de otros factores característicos de cada pieza en particular; por lo que, con fines de control de calidad, se recomienda que siempre que sea posible se ensaye la pieza real o una parte de la misma, aunque para ello haya que diseñar un ensayo especial no aplicable a otras piezas distintas.

Pero naturalmente hay necesidad de disponer de métodos de ensayo normalizados, que proporcionen resultados comparables. De esta manera existen ensayos descritos en la norma ASTM D 413 y ASTM D 429, para determinar la adherencia mediante la aplicación de una fuerza ya sea de arranque, normal al plano de unión o de cizallamiento.

2.2.3 Densidad

Se determinó por el procedimiento habitual de relación peso / volumen, frecuentemente con balanzas especiales con dos escalas, peso en aire y peso en agua. Este ensayo está descrito en la norma ASTM D 1817.

Es un dato que interesa conocer para calcular el precio por unidad de volumen, aunque en la práctica pueda calcularse numéricamente con suficiente precisión a partir de la fórmula y de las densidades de los componentes. Es de poca utilidad con fines de control, pues sólo permite detectar variaciones apreciables en la dosificación de cargas o plastificantes, que además de ser poco frecuentes, se ponen de manifiesto en otras propiedades.

2.2.4 Resistencia a la tracción y alargamiento

La resistencia a la tracción es la carga por unidad de superficie de la sección transversal original, aplicada en el momento de la rotura de una probeta. El alargamiento o deformación, es la extensión producida entre dos marcas de referencia por un esfuerzo de tracción aplicado a una probeta, y se expresa como un porcentaje de la distancia original entre las señales. El alargamiento a la rotura es el obtenido en el momento de romperse la probeta.

Es importante conocer también el concepto de módulo, es decir, el esfuerzo (aplicado sobre la sección original), necesario para producir un alargamiento dado. En el caso de las resinas poliéstericas, a diferencia de los metales, los esfuerzos y deformaciones no son proporcionales, y por esta razón cuando se aplica al acero, el módulo es el esfuerzo “dividido” por la deformación (una razón constante). Aplicado a las resinas de poliéster, el módulo representa el esfuerzo específico a una cierta deformación (ni una razón, ni una constante, simplemente las coordenadas de un punto de la curva tensión-alargamiento).

Para llevar a cabo este ensayo, es necesario troquelar probetas en forma de halterio (15 – 17.5 cm de longitud), de láminas planas del material. Se procede a marcar en su sección estrecha, separaciones de referencia de 2.5 a 5 cm y a medir su espesor (con el fin de hallar el área de la sección transversal original sobre la cual se van aplicar los esfuerzos). Los extremos de las probetas se colocan en las mordazas de la Máquina Universal de Esfuerzos. La mordaza inferior es accionada a una velocidad de 50 cm

por minuto y estira la probeta hasta su rotura. La distancia entre las marcas de referencia, va en aumento y para medir el alargamiento se controla la longitud entre los centros de ella.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Evaluación de la propiedad magnética

Evaluación cuantitativa. Los valores experimentales de la inducción remanente de la resina magnética obtenido se determinaron mediante un gaussímetro Yokogawa 3251 para probetas cilíndricas de 2.5 cm de diámetro y 0.4 – 0.5 cm de altura. La figura 5 muestra la variación de la inducción remanente con respecto al incremento del porcentaje de la carga de ferrita.

De acuerdo con la tabla 6 y la figura 5, la inducción remanente varía con respecto a la concentración de ferrita de la siguiente manera:

$$y = 26,227e0,0378x$$

R2 = 0,9859 para la carga axial.

$$y = 0,945x + 123,3$$

R2 = 0,9885 para la carga transversal.

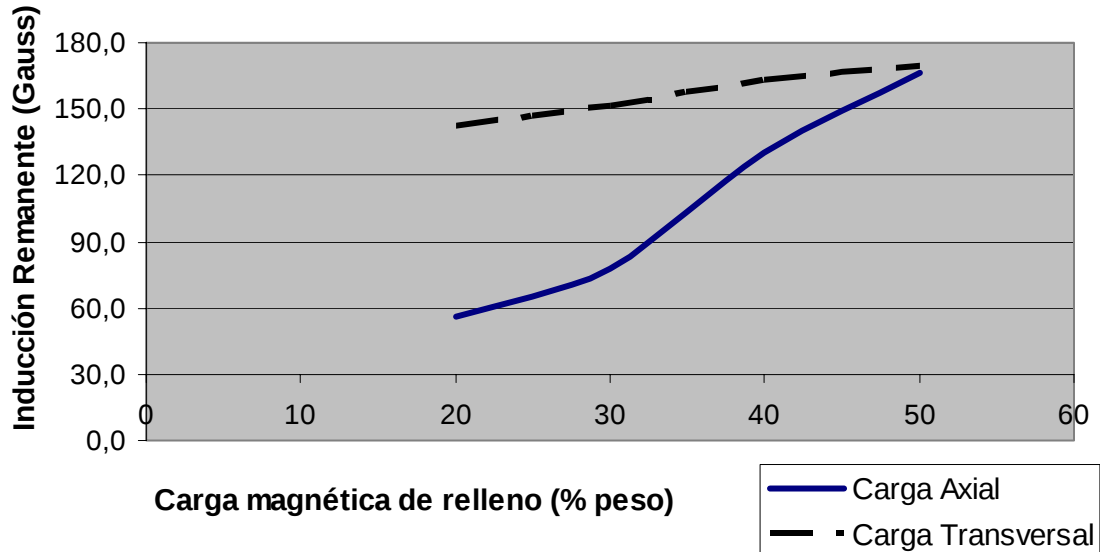


Figura 5. Inducción remanente de muestras de resinas de poliéster magnético

%	INDUCCIÓN REMANENTE	
	AXIAL	TRANSVERSAL
Ferrita		
20	56,0	142,0
30	77,5	151,0
40	130,0	163,0
50	166,0	169,5

Tabla 6. Datos experimentales de Inducción magnética.

Donde y es la inducción remanente y x es el porcentaje de carga magnética de relleno. Teniendo en cuenta los valores de inducción remanente para la resina magnética obtenida con una concentración del 50% se puede afirmar que el producto puede ser usado en aplicaciones donde sea necesario el empleo de imanes rígidos. Para concentraciones menores de la carga de ferrita es necesario tener en cuenta otras propiedades de la resina magnética para así determinar su aplicación.

3.2 Evaluación de la propiedad de adherencia

Evaluación cuantitativa. La prueba de adherencia consistió en determinar el esfuerzo necesario para separar probetas cilíndricas de resinas magnéticas de 2.5cm de diámetro y entre 1.0 – 1.1 cm de altura de una lámina comercial de acero 1020. Este ensayo se realizó teniendo en cuenta las consideraciones de la norma ASTM D 429.

Los valores de la adherencia de los diferentes porcentajes de la carga magnética se pueden predecir con los datos obtenidos en la figura 6 y la tabla 7 mediante la siguiente ecuación: $y = 14,75x + 2$; $R^2 = 0,9955$ la cual se determinó mediante una correlación de los valores de adherencia obtenidos experimentalmente. Esta ecuación indica que además del flujo magnético producido por el material, existe otro factor relacionado con dicha propiedad como es la mayor adherencia.

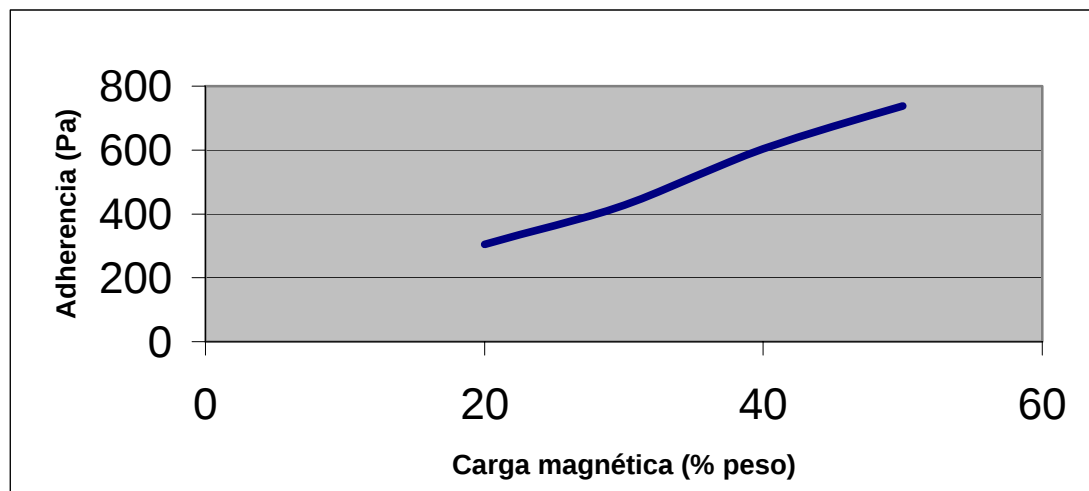


Figura 6. Adherencia en resinas magnéticas

%carga magnética	Adherencia (Pa)
20	305
30	427
40	603
50	738

Tabla 7. Datos experimentales de prueba de adherencia.

Evaluación cualitativa de la inducción remanente y la adherencia.

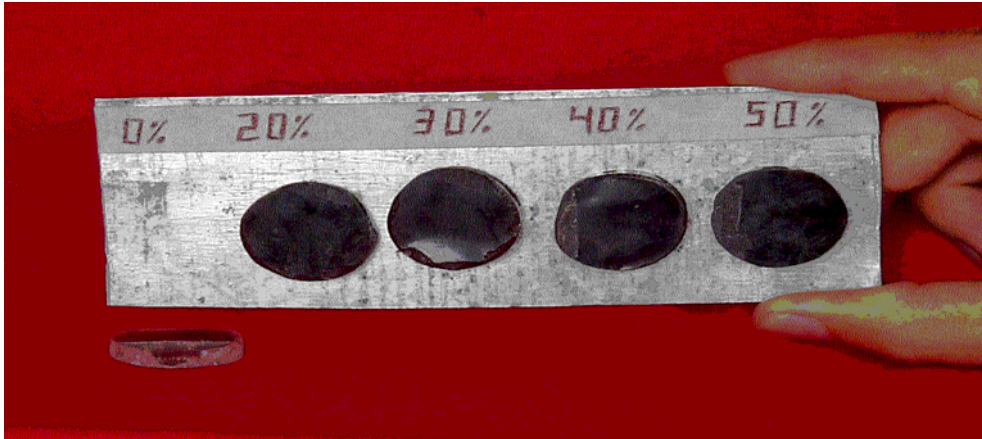


Figura 15. Muestra cualitativa de la propiedad adherente y magnética de las resinas.

A través de la siguiente figura se puede observar como a medida que aumenta la concentración de ferrita que se cargó en la resina, aumenta su adherencia y capacidad de imantación, siendo la resina sin carga de ferrita, nula en su adherencia y en su inducción magnética.

3.3 Evaluación de la propiedad de tensión.

Las muestras de resina magnética se sometieron al ensayo de tensión-de formación en una máquina universal de ensayos *instron & Tinius Olsen* de acuerdo con la norma ASTM D 412. Este ensayo permite determinar la resistencia a la tensión y la elongación a la fractura de las muestras de resina magnética; los datos obtenidos se observan en la tabla 8 y la en la figura 7.

En el porcentaje de elongación se observó que a medida que aumenta la concentración de ferrita, los valores de estas propiedades disminuyen según la ecuación: $y = -0,1793\ln(x) + 0,698$; $R^2 = 0,9896$ donde y es el % de elongación y x es el %ferrita.

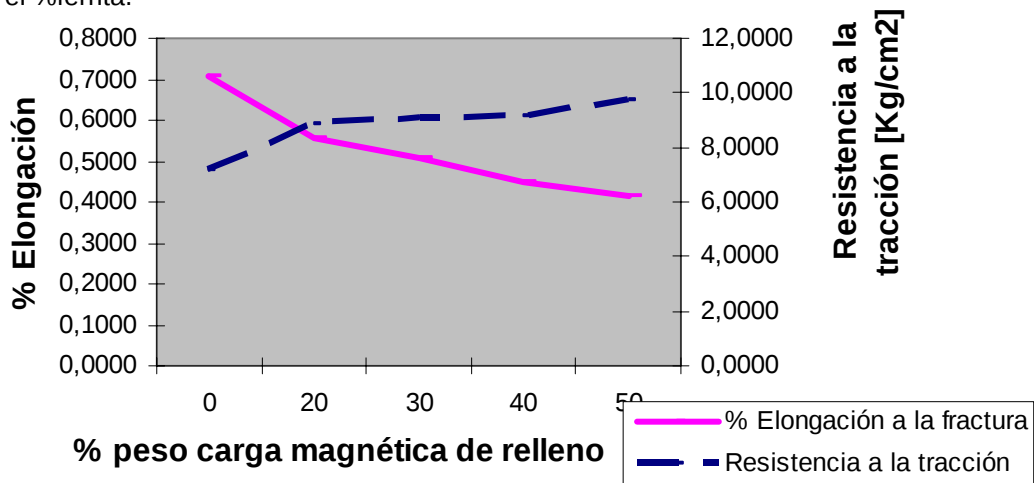


Figura 7. Ensayo de tracción y elongación de resinas magnéticas

% ferrita	% Elongación	F (Kg/cm2)
0	0,7076	7,1622
20	0,5538	8,8649
30	0,5066	9,0450
40	0,4492	9,1712
50	0,4143	9,7297

Tabla 8. Datos experimentales de ensayo de tracción y elongación.

Contrario a lo presentado a la ecuación anterior se observa que a concentraciones similares se observa un leve crecimiento en la propiedad de resistencia a la tracción. Esto se ve reflejado en la siguiente ecuación:

$z = 1,4553\ln(x) + 7,4012$; $R^2 = 0,9126$ donde z es resistencia a la tracción y x es el % ferrita, comprobando que la resina aumenta su rigidez al tiempo que se hace menos elástica.

3.4 Evaluación de la propiedad de compresión

Las muestras de resina magnética se sometieron al ensayo de compresión en una máquina universal de ensayos *instron & Tinius Olsen* de acuerdo con la norma ASTM D 412, con tamaño de probetas cilíndricas de radio 2.5 cm y altura 5 cm. Este ensayo permite determinar la resistencia a la compresión a la fractura de las muestras de resina magnética; los datos obtenidos se observan en la tabla 9 y la figura 8.

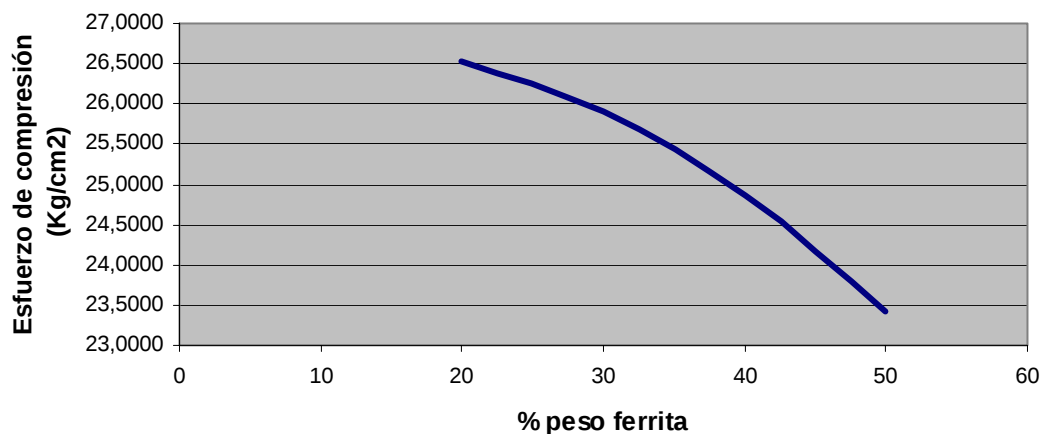


Figura 8. Prueba de compresión de resinas magnéticas.

% ferrita	Esfuerzo (Kg/cm2)
0	36,3777
20	26,5163
30	25,9142
40	24,8611
50	23,4304

Tabla 9. Datos experimentales del ensayo de compresión.

En las pruebas de resistencia a la compresión se observó que a medida que aumenta la concentración de ferrita, los valores de estas propiedades disminuyen según la siguiente ecuación: $y = -0,1031x + 28,789$; $R^2 = 0,9687$ donde x es % ferrita y y es el esfuerzo de compresión.

3.5 Evaluación de la prueba de impacto

Las muestras de resina magnética se sometieron al ensayo de absorción de energía al impacto en una máquina denominada péndulo de impacto de acuerdo con la norma ASTM, con tamaño de probetas rectangulares de dimensiones de 30 cm x 2 cm x 2 cm. Este ensayo permite determinar la resistencia al impacto de las muestras de resina magnética; los datos obtenidos se observan en la tabla 10 y la figura 9.

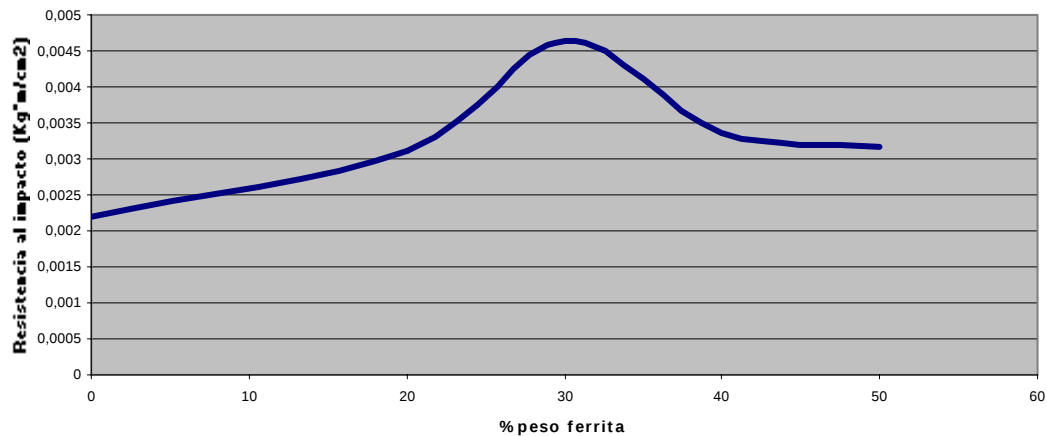


Figura 9. Prueba de resistencia al impacto.

% ferrita	i(Kg*m/cm2)
0	0,00220
20	0,00311
30	0,00465
40	0,00336
50	0,00317

Tabla10. Datos experimentales del ensayo de resistencia al impacto.

En los datos encontrados en esta propiedad nos hace pensar que la carga en el material más que ser un ahorro en los costos, es una posibilidad de mejorar las propiedades mecánicas de la resina, más después del 30% en peso encontramos que el % de reticulación disminuye, lo que hace frágil el material.

3.6 Evaluación de la densidad

La densidad del caucho magnético obtenido para muestras con variación en el porcentaje de carga magnética se muestra a continuación:

% ferrita	Densidad (g/mL)
0	1,428
20	1,47
30	1,5
40	1,538
50	1,666

Tabla 11. Densidad de muestras de resinas magnéticas

Era de esperar que la densidad aumentara a media que se adicionó mayor carga de ferrita, ya que la resina es mas liviana que el material de refuerzo.

3.7 Encuesta para el sondeo de mercado para las resinas de poliéster

Resultados

La investigación se enmarcó dentro de un estudio exploratorio. Su impacto es prospectivo, porque busca la identificación de un futuro probable y deseable, que depende únicamente del conocimiento que se tiene sobre los usos y aplicaciones del producto en la industria, además de identificar alternativas, (escenarios futuros) que posibilitarán el análisis y toma de decisiones sobre proyectos, estrategias y nuevos productos o productos de próxima generación.²

El método es deductivo, porque se parte del mercado global de las resinas de poliéster y desde allí se realiza un análisis sobre variables del mercado, para determinar la factibilidad de producir este producto, innovado con características magnéticas, (todos los datos estadísticos y probabilísticos acerca de cómo se llevó a cabo el estudio está en los anexos). El diseño fue de corte transversal, dado que, para el análisis y evaluación se partió de una muestra de los elementos de una población, realizando una sola medición (en un solo período de tiempo).³

² CELY, Víctor. Módulo de Mercadeo Industrial. Bogotá: Universidad Externado, 1998. pp.17.

³ KINNEAR, Thomas y TAYLOR James. Investigación de mercados. México. Mc Graw Hill, 1998.

El concepto generalizado de los consumidores fue que un material de este tipo revolucionaría la oferta de productos terminados por las propiedades de resistencia mecánica que tendrá como resina que es y por su innovación, en cuanto a la adherencia resina-metal.

Las condiciones establecidas para el mercadeo del producto son bastantes complejas, ya que la procedencia de los insumos son de preferencia casi totalmente del exterior, mas específicamente de Estados Unidos y Europa, por lo que hay que tener en cuenta los costos de importar tales insumos.

El consumo anual de resinas en el país es bajo (aprox. 10 ton / año), lo que sugiere que el mercado está propenso a innovaciones; con la confianza que garantiza que la calidad de los insumos es muy buena casi que excelente, por lo que pensar en un proveedor nacional está descontado a menos que garantice calidad y buen precio.

La mayor parte de la producción nacional de resinas es para satisfacer la necesidad tanto en nuestro territorio como en la comunidad andina, sin que haya una tendencia marcada hacia la exportación a Estados Unidos o Europa, esperando que haya posibilidades con los actuales tratados de libre comercio.

La mayoría de las decisiones de compra se toman en el punto de venta; esto quiere decir que las personas se guían en gran medida por lo que ven, en el momento y no necesariamente van por la recompra de los mismos productos que antes adquirieron.

Con respecto al tipo de productos o usos de una resina poliestérica, con características magnéticas, los encuestados conceptuaron que podría tener aplicaciones en:

- Compuestos para sistemas electrónicos, por su capacidad dieléctrica y de superconductor: embeber (aplicaciones electrónicas, núcleos magnéticos, armado y fusión, usos como dieléctricos y conductores.
- Sistemas adhesivos para embeber, incrustar, revestir, más sus combinaciones y derivados.
- Elementos para instalaciones de radar, radio y telecomunicaciones.
- Paneles y consolas para tableros de vehículos automotores
- Cubiertas para electrodomésticos
- Extractores y purificadores de humos y partículas de finos (captura magnética)
- Biodigestores y trampas de grasas

4. CONCLUSIONES

Se logró obtener y evaluar la resina de poliéster magnética a partir de la resina comercial Cristalán 856 de gran aplicación industrial. La resina magnética se elaboró mezclando cada mezcla maestra con polvo de ferritas en diferentes proporciones.

Se determinaron las condiciones para el mezclado, vaciado, laminado, curado, moldeo y desmoldeo para la resina de poliéster magnética, indicando tiempos y temperatura.

A partir de los datos de resistencia a la tracción de las muestras de las resinas de poliéster magnéticas obtenido, se puede decir que la carga magnética de relleno actuó como reforzante, de esta manera el polvo de ferritas es una alternativa dentro de los materiales de refuerzo de las resinas, con la ventaja que aumenta la adherencia de las resinas de poliéster magnéticas a superficies metálicas, sin embargo su porcentaje de elongación se ve disminuido con el aumento del porcentaje de ferrita, adquiriendo mas rigidez y menor flexibilidad.

Sin embargo los industriales de la decoración se mostraron un tanto escépticos, frente a las características de la resina, ya que sus aplicaciones tienen aplicaciones meramente artesanales sin mirar mucho sus propiedades mecánicas; mientras que los fabricantes de equipos y accesorios para la industria química y de alimentos, se mostraron especialmente sorprendidos, si el producto llega a ser laminable, porque su ductibilidad y maleabilidad posibilitará la fabricación de empaques, características que no tiene la resina.

El nuevo reto con las resinas de poliéster magnéticas es que sean procesadas de tal manera que no sean atacados tan fácilmente por agentes ambientales (luz, calor, ozono, lluvia, humedad), productos químicos (hidrocarburos, ácidos, álcalis, compuestos aromáticos, etc.) y que la tendencia incluya resinas flexibles.

5. BIBLIOGRAFÍA

- GULTINAN Joseph y colaboradores. Gerencia de Marketing: estrategias y programas. Bogotá: Mc Graw Hill, 2000
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Manual para la elaboración de tesis de grado - Norma 1486 quinta actualización. Bogotá: Icontec, 2002.
- KINNEAR, Thomas., TAYLOR, James. Investigación de mercados: Un enfoque aplicado. México: Mc Graw Hill, 1998. 812p.
- KOTTLER, Phillip. Mercadotecnia. México: Prentice Hall, 1996, 640p.
- KOONTZ, Harold., O' DONNELL, Cyril., WEIHRICH, Heinz. Administración. Una perspectiva global 11ª. México D.C. Mc Graw Hill, 1988.
- MALOTRA, Nasher. Investigación de Mercados. Bogotá: Prentice Hall, 1998.
- MÉNDEZ, Carlos Eduardo. Metodología. Guía para la Elaboración de Diseños de Investigación en Áreas Económicas y Administrativas. Bogotá: Mc Graw Hill, 1998.
- ASKELAND, Donald. La Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Grupo Editorial Iberoamérica. México 1987.
- OBREGO, Nicolás y Vélez, Rafael. Manual de aplicación del poliéster Cristalán, reforzado con fibra de vidrio (moldeo por contacto). 1972
- BOX, George y HUNTER, William. Estadística Para Investigadores: Introducción al Diseño de Experimentos, Análisis de Datos y Construcción de Modelos. Editorial Reverté S.A. Barcelona 1989.
- KARCZ, Andrés. Electrometría de materiales Magnéticos. Ediciones Técnicas Marcombo S.A. Barcelona, 1960.
- SMITH, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Editorial McGraw-Hill. México D.F. 1998.
- SEYMOUR, Raimond B., CARRAHER, Charles E. Jr. Introducción a la Química de los Polímeros. Editorial Reverté, S.A. 1995.
- ORTUETA, Ramón. Materiales Magnéticos: Teoría, Metalurgia y Aplicaciones. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, 1995.
- www.unicit.unam.mx/~rmolina/Diplomado/Paleomagnetismo/magnetismo.html
- www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/ferromagnetismo/ferromagnetismo.html

- BOX, George y HUTER, Willian. Estadística Para Investigadores: Introducción al Diseño de Experimentos, Análisis de Datos y Construcción de Modelos. Editorial Reverté S.A. Barcelona, 1989.
- MONTGOMERY, Douglas. Diseño y análisis de Experimentos. Limusa Wiley Mexico D.F. 2002
- www.aussiemagnets.com.au/rubber.html
- [www. ima.es](http://www.ima.es).
- www.ucm.es/info/seas/estres_lab/enciclo/indice_gral.htm

ANEXOS 1. Estrategias para la encuesta

El diseño fue de corte transversal, dado que, para el análisis y evaluación se partió de una muestra de los elementos de una población, realizando una sola medición (en un solo período de tiempo).⁴

Población

Para la realización de la investigación, se procedió con un análisis de la demanda (*consumo industrial*) y la oferta de la resina de poliéster (productores del *producto industrial*).

Población de la demanda. Para este estudio, a juicio nuestro y basados en fuentes secundarias, se consideraron los cinco sectores que consumen la mayor cantidad de resina (líquida) comercial de poliéster reforzado con fibra de vidrio en el país: muebles, decoración, construcción y sanitarios, electricidad y electrónica, equipos para la industria química y de alimentos.

Para el análisis de la demanda, se determinó un número de empresas que a nivel nacional son los consumidores industriales, para identificar sus expectativas respecto a la innovación tecnológica de este tipo de producto industrial, pero con características magnéticas.

Población de oferta. Permite dimensionar el tamaño de la futura competencia u oferta de la resina de poliéster magnética, para lo cual se establecen dos criterios de análisis:

- La producción histórica de los últimos 10 años en Colombia, basada en registros estadísticos.
- La producción histórica de los últimos 10 años a nivel internacional, basada en registros estadísticos.

Tabla 17. Estratos de consumo industrial de resinas comerciales de poliéster reforzado

ESTRATO DE CONSUMO	UNIDADES POBLACIONALES	PARTICIPACIÓN
Muebles	$N_1 = 46$	30.5 %
Decoración	$N_2 = 35$	23.2 %
Construcción y sanitarios	$N_3 = 30$	19.8 %
Electricidad y electrónica	$N_4 = 25$	16.6 %
Industria química y alimentos	$N_5 = 15$	9.9 %
TOTAL	$N = 151$	100 %

Muestra de usuarios. El tamaño de la muestra (unidades poblacionales a encuestar) para la demanda de servicios se obtuvo aplicando la correlación empírica

⁴ KINNEAR, Thomas., TAYLOR James. Investigación de mercados México: Mc Graw Hill, 1998. p

probabilística⁵, que es aplicable cuando existe una población finita pequeña, del orden de $N < 5000$ unidades

$$n = \frac{Z^2 \cdot P \cdot Q \cdot N}{e^2 \cdot (N-1) + P \cdot Q \cdot Z^2}$$

Donde:

Z = parámetro normal de Gauss, para un nivel de confiabilidad.

Para alcanzar resultados de buena verosimilitud, se tomó una confiabilidad del 95%, probabilidad para la cual le corresponde un parámetro de $Z = 1.96$

E = error de estimación, dado a criterio de los investigadores = $5\% = 0.05$

P = probabilidad de éxito del experimento, asumido homogéneamente = 50%

Q = $1 - P = 0.5$ = probabilidad de fracaso del experimento

N = Población Objetivo = 151 unidades poblacionales

$$n = \frac{(1.96)^2 \cdot (0.5) \cdot (0.5) \cdot (151)}{(0.05)^2 \cdot (151 - 1) + (0.5) \cdot (0.5) \cdot (1.96)^2} = 37 \text{ consumidores industriales}$$

El tipo de muestreo usado fue el estratificado y el criterio conceptual de selección de los 37 sujetos de investigación, estuvo basado en los siguientes 5 estratos descritos en la tabla 19.

La muestra calculada $n = 37$, estratificada de acuerdo con los criterios esbozados y la participación de cada uno en la población (columna 3 – cuadro 1), generando las submuestras (una por cada estrato), cuyo calculo se describe en la tabla 19.

ESTRATO DE CONSUMO	PROPORCIÓN MUESTRAL	UNIDADES MUESTRALES
Muebles	30.5 %	$n_1 = 11$
Decoración	23.2 %	$n_2 = 9$
Construcción y sanitarios	19.8 %	$n_3 = 7$
Electricidad y electrónica	16.6 %	$n_4 = 6$
Industria química y alimentos	9.9 %	$n_5 = 4$
TOTAL	100%	n = 37

Tabla 19. Selección de la muestra

⁵ MALOTRA, Nasher. Investigación de mercados. Bogotá: Prentice Hall, 1998. pp. 135

La selección de los elementos muestrales a encuestar, dentro de cada submuestra fue de forma aleatoria simple e independiente, donde cualquier empresa del respectivo sector industrial de consumo tuvo la misma probabilidad de ser escogida. Para ello se consultó el registro de empresas relacionadas en Directorio Industrial Colombiano y la opinión de los respectivos Centros de Desarrollo Tecnológico, como el del mueble y de la madera, ubicado en el Valle de Aburrá.

Fuentes y técnicas para la recolección de la información. Para la recolección de información necesaria de la demanda colombiana, se aplicó una encuesta (Anexo A) vía internet, fax o telefónica, dada la imposibilidad de practicarla en forma personalizada, por encontrarse la gran mayoría de consumidores, en ciudades como Medellín, Bogotá, Cali, Cartagena y Barranquilla

La información de la oferta o productores competencia se obtuvo de fuentes secundarias, consultada por registros estadísticos de producción, a nivel mundial, dado que Colombia no es productor de este tipo de resinas con características especiales, sólo lo es de resinas en poliéster reforzado, siendo su mayor productor la empresa ANDERCOL de Medellín, quien produce la marca registrada CRISTALÁN, para todos los sectores de la producción industrial en Colombia, la cual fue consultada para determinar el tipo aplicaciones a nivel industrial y por lo tanto su eventual consumo industrial en el país, principalmente.

ANEXO 2. Resultados de la encuesta

¿Qué tipo de proveedor (procedencia) prefiere para la adquisición de su materia prima industrial?

En la tabla 20 describe la frecuencia (relativa) y los porcentajes o peso ponderado de los cuantificadores del mercado; mientras que la figura 10, ilustra gráficamente dicho comportamiento en el mercado.

Tabla 20. Procedencia de la resina consumida en Colombia

PROVEEDOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Nacional.	3	8.1 %
CAN	2	5.4 %
MERCOSUR	3	8.1 %
Norteamérica.	19	51.4 %
Europa.	10	27 %
TOTAL	37	100%

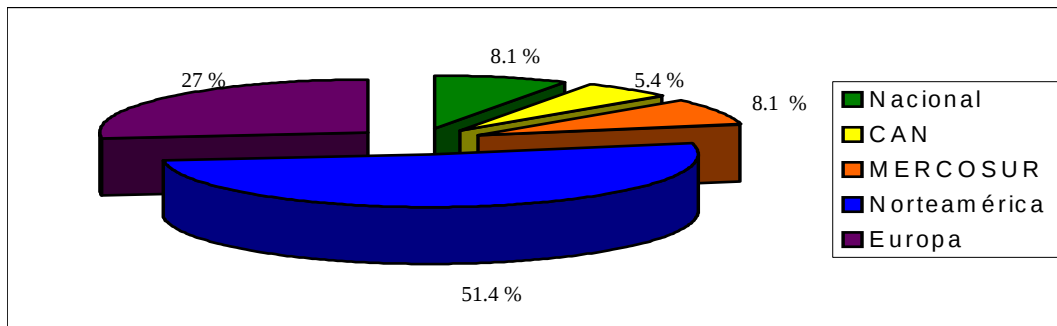


Figura 10. Procedencia de la resina consumida en Colombia

¿Cuál es el volumen de consumo anual de resina poliéster?

En la tabla 21 describe la frecuencia (relativa) y los porcentajes o peso ponderado de los cuantificadores del mercado; mientras que la figura 11, ilustra gráficamente dicho comportamiento en el mercado.

Tabla 21. Volumen de consumo anual de resina en Colombia

CANTIDAD	FRECUENCIA	PORCENTAJE
[0 – 10) toneladas	20	54.0 %
[10 – 20) toneladas	8	21.7 %
[20 – 50) toneladas	5	13.5 %
[50 – 100) toneladas	3	8.1 %

Más de 100 toneladas	1	2.7 %
TOTAL	37	100%

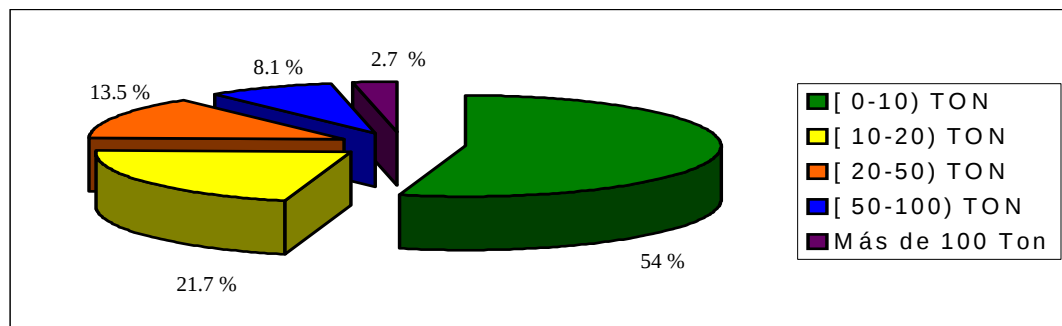


Figura 11. Volumen de consumo anual de resina en Colombia

¿Cuál es el nivel de calidad de la materia prima así adquirida?

En la tabla 22 describe la frecuencia (relativa) y los porcentajes o peso ponderado de los cuantificadores del mercado; mientras que la figura 12, ilustra gráficamente dicho comportamiento en el mercado.

Tabla 22. Nivel de calidad de la resina de poliéster consumida industrialmente en Colombia

CALIFICACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	10	27.0 %
Buena	23	62.2 %
Aceptable	3	8.1 %
Defectuosa	1	2.7 %
TOTAL	37	100%

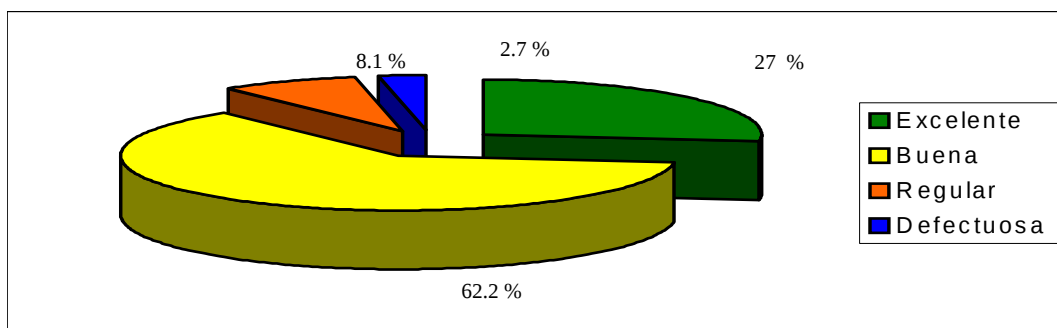


Figura 12. Nivel de calidad de la resina de poliéster consumida industrialmente en Colombia

¿Hacia que destino (clientes) despacha o exporta sus productos fabricados con resinas?

En la tabla 23 se describe la frecuencia (relativa) y los porcentajes o peso ponderado de los cuantificadores del mercado; mientras que la figura 13, ilustra gráficamente dicho comportamiento en el mercado.

Tabla 23. Destino de los productos fabricados en Colombia con resina de poliéster reforzada

CLIENTE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Nacional.	20	54 %
CAN	7	19 %
MERCOSUR	5	13.5 %
Norteamérica.	2	5.4 %
Europa.	3	8.1 %
TOTAL	37	100%

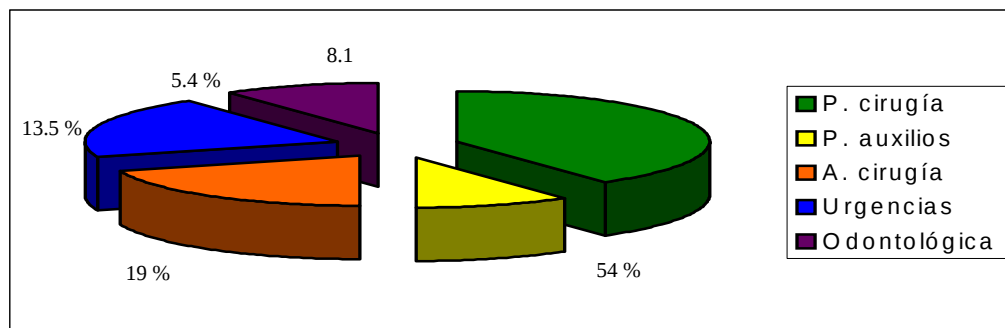


Figura 13. Destino de los productos fabricados en Colombia con resina de poliéster reforzada

Describe su percepción sobre la aplicación que su industria haría de una resina de poliéster innovada, con características magnéticas

En la tabla 23 describe la frecuencia (relativa) y los porcentajes o peso ponderado de los cuantificadores del mercado; mientras que la figura 13, ilustra gráficamente dicho comportamiento en el mercado.

Producción Internacional. Teniendo en cuenta que este producto aún no se está produciendo a escala masiva industrial, se autores considera pertinente presentar una relación de la producción consolidada (año 2000) de sus productos sustitutos (poliméricos) y su principal producto sustituto, el poliéster termoplástico. En el año 2000, se produjeron en Estados Unidos cerca de 40 millones de toneladas métricas de polímeros, con la distribución mostrada en la tabla 24.

Tabla 24. Producción de polímeros en USA (2000)

TIPO DE POLÍMERO	PRODUCCIÓN (10 ⁹ Kg)
Poliétileno	12.9
PVC	6.03
Polipropileno	4.82
Poliestireno	2.89
Resinas fenólicas (termoestables)	1.83
Acrylonitrilo-Butadieno-Estireno(ABS)	1.48
Poliéster (termoplástico)	1.49
Resinas tipo urea	0.90
Poliéster (termoestable) insaturado	0.65
Poliamidas (Nylon)	0.41
Epoxi	0.31
Resinas tipo melanina	0.18
Otros plásticos vinílicos	0.11

Fuente: [http // www.abraton.com](http://www.abraton.com)

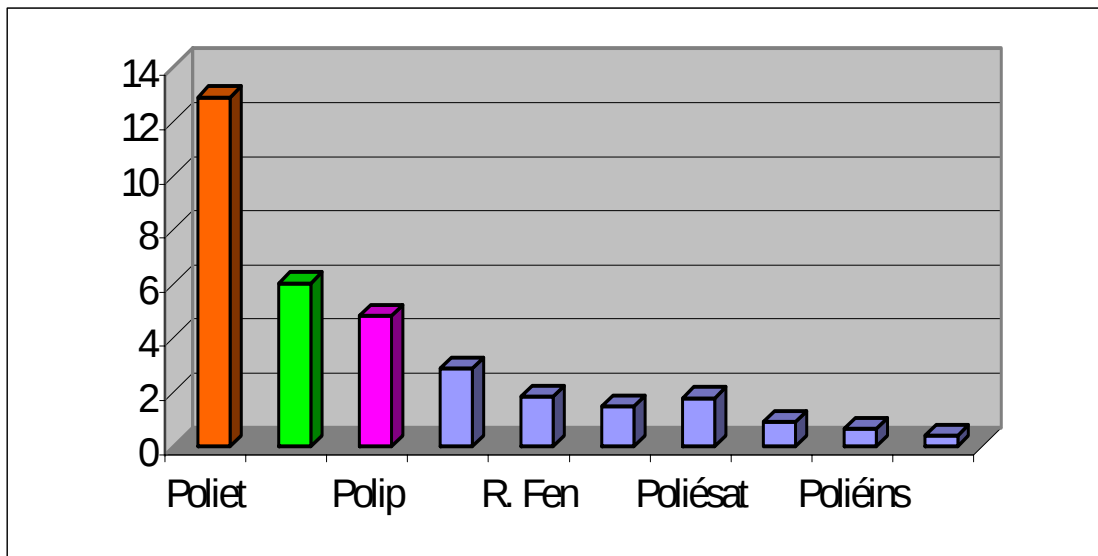


Figura 14. Producción de productos poliméricos (tabla 7) en el año 2000

Unidades: producción X 10⁹ Kg

La figura 14 muestra la composición del mercado en términos de productos poliméricos. En ese año 2000, la producción global de resinas fenólicas alcanzó 5.9 billones de libras. Los adhesivos (relacionado con productos madereros,...) son un mercado muy amplio de las resinas fenólicas y engloban un 40 % del total de la demanda. Aunque las regulaciones medioambientales hayan influido sobre la producción de productos derivados de la madera.

ANEXO 3. Encuesta a consumidores industriales

La Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander está realizando un estudio exploratorio sobre consumo industrial de resinas líquidas reforzadas y/o magnéticas, a nivel nacional. Agradecemos su colaboración y sinceridad en el diligenciamiento de la presente encuesta.

NOMBRE DE LA EMPRESA: _____ CIUDAD _____
SECTOR INDUSTRIAL: Madera ____ Decoración ____ Construcción y sanitarios ____
Electricidad y electrónica ____ Química y alimentos ____
NOMBRE DEL ENCUESTADOR: _____ FECHA _____

1. ¿Qué tipo de proveedor (procedencia) prefiere para la adquisición de su materia prima industrial?
 - a. Nacional.
 - b. Países de la CAN (Comunidad Andina de Naciones).
 - c. Países del MERCOSUR.
 - d. Norteamérica.
 - e. Europa.
2. ¿Cuál es el volumen de consumo anual de resina poliéster?
 - a. [0 – 10) toneladas.
 - b. [10 – 20) toneladas.
 - c. [20 – 50) toneladas.
 - d. [50 – 100) toneladas.
 - e. Más de 100 toneladas.
3. ¿Cuál es el nivel de calidad de la materia prima así adquirida?
 - a. Excelente.
 - b. Buena.
 - c. Aceptable.
 - d. Defectuosa.
4. ¿Hacia que destino (clientes) despacha o exporta sus productos fabricados con resinas?
 - a. Nacional.
 - b. Países de la CAN (Comunidad Andina de Naciones).
 - c. Países del MERCOSUR.
 - d. Norteamérica.
 - e. Europa.
5. Describa su percepción sobre la aplicación que su industria haría de una resina de poliéster innovada, con características magnéticas

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN