UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

Estudio Técnico Económico para la Integración de una Planta de Poliuretano

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A:

Eduardo José Cordero Blanco

MEXICO, D. F. 1979

A MIS PADRES JESUS Y YOLANDA CON
TODO MI AMOR.

A MIS HERMANOS:
ANITA, JAVIER, SERGIO Y LAURA CON
MUCHO CARIÑO.

A LA MEMORIA DE MI ABUELO JULIO.

CON AGRADECIMIENTO A MARCELA CEJUDO POR

SU VALIOSA Y ATINADA COLABORACION.

A N E X O I I.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO TECNICO ECONOMICO PARA LA INTEGRACION DE UNA PLANTA - DE POLIURETANO.

NOMBRE DEL SUSTENTANTE: EDUARDO JOSE CORDERO BLANCO.

CARRERA: "INGENIERO QUIMICO"

A Ñ O : 1 9 7 9 .

P R E S I D E N T E : I. Q. EDUARDO ROJO Y REGIL

V O C A L : DR. HELIO FLORES RAMIREZ

S E C R E T A R I O : QUIM. MARCELA CEJUDO VAZQUEZ

JURADO ASIGNADO 1er.
S U P L E N T E : QUIM. SANTOS SOBERON SALGUEIRO

2do. S U P L E N T E : I.Q. ALFONSO FRANYUTTI ALTAMIRANO

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUSTENTANTE: EDUARDO JOSE CORDERO BLANCO.

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA: MARCELA CEJUDO - VAZQUEZ.

I N D I C E

INTRODUCCION:

1a. PARTE: ESTUDIO TECNICO

CAPITULO I

La industria del Poliuretano:

1.- Definición.
2.- Algunos usos.
3.- Importancia.

CAPITULO II

Métodos generales de preparación de espumas flexibles.

CAPITULO III

Variables en la preparación de espumas base poliéter en un tiro.

1.- Efecto de los polioles.
2.- Efecto del diisocianato.
3.- Efecto de los agentes soplantes.
4.- Efecto de los catalizadores.
5.- Efecto de los silicones.

CAPITULO IV

Equipo para la fabricación.

CAPITULO V

Equipo específico y variables del proceso por moldeo.

1.- Hornos de curado.
2.- Control de temperatura.
3.- Control del desfasamiento.
4.- Moldes.
5.- Condiciones del molde.
6.- Desmoldante.

CAPITULO VI

Comparación de los requerimientos de energía, entre los procesos de moldeo, curado en caliente y alta resilencia.

1.- Bases.
2.- Proceso de moldeo de uretano por curado en caliente.
3.- Proceso de moldeo de uretano de alta resilencia.

CAPITULO VII

Efecto de los catalizadores en las propiedades físicas de la espuma de alta resilencia.

CAPITULO VIII

Evaluación del producto.

1.- Tamaño de celda.

2.- Densidad.
3.- Porosidad.
4.- Resilencia.
5.- Deflexión por carga a la compresión.
6.- Deflexión por carga a la indentación.
7.- Fatiga por flexión dinámica.
8.- Deformación remanente.
9.- Propiedades de tensión.
10.- Resistencia al desgarre.
11.- Pruebas de envejecimiento.

MICRO

2a. PARTE: ESTUDIO ECONOMICO

CAPITULO IX

Estimación de la inversión.

1.- Planteamiento.
2.- Inversión fija.
3.- Cálculo del costo de materias primas y costos directos e indirectos de producción.

CAPITULO X

Análisis de la inversión.

1.- Balance proforma.
2.- Balance general.
3.- Análisis de los estados financieros.
4.- Flujo de caja descontado.
5.- Punto de equilibrio.
6.- Apalancamiento operativo.

CAPITULO XI

Conclusiones y recomendaciones.

Bibliografía.

***

I N T R O D U C C I O N

El objetivo de ésta tesis es efectuar un estudio de factibilidad para la integración de una planta de poliuretano moldeado, a una compañía del ramo automotriz; ésta compañía compra actualmente a diversos proveedores los moldeados que usa en la fabricación de asientos y respaldos para diferentes modelos de automóviles y camiones, además tendrá la posibilidad de substituir las importaciones de éste producto que algunas compañías armadoras de automóviles y camiones efectúan.

La fabricación de este producto sería un paso más de la compañía en su plan de integración, además este producto sería clave en las negociaciones orientadas a incrementar los pedidos de conjuntos tapizados.

Se han determinado los puntos que a continuación se mencionan como los necesarios para tener el suficiente conocimiento del proceso para que conjuntamente con el estudio económico, sean usados como base para decidir si el proyecto que se propone es factible ó nó, de efectuarse. Generalidades del producto, variables de fabricación (químicas, físicas y mecánicas) y selección y estudio del proceso más benéfico.

***

CAPITULO I

LA INDUSTRIA DEL POLIURETANO

1.- DEFINICION :

¿De qué consiste y cómo se hace el uretano? Dos - substancias químicas líquidas derivadas del petróleo, un poliol y un isocianato, se combinan y se mezclan para hacer (en el caso de uretano rígido) una espuma que tiene un volumen de 30 veces el volumen original de los dos líquidos. El proceso total consiste de una serie de reacciones químicas.

La reacción es exotérmica generando calor y gases que forman pequeñas burbujas dentro de la masa plástica. Encuestión de segundos a minutos la espuma se expande hasta supotencial completo y se cuaja (fija).

Lo que resulta es un plástico rígido celular compuesto de millones de pequeñas celdillas que tienen 12 lados ó caras.

Cuando el uretano es formulado para producir una densidad de 32 Kg/m^3, una pulgada cúbica (16.4 cms^3) de su espuma contiene casi un millón de celdillas individuales cerradas y llenas de gas. Con un microscopio electrónico se puede apreciar la estructura de la celda.

Esta singular estructura le dá a la espuma su óptima calidad como aislamiento y su alta relación de resistencia por peso, proveyendo un nuevo material de aislamiento térmico y acústico para la industria de la construcción, así como para las industrias del aire acondicionado y de la refrigeración.

El uretano es versátil. En contraste a la espuma

rígida se puede producir también un material celular flexible con una sencilla alteración de la fórmula de los dos ingredientes básicos. Las celdillas en este caso tienen una estructura similar pero nó son cerradas.

Los miembros de la estructura son flexibles. Este tipo de uretano se usa extensivamente en la industria automovilística para el interior de los autos, y en la industria de muebles donde proporciona nueva flexibilidad en el diseño y construcción de muebles.

Además, otro tipo de uretano es el llamado elastómero. Del elástómero se moldean productos fuertes y resistentes. Este tipo de uretano se está utilizando cada día más para producir piezas y componentes estructurales en el exterior de los automóviles.

2.- ALGUNOS USOS :

EL URETANO EN LA CONSTRUCCION.

Por su variedad, el uretano abre un nuevo mundo de usos y aplicaciones cuyo límite es únicamente la imaginación del hombre. Eso es especialmente importante en esta época de escases del abasto de energía, cuando tanta energía se consume para calentar y refrescar los edificios y hogares donde trabajamos y vivimos. Siendo el mejor aislador comercial que se ha descubierto, el uretano rígido se usa extensamente en la construcción para satisfacer la variedad de necesidades de esa industria.

La espuma rígida se fabrica en bloques y puede ser fabricada en cualquier tamaño o espesor, y en combinaciones con caras de metal y centros de espuma rígida para paredes prefabricadas.

Estas paredes son resistentes, fuertes y livianas.- Además, son fáciles de manejar e instalar.

El uretano rígido también es fabricado en forma de paneles sandwich para techos. Estos paneles combinan resistencia con la facilidad de su instalación. La superficie del panel es capaz de soportar el peso del obrero y su equipo.

EL URETANO ROCIADO.

Otro método de fabricar espuma de uretano rígido es el de rociar el líquido directamente, por ejemplo sobre el techo recién instalado o sobre techos viejos que necesiten reparo. Al oscilar la pistola rociadora de un lado a otro se va aplicando una película de líquido, la cual se convierte espuma. Cada pasada queda completamente homogenea con la última, y así se puede producir el espesor de espuma deseado.

Casi cualquier tipo de material que haga contacto con la espuma mientras ésta se está curando, queda adherido firmemente a la espuma, prestándole a la estructura no sólo aislamiento, sino también refuerzo estructural. Finalmente, la aplicación de un recubrimiento impermeable termina la obra.

TANQUES Y TUBERIA.

Las estructuras modernas necesitan severos requisitos de calefacción y enfriamiento. Para conservar la energía al calentar o enfriar, el uretano se utiliza como aislador de tuberías y tanques de almacenamiento. La forma más común de aplicación del uretano sobre tanques es el rociado. Para aislar tuberías se puede usar tanto el rociado como también secciones de espuma preformadas, de varios tamaños y configuraciones, moldeadas o cortadas de un bloque.

Como aislamiento de tubería el uretano rígido requiere un mínimo de volumen, es de poco peso y proporciona superior aislamiento.

LA INDUSTRIA DE MUEBLES.

La versatilidad del uretano se extiende a productos para la industria de muebles, por ejemplo en piezas moldeadas y acabadas que se asemejan a la madera. Algunos componentes mayores incluyen puertas de 100% poliuretano, con la miama densidad de la madera y que reproduce las más finas variaciones en la superficie del molde para simular fielmente la apariencia de la veta de la madera.

La espuma del uretano flexible, al igual de la rígida, tiene muchas posibilidades y formas de aplicación. Se -- puede fabricar en bloques o se puede moldear. Debido a la alta resistencia que tiene el uretano flexible a la fatiga por- flexiones, su espuma ofrece confort y durabilidad superiores a cualquier otro material. Cojines para muebles hechos de este material ofrecen una nueva experiencia en el confort y el- descanso.

INDUSTRIAS DEL CALZADO Y ROPA.

La producción de suelas de calzado es otro ejemplo- de una industria que ha acudido al uretano para mejorar su producto y su producción. El calzado de uretano es más liviano, más resistente, más flexible y mucho más durable. Es también de buena apariencia y se puede acabar con varios tipos - de acabados y efectos.

En la producción de botas para esquiar en nieve, el elastómero de uretano ha sido de gran beneficio, especialmente al simplificar la manufactura en esta industria que necesita producir muchos estilos diferentes de sus productos.

En la fabricación de fibras para textiles, el elastómero de uretano desempeña un importante papel. Estas telas exhiben buenas resistencias a los disolventes de tintorería. Son fáciles de teñir, fuertes y se pueden tejer en telas de fina calidad. Se utilizan para la fabricación de ropa interior, trajes de baño y muchas otras piezas elásticas. La misma familia de uretanos se usa para producir llantas para mon-

tacargas y otros equipos, y el uretano soporta ser esterilizado en autoclaves.

Otra aplicación es la de rodillos para prensas de imprenta con 50 veces más durabilidad que rodillos convencionales.

3.- IMPORTANCIA:

EL URETANO ES BUENA INVERSION.

Del total de todos los productos petroquímicos que se consumen mundialmente, menos del 2% se requieren para fabricar los componentes básicos del uretano. Esta es posiblemente la más ventajosa inversión de la energía disponible al hombre. Para conservar la energía que usamos y para satisfacer las necesidades de generaciones futuras, tenemos que utilizar mejor los materiales que nos ahorran energía.

Ingenieros de diseño y producción trabajan junto con científicos y químicos para alcanzar esa meta, para desarrollar nuevos métodos de proveer nuestras necesidades y descubrir nuevos materiales para satisfacer esas necesidades. Las espumas de poliuretanos ofrecen soluciones dedicadas a ese fin.

Pero el usar uretano solamente como sustituto de materiales convencionales no es suficiente. El abasto mundial de materiales básicos disminuye y eso requiere que continuamente examinemos y evaluemos nuestros diseños y métodos tradicionales de construcción.

El poliuretano se debe considerar como un nuevo material básico que ofrece nuevas posibilidades en el diseño y fabricación de productos útiles que satisfacen y sirven mejor las necesidades de nuestro mundo en evolución.

* * *

CAPITULO II

METODOS GENERALES DE PREPARACION DE ESPUMAS FLEXIBLES.

Existen tres métodos principales en la preparación de espumas flexibles:

a) Prepolímero
b) Semi-prepolímero
c) Un tiro

El proceso del prepolímero, involucra la reacción de un poliéter o un poliéster con un diisocianato; esta reacción se efectúa previamente a la reacción final de espumado, y emplea generalmente un exceso de isocianato con objeto de obtener un polímero con terminación de isocianato, al cual se le llama prepolímero.

El espumado se lleva a cabo mediante la reacción del prepolímero con agua, dando como resultados la formación de cadenas de urea y de bióxido de carbono, el cual actúa como agente soplante.

Catalizadores y surfactantes son empleados para regular la velocidad de espumado y el tamaño de la celda, respectivamente.

El método del semi-prepolímero utiliza la reacción de un diisocianato con una porción de; el poliéter o poliéster del total necesario, obteniéndose un polímero de relativa baja viscosidad y bajo peso molecular, disuelto en un exceso de diisocianato llamado semi-prepolímero; el espumado se lleva a cabo por la reacción entre el prepolímero, el poliol remanente y agua en presencia de catalizadores y surfactante.

Este método es usado principalmente en la prepara-

ción de espumas rígidas y semi-rígidas, pero es raramente usado en la manufactura de espumas flexíbles.

En el proceso de un tiro los diferentes componentes de la espuma son mezclados simultáneamente.

Este proceso, originalmente usado en la preparación de espumas base poliéster, es actualmente el método más popular en la manufactura de espumas de uretano base poliéter en la aplicación de moldeado.

CAPITULO III

VARIABLES EN LA PREPARACION DE ESPUMAS BASE POLIETER EN UN TIRO

Los componentes necesarios en la preparación de espumas flexibles base poliéter en el proceso de un tiro, son resinas poliéter, TDI (toluen diisocianato usualmente en una relación de isómeros 2,4,2,6 de 80/20), un silicón surfactante, catalizadores y agua.

Las formulaciones también pueden incluir, un agente soplante suplementario tal como triclorofluorometano, asi como también ciertos aditivos para impartir propiedades especiales.

1.- EFECTO DE LOS POLIOLES.

En general los polioles base poliéter se encuentran comercialmente disponibles en pesos moleculares de 400 a 6000. Sin embargo para espumas flexibles los poliéteres más comunmente usados son trioles con pesos moleculares de alrededor de 3000. En general, trioles de alto peso molecular mayores de 4000 dan lugar a espumas que tienen celdas de gran tamaño, son menos resilentes, y tienen valores ligeramente más altos en deformación remanente.

En general, usando polioles de mayor funcionalidad se obtienen módulos de compresión más altos, pero decrecen las resistencias a la tensión y al desgarre, así como la elongación.

Un decremento en la funcionalidad trae como consecuencia un decremento en el módulo de compresión, de ahí que se incrementen las otras propiedades.

Los trioles con peso molecular de 3000 más comun-

mente usados, tienen predominantemente hidroxilos secundarios Si se incrementa el número de hidroxilos primarios tratando - los poliéteres con óxido de etileno, se incrementará la velocidad de curado y quizá se alcance un ligero incremento en el módulo de compresión, la resistencia a la tensión y en la elongación.

2.- EFECTO DEL DIISOCIANATO.

La mezcla comercial 80% del isómero 2,4 y 20% del isómero 2,6 del toluen diisocianato, es la más usada en la producción de espumas flexibles en un tiro. (6)

El exceso de TDI en espumas base poliéter, es usualmente de alrededor de un 3 a un 7%, conforme el exceso es incrementado de este nivel, el módulo de compresión aumenta, pero hay una marcada tendencia de la espuma a formar varias porciones de celdas cerradas y grandes.

La resistencia a la tensión y la resilencia también se ven incrementadas, de ahí que la elongación decrece. Cantidades menores que la estequiométrica de TDI en la formulación, nos dan como resultado espumas de poca resistencia, una resilencia pobre y quizá encontremos burbujas o cavernas en la misma, además de que es difícil de reproducirlas.

Sin embargo, algunas compañías ofrecen una formulación preparada con aproximadamente un índice de 70 y la espuma es anunciada como "super suave". (5)

3.- EFECTO DE LOS AGENTES SOPLANTES. (5)

En la formulación de la espuma, se usa agua por dos razones; una es proporcionar el bióxido de carbono necesario para la formación del producto celular, ya que queda atrapado por el polímero hasta que éste alcanza su estado sólido.

Ademas de la formación del bióxido de carbono, también se forma una amina primaria que reacciona con el isocia-

nato formando cadenas de urea con el polímero de uretano. Estos segmentos de urea incrementan las propiedades de capacidad de carga.

El efecto de la variación de la cantidad de agua en la formulación, está representado en la tabla I y en la figura 1. El triclorofluorometano puede ser usado como un agente soplante adicional para dar mayor suavidad y control de densidad.

La densidad, capacidad de carga, y otras propiedades de la espuma, pueden ser variadas dentro de ciertos límites modificando la cantidad de triclorofluorometano en una formulación dada. Generalmente, conforme ésta cantidad se incrementa, el contenido de silicón y de catalizador de estaño también deben incrementarse.

4.- EFECTO DE LOS CATALIZADORES.[5]

Las espumas base poliéter bajo el proceso en un tiro, requieren un sistema de catalizadores más activos que las espumas fabricadas bajo el proceso de prepolímero o semi-prepolímero. Generalmente se emplean compuestos organometálicos tales como compuestos orgánicos de estaño en combinación con aminas terciarias.

La tabla II indicá el efecto de varios catalizadores en las reacciones entre el isocianato y el agua, y entre el isocianato y los grupos hidroxilo.

Las catálisis más usuadas en la producción de espuma base poliéter en un tiro, son aquellas en las que intervienen aminas terciarias combinadas con sales de estaño, como el octoato de estaño.

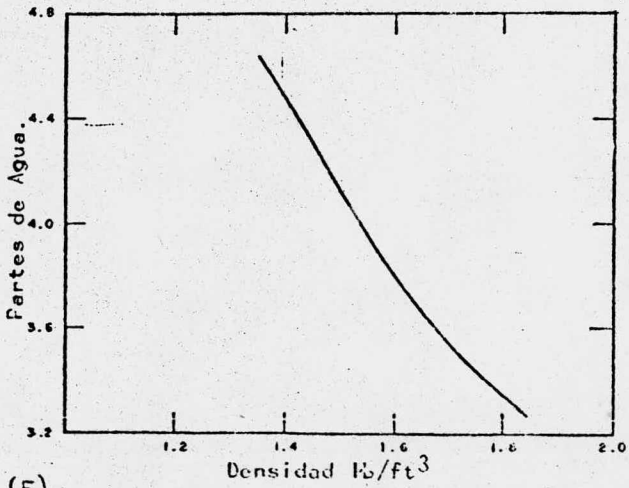
Al principio del desarrollo de estos sistemas, se encontró que muchos compuestos de estaño conteniendo grupos alquilo unidos directamente al estaño, (como en el dioctoato de dibutilestaño) promueven una degradación oxidante de la es

TABLA I (5)

EFECTO DE LA VARIACION DE LA CANTIDAD DE AGUA, EN LAS PROPIEDADES DE LA ESPUMA BASE POLIETER EN UN TIRO.

PARTES POR PESO DE H2O/100 PARTES DE POLIOL.	DENSIDAD IB/ft3	ILD
3.0	1.90	43
3.5	1.70	37
4.0	1.50	36
4.5	1.35	35

IB/50 in2 a un 25 % de deflexión en un espesor de 4 in.



(5) Fig. 1. Efecto de la concentración de agua, en la densidad de la espuma base poliéter en un tiro.

TABLA II (5)

REACCION DE FENIL ISOCIANATO CON BUTANOL, AGUA Y DIFENILUREA EN DIOXANO A 70°C

CATALIZADOR	CONC. CATALIZADOR (MOL %)	VELOCIDADES RELATIVAS		
		BUTANOL	AGUA	DIFENIL UREA
NINGUNO		1.0	0.78	1.3
N-METIL MORFOLINA	10	20.0	14	5.6
TRIETILAMINA	10	50.0	28	2.5
N,N,N',N'-TETRAMETIL 1,4-DIAMINA BUTANO	10	320.0	55	7.0
CATALIZADOR C-16 DE MOBAY	10	200.0	85	19
TRIETILEN DIAMINA	10	740.0	230	31
DILAURATO DE DIBUTIL ESTAÑO	0.10	3200.0	220	71

puma a temperaturas de alrededor de 120°C siendo éste tipo de reacciones exotérmicas, calor generado hace que la reacción exceda los 120°C en barras gruesas, por lo que estos catalizadores no pueden ser usados satisfactoriamente a menos de que sea incluído un anti-oxidante.

Los catalizadores estañosos no catalizan dicha degradación, por lo que han sido preferidos.

Como los catalizadores de estaño promueven principalmente la reacción isocianato-hidroxilo, es necesario, emplear además, catalizadores a base de aminas terciarias para favorecer la reacción isocianato-agua, se puede entonces tener un buen control del balance entre la formación del uretano (catalizador de estaño) y la reacción de soplado (catalizadores de aminas terciarias).

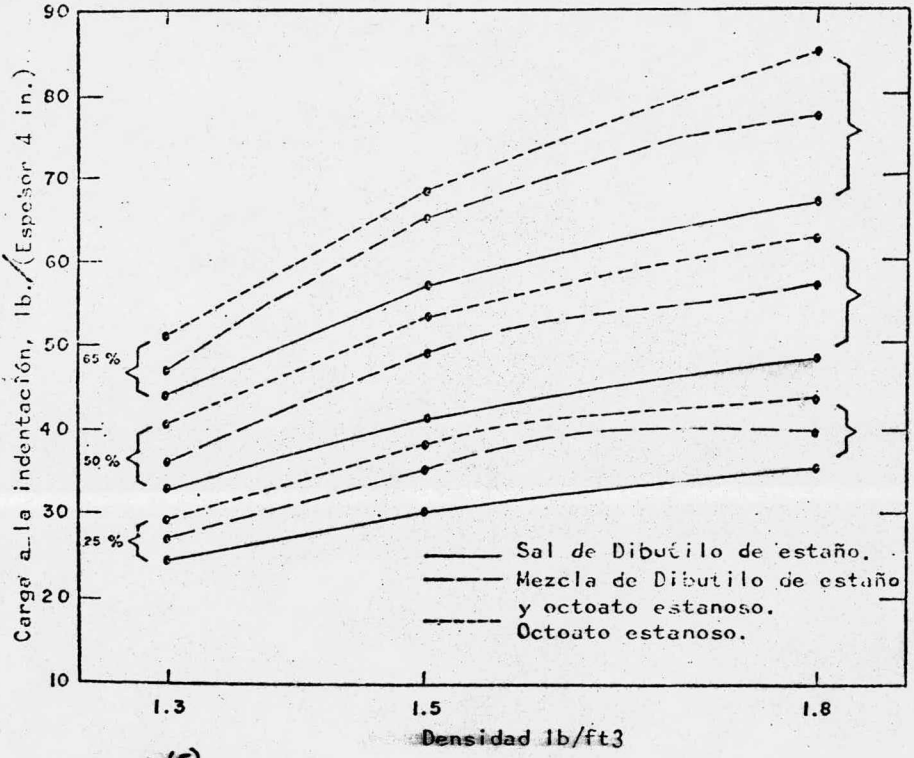
La capacidad de carga de las espumas de uretano a densidades constantes puede ser controlada por el tipo y composición del sistema de catalizadores (ver figura 2 y tabla III).

La elección de la concentración del catalizador tiene una influencia considerable en el número de celdas abiertas y en las propiedades de la espuma, en la medida en que la apertura de la celda influye en las propiedades.

En general, son requeridas mayores concentraciones de octoato de estaño para obtener espumas con celdas abiertas y de tamaño muy fino, que para obtener espumas con tamaño de celda ordinario.

Una complicación para obtener celdas de tamaño muy fino es el que los grandes niveles de catalizador requeridos para estabilizar las celdas finas, combinado con una estructura de celda fina, a menudo ocasiona altos valores de deformación remanente, cuando es medida al 90% de deflexión.

Este efecto es ilustrado en la figura 3 para espu-


90
80
70
60
50
40
30
20
10
Carga a la indentación, lb./(Espesor 4 in.)
65 %
50 %
25 %
Sal de Dibutilo de estaño.
Mezcla de Dibutilo de estaño y octoato estanoso.
Octoato estanoso.
1.3
1.5
1.8
Densidad lb/ft3

(5)

TABLA III

CONTROL DE LA CARGA POR INDENTACION EN LA ESPUMA BASE POLIETER POR MEDIO DE CATALIZADORES

DENSIDAD DE LA ESPUMA	1.8 lb/ft3			1.5 lb/ft3			1.3 lb/ft3		
				FORMULACION					
Polioxipolipropilen triol (P.M. 3000)	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Polioxipolipropilen diol (P.M. 2000)	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Dabco	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.1
N-EtilMorfolina	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3
Silicón L-520	1.3	1.3	1.3	1.7	1.7	1.7	2.0	2.0	2.0
Octoato de Estaño	-	0.30	0.50	-	0.30	0.50	-	0.30	0.5
Dilaurato de Dibutilestaño*	0.25	0.05	-	0.25	0.05	-	0.25	0.05	-
TDI, 80:20	41	41	41	42.8	42.8	44	42.8	44	44
Agua	3.3	3.3	3.3	3.4	3.4	3.4	3.5	3.5	3.5
Fluorocarbon - 11	-	-	-	5	5	5	10	10	10
TDI índice = 103									
				PROPIEDADES FISICAS					
Elongación, %	400	310	390	300	270	250	450	300	380
Resistencia a la Tensión, psi	20	19	21	16	15	16	19	15	16
Resistencia al Desgarre, lb/in	3.3	3.3	3.6	2.9	2.4	2.6	3.3	2.5	3.3
Rebote resilencia, % (Péndulo de Goodyear-Healey al 75% de penetración)	42	43	43	40	43	42	41	42	42
Deformación Remanente, % (90%, 22 hr., 70°C)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Carga por Indentación, lb. (en un espesor de 4 in)									
25 % de deflexión	35	39	43	30	36	38	24	27	30
50 % de deflexión	48	57	62	41	49	53	32	36	41
65 % de deflexión	65	76	84	56	64	68	45	47	52

* En todas las formulaciones que contienen Sales de Dibutilestaño, se usaron de 0.05-0.10 partes de ácido tartárico por cada 100 partes de poliol. (5)

mas de un tiro preparadas a partir de un politriol (polioxipropileno) con P.M. de 3000.

La óptima concentración del catalizador de estaño fué encontrada justo arriba del nivel requerido para obtener una espuma estable con celdas abiertas.

A éste nivel la facilidad de procesado y las propiedades de la espuma se encuentran aproximadamente a sus máximos niveles.

5.- EFECTO DE LOS SILICONES. (5)

Escoger el tipo adecuado de silicones surfactantes es importante en la preparación de espumas flexibles base poliéter en un tiro.

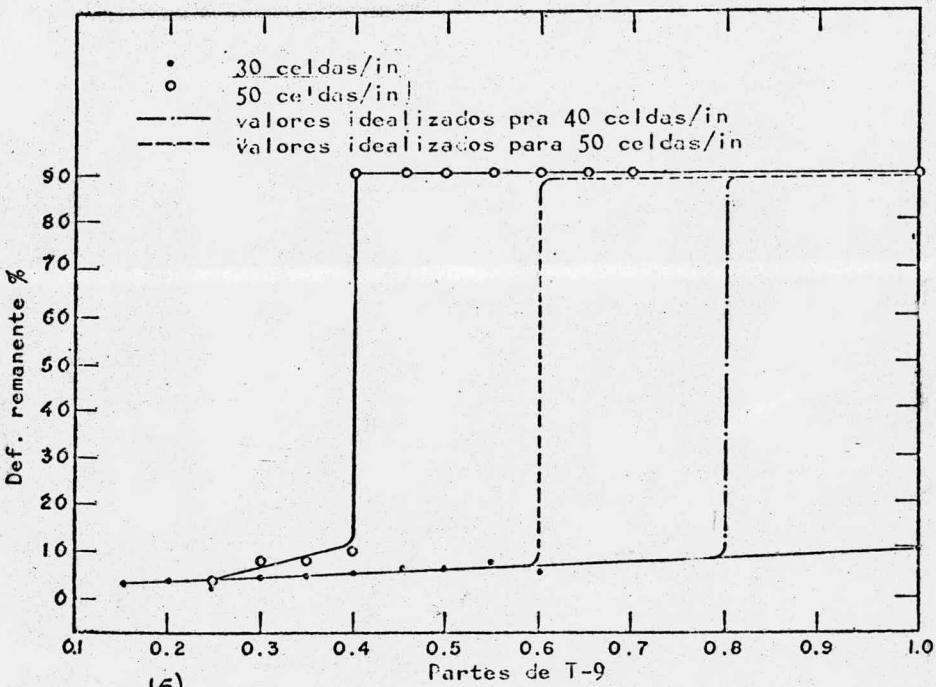
En el desarrollo inicial de estas espumas, se le otorga a los silicones surfactantes un crédito igual o mayor que al catalizador de estaño.

Desde que se inició la preparación de espumas base poliéter en un tiro, los silicones usados han sido tradicionalmente los copolímeros polioxialquilen-alquilsilicón.

Estos contienen ligaduras silicón-oxígeno-carbón y son suceptibles de hidrolizarse, por lo que deben tomarse precauciones especiales para tener un almacenamiento seguro.

Recientemente, han sido desarrollados silicones no-hidrolizables, principalmente basados en ligaduras directas silicó carbón. En este caso, la porción de la molécula ocupada por el copolímero polioxialquileno es usualmente un copolímero oxietileno-oxipropileno.

Anteriormente, cuando el block polímero de oxialquileno consistía únicamente de óxido de etileno, dando como resultado un colapso en la espuma flexible base poliéter. El papel principal de los silicones surfactantes en este tipo de



(5)

Fig. 3. Efecto de la concentración del catalizador T-9, en la deformación remanente de la espuma flexible, base poliéter en un tiro

espumas, es disminuir la tensión superficial y proveer una película resilente (pared de la celda), con objeto de prever el colapso de la espuma durante su elevación y continuar estabilizando ésta hasta que las reacciones de extensión de la cadena y del entrecruzado de las cadenas hayan progresado lo suficiente como para que la espuma pueda soportarse asimisma.

De ahí que los catalizadores y surfactantes son interdependientes, por lo que la falta o deficiencia de alguno de ellos puede tener como consecuencia, inestabilidad de la espuma.

Un papel secundario, pero no por eso menos importante de los silicones surfactantes, es el control del tamaño de celda.

silicones

El surfactante promueve la formación de celdas finas y uniformes, sin embargo las condiciones de mezclado y las variaciones en la formulación también deben vigilarse para mantener el control adecuado del tamaño de celda.

La cantidad usada de silicón del tipo L-520 es aproximadamente de 1.0 parte por cada 100 de poliol, más 0.2 partes por cada 0.5 partes de agua arriba de la concentración usual (3.5 partes), más de 0.25 a 0.5 partes de silicón por cada 5 de fluoruro.

Quizá sean necesarias cantidades adicionales de silicón para máquinas de alta capacidad produciendo bloques con sección transversal grande.

Un exceso de silicón (>3%) tiende a incrementar la deformación remanente al 90%. Comunmente el silicón es añadido a la formulación en combinación con el poliol, o bien en una mezcla con el agua y las aminas.

El silicón surfactante, juega una parte importante en cada uno de los tres pasos involucrados en la preparación de la espuma base poliéter en un tiro.

Estas son:

a) formación de la burbuja (celda),
b) crecimiento de la burbuja y
c) estabilidad de la burbuja.

a) En el primer paso son formadas las burbujas de gas hasta que el límite de solubilidad del gas en el reactan es alcanzado. Mientras más rápido salga el gas disuelto de la solución, más finas serán las celdas. Idealmente, para una espuma de celda fina, el gas deberá salir de la solución tan pronto como sea generado y por tantos puntos como sea posible. En este paso el silicón actúa como un agente de nucleación y como reductor de tensión superficial.

b) El segundo paso (crecimiento de la celda) es ayudado por el silicón reduciendo la tensión superficial. Si las burbujas grandes no son evitadas, crecerán proporcionalmente conforme las pequeñas desaparezcan, debido a la difusión del gas desde las celdas pequeñas hacia las grandes, por la gran presión interna en las de menor tamaño.

c) La contribución principal de los silicones en la estabilización de la espuma, es la promoción de películas elásticas, ya que la película líquida que forma las paredes de las celdas, es más delgada en las áreas entre uniones donde las celdas se encuentran juntas. Durante el crecimiento de la celda, esta película tiene baja viscocidad y está sujeta a ruptura debido al efecto combinado de temperatura, drenado, acción capillar, y la presión de expansión del gas. Una polimerización más distante, retarda el adelgazamiento y ayuda a estabilizar la celda. Es durante este período crítico que el organosilicón surfactante actúa reforzando la "cura" de los efectos contraatacando el adelgazamiento. La apertura de la celda es necesaria para la espuma flexible en un tiro, para prevenir el encogimiento. La resistencia mecánica debe ser tal que la membrana sufra ruptura, pero no el espesor grueso de la celda. El silicón no es crítico en este estado y el contenido de celdas cerradas depende principalmente del tipo y concentración del catalizador de estaño.

CAPITULO IV

EQUIPO PARA LA FABRICACION

Durante los primeros años del desarrollo de espumas de uretano se usaron equipos de mezclado relativamente simples.

Uno de los principales pasos en la comercialización de estos sistemas de espuma, fué la estructuración en los Laboratorios Bayer, de una máquina apropiada para la producción contínua de espuma. Estas máquinas son producidas en la actualidad en Alemania por la KARL HENNECKE MASCHINENFABRIK, bajo una patente de Bayer. Máquinas de menor capacidad que el tipo original conocido en Alemania como máquina "Bayer-Hennecke" y en los Estados Unidos como máquina "Mobay-Henneke", son usados en el mundo como equipos para la producción estandar de espumas tipo barra (Slab Stock).

Estas máquinas tienen velocidades de producción del orden de 300 lb/min.

Si bien el sieño mecánico del equipo para producir espuma, ha sido mejorado continuamente y muchos tipos diferentes de máquinas han sido construídas, todas ellas operan con los mismos principios básicos:

a) Los componentes de la espuma son introducidos con exactitud en una cabeza mezcladora.

b) En ésta, se lleva a cabo un mezclado y dispersión eficiente de los componentes de la espuma.

c) La espuma es descargada en moldes o en una banda transportadora.

En general las máquinas para el espumado pueden ser divididas en dos tipos, contínuas é intermitentes; las primeras son usadas en la producción de espuma tipo barra y las segundas para el moldeado.

Las unidades para la producción consisten generalmente de tanques de almacenamiento, bombas, sistemas para el control de las bombas, cabeza mezcladora, cambiadores de calor, transportadores, e instrumentación para medir y controlar el flujo de los componentes de la espuma; para medir la temperatura y presión a la cual los componentes son usados, y otras unidades especiales para asegurar la automatización de la operación tanto como sea posible.

El tamaño de los tanques de almacenamiento depende principalmente de la capacidad y la velocidad de producción.

El material de construcción preferido, es el acero inoxidable serie 300, aún cuando otros materiales han sido usados con mejores resultados. Para una mejor operación, se debe tener control de la temperatura de cada una de las materias primas.

En los tanques de almacenamiento donde sean mezclados componentes con diferente gravedad específica, se deberá contar con agitación para evitar que los componentes de mayor densidad se depositen.

La inyección de los materiales es llevada a cabo por una variedad de bombas mecánicas de diferentes tipos. Es importante que las bombas tengan un alto grado de exactitud y que no sufran variaciones de flujo mayores del 1%. Los componentes principales, esto es el isocianato y el poliéter, no presentan problemas graves para obtener la exactitud requerida en la inyección, pero es muy difícil inyectar separadamente las pequeñas cantidades de catalizadores, surfactantes y agua etc. requeridas.

Estos componentes auxiliares son mezclados comunmen

te en dos corrientes para obtener la precisión de inyección requerida (_ 1%).

El problema puede ser ilustrado si se considera unmolde para asiento conteniendo, quizá, 500 gr. de poliol. Si por ejemplo el silicón es inyectado separadamente en una concentración de 1 parte de resina, la cantidad total requeridaserá solo de 5 gr.

Cuando la descarga de la unidad de bombeo es checada, puede existir un error digamos de 0.1 gr. entonces la descarga checada bajo las condiciones de operación de la máquina puede variar en esta cantidad tanto al principio como al final del disparo esto es 0.2 gr. en 5 gr. o sea el 4%.

Este orden de exactitud puede ser aceptable para la inyección del silicón, pero definitivamente no es la exactitud suficiente para la inyección del agua ó del catalizador de estaño.

Para la inyección de líquidos de baja viscosidad, tal como el isocianato ó los poliéteres, las bombas de engranes son las más usadas, aunque bombas de inyección Bosh son también requeridas comunmente.

Estas trabajan a las velocidades normales del motor eléctrico y no requieren reductores de velocidad.

La velocidad de flujo puede ser controladacambiando la carrera efectiva de los pistones.

Los sistemas de control de las bombas, deben poseer un alto grado de reproductibilidad y de flexibilidad. De ahí que algunos componentes de la espuma quizá sean manejados usando engranes, cadenas etc., por lo que cada bomba debe estar provistado de tacómetro.

Quizá la parte más crítica del equipo para la producción de espuma sea la cabeza mezcladora. Cabezas mezclado

ras de todos los tipos y diseños han sido desarrolladas, sinembargo los tipos comerciales tienen un agitador rotatorio.

Estas deben de ser capaces de manejar material tanto de baja viscosidad como de alta, y ser capaces de mezclar sobre un variador rango de descargas. Las cabezas mezcladoras fijadas a la unidad dispensadora de espuma, son básicamente de dos tipos; contínuas e intermitentes.

Una mezcladora de tipo contínuo, es una mezcladora de alta velocidad con un pequeño tiempo de residencia a través del cual la mezcla de espuma pasa contínuamente durante el tiempo de descarga.

La mezcladora de tipo intermitente simula una preparación a escala de laboratorio. Los materiales son inyectados dentro de un recipiente cerrado, y mezclados durante un tiempo predeterminado (usualmente 2 ó 3 segundos), la base es entonces retirada y la cantidad total de material es descargada en el molde.

Ambos tipos de mezcladoras son usadas y el que se escoja dependerá del tipo de piezas que se desee moldear. La mezcladora contínúa es más versatil, debido a que la mezcla es inyectada contínuamente a una velocidad de descarga constante, lo que permite que sea bien distribuída en moldes grandes y complejos.

Tiempos grandes de inyección pueden ser usados debido a la facilidad con la cual puede ser distribuído el material de acuerdo a un patrón predeterminado, significando esto que el tiempo de inyección no está limitado al tiempo de cremado de la espuma.

La principal desventaja de la mezcladora contínua es que la estructura de la espuma varía del principio al final del disparo. El aire presente en la mezcladora al principio del disparo, causa nucleación de la mezcla y de ahí que se obtenga una espuma de textura fina, pero conforme el dispa

ro continúa y el aire se va acabando, la estructura de la espuma se torna ordinaria.

Las ventajas de la mezcladora de tipo intermitente son:

1.- El control de las variaciones de flujo es menos importante, solo es necesario asegurarse que la cantidad total de cada corriente sea la correcta.

2.- La espuma tiene un tamaño de celda uniforme y el tamaño de celda es controlado variando la velocidad del agitador. Debido a que el mezclador siempre contiene aire, y debido a la alta eficiencia del agitador de tipo espiral usado, se obtiene un control más excacto del gas nuclear en la mezcla con velocidades relativamente bajas del agitador.

Las principales desventajas de la mezcladora intermitentes son debidas a que el material es desalojado de la mezcladora en un tiempo aproximado de 1 seg. y por lo tanto no es posible una buena distribución de la mezcla en el molde.

* * *

CAPITULO V

EQUIPO ESPECIFICO Y VARIABLE DEL PROCESO POR MOLDEO

En general, el equipo mencionado puede usarse para la fabricación de espuma ya sea tipo barra ó moldeada.

Para el caso de espuma moldeada, tenemos además, otro tipo de equipo específico que incluye moldes, el transportador para éstos y el horno de curado.

1.- HORNOS DE CURADO

El costo de los moldes es una porción substancial del capital involucrado en una planta de moldeo; una reducción del tiempo en que se emplea cada molde, reducirá el número de moldes requeridos y por lo tanto el costo total de operación. Sin la aplicación externa de calor, la espuma moldeada tiene un curado mucho más lento que la espuma del proceso en barra debido a las pérdidas de calor exotérmico absorbidas por el molde.

Debido a que la reacción es exotérmica, existe un gradiente de temperatura entre el centro de la pieza y superficie. Este efecto se ve incrementado por el contacto de la pieza con el molde, por lo que la función del calor aplicado en el horno de curado, es acelerar la reacción en la superficie de la pieza, de tal manera que la espuma desarrolle la suficiente resistencia mecánica para aceptar tan rápido como sea posible el desmoldeo.

Los sistemas usados comercialmente para calentar los moldes son: aire caliente, vapor, rayos infrarrojos y calentamiento por radiación de microondas.

El más usado es el horno de aire caliente, debido a

que éste es más fácil de controlar.

El rango de temperatura del aire normalmente usado es de 150 - 170°C para curado en caliente y de 75 - 95°C para curado en frío. En otra sección se explicarán ampliamente las diferencias que existen en estos procesos.

Como la velocidad de transferencia de calor es baja son necesarios tiempos de curado prolongados, usualmente entre 9-18 min., dependiendo del proceso (curado en frío ó curado en caliente). Los tiempos de curado prolongados y la alta conductividad de los moldes de aluminio, aseguran que moldes de diferentes tipos y tamaños puedan alcanzar la temperatura deseada.

Una ventaja del curado de rayos infrarrojos o por microondas, es que los moldes no son fácilmente sobrecalentados y no se ven afectados por pequeñas variaciones en la velocidad con la cual atraviezan el horno de curado.

El calentamiento por vapor ofrece gran eficiencia en la transferencia de calor y la temperatura de los moldes requerida, puede ser alcanzada en un tiempo de alrededor de 2 minutos. Entonces es posible tener tiempos de ocupación de los moldes de 5 minutos, pero el incremento en la complejidad de la construcción del molde, así como en el costo, inhiben el uso de vapor para el calentamiento en plantas grandes.

El empleo de rayos infrarrojos como fuente de calor permite alta transferencia de energía hacia la superficie de molde y por medio de un balance de las entradas de calor por todos los lados del molde, puede obtenerse una temperatura muy uniforme en la superficie de éste.

Usando radiación infrarroja a partir de gas o de calentadores eléctricos, son fácilmente alcanzados tiempos de curado de alrededor de 10 minutos. Las desventajas son:

a) La alta temperatura de la fuente de calor impli-

ca que el control del tiempo de curado se ha vuelto crítico si debe ser evitado un sobrecalentamiento de la espuma.

b) La velocidad de transferencia de calor, depende del ángulo de incidencia de la energía de radisción sobre la superficie del molde.

c) Este sistema no será de utilidad si van a ser procesados una variedad de formas y tamaños de moldes.

El calentamiento por microondas usando radiación con frecuencia de radar (12.5 cm. de longitud de onda, 2450 megaciclos) en principio difiere de los otros métodos discutidos en que el calor puede ser aplicado a la espuma directamente en vez de através del molde.

La energía de microondas dentro de la banda de los 2450 megaciclos, es absorbida por los grupos polares que se encuentran en la espuma aún no curada conforme los grupos de isocianato van reaccionando, la cantidad de energía decrece.

No pueden usarse moldes metálicos, por lo que normalmente se construyen de plástico reforzados. El molde no deberá ser completamente permeable a la reacción de microondas, ya que en tal caso éste permanecerá frío y absorberá calor de la superficie de la espuma ocasionando en ella un curado deficiente, estará pegajosa, y no podrá ser facilmente moldeada.

Un horno de microondas consiste de una cavidad rectangular totalmente cerrada hecha de metal, generalmente aluminio, conectada a un magnetrón generador de alta frecuencia, por una gúia de ondas y un cople.

La cavidad debe estar proporcionada exactamente de tal manera que tenga una resonancia de la misma frecuencia de la microonda y debe estar al parejo del alimentador de poder. De una a tres unidades magnetrón pueden ser acopladas a una simple cavidad.

Un horno de microondas de este tipo puede calentar la espuma moldeada rápidamente po lo que se le adjudican tiempos cortos de ocupación; por ejemplo, un moldeado de 21 lb puede ser retirado del horno en un minuto.

Este es el mérito principal de este tipo de curado. Ahora bien, la temperatura de la espuma puede ser elevada a cerca de 120°C en un tiempo de alrededor de un minuto; el proceso de curado no ha sido completado al alcanzar esta temperatura, ya que la velocidad de calentamiento en el horno de microondas es muy rápido, de tal manera que la mezcla de espuma se encuentra solo durante unos pocos segundos a una temperatura mayor de los 100°C durante su estancia en el horno, entonces el curado continúa aún después de que el molde ha salido del horno durante 2 minutos más antes de poder enfriarlo para desmoldear la pieza.

Estos 2 minutos extras deberán ser añadidos al tiempo que permanece el molde en el horno de curado cuando se comparen los tiempos de ocupación del molde con los obtenidos en el curado por aire caliente y por rayos infrarrojos.

En conclusión, la velocidad de calentamiento por medio de microondas es muy rápida, por lo que el tiempo de curado se torna crítico. Además, éste deberá ser coordinado con el peso de espuma contenido por el molde, ya que tiempos de curado de 15 segundos en exceso a los necesarios para elevar la temperatura de la espuma al nivel deseado, pueden causar que la espuma se chamusque, en lugares que se encuentren a uno ó dos centímetros de la superficie del molde.

Debido al riesgo asociado con la energía de microondas, es necesario que las piezas sean curadas adentro de la cavidad completamente cerrada, controlando ésta con microseitches los cuales deberán prevenir que los magnetrons sean alimentados hasta que la cavidad se encuentre completamente cerrada.

Por lo tanto no es posible utilizar un horno de mi-

croondas alrededor de un transportador de tipo estandar. Esta limitación ha inhibido el uso de la técnica de curado por microondas.

2.- CONTROL DE TEMPERATURA.

Es importante el control de temperaturas de la corriente de material, básicamente porque la densidad de la espuma depende de la temperatura de la mezcla inyectada en el molde. Un cambio de 1.C puede producir un cambio en la densidad alrededor de 1%.

Ya que el volúmen de la espuma debe ser paralelo al volumen del molde, variaciones en la presión causarán moldeados imperfectos, por lo que la temperatura deberá ser controlada en un rango de ± 0.5.C por otro lado, las variaciones de temperatura afectan significativamente las velocidades de reacción relativas del soplado y de la gelación, de aquí que afectan la apertura de la estructura de la espuma; por último como las bombas inyectan volúmenes constantes de las materias primas, cualquier variación en la temperatura también afectará las relaciones en peso de los materiales.

Usualmente es suficiente controlar la temperatura de las corrientes del poliol y del isocianato; la variación de la temperatura en las corrientes de los activadores, generalmente es menor, además dado que su volumen es muy pequeño, el efecto en la temperatura final de la espuma es insignificante, es de mayor importancia mantener una temperatura constante del isocianato y del poliol que la selección de cualquier temperatura de operación.

Pueden ser obtenidos resultados satisfactorios a temperaturas entre 20 y 30°C, previendo que las concentraciones de catalizadores que se escojan den como resultado velocidades de reacción convenientes.

Las unidades de inyección en una línea de producción, de moldeados de espuma flexible, siempre que trabajan

a su máxima capacidad, operan en recirculación al menos el 50% del tiempo, por lo que una gran cantidad del calor generado en las bombas, es retenido en el sistema. El control de temperatura involucrando enfriamiento de los componentes principales. es obtenido por el uso de unidades de refrigeración-convencionales, en conjunto con un control de termostato que-es colocado en la salida de los tanques. El calentamiento de los materiales, solo es requerido normalmente cuando la línea se arranca y es obtenido por el uso de resistencias colocadas alrededor del fondo de los tanques de materiales.

3.- CONTROL DE DESFASAMIENTO.

El desfasamiento es definido como una desviación momentánea, de las condiciones de inyección en estado estable;-ésta surge al principio ó al final de un período de inyección debido a que las corrientes que son bombeadas, varían ampliamente en cantidad y viscosidad y son por lo tanto, propicias-a dar diferentes presiones en los sistemas de bombeo, también surge por la necesidad de usar tuberías flexibles, en puntos-cercanos a la cabeza mezcladora, para permitir movimientos controlados de la unidad de inyección, durante el llenado del molde. El control del desfasamiento, es una de las caracterísiticas más importantes de una unidad, para inyección de moldeados. El método usado para su control, varía en detalle con el diseño de la máquina. Los principios generales, son los siguientes:

(1) Todos los componentes, deberán ser recirculados a un punto tan cerca, como sea posible de la mezcladora. La-válvula que controla el material, que deberá continuar en recirculación ó será inyectado en la cabeza mezcladora, deberá-conectarse a un mismo accionador, de tal forma que sea obtenida una operación simultánea de las válvulas. La recirculación del material, tiene dos propósitos principales: Primero.- ésta simplifica el control de la temperatura de los materiales; segundo.- la cantidad de líquido estático que permanece en la línea, es reducido a un mínimo y por lo tanto, las variaciones de presión debidas a la inercia, en cada disparo-

son reducidas, tambien al mínimo.

(2) Las velocidades, a las cuales los componentes encuentran a la mezcladora, son igualadas ajustando los diámetros de los orificios de las válvulas, al volúmen de cada corriente, de tal manera que la relación de los diámetros sea igual a la relación de las raíces cuadradas de las velocidades de los componentes; si esto no se hace, el desfasamiento persistirá, aunque todos los componentes entren a la mezcladora juntos, porque el componente que entre con la velocidad más alta, saldrá primero de la mezcladora, al principio de cada disparo.

(3) Las presiones de las corrientes, deberán ser balanceadas en algún punto que se encuentre lo más cerca posible, en la salida de la mezcladora, ya que la presión de recirculación será igual a la presión de alimentación directa a la cabeza mezcladora. Esta igualación de presiones, previene el desfasamiento, al final y al principio de cada disparo, el cual por otro lado, podrá ocurrir debido a la dilatación de las tuberías flexibles y a cambios en el comportamiento del bombeo, bajo variaciones en las condiciones de presión.

4.- MOLDES.

Las propiedades de un molde que son importantes, sin importar el sistema de curado son:

(1) El molde deberá ser lo suficientemente ligero, como para ser facilmente manejado en una línea de producción, pero suficientemente fuerte, para soportar el ciclo de temperatura y el manejo sin distorsión alguna.

(2) La tapa del molde, deberá abrir y cerrar fácilrápidamente, también deberá sellar con la base eficientemente

(3) La superficie interna deberá retener suficiente desmoldante.

(4) El molde deberá tener una alta conductividad térmica y baja capacidad termal. para permitir que sea enfriado o calentado rápidamente, (excepto cuando el curado se efectúa por microondas).

El mejor material para la construcción de moldes, es el aluminio colado, aunque también se usan moldes fabricados con resina epoxy de fibra de vidrio reforzada. Inicialmente son más baratos que los moldes de aluminio colado, pero son menos fuertes y tienen una resistencia limitada a los ciclos de calentamiento. En general, solo son usados para la producción de muestras o en aplicaciones, donde no se anticipan largas jornadas de trabajo.

5.- CONDICIONES DEL MOLDE.

La temperatura del molde cuando la mezcla es inyectada, es muy importante por varias razones:

(1) Cualquier variación en la temperatura del molde afectará la densidad de la espuma producida; si el molde se encuentra frío, dará una densidad alta y además la espuma no llenará por completo el molde. Una temperatura excesiva del molde, causará demasiada presión en el molde, provocando que la espuma se colapse y aparezcan grietas o hendiduras.

Generalmente el molde es llenado con un 4 ó 5% de de exceso. Si éste exceso es incrementado, causará deficiencias en la estructura de la espuma, además de posibles desperdicios de material que saldrá por los escapes de gas que tiene la tapa del molde (venteos), ó por separaciones, entre la base y la tapa que puedan permitir la fuga de material, por lo que la espuma se verá alterada en sus propiedades, especialmente incrementando su dureza.

(2) La calidad y el espesor de la piel de la pieza depende también de la temperatura del molde. El objetivo generalmente es producir una piel delgada, continua y permea-

ble. Bajas temperaturas en el molde, producirán una piel de gran espesor, la cual no es aceptable para la industria mueblera. Altas temperaturas, causarán que la piel sea muy delgada, siendo fácil que sea dañada cuando se remueve la pieza del molde.

La temperatura óptima, depende de la formulación bajo la cual se quiera producir la espuma, del poliol usado y del material que está construído el molde, en general fluctúa en un rango de 45-60°C. Los moldes de aluminio son inyectados normalmente a una temperatura de 45°C. Los moldes de plástico, dada su baja conductividad, pueden ser inyectados a más alta temperatura, en general en un rango de 50-60°C.

Es importante que la temperatura en la superficie sea uniforme, cuando es inyectado el material. Los moldes deberán ser acondicionados, después de que el desmoldante ha sido aplicado. Este acondicionamiento puede consistir en pasar el molde através de un tunel de aire caliente, circulando en la misma dirección en que viaja el molde. Debido a la baja velocidad de transferencia de calor, en el acondicionamiento por aire a temperatura controlada, el proceso se torna lento, por lo tanto el molde es enfriado antes de pasar por el tunel por medio de aire frío, entonces la temperatura del aire en el tunel es mantenida unos pocos grados arriba de la temperatura deseada, durante la inyección. Los moldes de metal usados en las líneas de curado por aire caliente y por rayos infrarojos, tienen un mejor acondicionamiento si son pasados por un baño de agua controlado termostáticamente. Este sistema no puede ser usado con los moldes de plástico reforzado que se utilizan en el sistema de curado por microondas, debido a que absorberían suficiente agua, como para causar problemas durante el curado. Como una consecuencia de la baja conductividad térmica de los moldes de plástico reforzado, es muy difícil obtener temperaturas de molde uniformes, por lo que los moldes deberán ser construídos con gran cuidado, para obtener espesores de pared uniformes, si no se desea tener zonas con temperatura más alta.

En la tabla IV son comparadas las propiedades típicas de una espuma moldeada, con las equivalentes a una espuma preparada por el proceso en barra (expansión libre).

Las diferencias más significativas son: La mayor densidad del producto moldeado, la deformación remanente más alta, un incremento en la resistencia a la tensión y una resistencia reducida. Estas diferencias en las propiedades son una función del proceso moldeado. El incremento en la densidad y la disminución en la resistencia, son causadas por el incremento de presión ejercido durante el espumado, por lo que es muy difícil de obtener por el proceso moldeado, una estructura de celda, completamente abierta como la obtenida por el proceso de expansión libre. El balance de los catalizadores, debe ser ajustado en favor de la reacción de polimerización para obtener la estabilidad de la espuma necesaria, para que con el molde cerrado y completamente lleno, no aparezcan cavernas en la espuma. La alta deformación remanente y el incremento en la resistencia a la tensión, son un resultado del pequeño gradiente de temperatura y de la más baja temperatura obtenida por las grandes pérdidas de calor ocurridas durante el espumado.

Por el momento, no ha sido posible reducir la deformación remanente de la espuma moldeada a los mejores niveles obtenidos en la producción en barra; aún cuando el post-curado de la espuma moldeada es continuado por varias horas, simulando las condiciones obtenidas en grandes barras de espuma, la deformación remanente, siempre es mayor que la obtenida en máquinas de espumado.

6.- DESMOLDANTE.

Cuando la pieza es removida del molde, su resistencia a la tensión, así como otras propiedades, no se encuentran a su máximo nivel; si la pieza es dañada, no será deseada, particularmente si sufre algún desgarre ó alguna pérdida de la piel superficial por lo que es esencial que ésta no se-

TABLA IV

COMPARACION ENTRE LAS PROPIEDADES DE LA ESPUMA MOLDEADA Y LA ESPUMA EN BARRA. (4)

	BARRA	MOLDEADA	BARRA	MOLDEADA
DALTOCEL T 56	100	100	-	-
DALTOCEL T 48/35	-	-	100	100
SUPRASEC EN	105 INDEX	105 INDEX	105 INDEX	105 INDEX
AGUA (TOTAL)	3.5	3.5	3.5	3.5
ARCTON 11	10	10	-	-
SILCOCELL 380	1.5	1.5	1.0	1.5
OCTOATO DE ESTAÑO	0.325	0.40	0.25	0.25
DABCO	0.1	0.15	0.1	0.15
N-ETIL MORFOLINA	-	0.5	-	0.5
DENSIDAD (KG/M3)	22	24	28	30
DEFORMACION REMANENTE (%) 90%	4.6	6.5	4.9	6.3
INDENTACION, DUREZA (KG),(CORTE DE ESPUMA) 50%	15	12	21	18
SIN CORTE DE ESPUMA) 50%	-	18	-	27
RESISTENCIA A LA TENSION (KG./CM.2)	0.88	1.25	1.4	1.52
ELONGACION A LA RUPTURA (%)	190	200	230	260
CONTEO DE CELDAS (CPLI)	32	46	49	50
RESILENCIA (%)	45	46	51	46

adhiera a la superficie del molde. Es posible obtener un buen desmoldante, aplicando una capa delgada de cera de alto-punto de fusión, sobre la superficie del molde que estará en-contacto con la espuma. La capa de cera deberá ser replicada después de cada ciclo; el mejor momento para efectuarlo, es inmediatamente después que la pieza ha sido removida, ya que-la temperatura del molde, será cercana al punto de fusión de-la cera. Debe ser usada una cera de alto punto de fusión, ya que es esencial que ésta permanezca sólida hasta que la temperatura sea lo suficiente alta, como para que la superficie de la pieza haya curado parcialmente. Para obtener un buen des-moldeo, la cera deberá fundir al final del ciclo de curado. Las ceras que son comunmente usadas, tienen puntos de fusión-en un rango de 70-105°C y son aplicadas con brocha o por atomizador, ya sea en estado de fusión o disuelta en agua ó en solventes. La dispersión en disolventes, es la más usada. Es importante que todo el disolvente sea removido de la capa aplicada al molde, por lo que deberá hacerse cuando el molde-se encuentre caliente.

* * *

CAPITULO VI

COMPARACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE ENERGIA, ENTRE LOS PROCESOS DE MOLDEO, CURADO EN CALIENTE Y ALTA RESISTENCIA.

1.- BASES.

Durante los últimos tres años, gran parte de la Industria de uretanos flexibles, ha cambiado del proceso convencional, por curado en caliente, al proceso de alta resilencia.

La causa responsable de este cambio en la tecnología, incluye mejoras en las propiedades físicas, así como en el proceso mismo. La espuma moldeada de alta resilencia, (en comparación con la espuma convencional por curado en caliente), exhibe relaciones de carga más altas, una mayor resilencia y mejoría en las propiedades de fatiga, debido a que los materiales usados en el procesamiento de la espuma de alta resilencia, entre otros, el Niax Poliol 34-28 y el 11-34, de Unión Carbide ó el Poliol P-581 y el P-538, de Polioles, S.A. son diseñados para ser más reactivos que los polioles convencionales. Los moldeados de espuma, curan más rápido y por lo tanto, los ciclos de tiempo de moldeo, son reducidos. Además de los bajos tiempos de ciclo, (o sea un incremento de velocidad en la línea), la energía necesaria para el curado de la espuma también es reducida. El efecto combinado hace posible una reducción significante de los requerimientos totales de energía para el proceso de piezas moldeadas de uretano flexible.

Debido a que la industria está al tanto, no solo de lo concerniente a lo elevado de los costos de energía, sino también en aquellas cuestiones tocantes a la disponibilidad, en el presente y en el futuro. Se han preparado datos de comparación de requerimientos de energía, para aquellos procesos

de moldeo, Las comparaciones hechas en esta sección, representan lo que es considerado como una norma para cada una de éstas tecnologías. Debido al diseño de las líneas de proceso los datos pueden variar significativamente, por lo que éstos deberán tomarse solo como una buena aproximación. Por ejemplo; la velocidad de la línea, podrá ser incrementada para cada proceso, con solo aumentar la descarga, sin embargo, es de esperarse que a tal cambio, le deberá corresponder un incremento en la eficiencia del horno de curado, de ahí que la tecnología, base de cada proceso, podría ser mejorada brevemente y los requerimientos de energía reducidos. A continuación serán discutidos los requerimientos de energía, para ambas tecnologías.

2.- PROCESO DE MOLDEO DE URETANO POR CURADO CALIENTE.

En general, puede decirse que los requerimientos de energía para el proceso convencional (curado en caliente), exceden a aquellos para el moldeo de alta resilencia (curado en frío), esto fundamentalmente, es debido a que la tecnología para alta resilencia, es basada en polioles que son mucho más reactivos. Idealmente los moldes deberán ser calentados tanrápido como sea posible, después de haberse acompletado la elevación de la espuma. Deberá contarse con una fuente de energía, capaz de hacer que los moldes alcancen una temperatura de 350°F, en un tiempo de aprox. 3 min. De no contarse con ésta, se tendrá un efecto adverso, tanto en el proceso, como en las propiedades físicas de la espuma.

Una descripción del proceso de moldeado en caliente y un diagrama esquemático, son descritos en la tabla V y figura 4. Estos datos hacen énfasis en la parte del proceso, relacionada con los requerimientos de energía. La información concerniente al encerado, limpieza de moldes, etc., ha sido suprimida intencionalmente.

La alta temperatura de los hornos de infrarojo, necesaria para alcanzar la temperatura del molde rápidamente y el horno de aire caliente, requerido para mantener las altas-

temperaturas hasta el paso de desmoldeo, suman fácilmente la principal porción del paquete de energía (aprox. 7MM B.T.U. s/hora, ver tabla V). El balance de los requerimientos de energía, está relacionado con enfriamiento de moldes, los ventiladores para recircular el aire caliente, y el pequeño horno de infrarojo, para el acondicionamiento de los moldes, además de los conceptos ya mencionados. Se encontró que los requerimientos totales de energía, son aproximadamente 8MM B.T.U.'s/hora. Cuando ésta cantidad es dividida por el número de piezas por hora (199), el requerimiento real de energía por pieza moldeada de espuma puede ser calculado. Para estemoldeo se ha encontrado que para cada pieza producida, son necesarios 44,000 B.T.U.'s/hora de calor.

3.- PROCESO DE MOLDEO DE URETANO DE ALTA RESILENCIA.

El paquete de energía total, requerido para el proceso de alta resilencia, se espera que sea menor del requerido para el curado en caliente, debido a que los polioles empleados son significativamente más reactivos. En la tabla VI y en la figura 5,se describe un proceso típico de alta resilencia. Los detalles no concernientes con la energía, han sido intencionalmente suprimidos.

La porción principal de la energía, se debe a los hornos de aire caliente, usados en el paso anterior al desmoldeo de la pieza y en los hornos de post-curado, empleados posteriormente, a fin de poder usar rápidamente las piezas. Elpaso de post-curado, empleados posteriormente, a fin de poder usar rápidamente las piezas. El paso de post-curado puede ser evitado sin ningún efecto adverso en las propiedades físicas de la espuma, de tal forma que si no existe la necesidad de usar en poco tiempo las piezas, entonces el horno de post-curado, puede evitarse y por lo tanto los requerimientos de energía serán disminuidos significantemente.

El paquete total de energía, incluyendo hornos para tratamiento de pre y post-curado, área para enfriamiento de moldes y ventiladores para la recirculación de aire caliente,

suma en total 6.3 MM B.T.U's/hora. Cuando esto es dividido por la productividad de la línea (300 piezas /hora), encontramos que es necesario 21,000 B.T.U. 's de calor por cada pieza.

NOTA: En adelante únicamente se tratará con el proceso por curado en frío, dados los beneficios que éste representa.

* * *

FIG. 4 PROCESO DE CURADO EN CALIENTE, DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UNA LINEA DE ESPUMADO.[12]

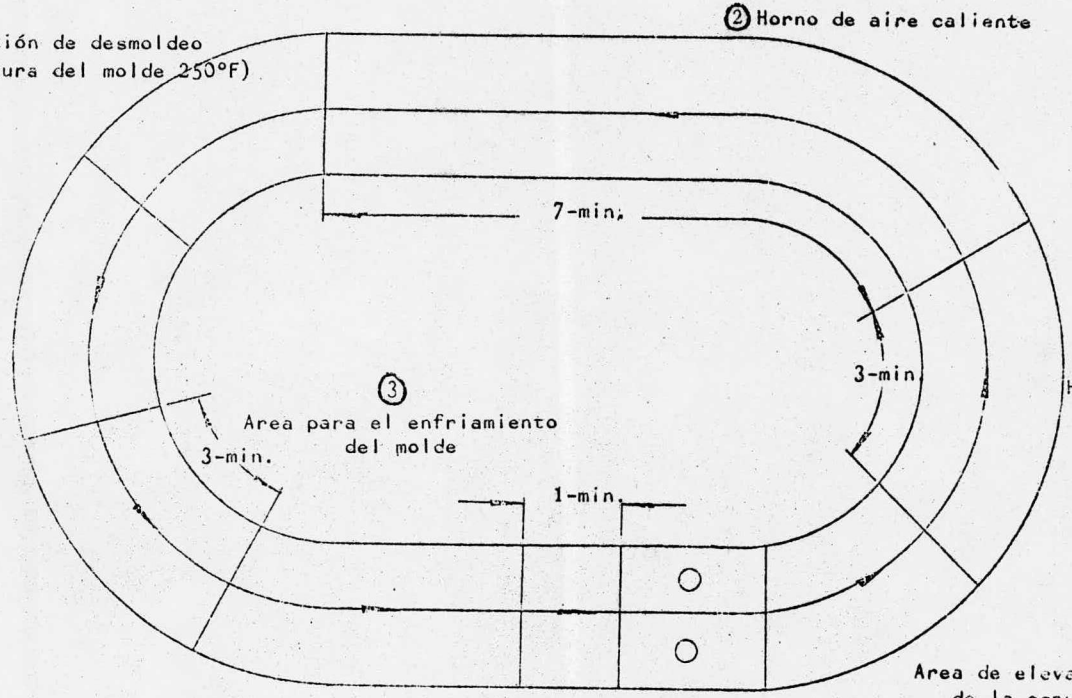


TABLA V

(12)

PROCESO DE MOLDEO DE URETANO, POR CURADO EN CALIENTE.

I CONDICIONES DE OPERACION DE UNA LINEA TIPICA

Tiempo de Ciclo (Inyección a inyección), min.	22
Longitud de la línea, ft.	440
Velocidad de la línea, ft/min.	20
Tiempo desde la inyección, hasta el desmoldeo, min.	13
Número de moldes en la línea	73
Piezas de espuma moldeada/hora	

II REQUERIMIENTOS PARA ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO

		MM BTU'S/HR
1	Horno de infrarojo para curado	3.0
2	Horno de aire caliente	4.0
3	Area para el enfriamiento de moldes	0.1
4	Horno de infrarojo para acondicionamiento	1.3
5	Ventiladores de extracción y recirculación	0.4
		8.8
		MM BTU'S/HR

III REQUERIMIENTOS DE ENERGIA POR PIEZA MOLDEADA DE URETANO

$$\frac{8.8 \text{ MM BTU'S/HORA}}{199 \text{ PIEZAS /HORA}} \quad \boxed{44{,}000 \text{ BTU'S/ PIEZA}}$$

FIG. 5.- PROCESO DE ALTA RESILENCIA, DIAGRAMA ESQUEMATICO[12]
DE UNA LINEA DE ESPUMADO

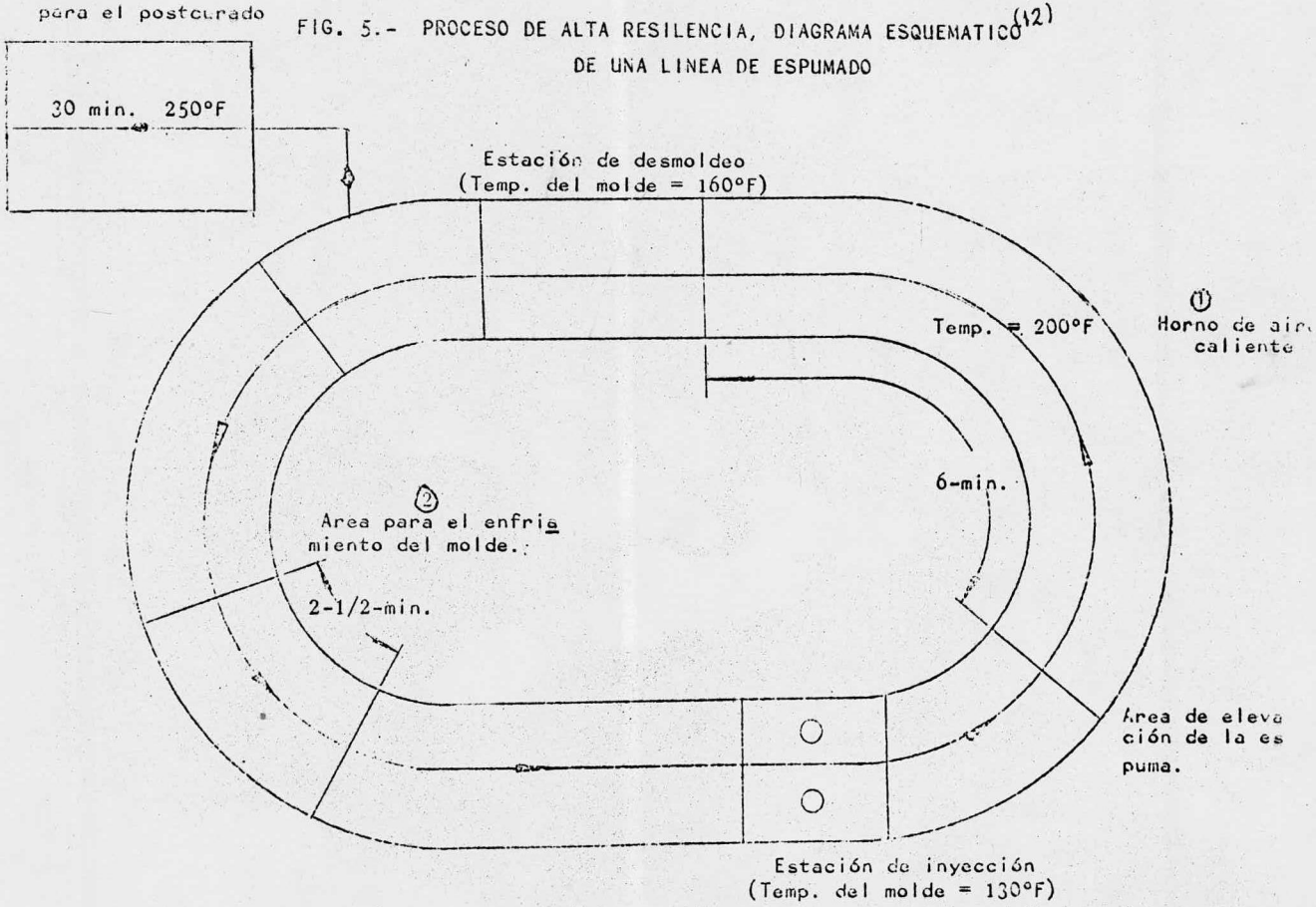


TABLA VI

PROCESO DE MOLDEO DE URETANO DE ALTA RESILENCIA (42)

CONDICIONES DE OPERACION DE UNA LINEA TIPICA

Tiempo de Ciclo (Inyección a inyección), min	17
Longitud de la línea, ft.	510
Velocidad de la línea, ft/min.	30
Tiempo desde la inyección, hasta el desmoldeo, min.	8
Número de moldes en la línea	85
Piezas de espuma moldeada/hora	300

II REQUERIMIENTOS PARA ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO

		MM BTU'S/HR
1	Horno de aire caliente para curado	4.0
2	Area para el enfriamiento de moldes	0.1
3	Horno de aire caliente para el post-curado	2.0
4	Ventiladores de extracción y recirculación	0.2
		6.3 MM BTU'S/HR

III REQUERIMIENTOS DE ENERGIA POR PIEZA MOLDEADA DE URETANO

$$\frac{6.3 \text{ MM BTU'S/HORA}}{300 \text{ PIEZAS./HORA}} = \frac{21{,}000 \text{ BTU'S/PIEZA}}{}$$

CAPITULO VII

EFECTO DE LOS CATALIZADORES EN LAS PROPIEDADES FISICAS DE LA ESPUMA DE ALTA RESILENCIA.(3)

El papel de los catalizadores metálicos y aminas en el control de las velocidades de reacción en la formación del uretano y de la urea, ha sido estudiado por mucho tiempo en las formulaciones para el proceso moldeado por curado en caliente. Un delicado balance entre los catalizadores de aminas y metálicos, es necesario para obtener una espuma de buena calidad. El incremento en la reactividad de los polioles diseñados para espuma de alta resilencia, reduce la concentración y limita el rango de procesamiento en los requerimientos de los catalizadores, más aún en algunos catalizadores metálicos, sobre todo cuando pequeñas concentraciones provocan encogimiento permanente de la espuma.

La acción de apertura de la celda de los polioles poliméricos, ha provisto un mecanismo por medio del cuál, el rango de operación de los catalizadores ha sido ampliado, por consiguiente, permite la inclusión de catalizadores metálicos en los sistemas de alta resilencia, esto ha provocado un estímulo por el estudio de las características de proceso de los diferentes sistemas de catalizadores, así como también su efecto en las propiedades de la espuma. Los datos obtenidos han mostrado que dichas propiedades son influenciadas, tanto por la concentración, como por el tipo de catalizadores usados.

El efecto de la concentración de los catalizadores de aminas en espumas moldeadas de alta resilencia, es mostrado de la figura 6 a la 10. Las condiciones, tanto de formulación como de proceso, fueron mantenidas constantes, con excepción de la concentración del catalizador de amina. En la figura 6, puede observarse que conforme se incrementa la concen

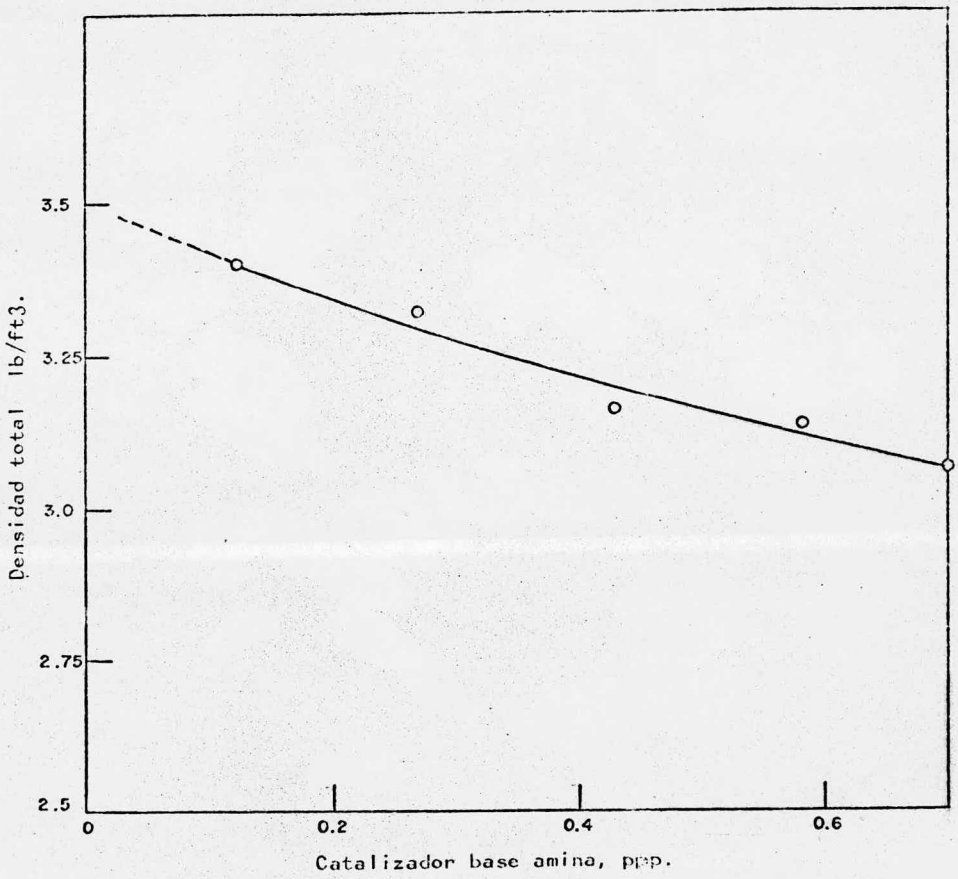


Fig. 6. Efecto de catalizador, base amina en la densidad de espuma moldeada. (3)

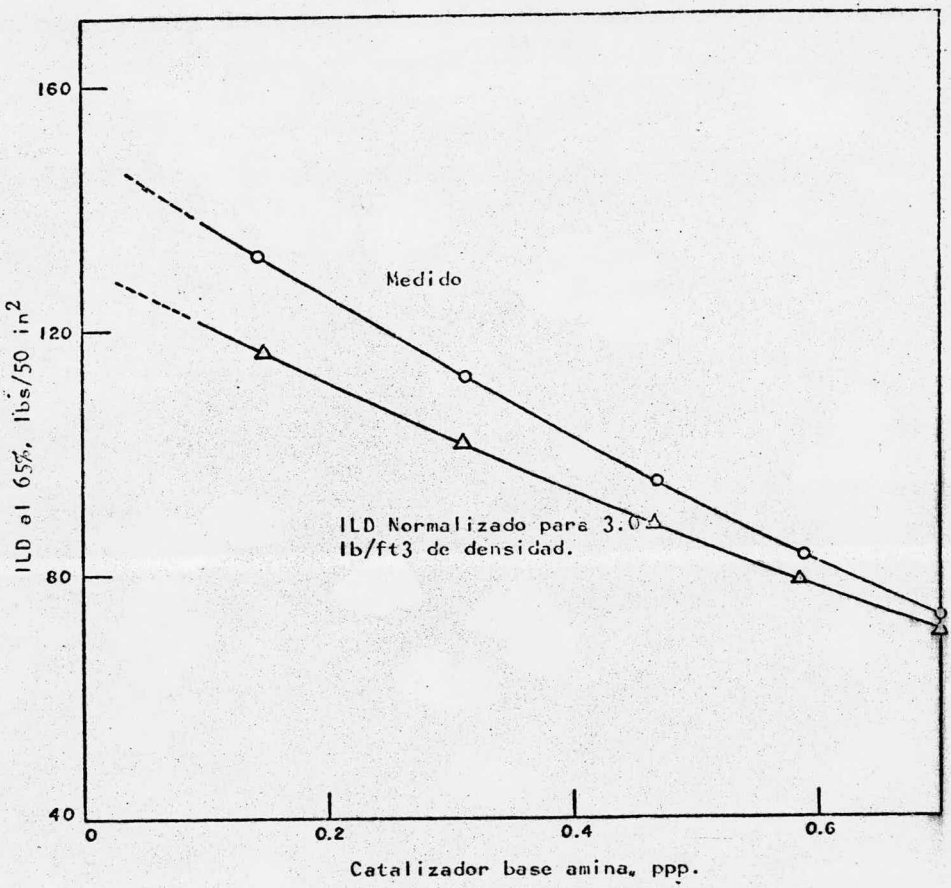


Fig. 7. Efecto de la concentración del catalizador, base amina en la firmeza. (3)

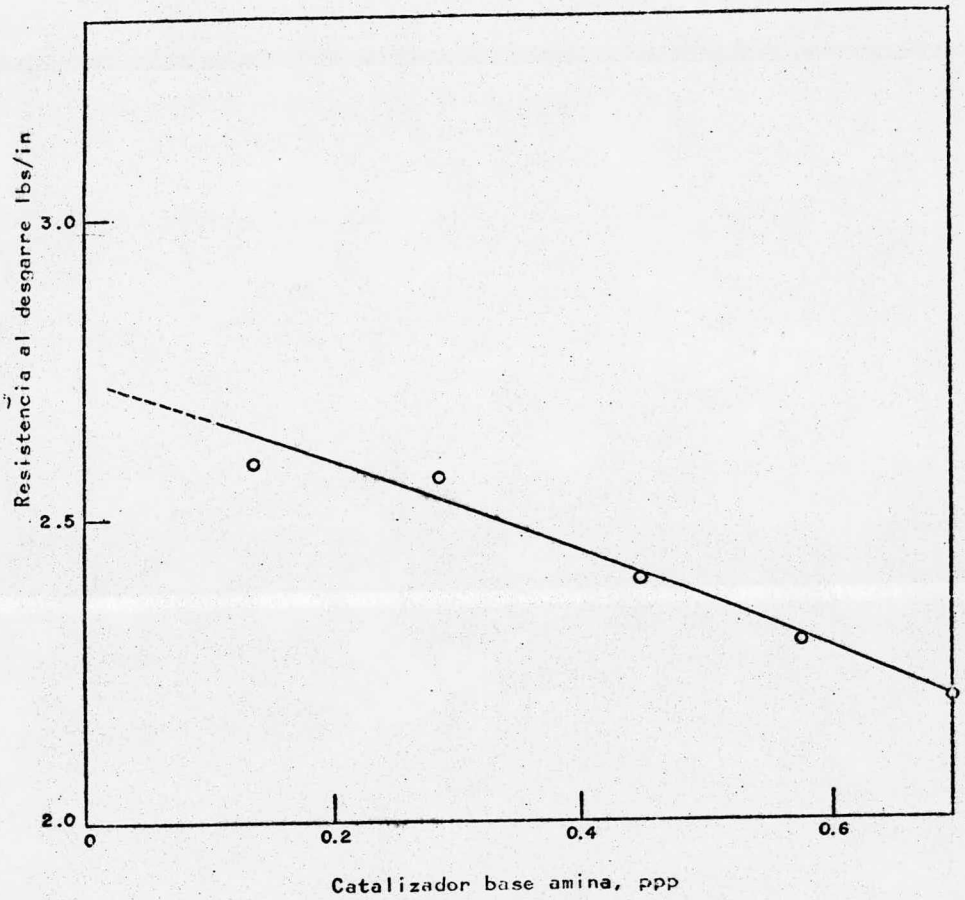


Fig. 8. Efecto de la concentración del catalizador, base amina, en la resistencia al desgarre. (3)

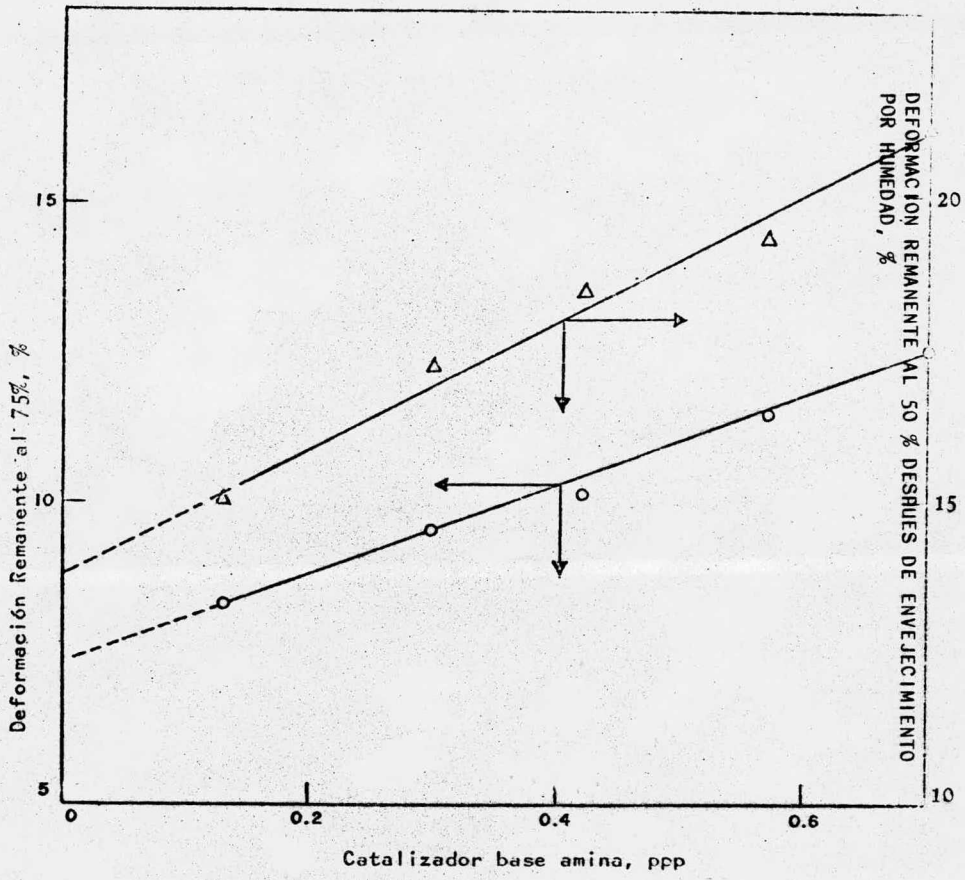


Fig. 9. Efecto de la concentración del catalizador, base amina e la Deformacion Remanente.(3)

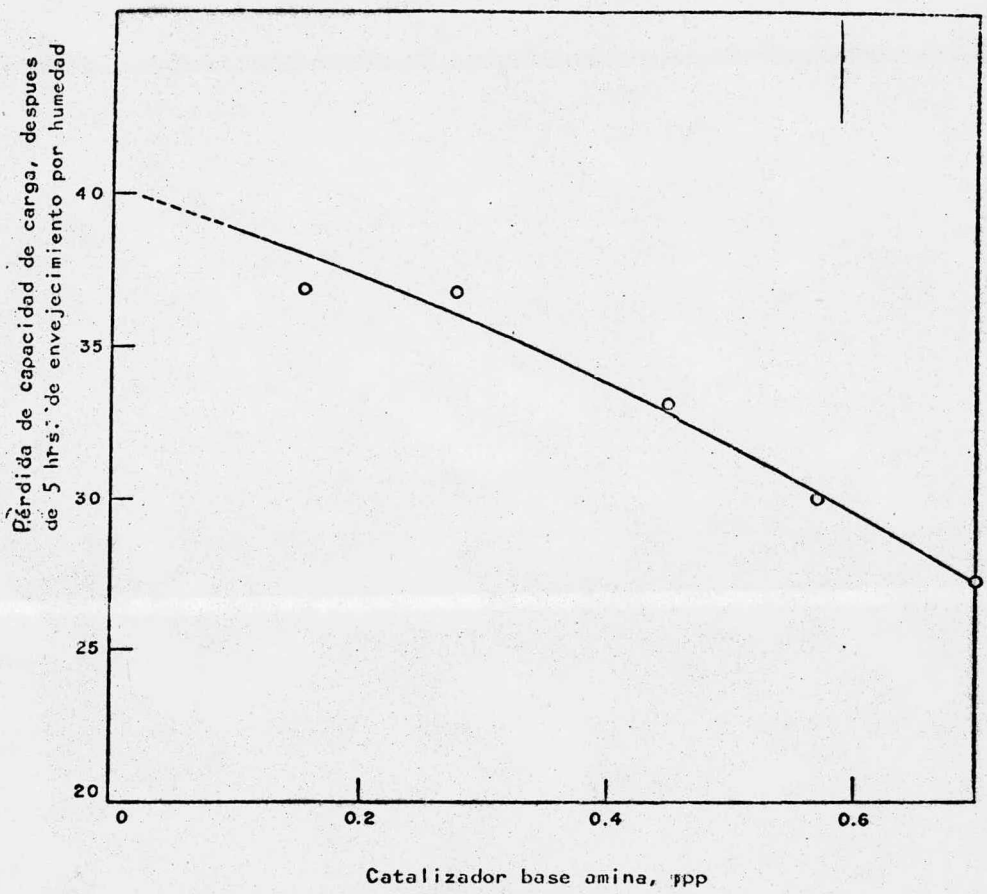


Fig. 10. Efecto de la concentración del catalizador, base amina en las propiedades despues del envejecimiento por humedad.(3)

tración del catalizador, la densidad disminuye, propablemente esto se deba a que la reacción se torne mas exotérmica.

Los datos de la figura 7, muestran una ganancia en las propiedades de capacidad de carga, cuando se decrementa la concentración del catalizador.

Diferencias en la firmeza son substanciales, aún cuando el ILD (Indentation Load Deflection), es normalizado a 3.00 lb/ft3 (fig. 5), para compensar pequeños cambios en la densidad de la espuma. En la figura 8 puede observarse, que disminuyendo el catalizador de aminas, la espuma se torna fuerte y adquiere alta resistencia a la tensión; la figura 9 muestra como la propiedad de deformación remanente, antes y después del envejecimiento por humedad, es afectada por incrementos en los niveles de amina. La única propiedad adversamente afectada por una disminución en la concentración del catalizador de amina, es la pérdida de carga después del envejecimiento (figura 10).

En las figuras 11, 12 y 13, los datos presentados muestran como un catalizador metálico, del tipo del dilaurato de dibutil estaño, afecta las propiedades físicas. La tendencia en muchos casos, es similar a la observada cuando se efectúan cambios en la concentración de los catalizadores de aminas, niveles altos de dilaurato de dibutil estaño, proveen espumas con capacidades de carga menores (figura 11), deformación remanente mayor (figura 12) y poca pérdida en la capacidad de carga después del envejecimiento por humedad (figura 13). Sin embargo las pendientes de las curvas son diferentes significativamente. Un pequeño incremento del catalizador de estaño (0.03 figura 13), provee una pendiente decreciente en los valores de pérdida en carga después del envejecimiento por humedad y una pequeña mejoría en la deformación remanente a envejecimiento por humedad al 50% (figura 12).

Es obvio que cada sistema para espuma de alta resilencia, debe tener su propio rango de operación en lo que a catalizadores se refiere. Niveles de catalizador altos,

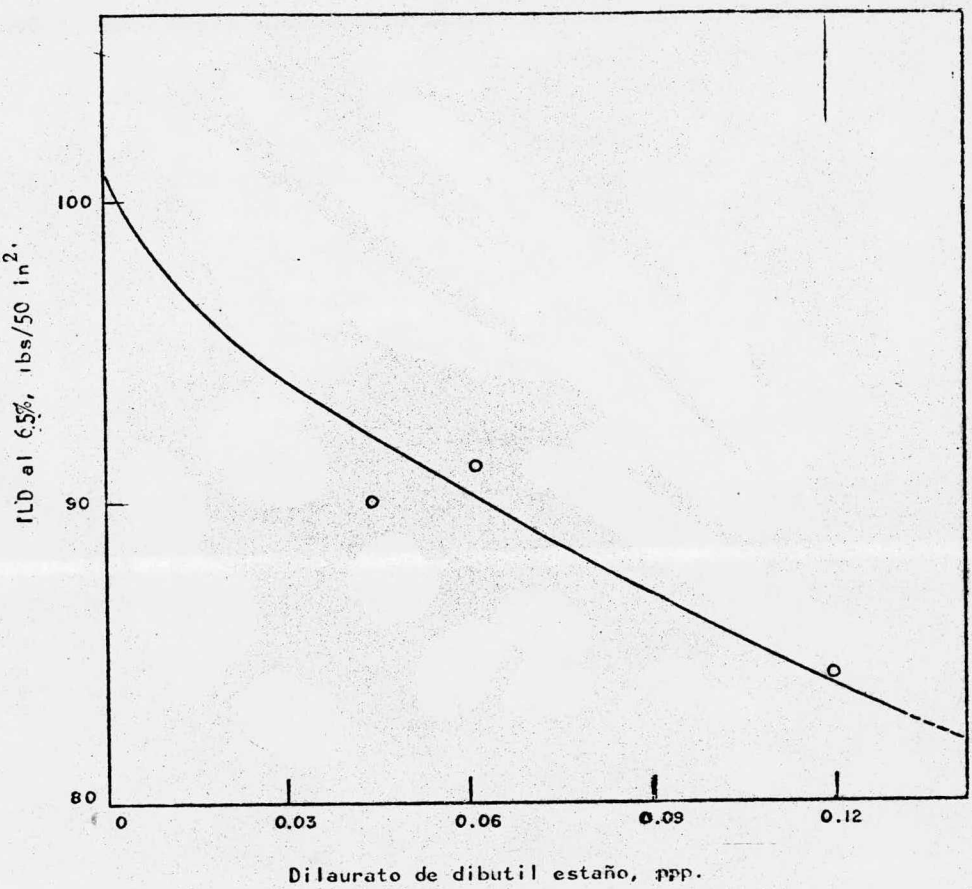


Fig. 11. Efecto del catalizador, base estaño en la firmeza (a densidad de la espuma constante). (3)

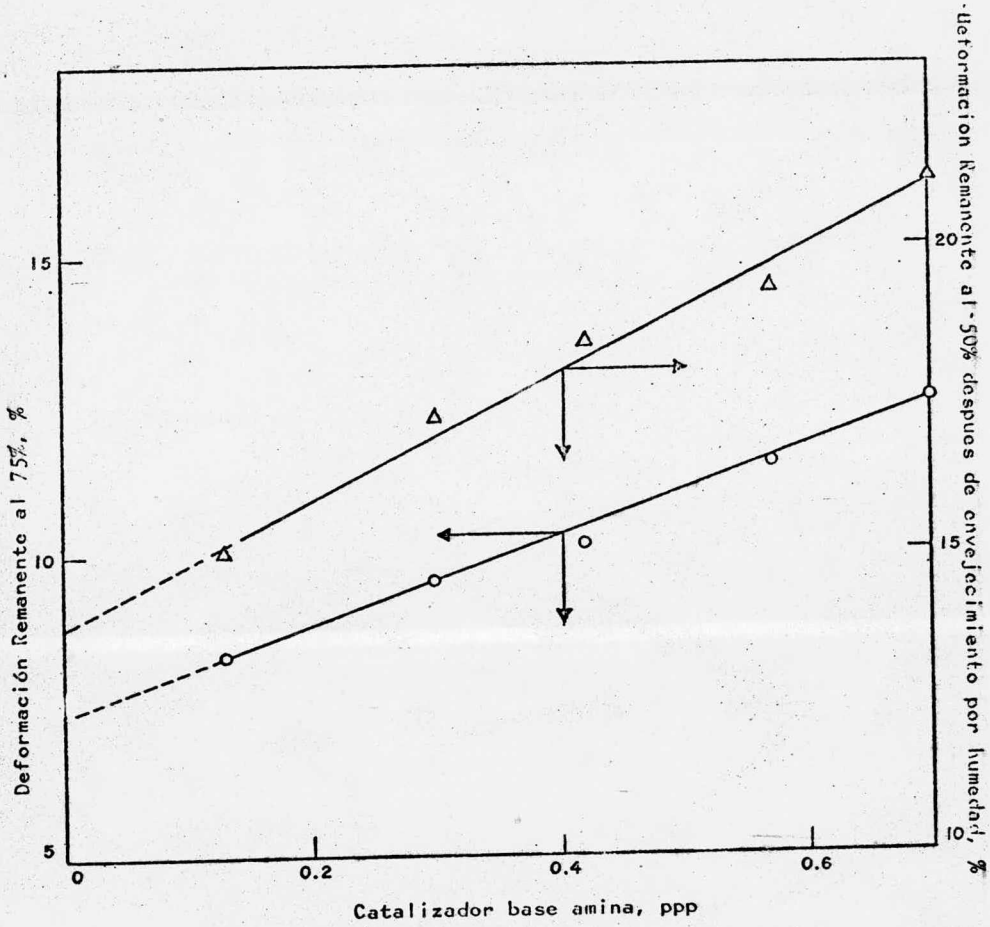


Fig. 9. Efecto de la concentración del catalizador, base amina en la Deformacion Remanente.

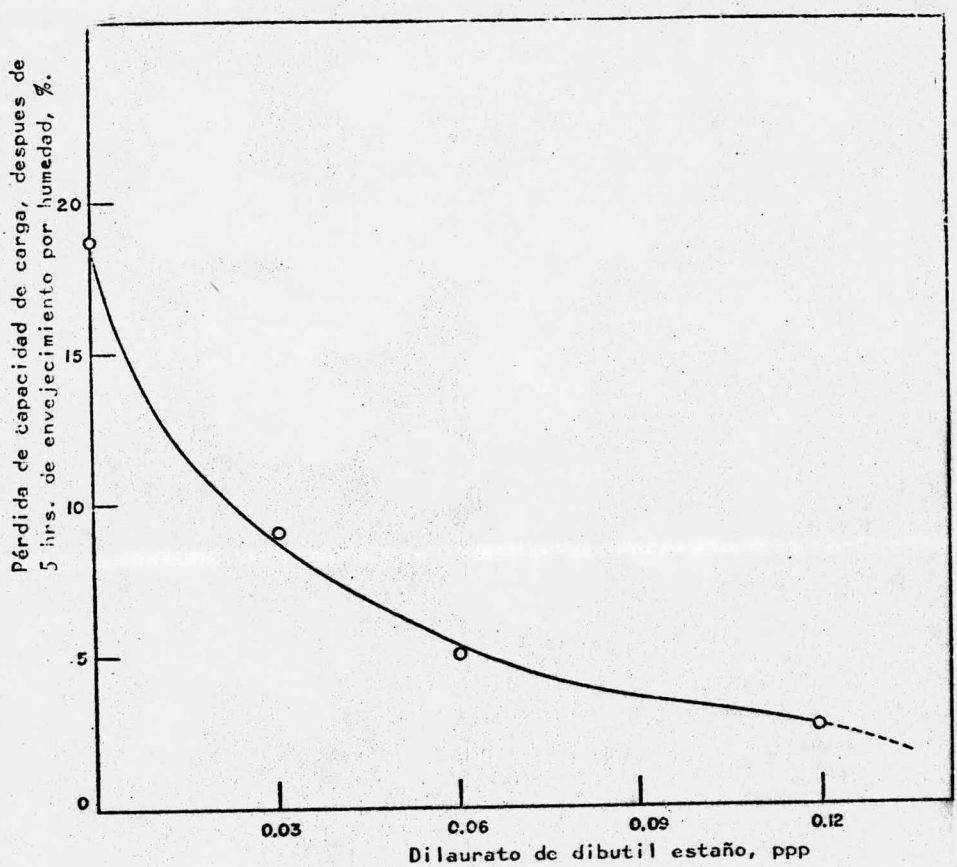


Fig. 13. Efecto del catalizador, base estaño en las propiedades después de envejecimiento por humedad. (3)

traen en consecuencia encogimiento y desgarre de la espuma; concentraciones bajas conducen a un curado insuficiente.

Sin embargo los datos muestran que las propiedades de la espuma, pueden ser optimizadas dentro de cualquier rango de operación de catalizadores dado. En la tabla VII se demuestra cómo puede ser usada esta información.

Para evitar la pérdida de carga y la deformación remanente después que la pieza ha sido sometida a envejecimiento por humedad, es necesario balancear las concentraciones de los catalizadores de aminas y de estaño.

Los datos de la figura 14 nos dan un perfil de la velocidad de curado para espuma moldeada de alta resilencia, bajo concentraciones altas y bajas de catalizadores, dentro de un rango de operación viable, estos datos son presentados como un porciento de la firmeza total alcanzable contra tiempo. En ambos casos (concentraciones bajas y altas), la capacidad de carga alcanza sus máximos valores después de las 24-hrs. de haber sido inyectada la pieza. Los datos presentados en gráficas anteriores, muestran claramente que grandes capacidades de carga son alcanzados con bajas concentraciones de catalizadores; en ésta gráfica puede observarse que éstas son alcanzables con lentitud, comparándolas con las obtenidas bajo altas concentraciones de catalizadores.

* * *

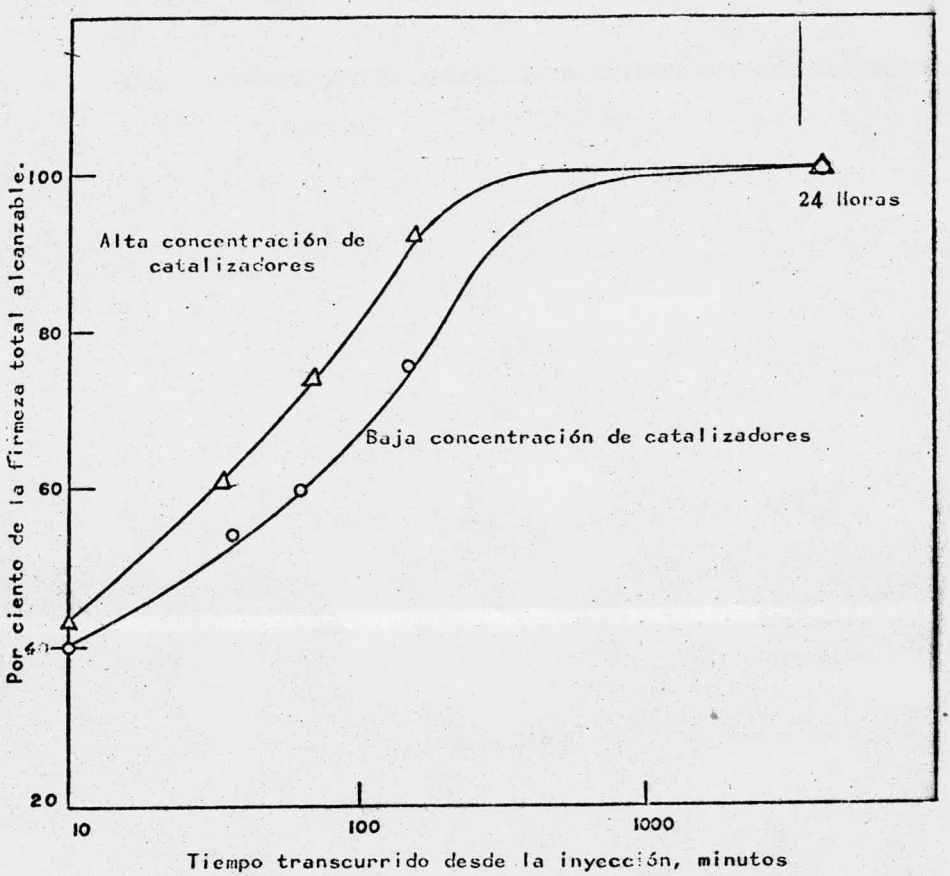


Fig. 14. Efecto de la concentración de catalizadores en la velocidad de curado de la espuma. (3)

TABLA VII

PARTE a) CONDICIONES DE PROCESO (3)

MOLDEO	
Máquina	Admiral - cabeza mezcladora cilíndrica
Descarga	~25 lbs/min.
Velocidad del mezclador	5000 rpm/min.
Temperatura de los componentes	75 - 80°F
Medidas del molde	15" x 15" x 4"
Material de Constr. del molde	Aluminio
Temperatura del molde	120 - 130°F
Tiempo de curado	8 - 10 min.
Agente desmoldante	Braulin's Perma-Mold 804-07SH
BARRA	
Máquina	Hennecke Hybrid (baja presión)
Cilindro mezclador	60 mm diámetro interno, 4 bafles
Velocidad mezclador	5000 rpm
Descarga	60 - 70 lbs/min.
Tobera tipo nariz	Diámetro 1 pulgada
Velocidad transversal	86 pies/min.
Distancia transversal	26 pulgadas
Angulo del transportador	3.5 grados
Condiciones de Curado	Ambiente (78°F)
Alimentación de nitrógeno	0.2 ft3/min.
Corrientes	2 - 4
Temp. de la corriente de poliol °C	
espuma dura	21 - 22
espuma suave	24 - 25

PARTE b) EFECTO DE LA CATALISIS EN EL ENVEJECIMIENTO POR HUMEDAD DE LA ESPUMA DE ALTA RESILENCIA. (3)

Catalizador base amina phr	0.78	0.50	0.50	0.44
Catalizador metálico, phr			0.02	0.03
5 Hr. de envejecimiento por humedad				
% Pérdida en la carga	2.7	18.8	14.0	9.0
% Deformación remanente	33.5	25.0	23.0	20.0

CAPITULO VIII

EVALUACION DE LA ESPUMA FLEXIBLE DE URETANO (1)

Cualquier programa para desarrollo de espuma, depende de una verdadera evaluación de las muestras de prueba y de la subsecuente interpretación de los datos para obtener mejoras del producto. Cualquier evaluación en particular, requiere del conocimiento de los métodos de prueba usuales. Los métodos de la American Society of Testing and Materials (ASTM), pueden servir como procedimientos de referencia. En ésta sección aparece una descripción de los métodos de prueba, usados para la evaluación de la propiedades físicas de la espuma.

El valor de los datos obtenidos por cualquier procedimiento específico, dependerá de la calidad de la muestra, sobre la cual se efectúe la prueba. Aún bajo condiciones óptimas, la espuma flexible de uretano no es un material uniforme.

Defectos comunes, tales como huecos, grietas y áreas colapsadas, deberán evitarse en el material que sea probado. Protuberancias o depresiones de la piel, deberán ser descartadas, debido a que éstas áreas, tendrán un grado de curado diferente y por lo tanto no serán representativas.

Defectos estructurales menores, también deberán evitarse ó los valores de las propiedades físicas de la espuma, conteniendo dichos defectos deberán tomarse con cierta clasificación.

En un límite considerable, las propiedades físicas de la espuma flexible de uretano, son relacionados a estructura celular característica. Una observación cuidadosa al estereomicroscopio, muestra que las celdas en general, tienen la forma de un dodecaedro, las cuales están elongadas en la dirección de elevación de la espuma. Esta elongación, puede ser --

tanto como un 50% mayor de la longitud de la celda en la dirección en que la espuma crece. Las celdas pequeñas, tienden a encontrarse menos elongadas que las celdas grandes. Esta ortotropicidad, necesita la definición de una orientación específica para los especímenes de prueba, con objeto de eliminar efectos anisotrópicos de las propiedades físicas. Una recomendación es que las muestras sean cortadas con el espesor en dirección de la elevación de la espuma.

1.- TAMAÑO DE CELDA.

El promedio de tamaño de celda, puede variar de 0.010 a 0.060 pulgadas con 0.030 pulgadas como tamaño ideal para muchos propósitos. Las espumas muy cerradas son duras en general y exhiben un cimiento excesivo en aplicaciones para asientos. La distribución del tamaño de celda, tiene ciertamente un efecto en las propiedades de la espuma. En general, para obtener óptimas propiedades, se requiere de una distribución estrecha.

Ocasionalmente, celdas con huecos mayores que el tamaño del de celdas normales, son encontradas en cualquier espuma. La frecuencia de éstas cavidades, puede disminuirse, reduciendo la cantidad de aire excesivo durante el proceso del espumado.

Las celdas de las espumas normales, tienen dos ó más superficies de su estructura abiertas, encontrándose preferentemente en las caras del fondo ó de la cima que en las caras laterales. Las superficies cerradas, tienen por lo general un espesor menor de 500 A°, su efecto en las propiedades físicas es reducir la porosidad y restringir la deformación del material. La unidad estructural más importante de la espuma de uretano, es la llamada "STRUT", tres caras se intersectan para formar una región espesa, la cual tiene una sección transversal triangular. Se han llegado a encontrar hasta 50,000 "STRUTS" por pulgada cuadrada en cortes superficiales de espumas de uretano. La densidad de la espuma, el tamaño y el número de estos "STRUTS", están inter-relaciona-

dos y provistos por la integridad estructural de la espuma.

2.- DENSIDAD.

El nivel de densidad en espumas de uretano, es determinado por la formación específica y en particular por el nivel de agua y la concentración del agente soplante (si éste es agregado a la formulación). La densidad del material no indica necesariamente la calidad de la espuma, siempre se selecciona la mínima necesaria, para obtener los requerimientos exigidos. Una densidad variable en el material manufacturado, es un indicador primario de irregularidades en las condiciones de proceso, además de una calidad pobre de la espuma.

3.- POROSIDAD.

Las superficies cerradas de una celda, pueden ser observadas y visualmente en la espuma, si el corte superficial es colocado de manera que la superficie refleje la luz discretamente, éstas superficies cerradas, dan a la espuma una apariencia cristalina y obstruyen el paso del aire, através del material. El número relativo de éstas superficies, puede ser disminuido soplando aire atraves del espécimen. Evaluando que tan cerrada o abierta se encuentra la espuma, podrá ajustarse ésta de acuerdo a la cantidad de aire transferido atraves del material. La efectividad de éstas superficies en lo que se refiere a reducir la porosidad de la espuma, puede ser medida si se fuerza el paso de aire en una dirección, atraves de la espuma a una velocidad suficiente para causar una caída de presión equivalente a 0.1 pulgadas de agua atraves de un especimen de 1/2 pulgada de espesor. Espumas de uretano flexibles en general, tienen porosidades en un orden de 20 a 100 pies cúbicos por minuto por pie cuadrado de espuma. Valores alrededor de 50, indican que la espuma se encuentra abierta relativamente. Valores de porosidad obtenidos en especímenes moldeados con piel, son en general menores que los obtenidos en especímenes centrales.

4.- RESILENCIA.

La espuma de uretano con celdas abiertas, es más resilente que la espuma de celdas cerradas. La espuma de uretano en general, no es tan resilente como la espuma de hule latex, esto se encuentra relacionado con la diferencia en la estructura de las celdas de los dos materiales, mientras que las celdas de la espuma de uretano, tienden a estar elongadas en la dirección en que la espuma crece, las celdas de la espuma latex, presentan una forma más esférica. Por medio de la prueba de rebote de la ASTM, la espuma de hule latex, arroja valores de un 60% de rebote, mientras que la espuma de uretano resilente, tiene de 40 a 60% de rebote. Espumas de baja resilencia, usadas en aplicaciones para absorción de energía tienen valores del 20% de rebote. Para artículos moldeados en espuma de uretano, la resilencia de un especímen con piel, es menor que la obtenida para uno de zona central (esto es sin piel).

5.- DEFLEXION POR CARGA A LA COMPRESION.

Si la carga requerida para comprimir un especímen de espuma flexible de uretano a una velocidad constante, de 0 a 75% de deflexión, es registrado en varias repeticiones, la diferencia en la curva de carga (sucesivas), será pequeña después de la tercera repetición. El valor de carga obtenido al tercer ciclo, a un nivel de deflexión particular, es considerado como la deflexión por carga, a la compresión de la muestra. En general, el valor obtenido al 25% de deflexión, después de un minuto de haber desmoldeado la pieza, es usado como un indicador primario de la resistencia a la compresión del material. Tal valor, quizá varíe de 0.2 psi, por espuma suave, a 2 ó más psi, para espuma extrafirme.

La curva de carga-esfuerzo, para espumas flexibles de uretano, presenta una forma característica. Durante la compresión inicial de las celdas, las formaciones de las celdas llamadas "STRUTS", comienzan a doblarse y la carga se va incrementando linealmente con la deflexión, hasta casi todos los "STRUTS" han sido vencidos. A este nivel de esfuerzo, llamado punto de rendición, de súbito la resistencia a la com

presión, deja de incrementarse a la vez que los STRUTS se encuentran doblados por completo. Se dice que la espuma se ha- "Asentado" y este efecto es considerado como una deficiencia para aplicaciones de resistencia de carga, durante la compresión, si se incrementa hasta altos niveles de deflexión los STRUTS tienden a plegarse y las celdas a romperse, capa por capa desde la superficie más débil, hasta la más fuerte, debido a la estructura celular no uniforme, una ó mas capas débiles, quizá existan internamente y la celda comenzará a romperse en varias capas.

La inclinación inicial de la porción lineal de la - curva, carga-esfuerzo antes del punto de rendición, es controlada principalmente por la composición del polímero, el número y tamaño de los STRUTS, la ortropicidad de las celdas y en mejor forma por las superficies cerradas. Este punto de rendición es alcanzado a, relativamente, pequeños niveles de deflexión, alrededor del 3 al 5 %.

6.- DEFLEXION POR CARGA A LA INDENTACION.

Las pruebas de deflexión, por carga a la indentación, son usadas universalmente para juzgar la firmeza de las espumas flexibles de uretano.

Un tratamiento de preflexión, es aplicado a todas las muestras, para eliminar cualquier área con celdas cerradas y así proveer muestras con antecedentes similares, antes de ser aprobadas. Cada prueba es mantenida durante un período standar, de un minuto a un nivel de indentación, antes deque la carga sea registrada. Los valores de carga, por lo general son medidos al 25% y al 65% de nivel de indentación. La forma de las curvas de carga por indentación, son similares a las formas de las curvas, por carga a la compresión, pero algo más complejas.

Los puntos de rendición, quizá no se encuentren sobre la curva y la ocurrencia del asentamiento, es considera-

blemente compleja, debido a la porción de la espuma que está estirada, pero no comprimida, por la base para indentar. La relación de los valores de ILD, al 65 por ciento y 25 por ciento de indentación respectivamente, son una medida del límite del efecto de asentamiento.

Para una misma espuma, es posible encontrarse con grandes diferencias en los valores de ILD, para especímenes de diferente tamaño.

A menudo, la curva de deflexión en el retorno, también es determinada para los especímenes de espuma, con esto se pueden obtener las curvas de histiersis. El área dentro de este LOOP de deflexión, es una medida de la energía perdida durante el ciclo de deflexión. Por simplicidad, la carga en el retorno del LOOP, usualmente al 25 por ciento de indentación, es usado para determinar el límite de histiersis; éste es reportado como un porcentaje de la carga original, a la misma indentación inicial.

Los valores de deflexión por carga a la indentación son muy sensitivos a diferencias particulares de la espuma. Las mismas propiedades de la espuma que tienen efecto en la determinación de la curva de deflexión por carga a la compresión, son críticas también en la determinación de la curva de deflexión por carga a la indentación; sin embargo en el segundo caso, la interacción de propiedades particulares, es mucho más compleja.

7.- FATIGA POR FLEXION DINAMICA.

La fatiga en materiales de espuma flexible, puede ser definida como la pérdida en su capacidad de carga, durante el uso contínuo. Las características de fatiga de flexión de una espuma en particular, son usadas para estimar la vida de servicio práctico del material en aplicaciones a una capacidad de carga específica. Una prueba rápida para la flexión dinámica de un especímen de espuma, suministra una medida de la pérdida en capacidad de carga experimentada, después de es

tar sometido en forma simultánea a módulos de deformación, tanto de compresión como de corte, a una carga constante; por un período de tiempo específico, el límite de fatiga en espumas de uretano, aparece como una función de las atracciones intermoleculares, tal como las de ligaduras de hidrógeno, entre las cadenas de polímero del material. Este comportamiento de las uniones de hidrógeno, bajo esfuerzo, depende de las condiciones ambientales de la prueba, así como del período de tiempo de fatiga de flexión. La intensidad de la fatiga, puede ser incrementada por la aplicación de altos niveles de deflexión; a altas temperaturas, cualquier pérdida en el espesor original del especímen después de la prueba, puede ser atribuido a un balance deficiente entre las propiedades químicas y mecánicas de el material.

8.- DEFORMACION REMANENTE

Cuando un especímen es comprimido y mantenido a un nivel de deflexión específico por un período de 22 horas a 70°C y después se permite que recobre altura, la porción de altura que nunca se recobra, es llamada la deformación remanente. Para espumas flexibles de uretano, la recuperación de la altura original, puede acompletarse en pocos minutos ó en días enteros. La pérdida en altura después de un período de recuperación de 30 minutos, es tomada como medida usual de deformación remanente. La cantidad de deformación remanente, puede ser calculada a partir del espesor original del especímen ó del nivel de deflección, como punto de referencia. Si se toma el espesor original como base para los cálculos, el valor de la deformación remanente, no podrá exceder del nivel de deflexión. Valores de deformación remanente elevados, indican la posible existencia de un balance inapropiado de la formulación, un curado incompleto y una pobre fatiga de flexión, del material.

9.- PROPIEDADES DE TENSION

La resistencia a la tensión y a la elongación de rupturas, son usadas para determinar la calidad de la espuma

flexible de uretano. El límite superior para la resistencia a la tensión, es controlada por la naturaleza del polímero, valores bajos de resistencia a la tensión, son una indicación de un curado de la espuma insuficiente o una mala estructura de las celdas. La elongación a la ruptura, depende de la naturaleza química del polímero y de las caracterísitcas físicas de la estructura de celda.

10.- RESISTENCIA AL DESGARRE.

La resistencia al desgarre de todas las espumas flexibles de uretano, es relativamente baja y usualmente menor de cuatro libras por pulgada lineal de espesor. Existe una correspondencia, en general entre la resistencia al desgarre y las propiedades de tensión, cuando los valores de desgarre son menores que los normales esperados por las propiedades de tensión, esto indica una mala estructura en las celdas del material.

11.- PRUEBAS DE ENVEJECIMIENTO.

En las pruebas de envejecimiento acelerado, como son: envejecimiento por aire seco o envejecimiento por humedad, provocadas por exposición de las muestras de uretano flexible a condiciones ambientales específicas, la medida de los efectos ambientales son los cambios en las propiedades físicas, tales como: resistencia a la tensión, deformación remanente o deflexión por carga a la compresión. Estas pruebas son diseñadas para anticipar los cambios en la espuma por exposición a condiciones moderadas de calor y humedad durante periodos de tiempo limitados. Condiciones ambientales diferentes, son usadas en varios laboratorios, para simular condiciones ambientales específicas.

* * *

CAPITULO IX

ESTIMACION DE LA INVERSION.

1.- PLANTEAMIENTO

La compañía, a la cual se quiere integrar ésta planta, está orientada principalmente a la fabricación de partes, para la Industria Automotriz, actualmente se compran a otras fábricas los moldeados que son empleados, para dar confort a los asientos y respaldos de automóviles y camiones, de diferentes marcas. Por lo cual no ha sido necesario efectuar un análisis de mercado, ya que éste es cautivo.

Teniendo entonces la posibilidad de conseguir la tecnología para la fabricación de moldeados de uretano, calcular consumos y costos de materias primas, mano de obra, terreno, edificios y gastos generales; a continuación se presenta un estudio económico, con la finalidad de calcular la inversión requerida y la rentabilidad de este proyecto.

2.- INVERSION FIJA

Desde el punto de vista inversión, es necesario efectuar ésta en un plazo de un año, ya que es el tiempo estimado para la compra y traslado del equipo, instalación y pruebas de arranque de la Planta.

a) TERRENO

En base a las características de la planta y previendo futuras expansiones, se ha fijado como área necesaria 700.00 m^2, para la instalación de la Planta, con un costo de $ 35.00 m^2, lo que nos da como resultado un costo de $ 24,500.00

b) EDIFICIOS:

Se considera que las siguientes áreas, cumplen con los requisitos de funcionalidad y seguridad: Producción, almacenamiento de materia prima, almacenamiento y reparación de producto terminado y Laboratorio.

Las oficinas no están incluídas, ya que se aprovecharán las que actualmente tiene la Compañía.

El costo aproximado de las diferentes construcciones, tiene un monto de: $ 200,000.00, que corresponde a 200 metros cuadrados de construcción; a $ 1000.00 por metro cuadrado.

c) COSTO DE LA PLANTA:

Se pidió cotización a diferentes Compañías, obteniendo como resultado los siguientes datos de la Cia. NORTH AMERICAN URETHANES:

EQUIPO	COSTO	GASTOS DE INST.
Horno de curado	$ 799,537.00	$ 55,967.00
Transportador	1'636,195.00	57,266.00
Moldes	4'097,724.00	- - - - -
Equipo p/el espumado	2'038,255.00	175,335.00
	$9'038.255.00	$ 288.568.00

3.- CALCULO DEL COSTO DE MATERIAS PRIMAS Y COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS DE PRODUCCION.

A continuación, se calcula el costo de materias primas, por kg. de espuma, de acuerdo a la formulación que servirá como base para las pruebas de arranque.

En la tabla VIII se muestran los costos de Producción, calculados en base a los siguientes cuadros, que muestran el consumo de materia prima, para los diferentes tipos de llenos, a fabricar.

MATERIA PRIMA	FORMULA	CONSUMO POR KG DE ESPUMA	PRECIO	COSTO/KG DE ESPUMA	PROVEEDOR
Poliol P-538	50.0	0.3592	$ 30.048	$ 10.79	Polioles, S.A
Poliol P-581	50.0	0.3592	30.360	10.91	Polioles, S.A.
Silicon L-5307	1.7	0.0122	278.00	3.39	Union Carbide
Niax cat A-1	0.15	0.0011	611.52	0.67	Union Carbide
Niax cat A-4	0.25	0.0018	182.00	0.33	Union Carbide
Agua	2.4	0.0172			
Dabco sólido	0.1	0.0007	624.00	0.44	Viar Corp, SA
Cat. T-12	0.015	0.00011	184.75	0.02	M&T de México
D.O.P.	1.575	0.0113	28.50	0.32	Quimivan,
W.U.C. 3032-T	33.0	0.2371	37.73	8.95	Polioles, S.A.
(Index 105)				$ 35.82/kg.de espuma	

Además en la tabla VIII, se encuentran detallados los costos de Producción, directos e indirectos, que fueron calculados de la forma que a continuación se describe:

a) MANO DE OBRA DIRECTA:

En base a los requerimientos de los clientes y a la capacidad de la planta, se llega a la conclusión de que será necesario trabajar la planta 2 turnos de los 3 posibles. Permitiendo con esto, formar un banco de 1/2 día a la semana, tiempo necesario para efectuar la limpieza y mantenimiento del equipo, para conservar éste en óptimas condiciones, dada la delicadeza del proceso.

Para la funcionalidad de la planta, se consideró conveniente, el número de 10 personas por turno. Esta cantidad es la requerida, debido al alto grado de instrumentación y automatización, con que cuenta el paquete de tecnología a utilizar.

No se requerirá mano de obra especializada, ya que el entrenamiento proporcionado por la compañía, será suficiente para una operación eficaz y segura.

La distribución del personal por turno, será de la siguiente manera:

	Sueldo mes.
1 Supervisor de Producción (ING.Químico)	$ 15,000.00
1 Ayudante Supervisor (Ing. Químico)	10,000.00
1 Operador	5,000.00
6 Ayudantes	3,800.00 c/u
1 Persona para Control de Calidad	5,500.00

Lo que representa $ 1'399,200.00 anualmente, por 2 grupos (20 personas), se prevee un aumento del 12% /año y las cantidades resultantes se encuentran en la tabla VIII.

b) GASTOS DE ADMINISTRACION Y VENTAS:

BASE DIAS LABORABLES: 240 24 SEMANAS /AÑO.

LINEA 18 ESTACIONES CICLO COMPAÑIA A 20 MIN. TURNO DE 8 HRS.

DESCRIP.	MODELO		KG.BRUTO DE INYECCION	CANTI.DE MOLDES	ESTACIONES QUE OCUPAN	PRODUCC POR TURNO	KG. BRUTO POR TURNO
A. D.	AUTOMOVIL	1	1.25	6	3	144	180.00
R. D.	"	"	1.40	4	2	96	134.40
A. T.	"	"	2.40	2	2	48	115.20
R. T.	CAMIONETA	1	2.20	1	1	24	52.80
A. D.	AUTOMOVIL	2	1.10	4	2	96	105.60
R. D.	"	"	1.05	4	2	96	100.80
A. T.	"	"	2.00	2	2	48	96.00
R. T.	"	"	2.56	2	2	48	122.88
R. D.	"	3	1.2	1	1	24	28.80
R. D.	"	4	1.2	1	1	24	28.80
				27	18	648	965.28

A: Asiento
R: Respaldo
D; Delantero
T: Trasero

DIAS LABORALES: 240 12 SEMANAS /AÑO

LINEA 18 ESTACIONES CICLO COMPAÑIA B-1 25 MIN. TURNO 8 HRS. 19.2 CICLOS

DESCRIP.	MODELO	KG.BRUTO DE INYECCION	CANT. DE MOLDES	# ESTACIONES QUE OCUPAN	PRODUCC POR TURNO	KG. BRU
A. D.	CAMION C-1	3.00	6	6	115.0	345.00
R. D.	" " "	3.96	6	6	115.0	455.40
A. T.	AUTOMOVIL A-1	3.96	3	3	57.0	225.72
R. T.	" " "	2.600	3	3	57.0	148.20
				18	344.00	1,026.12

DIAS LABORALES: 240 12 SEMANAS/ AÑO

LINEA 18 ESTACIONES CICLO DE LA COMPAÑIA B-2 25 MIN. TURNO 8 HRS. 19.2 CICLOS

DESCRIP.	MODELO	KG.BRUTO DE INYECCION	CANT. DE MOLDES	# ESTACIONES QUE OCUPAN	PRODUCC POR TURNO	KG. BRUTO POR TURNO
A. T.	AUTOMOVIL A-3	4.200	4	4	77	323.400
R. T.	" " "	4.900	4	4	77	378.840
A.D.Y.	" CA-2.4	2.4	2	1	38	91.200
A.D.D.	" " "	2.4	2	1	38	91.200
R.D.Y.	" " "	1.8	2	1	38	68.400
R.D.D.	" " "	1.8	2	1	38	68.400
A. T.	" " 2.0	4.8	2	2	38	182.40
R. T.	" " 2.4	4.2	3	3	58	243.60
A. T.	" " 0.4	4.8	1	1	19	91.20
				18	421	1,538.64

DY: Delantero izquierdo

DD: Delantero Derecho

El gasto por este concepto, se ha estimado como un-10% sobre el total de la mano de obra directa, más la materia prima. Las cantidades de cada año se muestran en la tabla VIII.

De la Cía. N.A.U. (North American Urethane), se obtuvieron los siguientes datos de consumo de servicios, con los que se calcularon los valores reportados en la tabla VIII para los gastos por concepto de servicios.

c) ELECTRICIDAD

590.00 kw. hr./turno de 8 hrs., a un costo de $ 0.32 /kw-hr., resulta un consumo de $ 188.80 /turno y por día (2-turnos) $ 377.60 /día.

d) COMBUSTIBLE

Para el cálculo del consumo de combustible, se consideró como 200°F la temperatura en el horno de curado, con - este dato el proveedor del equipo, consideró un consumo de 2,500 B.T.U./hr. de calor;conociendo la "energía" aprovechable del gas, la cual es de 8,900 kcal /m^3, con un costo de $ 1.30 /lt., tenemos un costo de $ 736.18 /turno y $ 1,572.36 /día.

e) MANTENIMIENTO Y REFACCIONES

4% sobre la inversión en planta.

f) PREVENCION SOCIAL Y PRESTACIONES

Representa el 25% sobre la mano de obra.

g) DEPRECIACION DE MAQUINARIA

La depreciación del equipo, se estima en un 10% - anual, excepto el renglón correspondiente a los moldes, estos

se depreciarán al 20% anual, ya que su vida útil se estima en 5 años, debido a los cambios de modelos en la Industria Automotriz.

h) DEPRECIACION DEL EDIFICIO

La depreciación del edificio, se considera en un 5% anual, lo que arroja en este caso $ 10,000.00 anuales.

i) AMORTIZACION DE LOS GASTOS DE INSTALACION

La amortización de los gastos de instalación, es del 5% anual, por lo que serán de $ 14,428.00 anuales.

j) SEGUROS

Estos han sido estimados, como un 1.5% sobre la inversión en Planta.

***

TABLA VIII

PROYECCION DEL COSTO DE FABRICACION

AÑO	1979	1980	1981	1982	1983
TON. BRUTO	539.43	577.19	617.60	660.83	707.09
TON. NETO	485.49	519.47	555.84	594.75	636.38
* MATERIA PRIMA	19322.68	21709.03	24390.10	27402.27	30786.45
* MANO DE OBRA	1399.20	1567.10	1755.15	1965.77	2201.66
* SERVICIOS	443.99	475.06	508.32	543.90	581.98
* MANTEN. Y REFACC.	369.53	406.48	447.13	491.84	541.02
* AMORTIZACION	14.42	14.42	14.42	14.42	14.42
* SEGUROS	138.57	145.50	152.77	160.41	168.43
* PREVENCION SOCIAL Y PRESTACIONES.	349.80	391.77	438.78	491.44	550.41
* GASTOS DE ADMON Y VENTAS	2072.18	2327.61	2614.52	2936.80	3298.81
* DEPRECIACION	1323.59	1323.59	1323.59	1323.59	1323.59
TOTAL	25433.99	28060.61	31644.83	35330.49	39466.83
COSTO $/kg NETO	52.39	54.59	56.93	59.40	62.02

(* Cantidades en miles de pesos)

CAPITULO X

ANALISIS DE LA INVERSION

Utilizando los datos generados en el presente trabajo se obtuvieron los estados y análisis financieros que se muestran en las siguientes tablas.

De acuerdo al estado de pérdidas y ganancias y al precio de compra actual (60 $/kg), se ha llegado al precio de venta del producto.

***

1.- BALANCE PROFORMA O ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS.

	1986	1997	1998	1999	2000
AÑO	1979	1980	1981	1982	1983
PRECIO DE VENTA $/1 KG	62.0	65.10	68.36	71.77	75.36
TONELADAS	485.49	519.47	555.84	594.75	636.38
* VENTAS NETO	30100.66	33818.09	37997.40	42685.33	47957.92
* COSTOS FIJOS	5297.78	5770.02	6299.27	6892.46	7557.36
* COSTOS VARIABLES	20136.20	22590.58	25345.55	28438.03	31909.46
* UTILIDAD BRUTA	4666.68	5457.48	6352.57	7354.83	84910.93
* IMP. S/RENTA Y PARTICIPACION DE U.	2333.34	2728.74	3176.28	3677.41	4245.54
* UTILIDAD NETA	2333.34	2728.74	3176.28	3677.41	4245.54

(* Cantidades en miles de pesos)

2.- BALANCE GENERAL

AÑO	INICIAL	1979	1980	1981	1982	1983
CIRCULANTE						
Efectivo	6,200.00	763.91	831.44	906.84	991.02	1,085.04
M.Prima	-	1,610.22	1,809.08	2,032.50	2,283.52	2,565.53
P.Terminado	-	1,254.19	1,409.08	1,583.22	1,778.55	1,998.24
Cuentas por C.	-	3,762.58	4,227.26	4,749.67	5,335.66	5,994.74
Excedentes de efectivo	-	1,910.30	4,397.06	7,080.91	9,987.16	1,314.43
FIJO						
Activo F.	9,262.75	9,262.75	9,262.75	9,262.75	9,262.75	9,262.75
Dep.Acum.	-	1,323.59	2,647.19	3,970.79	5,294.39	6,617.98
DIFERIDO						
Activo D.	288.56	288.56	288.56	288.56	288.56	288.56
Amort.acum.		14.42	28.85	43.28	57.71	72.14
PASIVOS						
Crédito Proveed.	4,830.67	5,427.25	6,097.52	6,850.56	7,696.61	8,647.82
CAPITAL						
Social	10,920.65	10,920.65	10,920.65	10,920.65	10,920.65	10,920.65
Superavit		1,166.67	2,531.04	4,119.18	5,957.89	8.080.66

(* Cantidades en miles de pesos)

3.- ANALISIS DE LOS ESTADOS FINANCIEROS

AÑO	1979	1980	1981	1982	1983	PROMEDIO.
Indice de liquidez	0. 830	0.830	0.825	0.822	0.820	0.825
Activo Circulante / Pasivo Circulante	1.360	1.350	1.350	1.350	1.346	1.351
Capital Contable / Activo Fijo	1.52	2.03	2.84	4.25	7.18	3.156
Capital Contable / Pasivo Total	2.23	2.20	2.20	2.19	2.19	2.20
Ventas Netas / Cuentas por C	46	46	46	46	46	46
Ventas Netas / Inversión en PyE	3.25	3. 65	4.10	4.60	5.17	4.15
Ventas Netas / Capital Contable	2.49	2.51	2.52	2.52	2.52	2.51
Utilidad Neta / Ventas Netas	0.078	0.080	0.084	0.086	0.089	0.083
Utilidad Neta / Capital Contable	0.19	0.20	0.21	0.22	0.22	0.21
Utilidad Neta / Inversion P.y.E	0.250	0.295	0.343	0.397	0.458	0.349
Utilidad Neta / Activo Total	0.133	0.14	0.145	0.115	0.154	0.144

(R O I)

4.- FLUJO DE CAJA DESCONTADO

AÑO	CAPITAL DE TRABAJO	VARIACION EN CAPITAL DE T.	UTILIDAD NETA	DEPRECIACION	FLUJO DE CAJA DESCONTADO
1979	1,963.65	594.32	2,333.34	1,323.59	- 8,290.05
1980	2,179.35	215.70	2,728.74	1,323.59	- 6.093.13
1981	2,421.68	242.32	3,176.28	1,323.59	- 4,248.29
1982	2,692.15	270.47	3,677.41	1,323.59	- 2,697.18
1983	2,995.74	303.58	4,245.54	1,325.59	- 2.76

Inversion inicial= Planta y equipo + Capital de T.Inicial = 10607.58

Valor en libros de planta y equipo en 1983=2,620.26

Rentabilidad interna de la planta 32.15 %

(* Cantidades en miles de pesos)

5.- PUNTO DE EQUILIBRIO

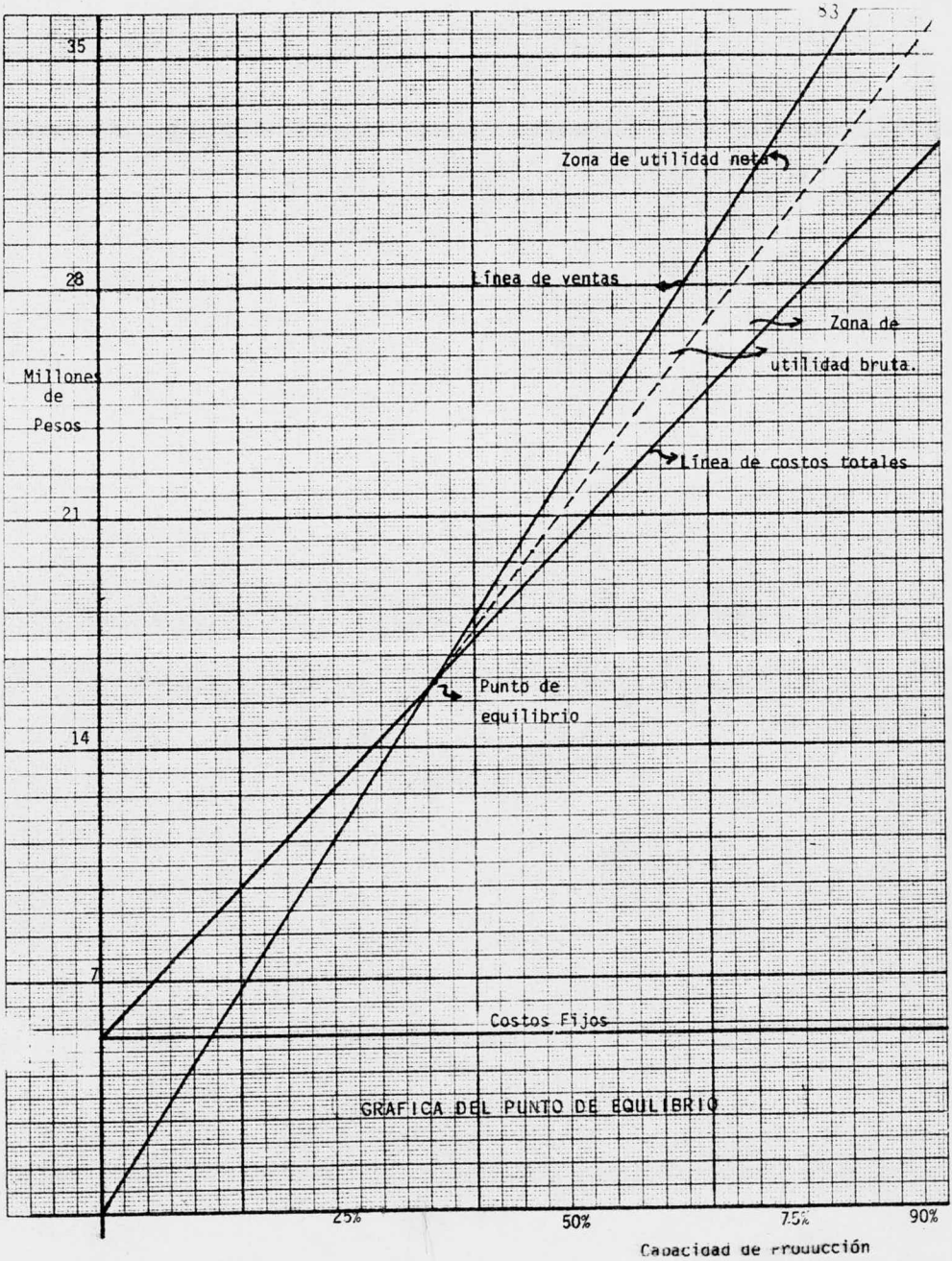
Teniendo como base el balance proforma para 1979, y sabiendo que la capacidad a la cual se trabajara es del 67%. Se obtiene la gráfica del punto de equilibrio. En ésta gráfica se observa que el punto de equilibrio se encuentra localizado a un volúmen de ventas de 16 millones, cifra que representa casi el 50% del volúmen de ventas proyectado para 1979, lo cual implica que las ventas deberían ser inferiores en un 50% para que la planta operara con pérdidas, lo cual es poco posible que ocurra, más aun tratándose de un mercado cautivo, como lo es en este caso.

6.- APALANCAMIENTO OPERATIVO

	1 9 7 9	1979 + 10%	1979 - 10%
Ventas	30,100.66	33,110.73	27,090.59
Costo variable	20,136.20	22,149.82	18,122.58
Contribución Marginal	9,964.46	10,960.91	8,968.01
Costos fijos	5,297.78	5,297.78	5,297.78
Imp.s/Renta y participación	4,666.68	5,663.13	3,670.23
De utilidades	2,333.34	2,831.57	1,835.12
Utilidad Neta	2,333.34	2,831.56	1,835.11

$$\frac{\text{UT.NETA 1979 + 10\% - UT NETA 1979}}{\text{UT NETA 1979}} = \frac{2831.56-2333.34}{2333.34} = 21.35\%$$

Este análisis indica que por cada incremento o decremento en un 10% de las ventas, habrá un incremento o un decremento de la utilidad en un 21.35%.



GRAFICA DEL PUNTO DE EQULIBRIO

CAPITULO XI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- El poliuretano moldeado tiene un gran empleo para dar confort a los asientos y respaldos en automóviles y-camiones, eliminando el uso de resortes de metal, por su ligereza reduce el peso del automóvil, lo que resulta en economía del consumo de combustible.

2.- El método más usado actualmente para la fabricación de uretano flexible es el de un tiro.

3.- El proceso de alta resilencia es el más adecuado para la producción, ya que aparte de cumplir con los requisitos de calidad, requiere menos de la mitad de la energía necesaria para el proceso convencional de curado en caliente. La disminución en el paquete de energía puede ser atribuída principalmente al uso de polioles más reactivos, por lo tanto dada la disminución que con esto se consigue en el costo del-proceso, se ha escogido esta tecnología como la adecuada para este proyecto.

4.- El estudio económico muestra que el proyecto presenta índices como los siguientes que nos obligan a pensar que el proyecto es económicamente rentable, (valores promedio):

Utilidad Neta/ Inversión en planta y equipo	34.0%
Utilidad Neta/ Activo total	14.4%
Utilidad Neta/ Capital Contable	21.0%
Ventas Netas / Capital contable	2.51

Rentabilidad interna de la planta 32.15% a 5 años.
Punto de equilibrio 35% de capacidad.
Apalancamiento operativo 21.35%

5.- La demanda del uretano moldeado flexible se incrementa cada año, lo que asegura un mercado permanente y cre

ciente para este producto, que podrá usarse para atraer nuevos clientes, no solo para este producto sino para otros fabricados también por la compañía.

6.- Por las conclusiones a que se llega en éste trabajo, recomiendo pronta instalación de una planta productora de poliuretano moldeado de alta resilencia, lo que representaría un paso más en el plan de integración de la compañía aumentaría los beneficios que obtiene la misma y evitaría fugas de divisas en el caso de substituir las importancias que actualmente hacen algunas armadoras por este concepto.

***

BIBLIOGRAFIA

1.- UNION CARBIDE- Corporation chemicals and plastics, research and development departament, "Flexible poliurethane foam manual" south charleston West Virginia Julio, 2, 1975.

2.- UNION CARBIDE- Corporation chemicals and plastics, research and development departament, "High resilency flexible foams manual" south charleston West Viriginia Agosto, 2, 1976.

3.- K.C.FRISH AND A. HERNANDEZ- "International progress in - urethanes" Vol 1 y 2, Technomic publishing Co. Inc. 1977 proceeding of the second Méxican urethane symposium September 1975.

4.- J.M. BUIST AND H. GUILGEON- "Advances in poliurethane technology" Maclaren and sons LTD, 1968.

5.- SAUNDERS J.H AND KC. FRISH- "Poliurethanes chemistry and technology" parte 1 y 2.
Interscience publishers N./Y. 1962.

6.- BASF WYANDOTTE- "Technical data of toluene diisocyanate" 1968.

7.- VIAR CORPORACION- "Dabco properties, reactions and aplications"
Reimpresion Mayo 1971.

8.- INDUSTRIAS M T DE MEXICO- "Especificaciones Tecnicas"

9.- BASF WYANDOTTE- "Flexible foam moulding trouble shooting.

10.- UNION CARBIDE- Technical information "High resilency molded fast foam formulating and process variable"

11.- UNION CARBIDE- Technical information "high resilency foams made with polymer polyols".

12.- UNION CARBIDE- Technical information "Hot cure VS. High resilency molding process a comparison of energy requirements".

***