



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**MEJORA DE CALIDAD DE PANELES INYECTADOS CON  
POLIURETANO DE ALTA DENSIDAD PARA LA INDUSTRIA DE  
LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ**

**PRESENTADA POR  
RODOLFO RAÚL LARA PACHERRES**

**ASESOR  
LUIS CÁRDENAS LUCERO**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**LIMA – PERÚ**

**2001**



**CC BY**

**Reconocimiento**

El autor permite a otros distribuir y transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra, incluso con fines comerciales, siempre que sea reconocida la autoría de la creación original

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>





**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**MEJORA DE CALIDAD DE PANELES INYECTADOS CON  
POLIURETANO DE ALTA DENSIDAD PARA LA INDUSTRIA DE  
LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTADA POR**

**LARA PACHERRES RODOLFO RAÚL**

**LIMA – PERÚ**

**2001**





**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**MEJORA DE CALIDAD DE PANELES INYECTADOS CON  
POLIURETANO DE ALTA DENSIDAD PARA LA INDUSTRIA DE  
LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTADA POR**

**LARA PACHERRES RODOLFO RAÚL**

**LIMA – PERÚ**

**2001**

Este trabajo está dedicado a mis padres, Raúl y Aleja, por el esfuerzo y confianza en mí, por su amor y aliento para conseguir mis objetivos.

## RESUMEN

Levantamiento de información teórica y pruebas en planta de la reacción exotérmica del Poliuretano + Di-isocianato, de alta densidad (42 Kg/cm<sup>2</sup>). Análisis de la tecnología eléctrica y electrónica de control usada en los actuales procesos de inyección de poliuretano + Di-isocianato en planta. Propuesta de implementación de una tecnología electrónica de control alternativa para la inyección de poliuretano + Di-isocianato.

## **ABSTRACT**

Theoretical information and plant tests of the exothermic reaction of Polyurethane + Di-isocyanate, high density (42 Kg / cm<sup>2</sup>). Analysis of electrical technology and control electronics used in the current processes of polyurethane injection + Di-isocyanate in plant. Proposal for the implementation of an electronic alternative control technology for the injection of polyurethane + Di-isocyanate.



## INTRODUCCIÓN

El presente estudio de carácter científico realizado en la Empresa Perfiles Metálicos **PRECOR S.A.** presenta información técnica del área de inyectado de poliuretano de alta densidad. La información presentada se basa en pruebas realizadas en laboratorio y analiza muestras de cada producción, a lo largo de tres años en la empresa.

En el Perú, es la empresa pionera en la utilización del poliuretano de alta densidad inyectada dentro de paneles metálicos, conformados por rodillos en frío.

En los últimos años, esta empresa se ha convertido en una de las organizaciones que ha contribuido en la modernización del sector urbano (centros comerciales, grifos, edificios, auditorios, plantas industriales, almacenes, etc.) ofreciendo nuevas alternativas para la construcción, la cual utiliza tecnología alemana, y diseño italiano. Además, cuenta con profesionales de gran experiencia en la rama de la arquitectura.

Como ex empleado de esta empresa, me siento orgulloso de haber contribuido en el desarrollo de esta organización, he participado en forma satisfactoria en bien de la organización, y sobre todo, ha sido una experiencia muy gratificante. Asimismo, durante ese periodo pude conocer muy bien estos sistemas de producción.

Mi contribución con la Empresa está relacionada directamente con el área de producción, en lo que respecta a estandarización de los tiempos de producción de todas las líneas de producción, diseñar los diagramas de flujo del proceso, diseñar los informes de producción de algunas líneas de producción, participación en grupos multidisciplinarios para la automatización de islas de producción, en lo que respecta ha perfilado en frío y pintura en polvo, pero sobre todo conocer en detalle, el proceso de inyectado de POLIURETANO de alta densidad.

La presente investigación destinada a determinar la solución de los problemas de calidad por mala tecnología que se vienen dando en esta empresa, deberá estructurarse de la siguiente forma:

En los capítulos I, II, III se describe sobre la empresa, productos, reacciones químicas, propiedades de la materia prima, las principales formulaciones, plantas de Poliuretano, etc.

En los capítulos IV y V, se explicarán tanto la situación actual de la empresa, y se mostrará resúmenes de los análisis más importantes, para determinar el comportamiento de la materia prima y del producto final.

Asimismo, en los capítulos VI y VII, se mostrarán a la planta, propuestas y la tecnología recomendada para su efectivo control.

En los capítulos finales VIII y IX, se tratarán aspectos de costos y finanzas.

Finalmente, se concluirá con recomendaciones, glosario, anexos y fuentes de consulta.

Cabe mencionar que el estudio por tener en 99% carácter científico, no ha centrado su atención en los aspectos de costos y finanzas, pero se ha efectuado un extraordinario esfuerzo para presentarlo cumpliendo estos requisitos, el costo de máquina utilizado a base de un escalamiento de una proforma de un sistema de mucho menor capacidad, como se muestra, en el anexo de proformas. Asimismo, es interesante afirmar, con toda seguridad, que el negocio es muy rentable siempre y cuando no se presenten productos defectuosos, por eso lo que se mostrará, a continuación, tiene por objeto asegurar la rentabilidad del producto Panel inyectado con Poliuretano.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	iii
ABSTRACT .....	iv
INTRODUCCIÓN .....	v
INDICE GENERAL.....	viii
CAPITULO I ASPECTOS GENERALES.....	
1.1 Empresa.....	1
1.2 Historia.....	2
1.3 Justificación del proyecto .....	6
1.4 Objetivos .....	9
CAPITULO II ESPUMA RÍGIDA DE POLIURETANO .....	
2.1 Conceptos básicos.....	10
2.2 Propiedades principales.....	19
2.3 Historia del poliuretano .....	22
2.4 Propiedades clave .....	24
2.5 Aplicaciones principales.....	27
2.6 Fabricación de utensilios y paneles sandwich .....	30
2.7 Aprovechamiento de las diversas propiedades.....	333
2.8 Una industria saludable y dinámica - el reto .....	34
2.9 Espumas de poliuretano para aplicaciones en.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.10 Propiedades del poliuretano rígido .....	37
2.11 Refrigeradores .....	38
2.12 Evolución actual.....	43
2.13 Formulaciones .....	46
CAPITULO III DESCRIPCIONES GENERALES.....	

3.1. Características de las plantas de inyección .....	87
3.1.1 Líneas de inyectado .....	87
3.1.2 Maquinaria .....	88
3.1.3 Productos.....	89
CAPITULO IV SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE INYECCIÓN DE ESPUMA DE POLIURETANO DE ALTA DENSIDAD EN PRECOR SA.....	
4.1 Diagrama de flujo del proceso .....	95
4.2 Graficación del proceso de inyección de poliuretano de alta densidad para paneles tipo sandwich en PRECOR SA. ....	98
4.3 Análisis de la tecnología actual involucrada en el sistema de inyección. ....	130
4.4 Esquema de la distribución de planta actual.....	138
4.5 Medición de la capacidad actual de planta .....	139
4.6 Medición del desempeño actual.....	143
4.7 Sistema de mantenimiento.....	147
4.8 Sistema de calidad vs costos directos de producción.....	149
CAPITULO V ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTO FINAL .....	
5.1 Análisis del producto final y costos incurridos.....	152
5.2 Análisis de la materia prima .....	153
5.3 Descripción de la investigación referente a los procesos mas críticos de inyección .....	157
5.4 Descripción de causas de productos defectuosos .....	159
5.5 Solución del problema .....	161
CAPITULO VI LÍNEA DE INYECCIÓN DE POLIURETANO PROPUESTA	163
6.1 Necesidades fundamentales para la solución del problema .....	163

6.2 Fundamentos considerados y recursos mecánicos para la solución del problema .....	170
6.3 Esquemas de funcionamiento considerados para la implementación de los nuevos elementos mecánicos .....	176
6.4 Sistema de control necesario en todo el proceso de inyección.....	183
CAPITULO VII COSTOS, INVERSIONES, FINANCIAMIENTO,	
PRESUPUESTO DE INGRESOS Y GASTOS .....	208
7.1 Requerimiento físico de inversiones .....	208
7.2 Financiamiento.....	211
7.2.1 Estructura de financiamiento.....	211
7.2.2 Inversión fija.....	211
7.2.3 Fuentes y condiciones del financiamiento.....	211
7.2.4 Características del crédito.....	212
7.2.5 Plazo de amortización.....	212
7.2.6 Presupuesto de reembolso del servicio a la deuda.....	212
7.2.7 Estructura del financiamiento.....	213
7.2.8 Calendario de pagos al banco .....	213
7.2.9 Reembolso de la deuda anualmente .....	213
CAPITULO VIII PRESUPUESTO DE INGRESOS Y EGRESOS .....	
8.1 Presupuesto de ingresos y egresos .....	214
8.1.1 Ingresos .....	214
8.1.2 Egresos.....	214
8.1.3 Presupuesto de mano de obra directa .....	214
8.1.4 Presupuestos de gastos indirectos (planta) .....	215
8.1.5 Estructura de costos .....	215

8.1.6 Presupuesto de egresos (ver anexo 14,16) .....	215
8.1.7 Presupuesto de costos financieros .....	215
CAPITULO IX ELABORACION Y ANALISIS DE ESTADOS FINANCIEROS...	
9.1 Estados financieros proyectados .....	216
9.1.1 Estado de pérdidas y ganancia.....	216
9.1.2 Flujo de caja.....	217
9.1.3 Evaluación económica .....	219
CONCLUSIONES .....	224
RECOMENDACIONES.....	226
GLOSARIO .....	228
ANEXOS.....	235
FUENTES DE CONSULTA.....	259

## ÍNDICE DE GRAFICOS

### FIGURAS

Figura 1. Reacción química del Poliuretano .....	10
Figura 2. Formula química del MDI (C15H10N2O2).....	10
Figura 3. Características adicionales del MDI .....	13
Figura 4. Reacción química .....	22
Figura 5. DFP Actual (Área de inyección de Poliuretanos).....	97
Figura 6. Panel tipo Sándwich .....	99
Figura 7. Paneles inyectados tipo CT (pared).....	101
Figura 8. Montaje de un panel tipo pared (plancha en la mesa, marcos y plancha superior).....	102
Figura 9. Montaje de un panel tipo pared (plancha inferior con sus marcos y plancha superior).....	103
Figura 10. Panel armado, listo para la inyección de poliurtano.....	104
Figura 11. Marco sobrepuesto sobre la mesa de inyectado .....	105
Figura 12. Diseño de los marcos usados para el soporte de las planchas .....	87
Figura 13. Encaje del marco con el Poliuretano.....	1088
Figura 14. Colocación del accesorio que estará internamente en el panel, para el posterior montaje en Obra.....	109
Figura 15. Accesorios y herramientas usados para los paneles tipo pared ..	110
Figura 16. Acoplamiento de los paneles tipo pared. ....	111
Figura 17. Montaje de los marcos.....	130
Figura 18. Colocación de planchas sobre los marcos en la mesa de inyectado de Poliuretano .....	138
Figura 19. Colocación de la capa de cera para evitar el desmontaje.....	139



Figura 20. Forma correcta de colocar los accesorios dentro del panel tipo pared .....	143
Figura 21. Forma de ajustar los marcos antes de colocar las planchas tipo pared .....	147
Figura 22. Forma de colocar los tacos de poliuretano dentro del panel.....	149
Figura 23. Forma como se preparan los agujeros del panel.....	152
Figura 24. Paneles listos para ser prensados .....	152
Figura 25. Paneles prensados y posición de los agujeros listos para inyección .....	153
Figura 26. Desplazamiento de la reacción química .....	157
Figura 27. Representación esquemática del sistema de inyección de Poliuretano .....	159
Figura 28. Representación esquemática del tablero de control general del sistema de control de inyección de Poliuretano, control de tiempos .....	159
Figura 29. Representación esquemática del tablero de control tradicional , analogico (tiempos de inyección en segundos).....	159
Figura 30. Panel inyectandose con Poliuretano (desplazamiento de la reacción química).....	159
Figura 31. Ventilación de aire, en los extremos de los marcos .....	159
Figura 32. Diversas formas de productos inyectados con Poliuretano .....	159
Figura 33. Representación esquemática de la tecnología actual usada en la línea de inyección de Poliuretano de PRECOR SA.....	159
Figura 34. Esquema del sistema de inyección de Poliuretano actual de PRECOR SA .....	159

Figura 35. Esquema de disposición actual de planta (línea de inyectado de Poliuretano) PRECOR SA.....	159
Figura 36. Cuadro de resumen de pruebas (reacciones químicas) .....	159
Figura 37. Esquema de máquina de alta presión propuesta.....	159
Figura 38. Esquema de planta propuesta (línea de inyección de Poliuretano) .....	159
Figura 39. Esquema de inyección de Poliuretano propuesta, con tecnología de control tipo PLC Simatic S7, con bombas de alta presión.....	159
Figura 40. Esquema de funcionamiento de máquina de inyectado de poliuretano con cabezal de alta presión .....	159
Figura 41. Esquema de funcionamiento de máquina de inyección de Poliuretano con cabezal MQ .....	159
Figura 42. Esquema bomba de pistón axial A2VK NG12 187 .....	159
Figura 43. Esquema de conexión de bombas.....	159
Figura 44. Esquema de nucleación del sistema de inyección de Poliuretano .....	159
Figura 45. Esquema de circulación de los compuestos químicos.....	159
Figura 46. Esquema de funcionamiento de cabezal mezclador MD .....	159
Figura 47. Esquema de conexión de cabezal preneumático manual.....	159
Figura 48. Esquema de cabezal mezclador ML.....	159
Figura 49. Esquema de cabezal mezclador MS.....	159
Figura 50. Esquema de válvula limitadora de presión .....	159
Figura 51. Software de programación Step 7 Micro Win 2.0.....	159
Figura 52. Micro PLC S7-200.....	159
Figura 53. Micro PLC S7-200 - Funciones.....	159

Figura 54. Micro PLC S7-200 CPU 216 Alimentación AC, entradas DC, salidas de relé .....	159
Figura 55. Micro PLC S7-200 CPU 216 terminales de conexión .....	159

## FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Instalaciones de PRECOR SA.....	5
Fotografía 2. Proyectos realizados con los productos PRECOR SA .....	6
Fotografía 3. Proyectos realizados con los productos PRECOR SA .....	7
Fotografía 4. Paneles inyectados con Poliuretanos de alta densidad.....	92
Fotografía 5. Panel THERMOMURO .....	94
Fotografía 6. Paneles inyectados que se pueden obtener usando planchas TR4 (4 venas).....	100
Fotografía 7. Ejecución del proceso de armado de los paneles para inyectado de Poliuretano.....	106
Fotografía 8. Panel Inyectado tipo pared .....	108
Fotografía 9. Línea de producción de Paneles inyectados con Poliuretano .	119
Fotografía 10. Línea de producción múltiple de paneles inyectados con Poliuretano .....	119
Fotografía 11. Línea de producción múltiple de paneles inyectados con Poliuretano y almacenamiento temporal. ....	120
Fotografía 12. Inyectado de Poliuretano con cabezal de inyección simple...	121
Fotografía 13. Proceso de inyección de Poliuretano.....	138
Fotografía 14. Proceso de inyección de Poliuretano con cabeza múltiple ....	139
Fotografía 15. Proceso de inyección de Poliuretano con los paneles ubicados verticalmente, la prensa está ubicada de forma vertical.....	123

Fotografía 16. Sistema de inyección tradicional, un solo cabezal de inyección con control analogico .....	147
Fotografía 17. Línea de producción de paneles inyectados con Poliuretano, diversos tipos de cabezales de inyección .....	149
Fotografía 18. Apilamiento de paneles tipo techo inyectados con Poliuretano, sobre plataforma, para el traslado al cliente .....	152
Fotografía 19. Cabezal mezclador, tipo batidor de 1200 Kg/seg .....	152

## **CAPITULO I**

### **ASPECTOS GENERALES**

#### **1.1 EMPRESA**

Nombre de la Empresa: PERFILES METÁLICOS PRECOR S.A.

Rubro : METALMECÁNICA

Código Internacional

Industrial Unificado : 2891

Ubicación : Nicolás Dueña Nº 515 - Lima

La institución donde trabajé por un periodo de tres años consecutivos, tiempo durante el cual se detectaron graves problemas de calidad en los productos finales, debido al uso de tecnología obsoleta, falta de un sistema de calidad, que da como una de sus consecuencias, costos elevados de producción.

## 1.2 HISTORIA

PERFILES METÁLICOS PRECOR S.A. es una empresa que se constituye en el año 1982 con el propósito de fabricar perfiles de acero que satisfagan la demanda de los sectores metal - mecánico y construcción, ofreciendo soluciones integrales. En 1984, iniciamos la producción inaugurando nuestra planta en Chancay.

Desde entonces, hemos dirigido nuestros esfuerzos al desarrollo de nuevos sistemas constructivos, siguiendo los avances tecnológicos de los países líderes en este campo a escala mundial.

La historia de PRECOR está marcada por la innovación y el crecimiento empresarial. Teniendo siempre en mente la satisfacción de las necesidades del cliente, nuestra constante preocupación ha sido la calidad y el servicio eficiente y gracias a ello, hemos sido capaces no sólo de liderar el mercado nacional sino también de ingresar con éxito en mercados extranjeros.

En 1990, inauguramos nuestra planta en Santiago de Chile para la fabricación automatizada de ventanas pre-armadas, ensambladas con los perfiles producidos en el Perú.

En 1992, iniciamos las exportaciones a Bolivia y en 1994, instalamos en Lima, una moderna planta cuya segunda etapa entró en operación a fines de 1996.

En 1984, sus oficinas se ubicaban en Jirón Azángaro 235 Lima, en esos momentos contaban con dos trabajadores y su Director Gerente, Gian Franco Boggie Miflin, como secretaria la señorita Tello, y como servicio de seguridad el señor Alipio Zalas, quienes se dedicaban al planeamiento de la creación de PRECOR. Al poco tiempo, PRECOR se integró a 19 empresas accionistas, que tenían como Presidente del directorio al señor Eberhard Mayser, como una de las empresas con mayor capital se encontraba Sociedad Pomalca del que era Presidente el Ing. Alfredo Ferrand.

Operativamente empezó a producir en el año 1984, en el distrito de Chancay provincia de Huaral, se instaló la fábrica en Prolongación López de Zúñiga No. 512. En este año, empiezan a producir con materiales livianos, específicamente la línea de ballestas Standard de 0.8, 0.6 mm de espesor, y utiliza maquinaria solo de procedencia alemana. Debido a su crecimiento organizacional en el año de 1985, se trasladaron al local de Arriola 2358, San Luis, contando con almacenes y oficinas más amplias, se incrementó el rubro de publicidad (periódicos, televisión, volantes, paneles publicitarios) para hacerse más conocidos, también tuvieron participación en la Feria del Hogar, en octubre de 1985.

En 1992, se comenzó a utilizar como materia prima, material metálico galvanizado, para la fabricación de perfiles pintados, en las líneas de ventanas, con pedidos mensuales de materia prima de 20 toneladas. En el año de 1994, por motivos de expansión y de incremento de personal, tecnología (maquinaria americana y alemana), producción (exportación a Chile

y otros países sud americanos), se trasladaron a la Av. Dueñas 515 Lima, utilizando ahora material pesado (de 2.0 hasta 3.0 mm de espesor).

PRECOR es una organización comprometida con el desarrollo de tecnología de punta en perfiles de acero. Con el respaldo del sólido prestigio de la ingeniería alemana y el reconocido diseño italiano; esta compañía innova los conceptos de aplicación y usos del acero, mundialmente conocido como material noble, a prueba de los más exigentes requerimientos. A la par con la arquitectura de vanguardia y cumpliendo con los más exigentes códigos de calidad, esta empresa ha desarrollado una amplia gama de productos y accesorios para puertas, ventanas y mamparas, tabaquería y divisiones de ambiente, puertas enrollables (cortinas emballetadas), rejas fijas y plegables, sistemas ranurados, cielos rasos y zócalos, rieles para puertas y cortinas, vitrinas, mostradores y muebles, construcciones pre-fabricadas, escaleras y altillos, canales y perfiles estructurales, usos especiales.

El constante apoyo a la investigación, el desarrollo tecnológico conjunto con empresas de prestigio mundial y el riguroso empleo de los más modernos métodos de producción, garantizan la "calidad" de reconocido nivel internacional que esta empresa ofrece.

Esta empresa con el respaldo de una ingeniería probada, garantiza acabados y recubrimientos, de inigualable presentación, en una gama de modernos colores y de total resistencia a la corrosión. Su línea de productos más importantes es THERMOTECO Y THERMOMURO.



Estos paneles son productos que además, de brindar un efectivo aislamiento térmico y acústico son muy fáciles de manipular e instalar dando como resultado un sistema modular muy práctico. Estos paneles son muy utilizados en locales o centros comerciales donde se busca lograr la mayor eficiencia para ambientes con aire acondicionado, ahorrando en el consumo energético. Son también ideales en cámaras de refrigeración, frigoríficos, plantas procesadoras de alimentos y todas aquellas industrias que requieren ambientes con temperaturas controladas. Su utilización se recomienda, asimismo, en campamentos mineros, petroleros y edificaciones en climas severos. En la figura N° 1 se muestran las instalaciones de Precor S.A

**Fotografía N° 1.- Instalaciones de PRECOR SA**



### 1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este producto, que desde 1997, se comenzó a utilizar en la industria de la construcción metálica en el Perú, en sectores manufactureros, almacenes, centros de investigación y centros comerciales, tales como Jockey Plaza, Santa Isabel, EWong, Metro, Grifos, Planta Bimbo, Central Hidroeléctrica de Cerro de Pasco, Frigoríficos Esmeralda, Campamento minero Altamira y otros, estación científica “MACHUPICCHU” en la Antártida, etc. En la figura N° 2 se muestra algunos de proyectos donde se usa los productos PRECOR SA.

**Fotografía N° 2.- Proyectos realizados con los productos PRECOR SA**



El producto cuenta con características de aislamiento térmico y acústico que permiten optimizar la eficiencia de los equipos de aire acondicionado.

La introducción de este tipo de producto en el mercado ha significado un cambio favorable en la infraestructura de los países de Sudamérica, que es comparable hoy en día, a las infraestructuras usadas en Europa.

Este producto también ha contribuido en el ahorro de inversión de capital, debido a que se pueden edificar obras con mayor rapidez que en el pasado, y que permiten, así mismo, una gran flexibilidad para cambiar el aspecto de la infraestructura con una mínima adición de capital. En la figura N° 3 se muestra algunos de proyectos donde se usa los productos PRECOR SA.

**Fotografía N° 3.- Proyectos realizados con los productos PRECOR SA**



La tecnología actual existente para el procesamiento de Poliuretano, componente esencial del producto, está diseñada especialmente para países

con condiciones de ambiente totalmente diferentes a las que existen en Sudamérica.

Entonces podemos deducir que este producto contribuye en la modernización de la ciudad y centros fabriles. Asimismo, reduce el consumo de energía en sistemas de control de temperaturas.

Concluyo que el estudio se justifica ya que permitirá mejorar la calidad del producto, además, será más eficiente en la reducción de energía, en los sistemas de control de temperatura, y al mismo tiempo, se contribuye al embellecimiento de la ciudad.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 General:

- Mejorar la calidad del producto.

### 1.4.2 Específicos:

- Disminuir el costo de la mano de obra directa.
- Disminuir el costo de la materia prima.
- Eliminar el reproceso.

## CAPITULO II

### ESPUMA RÍGIDA DE POLIURERANO

#### 2.1 CONCEPTOS BÁSICOS

##### a. La reacción química

El poliuretano es considerado una resina sintética que se caracteriza por su escasa permeabilidad a los gases, alta resistencia química, excelente aislamiento eléctrico (Manfred Kappset al, 2004).

Se obtienen por polimerización de determinados compuestos que contienen el grupo isocianato ( $N=C=O$ ) con compuestos que contengan el grupo hidroxilo  $OH-R$ .

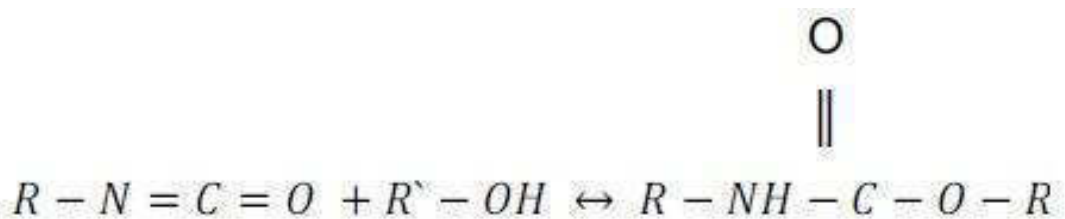
El poliuretano se forma cuando dos productos químicos, un di o poli - isocianato y un poliol, se mezclan en presencia de ciertos aditivos, como catalizadores, activadores y agente espumante, entre otros. Ambos reactantes son líquidos, y reaccionan a temperatura ambiental. Esta reacción es exotérmica (libera calor), muy rápida y no se generan subproductos.

El calor generado por la reacción es usado para vaporizar un líquido llamado "Agente de soplado", con lo cual se forma una espuma. Los agentes de soplado más frecuentemente usados han sido los clorofluorocarbonos (Freones), que en la actualidad, están siendo retirados por cuestiones ambientales.

El poliuretano puede ser fabricado a pequeña escala, usando algo tan simple como un agitador, y vaciando la mezcla en un molde, o usando maquinaria especialmente diseñada para su producción.

Los poliuretanos son resinas que van desde las formas duras y aptas para recubrimientos resistentes a los disolventes hasta cartuchos sintéticos resistentes a la abrasión y espumas flexibles. La obtención de los poliuretanos se basa en la gran reactividad del enlace doble grupo isocianato que adiciona fácilmente compuestos con hidrógenos activos en reacciones de condensación como la siguiente (Becker, 1993):

**Figura N° 1.-Reaccion Química de Poliuretano**



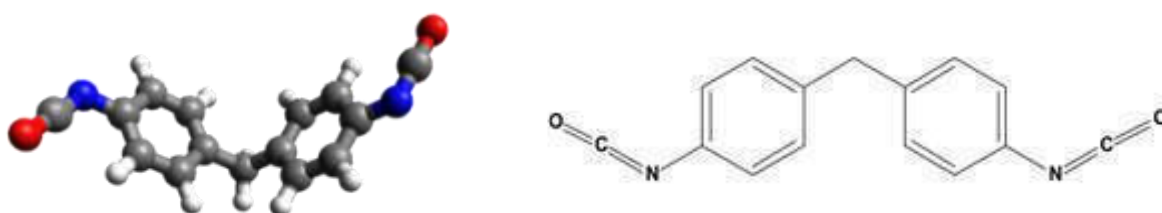
#### b. Isocianatos

Se entiende por isocianatos aquellos compuestos químicos que están provistos de grupos funcionales isocianato (NCO). Los elementos constitutivos de un grupo isocianato son el nitrógeno, el carbono y el oxígeno (Macosko, 1989). Para la fabricación de espumas rígidas de PUR (Poliuretano) se emplean casi exclusivamente los isocianatos basados en el MDI (diisocianato de metilendifenileno, = diisocianato de difenilmetano).

Este producto está formado por mezclas de MDI (principalmente 4,4'-diisocianato de difenilmetano con una fracción del isómero 2,4'-diisocianato de difenilmetano) y componentes de peso molecular más elevado. En la estructura de estos componentes de peso molecular más alto hay una unidad repetitiva, por lo cual la mezcla se denomina también MDI polimérico (PMDI).

Hay dos tipos de isocianato con significado comercial importante: TDI (tolueno diisocianato) y MDI (metilendifenil diisocianato). Los poliuretanos basados en TDI son usados principalmente para hacer espumas flexibles para asientos, cojines y colchones, además, de otras pequeñas aplicaciones. Los poliuretanos basados en MDI se utilizan para fabricar espumas rígidas, elastómeros, y algunas espumas flexibles, entre otros usos. En la figura N° 1 se muestra la fórmula química del MDI (metilendifenil diisocianato).

**Figura N° 2.- Fórmula química del MDI (C<sub>15</sub>H<sub>10</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)**



**Nota 1:** Nombre IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (International Union of Pure and Applied Chemistry) del MDI, 1-isocianato-4-[(4-fenilisocianato)metil]benzeno. C<sub>15</sub>H<sub>10</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>



**Nota 2:** Características adicionales del MDI en la Figura N°2.

**Figura N° 3.- Características adicionales del MDI**

Identificadores		Propiedades químicas	
Número CAS	101-68-81	Solubilidad en agua	Reacciona con el agua
Número RTECS	NQ9350000	<b>Peligrosidad</b>	
ChEBI	53218	Punto de inflamabilidad	469 K (196 °C)
ChemSpider	7289	NFPA 704	
PubChem	7570		
Propiedades físicas			
Apariencia	Sólido pálido amarillento	Temperatura de autoignición	513 K (240 °C)
Densidad	1180 kg/m <sup>3</sup> ; 1,18 g/cm <sup>3</sup>	Frases R	R20 R36/37/38 R40 R42/43 R48/20
Masa molar	250,2 g/mol	Frases S	S23 S36/37 S45
Punto de fusión	310 K (37 °C)		
Punto de ebullición	587 K (314 °C)		

El MDI es rigurosamente difuncional, es decir, posee 2 grupos NCO, en cambio los componentes PMDI de peso molecular más alto poseen tres o más grupos NCO. El PMDI suele considerarse por tanto como poliisocianato. Las funcionalidades media de los tipos PMDI más habituales se sitúan entre 2,5 y 3,2.

En este punto cabe mencionar los prepolímeros de PMDI, aunque su importancia sea secundaria en cuanto a la fabricación de espuma rígida de PUR. Se trata de compuestos PMDI en los que una parte de los grupos NCO se ha hecho reaccionar con un Polioli. El contenido en NCO restante será, pues, menor que el del PMDI de partida, mientras que la viscosidad será mucho mayor.

Con los prepolímeros se pueden soslayar algunos problemas y lograrse determinados efectos: se reduce la cantidad de calor que se libera durante la fabricación de la espuma y se mejora la compatibilidad entre el poliisocianato y el polioliol y se regula mejor la estructura de la macromolécula.

Los poliisocianato de MDI utilizados para la fabricación de espuma rígida de PUR son líquidos viscosos de color entre parduzco y marrón oscuro, caracterizándose por su contenido en NCO, viscosidad y acidez. La acidez es un indicativo del contenido en ácido debido a la propia fabricación y que puede influir en la reactividad (Becker, 1993).

### c. Polioles

Existen dos grandes grupos de polioles: poliésteres con terminales hidróxido y poliéteres con terminales hidróxido. Estos últimos son los más ampliamente usados debido a que son menos caros y con menor viscosidad (lo que los hace más fáciles de manipular).

Estos polioles son mezclados con los diferentes aditivos que mejoran las características del poliuretano. A pesar de no contener polioliol puro al 100%, al cilindro que lleva esta mezcla se le denomina comúnmente "polioliol", o "resina".

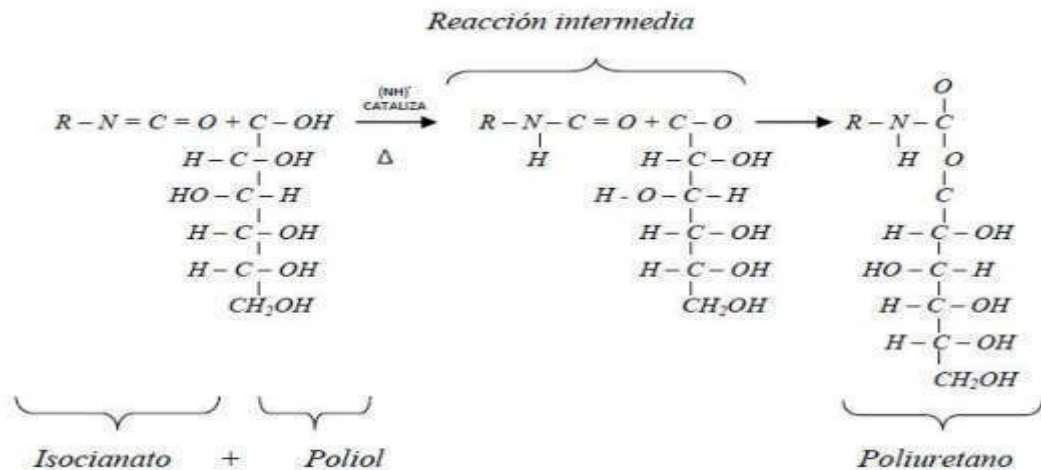
Los polioles son líquidos viscosos, cuya principal característica química son los grupos hidroxilo (OH), constituidos por oxígeno e

hidrógeno. Estos grupos reaccionan con los grupos isocianato del poliisocianato dando lugar a grupos uretanos.

Los polioles destinados a la fabricación de espuma rígida se obtienen fundamentalmente del oxígeno de propileno.

La funcionalidad de un poliol indica el número de grupos hidroxilo existente en la molécula. Si el poliol es una mezcla de componentes de distintas funcionalidades, entonces se indica la funcionalidad media. Las partes de una molécula que son susceptibles de reaccionar, por ejemplo los grupos hidroxilo, se llaman grupos funcionales. El contenido en grupos hidroxilo dentro de un compuesto se llama índice de hidroxilo o índice OH. En el momento de elegir un poliol, aparte de conocer su naturaleza química, es necesario disponer de su índice de hidroxilo (OH), de su viscosidad y de su contenido de agua. En los poliésterpolioles puede ser también importante el índice de acidez (Becker, 1993). En la figura N° 3 se muestra la reacción química.

Figura N° 4.- Reacción química.



d. Aditivos

Los aditivos más comúnmente usados son:

- Catalizadores, que gobiernan la velocidad de la reacción, del curado y del flujo.
- Surfactantes, que controlan la retención de gas y el tamaño de celda de la espuma.
- Agentes de entrecruzamiento, que modifican las ramificaciones del polímero.
- Agentes de soplado, que proveen el gas que causan el espumado. Los "Freones" tienen una bajísima conductividad térmica, y su retención en las celdas cerradas de la espuma rígida es la clave de las excelentes características de aislamiento térmico del poliuretano.

#### e. Clasificación de los Poliuretanos

Se clasifican en dos formas principalmente: Rígidas y flexibles.

##### 1) Los poliuretanos flexibles.

Son ampliamente usados en espumas resilente, elastómericas durables, adhesivos y selladores de alto rendimiento, pinturas, fibras, sellos, empaques, juntas, bajo alfombras, partes automotrices, industria de la construcción, muebles y miles de aplicaciones más.

La resiliencia es la “capacidad de memoria” de un poliuretano flexible, es decir, a la resistencia a la deformación por compresión mecánica. Se pueden mezclar con pigmentos tales como el negro humo u otro pigmento para aplicaciones en automóviles y muebles modernos.

Su formulación se basa en poliuretanos de bajo número de hidróxilos combinados con isocianatos de bajo contenido en funciones NCO, unido a propelentes especiales y una elevada relación de agua, toda la fórmula está estequiométricamente diseñada para lograr una espuma de gelado rápido y con una determinada densidad que no supera los 25 kg/metro cúbico.

Algunas aplicaciones de poliuretanos flexibles abarca la industria del empaque en que se usan poliuretanos anti-impacto para embalajes de

piezas delicadas, su principal característica es que son de celdas abiertas y baja densidad (12-15 kg/metro cúbico).

2) Los poliuretanos rígidos o RIM (Rigid injection Molding).

Son rígidos y de densidad más elevada (30-50 kg/metro cúbico) que las anteriores, pero tienen características muy parecidas. Se pueden formar paneles que son usados ampliamente para la Aislación térmica. La capacidad de aislación térmica del poliuretano se debe al gas aprisionado en las celdillas cerradas del entramado del polímero.

Un poliuretano de 2.5 cm de espesor puede aislar térmicamente un ambiente interno que permanecerá a 20 °C por una cara, mientras que por el lado exterior de la cara puede fluctuar -5 °C.

Una variedad de los poliuretanos rígidos son los poliuretanos Spray. Son formulaciones de la alta velocidad de reacción y son usados en revestimientos sujetos a la fuerza de gravedad, tales como aislaciones de bodegas, estanques de almacenamiento e incluso tuberías o cañerías.

Otra variedad de los poliuretanos rígidos son los PIR, son usados en revestimientos de cañerías en zonas extremadamente húmedas y además conducen fluidos a alta temperatura, su principal característica es la naturaleza ureica del polímero. Poliuretanos rígidos de densidad más elevada (60-200 kg/metro cúbicos)

## 2.2 PROPIEDADES PRINCIPALES

- a. Aislamiento. La espuma rígida de poliuretano tiene una de las tasas más bajas de conductividad térmica comparada con la de cualquier otro aislante, lo cual permite que tenga una eficaz retención del calor, o de forma alternativa, el mantenimiento de un ambiente refrigerado o congelado.
- b. Resistencia. La espuma rígida de poliuretano proporciona un elevado nivel de resistencia a la compresión y al cizallamiento, que queda aún puesta de manifiesto cuando se le une a materiales de revestimiento.
- c. Procesabilidad. La espuma rígida de poliuretano puede obtenerse tanto como producción ó en lotes, como por proyección e inyección en el mismo lugar donde seguidamente se va a utilizar. Ningún otro aislante ofrece al especificador unas características de producción tan versátiles.
- d. Adherencia. Durante el corto periodo entre el mezclado y el curado final, la espuma rígida de poliuretano tiene una extraordinaria adherencia, lo cual permite su unión eficaz con un gran número de materiales empleados para el revestimiento de fachadas.

- e. La adherencia es tan fuerte que la fuerza de agarre es normalmente más elevada que la resistencia a la tensión o al cizallamiento de la misma espuma.
  
- f. Compatibilidad. La espuma rígida de poliuretano es un material que puede "hacer pareja" con muchos otros materiales de revestimiento que se utilizan normalmente, entre los que podemos citar el papel, las finas láminas metálicas, la fibra de vidrio, el acero, las placas de yeso, los tableros de aglomerado y el betún. Todos ellos pueden complementar las inherentes prestaciones de la espuma, permitiendo de esta forma su aplicación como paneles estructurales y de forrado. También permiten que la espuma acepte acabados cosméticos, tales como enyesado y pintado, actuando a la vez como eficaces barreras contra humedad en condiciones en que está sea elevada.
  
- g. Estabilidad in-situ. La espuma rígida de poliuretano puede ser utilizada en aplicaciones en las que se experimenten temperaturas excepcionalmente extremas, desde  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
  
- h. Envejecimiento. Con el paso del tiempo existe un incremento del valor de la conductividad térmica de la espuma rígida de poliuretano no revestida. Dicho aumento se ve reducido, si la espuma se reviste con materiales impermeables, como el acero, el aluminio y otros plásticos, comparándolo con revestimientos permeables, como por ejemplo las placas de yeso y el papel no recubierto, ya que en este



caso, permiten una limitada difusión de aire dentro de las celdas de la espuma.

- i. Absorción de agua. La permeabilidad del vapor de agua de la espuma rígida de poliuretano es baja y puede ser mejorada, en la mayoría de las aplicaciones del sector de la construcción, merced a la incorporación de un elemento con barrera a humedad como puede ser el filme de polietileno o lámina de aluminio.
- j. Propiedades respecto al fuego. Al igual que todos los materiales orgánicos, empleados en la construcción, como madera, papel, plásticos, pinturas, la espuma rígida de poliuretano es combustible, si bien sus características de ignición y su velocidad de quemado pueden ser modificadas para adaptarse a una variedad de aplicaciones en el sector de la construcción. Los comportamientos generales frente al fuego pueden ser obtenidos utilizando una espuma rígida de poliuretano de llama retardada, reforzada con fibra de vidrio o con similares estructuras, tipo malla, de elevada fusión.
- k. Las espumas rígidas de poliuretano son utilizadas habitualmente en espesores inferiores a los de otros aislantes, por lo que su contribución calorífica en caso de fuego es baja, comparada con la de otros materiales de mayor espesor. En todos los casos, las propiedades frente al fuego de los paneles compuestos pueden ser mejoradas a base de diferentes materiales de revestimiento. Ensayos

a gran escala de comportamiento frente al fuego, realizados en Europa y Estados Unidos en edificios provistos de aislamiento con espuma rígida de poliuretano, han demostrado que, si se utilizan adecuadamente, estos materiales no aumentan la severidad ni los serios peligros tóxicos de los incendios.

- I. Ligereza. A una densidad de 30 Kg / m<sup>3</sup>, el volumen de polímero de poliuretano en la espuma rígida de poliuretano es alrededor del tres por ciento. El 97 por ciento de la espuma es gas atrapado dentro de las celdas, lo cual proporciona las propiedades de baja conductividad térmica. La ligereza de la espuma es un aspecto importante, desde el punto de vista de transporte, manipulación y facilidad de instalación.
  
- m. Resistencia química. La espuma rígida de poliuretano tiene una excelente resistencia a un gran número de productos químicos, disolventes y aceites.

### **2.3 HISTORIA DEL POLIURETANO**

Las espumas rígidas de poliuretano existen desde hace más de 50 años, tanto como la misma industria del poliuretano. Durante este tiempo se han encontrado múltiples aplicaciones en el sector del transporte, en el ocio o tiempo libre, en movilidad o decoración de edificios, para proporcionar seguridad en el mar, pero especialmente en la industria de

la construcción y en la fabricación de utensilios domésticos. Su versatilidad es muy notable y todavía sigue su expansión.

Del uso total de los POLIURETANOS en el mundo, aproximadamente, la cuarta parte constituye el mercado de la espuma rígida, de la cual, un 95% está basado en el MDI (Di-isocianato de Difenilmetano). Para observar este mercado en perspectiva, comparándolo con otros polímeros, el poliuretano es ya el sexto de los productos más empleados, y es claramente el de más volumen entre los productos de especialidad. Incluso es más notable, que en el sector de las espumas rígidas, basadas en el MDI, por si sólo, estaría situado entre el grupo de los diez primeros.

Las subdivisiones más importantes del mercado de espumas rígidas están en la construcción y en las aplicaciones domésticas. Según una base geográfica, no es sorprendente que los mercados de aplicaciones domésticas y materiales para la conservación de energía estén dominadas por las economías más saneadas en los climas templados.

Sin embargo, la importancia de las espumas rígidas basadas en el MDI, recae no sólo en el volumen de mercado sino también en la variedad de aplicaciones en las que éstas están presentes. Ello proporciona eficiencia en la planta industrial, confort en los edificios y mejora la higiene en el almacenamiento de alimentos. Estos son los usos importantes y bien desarrollados, pero hay muchos puntos de inicio para la expansión futura del mercado total. Existe una firme base para que el

crecimiento sostenido de las últimas dos décadas pueda continuar sin decrecer.

## **2.4 PROPIEDADES CLAVE**

El excelente aislamiento térmico sigue siendo la razón fundamental para la compra de la mayor parte de la espuma de rígida de poliuretano. Mientras en el aislamiento con cámara de aire se consigue una conductividad mínima teórica de 0.034 W/mk, con la espuma de poliuretano pueden conseguirse valores tan inferiores como 0.015 W/mk. Aunque la conductividad tiende a aumentar, a medida que la espuma envejece, un buen diseño del producto hará que este cambio se reduzca al mínimo; Por ejemplo, un valor de 0.017 W/mk es comúnmente conseguido a través de la larga vida de un refrigerador doméstico.

Aunque la industria ha desarrollado una cierta comprensión de los factores que influyen en estos cambios, las percepciones de valores de diseño aceptables para una espuma estándar varían de un país a otro, y depende del criterio de test individuales y de las asunciones acerca de las condiciones de uso.

Si la conductividad térmica fuera la única propiedad crítica, las espumas rígidas de poliuretano existirían como materiales de baja densidad en una muy reducida gama. En realidad, su versatilidad ha dado paso a un desarrollo comercial con éxito, de una amplia gama de

materiales con una alta relación costo-efectividad, con densidades que varían desde 25 a tan altas, como 600 Kg/m<sup>3</sup>.

La adherencia es una característica crítica de muchas formulaciones. En la producción de laminados y otras estructuras compuestas, llega a ser posible combinar las propiedades mecánicas de la espuma con aquellas de los materiales de revestimiento, creando un diseño único de un compuesto efectivo.

En un cuerpo típico para refrigerador, por ejemplo, los materiales de menor espesor pueden emplearse para la cubierta sin que por ello exista pérdida de la resistencia o rigidez total, pero con importantes ahorros en peso y costo de instalación. La adherencia es también un parámetro crítico en muchas formulaciones que han sido desarrolladas para aplicaciones por proyección. Esta técnica se adapta a una variedad de formas y materiales incluyendo techos de acero, hormigón o madera y muchas otras aplicaciones en plantas químicas.

Los diseños compuestos presentan, comúnmente, unas buenas propiedades mecánicas, por ejemplo, para resistir las fuerzas de cizallamiento en los paneles compuestos, o directamente en compresión bajo suelos o como recubrimiento protector del tendido de fibra óptica a través de Canadá. La resistencia al ataque de muchos productos químicos y disolventes es otra característica que permite el empleo de la

espuma de poliuretano, donde son esenciales los tratamientos basados en disolventes o allí donde existe riesgo de derrame accidental.

Además, las espumas de estructura de celda cerrada no solo proporcionan una conductividad térmica excepcional, sino que también crean un material de una baja densidad, impermeable al agua, dando paso, por ejemplo, a muchas aplicaciones en productos de flotación o sellantes para edificios.

Común a todas estas aplicaciones variadas, quizás la característica individual permanente es la fácil procesabilidad de los sistemas formulados. Inicialmente, al reaccionar la mezcla de MDI y polioliol, ésta mantiene una baja viscosidad de modo que es suficiente con baja presión para rellenar cada rincón y hendidura en los moldes complejos.

En los procesos de laminación, incluso la gravedad, es suficiente para cumplir una parte significativa de la difusión de la capa de líquido aplicada. Parece que con un poco de inventiva por parte de los fabricantes de los equipos para proceso y algún químico experimentado como diseñador de sistemas, es posible crear un análogo proceso de espuma, adecuado a casi cualquier método de producción.

## 2.5 APLICACIONES PRINCIPALES

Las aplicaciones importantes para las espumas rígidas son la aportación de aislamiento térmico en las industrias de la construcción (edificios y plantas) y la fabricación de aparatos comerciales y domésticos (principalmente aunque no exclusivamente, frigoríficos y congeladores). El mercado restante incluye una amplia variedad de usos distintos, individualmente pequeños, pero muy capaces de tener un rápido crecimiento.

La construcción es claramente el mayor sector del mercado, con más de la mitad de todos los productos de espuma rígida, destinados a proporcionar aislamiento térmico para edificios y plantas. Aquí la versatilidad de los procesos aplicados por la industria internacional ha generado una gama de productos que cubre cada eventualidad.

Cuando la demanda es de tipo internacional, la industria puede proporcionar soluciones comunes a problemas comunes, Si la función y el sentido comercial requieren amplia extensión y un control climático en Norteamérica, ,estos también se precisan en Europa Occidental, en el Golfo, El Pacífico y, en una escala creciente, en los países en desarrollo.

Los requisitos individuales para el control de temperatura y humedad son naturalmente tratados por los servicios relevantes, pero para que estos operen de una forma efectiva, la estructura de los edificios tiene

unos requerimientos básicos de diseño, los cuales son independientes nacional, continentalmente y según las diferencias climáticas.

En los lugares donde estos requerimientos incluyen una rápida construcción, pronta ocupación y respuesta rápida para el acondicionamiento, los sistemas de edificios, basados en grandes paneles de poco peso, son una elección obvia que puede proporcionar la industria internacional de poliuretanos.

Para edificios tales como hospitales u hoteles, donde la necesidad es más bien disponer de un clima interno constante, independiente de las condiciones externas, la exigencia es diferente. En este caso, una estructura masiva, diseñada para proporcionar un ambiente térmico regular debe ser aislada del clima exterior, otra vez con poliuretano. Para asegurar el cumplimiento de las normas nacionales e internacionales sobre incendios, es necesario emplear un producto adecuado y seguro y un buen diseño de aplicación, tanto si se pretende proteger a la gente, a la propiedad o a ambos. En todas estas aplicaciones, la naturaleza internacional de la industria genera y mantiene una base de datos de experiencia sobre los que deben construirse los desarrollos siguientes.

Por otra parte, para los edificios de muchos países, las características nacionales requieren diversidad de estilos. En contraste con los proyectos más importantes de comercio internacional, los materiales locales establecidos y los estilos de vida local tienen una



profunda influencia sobre los métodos de construcción y aspecto del producto final.

Los diferentes países, climas, culturas han dado paso a la ampliación de los distintos requisitos para viviendas. Existe poca probabilidad, por suerte, de que todos nosotros debamos vivir en "pequeñas cajas fabricadas de estructura muy simple".

El sector internacional tiene aquí que superar el reto de encontrar un papel realista, socialmente útil y benéfico al desenvolverse en un segmento que podría ser visto fácilmente solo como un tema para un reducido interés local.

Afortunadamente, la versatilidad de la tecnología del poliuretano genera soluciones tan diversas como:

- Aislamiento por proyección en casas de madera.
- La espuma y los laminados de placa de yeso para separaciones, techos para estudio o incluso construcciones de casas completas con paneles.
- Placas de aislamiento para aplicaciones externas.

La tecnología mejora para demostrar una y otra vez que esta versatilidad puede responder a las demandas de requerimientos individualizados muy localizados.

## 2.6 FABRICACIÓN DE UTENSILIOS Y PANELES SANDWICH

La fabricación de frigoríficos y congeladores y otros utensilios son el segundo sector más importante para la espuma rígida de poliuretano, un proceso desarrollado internacionalmente, que está unido a una variedad de estilos de diseño nacional. Esta aplicación de la espuma rígida, la primera, de las aplicaciones industriales, está todavía en expansión, más de 40 años después que se iniciaran las primeras aplicaciones comerciales.

La espuma rígida de poliuretano se usa ahora en la fabricación de frigoríficos, por lo menos en 70 países, con un crecimiento importante cada año. Previsiblemente, existe una amplia gama de estilos y están creándose nuevos mercados para fabricantes de electrodomésticos. Además de utilizarse la espuma de poliuretano en los frigoríficos y congeladores, por ejemplo, la espuma se emplea en refrigeradores que controlan temperaturas a 80C y en lavaplatos para controlar la resonancia y también el aislamiento acústico.

El mercado mundial para tal aplicación está dominado por el uso del poliuretano. Más del 95 por ciento de la producción mundial lo incorporan como componente importante.

La proporción principal de estos electrodomésticos emplea espuma rígida basada en MDI. Una significativa pero descendente proporción,

especialmente en Norteamérica y Japón, continúa centrándose en el poliuretano basado en el TDI. Sin embargo, desde que los sistemas de MDI fueron empleados, han demostrado claramente su valor para fabricar un producto superior en un mejor ambiente de trabajo.

A pesar de que el uso de la espuma de poliuretano en electrodomésticos está ya establecido, incluso saturado en algunas áreas, se ha encontrado un gran desarrollo en regiones donde existe mayor campo para un nuevo crecimiento industrial. Es particularmente excitante el potencial de los mercados del lejano oriente, China, Taiwan y Corea, por ejemplo, donde varios millones de aparatos se construirán durante la próxima década. Brasil e India tienen también gran campo para un rápido crecimiento en el futuro.

Los Paneles sándwich rígidos y revestidos, cuyo núcleo lleva un relleno de espuma de poliuretano, están teniendo cada vez mayor éxito ya que permiten satisfacer las necesidades de las industrias de la construcción y de la refrigeración, en particular por que respecta al crecimiento énfasis que se está poniendo al consumo de energía. La concienciación a nivel mundial sobre la necesidad de proteger el Medio Ambiente está también aumentando día a día, y los paneles con núcleo a base de espuma de poliuretano juegan un papel muy importante en este contexto, proporcionando considerables ahorros de energía a través del aislamiento en los edificios y contribuyen por otra parte a la preservación de los alimentos.

Los paneles sándwich pueden ser fabricados de forma continua en una laminadora o de forma discontinua. Este último sistema es al que se refiere este folleto, y abarca una serie de métodos, si bien todos ellos conlleva la colocación de revestimiento pre cortados (diferentes metales, plástico reforzado con fibra de vidrio, madera y cartón de yeso y fieltro, etc.) dentro de un bastidor donde se inyecta o vierte, también en medio, el poliuretano.

En ambos métodos, la espuma de poliuretano tiene el mismo desempeño: no tan sólo proporciona un excelente aislamiento en el panel acabado, sino que en el proceso de expansión y relleno del panel, la espuma queda adherida a los materiales de revestimiento formando una fuerte estructura compuesta con excelentes propiedades mecánicas.

Dada la versatilidad del proceso de producción que se utiliza, los paneles fabricados en discontinuo tienen su aplicación en un gran número de condiciones, entre las que cabe citar los revestimientos decorativos a base de lámina de cobre, paneles para carrocerías de camiones, casas fabricadas y separaciones o tabiques interiores, si bien es en la construcción de cámaras y almacenes frigoríficos donde los paneles discontinuos se utilizan en mayor escala. Los paneles destinados a la construcción de almacenes frigoríficos pueden ser fabricados en espesores de 40 a 250 mm con una gran variedad de sistemas de conexión para cierre que permiten un fácil montaje (y el posterior desmontaje para ser utilizados nuevamente si es necesario).

## 2.7 APROVECHAMIENTO DE LAS DIVERSAS PROPIEDADES

Los dos campos más importantes de la industria de la construcción y de los electrodomésticos cuentan con casi el 80 por ciento del total del consumo de la espuma rígida. Mientras es clara la importancia de la baja conductividad térmica, el restante 20 por ciento del mercado explota otras propiedades, en una amplia gama de aplicaciones. Esta diversidad crea una enorme variedad de puntos potenciales de crecimiento en industrias, cada una de las cuales es grande por sí misma. Existen, desde luego, facetas de la industria donde los poliuretanos rígidos no podrán participar en el futuro.

El sector del transporte puede ser principalmente un tema de aislamiento, que permite el transporte de materiales, a través de largas distancias, a temperaturas controladas, incluso bajo condiciones de almacenamiento criogénico. En otros ejemplos de las aplicaciones, en el transporte, de la espuma rígida, se emplean diferentes series de propiedades. En el aire, la combinación de buenas propiedades mecánicas con la baja densidad ha dado paso a un número de usos estructurales en los aviones. En el agua, una amplia variedad de barcos incorpora flotación, que depende de la estructura de celda cerrada. Cuando ya se ha pasado bastante tiempo en el mar se puede desembarcar en la orilla con una gran variedad de embarcaciones, tipo anfibias.

En las industrias del tiempo libre o del ocio, de rápido crecimiento, podemos ver esquís para la nieve o para el agua, raquetas de tenis y palos de golf, todos ellos contienen poliuretano. La espuma rígida es también una ayuda esencial a las preparaciones en floristería y para la fabricación de mobiliario, decoración, equipos electrónicos y muchas otras industrias.

Todas estas diversas aplicaciones aportan una gran contribución anual en el mercado. Ellas forman el núcleo para el desarrollo futuro del mercado ayudando a extender el conocimiento de la capacidad técnica de la espuma rígida y cada una de ellas, se puede constituir en una industria importante por sí misma.

## **2.8 UNA INDUSTRIA SALUDABLE Y DINÁMICA - EL RETO**

### **a. Medioambiental**

La posición de la industria de la espuma rígida de poliuretano es por ello saludable, pero está lejos de ser estética. Las aplicaciones antiguas están creciendo en otras partes del mundo, y también nuevas aplicaciones se están investigando y desarrollando, con el objetivo de extender al máximo, las propiedades de la espuma. Simultáneamente. Se está llevando a cabo un amplio trabajo dirigido a reducir la dependencia sobre los “duros” CFC (Clorofluorocarbonos) y poder cumplir con los requerimientos del

Protocolo de Montreal también como todos los otros comportamientos y requisitos del medio ambiente, los cuales se convertirán en una característica cada vez más importante de la vida industrial del siglo XXI.

El reto medioambiental, teniendo en cuenta la estabilidad de la tecnología durante los 30 años precedentes, en los últimos tres o cuatro años se ha podido observar un cambio monumental en la industria de los poliuretanos. Con el hecho real de que los Clorofluorocarbonos (CFC) están implicados en la destrucción de la capa de ozono, todos los esfuerzos ha estado dirigidos, desde que se firmó el protocolo de Montreal en 1986, hacia la eliminación de tales agentes de expansión para las espumas.

Ello ha representado un gran reto para los fabricantes de paneles, ya que además de ser utilizados para la expansión de la espuma, los CFC habían estado contribuyendo de forma significativa a las prestaciones de aislamiento.

Entre los candidatos iniciales para sustituir al CFC 11 figuraban los HCFC como agente de expansión con un potencial bajo en cuanto a reducción del ozono (ODP), si bien actualmente las opciones se han visto ampliadas para incluir entre ellas a los HFC y más recientemente a los hidrocarburos, ambos con un potencial cero de reducción del ozono. La mayoría de alternativas para los

CFC tienen conductividades térmicas inferiores y por lo tanto ha sido necesario desarrollar un sistema de poliuretano para poder mantener las prestaciones.

## **2.9 ESPUMAS DE POLIURETANO PARA APLICACIONES**

### **a. Refrigeración**

La espuma rígida de poliuretano ha sido usada en la fabricación de artefactos para el hogar en las últimas cuatro décadas. Luego de un trabajo pionero, en el cual las empresas como ICI Polyurethanes entre otras jugaron un rol importante, el uso de poliuretano ayudó a convertir la fabricación de refrigeradoras en una actividad principal en el mundo.

Cuando el material fue introducido como un reemplazo de la fibra de vidrio y otros aislantes, permitió un acercamiento completamente nuevo en el diseño y producción de refrigeradores. La antigua estructura externa que actuaba como un auto-soporte hecha de láminas de metal pesadas y anchas, por ejemplo, fue sustituida por planchas de metal mucho más delgadas. Se consiguieron otros ahorros en el peso cuando los liners (la parte interior del aparato), que antes se formaban a partir de acero esmaltado, fueron reemplazados por plásticos termo formados ligeros.



## 2.10 PROPIEDADES DEL POLIURETANO RÍGIDO

Estos cambios solo fueron posibles gracias a las propiedades de las espumas rígidas de poliuretano, entre las cuales destacan:

- Su fluidez.
- Su capacidad de expansión.
- Su capacidad de curar a temperatura ambiental.
- Sus características de adhesión.

En aplicaciones de refrigeración, específicamente, las espumas rígidas de poliuretano ofrecen un gran número de beneficios de manufactura:

- a) Una estructura rígida debido a la unión de componentes ligeros en gabinetes fuertes de gran resistencia a la carga.
- b) Un aislamiento efectivo que permite una mayor capacidad de almacenamiento interior sin un aumento de las dimensiones externas, debido a la reducción del espesor de la pared.
- c) La posibilidad de un proceso de fabricación industrializado que, si se requiere, puede estar completamente automatizado, que conduce a un fácil proceso, particularmente cuando se usa MDI en vez de TDI.

A medida que se desarrollan los procesos de fabricación, y con la mejora de los productos, tanto de los artefactos como del poliuretano, se obtuvo beneficios, como las siguientes:

- Mejor procesabilidad y productividad.
- Mejora en el balance costo/performance.
- Reducción del porcentaje de rechazos.
- Mayor libertad en el diseño, que dio como resultado, ensamblajes complejos con más de un compartimiento.
- Reducción en el consumo de energía, gracias a la mejora en el aislamiento, distribución de densidad uniforme y reducción de los puentes térmicos.

## **2.11 REFRIGERADORES**

Esencialmente, un refrigerador es un recipiente aislado que, con mínima energía, puede mantener una temperatura más baja que la del ambiente externo. Estructuralmente, el gabinete y la puerta comprenden una envoltura externa y una celda interna, y son construidos para dejar un espacio interno vacío, que puede ser llenado con un material aislante, como un poliuretano de baja densidad. Un refrigerador puede tener uno o más compartimientos, que dependen de un número requerido en zonas de diferentes temperaturas.

### **a. Fabricación del refrigerador**

Los gabinetes y las puertas son hechos de planchas de metal laminado en frío; el gabinete puede ser construido de una sola pieza o con paneles laterales unidos, y cada lado, unido por barras. La pared de fondo consiste típicamente de un metal delgado o una plancha de plástico o un panel de cartón aluminizado.

### **b. Puertas y gabinetes**

Para las puertas, la plancha de metal es hendida, agujereada, de forma horizontal y vertical, que luego se sueldan.

Para los gabinetes, la plancha de metal es hendida y laminada antes de pasar a una estación de curvado en los filos.

Generalmente, la celda interna, que forma el recipiente interior y la contrapuerta es producida con materiales plásticos termo formados.

### **c. Planta de espumado para refrigerador**

La planta y el proceso del componente de aislamiento de un refrigerador puede ser dividido en dos etapas distintas: manipuleo químico y espumado. La etapa del manipuleo químico incluye el almacenamiento, pre-mezclado, acondicionamiento, medición y mezclado de los

componentes que forman la matriz polimérica a través de la reacción química.

La etapa del espumado incluye el pre-ensamblaje y la colocación de los gabinetes dentro de los moldes en la estación de formado, donde los químicos reactantes son inyectados. Luego de completarse la reacción, los gabinetes y las puertas son llevados a una línea de acabado.

Dentro de la etapa de espumado, siempre se usa una unidad de medición, que permite que los componentes se mezclen e inyecten. El mezclado puede ser efectuado por bombas de baja presión o lo que es hoy más común, por equipo de alta presión.

En las plantas de espumado de gabinetes, la inyección puede ser efectuada por cabezales individuales fijados en los moldes o jigs, o en un cabezal montado, de libre movimiento, puede inyectar en cada jig. Las técnicas de inyección pueden ser simples o multipunto. Lo más común es usar un punto único de inyección pero la otra alternativa se usa para unidades más complejas.

#### **d. Espumado de las puertas**

Las puertas pueden ser espumadas por inyección en molde cerrado o por vaciado en molde abierto. De las dos técnicas, el vaciado en molde

abierto, está aumentando su popularidad, principalmente debido a que no requiere agujeros de inyección y ofrece una distribución óptima de la espuma.

Sin embargo, una desventaja es el limitado tiempo, entre el comienzo del vaciado y el cerrado del molde. Por consiguiente, las velocidades de reacción de la espuma deben ser programadas para permitir que este ciclo se concrete.

Un avance reciente en el vaciado de molde abierto es el sistema de inyección tipo sándwich, que permite un simultáneo espumado de la puerta, la junta y la puerta interior, que son montados a presión dentro del molde. Anteriormente, la puerta de metal era espumada y la cubierta interior y la junta eran unidas en una etapa anterior.

El sistema tipo sándwich permite que el liner de la puerta sea llenado con poliuretano, que imparten resistencia y mayor aislamiento. La operación es efectuada en una etapa, sin necesidad de un pre o post montaje.

Las puertas son transferidas a través de la etapa de espumado de dos maneras: el método del carrusel rotatorio o el transportador de molde. El primer método es construido alrededor de una estructura rotatoria con movimiento de parada/marcha. El sistema de transportador consta de una

cadena transportadora o de dos correas superpuestas con movimiento del molde.

La elección entre los dos métodos de transferencia depende de la producción, del número de los diferentes modelos que se producen y de los requerimientos específicos de la fábrica. En general, un carrusel rotatorio se recomienda para niveles de producción bajos.

#### **e. Jig tipo carrusel y estacionarios**

Un gabinete de refrigerador ensamblado, constituido por la caja externa y el liner termoformado, es posicionado en la planta de espumado, de preferencia, por el lado abierto hacia arriba. Esta posición, llamada "abierto arriba" o baño", con la espuma expandiéndose desde la base, trae los siguientes beneficios:

- Óptima distribución de la espuma.
- Diferencias mínimas en la densidad de la espuma en el gabinete.
- Reducción de escapes de poliuretano debido a que la espuma alcanza la estructura al final en su fase de expansión.

El molde o jig incluye sistemas de apertura y cerrado que permiten la carga y descarga de los gabinetes, y los plugs están diseñados para resistir la presión de levantamiento de la espuma de poliuretano. Cada modelo tiene su propio plug aun cuando la estructura externa puede ser

universal. Sin embargo, en ciertos casos, es posible usar un solo plug para diferentes modelos, aumentando o quitando elementos modulares para diferenciar la producción.

Hoy el método más común para el espumado de gabinetes es la planta de línea fija, la cual puede incluir una serie de jigs conectados por sistemas automáticos de carga y descarga. El número de moldes empleados depende de la producción requerida. La inyección de poliuretano puede ser efectuada por varios cabezales de mezclado, o por un solo cabezal, montado en un sistema de movimiento transversal.

## **2.12 EVOLUCIÓN ACTUAL**

Se ha tratado acerca de las tecnologías que se aplican en toda la industria. Ahora se analizarán los cambios que se presentan.

Lo que ha sido una tecnología relativamente estable en las últimas tres décadas, ahora se presentan cambios, en áreas tales como:

- La revisión de los componentes químicos para opciones con bajo impacto ambiental.
- Uso de energía más eficiente.
- Rangos de producción más amplios, a través de una mayor diferenciación de productos.

Estos requerimientos son los actuales motores de los cambios tecnológicos y se está solicitando a la industria del poliuretano que mejore los aspectos químicos para las materias primas usadas en la industria de artefactos por medio del:

- Desfase de agentes de soplado que contiene CFC (Clorofluorocarbonos).
- Mantenimiento o mejora de la baja conductividad térmica del aislante.
- Facilidad para la introducción de diseños y estructuras más complejas.

#### **a. Desfase de cfc's**

La búsqueda de agentes de soplado, libres de cloro, que satisfagan las necesidades de la industria de artefactos, incluye un bajo impacto ambiental desde su fabricación hasta su eliminación, lo que constituye una preocupación de todos.

Actualmente se evalúan varios agentes de soplado alternativos. Se busca un producto que:

- Sea seguro en su manipuleo.
- Tenga un impacto ambiental muy bajo.



- Ofrezca un aislamiento efectivo.
- Requiera cambios mínimos en el concepto y diseño de los artefactos.
- Sea compatible con los componentes actuales.
- Proporcione un reciclaje fácil o viable en su ciclo de vida.
- Esté disponible a un costo aceptable.

Los logros actuales son prometedores, y ICI Poliuretanos ya ha comunicado algunas de sus opciones preferidas a los fabricantes de artefactos.

#### **b. Reducción de la conductividad térmica**

Siguiendo a la eliminación del uso de CFC's, el siguiente pedido clave de los fabricantes de artefactos será una reducción adicional en la conductividad térmica.

En combinación con la reducción de puentes térmicos y mejoras en la performance de los compresores, se podría lograr una reducción sustancial en el consumo de energía.

La industria también está considerando el reemplazo parcial de las espumas de poliuretano con paneles de vacío de alta eficiencia. Sin embargo, su performance a largo plazo y las implicaciones de costos requerirán muchos años de investigación.

### **c. Diferenciación del producto**

El mayor éxito será logrado por los fabricantes que amplíen la elección de sus productos, a través, de la diferenciación, con ofertas cuyas metas sean combinaciones específicas de requerimientos.

La mayor parte de la nueva demanda será hacia unidades que ofrezcan compartimientos que mantengan temperaturas específicas. Idealmente, estos compartimientos serán controlados por computadora y diseñados para dar flexibilidad de operación; el aislamiento será diseñado para las opciones de mayor demanda.

## **2.13 FORMULACIONES**

### **a. Formulaciones basadas en productos de liverpool chemicals - rubitherm ta 11600**

Especialmente para conseguir aislamiento de refrigeradoras y congeladores se requiere de una mezcla compuesta de Polioli tipo Poliéster que ha sido desarrollado para el uso en el aislamiento de dichos gabinetes de refrigeradoras y congeladores, y que incluye el agente de soplado Refrigerante 11 (triclorofluorometano). Se recomienda

el Rubinate 5005, que es un material basado en Di-isocianato difenil metano (MDD) como el segundo componente de la formulación.

### 1) Propiedades físicas y químicas típicas

Apariencia	:	Líquido color marrón claro
Gravedad específica a	10 °C :	1.12
	20 °C :	1.11
	30 °C :	1.10
Viscosidad a	10 °C :	16760 mPas (centipoises)
	15 °C :	10315
	20 °C :	5940
	25 °C :	3500
	30 °C :	2142
Flash point *	:	142 °C (288 °F)
Fire point *	:	El material hirvió a 148 °C (289 °F)

\* Medida en Cleveland Cup por el método ASTM D-92

### 2) Recomendaciones de almacenamiento

RUBITHERM TA 11600 es higroscópico y debe ser protegido de la humedad manteniendo los tambores cerrados, apropiadamente, cuando no se usen. Bajo condiciones normales de temperatura, el tiempo de vida del material es de seis meses.

### 3) Formulaciones típicas y perfil de reacción

Los datos se refieren a espuma inyectada, horizontalmente, en un panel de madera recubierto con papel, desde una máquina de alta presión operando a 250 gr / seg. A presiones de 140 – 150 bar. Las dimensiones internas del panel son 106 cm. de longitud, 45.5 cm. de ancho y 6 cm. de espesor. El punto de inyección está localizado en uno de los extremos, a lo largo del panel. La temperatura de la prensa, en la cual el panel es colocado, está ajustada para dar una espuma con 15% de sobre empaque a una densidad inyectada de 32 Kg / m<sup>3</sup>. Las pruebas son efectuadas en espumas tomadas de tres posiciones en el panel, y la posición A es la más cercana al punto de inyección.

	PARTES POR PESO
RUBITHERM TA 11600	100
RUBINATE	100

Usando procedimientos estándar de control de calidad en laboratorio:

Las formulaciones típicas proporcionan los siguientes tiempos de reacción cuando se procesan en un equipo de alta presión con los productos químicos a 20 °C.

Agitador - tipo hélice de cuatro láminas de seis cm de diámetro.

Agitación durante 6 segundos a 2000 r.p.m.

Cantidad total de reactantes, aproximadamente 35 gms.

Tiempo de crema	:	8 segundos
Tiempo de hilo	:	100 segundos
Tiempo de secado	:	136 segundos
Tiempo de fin de levantamiento	:	150 segundos

Las formulaciones típicas proporcionan los siguientes tiempos de reacción cuando se procesan en un equipo de alta presión con los productos químicos a 22 °C.

Tiempo de crema	:	10 segundos
Tiempo de hilo	:	65 - 75 segundos
Tiempo de secado	:	100 - 110 segundos

En equipos de alta presión se recomienda que las presiones de inyección sean de 140 a 150 bar.

#### 4) Tiempos de desmolde

El tiempo de desmolde para gabinetes aislados con este sistema depende del material de construcción del molde, de la temperatura del mismo, del espesor de la espuma, del perfil de reacción del sistema y del porcentaje de sobre empaçado.

Tiempos de desmolde típicos obtenidos para sistemas basados en RUBITHERM TA 11600, a una temperatura de molde de 40 °C son:

Espesor de espuma (mm)	Tiempo de desmolde (mins)
30	3.0 - 3.5
60	5.0 - 6.0

#### **b. Formulaciones basadas en productos de bayer pe 3003**

Especialmente para conseguir el aislamiento de refrigeradores, se usa una mezcla compuesta de Polioliol, tipo Poliéter, que incluye el agente de soplado Refrigerante 11 (triclorofluorometano). Se recomienda el DESMODUR 44 V 20 / BRA, que es un material que está basado en 4,4 Di-isocianato difenil metano (MDD) como el segundo componente de la formulación.

##### 1) Propiedades físicas y químicas típicas

Apariencia		: Líquido color marrón claro
Gravedad específica a	10 °C	: 1.12
	20 °C	: 1.11
	30 °C	: 1.10
Viscosidad a	25 °C	: 1.150 mPas (centipoises)
Flash point *		: 142 °C (288 °F)
Fire point *		: El material hirvió a 148 °C

Índice de hidroxilos	: 295 mg KOH / g
Contenido de agua	: 2.80%
Densidad a 25 °C	: 1. 10 g/cm <sup>3</sup>
Ph	: 10.6

## 2) Recomendaciones de almacenamiento

Como es higroscópico y debe ser protegido de la humedad manteniendo los tambores cerrados, apropiadamente, cuando no se usen. Bajo condiciones normales de temperatura (20 A 35 °C), el tiempo de vida del material es de seis meses. Este debe ser homogenizado antes de su uso.

## 3) Formulaciones típicas y perfil de reacción

Los datos se refieren a espuma inyectada, horizontalmente, en un panel de madera recubierto con papel, desde una máquina de alta presión operando a 250 gr / seg. A presiones de 140 a 150 bar. Las dimensiones internas del panel son 106 cm. de longitud, 45.5 cm. de ancho y 6 cm. de espesor. El punto de inyección está localizado en uno de los extremos, a lo largo del panel. La temperatura de la prensa, en la cual, el panel es colocado, está ajustada para dar una espuma con 15% de sobre empaque a una densidad inyectada de 32 Kg / m<sup>3</sup>. Las pruebas son efectuadas en

espumas tomadas en tres posiciones en el panel, y la posición es la más cercana al punto de inyección.

	PARTES POR PESO
BAYER PER 3003	100
R-141B	10
R11	12
DESMODUR 44V 20 / BRA	121

- R-141 B (1,1–Dicloro–1–Fluertatano)
- R11 (Fluortriclorometano)

Usando procedimientos estándar de control de calidad en laboratorio:

Las formulaciones típicas proporcionan los siguientes tiempos de reacción cuando se procesan en un equipo de alta presión con los productos químicos a 20 °C.

Agitador – tipo hélice de cuatro láminas de 6 cm de diámetro.

Agitación durante 6 segundos a 2000 r.p.m.

Cantidad total de reactantes, aproximadamente 35 gms.

Tiempo de crema : 17 segundos



Tiempo de hilo	:	100 segundos
Tiempo de secado	:	146 segundos
Tiempo de fin de levantamiento	:	160 segundos
Densidad Libre	:	28 Kg/m <sup>3</sup>

Las formulaciones típicas proporcionan los siguientes tiempos de reacción cuando se procesan en un equipo de alta presión con los productos químicos a 22 °C.

Tiempo de crema	:	20 segundos
Tiempo de hilo	:	110 - 135 segundos
Tiempo de secado	:	150 - 200 segundos

En equipos de alta presión, se recomienda que las presiones de inyección sean de 140 - 150 bar.

#### 4) Tiempos de desmolde

El tiempo de desmolde para gabinetes aislados con este sistema depende del material de construcción del molde, de la temperatura del mismo, del espesor de la espuma, del perfil de reacción del sistema y del porcentaje de sobre empaçado.

Tiempos de desmolde típicos obtenidos para sistemas basados en PE 3003 a una temperatura de molde de 40 °C son:

Espesor de espuma (mm)	Tiempo de desmolde (mins)
80	30
150	60

#### 5) Desmodur 44 v 20 / bra

Es un 4,4 – diisocianato de Difenilmetano, de alta funcionalidad, posee un aspecto líquido de color castaño.

##### ➤ Aplicación

Ampliamente utilizado con polioles formulados para aplicaciones de espumas rígidas de poliuretano en la industria de la refrigeración, aislamiento térmico, construcción civil. Es utilizado también, para fabricación de espuma de poliuretano semirrígida, para el hinchamiento de cavidades, donde se requiere confort y seguridad, o bien con técnicas de recubrimiento de frigoríficos del sector pesquero.

##### ➤ Especificaciones técnicas

Límite	Unidades	
Teórico de NCO	31.5 +/- 1.0	%
Viscosidad (25 °C)	200 +/-	mPa.s
Acidez como HCl	máx. 0.060	%

➤ Propiedades típicas

Densidad a 25 °C	1.23 - 1.24	g/cm <sup>3</sup>
Sedimentos	< 0.1	% (en peso)
Isocianato de felina	< 50	ppm (en peso)
Cloro total	< 0.5	% (en peso)
Calor específico	1.51	Kj/Kg. K
Punto de inflamación	> 200	°C
Presión de vapor a 20°C	10 -5	mbar

➤ Acondicionamiento y almacenamiento

En tambores metálicos, a temperatura entre 10 y 35 °C, la viscosidad y cantidad de sedimentos aumenta con el correr del tiempo, usualmente sin comprometer sus aplicaciones.

El plazo máximo de almacenamiento es de seis meses desde la fecha de fabricación.

A temperaturas inferiores a 0 °C puede presentar cristalización parcial, en caso de que esto ocurra, el contenido total del recipiente debe ser expuesto a una temperatura de 70 °C, durante cierto periodo, y mantenerse

en homogenización hasta que la cristalización sea eliminada por redisolución.

Reacciona lentamente con el agua, formando compuestos insolubles, como el dióxido de carbono, por tanto debe ser mantenido siempre en completa ausencia de unidades de agua, inclusive durante las operaciones de transferencia y durante su utilización.

Los recipientes deben estar siempre herméticamente sellados, protegidos de la intemperie o la subatmósfera inerte.

➤ Información de seguridad

Este isómero de alta funcionalidad o más conocido como MDI es clasificado como material peligroso debido a sus características reactivas, y debe ser manipulado con mucho cuidado.

A temperaturas de 20 °C, la presión de vapor supera los 10-5 mbar, debe ser usado en ambientes cerrados, pero con equipos de ventilación adecuados para una constante renovación del aire.

En caso de procesamientos por inyección, una aplicación de producto con temperaturas por encima de los 30 °C, puede causar aumento de concentración en el ambiente expuesto, en tales casos debe usarse un adecuado equipo de respiración personal.

Para todo tipo de aplicación debe usarse protección de ojos, guantes, ropas de trabajo adecuadas.

En caso de contacto con los ojos, estos deben ser lavados inmediatamente e intensivamente con agua corriente, y luego acudir a un oftalmólogo.

Cuando hace contacto con la piel, ésta debe ser lavada, inmediatamente con abundante agua y jabón, la ropa de trabajo contaminada debe ser cambiada y lavada, inmediatamente, a fin de evitar contacto con la piel.

### **c. Formulaciones basadas en productos de bayer pe 6517**

Especialmente para conseguir el aislamiento de refrigeradoras y congeladores se usa una mezcla compuesta de Polioliol tipo Poliéter, que incluye el agente de soplado Refrigerante 11 (triclorofluorometano).

Se recomienda el DESMODUR 44 V 20 / BRA, que es un material basado en 4,4 Di-isocianato difenil metano (MDD), como el segundo componente de la formulación.

### 1) Propiedades físicas y químicas típicas

Apariencia	:	Líquido color marrón claro
Gravedad específica a	10 °C	: 1.12
	20 °C	: 1.11
	30 °C	: 1.10
Viscosidad a	25 °C	: 950 mPas (centipoises)
Flash point *	:	142 °C (288 °F)
Fire point *	:	El material hirvió a 148 °C
Índice de hidroxilos	:	388 mg KOH / g
Contenido de agua	:	1.59%
Densidad a 25 °C	:	1. 11 g/cm <sup>3</sup>
Ph	:	10.4

### 2) Recomendaciones de almacenamiento

Es higroscópico y debe ser protegido de la humedad manteniendo los tambores cerrados apropiadamente cuando no se usen. Bajo condiciones normales de temperatura (20 A 35 °C), el

tiempo de vida del material es de seis meses, y debe ser homogeneizado antes de su uso.

### 3) Formulaciones típicas y perfil de reacción

Los datos se refieren a espuma inyectada, horizontalmente, en un panel de madera recubierto con papel, desde una máquina de alta presión operando a 250 gr / seg. A presiones de 140 - 150 bar. las dimensiones internas del panel son 106 cm. de longitud, 45.5 cm. de ancho y 6 cm. de espesor. El punto de inyección está localizado en uno de los extremos a lo largo del panel. La temperatura de la prensa, en la cual, el panel es colocado está ajustada para dar una espuma con 15% de sobre empaque a una densidad inyectada de 32 kg. / m<sup>3</sup>. Las pruebas son efectuadas en espumas tomadas de tres posiciones en el panel, y la posición A es la más cercana al punto de inyección.

	PARTES POR PESO
BAYER PE 6517	100
R-141B	24
DESMODUR 44V 20 / BRA	121
R-141 (1,1 – Dicloro-1-Fluortatano)	
R11 (Fluortriclorometano)	

Usando procedimientos estándar de control de calidad en laboratorio:

Las formulaciones típicas proporcionan los siguientes tiempos de reacción cuando se procesan en un equipo de alta presión con los productos químicos a 20 °C.

Agitador – tipo hélice de cuatro láminas de 6 cm de diámetro.

Agitación durante seis segundos a 2000 r.p.m.

Cantidad total de reactantes, aproximadamente 35 gms.

Tiempo de crema	:	21 segundos
Tiempo de hilo	:	93 segundos
Tiempo de secado	:	140 segundos
Tiempo de fin de levantamiento	:	150 segundos
Densidad libre	:	26 Kg/m <sup>3</sup>

Las formulaciones típicas proporcionan los siguientes tiempos de reacción cuando se procesan en un equipo de alta presión con los productos químicos a 22 °C.

Tiempo de crema	:	30 segundos
Tiempo de hilo	:	100 - 120 segundos
Tiempo de secado	:	150 - 170 segundos



En equipos de alta presión, se recomienda que las presiones de inyección sean de 140 - 150 bar.

#### 4) Tiempos de desmolde

El tiempo de desmolde para gabinetes aislados con este sistema depende del material de construcción del molde, de la temperatura del mismo, del espesor de la espuma, del perfil de reacción del sistema y de la cantidad a la cual el gabinete ha sido sobre empacado.

Tiempos de desmolde típicos obtenidos para sistemas basados en PE 3003 a una temperatura de molde de 40 °C son:

Espesor de espuma (mm)	Tiempo de desmolde (mins)
80	30
150	60

#### 5) Información de seguridad

Preparado a base de polioli poliéster, debido a su carácter alcalino, en contacto directo con los ojos, piel y mucosas, puede provocar irritaciones, especialmente en contactos prolongados.

El retardante de llama, que está presente en el compuesto, y está compuesto de fosfato orgánico halogenado, se convierte en un producto nocivo por ingestión, por lo cual es necesario mantenerlo alejado de los alimentos.

Para todo tipo de aplicación debe usarse protección de ojos, guantes, ropas de trabajo adecuadas.

En caso de contacto con los ojos, estos deben ser lavados inmediatamente e intensivamente, con agua corriente, y acudir a un oftalmólogo.

Cuando hace contacto con la piel, ésta debe ser lavada inmediatamente, con abundante agua y jabón, la ropa de trabajo contaminada debe ser cambiada y lavada, inmediatamente, a fin de evitar contacto con la piel.

#### **d. Formulaciones basadas en productos cogra-cografoam 5550**

Es un polioliol formulado, listo para ser utilizado en la producción de espuma de Poliuretano rígido, donde se requiera propiedades AUTOEXTINGUIBLES de la espuma.

Este Polioliol deberá ser procesado en combinación con MDI crudo (polifenilmetano diisocianato).

### 1) Características

- Buena mezcla reactiva
- Distribución homogénea de la densidad
- Buena fluidez
- Inflamabilidad (ASTM D 1692-74)

### 2) Usos

El sistema es útil para aislamiento térmico, sistemas estructurales, paneles sándwich, llenado de cavidades y en aplicaciones donde se necesite buena resistencia a la compresión, estabilidad dimensional a bajas temperaturas y una espuma con retardante de llama.

### 3) Propiedades físicas y químicas típicas

Apariencia : Líquido de color marrón claro

Gravedad específica a 10 °C : 1.15

20 °C : 1.14

30 °C : 1.13

Viscosidad a 25 °C : 400-500 mPas (centipoises)



Tiempo de hilo	:	80 +/-5 segundos
Tiempo de secado	:	100 +/- 10 segundos
Densidad Libre	:	24 +/-3 Kg/m <sup>3</sup>
Densidad final	:	33 - 36 Kg/m <sup>3</sup>

#### 5) Recomendaciones de almacenamiento

El producto deberá ser guardado bajo techo, completamente libre de humedad y a una temperatura de 20 +/- 30 °C.

La clasificación de propagación de llama numérica no refleja los riesgos de incendio presentados por cualquier producto obtenido a partir del mismo, puesto que son compuestos orgánicos. Los poliuretanos y materiales conexos son combustibles y pueden presentar riesgos de incendio. El grado de riesgo puede oscilar desde muy bajo a, extremadamente alto, y depende de una combinación de muchos factores que pueden crear un alto grado de riesgo, es esencial si es que se desea usar poliuretanos con entera seguridad.

El término RETARDARTE DE LLAMA conforme aquí se usa, es relativo porque no refleja las propiedades de combustibilidad presentadas por el Cogrofoam, sino que indica la imposibilidad de propagación de combustión cuando se presente.

#### **e. Formulaciones basadas en productos cogra-cografoam 5527**

Es un polioliol formulado, listo para ser utilizado en la producción de espuma de Poliuretano rígido, donde se requiera propiedades AUTOEXTINGUIBLES de la espuma.

Este Polioliol deberá ser procesado en combinación con MDI crudo (polifenilmetano diisocianato). Formulado para la obtención de productos de densidad final entre 40-60 Kg/m<sup>3</sup>.

##### 1) Características

- Buena mezcla reactiva
- Distribución homogénea de la densidad
- Buena fluidez
- Inflamabilidad (ASTM D 1692-74)

##### 2) Usos

El sistema es útil para aislamiento térmico (frío-calor), paneles estructurales, paneles sándwich, aislamiento de tanques, llenado de cavidades y en aplicaciones donde se necesite buena resistencia mecánica como la compresión, estabilidad dimensional a bajas temperaturas y una espuma con retardante de llama.

### 3) Propiedades físicas y químicas típicas

Apariencia	: Líquido de color marrón claro
Gravedad específica a	10 °C : 1.15
	20 °C : 1.14
	30 °C : 1.13
Viscosidad a 25 °C	: 500-800 mPas (centipoises)
Flash point *	: 142 °C (288 °F)
Fire point *	: El material hirvió a 148 °C
Índice de hidroxilos	: 485-520 mg KOH / g
Contenido de agua	: 0.3 %
Densidad a 25 °C	: 1.2 g/cm <sup>3</sup>
Ph	: 10.8

### 4) Proceso

Debe ser perfectamente homogeneizado antes de ser utilizado. Este producto contiene un agente de expansión (R11, monofluortriclorometano), el cual debe ser adicionado para facilitar la parte operativa del sistema.

Con índice de 1.1 se emplea la siguiente formulación:

COGRAFOAM 5527      100 p.p.p

DESMODUR 44V 120 p.p.p

Las formulaciones típicas proporcionan los siguientes tiempos de reacción cuando se procesan en un equipo de alta presión con los productos químicos a 22 °C.

Tiempo de crema	:	38 +/-3 segundos
Tiempo de hilo	:	90 +/-5 segundos
Tiempo de secado	:	120 +/- 10 segundos
Densidad Libre	:	27 Kg/m <sup>3</sup>
Densidad final	:	40 - 60 Kg/m <sup>3</sup>

##### 5) Recomendaciones de almacenamiento

El producto deberá ser guardado bajo techo, completamente libre de humedad y a una temperatura de 20 +/- 30 °C.

La clasificación de propagación de llama numérica no refleja los riesgos de incendio presentados por cualquier producto obtenido a partir del mismo, puesto que son compuestos orgánicos. Los Poliuretanos y materiales conexos son combustibles y pueden presentar riesgos de incendio. El grado de riesgo puede oscilar desde muy bajo a extremadamente alto y depende de una combinación de muchos factores que pueden crear un alto grado



de riesgo, en esencial si es que se desea usar Poliuretanos con entera seguridad.

El vocablo RETARDARTE DE LLAMA conforme aquí se usa, es un término relativo, que no refleja las propiedades de combustibilidad presentadas por el Cografoam, sino que indica la imposibilidad de propagación de combustión cuando se presente.

#### **f. Formulaciones basadas en productos rubitherm ta10603**

Es un polioliol POLIOXIPROPILENICO formulado con catalizadores, tenso activos y agentes soplantes, apto para ser usado con el Rubinate 5000 en la producción de espuma de Poliuretano rígido en paneles o en piezas moldeadas con máquina o con mezclado manual. La densidad y la reactividad del proceso. El proceso contiene retardantes a la flama.

##### 1) Propiedades físicas y químicas típicas

Las propiedades físicas siguientes fueron obtenidas de un panel de 50 mm de espesor, hecho bajo condiciones controladas:

Apariencia	: Líquido de color paja
Gravedad específica a	10 °C : 1.15
	20 °C : 1.14

	30 °C : 1.13
Viscosidad a 25 °C	: 1900 cps (centipoises)
Índice de hidroxilos	: 485-520 mg KOH / g
Contenido de agua	: 0.3 %
Densidad relativa a 20 °C	: 1.22 g/cm <sup>3</sup>
Ph	: 10.8
Densidad sin piel	:36 kg/m <sup>3</sup>
Compresión 10% deformación	
Carga paralela al espesor	: 120 Kpa
Conductividad térmica a 25 °C	: 0.018 m °K

## 2) Proceso

Los componentes químicos deberán ajustarse a 23 °C + 2 °C antes de su empleo para asegurar que la reactividad y viscosidad sean las adecuadas para el proceso.

Debe ser perfectamente homogeneizado antes de ser utilizado. Este producto contiene un agente de expansión (R11, monofluortriclorometano), que debe adicionarse para facilitar la parte operativa del sistema.

Con índice de 1.0 se emplea la siguiente formulación:

RUBITHERM TA 10603 100 p.p.p

RUBINATE 5005 100 p.p.p

Las formulaciones típicas proporcionan los siguientes tiempos de reacción cuando se procesan en un laboratorio a 25 °C.

Tiempo de agitación	:	6 segundos
Tiempo de crema	:	22 +/-2 segundos
Tiempo de hilo	:	110 +/-10 segundos
Tiempo de secado	:	180 +/- 12 segundos
Densidad libre	:	25 - 28 Kg/m <sup>3</sup>

\*A 760 mm Hg

### 3) Producción de paneles sándwich

Cuando se usa el método de inyección en prensa se recomienda que está sea precalentada a 35 - 40 °C para obtener la óptima adherencia. Sin embargo, para la mayoría de los materiales usados para las caras del panel, la adherencia es adecuada para temperaturas superiores a 20 °C.

La espuma es aplicada por la técnica de "sobre empaque", es decir, la cantidad de espuma debe exceder en 15% a la cantidad que se determine experimentalmente que llene la cavidad en

condiciones de espumado libre. De este modo, se logrará una estructura uniforme de la espuma en toda la cavidad.

Tiempos de ocupación en prensa típicos para sistemas basados en RUBITHERM TA 10603 temperatura de prensa de 35 °C.

ESPESOR DE ESPUMA (mm)	TIEMPO DE OCUPACIÓN
50	5 - 10
100	15 - 20
150	30 - 40

#### 4) Recomendaciones de almacenamiento

El producto es higroscópico deberá ser guardado bajo techo, completamente libre de humedad y a una temperatura de 20 +/- 25 °C. La vida del producto en almacenamiento es de seis meses.

La clasificación de propagación de llama numérica no refleja los riesgos de incendio presentados por cualquier producto obtenido a partir del mismo, puesto que son compuestos orgánicos. Los Poliuretanos y materiales conexos son combustibles y pueden presentar riesgos de incendio. El grado de riesgo puede oscilar, desde muy bajo a extremadamente alto, y depende de una combinación de muchos factores que pueden crear un alto grado

de riesgo, en esencial si es que se desea usar poliuretanos con entera seguridad.

El vocablo RETARDARTE DE LLAMA conforme aquí se usa, es un término relativo, que no refleja las propiedades de combustibilidad presentadas por el Cografoam, sino que indica la imposibilidad de propagación de combustión cuando se presente.

#### 5) Información de seguridad

El material es no flamable, pero, como la mayoría de los materiales orgánicos, se quemará si se ve involucrado en un incendio.

Para todo tipo de aplicación debe usarse protección de ojos, guantes, ropas de trabajo adecuadas.

En caso de contacto con los ojos, estos deben ser lavados, inmediatamente e intensivamente, con agua corriente, y acudir a un oftalmólogo.

Cuando hace contacto con la piel, ésta debe ser lavada, inmediatamente, con abundante agua y jabón, la ropa de trabajo

contaminada debe ser cambiada y lavada, inmediatamente, a fin de evitar el contacto con la piel.

El procedimiento recomendado para eliminar desperdicios del producto, es el de sepultarlos en lugares autorizados o el de incinerarlos bajo condiciones controladas. Sin embargo, los usuarios deberán proceder de acuerdo con legislación gubernamental local, estatal o nacional.

Derrames abundantes deberán ser absorbidos perfectamente por la arena, tierra, aserrín o algún otro material absorbente, recogerlos con pala y depositarse en canecas de desperdicio o bolsas plásticas y disponerlos para su desecho, de acuerdo con el procedimiento descrito en la sección precedente.

#### **g. Formulaciones que sustituyen a los CFC**

Tal como hemos comentado en la parte medioambiental, existen varios factores que determinan cual es la solución más apropiada para la sustitución del CFC. Por ejemplo ICI Polyurethanes tiene disposición una amplia gama de sistemas que cumplen con las necesidades actuales y con aquellas que pueden suscitarse en un futuro inmediato. El desarrollo de otras opciones a largo plazo es un proceso continuo y es parte integral del programa técnico de ICI Polyurertanes.

Considerando la naturaleza diversa del mercado de los paneles discontinuos no debe sorprender que actualmente estén en producción, o bien en proceso de evaluación, un amplio número de sistemas exentos de CFC. Los sistemas HCFC, basados en el HCFC 141b, han sido un primer paso muy popular en el cambio hacia la eliminación de CFC, aunque los HCFC gaseosos (o los LBBA, agentes de expansión de bajo punto de ebullición), tales como el HCFC 22 premezclado en el flujo de polioliol, o el HCFC 22/142b (40/60) añadido en el mismo proceso a través de los mezcladores, han sido utilizados con éxito.

El empleo de agentes de expansión gaseoso se ha visto ampliado actualmente para acoger al HFC 134a (una opción con un potencial cero, en cuanto a reducción del ozono).

En fecha más reciente, el interés se ha dirigido hacia los agentes de expansión a base de hidrocarbonado, tales como los de la familia del pentano.

Los sistemas HCFC pueden ser tanto soluciones líquidas (llamadas de cambio inmediato) como el HCFC están contemplados como productos transitorios dado su Potencial Reductor del Ozono (ODP), aunque éste se considere pequeño comparado con el del CFC 11. Este pequeño ODP ha sido tenido en cuenta en la legislación y en el control para su utilización y, en última instancia, para su definitiva eliminación. A pesar de ello, los HCFC han sido un primer paso importante en la total

eliminación de los CFC y seguirán siendo utilizados por fabricantes durante los próximos años.

#### 1) HCFC 141b

De todos agentes de expansión alternativos, el HCFC 141b está muy cerca del CFC 11 en cuanto a sus propiedades físicas. Además de ello ofrece una de las mejores conductividades térmicas.

El HCFC 141b no es absolutamente la simple opción de cambio inmediato indicada inicialmente. Debe tenerse la precaución de utilizar densidades más elevadas que con los sistemas a base de CFC 11 para compensar el efecto plastificante o de reblandecimiento que tiene el HCFC 141B sobre la matriz de la espuma de poliuretano. Típicamente, las densidades necesitaran ser un 5-10% más elevadas que para los sistemas convencionales a base de CFC.

Los sistemas a base de HCFC 141b pueden ser suministrados tanto con el HCFC 141b pre mezclado dentro del poliol o bien sin el HCFC 141b de forma que el fabricante pueda añadir su propio agente de expansión.



Los sistemas a base de HCFC 141b pueden ser utilizados tanto en instalaciones de dosificación de alta como de baja presión y se encuentran disponibles con diferentes clasificaciones en cuanto a sus comportamiento frente al fuego.

## 2) HCFC 22

En estado gaseoso a temperatura ambiente, HCFC 22 puede suministrarse en el poliol a bajos niveles. Al igual que ocurre con todos los HCFC, el HCFC 22 tiene un ODP bajo, aunque éste no pueda ser considerado como cero. Al contrario que con el HCFC 141b, el HCFC 22 no se le conoce efecto plastificantes sobre la matriz de PU, lo cual reduce la necesidad de ir a densidades más elevadas. De hecho, la densidad es comparable a la de los sistemas convencionales a base de CFC 11.

La conductividad térmica gaseosa es inferior a la del HCFC 141b a la del CFC 11 y, en consecuencia, las espumas expandidas con HCFC 22 tienen unas prestaciones en cuanto a aislamiento ligeramente inferiores.

El sistema premezclado puede ser utilizado en máquinas dispensadoras de alta o baja presión y no es necesaria inversión especial alguna.

Características típicas

Sistemas ICI Polyurethanes	Daltofoam TP 22006
Descripción	Sistema Standard para Fabricación paneles DIN 4102 B3
Nivel agente expansión en matriz PU(%)	3 aprox.
Tiempos Reacción (maquinas A.P)	
Tiempo crema (s)	17
Tiempo Hilo (s)	135
Tiempo No Adherencia (s)	n/e
Densidad núcleo promedio (kg/m3)	38 - 42
Resistencia compresión (kpa)	180 - 150
Tensión adherencia (kpa)	130 - 150
Estabilidad dimensional (delta v%)	
- 25 °C / 48 h	<2
70 °C / 90 % HR / 48 h	<2
100 °C / 48 h	<2
Conductividad térmica inicial (mW/m°K) a 10 °C	22 - 23
Viscosidad mezcla polioliol (mPas)	750 - 850

(1) Sin agente de mezcla

n/a = no aplicable

n/e = no evalua

### 3) CFC 22/142b (40/60)

A pesar de que este LBBA (agente de expansión de bajo punto de ebullición) requiere hacer inversión en maquinaria (el poliol se suministra sin el agente de expansión) para mezclar el agente de expansión, y de que solamente puede ser utilizado con éxito en máquinas e alta presión, ha sido empleado por algunos fabricantes como una solución intermedia.

El empleo de maquinaria para mezclar en línea la combinación HCFC 22/142b permite utilizar niveles más elevadas en el poliol, lo cual, y además de poder obtener densidades comparables a las de los sistemas a base CFC 11, ofrece mejoras marginales respecto a la conductividad térmica. La incorporación de HCFC 142b en la mezcla ayuda a la conductividad térmica y puede proporcionar también pequeñas mejoras en cuanto a su comportamiento frente al envejecimiento.

Características típicas

Sistemas ICI Polyurethanes	Daltofoam TP 42051
Descripción	Sistema Standard para Fabricación paneles DIN 4102 B3
Nivel agente expansión en matriz PU(%)	4 aprox.
Tiempos Reacción (maquinas A.P)	
Tiempo crema (s)	n/a
Tiempo Hilo (s)	100
Tiempo No Adherencia (s)	n/e
Densidad núcleo promedio (kg/m3)	38 - 42
Resistencia compresión (kpa)	220 – 240
Tensión adherencia (kpa)	n/e
Estabilidad dimensional (delta v%)	
- 25 °C / 48 h	<2
70 °C / 90 % HR / 48 h	<2
100 °C / 48 h	<2
Conductividad térmica inicial (mW/m°K) a 10 °C	21 – 22
Viscosidad mezcla polioliol (mPas)	2000 – 2100 (1)

(2) Sin agente de mezcla

n/a = no aplicable

n/e = no evaluado

Características típicas

Sistemas ICI Polyurethanes	Daltofoam TP 22005
Descripción	Sistema Standard para Fabricación paneles DIN 4102 B3
Nivel agente expansión en matriz PU(%)	5,5 aprox.
Tiempos Reacción (maquinas A.P)	
Tiempo crema (s)	25
Tiempo Hilo (s)	100
Tiempo No Adherencia (s)	160
Densidad núcleo promedio (kg/m3)	42 – 44
Resistencia compresión (kpa)	120 – 150
Tensión adherencia (kpa)	n/e
Estabilidad dimensional (delta v%)	
- 25 °C / 48 h	<2
70 °C / 90 % HR / 48 h	<2
100 °C / 48 h	<2
Conductividad térmica inicial (mW/m°K) a 10 °C	19,5 – 20,5

n/a = no aplicable

n/e = no evaluado

Características típicas

Sistemas ICI Polyurethanes	Daltofoam TP 22007
Descripción	Sistema Standard para Fabricación paneles DIN 4102 B3
Nivel agente expansión en matriz PU(%)	6,3 aprox.
Tiempos Reacción (maquinas A.P)	
Tiempo crema (s)	17
Tiempo Hilo (s)	100
Tiempo No Adherencia (s)	n/e
Densidad núcleo promedio (kg/m3)	42 – 44
Resistencia compresión (kpa)	160 – 200
Tensión adherencia (kpa)	n/a
Estabilidad dimensional (delta v%)	
- 25 °C / 48 h	<2
70 °C / 90 % HR / 48 h	<2
100 °C / 48 h	<2
Conductividad térmica inicial (mW/m°K) a 10 °C	19,5 – 20,5

n/a = no aplicable

n/e = no evaluado

Características típicas

Sistemas ICI Polyurethanes	Daltofoam TP 21054
Descripción	Sistema Standard para Fabricación paneles DIN 4102 B3
Nivel agente expansión en matriz PU(%)	6 aprox.
Tiempos Reacción (maquinas A.P)	
Tiempo crema (s)	15
Tiempo Hilo (s)	100
Tiempo No Adherencia (s)	200
Densidad núcleo promedio (kg/m3)	42 – 44
Resistencia compresión (kpa)	130 – 140
Tensión adherencia (kpa)	160 – 180
Estabilidad dimensional (delta v%)	
- 25 °C / 48 h	<2
70 °C / 90 % HR / 48 h	<2
100 °C / 48 h	n / e
Conductividad térmica inicial (mW/m°K) a 10 °C	19,5 – 20,5

n/a = no aplicable

n/e = no evaluado

Características típicas

Sistemas ICI Polyurethanes	Daltofoam TP 21005
Descripción	Sistema Standard para Fabricación paneles DIN 4102 B3
Nivel agente expansión en matriz PU(%)	10 aprox.
Tiempos Reacción (maquinas A.P)	
Tiempo crema (s)	25
Tiempo Hilo (s)	120
Tiempo No Adherencia (s)	n/e
Densidad núcleo promedio (kg/m3)	42 – 44
Resistencia compresión (kpa)	160 – 200
Tensión adherencia (kpa)	85 – 120
Estabilidad dimensional (delta v%)	
- 25 °C / 48 h	<2
70 °C / 90 % HR / 48 h	<2
100 °C / 48 h	<2
Conductividad térmica inicial (mW/m°K) a 10 °C	19,5 – 20,5

n/a = no aplicable

n/e = no evaluado



Características típicas

Sistemas ICI Polyurethanes	Daltofoam TP 24001
Descripción	Sistema Standard para Fabricación paneles DIN 4102 B3
Nivel agente expansión en matriz PU(%)	4 – 6 * aprox.
Tiempos Reacción (maquinas A.P)	
Tiempo crema (s)	18
Tiempo Hilo (s)	95
Tiempo No Adherencia (s)	145
Densidad núcleo promedio (kg/m3)	42 – 44
Resistencia compresión (kpa)	160 – 190
Tensión adherencia (kpa)	110 – 130
Estabilidad dimensional (delta v%)	
- 25 °C / 48 h	<2
70 °C / 90 % HR / 48 h	<2
100 °C / 48 h	<2
Conductividad térmica inicial (mW/m°K) a 10 °C	19,5 – 20,5

n/a = no aplicable

n/e = no evaluado

\* Sistema suministrado sin agente de expansión

Características típicas

Sistemas ICI Polyurethanes	Daltofoam TP 21006
Descripción	Sistema Standard para Fabricación paneles DIN 4102 B3
Nivel agente expansión en matriz PU(%)	8 * aprox.
Tiempos Reacción (maquinas A.P)	
Tiempo crema (s)	25
Tiempo Hilo (s)	115
Tiempo No Adherencia (s)	145
Densidad núcleo promedio (kg/m3)	42 – 44
Resistencia compresión (kpa)	150 – 170
Tensión adherencia (kpa)	1500 – 170
Estabilidad dimensional (delta v%)	
- 25 °C / 48 h	<2
70 °C / 90 % HR / 48 h	<2
100 °C / 48 h	<2
Conductividad térmica inicial (mW/m°K) a 10 °C	19,5 – 20,5

n/a = no aplicable

n/e = no evaluado

\* Sistema suministrado sin agente de expansión

## **CAPITULO III**

### **DESCRIPCIONES GENERALES**

#### **3.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS DE INYECCIÓN DE ESPUMA DE POLIURETANO RÍGIDO**

##### **3.1.1 LINEAS DE INYECTADO**

Esta línea de producción es la que produce Paneles CCA Y TCA. Estos productos están conformados de la siguiente forma:

Para el caso de un CCA: de dos perfiles producidos en la línea de producción de Perfiladora Plana.

Para el caso de un TCA: de un perfil de la línea de Perfiladora TRAPEZOIDAL y uno de la línea de Perfiladora Plana.

Todos se acoplan y se les inyecta internamente la espuma de Poliuretano.

### 3.1.2 MAQUINARIA

La condición esencial para cualquier tipo de maquinaria para producción de poliuretano es que pueda ser seteada para dar un producto adecuado (o más de uno) y poder conseguir las demandas de espuma inyectada en cavidades de un amplio rango de volúmenes. Además, debe tener una tolerancia adecuada (máxima de +1/ -1 %) en el peso de la espuma medida.

Como regla general, la inyección debe terminar antes de que comience la expansión de la espuma, es decir, antes de que expire el tiempo de crema.

Existen dos tipos de máquinas de inyección:

#### Máquinas de baja presión:

Cuya presión de trabajo está por debajo de los 25 Kg / cm<sup>2</sup> (350 psi) y se mezclan los dos reactantes por medio de un agitador mecánico de alta velocidad.

### Máquinas de alta presión:

Que trabajan a presiones por encima de los 100 Kg / cm<sup>2</sup> (1400 psi) y mezclan los dos flujos por choque de alta presión en una cámara de mezcla.

Las máquinas de baja presión son sustancialmente más baratas y más movibles que las de alta presión de capacidad equivalente. Sin embargo, las máquinas de baja presión presentan la desventaja de necesitar un flujo de solvente luego de cada inyección.

Las funciones básicas de las máquinas de inyección de poliuretano son:

- Bombeo de los reactantes en la relación requerida
- Mezcla de ambos componentes
- Dosificación en el molde en el momento adecuado.

### **3.1.3 PRODUCTOS**

Los paneles insulados (cavidad interior llenada con espuma rígida de poliuretano), llamados comercialmente como THERMOTECO y THERMOMURO son productos que, además,

de brindar un efectivo aislamiento térmico y acústico son muy fáciles de manipular e instalar, y dan como resultado un sistema modular muy práctico.

Estos paneles son muy utilizados en locales o centros comerciales donde se busca lograr la mayor eficiencia para ambientes con aire acondicionado, y ahorrar en el consumo energético. Son también ideales en cámaras de refrigeración, frigoríficos, plantas procesadores de alimentos y todas aquellas industrias que requieren ambientes con temperaturas controladas. Su utilización se recomienda, asimismo, en campamentos mineros, petroleros y construcciones en climas severos.

### **3.2 DESCRIPCIÓN DE PRODUCTOS**

#### **a. PANEL THERMOTECNO**

El panel sándwich de cobertura THERMOTECNO consiste en dos planchas de acero o aluminio conformadas mediante un proceso industrial de perfilado continuo en frío (Rollformer) unidas entre sí por un alma central aislante de poliestireno o de espuma rígida de alta densidad.

Los paneles TCA son aplicables a construcciones donde el aislamiento térmico y acústico son factores importantes del proyecto, recomendándose para el caso de coberturas exteriores y techos. Debido al excelente acabado de sus superficies, son particularmente recomendados en aquellos casos donde se requiere una solución integral de cubierta y cielorraso.

La elevada resistencia mecánica del panel, combinada con su reducido peso propio, permiten la optimización de la estructura de soporte y mayores distancias entre apoyos.

#### Características:

Cara exterior e interior: Material: Acero Zincalum ASTMA – 1011-LAC Norma de fabricación: ASTMA-500 Tipo de corte: Flying Shear  $F_y: 2530 \text{Kg/cm}^2$ , Longitud estándar: 6,00 Y 6,40m

Aislante: Material: poliuretano Rígido Inyectado en alta densidad, auto extingible. Densidad:  $40 \text{kg/m}^3$  Espesores: 50, 60, 80, 100, 150 y 200mm.

Empalme: Machihembrado: para espesores de 50, 60 y 80mm. Omega: para espesores de 100, 120, 150 y 200mm. Largos: desde 1m hasta 12m. Conductividad:  $0.20 \text{w/mk}$  ó  $0.139 \text{BTU/hr}^\circ\text{F}$ .

Ventajas:

- 1) Estético: Corte y acabado perfecto, los bordes no presentan abolladuras.
- 2) Funcional: Gran variedad de formas y medidas, según requerimiento.
- 3) Resistencia: Alta resistencia estructural.
- 4) Servicio completo: asesoría técnica especializada (desarrollo de planos de montaje, detalles y metrados).
- 5) Adaptable: flexibilidad para reubicaciones y remodelaciones.

**Fotografía N° 4. PANELES INYECTADOS CON POLIURETANOS**



a. PANEL THERMOMURO



El panel sándwich de revestimiento THERMOMURO consiste en dos planchas de acero o aluminio, conformadas mediante un proceso industrial de perfilado continuo en frío (Rollformer), unidas entre sí por una alma central aislante de poliestireno o de espuma rígida de poliuretano de alta densidad.

Los paneles CCA se adaptan a las múltiples necesidades de la construcción modulada, recomendándose para el caso de revestimiento de exteriores, muros o tabiques en instalaciones que requieren aislamiento térmico o acústico.

Están disponibles en espesores desde los 40 mm hasta los 200 mm pudiendo contar con encastres de PVC en sus bordes lo que los hace excelentes elementos para una prefabricación modulada desarmable.

### **3.3 VENTAJAS**

Todas las planchas de acero o aluminio reciben un baño de fosfato, luego son cubiertas con una resina epóxica para finalmente recibir una capa de pintura pudiendo ser ésta de tipo poliéster modificado, PVDF o plastisol.

En los paneles de poliuretano, el alma central aislante es el poliuretano rígido inyectado a alta presión con una densidad media de  $40 \text{ Kg} / \text{m}^3$ .

La estanqueidad del conjunto se garantiza por el tipo de perfil que traslapa longitudinalmente sobre la nervadura extrema, la cual recibe un cordón de silicona o cinta elastomérica. El panel es fijado a la estructura mediante tornillos autoperforantes, montados sobre capuchas metálicas que cuentan también con cinta elastomérica.

**Fotografía N° 5.- PANEL THERMOMURO**



## CAPITULO IV

### SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE INYECCIÓN DE ESPUMA DE POLIURETANO DE ALTA DENSIDAD EN PRECOR SA

#### 4.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

En el diagrama de flujo del proceso de la **Figura 5**, se presenta el flujo de las operaciones de fabricación de paneles inyectados. En el diagrama, se muestra por ejemplo:

El flujo de todas las operaciones de transporte de materiales directos y de productos terminados, se realizan por medio de operaciones manuales.

A continuación, se describirán algunas de las operaciones, más adelante se detallará todo el proceso en forma visual y descriptiva:

➤ **COLOCAR COMPUESTOS QUÍMICOS:**

Dos obreros traen los cilindros desde la puerta del área donde fue dejado por el monta carga, es llevado hasta la parte superior de la prensa de inyectado.

Primero se recorre una distancia de 20 metros, luego un sistema izaje para cilindros los coloca en la parte superior. Cada cilindro pesa 250 Kg.

➤ **TRAER PLANCHAS DE METAL:**

Cuatro obreros transportan las planchas, una por una, desde la puerta del área hasta la mesas de armado. Se recorre una distancia de 20 metros. Algunas planchas llegan a pesar hasta 100 Kg.

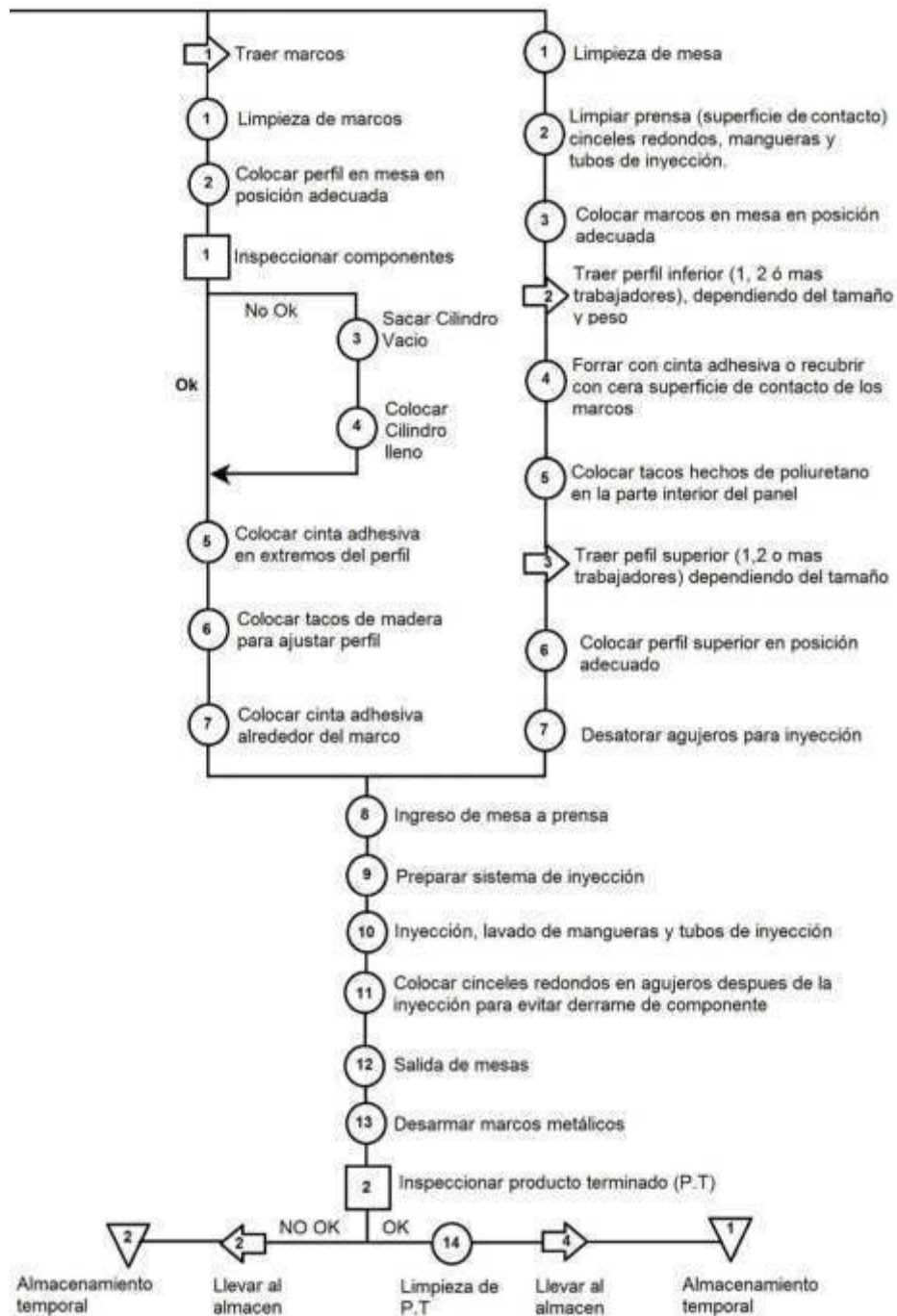
➤ **TRANSPORTE DE PRODUCTOS TERMINADOS:**

Algunos llegan a pesar hasta 200 Kg. con un largo de 12 metros. Aquí se utilizan nueve personas para trasladar el panel hasta el almacenamiento temporal.

➤ **TRANSPORTE DE LOTES DE PRODUCCIÓN:**

Después de un día de producción, los lotes de productos llegan hasta los 2 metros de alto, deben ser llevados por el personal hacia los camiones para su entrega al cliente. Aquí se utilizan en promedio nueve personas.

Figura N° 5.- DFP ACTUAL (área de inyección de Poliuretano)



Fuente: PRECOR SA

Elaboración: El Autor

## **4.2 GRAFICACIÓN DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE POLIURETANO DE ALTA DENSIDAD PARA PANELES TIPO SANWICH EN PRECOR S.A.**

Con esto se pretende esquematizar, de forma clara, las operaciones más importantes que se realizan para la elaboración de este producto, y así poder analizar operación por operación, hasta determinar los puntos más críticos, y anotar los parámetros de cada operación.

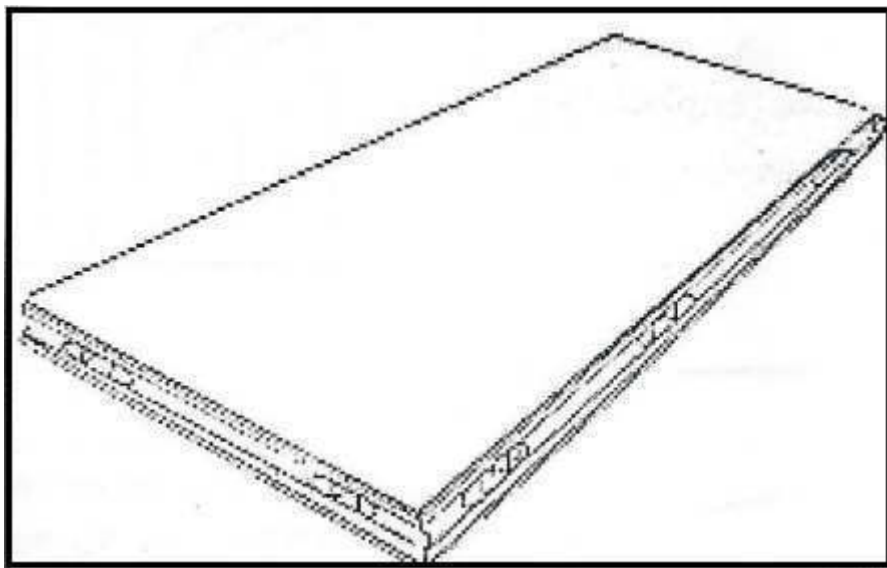
También tiene por objetivo mostrar cómo es el proceso a las personas que no haya tenido la oportunidad de ver este tipo de sistemas de producción, por tal motivo se han incluido fotos para mostrarlos.

Se han detectado que los puntos más importantes por observar son los que corresponden a parámetros como la temperatura de todas partes del proceso y a cada momento, así como también, todos los tiempos de las operaciones que involucren manipulación de los químicos.

A continuación, se muestran los gráficos y fotos más importantes del proceso.

**PROCESO DE INYECCIÓN DE POLIURETANO DE ALTA DENSIDAD PARA  
PANELES TIPO SANDWICH EN PRECOR S.A.**

**Figura N° 6.- Panel tipo Sándwich (inyectado con Poliuretano)**

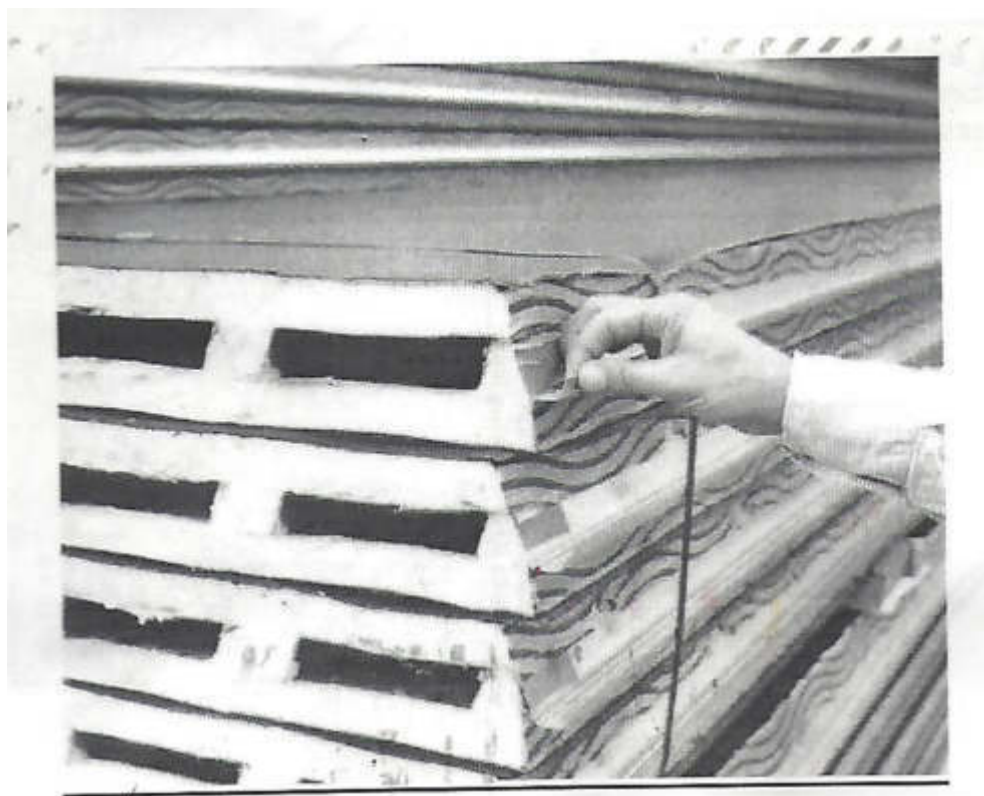


En la figura 6. Se presenta un panel tipo sándwich inyectado con Poliuretano de alta densidad. Las dimensiones máximas son las siguientes:

Largo max. : 11 m, Ancho max. : 1.1 m

Espesor max. : 0.15 m,

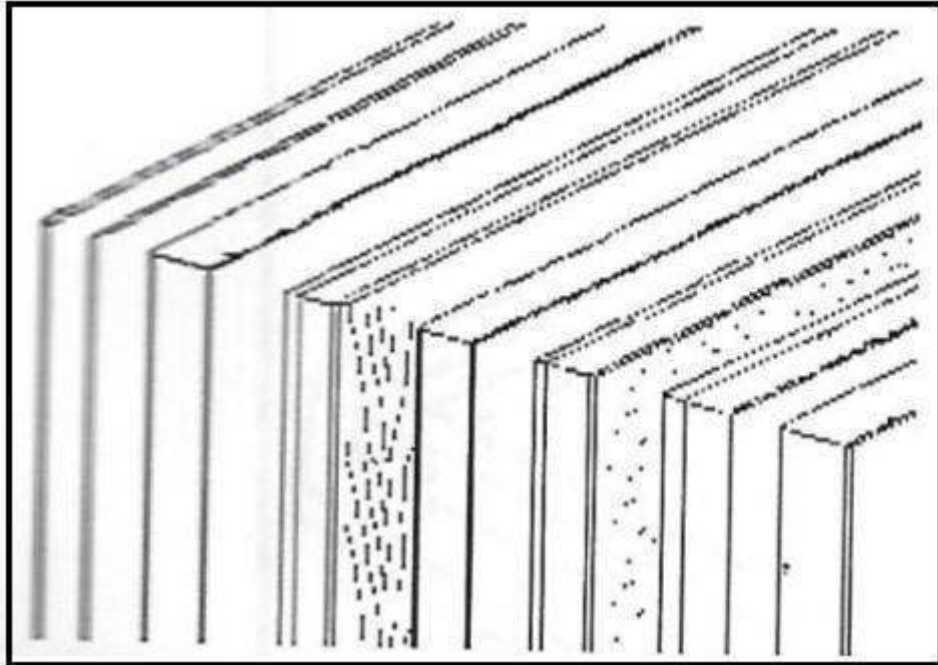
**Fotografía 6.- Paneles inyectados con Poliretano que se pueden obtener usando planchas TR4 (4 venas).**



En la fotografía 6. Se muestra la diversidad de paneles inyectados que se pueden obtener en cuanto al material de las planchas, que van desde fierro, galvanizadas, pre pintadas, aluminizadas, etc.

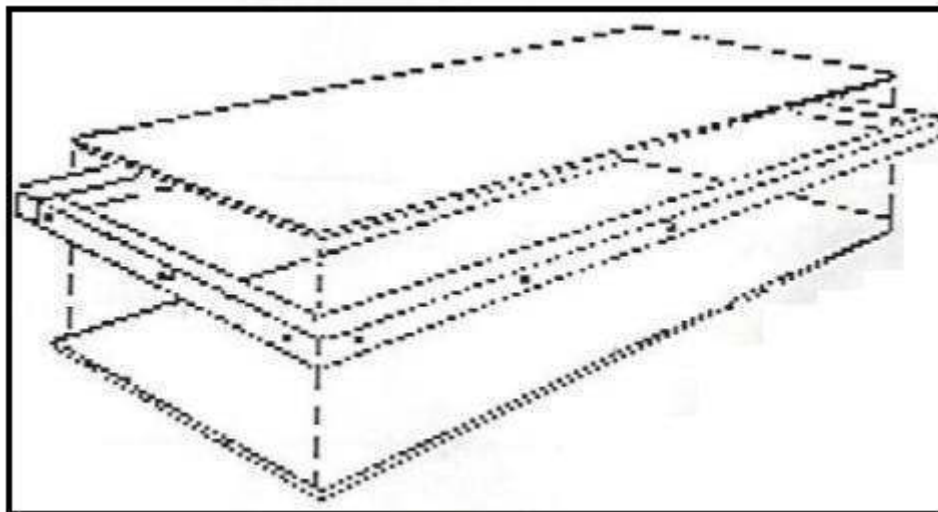


**Figura N° 7.- Paneles inyectados tipo CT (pared)**



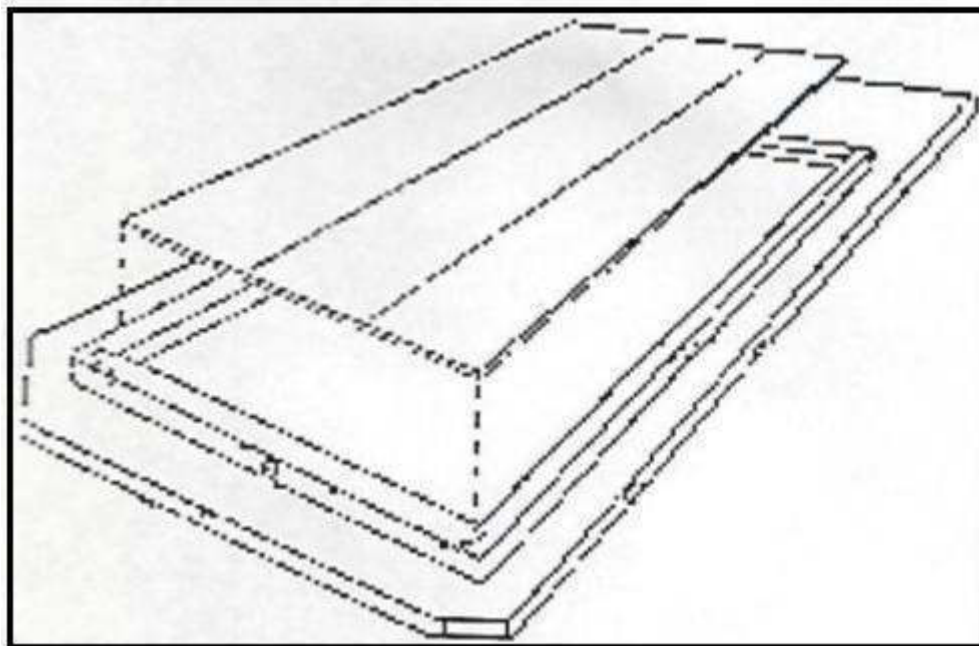
En la figura 7. Se muestra una gran diversidad de paneles tipo pared (CT), usados para los sistemas de construcción pre fabricados.

**Figura N° 8.- Montaje de panel tipo pared (marcos, planchas superior e inferior, mesa de prensado)**



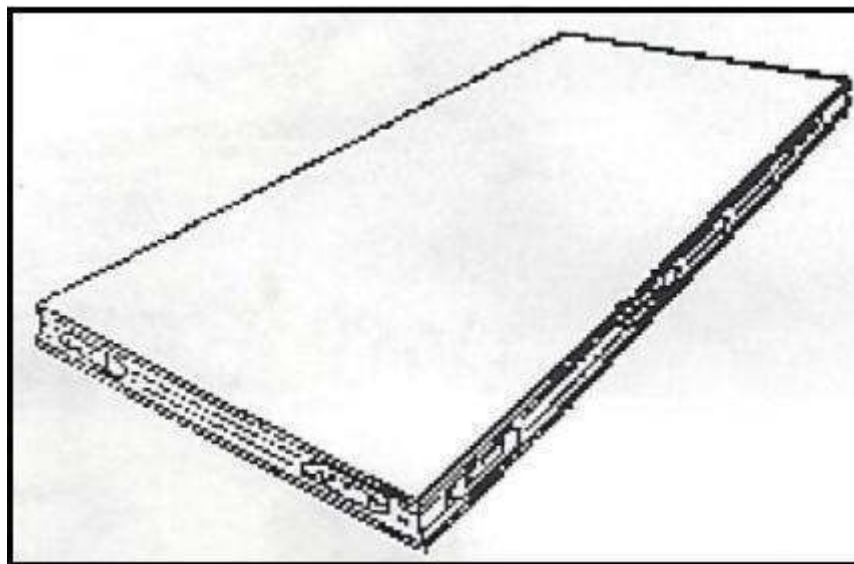
En la figura 8. Se muestra el marco sobre la primera plancha, y por encima está por colocarse la plancha superior.

**Figura N° 9.- Montaje de un panel tipo pared (Plancha inferior con sus marcos, y plancha superior)**



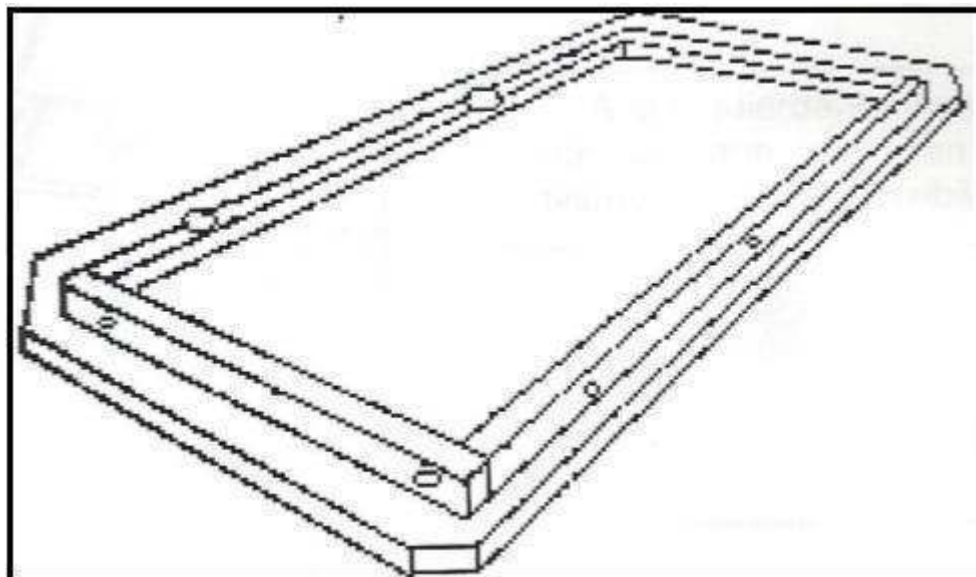
En la figura 9. Se muestra la secuencia de armado de un panel tipo pared.

**Figura N° 10.- Panel tipo pared ensamblado, listo para la inyección de poliuretano.**



En la Figura 10. Se muestra el armado completo de un panel tipo Techo CT (marcos de soporte para el panel a inyectar, accesorios para unión en obra).

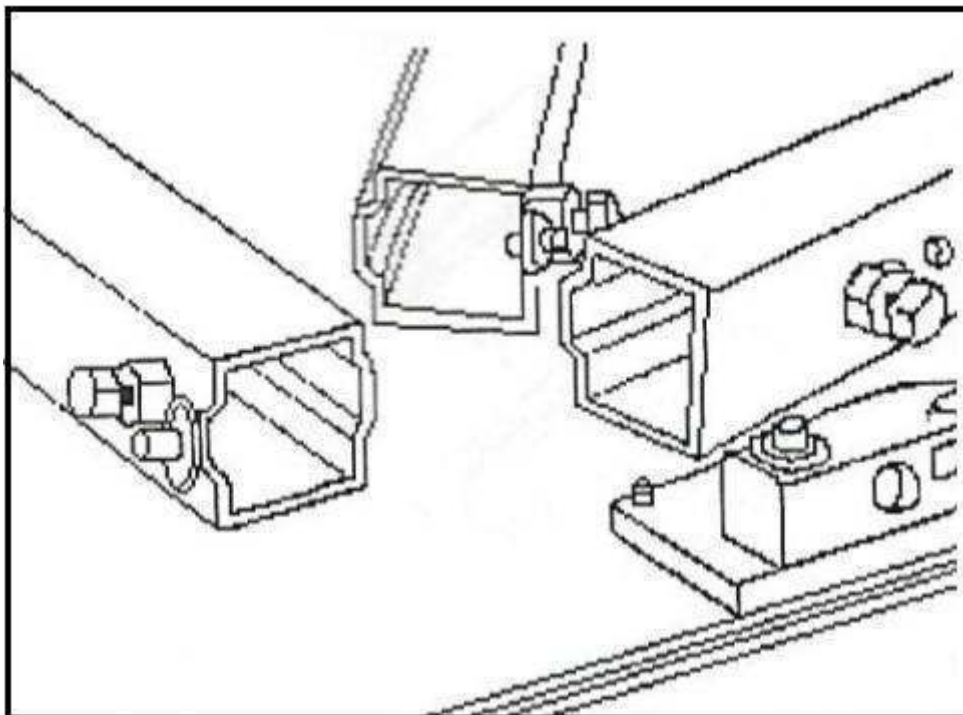
**Figura N° 11.- Marco sobrepuesto sobre la mesa de prensado para el posterior inyectado de poliuretano.**



**Fotografía 7.- Ejecución del proceso de armado de los paneles para  
inyectado de Poliuretano.**



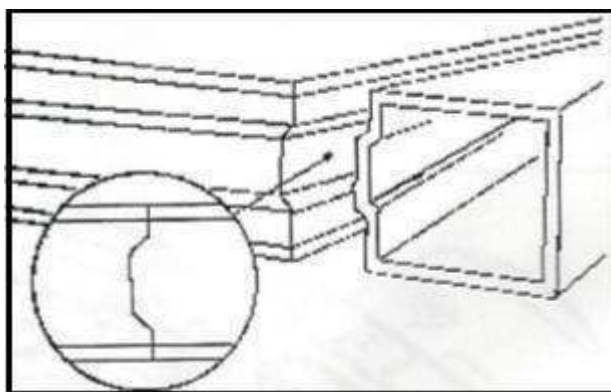
Figura N° 12.- Diseño de los marcos.



En la figura 12. Se muestra el diseño de los marcos, que permiten el ajuste de los mismos, rapidez y flexibilidad.

En la figura 13. Se muestra la forma que tiene el marco, que hará una entrada en el panel, quedando una forma que permite acoplarse con otro panel.

**Figura N° 13.- Encaje de marcos con el poliuretano.**



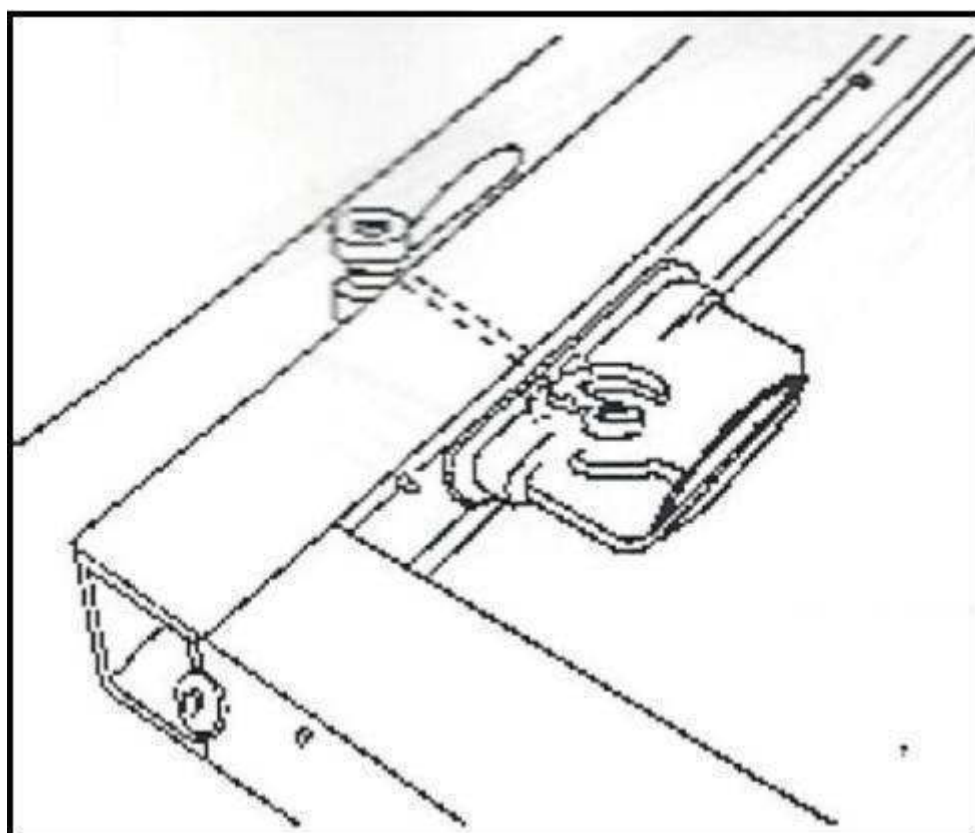
**Fotografía N° 8.- Panel inyectado tipo Pared**





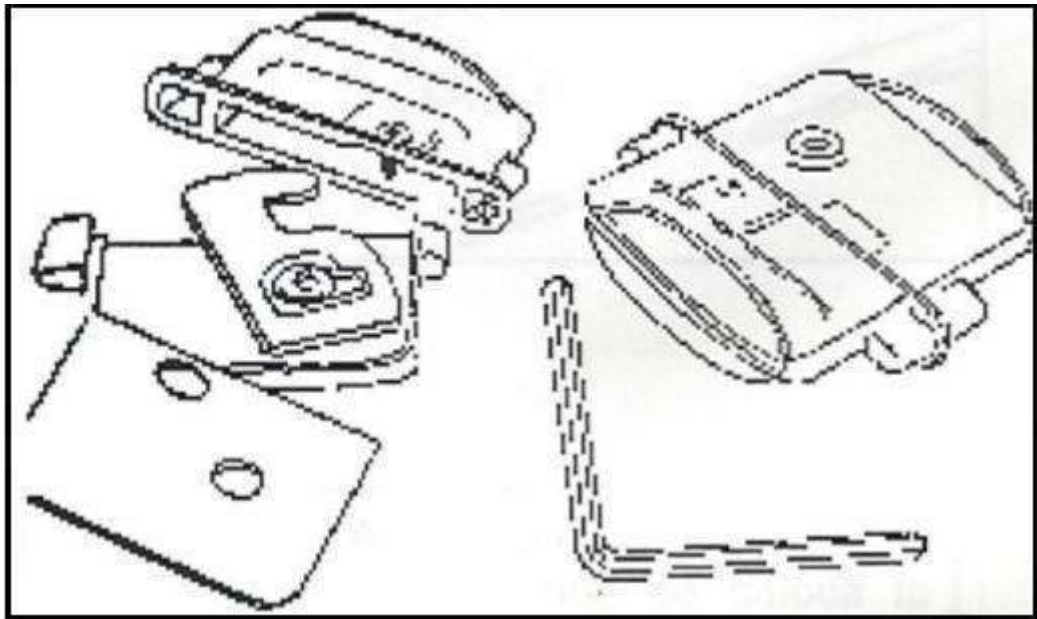
En la figura 14. Se muestra la forma de colocación del accesorio que estará internamente en el panel, para cumplir la función de ajuste de acoplamiento con otros paneles.

**Figura N° 14.- Colocación del accesorio que estará internamente en el panel, para el posterior montaje en obra.**



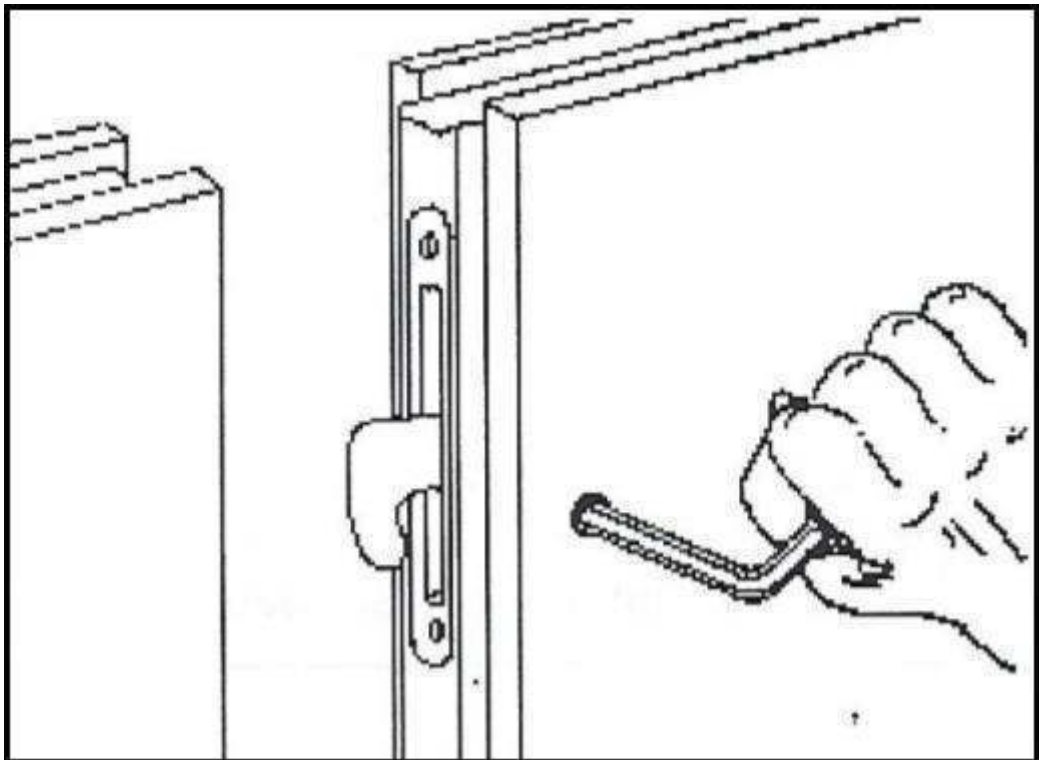
En la Figura 15. Accesorios y herramientas que se usan para el ajuste de los paneles en el acoplamiento.

**Figura N° 15.- Accesorios y herramientas usados para los paneles tipo pared**



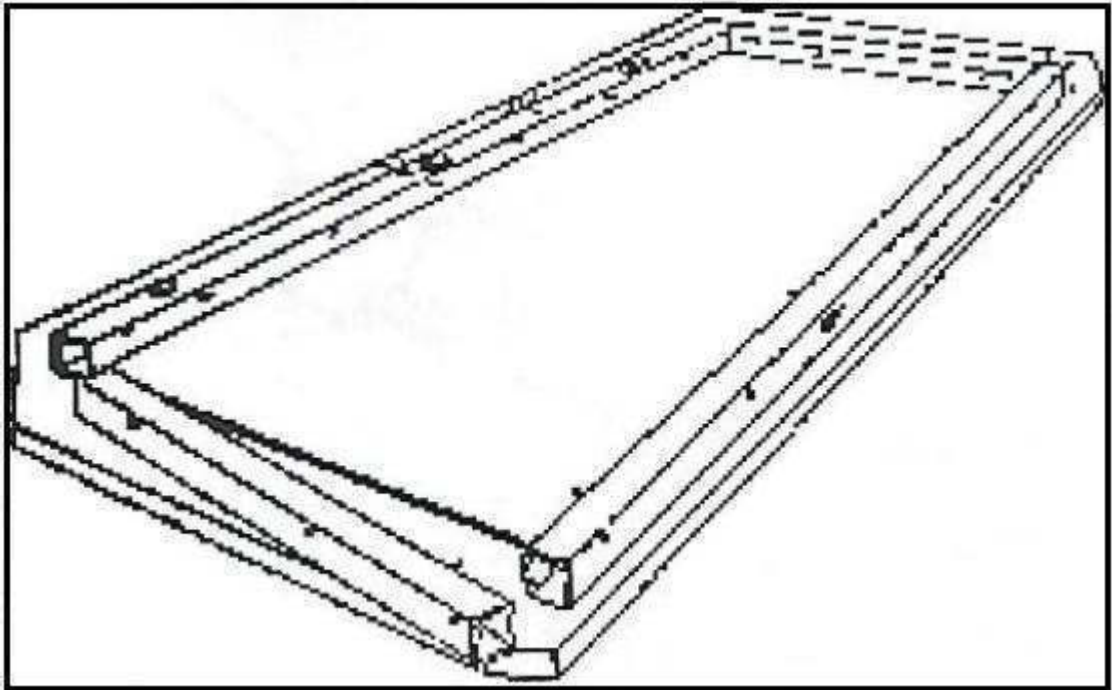
En la figura 16. Se muestra la forma en que se acoplan dos paneles

**Figura N° 16.- Acoplamiento de los paneles tipo pared.**



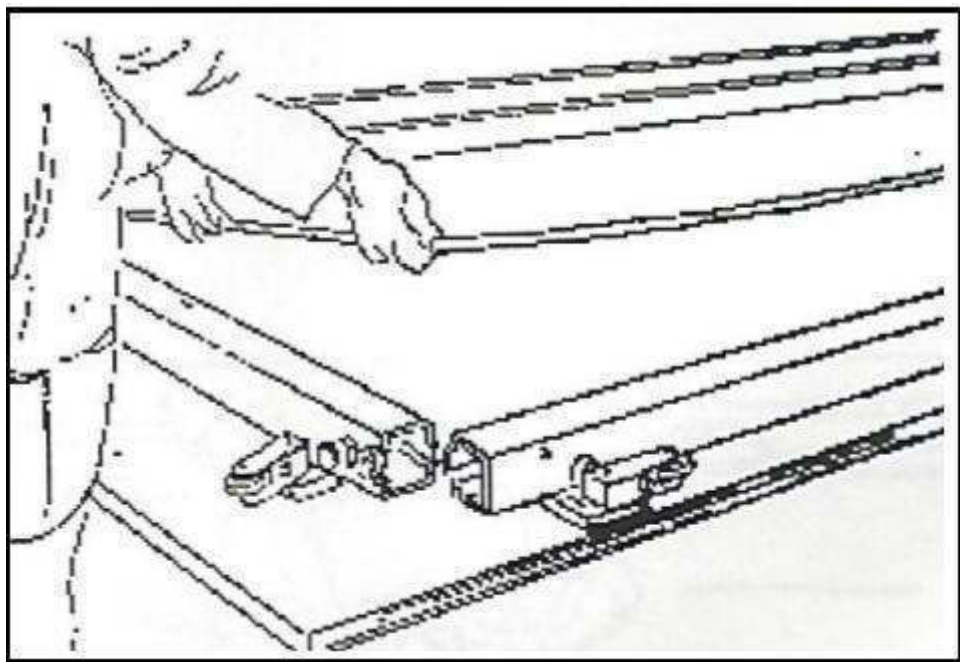
En la figura 17. Se muestra la forma en que se acoplan los marcos.

**Figura N° 17.- Montaje de los marcos.**



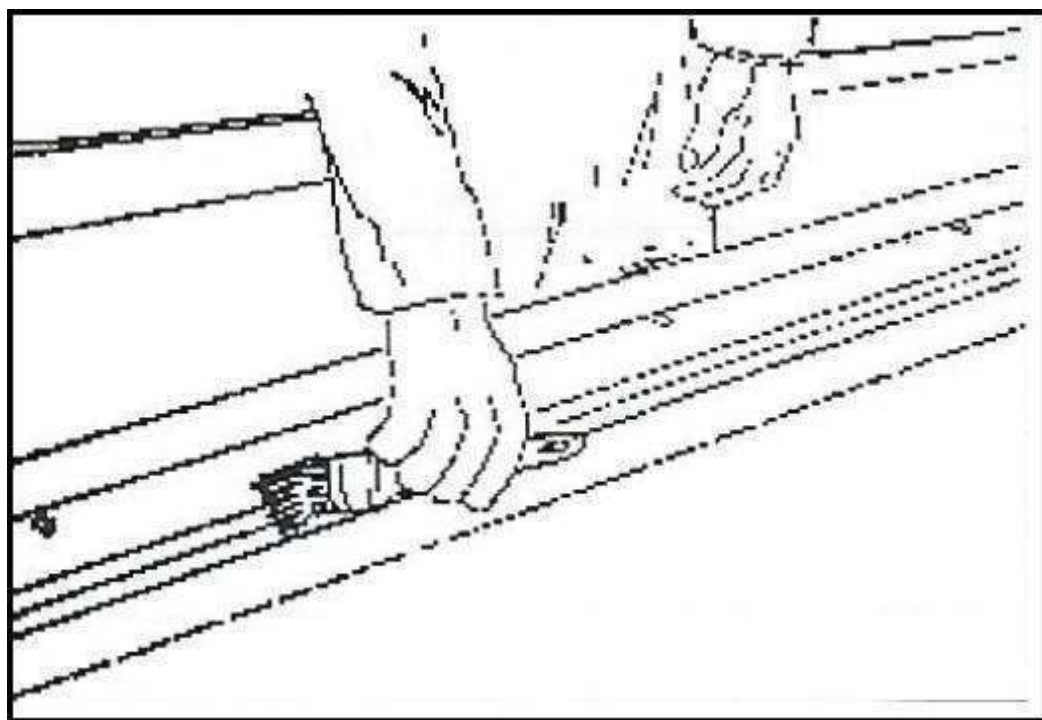
En la figura 18. Se muestra la forma en que se colocan las planchas perfiladas sobre los marcos. Estas planchas se producen en las líneas de perfilado.

**Figura N° 18.- Colocación de planchas perfiladas sobre los marcos en la mesa de inyectado de Poliuretano.**



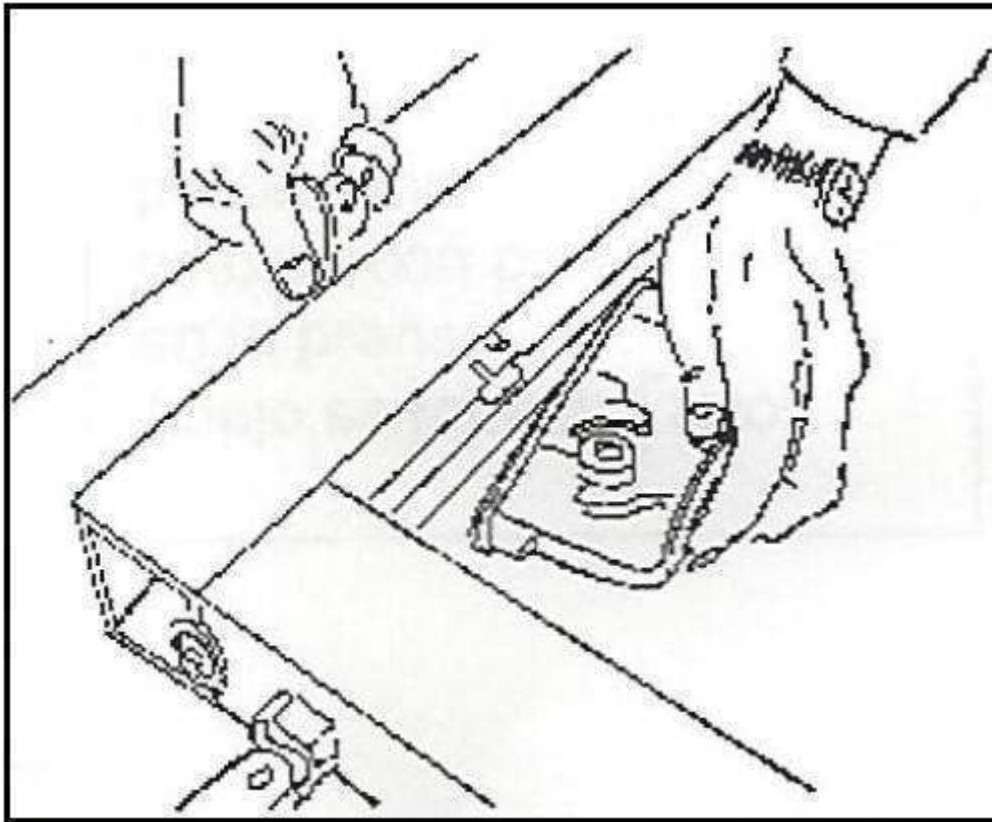
En la figura 19. Se muestra la forma en que se coloca la capa de cera, que evitará que el poliuretano se pegue con los marcos.

**Figura N° 19.- Colocación de capa de cera para facilitar el desmontaje.**



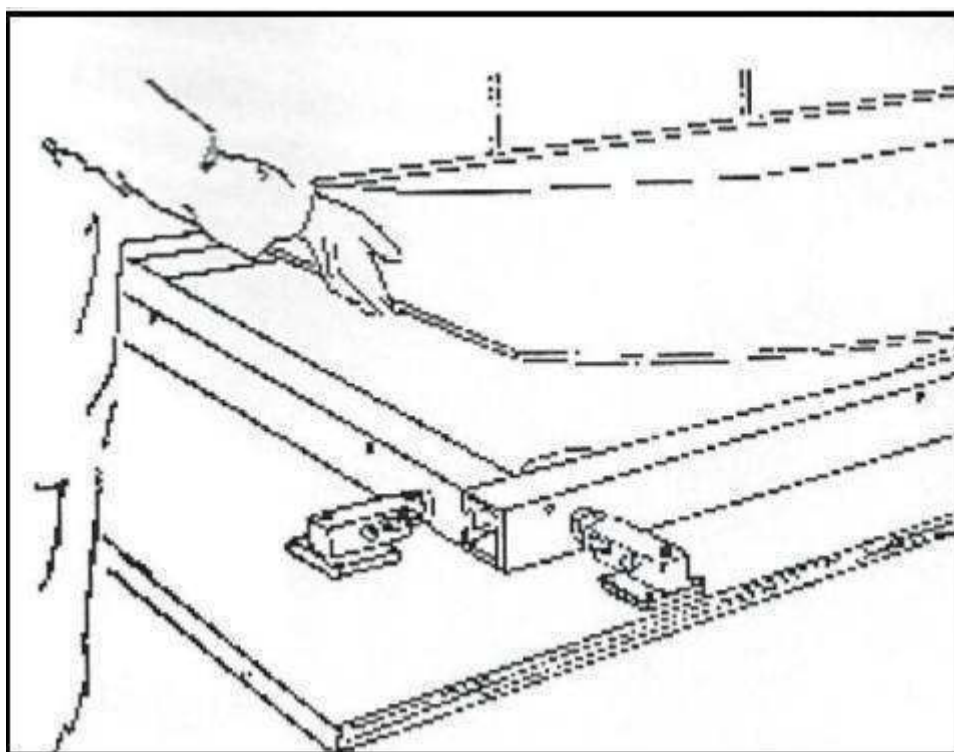
En la Figura 20. Se muestra la forma en que se colocan los accesorios dentro del panel.

**Figura N° 20.- Forma correcta como de colocar los accesorios dentro del panel tipo pared.**



En la figura 21. Se muestra la forma en que se ajusta los marcos, usando accesorios especiales, para que soporte la fuerza que tendrán internamente a la hora de la reacción química.

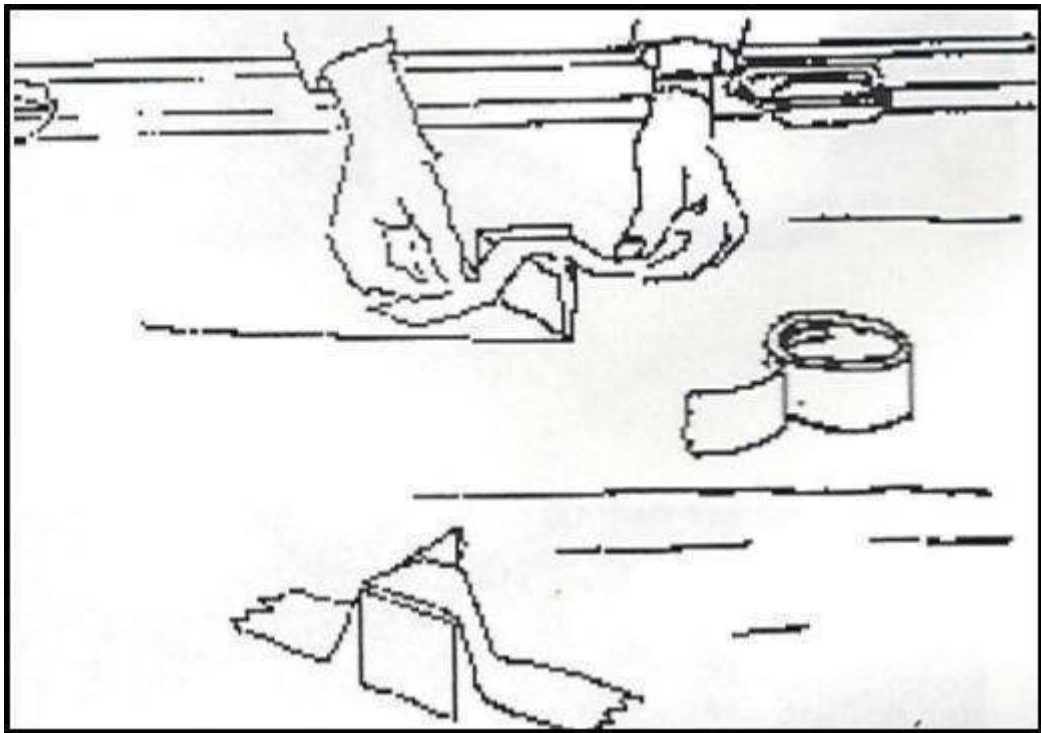
**Figura N° 21.- Forma de ajustar los marcos antes de colocar las planchas tipo pared.**





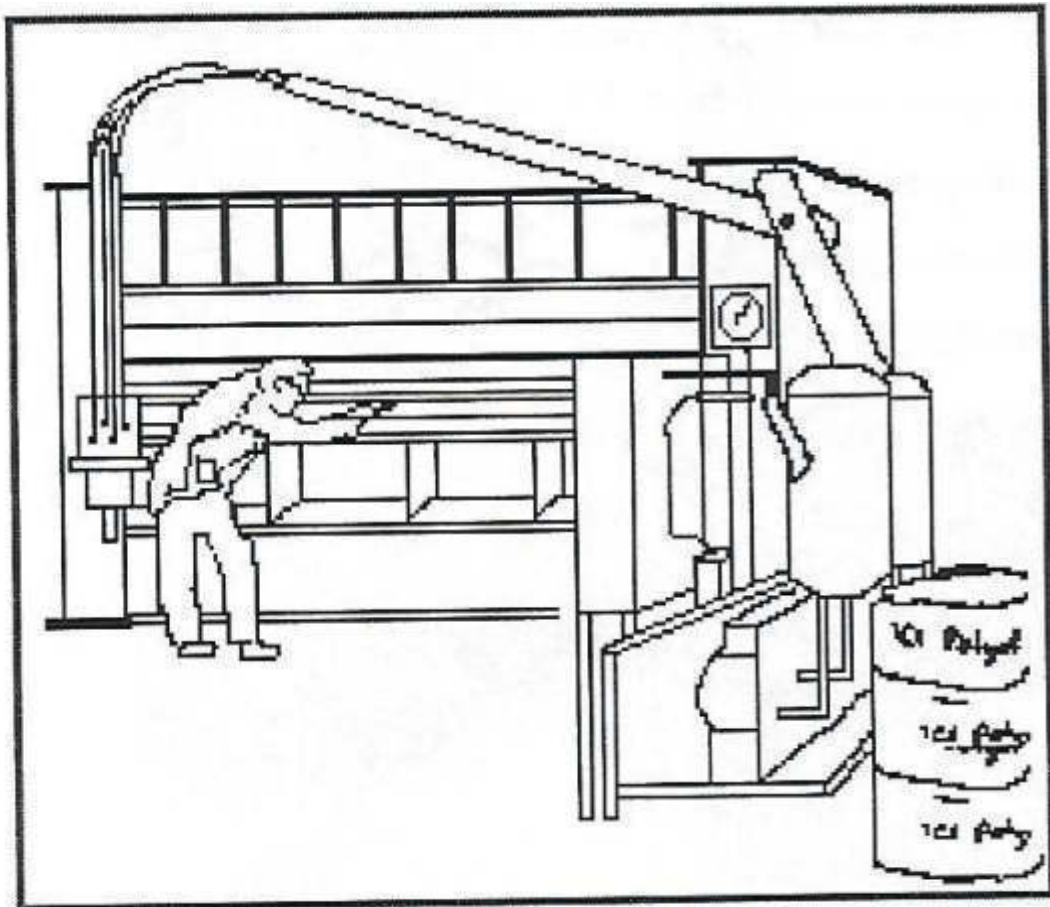
22.- Se muestra la forma en que se colocan los tacos de poliuretano de muy baja densidad, sujetadas con cinta engomada de panel, para resistir parte de la presión de la reacción, que conjunto evitará que se caiga la plancha.

**Figura N° 22.- Forma de colocar los tacos de poliuretano dentro del panel.**



En la figura 23. Se muestra la forma en que se preparan los agujeros, por donde ingresará el poliuretano hacia el panel, con panel colocado en la prensa.

**Figura N° 23.- Forma como se preparan los agujeros del panel.**



**Fotografía N° 9.- Línea de producción de paneles inyectados con Poliuretano.**



**Fotografía N° 10.- Línea de producción múltiple de paneles inyectados con Poliuretano.**

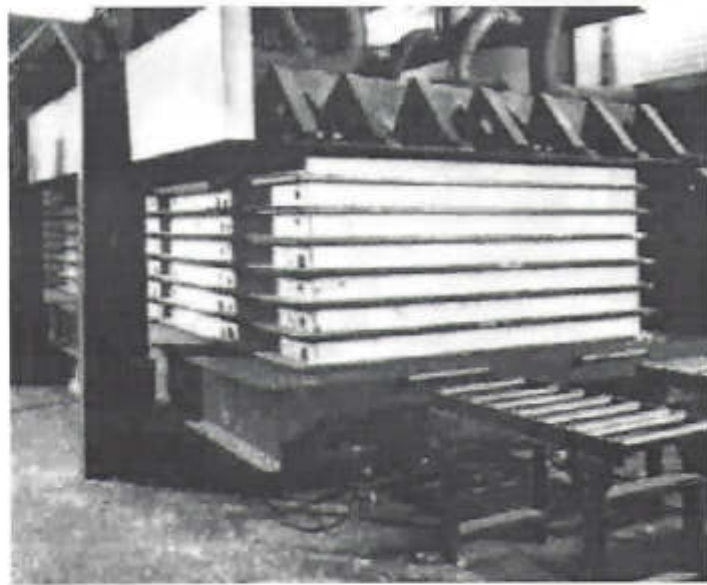
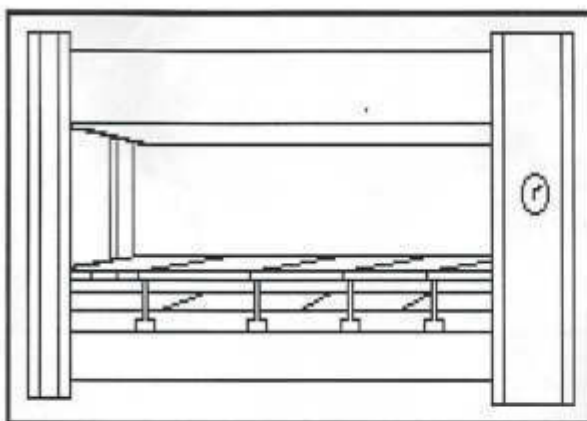


Figura 24. Muestran los paneles listos para ser prensados por la prensa, para luego proceder a inyectar el poliuretano por los agujeros.

**Figura N° 24.- Paneles listos para ser prensados.**

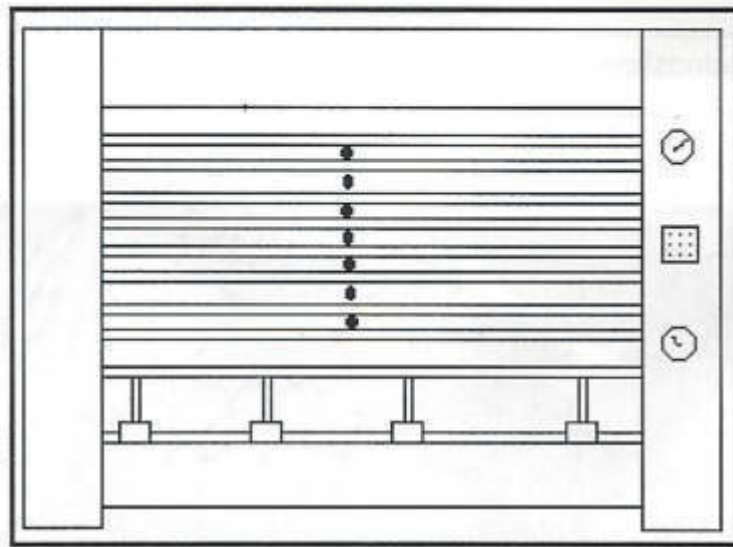


**Fotografía N°11.- Línea de producción múltiple de paneles inyectados con Poliuretano y almacenamiento temporal.**

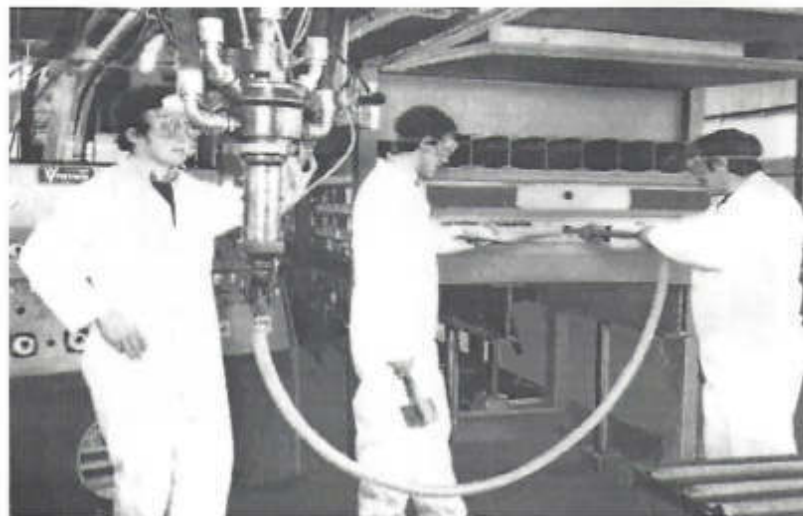


En la figura 25.- Se muestran los paneles prensados, con los orificios listos. Se debe programar ahora los tiempos de inyección de poliuretano.

**Figura N° 25.- Paneles prensados y posición de los agujeros listos para inyección.**



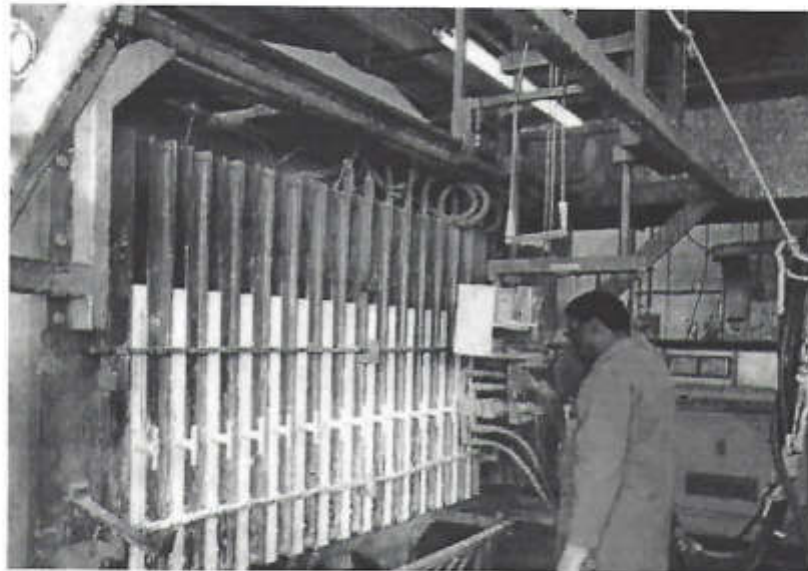
**Fotografía 12.- Inyectado de Poliuretano con cabezal de inyección simple**



**Fotografía N° 13.-** Proceso de inyección de Poliuretano.

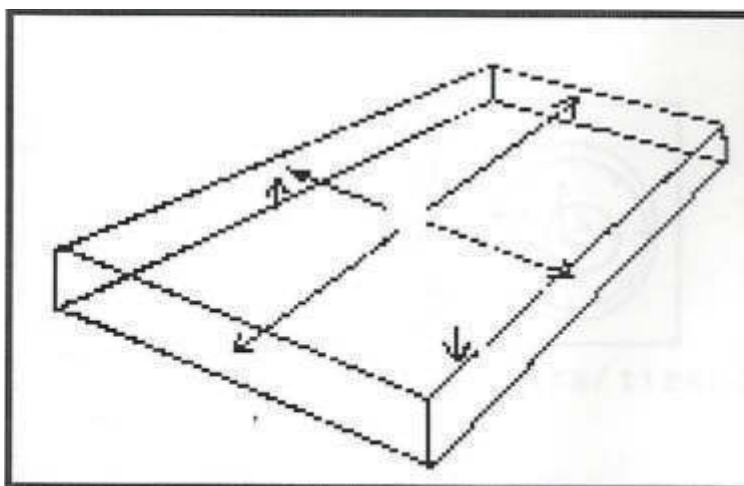


**Fotografía N° 14.-** Proceso de inyección de Poliuretano con cabezal multiple.

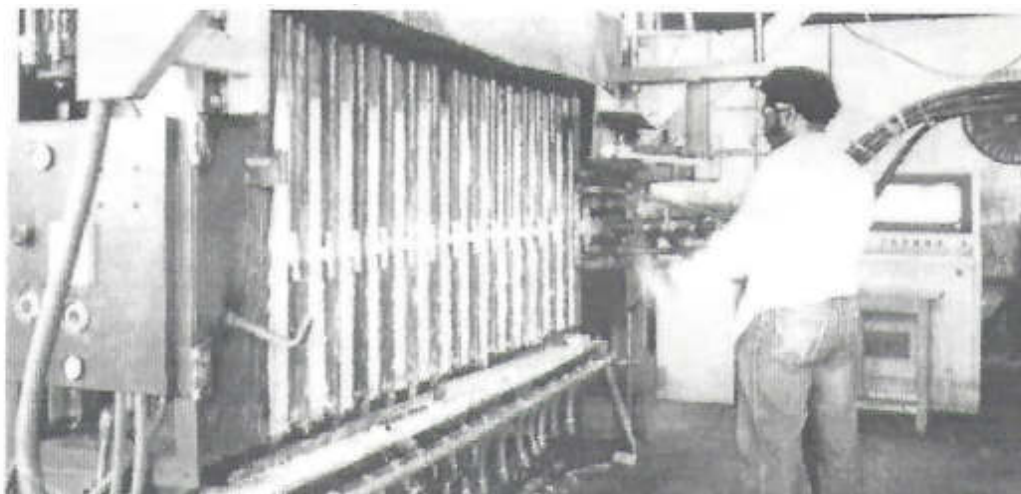


En la figura 26.- Se muestra el recorrido de la reacción química, además, la presión que se genera en el momento de la reacción supera los 1.4 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura N° 26.- Desplazamiento de la reacción química.**

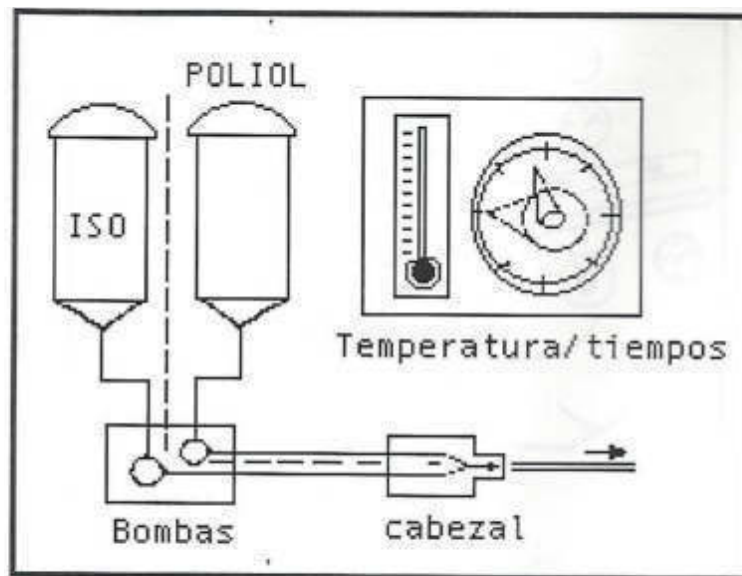


**Fotografía N° 15.- Proceso de inyección de poliuretano, paneles en forma vertical (prensa vertical)**



En la figura 27. Se muestra un esquema del sistema de inyección, así mismo, es muy importante controlar la temperatura y los tiempos de inyección de poliuretano.

**Figura N°27.- Representación esquemática del sistema de inyección de Poliuretano.**



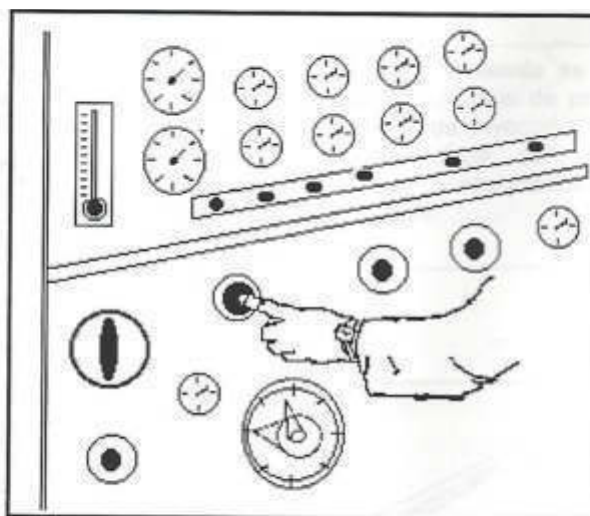
**Fotografía N° 16. Sistema de inyección tradicional un solo cabezal de inyección, control analógico.**



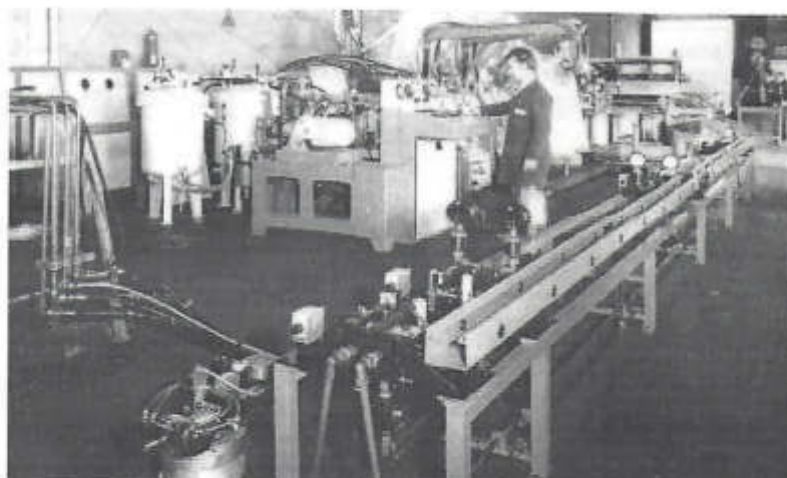


En la Figura 28. Se muestra un tablero general del sistema de control de inyección.

**Figura N° 28. Representación esquemática del tablero general del sistema de control de inyección de Poliuretano, control de tiempos, temperatura y presión.**

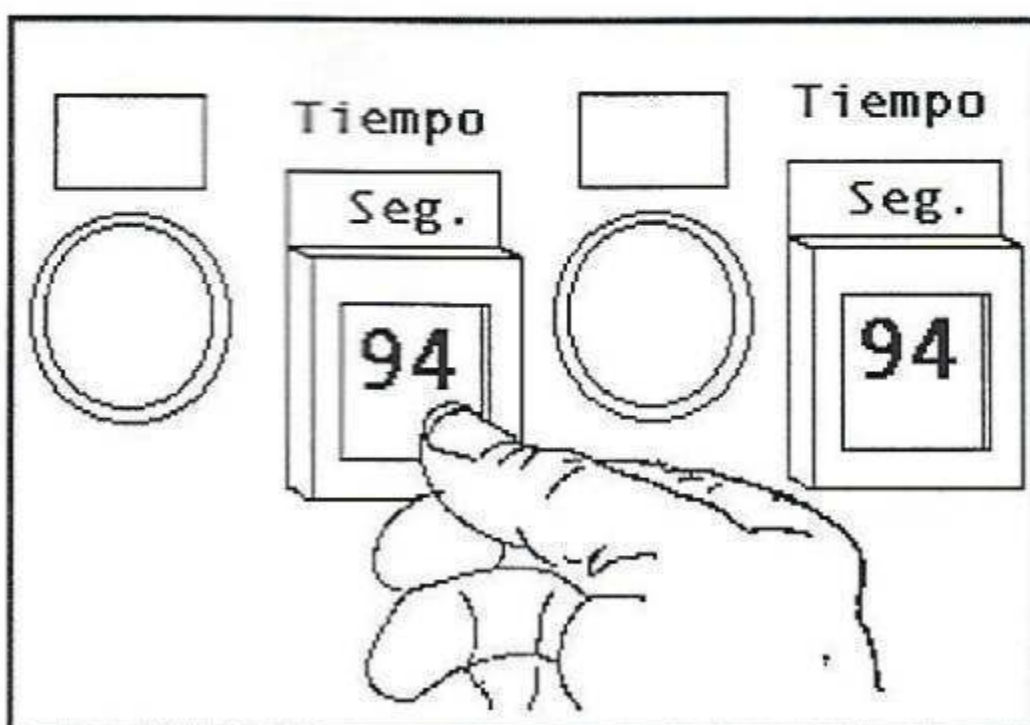


**Fotografía N° 17.- Línea de producción de paneles inyectados con Poliuretano, diversos tipos de cabezales de inyección.**



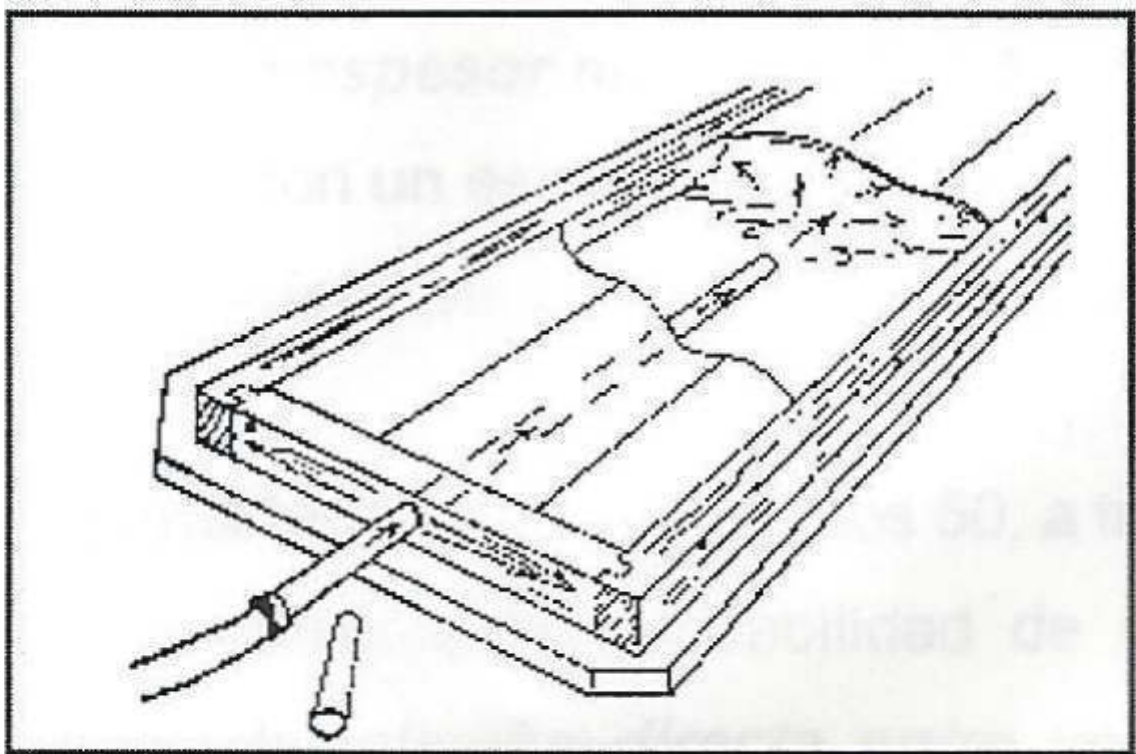
En la Figura 29. Se muestra, la forma tradicional de programar los tiempos de inyección, en un reloj que funciona con mecanismos mecánicos accionados por bobinas eléctricas.

Figura N° 29. Representación esquemática del tablero de control tradicional analógico (tiempos de inyección en segundos).



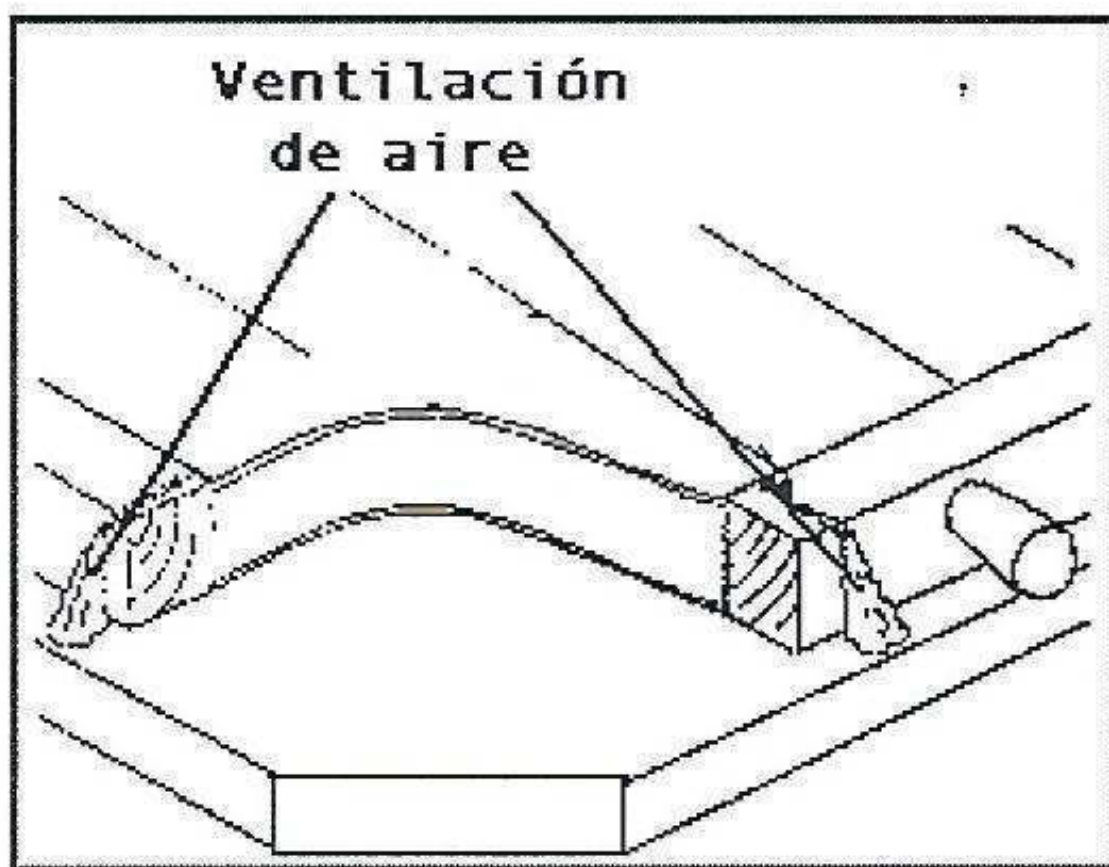
En la figura 30. Se muestra, un panel inyectándose con poliuretano, con un corte superior para observar cómo reaccionan los químicos internamente. Al inyectar el poliuretano se debe esperar un rato a que arroje un poco de aire a presión, antes de tapar el agujero.

**Figura N° 30. Panel inyectándose con poliuretano (desplazamiento de la reacción química).**



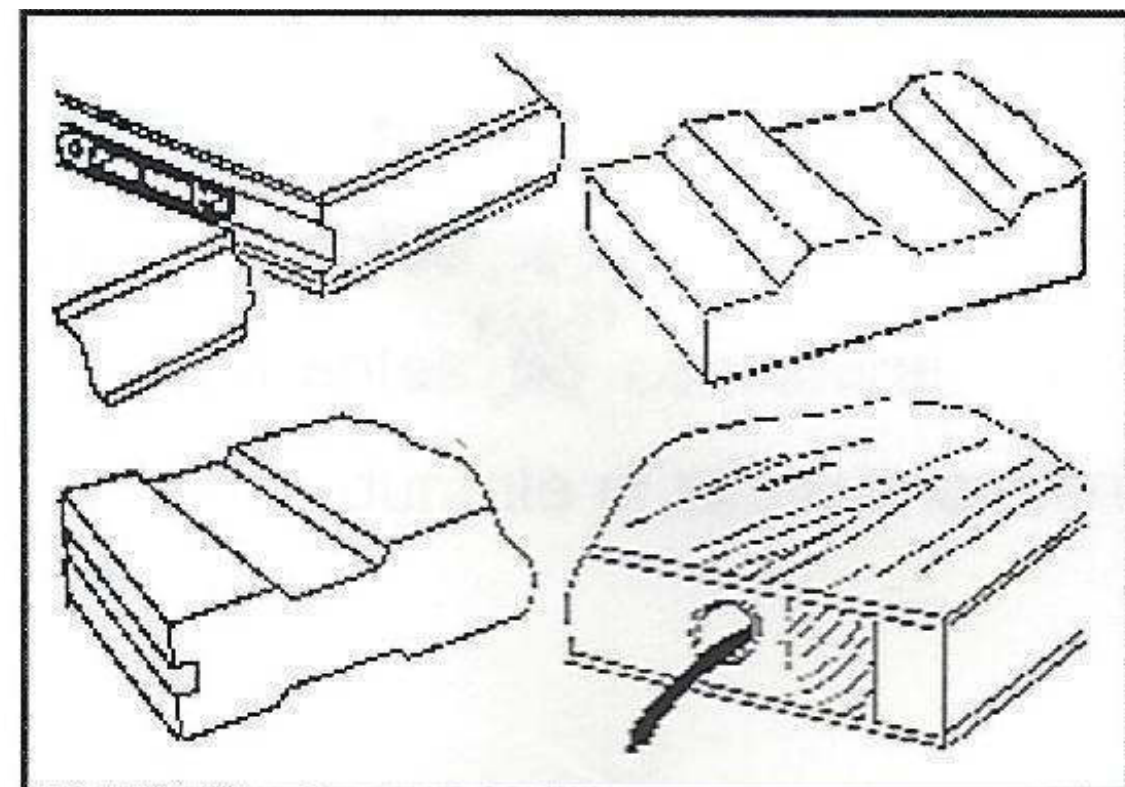
En la figura 31. Se muestran las zonas por donde el aire a presión también tiene a salir con mucha presión.

**Figura N° 31. Extremos de la ventilación de aire, en los extremos de los marcos.**



En la figura 32. Se muestran diversos productos inyectados con poliuretano, se demuestra su gran versatilidad.

**Figura N° 32. Diversos formas de productos inyectados con poliuretano.**



#### **4.3 ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA ACTUAL INVOLUCRADA EN EL SISTEMA DE INYECCIÓN**

La máquina de inyectado de espuma de Poliuretano utilizada en Precor S.A. (Perú) es de procedencia italiana. Esta máquina comenzó a producir, en esta empresa en el año de 1997.

La tecnología de esta máquina es de los años 50. Cabe mencionar que esta tecnología permite producir productos con un espesor máximo de 7.5 cm, pero en la actualidad se viene produciendo hasta con un espesor de 15 cm, lo que se traduce en un 100% más de su capacidad inicial para el cual fue diseñado.

En la actualidad, el haber sobre exigido a una tecnología de los años 50, a trabajar al doble de su capacidad, lo que hace aumentar la probabilidad de que el producto salga defectuoso. Esto debido a la relación directa entre volumen interno con el flujo másico (kg. de materia prima que ingresa dentro del producto en un determinado tiempo).

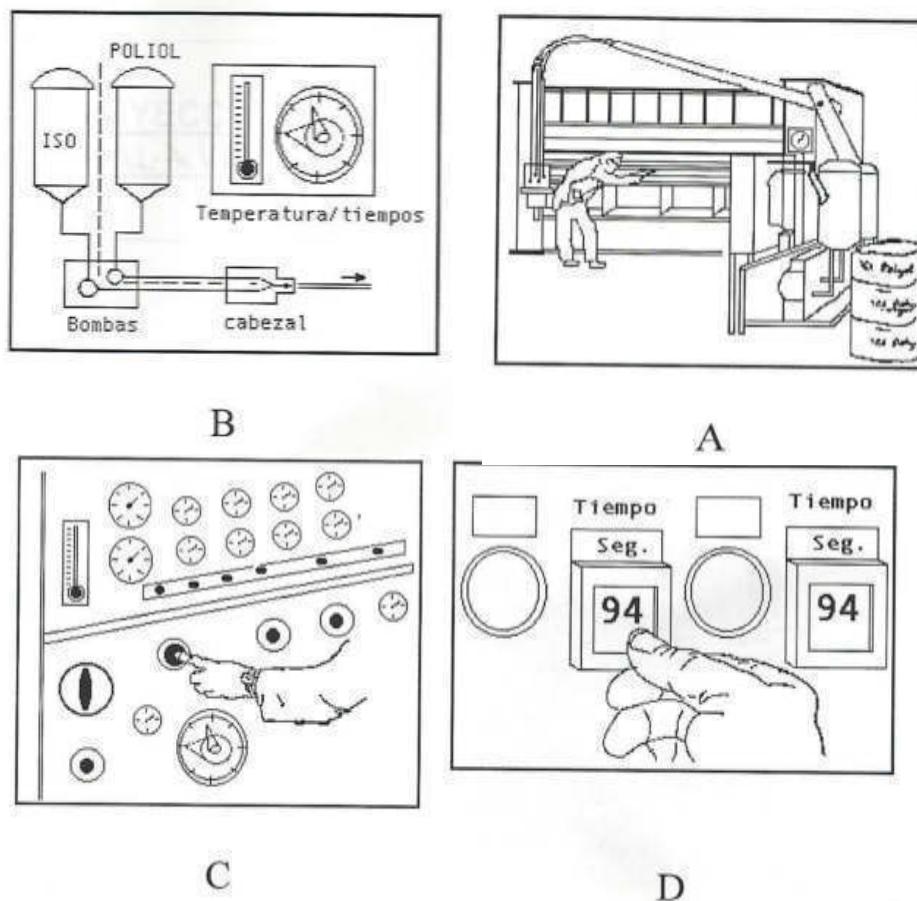
La tecnología actual de la máquina permite un flujo másico máximo de 1.2 Kg./seg., lo cual es sumamente crítico, ya que los productos químicos deben ser introducidos dentro del producto con la mayor rapidez posible para evitar que la reacción química termine su fase de secado en algunas zonas internas del producto.

La tecnología utilizada para el tratamiento de la materia prima (químicos: El Di-isocianato y POLIOL); es de muy bajo contenido tecnológico, por no decir

tradicional, lo cual trae consecuencias importantes para considerar, ya que el POLIOL tiende a perder características iniciales durante el almacenamiento y en producción.

A continuación, se muestra un esquema simple de la tecnología involucrada en el sistema de inyección de poliuretano en PRECOR S.A.

**Figura N° 33. Representación esquemática de la tecnología actual usada en la línea de inyección de Poliuretano de PRECOR SA.**



**Fotografía 18.- Apilamiento de paneles tipo techo inyectados con Poliuretano sobre plataforma, para traslado al cliente.**





Si observamos detenidamente la Figura 33-A, veremos que se trata definitivamente de una prensa Italiana con elementos de control de los años 50, pero es necesario decir que la prensa está funcionando con mucha normalidad, y hay que descartarla como punto crítico de los problemas.

En cuanto a la figura 33-B, este esquema simplemente indica que existe muy poco recurso tecnológico, como ya lo veremos más claramente en el esquema de funcionamiento.

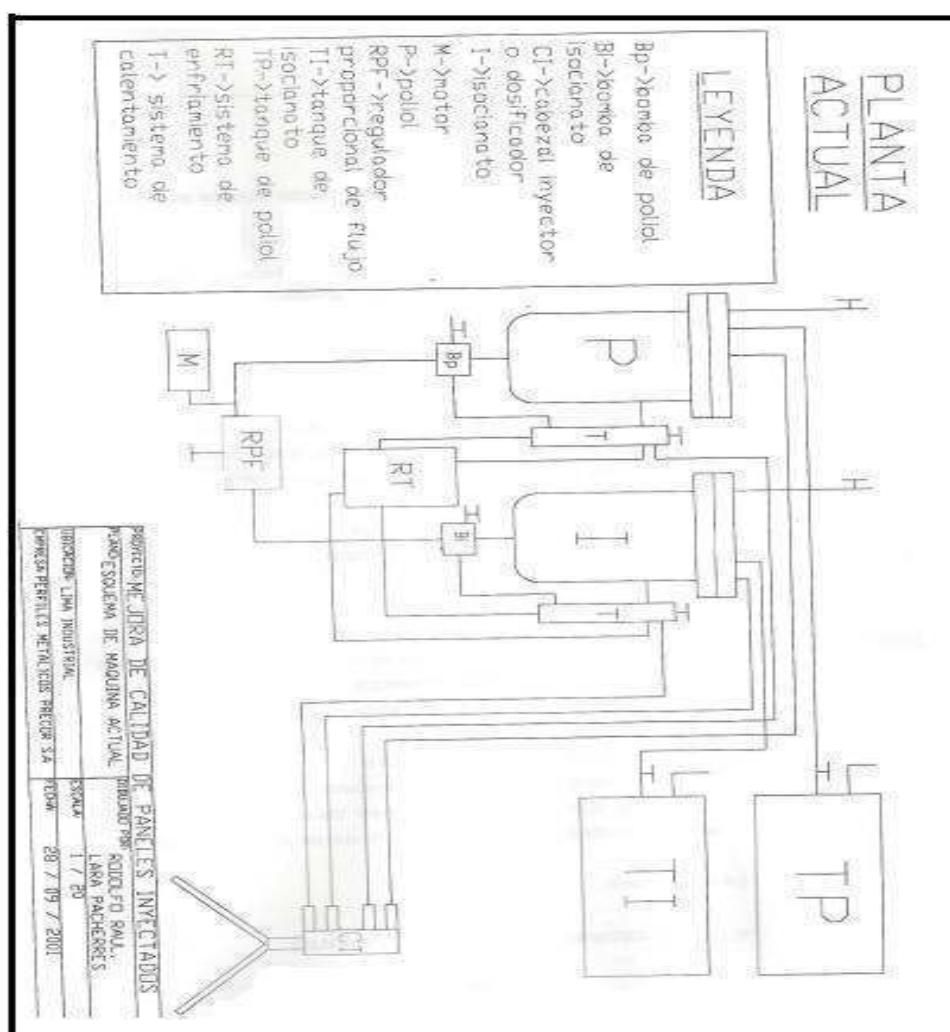
Figura 33-C, solo muestra la gran cantidad de controles que hay que estar operando continuamente.

Figura 33-D, muestra cómo se introducen los tiempos de inyección para cada panel a inyectar.

Esta etapa es muy importante, pero hay que hacerlo a cada momento y las posibilidades de error son muy grandes, debido al cansancio por estar calculando a base de fórmulas.

## ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ACTUAL DE INYECCIÓN DE POLIURETANO

**Figura N° 34. Esquema del sistema de inyección de Poliuretano actual de  
PRECOR SA.**



Fuente: PRECOR SA

Elaboración: El Autor

## DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO

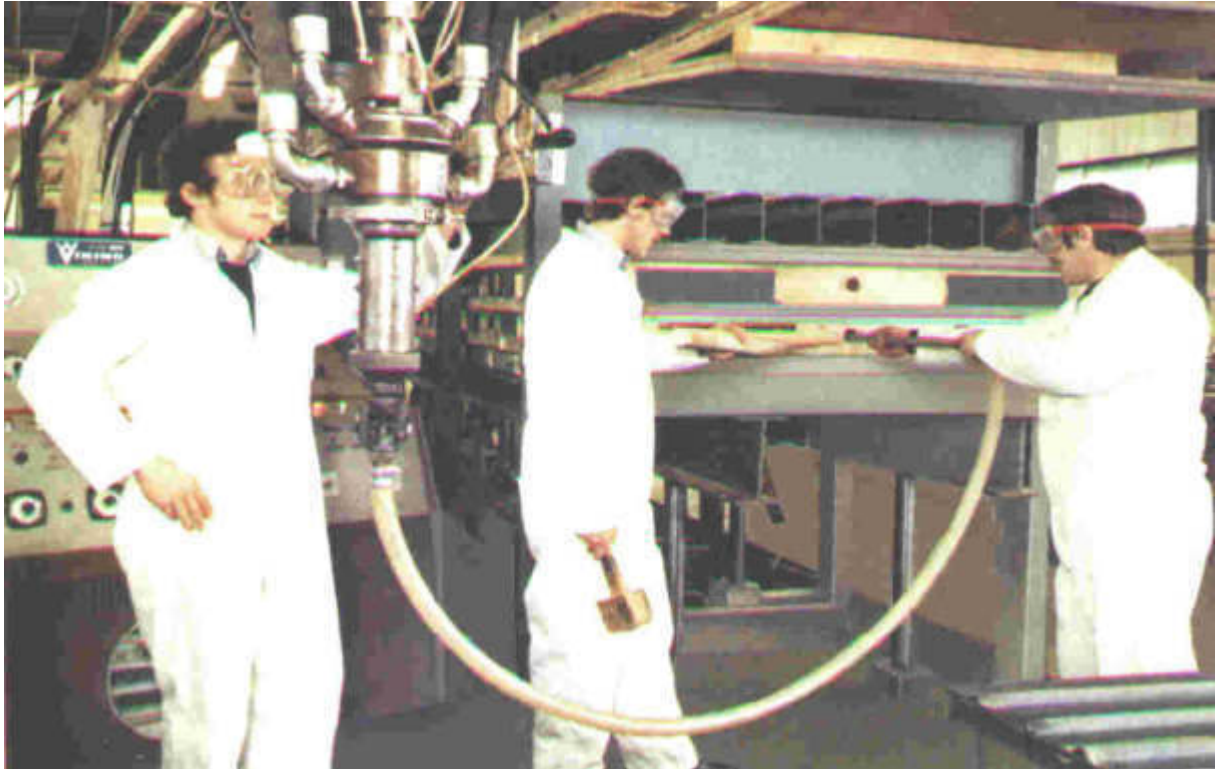
Es el siguiente:

- Dos tanques, uno de Polioliol (TP) y otro de Isocianato (TI) cada uno de 200 kg. Aproximadamente, dejan caer por gravedad sus respectivos compuestos químicos a los cilindros de 50 Kg. de capacidad cada uno (P y I).
- Luego que se llena P y I se calcula manualmente los tiempos de inyección, para ser ingresados en los TIMER del sistema de control, el cual encenderá el motor M, y en consecuencia, el regulador proporciona; de flujo (RPF).
- El RPF dará las velocidades a cada bomba Bp y Bi, dependiendo de las especificaciones de relaciones proporcionales de los compuestos químicos a utilizar.
- Una vez que las bombas están dando vuelta, los compuestos ingresan al sistema de enfriamiento y de calentamiento al mismo tiempo, pero estará encendido aquel que se le haya programado manualmente.
- Luego de esto llegará al cabezal de inyección que funciona con un batidor de 2500 r.p.m, similar a una batidora, pero solo cuando el

operador presione el botón con los tiempos programados, en ese momento se inyectará el poliuretano mezclado en el panel.

- Luego de esto se limpia el cabezal con aditivos especiales y con aire a presión.

**Fotografía N° 19.- CABEZAL MEZCLADOR – TIPO BATIDOR DE 1200  
KR/SEG.**



En cuanto al sistema de funcionamiento de las mesas:

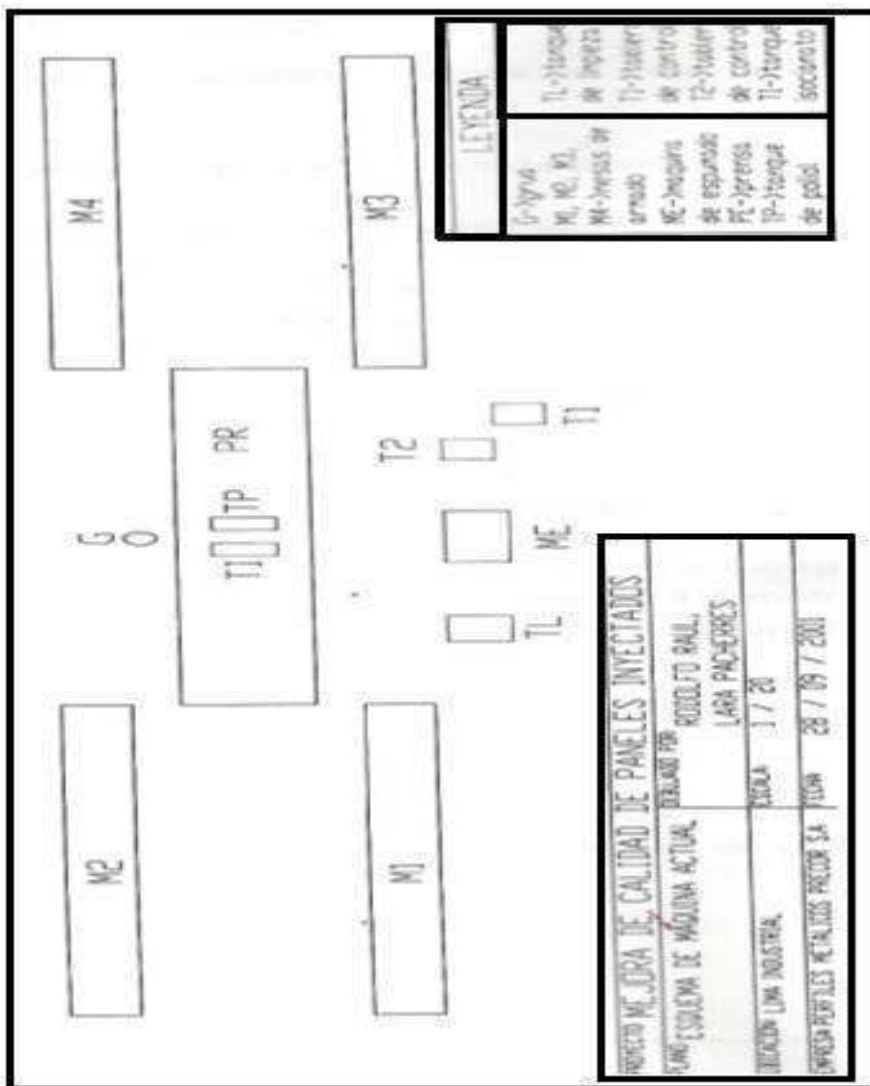
- Actualmente funciona con un tablero de control, con contactores que son accionados por sensores tipo micro switch, que indican prensado en ON, y salida o ingreso de las mesas, hacia las posiciones de trabajo y descarga. Asimismo, aquí se usa el mismo sistema de relojes que el de inyectado, pero el fin es controlar el tiempo en que la mesa estará prensada para obtener la estabilidad dimensional tan esperada.

#### **4.4 ESQUEMA DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA ACTUAL**

Se presenta en el siguiente esquema, DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE PLANTA.

Ver Figura 35

Figura N° 35. Esquema de disposición actual de planta (Línea de inyectado de Poliuretano)



Fuente: PRECOR SA

Elaboración: El Autor

#### 4.5 MEDICIÓN DE LA CAPACIDAD ACTUAL DE PLANTA

Para medir la capacidad actual de la planta vamos a usar las siguientes expresiones:

$$\text{Utilización} = \text{Capacidad real} / \text{Capacidad de diseño} \quad 1$$

$$\text{Eficiencia} = \text{Capacidad real} / \text{Capacidad efectiva} \quad 2$$

La Empresa Precor S.A., en el área de inyectado de espuma rígida de poliuretano, fabrica los paneles insulados, descritos en la **sección 3**, para esto se trabaja seis días a la semana durante 8 horas por cada turno, a dos turnos por día, cuatro semanas de vacaciones al año.

En promedio la fabricación de 22 metros de panel insulado requiere una hora. Se emplea ocho horas por semana en mantenimiento preventivo y ocho horas por semana en trasladar la producción al almacén de productos terminados.

Por convención se define a una unidad de producto como 22 metros de panel insulado, con una altura promedio de 0.15 metros y ancho de 1.1 metros. El peso promedio por metro cúbico es de 42 Kg., considerando solo el poliuretano y no las planchas de metal. Por consiguiente, un metro cúbico de poliuretano inyectado pesará en promedio 42 Kg., y el producto de 22 metros pesará, en promedio, 157 Kg.



Las planchas de metal tanto de la parte superior como inferior, cada una con un peso promedio 4.5 Kg. por metro, es decir, por cada metro de panel insulado hay nueve kilogramos de plancha de acero. Entonces en los 22 metros de panel insulado habrá 198 Kg. de planchas de acero.

En total, el panel insulado de 22 metros de longitud pesará en promedio 355 Kg.

Capacidad de diseño:

$(6 \text{ d/s}) (16 \text{ h/d}) (48 \text{ s/a}) / 1 \text{ h por panel insulado de } 22 \text{ Mt} = 4 \text{ 608}$   
paneles por año.

$4 \text{ 608} \times 22 \text{ metros} = 101 \text{ 376}$  metros al año

$4 \text{ 608} \times 355 \text{ Kg.} = 1 \text{ 635 840}$  kilogramos de materia prima (1 635.84 toneladas.)

En consecuencia, la máxima tasa posible de producción de la planta es de 4 608 paneles por año. Sin embargo, la capacidad efectiva es mucho menor. En mantenimiento preventivo, y trasladar los productos terminados al almacén de los mismos se emplean 16 horas semanales o 768 horas al año.

Capacidad efectiva:

$(4 \text{ 608} - 768) \text{ h/a} / 1 \text{ h por panel insulado de } 22 \text{ Mt} = 3 \text{ 840}$  paneles por año.

$3 \text{ 840} \times 22 \text{ metros} = 84 \text{ 480}$  metros al año.

$3\ 840 \times 355 \text{ Kg.} = 1\ 363\ 200$  kilogramos de materia prima (1 363 200 toneladas).

La capacidad real de la planta es mucho menor que la capacidad efectiva. Los daños inesperados de las máquinas, el tiempo de enfermedad, el re proceso y otros factores similares representan cerca de 1000 horas por año.

Capacidad real:

$(3840 - 1000) \text{ h/a} / 1 \text{ h por panel insulado de } 22 \text{ Mt.} = 2\ 840$  paneles por año.

$2\ 840 \times 22 \text{ metros} = 62\ 480$  metros al año.

$2840 \times 355 \text{ Kg.} = 1\ 008\ 200$  kilogramos de materia prima (1 008.20 toneladas).

La utilización y eficiencia de la planta puede hallarse empleando las ecuaciones 1 y 2 arriba mencionadas:

Utilización =  $2840 \text{ paneles por año} / 4608 \text{ paneles por año} = 0.6163$  ó 61.63%.

Eficiencia =  $2840 \text{ paneles por año} / 3840 \text{ paneles por año} = 0.7396$  ó 73.96 %.

#### 4.6 MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO ACTUAL

Para medir el desempeño de la planta se usarán las siguientes expresiones:

Productividad = Total de productos / Total de insumos.

Productividad de factor parcial (PFT):

PFT = Total de productos / Insumos de un recurso específico.

Productividad de un solo factor (PSF):

PSF = Producción de un artículo específico / Insumo de un artículo específico.

A continuación, se presentan dos tablas que muestran los recursos utilizados para producir paneles insulados en PRECOR S.A.

				Ene-99		
				Cantidad	unidad	Costo S/.
Producción				350	Paneles de 22 Mt.	
Insumos						
	Material					
		Poliol		27475	Kilogramos	28 8487.5
		Isocianato		27475	Kilogramos	28 8487.5
		Cera		35	Kilogramos	350
		Cinta		7700	Metros	231
		Planchas		69300	Kilogramos	60 6375
	Mano de Obra					
				384	Horas	4 800
	Equipo					
				576	Horas	1 458
Insumos totales						1 190 189

Fuente: El autor.

		Feb-99			
		Cantidad	unidad	Costo S/.	
Producción		380	Paneles de 22 Mt.		
Insumos					
	Material				
		Poliol	29 830	Kilogramos	313 215
		Isocianato	29 830	Kilogramos	313 215
		Cera	38	Kilogramos	380
		Cinta	8 360	Metros	250
		Planchas	75 240	Kilogramos	658 087.5
	Mano de Obra				
			384	Horas	4 800
	Equipo				
			576	Horas	1 458
Insumos totales					1 291 406

Fuente: El Autor.

Si analizamos las dos tablas notaremos, que en febrero, se han producido 30 unidades más, pero la M.O y Equipo ha permanecido invariables; por esta razón, analizaremos estos recursos utilizando las expresiones arriba mencionadas:

PSF enero – M.O = 350 paneles / 384 horas de M.O = 0.9115 paneles / hora.

PSF febrero – M.O = 380 paneles / 384 horas de M.O = 0.9896 paneles / hora.

PSF enero – Equipo = 350 paneles / 576 horas de M.O = 0.6076 paneles / hora.

PSF febrero – Equipo = 380 paneles / 576 horas de M.O = 0.6597 paneles / hora.

Esto indica que la mano de obra y el equipo aumentaron a 0.9896 y a 0.6597 respectivamente. Y fueron los únicos indicadores PSF que aumentaron enero a febrero.

Sin embargo, el efecto neto en la productividad total (PT) es positivo, como se muestra a continuación:

PT enero = 350 paneles / 1190189 Soles = 0.000294071 panel / soles en insumo.

PT febrero = 380 paneles / 1291406 Soles = 0.000294253 panel / soles en insumo.

#### 4.7 SISTEMA DE MANTENIMIENTO

En esta área de la planta, se ha trabajado bajo la política de mantenimiento correctivo, lo que evidencia una debilidad, puesto que lo lógico es aplicar el mantenimiento productivo total.

Si usamos el concepto de efectividad de los equipos, concepto manejado por mantenimiento total, tendremos las siguientes expresiones con sus respectivos valores:

Efectividad de los Equipos = Disponibilidad de la máquina x Eficiencia en el desempeño x Tasa calidad

$$EE = \frac{TP - TI}{TP} \times \frac{TTC}{TRC} \times \frac{CP - D}{CP} \quad A1$$

Donde:

EE = Efectividad de los equipos

TI = Tiempo de inactividad

TIC = Tiempo teórico del ciclo (tiempo del proceso + tiempos de establecimiento extremadamente cortos)

TRC = Tiempo real del ciclo

CP = Cantidad procesada

D = Número de defectos

$$\begin{aligned} \text{unid.} = \text{EE} &= \frac{(10 - 1) \text{ años}}{10 \text{ años}} \times \frac{20 \text{ horas}}{24 \text{ horas}} \times \frac{(350 - 120)}{350 \text{ unid.}} \\ &= 0.4928 \text{ ó } 49.28 \% \end{aligned}$$

Si esta planta utilizara el mantenimiento productivo total, debería tener una efectividad de los equipos de alrededor del 85%.

En esta área, se nota una falta de aplicación de los siguientes conceptos:

- Desarrollo de una política de mantenimiento para determinados máquinas.
- Políticas de mantenimiento preventivo.
- Aplicar modelo de valor esperado o de simulación para estimar los costos del mantenimiento correctivo.
- Aplicar modelo probabilístico para seleccionar políticas de mantenimiento preventivo.
- Aplicar modelo de líneas de espera para analizar el mantenimiento de instalaciones de servicio.
- Tasas de fallas.



- Confiabilidad de fallas.

#### 4.8 SISTEMA DE CALIDAD VS COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCIÓN

En este punto, realmente hay mucho por hacer, es necesario disponer de un equipo de personas que se dediquen a analizar todo el sistema de producción para determinar lo que más se adecua para este tipo de producción.

Por lo pronto, se puede anticipar que actualmente se dan cuatro paneles insulados defectuosos al día, en promedio dos por turno; Esto implica que a la semana son 24 paneles; al mes, 96 paneles y, al año 1152 paneles.

Podemos calcular la cantidad total de poliuretano al año que se disminuye por productos defectuosos y es de la siguiente forma:

Longitud total	=	1152 paneles de 22 M	=	25 344 M
Volumen total	=	25 344 M x 0.17 M <sup>2</sup>	=	4 308.48 M <sup>3</sup>
Peso total	=	4 308.48 M <sup>3</sup> X 42 K/M <sup>3</sup>	=	180 956.16 K

Sabemos que el kilogramo de materia prima tiene un costo de US\$ 3, unos S/.10.5, entonces el total de costo del implicado en esta pérdida de materia prima es el siguiente:

$$\text{Costo total M.P} = 180\,956.16\text{ K} \times 10.5\text{ S / K} = \text{S/. } 1\,900\,039.68$$

ó US\$ 542 868.48

En cuanto al costo del metal:

Longitud total = 1152 paneles de 22 M x 2 tapas = 50 688 M  
 Peso total = 50 688 x 4.5 Kg/m = 228 096 K

Sabemos que el kilogramo de materia prima tiene un costo de US\$4.5 unos S/.15.75, entonces el total de costo implicado en esta pérdida de materia prima (merma) es el siguiente:

Costo tot. M.P = 228 096 K x 15.75 S / K = S/. 3 592 512  
 Metal ó US\$ 1 026 432

Por lo tanto, al año se merma entre poliuretano y metal se tiene un sub total de:

S/. 1 900 039

S/. 3 592 512

-----

**S/. 5 492 551**

Claro que se asume que todo el año se trabajan seis días las 24 horas.

El costo de mano de obra se determinará en una sección posterior, ya que los obreros, con productos defectuosos o no defectuosos seguirán trabajando según lo planificado por la Gerencia de Planta.

En esta área hay, que determinar valores como:

- Costo de prevención y costo de valoración (ambos son costos de control).
- Costo de falla de línea y costo de falla externa (ambos son costos de fallas de control).

Además, es evidente la necesidad de determinar las causas de los productos defectuosos, debido que los costos directos de producción ya mencionado son muy significativos.

## **CAPITULO V**

### **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTO FINAL**

#### **5.1 ANÁLISIS DEL PRODUCTO FINAL Y COSTOS INCURRIDOS**

En cuanto al producto final, que podría estar representado por Paneles THERMOTECO o THERMOMURO, el problema que usualmente se detecta es el de la disminución de la estabilidad dimensional (reducción de las dimensiones iniciales), esto se aprecia en varios proyectos, pero en el que fue muy notorio y significó muchas pérdidas fue en el proyecto del CAMPAMENTO ANTAMIRA, con una venta de 3000 metros lineales de panel, a unos US\$30 por panel, significa un ingreso de S/. 315000, a continuación, se describe el problema.

- Al perder estabilidad dimensional, las uniones dejan de sellar perfectamente, lo que implica una disminución en la eficiencia del sistema control de temperatura.
- En algunos casos, se notaba un ligero despegue y hinchazón en los paneles, lo que era muy antiestético, y afectaba las propiedades de aislamiento térmico.

El cliente exige un producto de alta calidad, y la empresa tiene el compromiso de cuidar su imagen; la solución es reponer todos los paneles defectuosos con una nueva producción.

La reposición con una nueva producción involucra una pérdida de hasta del 100%.

Realmente estamos ante un serio problema, que merece ser analizado con gran profundidad, esto será analizado luego.

## **5.2 ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA**

En el capítulo II, se trató lo referente a la reacción química, y se describió cada compuesto químico involucrado.

Asimismo, en este capítulo, específicamente en el punto 2.1.17 se dedicó una extensa descripción de algunas de las formulaciones más importantes como las de BAYER, ICI, COGRA.

Cada fabricante mencionado muestra los parámetros a usar para la producción, como son la relación proporcional entre el POLIOL y el ISOCIANATO, las temperaturas adecuadas durante todo el proceso.

En el capítulo IV, en el punto 4.1.1 se graficó y mostró, en fotografías, las operaciones más importantes del proceso de inyección para comprenderlos así con mayor claridad, y sobre todo, ayudará en la comprensión de los resultados de las pruebas realizadas en el laboratorio.

También, en el punto 4.1.7 se trataran aspectos de calidad y los costos relacionados con los productos defectuosos, así se obtuvieron los siguientes datos:

S/.	1 900 039 (Poliuretano)
	3 592 512 (Planchas de metal)
	-----
S/.	5 492 551

Además, en el punto 5.1.6 se describen los problemas del producto final, los cuales significan, en algunos casos, pérdidas de hasta el 100% del proyecto.

Debido a lo anteriormente expuesto, se asume que puede tratarse de problemas en el procesamiento de la materia prima.

Una de las principales formas de investigar las razones de estos problemas es haciendo un minucioso y repetitivo ensayo de laboratorio con cada una de las marcas más comercializadas de materia prima.

Todas las pruebas se realizan a una temperatura controlada, tomando cada tiempo de reacción, y lo más importante, la densidad libre promedio, entre 25 pruebas por cada perfil de reacción.

Asimismo, en el punto 2.1.17 se dan las formulaciones más importantes como las de BAYER, ICI, COGRA, cada una de éstas indica los parámetros de

control que se deben de tener en cuenta para obtener la densidad libre adecuada.

En las pruebas de laboratorio, se dará mucha importancia a la densidad libre, ya que todos los proveedores indican que para nuestro producto se debe obtener como mínimo una densidad libre de 28 Kg/m<sup>3</sup>.

Estas pruebas son el fundamento esencial para determinar las acciones o soluciones por implementar.

A continuación, se muestra un cuadro de Resumen de las pruebas de Laboratorio (reacciones químicas), durante un periodo de seis meses.

**Figura N° 36. Cuadro de resumen de pruebas (reacciones químicas).**

Nº de pruebas	Características del Polioli	Adición de Freón en %	Temperatura promedio en °C	Proporción D/P	Densidad libre promedio Kg/m <sup>3</sup>	Tiempo crema promedio en Seg	Tiempo hilo promedio en Seg	Tiempo termino crecimiento promedio en Seg
1	Polioli Puro	0.00	18	1.1	47.00	9	30	66
2	Polioli Puro	3.30	18	1.1	44.35	10	65	90
3	Polioli Puro	6.60	18	1.1	38.09	20	70	125
4	Polioli Puro	12.00	18	1.1	36.67	28	75	130
5	Polioli Puro	16.00	18	1.1	28.00	30	80	145
6	Polioli Puro	18.00	18	1.1	27.30	31	83	148
7	Polioli Puro	19.00	18	1.1	26.09	35	88	150
8	Polioli Puro	20.00	18	1.1	25.40	40	94	160
9	Polioli Puro	24.00	18	1.1	24.10	45	101	180
10	Polioli Puro	37.00	18	1.1	23.00	49	109	185
11	Polioli Puro	40.00	18	1.1	22.00	51	111	189
12	Polioli Puro	50.00	18	1.1	20.00	52	125	210
13	Polioli Puro	62.00	18	1.1	19.10	60	140	230

Observaciones:

- a) El resultado mostrado en cada prueba es el promedio de 25 pruebas para cada % de adición de Freón R11.
- b) Estos resultados son los más importantes en este tipo de procedimiento, pues está directamente relacionado con la cantidad del producto de estabilidad dimensional.

Fuente: El autor

Analizando, cuidadosamente, la tabla que muestra los resúmenes de las pruebas de laboratorio, notamos claramente, que a mayor adición de agente expansor, la densidad libre del producto final va disminuyendo. Sabemos que lo óptimo en densidad libre es de 28 a 30 Kg /m<sup>3</sup> y como densidad final entre 40 - 42 Kg/m<sup>3</sup>.



Además, en los análisis de los productos defectuosos, se encuentra como densidad final promedio, un valor de  $38 \text{ Kg/m}^3$ , muy por debajo del mínimo establecido.

La gran incógnita es ¿a qué se debió este resultado?, sabemos, de antemano que la densidad está muy por debajo de lo establecido; es decir, existe un problema de procesamiento de la materia prima, podría ser un problema de temperatura de productos, mesas de prensado o del medio ambiente, de relación proporcional entre compuestos químicos, los tiempos de inyección, el flujo másico real, o simplemente, errores al programar manualmente cada tiempo de inyección, ya que se realiza con tecnología de los años 50.

### **5.3 DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN REFERENTE A LOS PROCESOS MAS CRÍTICOS DE INYECCIÓN**

A 1025 Kg. de POLIOL se le adiciona 123 kilogramos de Freón R11, se deja mezclando durante 10 minutos, se extraen 5 muestras y se analizan con un densímetro, la densidad media encontrada es de  $1.13 \text{ g/cm}^3$  y es muy cercano al deseado.

El siguiente paso es pasar a la máquina de inyección, que está regulada para un caudal máximo de  $1,2 \text{ kg/s}$ , la velocidad de inyección de  $0.5 \text{ m/s}$ , muy por debajo de lo deseado.

Para mejorar la investigación, se inyecta un panel en las condiciones normales de producción para poder observar el aspecto final del panel.

Se inyectan paneles de 4.85 metros de largo, 1,10 metros de ancho y 0.05 metros de altura, con un caudal de 1,2 kg/s, para una densidad nominal de 41 Kg/m<sup>3</sup>., para estas pruebas se utilizaron dos tiros para cada panel.

El siguiente paso es abrir los paneles, en ellos se nota la presencia de muchos bultos y una pésima distribución de espuma, ya que esta inyectada del primer tiro ocupaba cerca del 45% del área total del panel, el segundo ocupaba el 53%, el resto eran cráteres y de poca densidad. Al medir la temperatura, notamos una gran variación de 37 a 44 °C. Otro punto importante observado fue la formación de grandes bultos (cubos muy grandes).

Cambiamos el proceso de inyección incrementando a dos tiros para que llene homogéneamente todo el panel. El resultado fue una mejor distribución de la espuma, pero aún con presencia de bultos.

Observando que ha disminuido la velocidad de inyección, se adaptó una salida de diámetro de 21 mm, entonces se inyectó cuatro paneles bajo las mismas condiciones con dos tiros por panel, pero la velocidad aumentó debido al incremento del diámetro, la velocidad fue de 1 m/s. Hubo una mejora muy importante, los paneles presentaron un mejor hinchamiento y pequeños bultos.

#### 5.4 DESCRIPCIÓN DE CAUSAS DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS

Después de detallar aspectos de materia prima en 5.11 y proceso en 5.1.2, totalmente respaldado por pruebas en laboratorio, productos defectuosos en lotes de producción, que reúne las mínimas condiciones de una investigación de carácter científico, del se puede deducir que las causas del problema de calidad se debe al mal procesamiento de la materia prima.

A continuación se describen las causas:

- Carencia de un ambiente adecuado para el procesamiento de la materia prima, esto ocasiona que los compuestos químicos estén expuestos a contaminaciones del ambiente, como el agua presente en el ambiente y el polvo.
- Falta de control de la temperatura del R11 (agente expansor) es sumamente volátil, el freón es agregado al polioliol con una gran exposición al ambiente. El freón cumple la función de expansión del Poliuretano, y debe estar en una cantidad precisa, pues un exceso hace disminuir la densidad final buscada, y su ausencia no deja que expanda la espuma hacia todas las partes del panel, lo cual ocasiona agujeros o cráteres, y es aquí donde los riesgos se presentan y la plancha se puede despegar y formar una especie de globos que se aprecian claramente y es muy antiestético, y perjudica la capacidad de aislamiento térmico.

- Carencia de control de temperatura sobre cada una de las materias primas, esto ocasiona sobre todo el POLIOL una des-homogenización; es decir, el freón es más pesado que el POLIOL, tiende a asentarse en el fondo del contenedor.
- Falta de control del caudal de la máquina de inyección, esto ocasiona que en cada lapso se ingrese una cantidad diferente de compuestos químicos, que a su vez; ocasiona diferentes densidades finales en cada tramo del panel.
- Carencia de una velocidad adecuada de inyección, si se exceden los parámetros establecidos, tiende a crear burbujas de aire que también ocasiona deficiencias en el sistema de aislamiento térmico.
- Falta de control de la temperatura de las planchas, esto ocasiona una disminución en la capacidad de expansión de la reacción.
- Poca capacidad de almacenamiento de materia prima en máquina de inyección, al tener poca capacidad, genera que los operarios estén recargando el sistema constantemente y esto no permite mantener la temperatura del sistema controlada, pues variaría muy rápido, en consecuencia ingresaría una cantidad de compuesto a una temperatura muy diferente a la requerida.

- Falta de capacidad para llenar paneles de 11 metros con un solo shot, estamos ante uno de los problemas más serios, aunque es una incapacidad tecnológica del sistema, pues lo óptimo es llenar lo más rápido posible todo el panel, para que sea homogéneo y no se interrumpa la reacción. Cuando se usan varios shot, se interrumpen las reacciones y donde se unen dos shot se crea una alta concentración de material, eso significa que otras partes se queden con densidades menores a lo requerido.

### **5.5 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA**

Lo descrito en los puntos anteriores, apunta claramente a una deficiencia de la tecnología utilizada para el procesamiento de la materia prima, y en la etapa de inyección.

La solución más importante sería la de rediseñar parte del sistema de inyección y de mezclado de la materia prima, y dejar igual la parte de prensa de producto a inyectar, debiéndose involucrar un uso adecuado de las nuevas tecnologías de automatización que ayudarán, sin lugar a dudas, a mejorar el control total de los procesos, y en consecuencia, mejorar la calidad del producto final, así como una eliminación de los costos que involucran los productos defectuosos, sobre todo en proyectos de gran envergadura.

Es evidente, que es necesario reducir tanto los costos de la materia prima como de mano de obra para poder competir en precios. La materia prima es producida en Brasil, Colombia, Chile, Inglaterra, Alemania, etc.

Aprovechamos la oportunidad para mencionar que con el sistema de mezclado de materia prima automatizado, implicaría una significativa reducción de los costos de materia prima, ya que, solo se tendría que importar los dos componentes químicos (POLIOL Y FREÓN) pero con la diferencia de que el Polioliol tendría un compuesto que menos el freón R11, el cual se adquiriría localmente.

Para el rediseño del sistema de inyección y de mezcladora de Polioliol + Freón R11, ya contando con los ensayos de laboratorio y habiendo encontrado los parámetros de mezclado con lo cual se obtendrá un producto final de alta calidad.

Se tendrá que considerar la tecnología más adecuada, que permitirá realizar este proceso con costos directos aceptables y que haga posible competir en precios y en calidad.

En el siguiente capítulo, se mostrará una maquinaria totalmente rediseñada con el uso efectivo de la Automatización Industrial.

## CAPITULO VI

### LÍNEA DE INYECCIÓN DE POLIURETANO PROPUESTA

#### 6.1 NECESIDADES FUNDAMENTALES PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

La solución a este problema es implementando un nuevo concepto en inyección de Poliuretano de alta densidad.

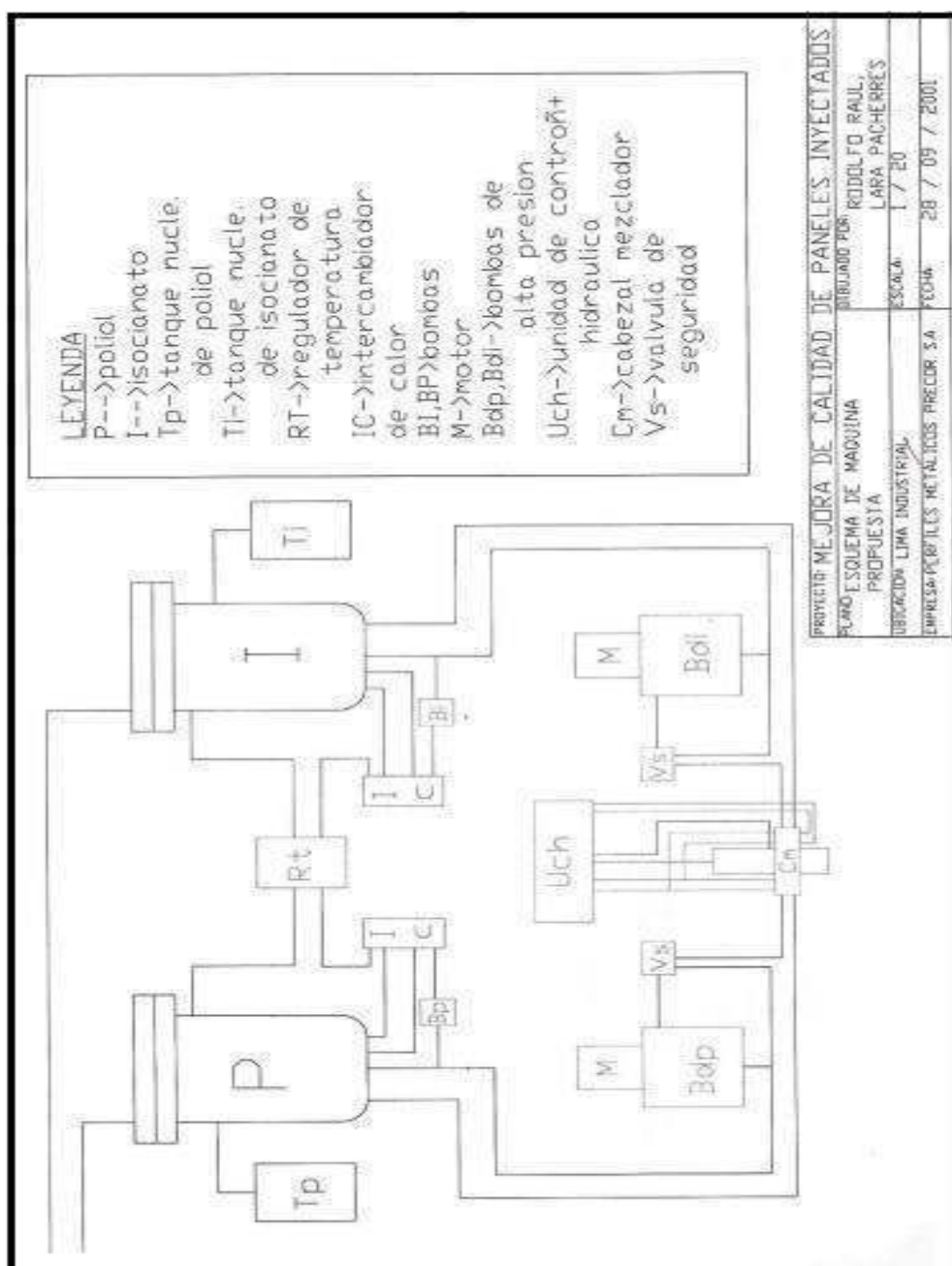
Este nuevo concepto está fundamentado en los siguientes aspectos:

- Necesidad de controlar la nucleación de POLIOL + FREÓN en forma muy eficiente, pues las pruebas de laboratorio indican que es el punto más crítico en el proceso. De esto depende la seguridad de obtención de una adecuada densidad libre de 28 Kg/m<sup>3</sup> y final de 40 Kg/m<sup>3</sup>. Asimismo, como la seguridad de que en un periodo máximo de 30 años no debería de perder estabilidad dimensional.
- Necesidad de que cada panel hasta de un máximo de 11 metros de largo y 15 cm de altura, sea inyectado en lo posible con un solo shot, lo cual es imposible con la máquina actual que lo haría con cuatro shot, lo cual ocasiona problemas serios de densidad final.
- Necesidad de aumentar la capacidad de materia prima mezclada para producción y de postmezcla, sin incorporar elementos como agua, polvo, etc.

- Necesidad de disminuir la carga de cálculo de parámetros de reacción a los operarios, con el consiguiente fin de eliminar posibles errores en la relación proporcional de mezcla, temperatura y tiempos de inyección, etc.



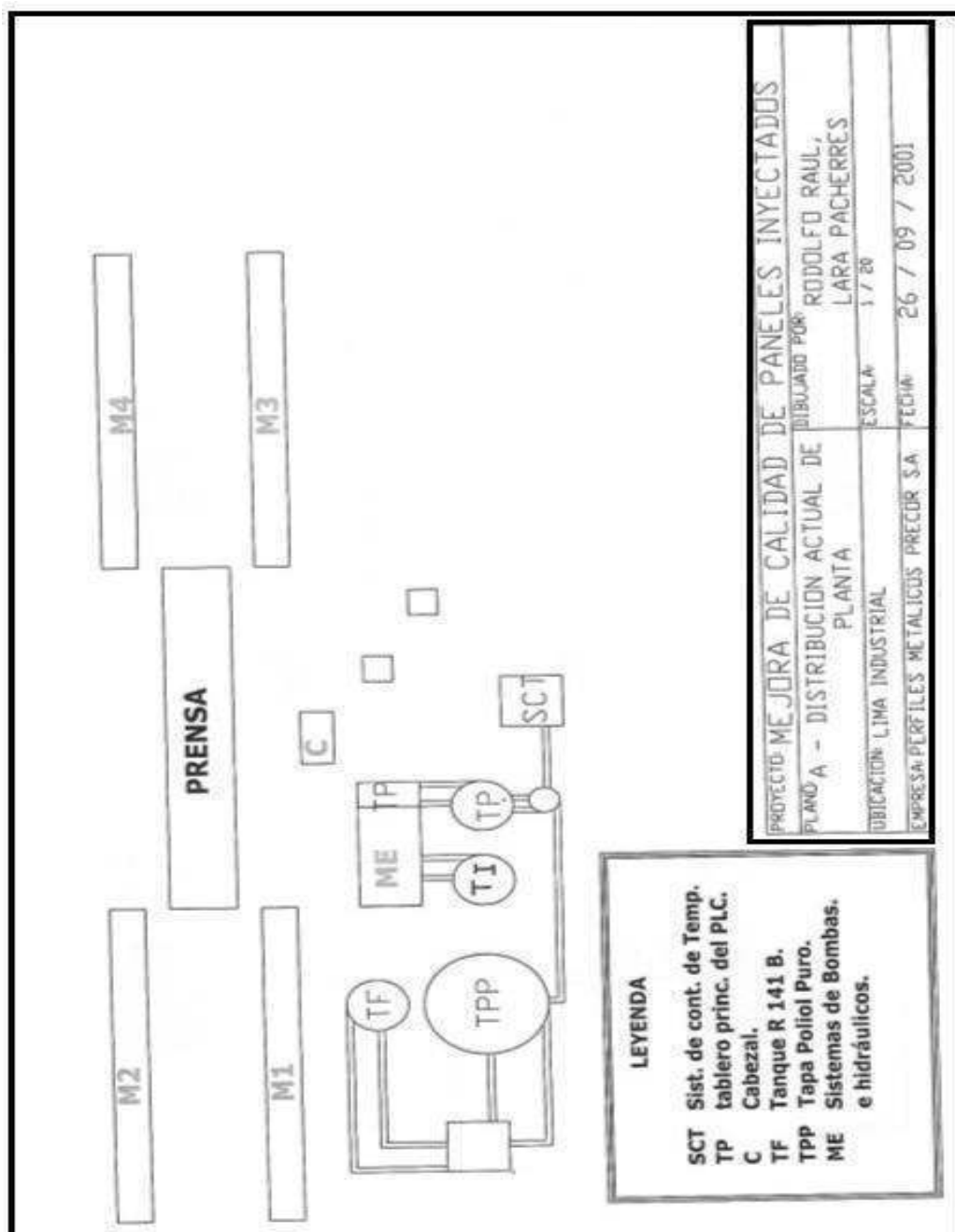
Figura N° 37. Esquema de máquina de alta presión propuesta



Fuente: PRECOR SA

Elaboración: El Autor

Figura N° 38. Esquema de planta propuesta (Línea de inyección de Poliuretano)

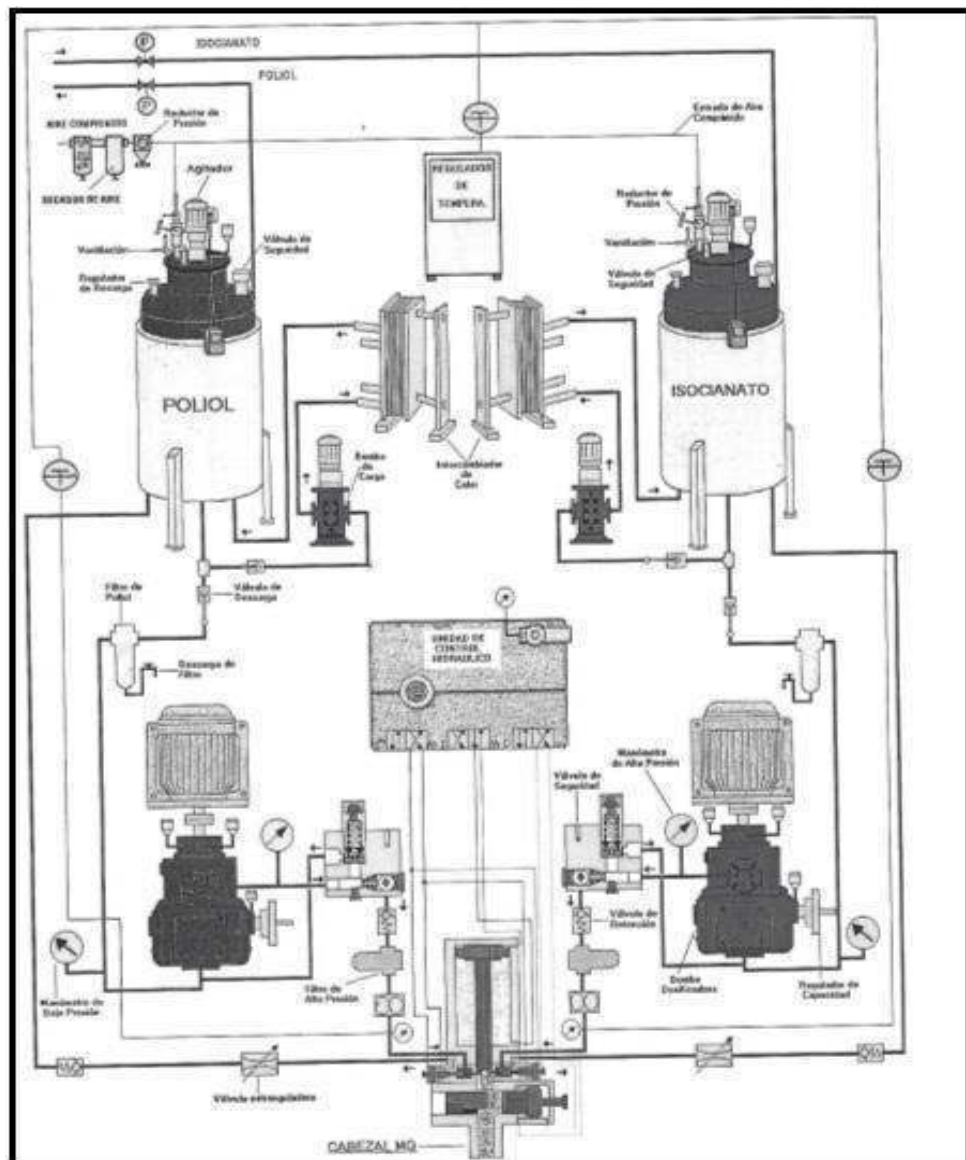


Fuente: PRECOR SA

Elaboración: El Autor

**Figura N° 39. Esquema de inyección de Poliuretano propuesta, con tecnología de control tipo PLC-Simatic S7 y bomba de alta presión.**

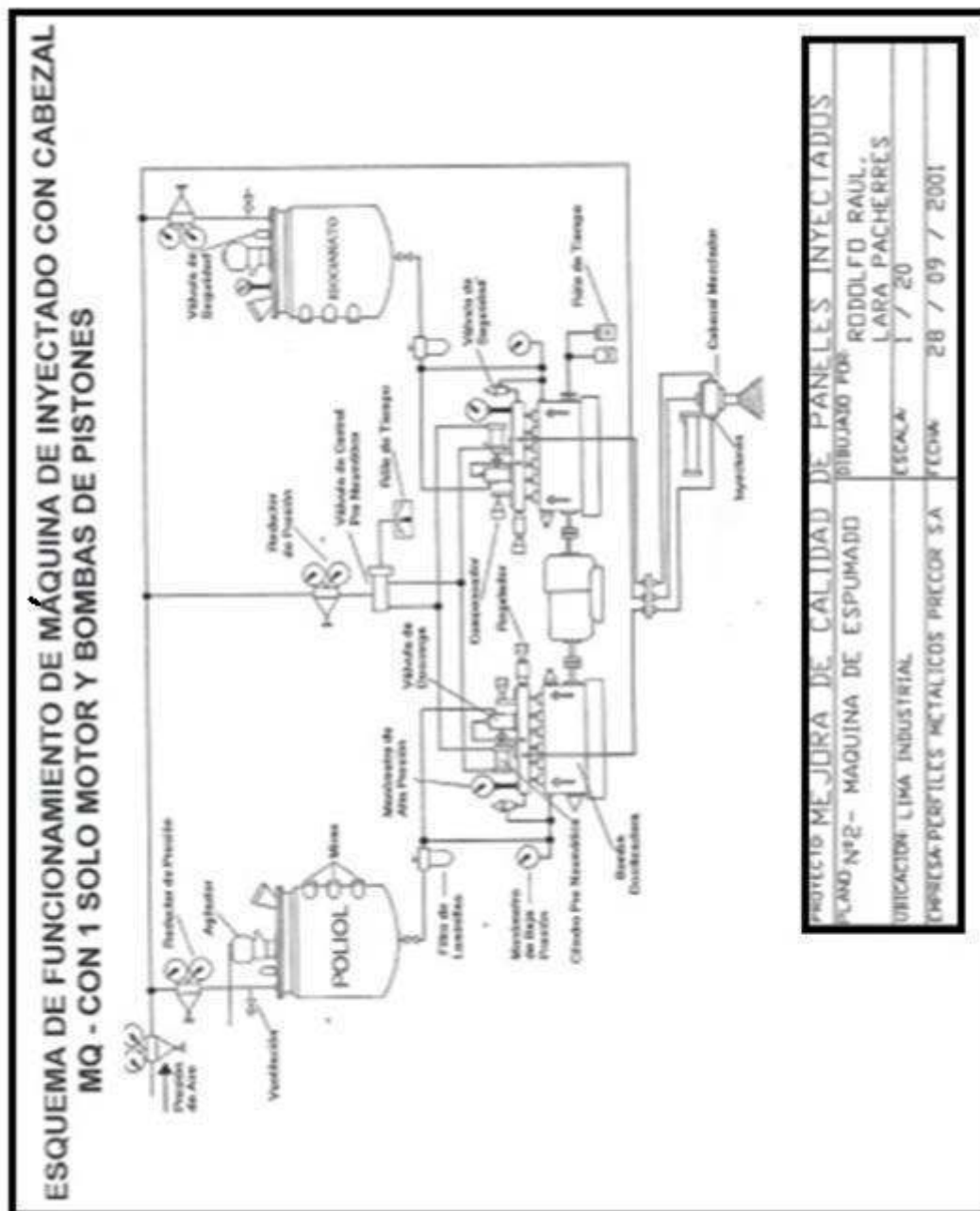
Máquina de espumado de Poliuretano propuesta – Primera Etapa – Cabezal MQ



Fuente: PRECOR SA

Elaboración: El Autor

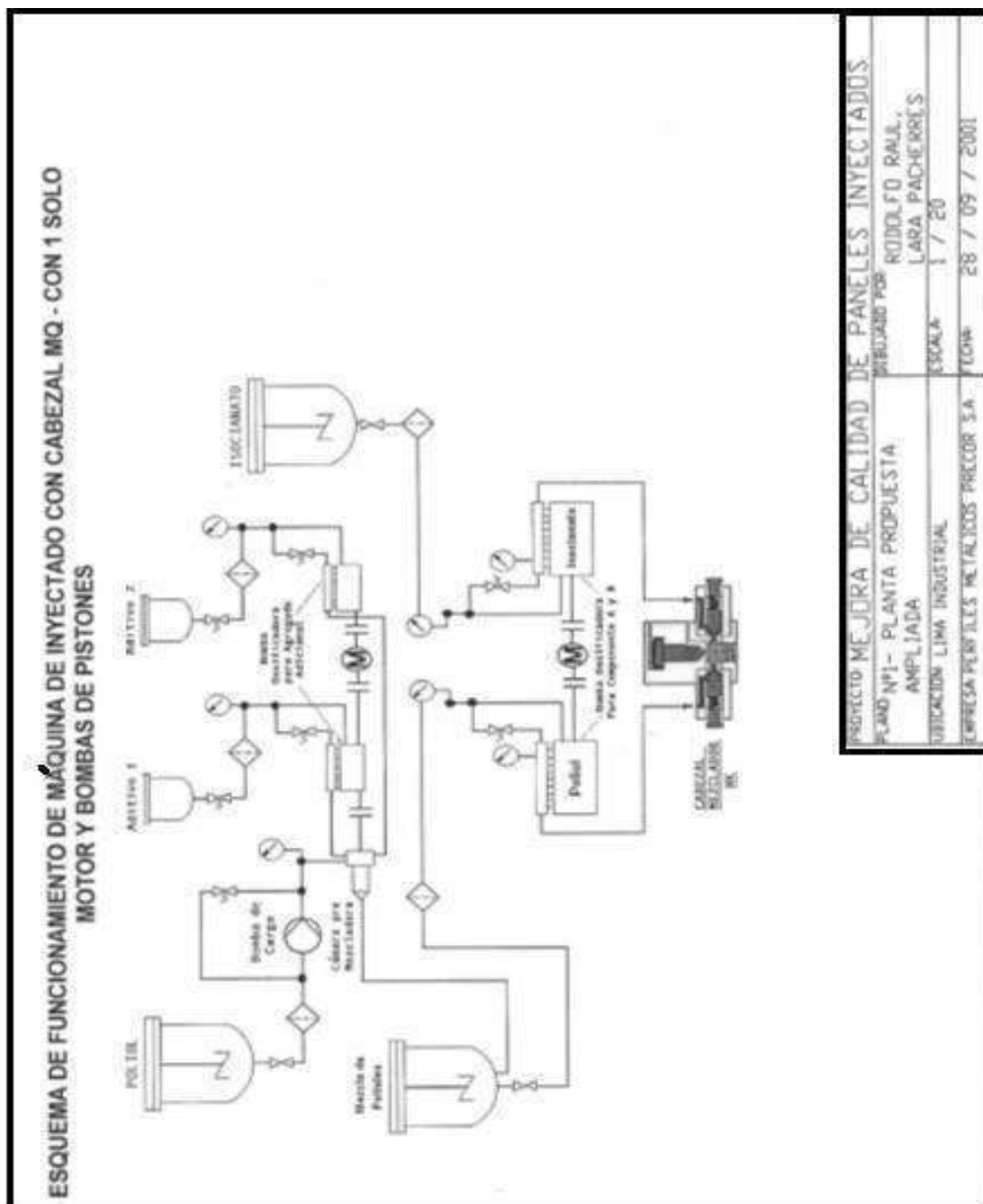
Figura N° 40. Esquema de funcionamiento de máquina de inyectado de Poliuretano con cabezal de alta presión.



Fuente: PRECOR SA

Elaboración: El Autor

Figura N° 41. Esquema de funcionamiento de máquina de inyección de Poliuretano  
cabezal MQ



Fuente: PRECOR SA

Elaboración: El Autor

## **6.2 FUNDAMENTOS CONSIDERADOS Y RECURSOS MECÁNICOS PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA**

Tomando en consideración lo tratado en el punto 6.1, y analizando las informaciones técnicas de cada producto tratado en el punto 2.17. Adicionalmente, la información de los científicos de Bayer de Brasil, Alemania y Perú, ICI de Inglaterra, Colombia, Perú, y IPI de USA, se diseña una planta que reúne todas las condiciones para optimizar la producción en PRECOR S.A. y en cualquier planta de Poliuretano de Latinoamérica.

Los elementos más importantes a utilizar en el diseño propuesto han sido elegidos de diversas empresas de Alemania. A continuación, se mencionarán las empresas que cuentan con los cabezales y bombas en general, que además, reúnen las condiciones de operación requerida para este tipo de procesamiento:

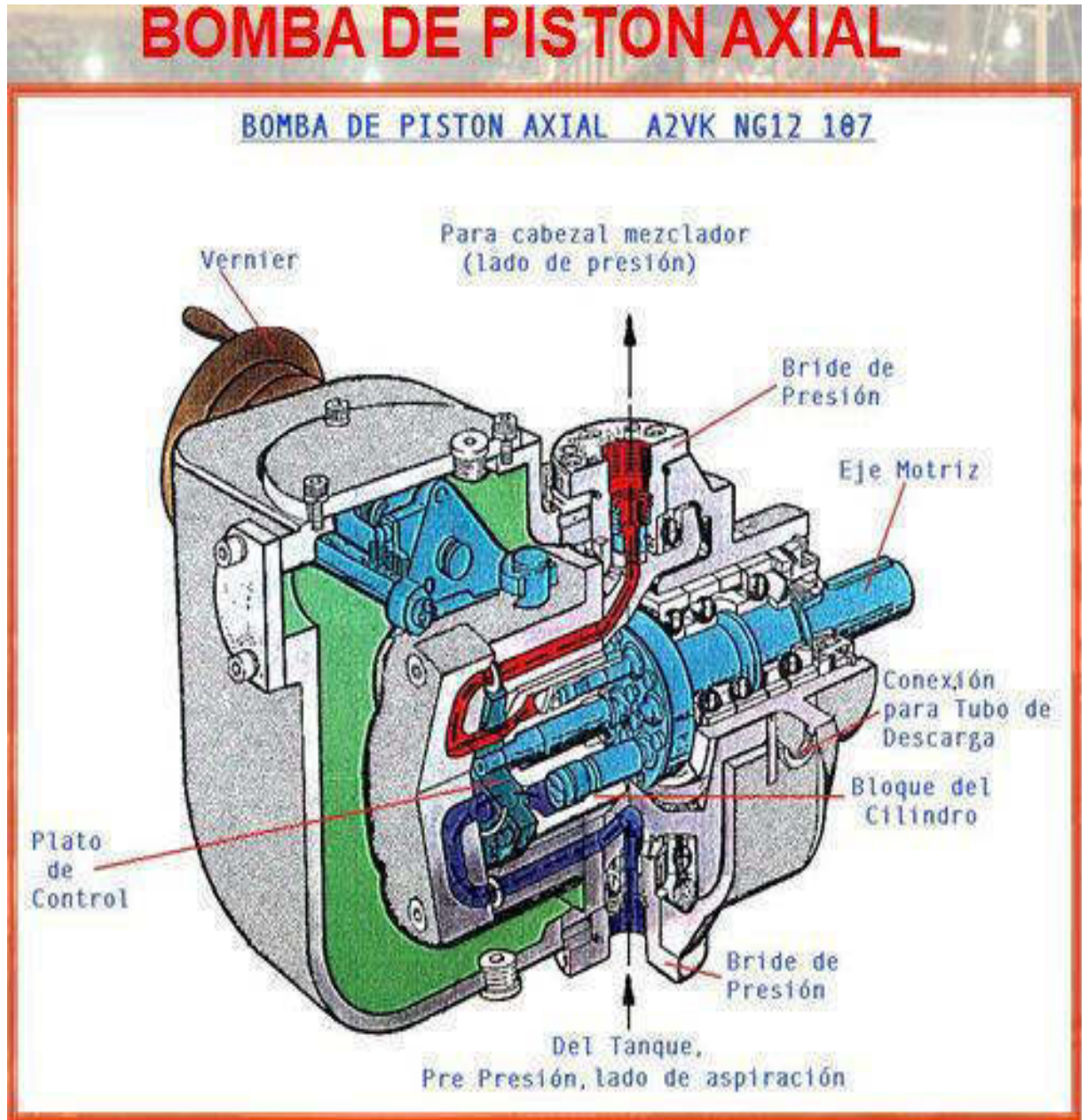
- Vento - Pumpen – Alemania
- Hidromatik ULM - Pump - Alemania
- Hidrostal – Perú, etc.

Lo que se eligió para este proyecto es el de la marca Hidromatik ULM - Pump Alemania, pues es la que reúne mejores condiciones de presión.

En las figuras 42, se muestra la bomba necesaria para este proyecto.

En cuanto a los sistemas hidráulicos y cabezal de inyección, se consideró a la Empresa Hennecke - Anlagentechnik de Alemania, se optó por el cabezal MQ, ya que permitirá que los paneles de 11 metros sean inyectados con un solo shot.

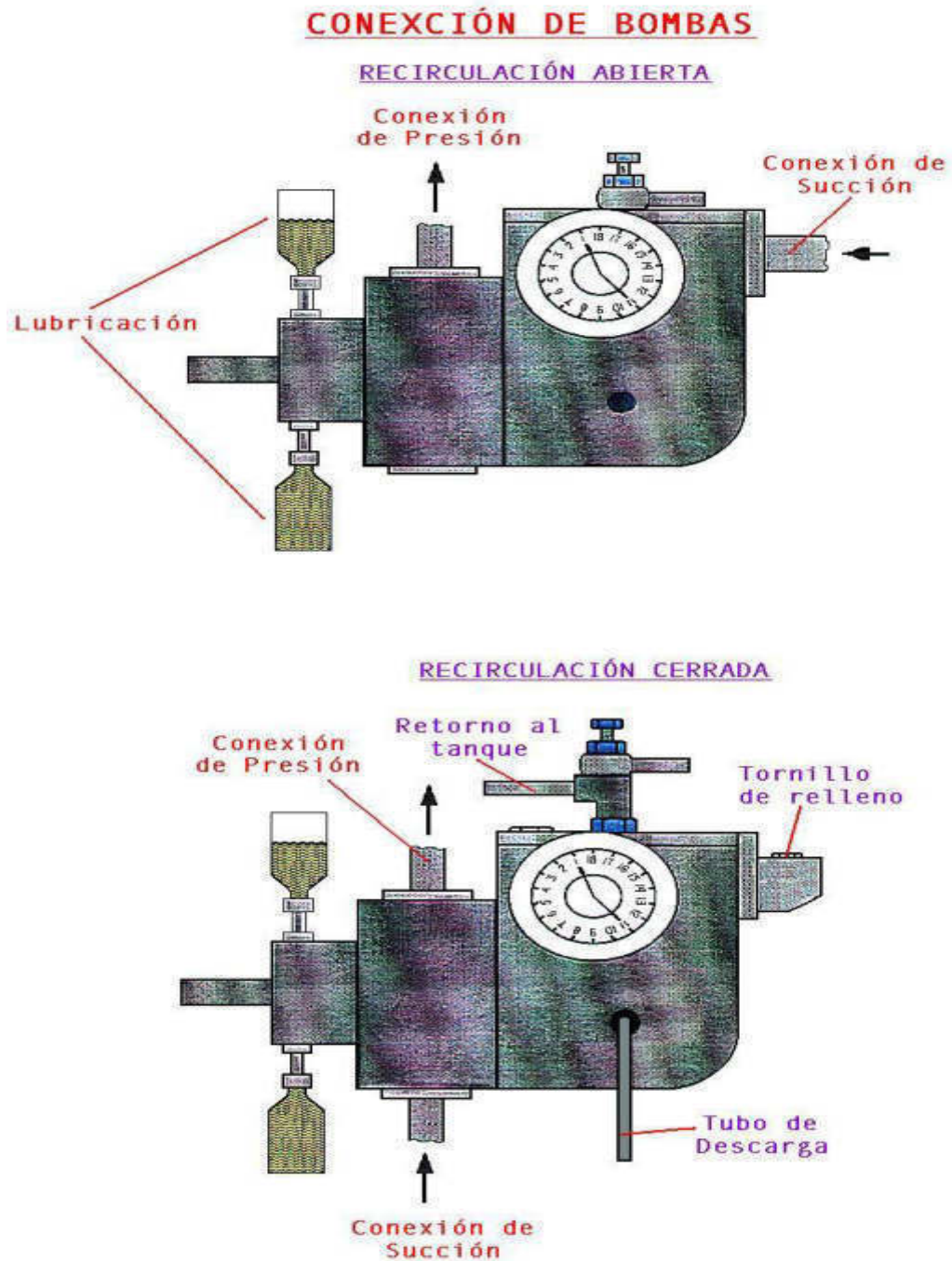
Figura N° 42. Esquema de bomba de pistón axial A2VK NG12 187.



Fuente: Manual de Hennecke GmbH - Polyurethane Technology - Alemania

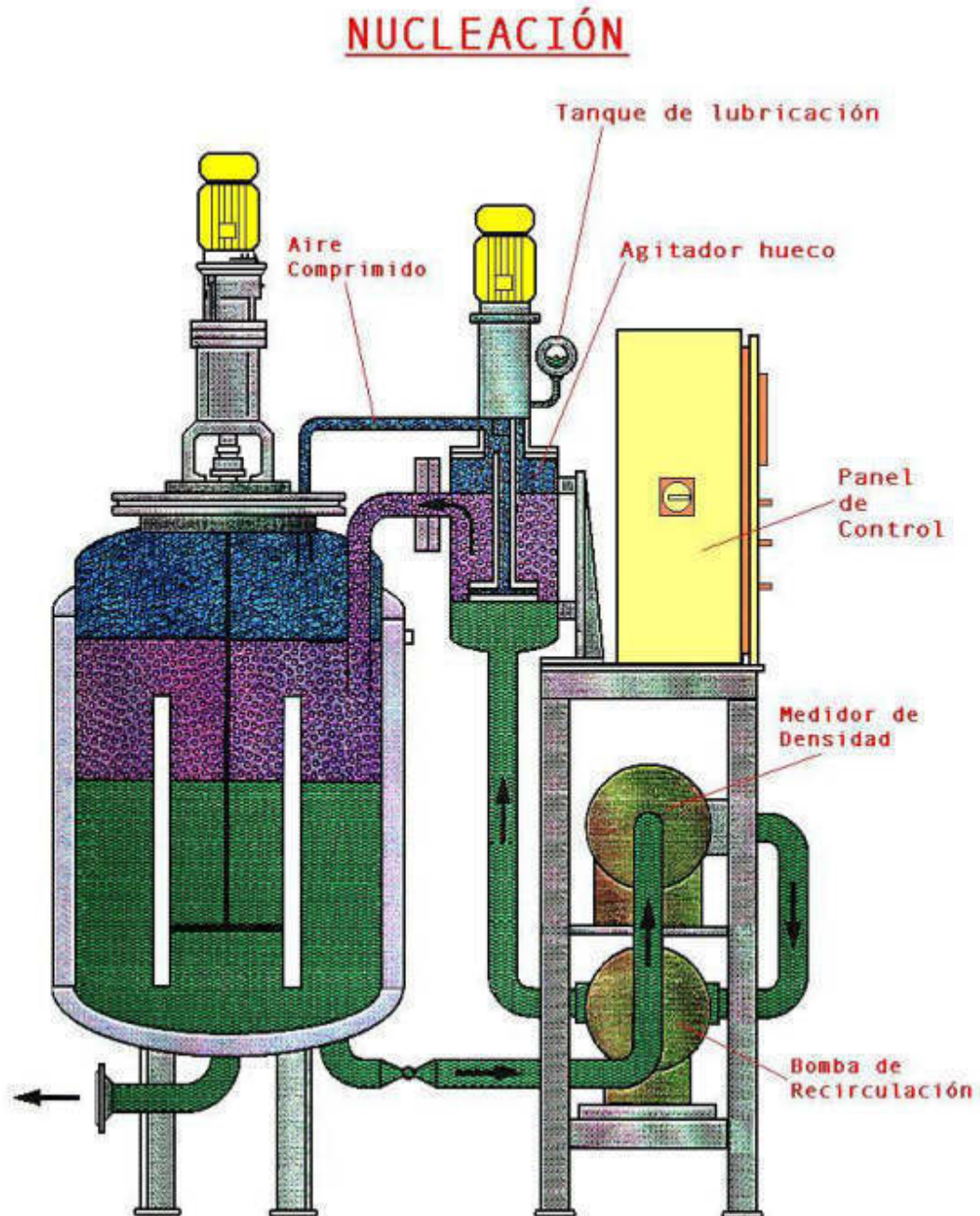


Figura N° 43. Esquema de conexión de bombas.



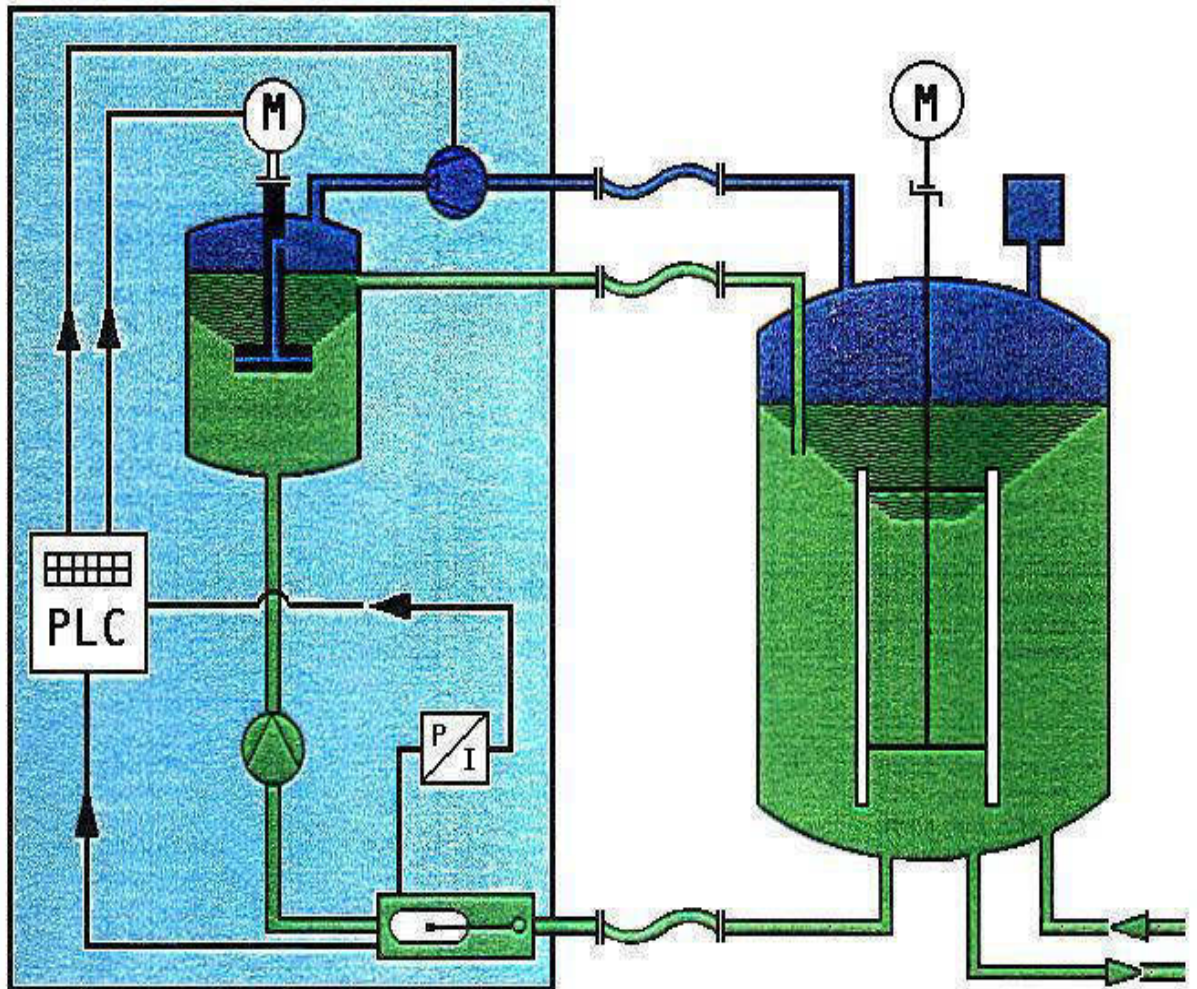
Fuente: Manual de Hennecke GmbH - Polyurethane Technology - Alemania

Figura N° 44. Esquema de nucleación del sistema de inyección de Poliuretano.



Fuente: Manual de Hennecke GmbH - Polyurethane Technology - Alemania

Figura N° 45. Esquema de circulación de los compuestos químicos.



Fuente: Manual de Hennecke GmbH - Polyurethane Technology - Alemania

En las figuras 46, 47, 48, 49 se muestran cabezales analizados para complementar con la nueva bomba de la empresa Hennecke Anlagentechnik de Alemania.

### **6.3 ESQUEMAS DE FUNCIONAMIENTO CONSIDERADOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS NUEVOS ELEMENTOS MECÁNICOS**

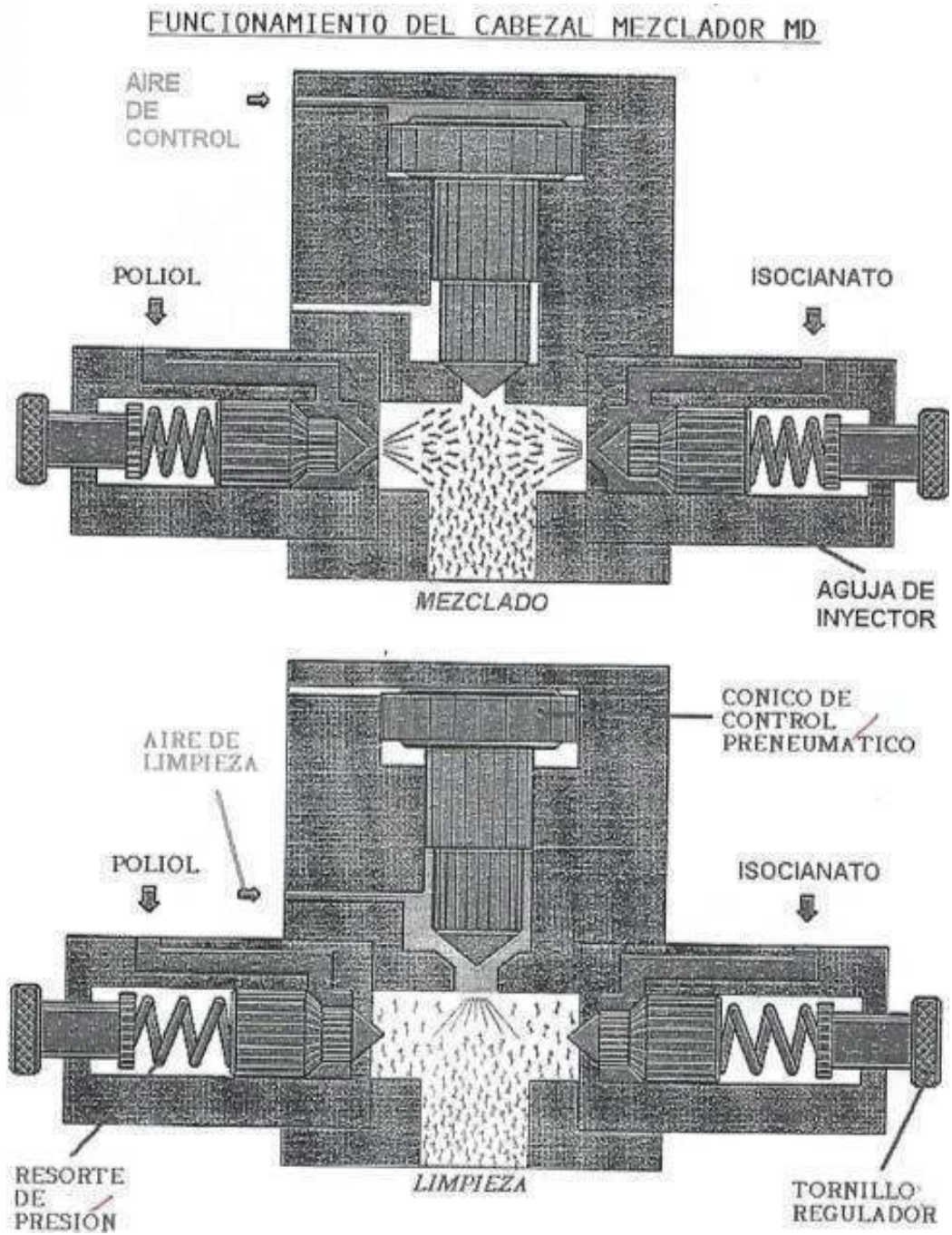
En cuanto a esquemas de funcionamiento existen varias alternativas como se muestran en las figuras 40 Y 41 la elección va a depender del nivel de capacidad de respuesta que desee incorporar la empresa para atender los pedidos, ya que en este rubro se trabaja por proyectos.

Básicamente, cada esquema en común propone:

- 2 cilindros con capacidades de 500 kg. como mínimo para la etapa de inyección.
- 1 cilindro con capacidad de 50 Kg. Para la nucleación constante antes de cada inyección (POLIOL+FREÓN).
- 1 cilindro con capacidad de mínima de 2 tn. Para la etapa previa de nucleación (POLIOL)
- 1 cilindro con capacidad mínima de 1 tn. para la etapa previa de nucleación (FREÓN R141 B)
- 2 bombas Hidromatik ULM - Pump, con capacidad de flujo de hasta 6 kg/seg. (una para el POLIOL y otra para el ISOCIANATO)

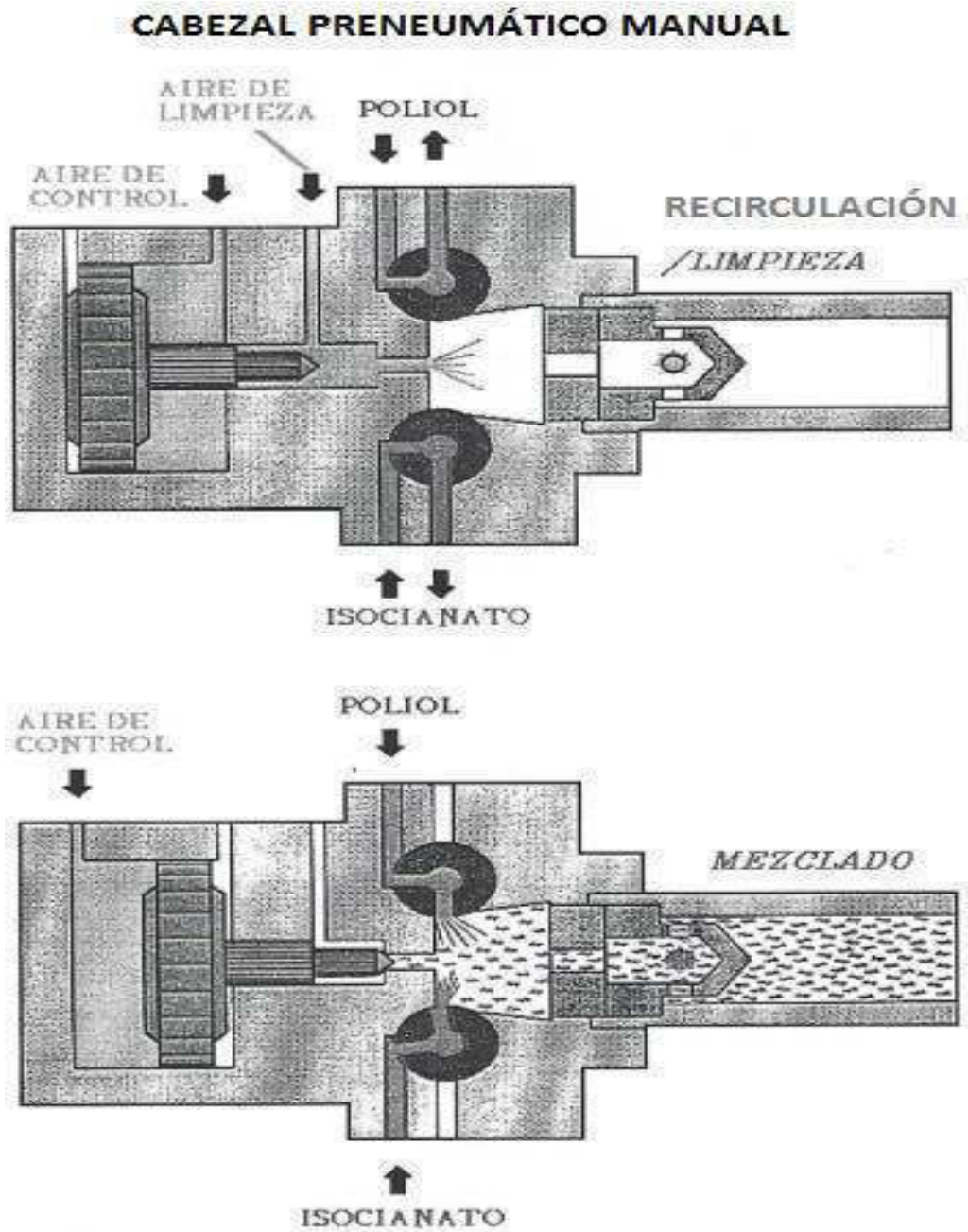
- 1 cabezal de inyección Hennecke - Anlagentechnik MQ (mezcla de POLIOL+FREÓN)
- 4 Sistemas de refrigeración (1 para cada cilindro y su capacidad dependerá de las capacidades de cada cilindro).
- 5 bombas de recirculación de HIDROSTAL - Perú (1 para cada cilindro, solo para circulación y recirculación).
- Elementos de automatización (dependerá del diseño de ingenieros electrónico).

Figura N° 46. Esquema de funcionamiento de cabezal mezclador MD.



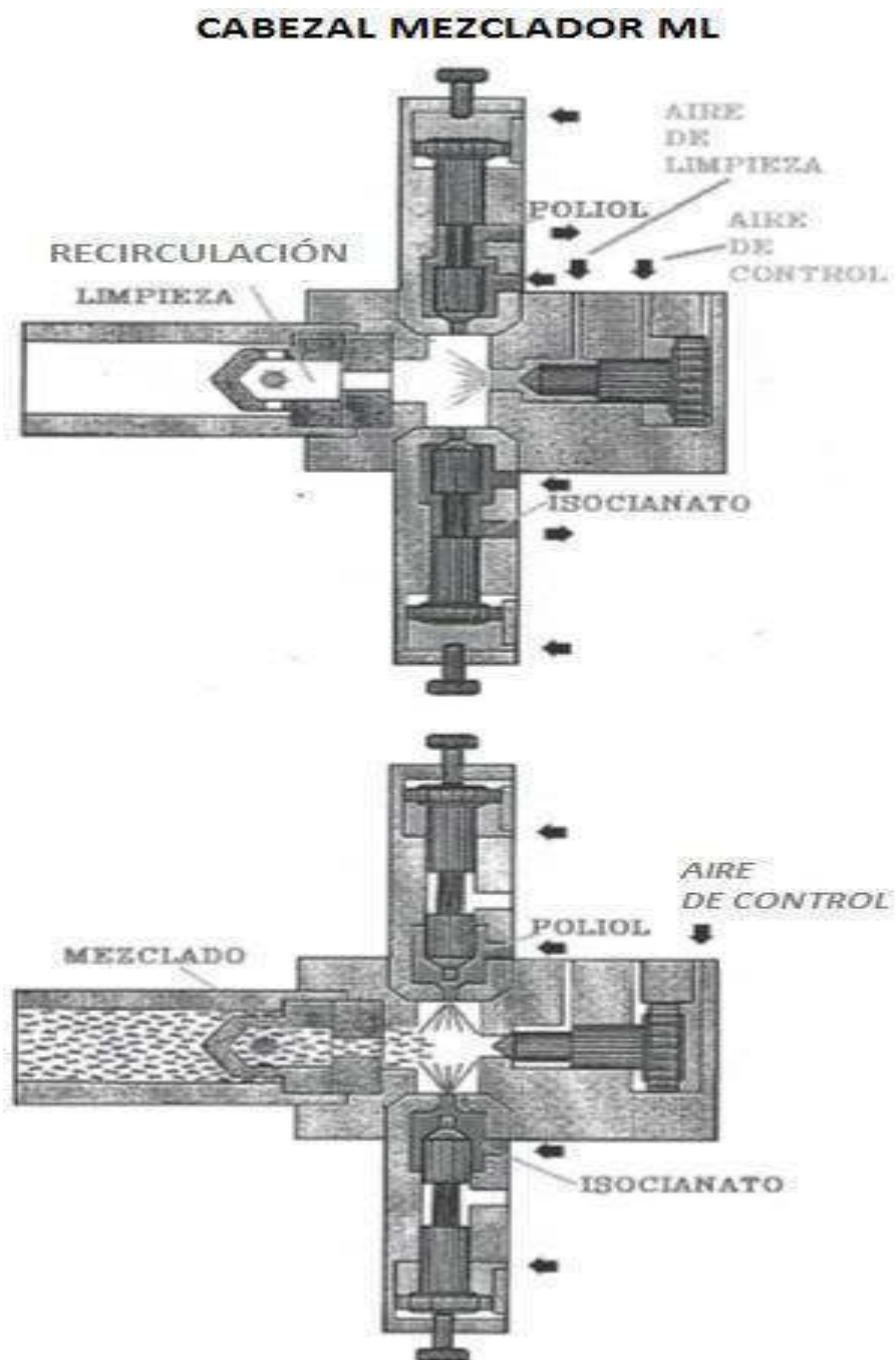
Fuente: Manual de Hennecke GmbH - Polyurethane Technology - Alemania

Figura N° 47. Esquema de cabezal neumático manual.



Fuente: Manual de Hennecke GmbH - Polyurethane Technology - Alemania

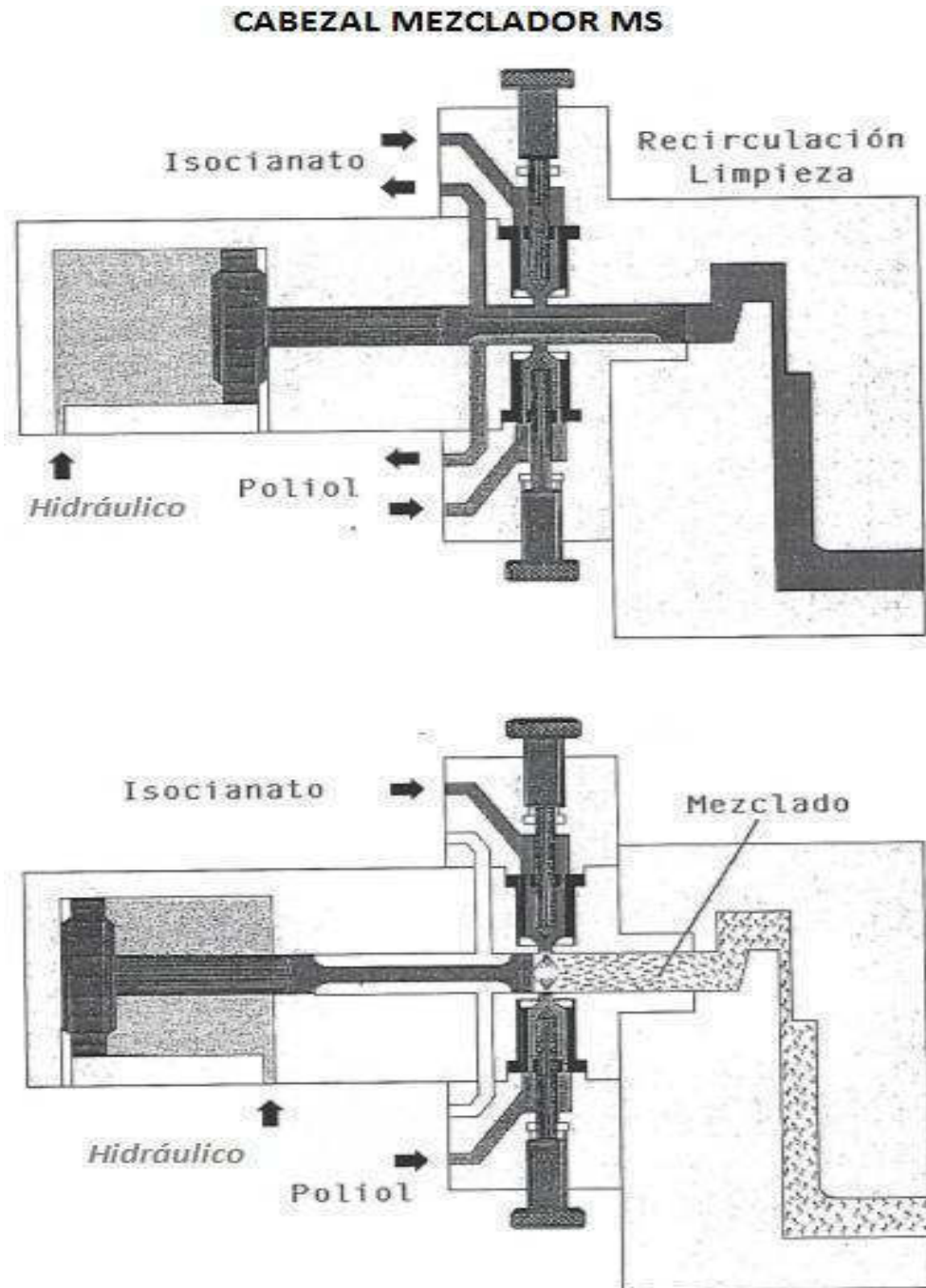
Figura N° 48. Esquema de cabezal mezclador ML.



Fuente: Manual de Hennecke GmbH - Polyurethane Technology - Alemania

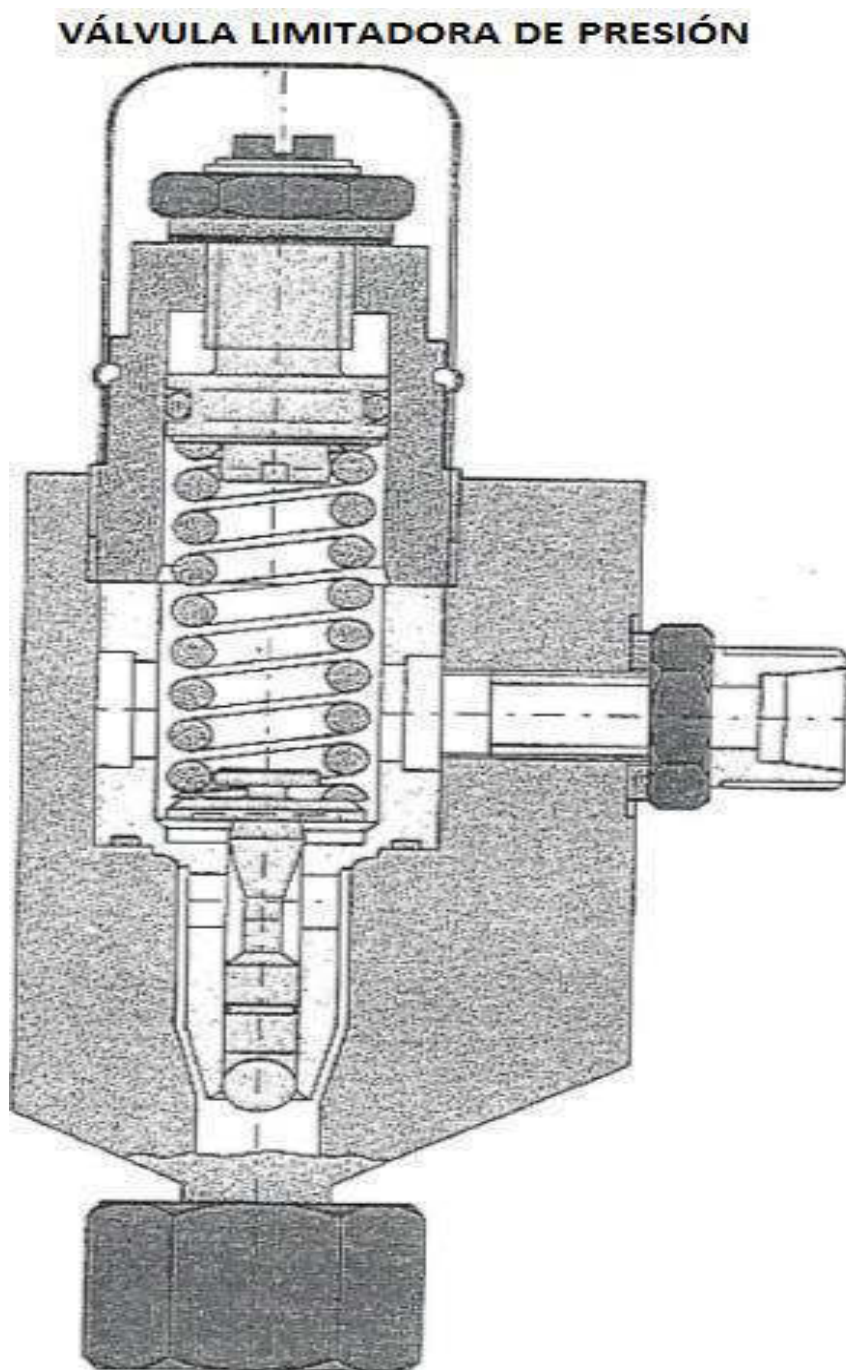


Figura N° 49. Esquema de cabezal mezclador MS.



Fuente: Manual de Hennecke GmbH - Polyurethane Technology - Alemania

Figura N° 50. Esquema de válvula limitadora de presión.



Fuente: Manual de Hennecke GmbH - Polyurethane Technology - Alemania

#### **6.4 SISTEMA DE CONTROL NECESARIO EN TODO EL PROCESO DE INYECCIÓN**

Para que esta línea de inyección pueda operar con toda la confiabilidad requerida y para obtener un producto que reúna todas las exigencias de calidad y costo, se ha considerado a los PLC de SIEMES como uno de los más adecuados, esencialmente la familia S5 Y S7, aunque este año SIEMENS ha decidido sacar del mercado a los S5, por tal motivo se recomienda usar el S7 como PLC del sistema por controlar.

Elementos a utilizar:

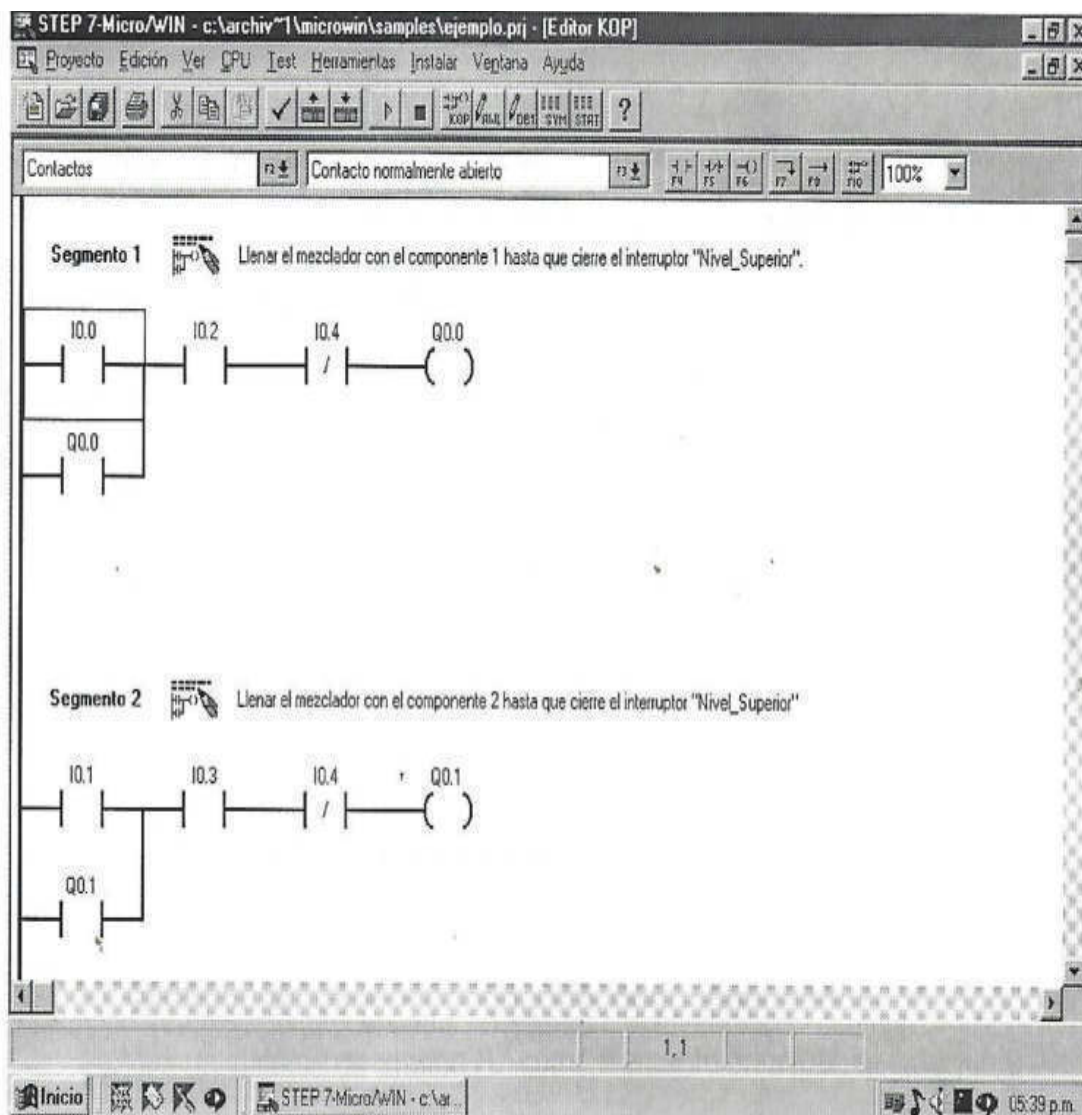
- 01 PLC S7
- 01 terminal de mando OP 15 para el puesto principal.
- 01 terminal de mando OP 6 para los puestos múltiples.

##### a. Breve descripción de la máquina

Unidades principales:

- Recipiente de trabajo
- 2 bombas dosificadoras
- Cabezal mezclador MD
- Mando hidráulico.
- Mando electrónico.
- Dispositivo neumático.

Figura N° 51. Software de programación STEP-7 micro WIN 2.0.



### b. Hardware

La máquina de moldeo por reacción se compone de los siguientes elementos:

- Armario de mando.
- Grupo hidráulico.
- Accionamiento de las bombas de componentes.
- Cabezal mezclador MQ

Todos los elementos de mando eléctrico se hayan centralizadas en un armario de distribución, desde el que se controlan las funciones principales de la máquina.

Asimismo, en el cabezal mezclador MQ, próximo a él ha de instalar una caja de distribución para accionar las funciones del mencionado cabezal mezclador, como por ejemplo inicio del programa, parada y limpieza del cabezal mezclador.

### c. Concepto de hardware

El concepto del PLC necesario para este nuevo sistema de inyección, incluye un sistema de mando S7 como elemento principal, que junto con el mando del cabezal mezclador, se encargará de controlar y regular

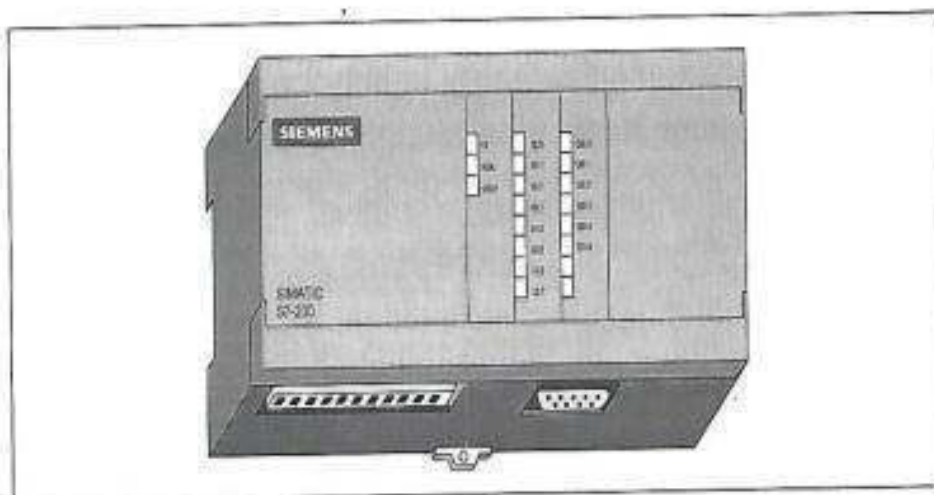
todos los componentes del sistema (grupo hidráulico, motores de bombeo de componentes, control de presión, etc.). Además de los ajustes de los cabezales mezcladores, la entrada de los parámetros que regulan todas estas tareas tiene lugar en el panel de mandos, mediante terminal y/o teclado plano.

Figura N° 52. Micro PLC S7-200

1

## Introducción a los Micro-PLCs S7-200

La gama S7-200 comprende diversos sistemas de automatización pequeños (Micro-PLCs) que se pueden utilizar para numerosas tareas. La figura 1-1 muestra un Micro-PLC S7-200. Gracias a su diseño compacto, su capacidad de ampliación, su bajo costo y su amplio juego de operaciones, los Micro-PLCs S7-200 se adecúan para numerosas aplicaciones pequeñas de control. Además, los diversos tamaños y fuentes de alimentación de las CPUs ofrecen la flexibilidad necesaria para solucionar las tareas de automatización.



### Índice de capítulo

Apartado	Descripción	Página
1.1	Funciones de los diversos Micro-PLCs S7-200	1-2
1.2	Principales componentes de un Micro-PLC S7-200	1-4

## Figura N° 53. Micro PLC S7-200 – Funciones

### Funciones de los diversos Micro-PLCs S7-200

#### Equipos necesarios

La figura 1-2 muestra la estructura básica de un Micro-PLC S7-200 que incluye una CPU S7-200, un PC, el software de programación STEP 7-MicroWIN y un cable de comunicación.

Si desea utilizar un PC, debe disponer de uno de los siguientes equipos adicionales:

- Un cable PC/PPI.
- Un procesador de comunicaciones (CP) y un cable de interface multipunto (MPI).
- Una tarjeta de interface multipunto (MPI). El cable de comunicación se suministra junto con la tarjeta MPI.

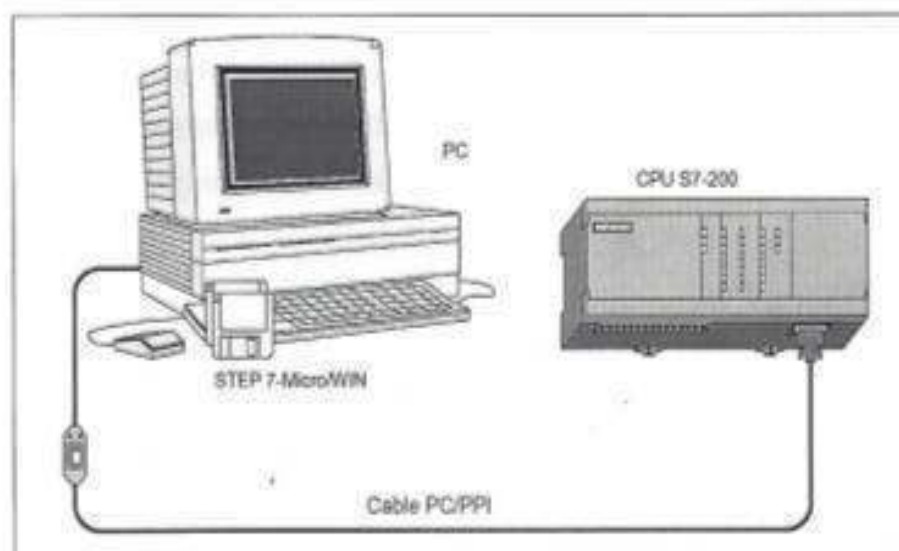


Figura 1-2 Componentes de un Micro-PLC S7-200

#### Capacidad de las CPUs S7-200

La serie S7-200 comprende diversas CPUs. Por lo tanto, se dispone de una amplia gama de funciones que permiten diseñar soluciones de automatización a un precio razonable. La tabla 1-1 resume las principales funciones de cada CPU.



#### d. Unidades

Unidad de control 24v c.c.

- Unidad de automatización S7.
- Unidad central.
- Tarjeta de entrada digital.
- Tarjeta de salida digital.
- Unidad de mando OP15.
- Indicadores y mandos.

Unidad de potencia 230 / 400 v c.a (es posible solicitar tensiones especiales), para el puesto principal y para el múltiple.

- Fuente de alimentación.
- Contactadores (24 V c.c).
- Interruptor protector del motor.
- Protección de cables e hilos.

#### e. Datos del proceso

El OP15 debe mostrar valores reales en la adquisición de datos de proceso, en función de las variantes de medición. Si en la máquina se registran varios de los posibles valores de proceso, primero se mostrará

un menú de selección, desde el cual se accede a los valores individuales.

Los datos de proceso que se podrán registrar son los siguientes:

- Rendimiento de las bombas dosificadoras en gramos por segundo.
- Presión del componente en el cabezal mezclador o en el bastidor vertical de la máquina.
- Temperatura del componente en el cabezal mezclador o en el bastidor vertical de la máquina.
- Temperatura del componente en los recipientes.

Además, deberá existir un registro de dosificación que almacene los datos del último proceso de dosificación.

Dichos datos deben guardar el número de programa de dosificación, el tiempo de dosificación, el peso de dosificación individual de los componentes, el peso de dosificación teórico y la relación de mezcla. Estos datos se actualizan también en el caso que haya una inyección en seco. El tiempo de dosificación se entiende como el tiempo de dosificación teórico, es decir, no se tiene en cuenta una interrupción de la dosificación. El tiempo de dosificación no se mide por separado.

Para esto se ha diseñado un programa en Excel que al introducir el tipo de compuesto químico, automáticamente, mostrará los tiempos de inyección por metro y tipo de producto, lo que luego será introducido en el OP5 y éste interactuará con el PLC S7.

En la figura 36, se muestran las pruebas para el producto BAYER, toda la lógica y análisis implicados para este sistema es materia de otra tesis, que involucra a ingenieros de sistemas, pero se muestra aquí porque es la forma más eficiente de aprovechar al PLC.

f. Tiempos de máquina

Aquí se ingresarán todos los valores de control de la bomba que dependen del tiempo. Dichos valores controlan el proceso de dosificación (ver tabla B-para Bayer), así como, el comportamiento del grupo hidráulico y las variantes del circuito. Cada pantalla contiene dos campos de entrada para introducir un valor de tiempo.

**Figura N° 54. Micro PLC S7-200 CPU 216 alimentación AC, entradas DC, salidas de relé**

Características generales		Salidas	
Dimensiones (l x a x p)	217,3 x 80 x 62 mm	Tipo de salida	Relé, contacto de baja potencia
Peso	0,6 kg	Margen de tensión	DC 5 V a 30 V / AC 250 V
Disipación	9 W	Corriente de carga máxima	2 A/salida, 10 A/hilo neutro
Tamaño programa de usuario/memoria	4 Kpalabras/EEPROM	Sobretensión transitoria	7A al estar cerrados los contactos
Tamaño datos usuario/memoria	2,5 Kpalabras/RAM	Resistencia de aislamiento	mín. 100 MΩ (nuevo)
Ret. de datos y del tiempo real	tip. 190 h	Retardo de conmutación	máx. 10 ms
Condensador de alta potencia	(mín. 120 h a 405C)	Vida útil	10 000 000 mecánico 100 000 con carga normal
Pila opcional	200 días de uso continuo	Resistencia de contacto	máx. 200 mΩ (nuevo)
E/S locales <sup>1</sup>	24 entradas/16 salidas	Aislamiento	bobina a contacto contacto a contacto (entre contactos abiertos)
Número máximo de módulos de ampliación	7	Protección contra cortocircuitos	ninguna
E/S digitales asistidas	64 entradas/64 salidas	<b>Alimentación</b>	
E/S analógicas asistidas	16 entradas/16 salidas	Margen de tensión/ de frecuencia	AC 85 V a 264 V a 47 a 63 Hz
Velocidad de ejecución booleana	0,8 µs/operación	Corriente de entrada	tip. 6 VA, sólo CPU 50 VA carga máx.
Marcas internas	256	Tiempo de retardo	mín. 20 ms de AC 110 V,
Temporizadores	256 temporizadores	Extra-corriente de cierre	20 A pico a AC 264 V
Contadores	256 contadores	Protección con fusibles (no reemplazable)	2 A, 250 V, de acción lenta
Contadores rápidos	1 software (máx. 2 KHz) 2 hardware (máx. 20 KHz c/u)	Corriente disponible DC 5 V	1000 mA para módulo de ampliación
Tolerancia del reloj de tiempo real (TOD)	6 minutos/mes	Aislamiento	SI Transformador, AC 1500 V, 1 minuto
Salidas de impulsos	no recomendadas	<b>Alimentación para sensores DC</b>	
Potenciómetros analógicos	2	Margen de tensión	DC 19,2 V a 28,8 V
Homologaciones	UL 508 CSA C22.2 142 FM clase I, categoría 2 según VDE 0160 según CE	Rizado/corriente parásita (<10 MHz)	máx. 1 V de pico a pico
<b>Entradas</b>		Corriente disponible DC 24 V	400 mA
Tipo de entrada	fusible Tipo IEC 1131 con sumidero de corriente	Limitación de corriente de cortocircuito	< 600 mA
Área en ON	DC 15 V a 30 V, mín. 4 mA DC 35 V, 500 ms sobretensión transitoria	Aislamiento	no
Tensión nominal en ON	DC 24 V, 7 mA		
Máximo en OFF	DC 5 V, 1 mA		
Tiempo de respuesta máxima I0.0 a I1.5	0,2 ms a 8,7 ms seleccionable 0,2 ms predeterminado		
I0.6 a I1.5 como se usa en HSC1 y HSC2	6 µs ON, 30 µs OFF		
I1.6 a I2.7	máx. 4 ms		
Separación galvánica	AC 500 V, 1 minuto		

<sup>1</sup> En la CPU están previstas 24 entradas y 16 salidas en la imagen del proceso para E/S locales.

g. Explicación de los tiempos de máquina

➤ Avance de bomba

Este tiempo incluirá la presurización de los componentes hasta alcanzar una presión constante, ajustada para el proceso de dosificación. Transcurrido este tiempo comienza el proceso de dosificación, que durará el tiempo que se haya prefijado.

➤ Tiempo de presurización del grupo hidráulico

Antes de que transcurra este tiempo, el grupo hidráulico debe alcanzar la presión de desconexión de la válvula de presurización (cabezal mezclador MQ) o del accionamiento hidráulico; de lo contrario, se producirá un error.

➤ Tiempo de conexión del circuito acondicionador

Este es el tiempo, en que estarán funcionando las bombas de los componentes, habiéndose preseleccionado un circuito acondicionador. En el circuito acondicionador, los accionamientos de sustancias prefijadas se conectan cíclicamente pero, a diferencia del circuito intermitente, en cualquier momento se puede iniciar un proceso de

dosificación. El grupo hidráulico también permanece activado durante el tiempo de desconexión, para mantener el nivel de presión del sistema.

- Tiempo de desconexión del circuito acondicionador

Durante este las bombas de componentes no estarán funcionando, aunque el circuito acondicionador esté activado.

**Figura N° 55. Micro PLC S7-200 CPU 216 terminales de conexión**

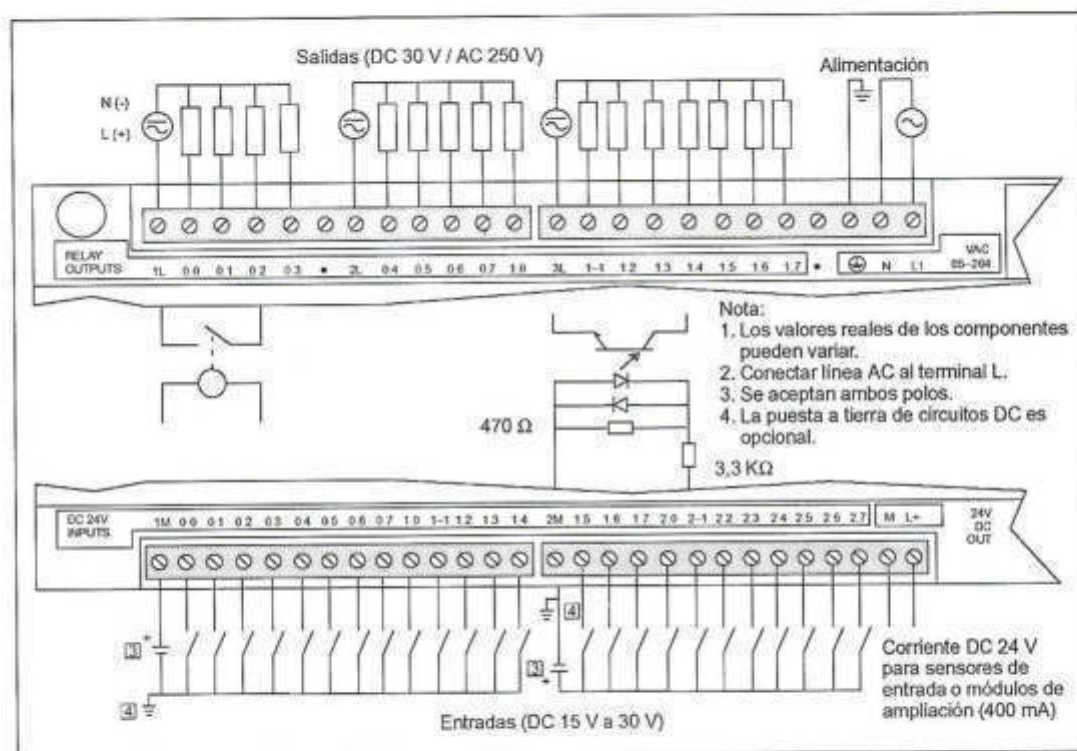


Figura A-18 Identificación de terminales de conexión para la CPU 216 AC/DC/relé

➤ Tiempo de conexión del circuito intermitente

Es el tiempo en que estarán funcionando las bombas de los componentes, y habiendo preseleccionado un circuito intermitente (circuito de fin). Durante el circuito intermitente, los accionamientos de sustancias prefijados se conectan, cíclicamente, pero no se puede iniciar un proceso de dosificación.

➤ Tiempo de desconexión del circuito intermitente

Durante este tiempo, las bombas de componentes no están funcionando, aunque el circuito intermitente esté activado. El grupo hidráulico permanece desactivado durante el tiempo de desconexión.

➤ Tiempo mínimo de conexión de la válvula de presurización

Para este caso en que se contará con solo un interruptor de presión por cada conducto de presión, la presurización se controla mediante la histéresis de este interruptor de presión. Con el objeto de evitar una vibración de los contactos de conexión y, por tanto, de la válvula de presurización, este tiempo se activa cuando la presión cae por debajo del valor ajustado.

Será preciso ajustar un tiempo que permita garantizar una carga segura del acumulador de presión, sin que la válvula de descarga llegue a actuar en el proceso de conexión.

#### h. Explicación de los tiempos del cabezal mezclador

Aquí se ajustarán todos los parámetros de mando del cabezal mezclador que dependen del tiempo. Cada pantalla contendrá dos campos de entrada para introducir un valor de tiempo.

##### ➤ Tiempo de espera para limpieza

Transcurrido el tiempo de dosificación, se deberá poner en marcha el temporizador del tiempo de espera para limpieza. Éste debe ser apropiado para el tiempo de reacción de la correspondiente mezcla de Poliuretano.

##### ➤ Tiempo de limpieza

Éste comenzará al finalizar el tiempo de espera para limpieza. El expulsor permanece en la posición de expulsión (posición de limpieza) hasta que finaliza el tiempo de limpieza.



➤ Tiempo de espera para limpieza cíclica

Si se preselecciona la limpieza cíclica, al finalizar la limpieza comienza el tiempo de espera para la limpieza cíclica. Transcurrido este tiempo de espera, tiene lugar la limpieza del cabezal durante los ciclos de limpieza, separados entre sí por el intervalo de limpieza.

➤ Ciclo de limpieza

Éste estará referido al tiempo durante el cual, transcurrirá el tiempo de espera para limpieza cíclica, se limpia el cabezal, a intervalos de limpieza.

➤ Intervalo de limpieza

Si se ha preseleccionado la limpieza cíclica, transcurrido el tiempo de espera para dicha limpieza, tiene lugar la limpieza del cabezal durante ciclos de limpieza, separados entre sí, por un valor de tiempo que viene indicado por este intervalo.

➤ Tiempo de funcionamiento del expulsor

Tiempo de desplazamiento del expulsor, desde la posición de limpieza hasta la posición de dosificación o viceversa. Durante este tiempo es preciso que el sensor correspondiente quede despejado o amortiguado.

➤ Tiempo de funcionamiento del casquillo estrangulador

Tiempo de desplazamiento del casquillo estrangulador, desde la posición de limpieza hasta la posición de dosificación o viceversa. Durante este tiempo es preciso que el sensor correspondiente quede despejado o amortiguado.

➤ Desplazamiento estrangulador / expulsor

Este tiempo comienza cuando se ordena la limpieza del cabezal mezclador. Simultáneamente, la corredera estranguladora se desplaza por un instante a la posición de dosificación y regresa. Posteriormente, transcurrido este tiempo, se desplaza el expulsor.

➤ Tiempo máximo de espera para limpieza

Transcurrido este tiempo tiene lugar una limpieza forzada tras el proceso de dosificación, si el tiempo de espera para limpieza ajustado es mayor que el tiempo de presurización del grupo hidráulico y además,

no se ha iniciado el proceso de limpieza de servicio. Este tiempo proporciona una seguridad y sólo es de aplicación, en el caso de procesos automáticos. Debería ajustarse el valor de consigna máximo.

- i. Mando eléctrico - estructura del sistema de mando Simatic s7  
- características mecánicas

En función de las tareas por realizar, para controlar una máquina con cabezal MQ, se utilizan los sistemas de mando SIMATIC de la familia S7. Básicamente, dichos sistemas se diferencian por su estructura mecánica, el concepto de mando y las funciones que ofrecen, pero son muy parecidos.

En la unidad de automatización del sistema S7, la tarjeta de alimentación eléctrica (24v), la unidad central y una unidad de entrada y de salida se encuentran integrados en una carcasa.

El resto de unidades estará enchufado en chasis dobles montados, a su vez, en perfiles normalizados. Los chasis estarán conectados, entre sí, mediante clavijas para las líneas de bus eléctricas. En una unidad central, caben como máximo siete tarjetas.

La unidad de automatización del sistema S7 se compone de una unidad central situada en el chasis. El chasis se compone de un perfil de aluminio que sujeta mecánicamente todas las tarjetas y de dos placas

bus, que conectan eléctricamente las unidades entre sí. En la unidad central, pueden enchufarse como máximo siete tarjetas.

j. Unidad de alimentación eléctrica

La unidad de alimentación eléctrica generará, a partir de la tensión de red, las siguientes tensiones de servicio para la unidad de automatización:

- +5V, +5,2 : tensión de alimentación de todas las unidades.
- +24V : para las interfaces con una intensidad de 20 mA.

Funciones adicionales:

- Alimentación de la memoria RAM mediante una batería (litio).
- Posibilidad de alimentación externa de la memoria RAM, a través de dos entradas durante el cambio de batería.

Asimismo, señales de control y aviso:

- Control de las tensiones internas y de la tensión de la batería intermedia.

- Generación de las siguientes señales de aviso: fallo de la red, de la batería y re inicialización.

#### k. Batería intermedia

Para la alimentación eléctrica de todas las RAM (contiene todos los datos del programa) en caso de fallo de la tensión de res, existe una batería intermedia de litio con:

- Una vida útil de cinco años (dos años en caso de alimentación ininterrumpida de la unidad central).
- 5,2 Amp. capacidad 3,4V.

Para la alimentación externa de la tensión de la batería existen dos entradas. De este modo, se puede cambiar la batería intermedia sin interrumpir el suministro de tensión, aunque se desconecte la alimentación eléctrica.

#### l. Unidad central (cpu)

Lee los estados de señalización de las entradas, procesa el programa de mando y controla las salidas. Además, de las

funciones de proceso del programa, la CPU dispone de marcadores, relojes y contadores internos.

m. Unidad de recuento (opcionalmente en combinación con s7)

Sirve para procesar secuencias rápidas de impulsos y dispone de cinco canales de recuento independientes con control de puertas.

n. Unidades de entrada y de salida

Las tarjetas de entrada digitales adaptan estas señales (por ejemplo, del interruptor de presión o del selector) el nivel de señal interno de la unidad de automatización (S7).

Las tarjetas de salida digitales convierten el nivel de señal interno en señales digitales de proceso (por ejemplo, para relés o válvulas electromagnéticas).

o. Desarrollo del proceso de dosificación

Se describe exclusivamente el proceso de inyección, desde la situación de parada, sin bomba de alimentación ni unidad de dosificación adicional.

Al iniciarse la dosificación se deben ejecutar las siguientes funciones:

1) Arranque simultáneo de:

- Accionamiento de poliol.
- Tiempo “inicio isocianato”. Se excita el electroimán de la válvula de distribución. La válvula se conmuta. La corredera estranguladora pasa a la posición de dosificación.
- Se excita el electroimán de la válvula de baja presión de distribución del circuito (modelo especial). La válvula se conmuta. El elemento de derivación a baja presión se bloquea y en la zona de alta presión, tiene lugar la recirculación por inyección (avance de la bomba).
- La unidad de conexión del cabezal mezclador prefijado se abre, y la unidad de conexión del otro cabezal mezclador se cierra con cierto retardo. Si se inicia la dosificación durante el retorno de la bomba del otro cabezal mezclador, la unidad de conexión del nuevo cabezal mezclador se abre y la del antiguo se cierra.

## 2) Después de “inicio isocianato”

- Se conecta al accionamiento de isocianato, con lo que los dos componentes principales se mueven en recirculación por inyección. El arranque diferido de los accionamientos impide que se formen picos de consumo en la red eléctrica.
- Tiempo “Avance de la bomba”.
- Tiempo “Presurización”.

## 3) Después “Presurización”

- Se activa el control de la presión mínima en el lado de presión. Es preciso ajustar un tiempo superior al de inicio isocianato para que la presión aumente también en el sistema de isocianato antes de que se active el control de presión.

## 4) Después “Avance de la Bomba”

- Empieza “Tiempo de dosificación”.

Al Iniciar el “Tiempo de dosificación” se ejecutan las siguientes funciones:



- Se excita el electroimán de la válvula dosificadora (válvula de distribución para las boquillas de los cabezales mezcladores). La válvula se conmuta, y las boquillas de los cabezales mezcladores se abren. Tiene lugar la inyección de los componentes en la cámara de mezcla bajo la presión de mezcla ajustada (presión de trabajo).

Transcurrido el tiempo de dosificación se ejecutan simultáneamente, las siguientes funciones:

- Comienza el tiempo “Retorno de la bomba”.
- Comienza el “tiempo de espera para limpieza”.
- El electroimán de la válvula dosificadora queda sin tensión. La válvula se conmuta. Los componentes pasan de nuevo a recirculación por inyección.

#### 5) Después “Retorno de la bomba”

- Se desconectan, automáticamente, los accionamientos de las bombas dosificadoras de los componentes.
- Las bombas siguen funcionando en el círculo preseleccionado.
- En caso de existir un circuito de baja presión:

- El electroimán de la válvula de distribución para el circuito de baja presión queda sin tensión.
- La válvula se conmuta. El elemento de derivación a baja presión se abre y en la zona de alta presión, tiene lugar la recirculación por inyección.
- El electroimán de la válvula de distribución queda sin tensión. La válvula se conmuta. La corredera estranguladora pasa a la posición de limpieza.
- El módulo de cierre se desconecta directamente y retrasa la correspondiente unidad de conexión.
- Es posible realizar una nueva inyección.
- Transcurrido el “Tiempo de espera para la limpieza” tiene lugar la limpieza del cabezal mezclador.

#### 6) Después “Tiempo de espera para limpieza”

- Empieza “Tiempo de limpieza”

Al iniciar el tiempo “Limpieza” se ejecutan las siguientes funciones:

- El electroimán de la válvula de control del expulsor se excita. La válvula se conmuta. El expulsor regresa a la posición de dosificación. El sensor “Expulsor”, en posición de dosificación, avisa que la fase de limpieza ha finalizado. En

cualquier momento, se puede iniciar un nuevo proceso de dosificación, interrumpiendo el proceso de limpieza.

p. equipamiento con bomba de alimentación:

En este caso, al iniciarse la dosificación, en primer lugar se deberá conectar el accionamiento de la bomba de alimentación. Simultáneamente, comienza el tiempo “Avance bomba de alimentación”.

En el tiempo ajustado, se puede generar la presión previa en el conducto de aspiración de las bombas dosificadoras de los componentes principales. Al finalizar el tiempo de retorno de la bomba, se desconecta el accionamiento de la bomba de alimentación.

q. Equipamiento con unidad dosificadoras adicionales

Al conectar el accionamiento de poliol se debe poner en marcha los accionamientos de las bombas de los componentes adicionales. Dichas bombas se desconectan al finalizar el tiempo “Retorno de la bomba”.

**CAPITULO VII**  
**COSTOS, INVERSIONES, FINANCIAMIENTO, PRESUPUESTO DE**  
**INGRESOS Y GASTOS**

**7.1 REQUERIMIENTO FÍSICO DE INVERSIONES**

a. Selección de equipo

Para cuantificar este proyecto, se analizó a base de una proforma con una inversión FOB de US\$ 100000.00, proforma que lamentablemente no se posee, por ser un documento privado de la Empresa, pero se han tomado valores de otros proveedores que contiene componentes similares que permitirán cumplir con solo el 25% de las necesidades de Tecnología requerida por el proyecto, eso explica la menor inversión. (Ver anexos 1 y 2)

b. Cronograma de implementación

1) Descripción de actividades

En cuanto al desarrollo de las actividades, desde la función y gestión financiera, hasta la puesta en marcha del proyecto, sólo será necesario considerar un margen de tres meses, esto por la naturaleza del proyecto y otros factores favorables como son: la planta que ya está construida, a la que falta solamente la construcción de los refuerzos que se han

propuesto en la ingeniería civil y de estructura metálicas, para luego hacer el montaje del sistema de inyección de poliuretano de alta presión.

## 2) Estudio

El estudio se ha desarrollado siguiendo los pasos mencionados en bibliografía especializada que siguen las normas de elaboración de estudios de factibilidad, y el plazo de terminación es de tres meses.

## 3) Construcción de los refuerzos para montar equipos

El área de inyección de Poliuretano tiene un área de  $700.05 \text{ m}^2$ , y en la cual, se construirán bases sólidas para el nuevo equipo.

## 4) Pruebas y puesta en marcha

Pasos necesarios para la operación, serán las pruebas respectivas. (Ver anexo 3).

## 5) Inversiones

Para la instalación de la máquina se requiere una inversión total de US\$177,906.96, desagregados en los siguientes rubros:

## 6) Inversión fija

### (1) Inversiones tangibles

(a) Construcción de bases sólidas.- El monto necesario para este rubro, según presupuesto de obra, asciende a US\$/. 10000.00.

(b) Equipo.- Asciende a US\$/.145 627.59.

(c) Imprevistos.- En lo que respecta a este rubro, se ha considerado necesario el 5 % de la inversión tangible, que equivale a US\$/.7281.37. Esto es para cubrir contingencias no previstas

### (2) Inversiones intangibles

(a) Estudio y proyecto.- Gastos efectuados en el estudio de factibilidad, cuyo monto asciende a US\$/. 5000.00

(b) Imprevistos.- En lo que respecta a este rubro, se ha considerado necesario US\$/. 10000.00 Esto es para cubrir contingencias no previstas. (Ver anexo 4,5)

## **7.2 FINANCIAMIENTO**

### **7.2.1 ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO**

#### **7.2.2 INVERSIÓN FIJA**

La inversión necesaria para la ejecución del proyecto asciende a US\$/. 177906.96, que se detallará a continuación.

#### **7.2.3 FUENTES Y CONDICIONES DEL FINANCIAMIENTO**

El monto real de la inversión para poner en marcha el proyecto asciende a US\$/. 177906.96, de esta cantidad el monto a financiar será de US\$/. 50000.00, mientras que la diferencia será cubierta por los beneficiarios del proyecto, es decir, US\$/.127906.96. El financiamiento de este capital será a través de un banco privado.

#### **7.2.4 CARACTERÍSTICAS DEL CRÉDITO**

El monto a solicitar es de US\$/. 50000.00, siendo el plazo para su devolución de cinco años, el interés que se cobrará será de 21 % anual al rebatir, es decir, 4.5% trimestral, bajo la modalidad de trimestre vencido.

#### **7.2.5 PLAZO DE AMORTIZACIÓN**

El plazo para la primera amortización se ha estimado en dos trimestres, teniendo en cuenta la liquidez de la empresa, que le permite afrontar sus compromisos financieros y económicos más inmediatos. (Ver anexo 6).

#### **7.2.6 PRESUPUESTO DE REEMBOLSO DEL SERVICIO A LA DEUDA.**

(Ver anexo 6)



### **7.2.7 ESTRUCTURA DEL FINANCIAMIENTO**

(Ver anexo 7)

### **7.2.8 CALENDARIO DE PAGOS AL BANCO**

El monto se debe pagar al banco a partir del tercer trimestre, por concepto de amortización e intereses del préstamo, tal como se muestra en el calendario de pagos. (ver Anexo 8)

### **7.2.9 REEMBOLSO DE LA DEUDA ANUALMENTE**

(Ver Anexo 9)

## **CAPITULO VIII**

### **PRESUPUESTO DE INGRESOS Y EGRESOS**

#### **8.1 PRESUPUESTO DE INGRESOS Y EGRESOS**

##### **8.1.1 INGRESOS**

Estos provienen de las ventas de los productos del área de estudio, pero el proyecto no afectará a variables utilizadas, debido a que el proyecto mejora de calidad del producto final, y de alguna manera, reduce la mano de obra directa y también en los tiempos de producción, es decir, hay mayor eficiencia en el proceso de producción.

A continuación, se muestra un cuadro con los ingresos proyectados para el 2001 para los productos del área de inyectado de poliuretano.

Los precios de venta no variarán por la reducción del costo de producción, estos se mantendrán debido a la política de la empresa (producto diferenciado). (Ver anexo 10).

##### **8.1.2 EGRESOS**

##### **8.1.3 PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA DIRECTA**

En este rubro el proyecto determina una reducción del 25% de la mano de Obra. De nueve obreros por turno, pasará a

reducirse a cuatro obreros por turno. Es decir de dieciocho obreros por día a ocho por día. (Ver anexo 11).

#### **8.1.4 PRESUPUESTOS DE GASTOS INDIRECTOS (PLANTA)**

Comprende el gasto por efectuarse en energía eléctrica por la nueva máquina de inyectado, y la depreciación del equipo. (Ver anexo 12).

#### **8.1.5 ESTRUCTURA DE COSTOS**

(Ver anexo 13)

#### **8.1.6 PRESUPUESTO DE EGRESOS**

(Ver anexo 14,16)

#### **8.1.7 PRESUPUESTO DE COSTOS FINANCIEROS**

El presupuesto de costos financieros, está constituido por los intereses de la deuda al banco, el cual se muestra a continuación. (Ver anexo 15)

**CAPITULO IX**  
**ELABORACION Y ANALISIS DE ESTADOS FINANCIEROS**

**9.1 ESTADOS FINANCIEROS PROYECTADOS**

**9.1.1 ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIA**

Los estados financieros del presente estudio han sido elaborados de acuerdo con las estimaciones de los diversos Programas Económicos, expuestos en el desarrollo del mismo, es decir, se han derivado de las bases de todos los presupuestos tanto de ingresos como de egresos, los mismos que pueden observarse en los cuadros siguientes.

Ambos cuadros, nos muestran operaciones con saldos positivos disponibles, que son buenos indicadores de la gestión del mismo.

Por otro lado, pueden observarse, las deducciones realizadas a favor de los trabajadores de un 15% de la utilidad neta. (Ver anexos 17, 18)

Utilidad disponible para 1998 (sin proyecto) :	US\$/. 736,015
Utilidad disponible para 1998 (con proyecto) :	US\$/. 750,990
INCREMENTO :	US\$/. 14,975

### 9.1.2 FLUJO DE CAJA

El programa flujo de caja tiene como base el análisis de los ingresos, generados por ventas y los gastos o egresos que se presupuestaron de manera secuencial, se pueden observar los movimientos en efectivo, a través de los años proyectados, que crean expectativas favorables para la empresa durante los años de gestión.

#### **Cuadro generado por empresa para 1998:**

Saldo del año 2001 (sin proyecto)	:	US\$1504,800.00
Saldo del año 2001 (con proyecto)	:	US\$1873,719.05
Incremento	:	US\$368,919.05

**(Anexos: 19,20)**

**CUADRO GENERADO POR AUTOR: (anexos: 21,22)****EN US\$**

Flujo de caja  sin proyecto	1001810.00	1001810.00	1001810.00	1001810.00	1001810.00
Flujo de. caja  con proyecto	1046256.00	1046256.00	1046256.00	1046256.00	1078465.00
Variación	444446.00	444446.00	444446.00	444446.00	444446.00

### 9.1.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA

#### a. Valor actual neto

Es un coeficiente de evaluación que permite determinar el "beneficio neto actualizado" de un proyecto, que a su vez, resulta de la diferencia de los beneficios y costos actualizados del mismo.

En términos generales, se podría decir que el VAN representa la suma monetaria que queda al final de la vida útil de un proyecto, una vez que, se han cubierto los costos del mismo.

El VAN se define como el valor actual de los flujos menos la inversión inicial. (Ver anexos: 23,24)

$$\text{VAN} = \text{BN} - \text{I}_0$$

a.- Si  $\text{VAN} = 0$ ; significa que para llevar a cabo el proyecto es indiferente para la unidad ejecutora implementarlo o no, ya que significa que sólo se recuperaría la inversión.

b.- Si  $\text{VAN} < 0$ ; Significa que el proyecto no debe implementarse ya que el valor actual de los costos supera o es mayor al valor actual de los beneficios.

c.- Si  $VAN > 0$ ; Significa que el proyecto es rentable, es decir, que el valor actual de los beneficios supera el valor actual de los costos.

$$\text{Entonces: } VAN = 3352600.00 - 170628.00 = \text{US}\$/. 3181972.00$$

En el presente proyecto, nos muestra un VAN positivo (US\$/. 3181972.00), pero sin incluir la inversión inicial de la empresa, sólo consideramos la inversión de la nueva máquina; por tal motivo, el VAN es grande; De todas maneras, esto significa que el valor actual de los beneficios supera al valor actual de los costos; por lo tanto, puede afirmarse que la ejecución del proyecto refleja mayores ventajas que desventajas, es decir, este VAN positivo asegura beneficios al capital invertido 1, lo suficiente como para hacer frente a sus costos financieros.



b. Tasa interna de retorno (TIR)

Es el índice integral de evaluación que se utiliza con mayor frecuencia, pues permite medir directamente la rentabilidad media, asignada a un proyecto, es decir, es una medida de la rentabilidad promedio del proyecto, a lo largo de toda su vida y se expresa como un porcentaje.

También se define como la tasa de actualización que hace que el VAN sea nulo. (Ver Anexo 22)

$$\begin{aligned} \mathbf{TIR = VAN = 0} = & - (177\ 906) + (1\ 046\ 256) / (1 + i)^1 + \\ & + (1\ 046\ 256) / (1 + i)^2 \\ & + (1\ 046\ 256) / (1 + i)^3 \\ & + (1\ 046\ 256) / (1 + i)^4 \\ & + (1\ 046\ 256) / (1 + i)^5 \end{aligned}$$

Donde el **TIR = 5.881 x 100 = 588.1 %**.

Como el TIR es mucho mayor que cero significa que conviene realizar dicho Proyecto.

c. Relación costo beneficio

Este es el punto más importante de este estudio, puesto que, en un anterior capítulo se mencionó que las ventas de esta empresa son por proyectos y que, en su mayoría, involucran millones de dólares, y las utilidades son casi el 30%. Estos proyectos se pagan por anticipado. Hay cláusula referente a los tiempos de entrega y a cuestiones de calidad, por ejemplo, por cada día de retraso, la empresa paga, en algunos proyectos, hasta 1000 dólares por día.

Cada producto defectuoso será repuesto a la brevedad, y para la empresa representa, en algunos casos, 300 dólares en venta, de los cuales, el 30% es su utilidad. En el ejemplo, sería unos 90 dólares por producto. Si es defectuoso su pérdida es de 100%, que deviene en una situación muy peligrosa para los intereses de los accionistas.

Por tal motivo, el proyecto está estrictamente enfocado a eliminar la pérdida del 100% por producto defectuoso, y dada la solución que se ha propuesto en este proyecto, no cabe duda que el VAN de 3181972.00 dólares y el TIR de 588.1 % son motivos, adicionales, para que el proyecto sea implementado a la brevedad.

Cabe mencionar que con el simple hecho de que este proyecto se haya concretado, está ya contribuyendo con el conocimiento de muchos futuros ingenieros químicos e industriales, puesto que en el

mundo sólo hay seis empresas que conocen el proceso. Además, que el extracto expuesto en el presente estudio obedece a una síntesis de conocimientos prácticos y teóricos transmitidos por científicos de Bayer de Alemania y Brasil, ICI de Inglaterra, Colombia, y muchos otros, en un periodo constante de tres años, campo donde ellos tienen décadas de experiencia, y ahora la FIA de la USMP del Perú tiene el privilegio de contar con esta información, que obviamente sabrá divulgar.

Al implementarse este proyecto también permitirá disminuir los costos de mano de obra, materia prima, tiempos de entrega, e inclusive se podrán diseñar productos de mayor complejidad, que ahora es imposible por la incapacidad tecnológica con la que cuenta.

## CONCLUSIONES

1. La presente investigación es netamente de carácter científico, y busca el mejoramiento de la Línea de Producción de Inyectado de Poliuretano de PRECOR S.A.
2. Parte de la información recopilada está basada en meses de pruebas en laboratorios, modificando infinidad de parámetros, monitoreando el proceso de producción, lo que se desea siempre es un producto de alta calidad, que puede cumplir con su finalidad (aislamiento térmico y acústico) en cualquier tipo de ambiente (sierra peruana, Antártica, selva, costa, desierto, etc.).
3. Se muestra una investigación bien sustentada, para que al ser evaluado por las autoridades pertinentes tomen la decisión, en este caso eliminar los productos defectuosos que tantas pérdidas ocasionan a la Empresa.
4. También se describe en forma general el funcionamiento de un tipo especial de PLC, que contribuye a la optimización y efectividad de todo el proceso de inyección de Poliuretano de Alta Densidad.
5. Esta investigación está estrictamente enfocado a eliminar la pérdida del 100% por productos defectuosos, y con la solución que se ha plasmado

en este proyecto, no cabe duda que el VAN de 3 181 972 dólares y el TIR de 5 88.1% son motivos adicionales para que el proyecto sea implementado a la brevedad.

6. Al implementarse este proyecto, también, permitirá disminuir los costos de mano de obra, materia prima, tiempos de entrega, e inclusive se podrá diseñar productos de mayor espesor, cosa que ahora es imposible por la incapacidad tecnológica con la que cuenta.
7. Es oportuno, mencionar que la solución a este problema, "tecnología insuficiente para mejorar la calidad de los paneles inyectados con Poliuretanos de alta densidad", no es suficiente con la adaptación de nueva tecnología, hay que adaptarlos a nuestro entorno, aún más, hay que agregarle mayor valor agregado, más eficientes.

## RECOMENDACIONES

1. Esta Empresa, ha sabido adaptarse a los cambios del entorno, por lo tanto para que continúe sobreviviendo a los cambios actuales (competencia voraz), lo recomendable es seguir invirtiendo en nuevas tecnologías, en capacitación del personal, ya que esto se traduce en una ventaja competitiva, permitirá que los procesos de producción sean más flexibles, más rápidos, se mejorará la calidad de los productos, se reducirá los costos de producción, etc.
2. Asimismo, en cuanto a Planeamiento Estratégico, se comprometa activamente en la innovación, excelencia, flexibilidad, y que se invierta en tecnologías que permitan en el futuro hacer una integración de las distintas líneas de producción con la gerencia de producción, es decir, progresivamente aplicar la filosofía del CIM (manufactura asistida por computadora).
3. También promover entre todo el personal la innovación de los procesos, que el personal de ideas, y que la gerencia evalúe cada una de estas ideas en forma muy cuidadosa. Recordar que el personal que está relacionado directamente con el proceso durante tanto tiempo, tiene ideas cómo mejorar sus procesos.
4. Incrementar los presupuestos en capacitación para los trabajadores, ya que esto es consecuente con la motivación del personal, que a la vez

se traducirá en una contribución en la mejora de la calidad de los productos.

5. Hacer proyectos complementarios de Calidad de la gestión de mantenimiento, con aplicación de herramientas de análisis adecuadas, en la obtención de resultados en base al raciocinio y no a la improvisación y al azar, como es habitual ver en muchas empresas. La adecuada disposición de procedimientos y la sistematización de los procesos, aseguran la reproducibilidad de acciones con lo cual se garantiza la calidad y se solventa la necesidad del cliente: Es la confiabilidad que debe generar la Gestión de Mantenimiento.
6. Establecer Estrategias de Mantenimiento, definiendo normas para la secuencia del trabajo de mantenimiento planificado. Las estrategias de mantenimiento deberán contener información de programación general y, por lo tanto, se pueden asignar tanto a planes de mantenimiento como a hojas de ruta para mantenimiento. Definiendo el ciclo en el que debería realizarse cada trabajo o tarea individual, definidos en la Hoja de Ruta.

## GLOSARIO

**BLOWING AGENT.** “Agente de soplado” o “Agente espumante”, el gas o líquido, el cual por vaporización o reacción para liberar un gas, causa que la mezcla de poliuretano dentro de la estructura celular conocida como espuma.

**CALIBRATION.** El seteo de las bombas de una inyectora para dar la ratio requerido de polioliol más agente espumante a isocianato en la producción total de espuma.

**CREAM TIME.**- “Tiempo de crema”, es el tiempo medido entre el comienzo del mezclado y el comienzo de la expansión de la mezcla. En este punto, la mezcla comenzará a cambiar de color, de aquí el término “crema”. Para una espuma mezclada en una inyectora, el tiempo de crema será tomado desde el instante en que se activa la dosificación.

**CORE DENSITY.** “Densidad del corazón”, es la densidad de la espuma en el centro de la masa.

**DENSIDAD DE ESPUMADO LIBRE.** La densidad medida cuando el levantamiento de la espuma no es restringido. Es una medición hecha a menudo en espumas hechas por mezclado manual en un laboratorio o



espumas dosificadas por una maquina en una caja pequeña o una bolsa de polietileno con fines de chequeo de la calidad.

**DISPENSING MACHINE.** “Máquina inyectora”, la máquina que bombea y mezcla los químicos uretánicos, depositando la mezcla en una superficie o dentro de un molde cerrado, abierto o cavidad.

**FLOW.** “Flujo”, es la capacidad de la espuma para moverse en un molde o cavidad a medida que se expanden para llenar dicho molde o cavidad.

**FROTHING.** Técnica por medio de la cual, la espuma (generalmente rígida) es pre-expandida en un cabezal de mezcla, de tal manera, que la espuma emerge del cabezal como un froth, por ejemplo la crema de afeitar como espuma. Esto se logra usando el refrigerante 12 (de punto bajo de ebullición) como agente espumante.

**INDEX 100 OR 1.** “Índice 100 o 1”, es el peso estequiomérico de isocianato requerido para reaccionar completamente con los grupos OH contenidos en el polioli.

**INFLAMABILIDAD.** Está referida a la clasificación de propagación de llama numérica. No refleja los riesgos de incendio presentados por cualquier producto obtenido a partir del mismo, puesto que son compuestos orgánicos. Los poliuretanos y materiales conexos son combustibles y pueden presentar riesgos de incendio. El grado de riesgo puede oscilar desde muy bajo a

extremadamente alto y depende de una combinación de muchos factores que pueden crear un alto grado de riesgo, en esencia si es que se desea usar poliuretanos con entera seguridad.

**ISF.** Abreviatura de “Integral Skin Flexible Foam” (Espuma Flexible de Piel Integral).

**JIG DWELL TIME / DEMOULD TIME.**- “Tiempo de desmolde”, el tiempo entre el comienzo del mezclado o dosificación y el retiro del artículo espumado de la prensa o molde.

En este momento, no debe producirse distorsión o encogimiento alguno. El artículo debe cumplir con las tolerancias dimensionales requeridas.

**PIR.** Abreviatura de “Polyisocyanurate Foam” (Espuma que da una performance superior comparada con la PUR en un rango de pruebas de fuego a pequeña escala).

**POLYOL BLEND.** En español, llamado simplemente “poliol”, es una mezcla de poliol(es) base, catalizador(es), surfactante(s), agente espumante, agente de entrecruzamiento (cross-linking agent) o alargador de cadena (chain extender) y retardante de llama.

**PUR.** Abreviatura de “Polyurethane Rigid Foam” (Espuma Rígida de Poliuretano).

**RATIO.** La relación entre el peso o volumen del polirol y agente espumante y el peso o volumen de isocianato.

**RETARDANTE DE LLAMA.** Agente químico que optimiza la imposibilidad de propagación de combustión cuando este se presente.

**RISE TIME.** “Tiempo de fin de levantamiento”, el tiempo entre el comienzo del mezclado o dosificación y el tiempo en que la espuma completa su expansión.

**SURGE.** Cuando ya sea el polirol o el isocianato emerge solo del cabezal, delante del otro componente, es decir, delante del líquido bien mezclado. Una situación complementaria causante de exceso de un componente también puede ocurrir cuando el flujo de material termina al final del tiempo de shot.

**SHOT TIME.** El tiempo usado para dosificar la mezcla de espuma en una cavidad o molde.

**SHOT WEIGHT.** “Peso del shot”, es el peso de espuma dosificada en una cavidad o molde (el término inyectado es a menudo usado en lugar de dosificado cuando se trata de moldes o cavidades cerrados).

**STRING (OR GEL) TIME.** “Tiempo de Hilo”, es el tiempo entre el comienzo del mezclado o dosificación y el tiempo en que la mezcla muestra los primeros signos de solidificación. Es el tiempo en que una varilla hundida en la espuma

ascendente, saca por primera vez “hilos” de espuma cuando es extraído de la masa en expansión.

**TACK FREE TIME.** El tiempo entre el comienzo del mezclado o dosificación y el momento en que la superficie de la espuma ascendente deja de ser pegajosa, y se vuelve relativamente dura al tacto.

**OVERPACKING.** “Sobreempaque”, es una técnica que consiste en dosificar más espuma dentro de una cavidad o molde que la cantidad que normalmente llenaría dicho molde de una manera precisa. El exceso de espuma es normalmente del orden del 10 - 15 %.

**OVERAL DENSITY.** La densidad dada por el peso de espuma dosificada en una cavidad o molde de volumen conocido. Esta es siempre mayor que la densidad del corazón ya que incluye la espuma más densa cercana y en la superficie de la piel del artículo.

**VENTILATION.** La necesidad de expeler todo el aire de un molde o cavidad a medida que la espuma se expande.

## ANEXOS

	Pagina
Anexo 1. Requerimiento y costo de equipo US\$.....	235
Anexo 2. Requerimiento de materiales indirectos.....	236
Anexo 3. Cronograma de implementación 2001 .....	237
Anexo 4. Inversiones .....	238
Anexo 5. Resumen de inversiones .....	239
Anexo 6. Presupuesto de reembolso del servicio a la deuda .....	240
Anexo 7. Estructura del financiamiento.....	241
Anexo 8. Calendario de pagos al banco .....	242
Anexo 9. Reembolso a la deuda anualmente (dólares americanos).....	243
Anexo 10. Presupuesto de ingresos proyectados para el 2001 US\$.....	244
Anexo 11. Reducción del costo de mano de obra directa por aplicación del proyecto .....	245
Anexo 12. Presupuesto de gastos indirectos (planta) en US\$.....	246
Anexo 13. Estructura de costos en US\$ .....	247
Anexo 14. Presupuesto de egresos para el 2001 sin aplicar el proyecto en US\$ .....	248
Anexo 15. Presupuesto de costos financieros en US\$ .....	249
Anexo 16. Presupuesto de egresos para el 2001 con aplicación del proyecto en US\$ .....	250
Anexo 17. Estado de pérdidas y ganancias para el 2001 sin aplicación del proyecto en US\$ .....	251
Anexo 18. Estado de pérdidas y ganancias proyectadas para el 2001 con aplicación del proyecto en US\$.....	252

Anexo 19. Flujo de caja proyectado para el 2001 sin aplicación en US\$.....	253
Anexo 20. Flujo de caja proyectado para el 2001 con aplicación del proyecto (en US\$) .....	254
Anexo 21. Flujo de caja proyectado sin aplicación del proyecto (en US\$)....	255
Anexo 22. Flujo de caja proyectado con aplicación del proyecto (en US\$). .	256
Anexo 23. Valor de desecho (en US\$).....	257
Anexo 24. Valor presente neto (en US\$) .....	258

**ANEXO 1****REQUERIMIENTO Y COSTO DE EQUIPO US\$**

DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
EQUIPO	145 627.59	145 627.59

Fuente: Proformas.

Elaboración: El Autor

**ANEXO 2****REQUERIMIENTOS DE MATERIALES INDIRECTOS**

SUMINISTRO	REQ/DIA	REQ/MES	REQ/AÑO
Electricidad KWH	100	2 600	32 100

Fuente: Manuales de los equipos y maquinarias.      Elaboración: El Autor



**ANEXO 3**  
**CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN - 2001**

MESES

ACTIVIDADES	OCT	NOV	DIC
Promoción y gestión financiera	X		
Implementación	X		
Adquisición y montaje		X	
Selección y capacitación de personal	X	X	X
Prueba y reajuste			X
Puesta en marcha			X

Elaboración: El Autor

**ANEXO 4****INVERSIONES****1.- EQUIPO PARA EL ÁREA DE INYECTADO**

VALOR FOB		US\$	100 000	
FLETE (1 % del valor FOB)		US\$	1 000	
SEGURO (0.1975% x VALOR C + F x 1.1 x 1.03)		US\$	223.767	
			<hr/>	
VALOR CIF		US\$	101 223.76	<b>101 223.76</b>
PLANILLA DE ADUANA				
AD-VALOREM	12%	US\$	12 146.85	
IGV	18%	US\$	18 220.27	
O.GASTOS	3%	US\$	3 036.71	<b>33 403.83</b>
			<hr/>	
SUPERVISIÓN	1%	US\$		<b>1 000</b>
				<hr/>
		US\$		135 627.59
GASTOS DE MONTAJE DE EQUIPO		US\$		10 000
				<hr/>
		US\$		<b>145 627.59</b>

Elaboración: El Autor

**ANEXO 5**  
**RESUMEN DE INVERSIONES**

Descripción	Sub - Total (US\$)	Total (US\$)
1. Activos fijos		
a) Tangibles		
• Construcción de refuerzos	10 000	
• Equipo	145 625.59	
• imprevistos (5%)	7 281.37	
Total activos tangibles		162 906.96
b) Intangibles		
• estudio y proyecto	5 000	
• imprevistos	10 000	
Total intangibles		15 000
Inversión Total		<b>177 906.96</b>

Elaboración: El Autor

## ANEXO 6

### PRESUPUESTO DE REEMBOLSO DEL SERVICIO A LA DEUDA

- Tasa de interés anual : 21 %
- Tasa de interés trimestral : 4.5%
- Modalidad de pago : trimestre vencido
- Periodo de pago : 5 años
- Periodo de gracia : 2 trimestres
- Monto del préstamo : US\$ 50 000

Monto sobre el cual se va a reembolsar el préstamo solicitado al banco.

$$50\,000 (1+0.045)^2 = \text{US\$ } 54\,601.25.$$

Luego, esta cantidad US\$ 54 601.25 se va a convertir en un flujo constante, aplicando el factor financiero denominado F.R.C (factor de recuperación de capital), cuya fórmula es la siguiente:

$$R = P * i * (1 + i)^n = \mathbf{4\,490.2374}$$

---


$$(1 + i)^n - 1$$

Donde:

- R = Flujo constante en efectivo
- P = Stock inicial de efectivo
- i = Tasa de interés (trimestral)
- n = Numero de periodos (trimestral) **18**

$$\mathbf{R = US\$ 4\,490.2374}$$

Elaboración: el autor

**ANEXO 7**  
**ESTRUCTURA DEL FINANCIAMIENTO**

	Aporte (US\$/.)	A Financiar (US\$/.)
1. Activos fijos		
a) Tangibles		
• Construcción de refuerzos	10 000	
• Equipo	145 625.59	50 000.00
• Imprevistos (5%)	7 281.37	
Total activos tangibles		50 000.00
b) Intangibles		
• estudio y proyecto	5 000	
• Imprevistos (10%)	10 000	
Total intangibles		
<b>Total US\$/.</b>	<b>127 906.96</b>	<b>50 000.00</b>
%	71.89%	28.11 %

Elaboración: el autor

**ANEXO 8**  
**CALENDARIO DE PAGOS AL BANCO**

TRIM.	SALDO DEUDOR (US\$)	INTERÉS (US\$)	AMORT. (US\$)	SERVICIO DE PAGO DEUDA (US\$)	PAGO ANUAL(US\$)	INTERÉS ANNUAL(US\$)
2	50 000.00	2 250.00	0.00	2 250.00		
1	52 250.00	2 351.25	0.00	2 351.25		
0	54 601.25	0.00	0.00	0.00	4 601.25	4 601.21
1	52 568.07	2 457.06	2 033.18	4 490.24		
2	50 443.39	2 365.56	2 124.67	4 490.24		
3	48 223.11	2 269.95	2 220.28	4 490.24		
4	45 902.91	2 170.04	2 320.20	4 490.24	17 960.95	9 262.61
5	43 478.31	2 065.63	2 424.61	4490.24		
6	40 944.59	1 956.52	2 533.71	4 490.24		
7	38 296.86	1 842.51	2 647.73	4 490.24		
8	35 529.98	1 723.36	2 766.88	4 490.24	17 960.95	7 588.02
9	32 638.59	1 598.85	2 891.39	4 490.24		
10	29 617.09	1 468.74	3 021.50	4 490.24		
11	26 459.63	1 332.77	3 157.47	4 490.24		
12	23 160.07	1 190.68	3 299.55	4 490.24	17 960.95	5 591.04
13	19 712.04	1 042.20	3 448.03	4 490.24		
14	16 108.84	887.04	3 603.20	4 490.24		
15	12 343.50	724.90	3 765.34	4 490.24		
16	8 408.72	555.46	3 934.78	4 490.24	17 960.95	3 209.60
17	4 296.88	378.39	4 111.84	4 490.24		
18		193.36	4 296.88	4 490.24	8 980.47	571.75
		<b>30 824.27</b>		<b>85 425.52</b>	<b>85 425.52</b>	<b>30 824.27</b>

Elaboración: el autor

**ANEXO 9****REEMBOLSO A LA DEUDA ANUALMENTE (DÓLARES AMERICANOS)**

<b>AÑOS</b>	<b>INTERERES</b>	<b>AMORTIZACIÓN</b>	<b>SERVICIO DE DEUDA</b>
1	9 262.61	8 698.34	17 960.95
2	7 588.02	10 372.93	17 960.95
3	5 591.04	12 369.91	17 960.95
4	3 209.60	14 751.35	17 960.95
5	571.75	8 408.72	8 980.47
<b>TOTAL</b>	<b>26 223.02</b>	<b>54 601.25</b>	<b>80 824.27</b>

Elaboración: el autor

**ANEXO 10**  
**PRESUPUESTOS DE INGRESOS PROYECTADOS PARA EL 2001 US\$**

<b>INGRESOS</b>	<b>E-F-M-A</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JUL.-SET.</b>	<b>OCT.-DIC.</b>	<b>TOTAL AÑO</b>
VENTA LOCAL	442,000	135,500	153,500	540,000	670,000	1 941,000.0
EXPORTACIO	68,000	17,000	17,000	51,000	51,000	204,000.0
OTROS(-)	1 600,000	1,000	800	4,500	4,500	1 610,800.0
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>2 110,000</b>	<b>153,500</b>	<b>171,300</b>	<b>595,500</b>	<b>725,500</b>	<b>3 755,800.0</b>

(\*) Aporte de accionistas para Capital de Trabajo

Elaboración: el autor



**ANEXO 11**  
**REDUCCIÓN DEL COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA POR**  
**APLICACIÓN DEL PROYECTO**

OCUPACIÓN	CANTIDAD	COSTOS INCLUIDO HR. EXTRAS US\$				
		/Día	/MES	/AÑO	GRATIFICAC. X AÑO (2)	TOTAL AÑO
OBREROS	16 MENOS	4	120	1 440	240	
<b>TOTAL</b>	16	64	1 920	23 040	3 840	<b>26 880</b>

Elaboración: el autor

**ANEXO 12**  
**PRESUPUESTOS DE GASTOS INDIRECTOS (PLANTA) EN US\$**

CONCEPTO	REQUERIMIENTO		COSTOS	
	/MES	/AÑO	/MES	/AÑO
Electricidad (KWH)	2 600	32 100	100.11	1 210.32
Depreciación de Equipo				12 139.62
Total				12 260.94

Elaboración: el autor

**ANEXO 13**  
**ESTRUCTURA DE COSTOS EN US\$.**

<b>CONCEPTO</b>	<b>AÑOS</b>				
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>21 523,53</b>	<b>19 848.94</b>	<b>17 851.96</b>	<b>15 470.52</b>	<b>12 832.67</b>

Elaboración: el autor

**ANEXO 14**  
**PRESUPUESTO DE EGRESOS PARA EI 2001 SIN APLICAR EL**  
**PROYECTO EN US\$**

EGRESOS	E-F-M-A	MAYO	JUNIO	JUL.-SET.	OCT.-DIC.	TOTAL AÑO
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>222,700</b>	<b>58,200</b>	<b>538,800</b>	<b>995,400</b>	<b>2 972,900.0</b>
<b>EGRESOS</b>	<b>406,800</b>					

Elaboración: el autor

**ANEXO 15**  
**PRESUPUESTO DE COSTOS FINANCIEROS EN US\$**

<b>Año</b>	<b>TOTAL</b>
1	9,262.61
2	7,588.02
3	5,591.04
4	3,209.60
5	571.75
<b>TOTAL</b>	<b>26 223.02</b>

Elaboración: el autor

**ANEXO 16**  
**PRESUPUESTO DE EGRESOS PARA EL 2001 CON APLICACIÓN DEL**  
**PROYECTO EN US\$**

<b>EGRESOS</b>	<b>E-F-M-A</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JUL.-SET.</b>	<b>OCT.-DIC.</b>	<b>TOTAL AÑO</b>
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>1 066,960</b>	<b>220,740</b>	<b>56,240</b>	<b>530,960</b>	<b>987,560</b>	<b>2 963,420.95</b>

Elaboración: el autor

**ANEXO 17**  
**ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS PROYECTADAS PARA EL 2001**  
**SIN APLICACIÓN DEL PROYECTO EN US\$**

<b>CONCEPTO</b>	
Utilidad Disponible	<b>736,015</b>

Elaboración: el autor

**ANEXO 18**  
**ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS PROYECTADAS PARA EL 2001**  
**CON APLICACIÓN DEL PROYECTO EN US\$**

<b>Concepto</b>	
Utilidad Disponible	<b>750,990</b>

Elaboración: el autor.



### ANEXO 19

#### FLUJO DE CAJA PROYECTADO PARA EL 2001 SIN APLICACIÓN DEL PROYECTO (EN US\$)

	E-F-M-A	MAYO	JUNIO	JUL.-SET.	OCT.-DIC.	TOTAL AÑO
<b>SALDO</b>	<b>891,200</b>	<b>822,000</b>	<b>935,00</b>	<b>991,800</b>	<b>721,900</b>	<b>1 504,800</b>
<b>MES</b>						

(\*) Aporte de accionistas para Capital de Trabajo, EL SALDO DEL 2001 SE PROYECTA EN **1 504,800 US\$**

Elaboración: el autor

**ANEXO 20****FLUJO DE CAJA PROYECTADO PARA EL 2001 CON APLICACIÓN DEL PROYECTO (EN US\$)**

	<b>E-F-M-A</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JUL.-SET.</b>	<b>OCT.-DIC.</b>	<b>TOTAL AÑO</b>
<b>SALDO MES</b>	<b>1 231,040</b>	<b>1 163,800</b>	<b>1 278,860</b>	<b>1 343,400</b>	<b>1 081,340</b>	<b>1 873,719.05</b>

(\*) Aporte de accionistas para Capital de Trabajo, EL SALDO DEL AÑO 2001

**SE PROYECTA EN 1 873,719.05 US\$**

Elaboración: el autor

**ANEXO 21**  
**FLUJO DE CAJA PROYECTADO SIN APLICACIÓN DEL PROYECTO**  
**(EN US\$)**

	1	2	3	4	5
<b>FL. CAJA</b>	1 001 810	1 001 810	1 001 810	1 001 810	1 001 810

Elaboración: el autor

**ANEXO 22**  
**FLUJO DE CAJA PROYECTADO CON APLICACIÓN DEL PROYECTO (EN**  
**US\$)**

	0	1	2	3	4	5
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>(170 628)</b>	<b>1 046 256</b>	<b>1 046 256</b>	<b>1 046 256</b>	<b>1 046 256</b>	<b>1 046 256</b>

Elaboración: el autor

**ANEXO 23**  
**VALOR DE DESECHO (EN US\$)**

	CONS.	MAQ.	TOTAL
<b>VALOR DE DESECHO</b>	<b>9 850</b>	<b>25 500</b>	<b>35 350</b>

Elaboración: el autor

**ANEXO 24**  
**VALOR PRESENTE NETO (EN US\$)**

TASA %		15	15	15	15	15	15
Año		0	1	2	3	4	5
CVP			0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
FLUJO DE CAJA C/PROY.		(170 628)	1 046 256	1 046 256	1 046 256	1 046 256	1 078 465
VALOR PRESENTE		(170 628)	909 788	791 120	681 931	598 201	536 188
VALOR PRESENTE	<b>3 352 600</b>						
AÑO 0							

Elaboración: el autor

## FUENTES DE CONSULTA

Chen, Jin; Spear, Scott; Huddleston, Jonathan; Rogers, Robin (2005). «Polyethylene glycol and solutions of polyethylene glycol as green reaction media». *Green Chemistry* **7** (2). p. 64.

Evangelos Tziampazis (2000). «PEG-variant biomaterials as selectively adhesive protein templates: model surfaces for controlled cell adhesion and migration». *Biomaterials* **21** (5).

Haimov, Adina; Neumann, Ronny (2002). «Polyethylene glycol as a non-ionic liquid solvent for polyoxometalate catalyzed aerobic oxidation». *Chemical Communications* **8**. p. 876.

Heldebrant, David; Jessop, Philip (2003). «Liquid poly(ethylene glycol) and supercritical carbon dioxide: A benign biphasic solvent system for use and recycling of homogeneous catalysts». *Green Chemistry* **125** (19). p. 5600.

Hennecke Gmbh – Manual – Polyurethane technology – Alemania - 2000

Kerton, Francesca (2009). *alternative solvents for green chemistry*'' (1 edición). The Royal Society of Chemistry

Kumar, Rupesh; Chaudhary, Preeti; Nimesh, Surendra; Chandra, Ramesh (2006). «Polyethylene glycol as a non-ionic liquid solvent for Michael addition reaction of amines to conjugated alkenes». *Green Chemistry* **8** (4). p. 356.

Leininger, Neil; Gainer, John; Kirwan, Donald (2004). «Effect of aqueous PEG or PPG solvents on reaction selectivity and Gibbs energies». *Aiche Journal* **50** (2). p. 511.

Namboodiri, Vasudevan; Varma, Rajender (2001). «Microwave-accelerated Suzuki cross-coupling reaction in polyethylene glycol (PEG)». *Green Chemistry* **3** (3). p. 146.

Número CAS

Wang, Xicun; Quana, Zhengjun; Zhanga, Zhang (2007). «Michael additions of dihydropyrimidines and 2-amino-1,3,4-thiadiazoles to alpha,beta-ethylenic compounds: using polyethylene glycols as a green reaction media». *Tetrahedron* **63** (34). p. 8227.

Willauer, Heather; Huddleston, Jonathan; Rogers, Robin (2002). «Solute partitioning in aqueous biphasic systems composed of polyethylene glycol and salt: The partitioning of small neutral organic species». *Industrial & Engineering Chemistry Research* **41** (7). p. 1892.