

21
209



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

" ZARAGOZA "

**" ANALISIS DE LA COMPETITIVIDAD EN COSTOS
DE PRODUCCION DE LA TUBERIA DE PVC "**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
MARTHA ARAMBURU GUTIERREZ



MEXICO, D. F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Contenido		Pág.
Glosario de Términos		1
Resumen		2
Capítulo 1	Introducción	3
Capítulo 2	Tecnologías existentes para la fabricación de tubería de PVC	7
2.1	La tubería de PVC y sus principales aplicaciones	7
2.2	Resinas y aditivos	12
2.3	Formulaciones y aditivos para la fabricación de tubería	13
2.4	Procesado del PVC	24
2.5	Equipos principales	25
2.6	Equipos auxiliares	30
2.7	Nuevos procesos y equipos	30
Capítulo 3	Características típicas de plantas mexicanas y norteamericanas para la fabricación de tubería de PVC.	33
3.1	Características típicas de plantas mexicanas	33
3.2	Características típicas de plantas norteamericanas	36
3.3	Definición de empresas líderes	38
Capítulo 4	Estimación los costos de producción de la tubería de PVC	40
4.1	Modelo para estimar costos de capital fijo	40
4.2	Modelo para estimar costos de manufactura	44
4.3	Costos de producción de la tubería de PVC	46
Capítulo 5	Estructuras de costo de producción	53
5.1	Líderes y seguidores norteamericanos	53
5.2	Fabricantes mexicanos	56
5.3	Comparación de la estructuras de costos	57
Capítulo 6	Competitividad en costos de producción de la tubería de PVC	69
6.1	Análisis de resultados	69
6.2	Conclusiones y recomendaciones para la industria de México	83

	Pág.
Apéndice A:	85
Tabla A.1	Abreviaturas y símbolos
Tabla A.2	Intervalos y aplicaciones de la resina de PVC
Tabla A.3	Precios de resinas de PVC
Tabla A.4	Precios de aditivos para PVC
Tabla A.5	Características de la tubería de PVC en México
Apéndice B:	94
	Automatización de las líneas de extrusión
	Sistema para la dosificación gravimétrica de PVC
	Medición ultrasónica de espesores de pared
	Niveles de automatización
Tabla B.1	Factores técnicos según nivel de automatización
Tabla B.2	Requerimientos de personal
Tabla B.3	Requerimientos de servicios auxiliares
Apéndice C:	100
	Resultados: Estructuras de costos
Bibliografía	118

Glosario de Términos

Análisis de competitividad. Los análisis de competitividad en costos es una comparación de los costo de producción incurridos en los distintos procesos de producción en distintas zonas geográficas

Estructura de costos. Es el desglose de los gastos incurridos en la elaboración de un bien ó servicio: materias primas, servicios auxiliares, costos directos e indirectos.

Ventaja/desventaja en costos. Es la diferencia positiva o negativa de los costos totales de producción de un fabricante al momento de enfrentarse ante un competidor.

Empresa líder. Es la empresa que debido a su capacidad instalada y a la tecnología que utiliza pudiera producir a los costos más bajos

Empresa seguidora. Es la empresa que debido a su capacidad instalada y a la tecnología que utiliza, se encuentra más cercana a una empresa líder.

Empresas típicas. Empresas representativas de la planta productiva de una región.

Mercado de libre comercio. Región geográfica en la cual existe tráfico de mercancías y servicios sin restricciones arancelarias.

Costos de producción. Son los gastos incurridos a lo largo de un proceso para la obtención de un bien o servicio. Los costos de producción se expresan en valor por unidad de producto.

Costos variables. Son los gastos incurridos durante el proceso que varían directamente con respecto al volumen de producción como materias primas, combustibles, electricidad, etc.

Costos directos. Son los gastos incurridos directamente en la línea de producción como la mano de obra, mantenimiento de equipos, gastos de operación y supervisión.

Costos indirectos. Son los gastos incurridos fuera de la línea de producción como los gastos administrativos de planta, impuestos, seguros, etc.

Costo LAB. Costo libre abordó de un producto, incluye el costo de producción más el costo de transporte desde una frontera a otra.

Extrusión. Proceso continuo en el cual se fuerza un material termoplástico a pasar por una boquilla que le da una forma final de perfil o de película.

Resumen

En México existe un mercado considerable de tubería de cloruro de polivinilo (PVC), aproximadamente 40,000 toneladas consumidas anualmente, las cuales son utilizadas en las obras civiles para la construcción de sistemas de distribución de agua potable, drenaje doméstico y para la protección de cables eléctricos y telefónicos.

Existen enormes diferencias entre la planta productiva mexicana y la norteamericana que caracterizan el nivel de competitividad en costos de producción de cada una, destacando los equipos automatizados de mayor capacidad de producción que se utilizan en Estados Unidos.

El presente trabajo estructura los costos de producción de la tubería de PVC en Estados Unidos y México, los compara y establece los niveles de competencia, simulando una situación de libre comercio entre estas dos regiones. Para Estados Unidos se caracterizan las empresas líderes y las seguidoras, en términos de su tamaño y del nivel de automatización que presentan sus equipos.

Los resultados obtenidos muestran que los fabricantes mexicanos no integrados a materias primas están en posibilidad de colocar tubería de PVC en Estados Unidos con una ventaja de hasta 90 dólares americanos por tonelada si compiten con fabricantes americanos que no se encuentren integrados a materias primas. Sin embargo, al enfrentarse a fabricantes americanos integrados existe una desventaja de hasta 270 dólares americanos por tonelada de tubería.

Los fabricantes mexicanos integrados a materias primas poseen mayores ventajas que los no integrados en el mercado americano, con una ventaja de hasta 340 dólares por tonelada ante fabricantes americanos no integrados, poseen también una ventaja de hasta 20 dólares por tonelada ante líderes integrados. Solamente poseen una desventaja de hasta 23 dólares por tonelada si compiten con empresas seguidoras integradas.

En términos generales, en el país las manufacturas mexicanas de fabricantes no integrados son altamente vulnerables al competir con las manufacturas de fabricantes americanos integrados, ya que éstos pueden penetrar el mercado mexicano con una ventaja de hasta 213 dólares por tonelada.

Las estructuras de costos, resultado de este trabajo, muestran que aún existe la posibilidad de reducir los costos actuales de producción de los fabricantes mexicanos. Además, muestran que sus distintos rubros (materias primas, servicios auxiliares, costos directos e indirectos) pueden variar con el tiempo y que es conveniente realizar análisis de competitividad de este tipo periódicamente, adelantándose a cualquier movimiento del competidor.

CAPITULO 1

Introducción

Introducción

El análisis de competitividad de un producto

Los análisis de competitividad en costos es una comparación de los costo de producción enfrentados en los distintos procesos de producción en distintas zonas geográficas. Por tanto, dicho análisis, hace uso de los métodos tradicionales de la ingeniería económica y de costos de procesos, que normalmente son manejados por el ingeniero químico.

Actualmente, los distintos análisis de competitividad cobran, cada día, mayor interés por parte de la industria mexicana. Este interés nace de la necesidad de conocer el nivel de competitividad de sus productos con respecto a sus futuros socios comerciales, principalmente con E.U., resultando indispensable evaluar la vulnerabilidad en costos de los productos mexicanos ante posibles importaciones, así como la capacidad de competencia para colocar productos mexicanos en E.U.

Por ello, los análisis de competitividad encuentran su principal aplicación en la toma de decisiones en el proceso de planeación tecnológica y comercial de la industria, así como en los estudios de factibilidad para ampliación de capacidad instalada o para nuevos proyectos.

Por otra parte, si bien existen múltiples aspectos que determinan la competitividad de un producto o servicio como puede ser: el precio, la calidad, la imagen, la oportunidad de entrega, etc., los costos de producción, en primera instancia, siempre resultan determinantes cuando se trata de productos exactamente iguales o sustitutos.

Los factores que determinan los costos de producción de un producto y/o servicio son de distinta índole, destacando los aspectos tecnológicos de los procesos de producción utilizados tales como niveles de automatización, distintas rutas de reacción, distintos métodos de separación y purificación, etc., y los relativos a una región geográfica específica entre otros disponibilidad de materia prima, costos de mano de obra, agua y electricidad, etc.

Un análisis de competitividad identifica los factores que determinan los costos de producción de un producto, en este caso, de los distintos tipos de tubería que se producen en el país. En nivel de presencia/ausencia de dichos factores permite caracterizar las empresas típicas de una región.

En relación a la tubería de PVC, es sabido que el PVC es una resina termoplástica, utilizada en grandes volúmenes para la fabricación de múltiples manufacturas finales como películas y botellas para envase y embalaje, piel sintética, juguetes, perfiles, tubería, pisos, etc. La principal aplicación del PVC se encuentra en la industria de la construcción, con manufacturas rígidas como perfiles, pisos y tuberías.

México cuenta con una importante planta productiva de resina de cloruro de polivinilo (PVC) y de varias plantas transformadoras que producen tubería de PVC con múltiples aplicaciones en construcción, agricultura y en la industria automotriz. En el Capítulo 2 se presentan los distintos tipos de resina de PVC así como sus características y aplicaciones finales. En México es posible encontrar tres tipos diferentes de tubería rígida de PVC:

1. Tubería para drenaje doméstico
2. Tubería hidráulica para transportar agua
Municipal
Rural
Servicio y distribución doméstica
3. Ductos
Eléctrico
Telefónico

Normalmente, los fabricantes mexicanos de PVC se encuentran integrados verticalmente en la fabricación de diversas manufacturas, principalmente la tubería. Para estos dos eslabones de la cadena productiva del PVC resulta de alto interés conocer la estructura de costos de producción de la tubería de PVC norteamericana y compararla con la estructura propia.

El presente trabajo hace uso de un método analítico que permite determinar la competitividad de la industria de la tubería de PVC en términos de los costos de producción.

El método consiste, primeramente, en caracterizar las empresas competidoras, en segundo término, estimar los costos de producción de las plantas típicas de México y de los E.U. Como último paso, los costos de producción son comparados simulando una situación de libre comercio con el fin de identificar ventajas y/o desventajas de fabricantes mexicanos y norteamericanos.

Las ventajas y/o desventajas expresadas en US Dlls/ton de tubería de PVC indican que tan competitiva es la industria mexicana ante importaciones americanas y al momento de competir en E.U.

Par determinar dichas ventajas y/o desventajas de los distintos tipos de tuberías de PVC que se producen y comercializan en Norteamérica fue necesario el desarrollo de cuatro objetivos principales, los cuales se enlistan a continuación:

- a) Analizar las tecnologías existentes para la fabricación de tubería de PVC.

- b) Caracterizar la planta productiva nacional y americana de tubería de PVC bajo los factores que inciden directamente en los costos de producción.
- c) Estimar los costos de producción de la tubería de PVC para las empresas típicas mexicanas y americanas.
- d) Comparar las estructuras de costos de producción obtenidos identificando ventajas y/desventajas de fabricantes, simulando una situación de libre comercio.

En relación al primer objetivo, las tecnologías existentes para la fabricación de tubería de PVC fueron analizadas con el fin de identificar los distintos tipos de tuberías de PVC que se producen actualmente tanto en México como en E.U., además de reconocer la importancia que tiene la formulación del PVC con distintos aditivos, y finalmente identificar los distintos equipos existentes para la fabricación de tubería de PVC. En este trabajo, el Capítulo 2 presenta la revisión efectuada de dichas tecnologías, apoyándose con diversas tablas del Apéndice A.

La caracterización de plantas mexicanas y americanas se realizó considerando factores, tales como, el número de líneas de extrusión disponibles, capacidad instalada, y diámetro del husillo de cada extrusor, y finalmente el nivel de automatización de cada línea de extrusión. Dicha caracterización de plantas se efectuó a partir de la revisión de la literatura existente para el caso americano, y para México se realiza mediante la investigación directa con la industria.

El Capítulo 3 describe las caracterizaciones realizadas y el Apéndice B amplía la información recabada sobre niveles de automatización de líneas de extrusión para la fabricación específica de tubería de PVC. La caracterización de empresas permitió identificar las diferencias existentes en los patrones de consumo de la tubería de PVC, entre México y E.U.

Par cumplir con el tercer objetivo de estimar los costos de producción de las distintas empresas competidoras fue necesario desarrollar un modelo específico. El desarrollo del modelo implicó básicamente el establecimiento de correlaciones para determinar los costos fijos, variables, directos e indirectos de producción, así como la incorporación de diversos criterios.

La inversión fija para equipos fue correlacionada con respecto a las distintas capacidades, se tipificaron las formulaciones de compuestos de PVC para cuatro tipos de tuberías, y se correlacionaron los requerimientos de servicios auxiliares y de mano de obra según nivel de automatización de equipos y diámetros de husillo (el Apéndice B complementa la información manejada sobre requerimientos de servicios auxiliares y de personal).

El modelo fue plasmado en una hoja de cálculo que permite obtener los costos de producción de empresas típicas, estructurados en costos variables, directos e indirectos. El Capítulo 4 presenta las correlaciones realizadas, mientras que el Capítulo 5 contiene los resultados globales obtenidos. El Apéndice C presenta los listados impresos de la hoja de cálculo con los resultados detallados de cada estructura de costos analizada.

La identificación de ventajas y/o desventajas de las tuberías de PVC mexicanas son identificadas para tres tipos de mercados de tuberías, drenaje doméstico, tubería hidráulica y ductos. La comparación realizada plantea diversas enfrentamientos de competidores tanto en México como en Estados Unidos para los distintos segmentos de mercado. El Capítulo 6 presenta las situaciones analizadas así como las ventajas y/o desventajas de cada competidor que se identificaron.

CAPITULO 2

Tecnologías existentes para la fabricación de tubería de PVC

2. Tecnologías para la Fabricación de Tubería de Cloruro de Polivinilo, (PVC)

En general, la transformación de una resina termoplástica en un producto final, implica cuatro etapas principales: manejo y transporte de sólidos, mezclado de resinas y aditivos, moldeado del producto y acabado final.

La Industria de tubería de PVC, implica la fabricación de sistemas completos de tramos de tubería y de sus accesorios típicos de conexión para un uso final como: trabajo bajo presión, sin presión, etc.

Los tramos de tubería de PVC son extruidos en diámetros de entre 10 mm hasta 630 mm, normalmente, y los accesorios como tees, coples, extremos, codos, tapones, etc., son fabricados en el mismo material (PVC) por medio del proceso de inyección.

La fabricación de la tubería contempla, básicamente, el proceso continuo de extrusión, en el cual la resina de PVC es forzada a pasar a través de una boquilla (dado), tomando la forma típica de un ducto, [Rosato, 1990].

Puede afirmarse que las tecnologías existentes para fabricar tubería de PVC, se componen a su vez de dos tecnologías, la formulación de la resina de PVC y de los equipos de extrusión. Esto se debe a que la calidad y cantidad de producción depende directamente de los ingredientes (polímero y aditivos), condiciones de operación de la etapa de mezclado, así como de las características y de las condiciones de operación del equipo de extrusión.

Debido a lo anterior, la tecnología existente para fabricar tubería de PVC, será abordada en tres bloques:

- a) Tecnología de producto. Tubería de PVC
- b) Tecnología de formulación. Polímeros y aditivos
- c) Tecnología de equipos. Extrusor y equipos auxiliares

2.1 La Tubería de PVC y sus Principales Aplicaciones

Existen múltiples aplicaciones de la tubería rígida de PVC, y a continuación se describirán las características de cada aplicación, así como las tendencias en la generación de nuevas aplicaciones, tanto en E.U. como en México.

a) Tubería a presión

Tubería para agua potable

El uso de determinada tubería en esta aplicación depende del terreno, la acidez del suelo, la geología y la profundidad de las zanjas para un proyecto en particular. En

primera instancia, en zonas rocosas el uso de tubería de PVC puede requerir el uso de una cama de grava para prevenir la ruptura de la tubería. Esto puede aumentar los costos de la instalación a niveles no competitivos con tubería de otros materiales. Este mercado incluye la distribución de agua en zonas rurales y municipales.

Distribución Rural

Generalmente, el mercado utiliza tubería de PVC de diámetros entre 1 y 12 pulgadas. Sin embargo, algunas veces se usan diámetros de hasta 24 pulgadas. El promedio se encuentra entre 4 y 6 pulgadas, [TFG, 1991].

Los principales factores que han contribuido a ampliar su uso son:

- Fácil reemplazo
- Los requerimientos de resistencia no son tan estrictos en áreas rurales.
- Facilidad de instalación debido a
 - Bajo peso
 - Longitudes extensas
 - Facilidad de unión
- Bajo costo, ya que el PVC es competitivo en costo para estos diámetros

La tubería de asbesto y de hierro dúctil son los principales competidores de la tubería de PVC en este mercado y han perdido un mercado significativo en los últimos años.

El PVC es aceptado, más a menudo, en el mercado rural que en el mercado municipal porque la mayor ventaja competitiva del hierro, la resistencia a la rotura, no es tan importante en aplicaciones rurales, puesto que conduce agua a bajas presiones.

Una de las ventajas del PVC es que puede ser manejada e instalada más fácilmente por su ligereza. De esta forma, el hierro dúctil no es competitivo con el PVC en cuanto a los costos de instalación, debido a sus menores longitudes, más difícil unión y mayor peso.

Los asbestos han declinado su uso en esta aplicación debido a su alto costo, deficiencias estructurales/desempeño, y problemas asociados con las fibras de asbesto (carcinogénico, fragilidad). Ahora se encuentra limitada a aplicaciones de gran diámetro (más de 29 pulgadas).

Distribución Municipal

La tubería municipal es aquella que transporta agua desde su fuente original hasta las instalaciones para su tratamiento y finalmente la distribuye a los usuarios en la municipalidad. Esta tubería es usada generalmente bajo presiones más altas que la

competitivo en costo para diámetros menores de 12 pulgadas. Los principales materiales para tubería municipal incluyen al hierro dúctil, concreto reforzado, asbesto y PVC.

El principal criterio para la aceptación de tubería de PVC en este mercado incluye:

- Resistencia a altas presiones (interna, externa)
- Seguridad
- Longevidad
- Competitividad en costos

Otras ventajas incluyen el flujo eficiente, resistencia a la corrosión, peso ligero, fácil y bajo costo de instalación. Los beneficios de una superficie interna lisa incluye la baja formación de sedimentaciones y un mayor flujo volumétrico. Así, en áreas con alto contenido de minerales en el agua, el PVC puede tener una ventaja sobre otros materiales. Los fabricantes de tubería de cemento se enfrentan a este problema mediante el uso de un "liner" o capa interna de PVC en la tubería de cemento que reduce la formación de sedimentos, pero que eleva el costo de la tubería.

La principal desventaja de la tubería de PVC en aplicaciones municipales incluye la menor resistencia en relación con otros materiales tradicionales, corto período de utilización, un mayor precio en diámetros mayores.

Debido a su baja resistencia y fragilidad con respecto a la tubería de hierro dúctil, el PVC no puede ser usado en áreas de tráfico pesado (como carreteras y cruces de ferrocarriles), condiciones rocosas, o calles urbanas.

Distribución Doméstica de Agua Caliente y Fría

Para una residencia de una sola familia, el diámetro promedio de la tubería es de 0.5 a 1 pulgada. El PVC compite en esta aplicación con materiales como el cobre y el acero. Este último ha perdido mercado debido a la corrosión, formación de sedimentos, peso y problemas de unión.

Irrigación

El mercado de irrigación consiste en la tubería usada para transportar el agua en los terrenos agrícolas. Esta tubería en su mayoría es colocada sobre el terreno (en la superficie del suelo) o enterrada a baja profundidad. Los diámetros promedios utilizados están abajo de las 6 centímetros. Los grandes diámetros están dominados por materiales como concreto, aluminio y otros materiales especialmente en flujo bajo gravedad. La tubería para irrigación no requiere soportar altas presiones, y por lo tanto permite paredes delgadas.

El PVC compite con el aluminio en aplicaciones por arriba del suelo. El aluminio prevalece en este tipo de aplicación debido a su resistencia, que protege la tubería de rupturas al momento de mudarla a otra zona. También, el PVC debe ser formulado con aditivos tales como estabilizadores de la luz ultravioleta, plastificantes aumentando costo.

b) Tubería sin presión

Drenaje, agua de desecho, y venteo (DWV)

Los sistemas de drenaje, agua de desecho y venteo forman la red interior de tubería usada para ventilar la eliminación de fluidos de desecho. Los tamaños de tubería van de 0.5 a 8 pulgadas de diámetro en este mercado. El hierro, ABS (acrilo-nitrilo-butadieno-estireno) y el cobre compiten con el PVC en este mercado. El PVC y el (ABS) han ganado grandes segmentos de mercado a expensas del cobre.

El PVC está creciendo más rápidamente que cualquier material en esta área, reemplazando tanto al ABS como al hierro. El éxito del PVC se debe principalmente a las ventajas significativas de costos.

Sin embargo, el crecimiento continuo del PVC en este mercado depende principalmente de la posibilidad de superar sus dos grandes desventajas relacionadas con este uso en edificios multifamiliares y en edificios de gran altura como:

Alta conductividad del ruido en comparación con el metal

Bajo cumplimiento de los estándares relacionados con las emisiones tóxicas durante la combustión del PVC

Los fabricantes de ABS han intentado recuperar el mercado introduciendo una tubería con una capa interna de ABS espumado, usando un menor contenido de resina que reduce el costo de producción. Sin embargo, el PVC mantiene aún una ventaja en costo sobre el ABS, el PVC es más fácil de instalar debido al uso de adhesivos confiables y de rápido manejo.

c) Ductos¹

El mercado de ductos consiste en la tubería usada en la construcción de los sistemas eléctricos, telefónicos y de computadoras de las obras civiles.

Los ductos han sido clasificados como eléctricos no metálicos (ENT) o eléctricos metálicos (EMT). Los materiales tradicionales usados en la categoría EMT son el acero. ENT incluye PVC, polietileno (PE) y otros ductos aislantes. Los diámetros típicos usados en la tubería de PVC para esta aplicación va de 0.5 a 6 pulgadas.

1 Tubería rígida usada en la protección y confinamiento de cables eléctricos, telefónicos, de computadoras, etc.

El uso de ductos de PVC ha ganado una lenta aceptación debido a las siguientes razones:

- Baja resistencia comparada con el acero
- Requiere de un alambre adicional para hacer tierra
- Prohibición del PVC en ciertas áreas debido a emisiones tóxicas durante su combustión

Sin embargo, los ductos de PVC tienen otras ventajas sobre el acero, como su bajo precio, interior liso y resistencia a la corrosión. El interior liso de los ductos de PVC permite una inserción rápida del cable comparado con los ductos de acero. También, posee la ventaja de la resistencia química, la cual es necesaria para asegurar un servicio de larga vida cuando es enterrada en cemento. Fabricantes de ductos de acero han hecho desarrollos para reducir el problema de la corrosión de los ductos de acero mediante el uso de acero galvanizado o con recubrimientos de acero. En general, los ductos de PVC son usados cuando no es necesaria la resistencia del acero o cuando los estándares permiten el uso del PVC (ASTM, 1985).

Tubería para alcantarillado y drenaje

Las aplicaciones de tubería de PVC en alcantarillado y drenaje incluyen diámetros entre 4 y 14 pulgadas. Los materiales competidores incluyen el cemento, el acero corrugado y la arcilla. Mucho del crecimiento esperado proviene de la penetración del PVC en el mercado de tubería de grandes diámetros.

El PVC ha penetrado completamente el mercado de tubería de pequeños diámetros en el alcantarillado por gravedad y ha reemplazado al acero, la arcilla y el cemento en la mayoría de los casos donde los códigos no han limitado su uso. Sin embargo, esta tubería tiene limitaciones significativas, tales como pocos antecedentes en su uso, sólo diámetros menores.

La principal ventaja de la tubería de PVC en este mercado incluye bajo costo y resistencia a la corrosión. También, tiene una posición en costo más favorable en este mercado sobre el hierro dúctil que la que posee en el mercado de aplicaciones para soportar presión, ya que el PVC puede utilizar paredes delgadas en aplicaciones que no requieren soportar presión, y así disminuye el costo de la tubería de PVC.

El PVC ha reemplazado exitosamente la tubería de concreto debido a su resistencia química, ya que la tubería de concreto es atacada por el ácido sulfhídrico, mientras que al PVC no lo ataca. El éxito también se ha debido a su ligereza, bajos costos de instalación, integridad de juntas y resistencia al rompimiento. La industria del PVC señala como objetivo el mercado de grandes diámetros para alcantarillado de diámetros de 27 pulgadas o mayores. La industria también trata de aumentar su competitividad en diámetros entre 16 y 27 pulgadas.

Puesto que la extrusión de tubería de grandes diámetros no es efectiva en costo, se han desarrollado métodos que ahorran materia prima para la producción de tubería de grandes diámetros. En los últimos años, varias tecnologías para la manufactura de tubería de PVC han sido desarrolladas para reducir los costos, como la tubería cargada con aditivos minerales y otros diseños, los cuales han tenido limitado éxito debido a problemas de producción y de especificaciones. Sin embargo, existen dos procesos con gran potencial para producción de tubería de grandes diámetros que son los sistemas Petzetakis y Uponor, (P. Mapleston, 1988).

2.2 Resinas y aditivos

Cloruro de Polivinilo (PVC)

Hace más de una centuria el PVC fue preparado en el laboratorio, cuando investigadores americanos y europeos buscaban producir hule sintético, pero debido a su baja estabilidad térmica no pudo ser utilizado comercialmente sino hasta 1930. El desarrollo de sistemas estabilizadores de Pb, Sn y Cd permitieron que el PVC llegara a ser uno de los materiales plásticos más importantes.

Existen tres métodos básicos para producir PVC: suspensión (SPVC), emulsión (EPVC), y masa (MPVC). Otros procesos especializados incluyen microsuspensión, donde el monómero, cloruro de vinilo (VCM) es homogenizado en agua para producir una resina tipo pasta, y el método de solución donde el VCM es disuelto en un disolvente como el ciclohexano.

SPVC es el proceso dominante (incluye entre el 85 y 90 % de la capacidad instalada mundial de PVC). suspende gotas de VCM en agua agitada que contiene surfactantes para prevenir la coalescencia del monómero. Un gran número de compañías ofrecen licencias tecnológicas de este proceso con algunas variantes.

EPVC es un proceso menos licenciado, donde el VCM es emulsificado en agua con ciertos detergentes. Este proceso depende mucho de la "expertise" en la formulación durante la reacción de polimerización.

El PVC nunca se utiliza solo, debe ser formulado con estabilizadores, lubricantes, cargas, plastificantes, pigmentos, y modificadores de impacto con el fin de obtener el uso final deseado. No sólo debe considerarse la estructura molecular del PVC que controla propiedades como la resistencia a la tensión, sino que también deben considerarse la forma y distribución del tamaño de las partículas ya que éstas afectan la procesabilidad del PVC. Una alta densidad "bulk" y una facilidad de flujo son requeridas para la extrusión de tubería, mientras que para la extrusión de película se requiere de alta absorción de plastificante, así como ausencia de "geles".

Si bien, SPVC y MPVC son a menudo usados para las mismas aplicaciones, no son verdaderamente intercambiables. Bajo el microscopio electrónico, las partículas del SPVC poseen una película superficial que las envuelve llamada capa pericelular, mientras que la partícula de MPVC tiene una forma uniforme y porosa.

La densidad "bulk" es un importante factor cuando se evalúa la tasa de producción de un extrusor de tubería, una alta densidad "bulk" permite elevar rápidamente la presión en la zona de alimentación del extrusor. Como una ventaja, las resinas del MPVC poseen alta densidad "bulk", pero ciertas formulaciones del SPVC producen resinas con similares densidades "bulk", eliminando la desventaja. La naturaleza porosa del MPVC y la inexistencia de una capa pericelular, resulta en un más fácil paso por el extrusor que para el SPVC, dando una mayor producción por hora, pero a un mayor consumo de energía (TFG, 1991).

El peso molecular del PVC tienen un efecto significativo en las propiedades de procesamiento de formulaciones no plastificadas. Grado industriales de PVC, elaborados a la misma temperatura, tienen los mismos pesos moleculares promedios y aproximadamente el mismo grado de ramificación de la molécula y la misma distribución del peso molecular. El PVC se degrada al ser calentado y procesado en presencia de aire, y por tanto el familiar "melt index" no puede ser utilizado para este polímero. En la práctica, una medida del peso molecular es obtenido de la viscosidad relativa de una solución diluida del polímero, comparada con un disolvente puro. El resultado es el valor K, a mayor valor K mayor peso molecular. El Valor K de la norma DIN 53726 va de 50 hasta 75 para los intervalos comerciales de polímeros.

La selección del valor K para una aplicación específica es un compromiso entre las propiedades finales y la procesabilidad. Un valor K bajo es seleccionado donde es más importante el proceso y la no descoloración que la resistencia mecánica. Así, para el moldeo por inyección, soplado y calandrado, se usan resinas con valor K de 55 a 62. Para la extrusión de láminas se usan de 62 a 66, para tubería a presión normalmente de 66 a 68. Para grandes diámetros, hasta de 70, aunque se duda sobre si tales resinas pueden ser procesadas lo suficientemente bien como para lograr mejoras en las propiedades finales por arriba de un valor K de 68.

En el Apéndice A, se presenta una lista ilustrativa de los valores K de distintos tipos de resinas y sus principales aplicaciones finales, así como precios de distintos grados de PVC.

2.3 Formulaciones y aditivos para la fabricación de tubería

Las formulaciones utilizadas para la fabricación de tubería son determinantes tanto de la facilidad de producción como de las propiedades finales de la tubería, ya que las características exigidas por el producto final sólo pueden lograrse a través de la presencia de ciertos aditivos en la forma y cantidad adecuada.

Las formulaciones utilizadas afectan directamente los costos variables de producción de la tubería y por lo tanto su optimización es una práctica común del transformador así como lo es la reducción óptima del contenido de resina en cada manufactura.

En primera instancia, es necesario establecer las características o propiedades del producto o compuesto deseado y posteriormente proceder a delinear la fórmula que servirá de punto de partida para someterla a posteriores ajustes hasta alcanzar los resultados deseados.

Para la fabricación de compuestos de PVC se cuenta con los siguientes aditivos:

- Plastificantes
- Estabilizadores
- Lubricantes
- Cargas
- Pigmentos
- Ayudas de proceso o modificadores de flujo
- Modificadores de impacto
- Estabilizadores a la luz ultravioleta (UV)
- Retardadores de flama
- Espumantes o esponjantes
- Antioxidantes
- Antiestáticos
- Fungicidas

Con la combinación adecuada de los ingredientes pueden obtenerse productos con propiedades específicas como:

- Densidad relativa
- Dureza
- Esfuerzo a la tensión
- Porcentaje de deformación
- Módulo al 100%
- Flexibilidad a baja temperatura
- Estabilidad al calor
- Estabilidad a la luz
- Envejecimiento con el calor
- Resistencia a la migración
- Resistencia al rasgado
- Resistencia a la compresión
- Propiedades eléctricas
- Resistencia al impacto
- Distorsión al calor
- Toxicidad

Resistencia a la humedad
Resistencia a aceites, grasas, gasolinas
Resistencia a la abrasión
Resistencia a agentes químicos
Resistencia a la flama
Apariencia
Procesabilidad

El diseño de formulaciones parte de ciertos supuestos en los que se establecen las propiedades o características requeridas y en base a éstas se utilizan criterios básicos como:

Un compuesto de PVC es preparado al incorporar dos tipos de aditivos: Básicos y Complementarios.

Los aditivos básicos son aquellos estrictamente indispensables para el procesado del PVC y son:

- Estabilizador al calor y
- Lubricantes

Como aditivos complementarios se consideran todos aquellos que se incorporan en un compuesto para conferir determinadas características o propiedades al producto final y son entre otros:

Cargas
Pigmentos
Ayudas de proceso o modificadores de flujo
Modificadores de impacto
Estabilizadores a la luz ultravioleta (UV)
Retardadores de flama
Antioxidantes
Antiestáticos

Una vez seleccionadas las resinas adecuadas para cada uso (tubería, botella, película, etc.) según su valor K, sólo resta fijar la cantidad a utilizar. En formulaciones de compuestos de PVC, es normal referir la cantidad de aditivos en función de 100 partes por resina (phr) para facilidad de manejo, por otra parte la información técnica se encuentra referida de esa misma manera.

A continuación se hace una breve descripción de los principales aditivos del PVC y finalmente se describirá el proceso para la preparación de mezclas.

2.3.1 Aditivos básicos

Estabilizadores térmicos

Son sustancias que tienen la finalidad de neutralizar y reaccionar con el ácido clorhídrico que se genera por degradación de la resina, previniendo la descoloración del compuesto durante el proceso de transformación, la cual se identifica y se observa como un cambio de color, desde amarillo hasta negro, pasando por tonalidades canela, café y café rojizo. La degradación térmica se inicia a una temperatura de 90-95 °C que es cuando se inicia la generación del ácido clorhídrico [Frados, 1976].

Los estabilizadores de PVC se dividen en inorgánicos, órgano-metálicos y orgánicos. Las sales complejas de Ba/Cd, Ba/Cd/Zn son utilizadas en una proporción del 2 a 3 phr, proporcionan buena transparencia, buena estabilidad al calor. Presentan la desventaja de no contar con la aprobación de uso en manufacturas de PVC con aplicación en alimentos.

Las sales órgano-metálicas de Sn son utilizadas en una proporción de 0.5 a 2.0 phr, proporcionan excelente transparencia y algunos tipos cuentan con aprobación para uso como grado alimenticio.

Las sales inorgánicas de Pb son muy buenos estabilizadores al calor, dan opacidad al compuesto y se encuentran sujetos a legislaciones para usarse en tuberías para distribuir agua potable. Normalmente, se utilizan en una proporción de 1.5 a 5 phr.

Las sales de Ca y Zn proporcionan una deficiente estabilidad al calor y transparencia. Cuenta con aprobación para uso en grado alimenticio. Se utilizan en proporciones de 2 a 4 phr.

Tabla 2.1. Resumen sobre estabilizadores

Sales complejas de Ba/Cd, Ba/Cd/Zn	2 a 3 phr,	Proporcionan buena transparencia y estabilidad al calor. Tienen la desventaja de no contar con la aprobación de uso en manufacturas de PVC con aplicación en alimentos.
Sales órgano-metálicas de Sn	0.5 a 2.0 phr,	Proporcionan excelente transparencia y algunos tipos cuenta con aprobación para uso grado alimentación.

Sales inorgánicas de Pb	1.5 a 5 phr.	Son muy buenos estabilizadores al calor, dan opacidad al compuesto y se encuentran sujetos a legislaciones para usarse en tuberías para distribuir agua potable.
Sales de Ca y Zn	2 a 4 phr.	Proporcionan una deficiente estabilidad al calor y transparencia. Cuenta con aprobación para uso como grado alimenticio.

Lubricantes

Otro aditivo básico lo constituyen los lubricantes, son aditivos que en muchas ocasiones no reciben la atención que merecen debido a que su uso representa una pequeña cantidad comparada con otros. Sin embargo, la elección correcta de resina y del tipo y nivel de lubricante son determinantes para la productividad de un compuesto, así como para la calidad del producto terminado, ya que la procesabilidad significa un mejoramiento de las características del flujo del compuesto, reducción de la tendencia a adherirse a las paredes metálicas de la máquina y mejorar el acabado superficial del producto.

Los lubricantes se clasifican normalmente en internos y externos, de acuerdo a propiedades de solubilidad y dispersión en la resina. Los lubricantes internos proporcionan el deslizamiento de una molécula sobre otra, mientras el lubricante externo ayuda a que se produzca un deslizamiento del compuesto sobre la superficie metálica del cilindro y el cabezal de un extrusor.

El nivel de lubricación debe determinarse cuidadosamente ya que un exceso puede provocar fragilidad en el producto, disminución de las propiedades mecánicas y exudación. Por el contrario, un bajo nivel de lubricación, puede producir un aumento de la viscosidad del material fundido y consecuentemente, un problema de degradación o bien, facilitar que el compuesto se adhiera a superficies metálicas con lo cual también se degradaría. Entre los lubricantes internos se encuentran:

- Estearatos de Ca, Pb y Zn
- Esteres de glicerina
- Esteres de ácidos grasos
- Amidas de ácidos grasos

Como lubricantes externos se pueden mencionar:

- Ceras parafínicas
- Ceras de petróleo
- Ceras polietilénicas
- Mezclas especiales de ceras

Existen mezclas o combinaciones de ceras cuya particularidad es actuar simultáneamente como lubricantes interno-externo, con las cuales se puede lograr sistemas balanceados de lubricación [J. Frados, 1976].

II.3.2 Aditivos complementarios

Los aditivos complementarios del PVC, son indispensables para complementar una formulación ya que contribuyen a cumplir con los requerimientos especiales de un producto de PVC. Los más comunes son:

- Plastificantes
- Cargas
- Pigmentos
- Ayudas de proceso o modificadores de flujo
- Modificadores de impacto
- Estabilizadores a la luz ultravioleta (UV)
- Retardadores de flama
- Antioxidantes
- Antiestáticos
- Espumantes

Plastificantes

Se utilizan en compuestos flexibles y son generalmente líquidos, en algunos casos son sólidos y se combinan con la resina de PVC para cambiar o alterar las propiedades físicas, así como las características del procesamiento, dependiendo de la cantidad y tipo de plastificante agregado. Este último puede afectar las propiedades finales del producto como flexibilidad, intemperismo, flamabilidad y compatibilidad de aditivos.

Los plastificantes se dividen en primarios y secundarios de acuerdo con su compatibilidad con la resina.

Las cantidades a usar pueden ser de 15 a 25 partes por resina (phr) para semirrígidos y de 25 a 100 phr para flexibles. En la Tabla 2.2 se indican las características más sobresalientes en cuanto a tipos y aplicaciones de los plastificantes.

Tabla 2.2. Propiedades de plastificantes

Plastificantes	Propiedades del Compuesto
DOP	Buena plastificación, uso general
Trimetilatos, ftalatos como DIDP,DTDP	Propiedades eléctricas
Aceites epoxidados	Estabilidad a la luz y al calor
Fosfatos (TCP), parafinas cloradas	Retardamiento a la flama
Adipatos, sebacatos, azelatos	Flexibilidad a baja temperatura
Poliméricos, trimelitatos DTDP, DIDP	Baja volatilidad
Poliméricos, trimelitatos	Baja migración
Poliméricos, trimelitatos	No empañantes

Cargas

Se agregan principalmente para disminuir el costo de una formulación, aunque también se recomiendan para conferir otras características como opacidad, propiedades eléctricas, resistencia a la adherencia (blocking), resistencia a la luz UV, aumentar dureza y control de brillo [J. Frados, 1976].

Por otra parte, pueden afectar propiedades como resistencia a la tensión, resistencia química, densidad, resistencia a la abrasión. Existen varios tipos de cargas, entre las cuales destaca el carbonato de calcio, tanto precipitado como micronizado, por ser una carga ampliamente utilizada en la industria del PVC. También, se utilizan otras cargas como arcillas calcinadas, asbesto, mica, talco, etc.

Las cantidades a usar varían desde 1 a 100 phr, que depende del compuesto de que se trate. Sin embargo, para compuestos rígidos, se agregan en menor proporción que en compuestos flexibles.

Pigmentos

Su uso puede estar destinado a mejorar el aspecto visual del producto, a conferir determinadas características o simplemente usarse como un medio de identificación [J. Frados, 1976].

Los pigmentos se pueden agregar en forma de polvo, como dispersiones líquidas, o como concentrados granulados, ya que el PVC presenta la particularidad de que se puede pigmentar con relativa facilidad en una amplia gama de colores. Los pigmentos que se usan para PVC pueden ser tanto inorgánicos como orgánicos.

Los inorgánicos son entre otros el óxido de titanio, óxido de cromo, azul ultramarino, molibdato naranja y entre los orgánicos las ftalocianinas y bencidinas.

Para escoger un pigmento, no solamente es importante la tonalidad del color sino que se debe analizar o conocer características como capacidad tintórea, opacidad, temperatura de proceso, resistencia al calor, transparencia, condiciones de uso, costo, etc.

Modificadores de flujo

Son conocidos también como ayudas de proceso, cuya función es mejorar la procesabilidad de un compuesto rígido, ayudar a disminuir la viscosidad de fundido, lograr una fusión más completa y más rápida y reducir defectos superficiales [J. Frados, 1976]. Son resinas complejas elaboradas a partir de sistemas acrílicos y de estireno butadieno. Las cantidades que se agregan varían de 0.5 a 3 phr dependiendo del tipo de compuesto y del tipo de maquinaria utilizada. Es importante alcanzar un nivel adecuado ya que su costo es alto.

Modificadores de impacto

Son aditivos caracterizados precisamente por mejorar o aumentar la resistencia al impacto de un producto rígido de PVC, sin impartir blandura o flexibilidad [J. Frados, 1976].

Los materiales plásticos poseen una propiedad conocida como temperatura de transición vítrea. Por debajo de la cual dichos materiales pueden experimentar fractura o fragilización. Para resolver este problema, se han desarrollado compuestos tipo ABS (acrilo-nitrilo-butadieno-estireno), MBS (metacrilato-butadieno-estireno), CPE (polietileno clorado), acrílicos y EVA (etileno-vinil-acetato), orientados a usos generales y específicos, según el caso en particular. Sus propiedades como aditivos para mejorar la resistencia al impacto, consiste en absorber el choque sin provocar fractura ya que experimentan una deformación a la vez que disipan el impacto.

El uso de plastificantes mejora la resistencia al impacto (cuando se usan más de 15 o 20 phr, ya que reblandecen al compuesto aunque provocan que pierda rigidez, reducen la temperatura de transición vítrea (T_g) pero el compuesto adquiere blandura y flexibilidad.

A continuación se hace un resumen de los diferentes tipos de modificadores de impacto con las características más adecuadas.

Tabla 2.3. Modificadores del PVC

Tipo de Modificadores	Características
ABS	Se recomienda para productos opacos, no expuestos a la intemperie
MBS	Proporcionan muy buena transparencia, no recomendado para uso a la intemperie
ACRILICOS	Disponibilidad de modificadores para productos transparentes y opacos, teniendo estos últimos, resistencia al efecto del intemperismo
EVA	Recomendado para productos opacos con buena resistencia a la intemperie
CPE	Recomendado para productos opacos con buena resistencia a la intemperie

La cantidad que se debe agregar dependiendo de la resistencia al impacto solicitado, es de 1 a 15 phr. Además, se debe considerar también el peso molecular de la resina ya que a mayor peso molecular se logra mayor resistencia al impacto.

Estabilizadores a la luz UV

Se utilizan para proteger el producto de la degradación por efecto de una exposición a la intemperie. Absorben los rayos ultravioletas y evitan así el cambio de color [J. Frados, 1976].

Retardantes de flama

Se utilizan para evitar la propagación de la flama, característica inherente al PVC, pero que al usar otros aditivos se reduce.

Antioxidantes

Su objetivo es que colaboren para que el compuesto no pierda sus propiedades mecánicas, al evitar la oxidación producida por el oxígeno y ozono de la atmósfera.

Antiestáticos

Eliminar la electricidad estática localizada en la superficie del producto.

Espumantes

Se utilizan para obtener productos celulares o espumados por medios químicos, para hacerlos más ligeros.

2.3.3 Preparación de Mezclas

Es muy importante para el adecuado desarrollo de las propiedades y funcionalidad constante de un compuesto de PVC, el que todos sus ingredientes estén homogéneamente dispersos y que esta dispersión sea adecuada y repetida, lote tras lote de mezclado.

Para lograr estas condiciones es necesario establecer un ciclo de mezclado, ciclo que no sólo tomará en cuenta el orden de incorporación de los distintos aditivos, sino las condiciones de temperatura (y en algunas ocasiones, el tiempo para alcanzarla).

En el ciclo de mezclado se parte normalmente de la incorporación de la resina dentro de la mezcladora, resina que deberá prepararse físicamente lo mejor posible para aceptar por absorción/adsorción, todos los demás ingredientes de la fórmula.

El calentamiento de las resinas de PVC por masa o suspensión, si no es excesivo (temperatura no superior a los 70°C y por tiempo a esa temperatura de entre 2 y 3 minutos), se traduce en una dilatación de las partículas, sobre todo cuando la temperatura se logra mediante agitación/fricción derivada del impulso de las aspas de un mezclador de alta velocidad o en una mucho menor proporción por convección por contacto de las partículas contra las paredes calientes de la mezcladora ya sea de alta o baja velocidad (por calefacción con vapor o agua caliente).

Este calentamiento puede iniciar una deshidrocloración, por lo cual se recomienda agregar lo más pronto posible, los estabilizadores térmicos. A partir de este paso se inicia la secuencia recomendable (ver Tabla 2.4, pág. 23) para compuestos plastificados o rígidos, para mezcladoras de alta velocidad.

Tabla 2.4. Ciclo recomendable de mezclado ²

Fase	Operación	Temperatura	phr
1	Alimentación de resinas y estabilizadores	Ambiente	
	Sales complejas de Ba/Cd, Ba/Cd/Zn		2 a 3
	Sales organo-metálicas de Sn		0.5 a 2.0
	Sales inorgánicas de Pb		1.5 a 5
	Sales de Ca y Zn		2 a 4
2	Calentamiento de resinas con estabilizadores	Hasta 70°C	
3	Incorporación de otros ingredientes de la fórmula		
3.1	Plastificantes primarios y secundarios	70 - 90 °C	
	Semirrígidos		15 a 25
	Flexibles		25 a 100
3.2	Estabilizadores térmicos, líquidos o tintas	70°C	
3.3	Lubricantes internos	90°C	
3.4	Cargas y/o pigmentos	90-95 °C	1 a 100
3.5	Modificadores de impacto	70-80°C	1 a 15
3.6	Modificadores de flujo	90-95°C	0.5 a 3
3.7	Lubricantes externos	90-110°C	
3.8	Misceláneos		
	Estabilizadores UV	70-80°C	
	Antioxidantes	70-80°C	
	Fungicidas y pesticidas	70-80°C	
	Retardadores de flama	70-80°C	
4	Descarga	100-110°C	
5	Enfriamiento	Ambiente	
6	Alimentación al extrusor	Por gravedad, por dosificadores	

2. La tabla fue elaborada con la información contenida en el Documento Promocional editado por los cuatro fabricantes de PVC en México, (ALTARESI, PRIMEX, POLICYD y POLMEX, 1989).

2.4 Procesado del PVC

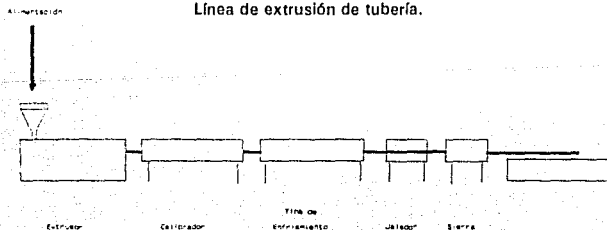
Como ya se mencionó, la transformación de una resina termoplástica en una manufactura final, implica cuatro etapas principales, manejo y transporte de sólidos, mezclado de resinas y aditivos, moldeado de la manufactura y acabado final.

Para moldear plástico existen varios procesos como extrusión, extrusión-soplado, inyección, inyección-soplado, calandreado, termoformado, los cuales presentan diferencias sustanciales en inversiones y requerimientos de servicios.

La fabricación de la tubería contempla, básicamente, el proceso continuo de extrusión, en el cual la resina de PVC es forzada a pasar a través de una boquilla (dado), tomando la forma típica de un ducto.

La fabricación de tubería de PVC requiere de varias operaciones como son manejo de PVC en forma de polvo, mezclado del PVC con los distintos aditivos, extrusión y formado del tubo, enfriamiento y cortado del tubo, acabado final como acampanado, grabado. La Ilustración 2.1 presenta una línea típica de extrusión de tubería que consiste de un extrusor de uno o dos husillos, un dado, un equipo calibrador de la forma final del extruido, un tanque de enfriamiento, un dispositivo medidor del espesor de las paredes de la tubería, equipo de grabado, un jalador que tire de la tubería, una cierra y un equipo para el entarimado de los tramos.

Ilustración 2.1
Línea de extrusión de tubería.



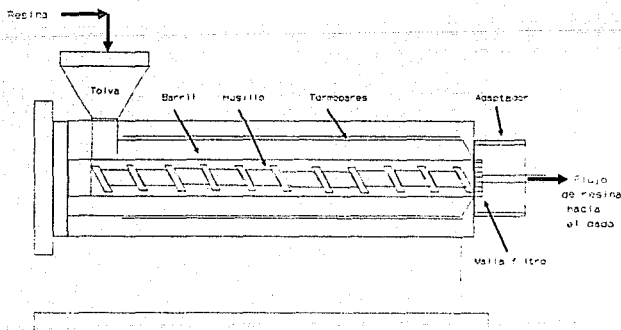
2.5 Equipos Principales

Una línea típica de extrusión está compuesta por cuatro equipos básicos: el extrusor, el dado o matriz, el calibrador, tina de enfriamiento y el jalador. A continuación se dará una descripción de estos equipos y su función, haciendo énfasis en el proceso de extrusión.

Extrusor

El proceso continuo de extrusión predomina en la fabricación de formas plásticas como películas, hojas, cintas, filamentos, tuberías, rotores y otro tipo de perfiles. Este predominio se debe básicamente a sus relativos bajos costos de operación, resultando ser el proceso económicamente más importante, por arriba de procesos tales como el proceso de inyección de piezas plásticas. (La mayor diferencia entre la extrusión y el moldeo por inyección es que la extrusión procesa el plástico a presiones menores y opera continuamente, las presiones normalmente van de 1.4 a 10.4 MPa y pueden llegar hasta 35 a 70 MPa, mientras que la inyección es realizada desde 14 a 210 MPa). La Ilustración 2.2 muestra una vista longitudinal de un extrusor con un solo husillo.

Ilustración 2.2
Sección longitudinal de un extrusor sencillo



El concepto básico del proceso de extrusión radica en el paso de la resina desde una tolva hacia un cilindro en el cual es fundida y transportada por el movimiento de un tornillo sin fin o husillo. El husillo comprime, funde y homogeniza el material. Cuando el material fundido llega al final del cilindro, normalmente es forzado a pasar a través de una malla metálica antes de entrar a la matriz o dado que le da la forma deseada, sin romper la continuidad del proceso en un solo instante.

En relación al diseño, todos los extrusores tienen la función de transportar y fundir la resina. Para este propósito, tanto extrusores de un solo husillo y de múltiples husillos son apropiados, pero cada uno tiene características individuales. En la práctica y en la teoría cada tipo tiene su lugar.

Las máquinas con un solo husillo son las más frecuentes de encontrar, sin embargo, existen, otras como los extrusores de doble husillo, los cuales son usados con el fin de mejorar la dispersión y el mezclado entre otras ventajas, como ocurre en la formulación de aditivos varios con la resina.

Múltiples husillos. Los extrusores de múltiples husillos proporcionan altos índices de producción y un estricto control sobre el calor transferido, encontrando una aplicación en la producción de tuberías grandes de PVC, ya que esta resina es altamente sensible al calor y puede degradarse fácilmente sin un buen control de la temperatura [D.V. Rosato, 1990].

Aún cuando los extrusores de múltiples husillos tienen un precio superior a los sencillos, existen ciertas ventajas al usarlos. Los equipos de doble husillo son efectivos en el manejo de mezclas secas de PVC que son formuladas directamente en una planta que potencialmente ofrecen un ahorro significativo en costos, comparado con la compra de compuestos preparados de PVC granulado (pellets). Otro ahorro se logra al reducir el contenido de estabilizadores térmicos en la formulación ya que estos equipos pueden operar a temperaturas más bajas [D.V. Rosato, 1990].

Un solo husillo. El desempeño de todas las máquinas y líneas de producción dependen de muchos factores que tienen que ser controlados y sincronizados, desde las etapas previas (upstream) a la extrusión misma y en etapas posteriores (downstream). El tipo de husillo usado siempre ha tenido una influencia mayor en la línea completa de producción.

El diseño más efectivo de husillos, en muchos casos de aplicación, ha sido un L/D de 25 (relación diámetro/longitud del husillo). Máquinas de mayor longitud, con un L/D de 30 a 33 son seleccionadas para aplicaciones especiales. Máquinas con un L/D de 20 son casi siempre usadas sólo para plásticos fácilmente degradables con calor. La versión de un L/D de 25 ofrece exactamente una máxima producción previniendo el sobrecalentamiento y el daño a la resina más sensible.

Los extrusores de un solo husillo son generalmente usados cuando se manejan compuestos de PVC granulado y los de doble husillo cuando se manejan compuestos en polvo [D.V. Rosato, 1990].

Matriz o Dado

La función de un dado es aceptar la resina fundida y disponible del extrusor y entregarla a un equipo receptor en la forma de un perfil determinado (película, hoja, tubería, filamento, etc.) con una mínima desviación en las dimensiones transversales y con una producción uniforme en peso, a la mayor velocidad posible. Un dado bien diseñado debería permitir cambios de colores y de resinas compatibles, rápidamente y con una mínima cantidad de material de desecho.

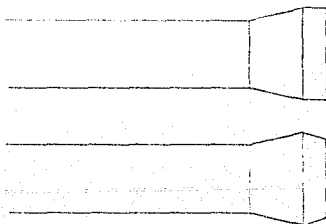
Calibrador y tina de enfriamiento

El calibrador tiene la función de recibir y dar forma final a la tubería aún en estado viscoso la cual pasa inmediatamente por la tina de enfriamiento con agua alcanzando la rigidez y forma final del material.

Unidad Jaladora

Es el dispositivo que tira del perfil o tubería extruida a la salida del dado haciendo que éste pase por el calibrador y por la tina de enfriamiento. El tirado de la tubería es un importante aspecto de control si se exige un estricto control de las dimensiones de la tubería y por tanto de la cantidad de material utilizado, ya que la magnitud y uniformidad de la fuerza con la que es jalada la tubería afecta directamente su forma y sobre todo los espesores de pared. Normalmente, las líneas de extrusión no tienen un adecuado control de esta unidad.

Ilustración 2.3
Tubería con campana



Tuberías con campana de diferente geometría

Se requieren de otros equipos como una cierra que permita obtener tramos de la longitud deseada (normalmente 6 m) y un sistema que permita dar la forma de campana a los extremos de la tubería. Ver Ilustración 2.3, pág. 27, para la forma del "socket" o campana.

Descripción de una planta modelo

Es importante resaltar que la tubería de PVC es un mercado muy grande, pero también muy competido, y México no es la excepción, de tal forma que la calidad y la rentabilidad del negocio han sido los requerimientos más importantes por años, mientras que las mejoras a equipos han sido de importancia secundaria debido básicamente a la fácil disponibilidad de equipos para la producción de productos de alta calidad. Además, el consumo de material es el principal factor de costo y gradualmente ha sido minimizado por el uso de sistemas de medición y control [J. Frados, 1976].

La Ilustración 2.4, pág. 29, muestra una distribución apropiada para una planta productora de tubería de PVC, sin incluir el área de inyección que produce las conexiones y accesorios. La planta está integrada a un área de preparación de los compuestos de resina de PVC.

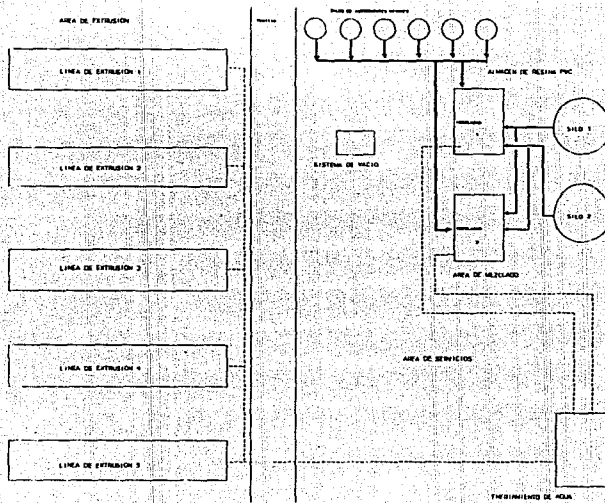
La Ilustración 2.4 presenta una planta con 5 líneas de extrusión distribuidas en paralelo y separada el área de extrusión de las áreas de almacenamiento de materias primas, mezclado y de servicios auxiliares.

Una empresa competitiva en el área de tubería para construcciones civiles debe contemplar al menos tres líneas de producción. Una primera línea puede contemplar un extrusor con un husillo de 45 mm de diámetro para poder producir tuberías estándares de entre 10 y 60 mm de diámetro, una segunda línea con un husillo de 75 mm para producir tubería de entre 30 a 100 mm y por último una tercera con un extrusor de 90 mm.

Las flechas en negritas señalan el uso de aspiradoras para el manejo de gránulos y polvos secos, como es el caso del transporte de la resina desde los silos hasta los mezcladores de alta velocidad y de los ingrediente menores como carbonato de calcio, pigmentos, etc. El transporte de los compuestos de PVC al área de extrusión no puede realizarse por medio de aspiradoras debido a la viscosidad que presenta la mezcla final, siendo acarreada y depositada manualmente a los dosificadores de gravedad que alimentan las tolvas de los extrusores [J. Frados, 1976].

Las líneas punteadas señalan el suministro de agua de enfriamiento tanto para las líneas de extrusión como para los mezcladores.

Ilustración 2.4
Distribución de una Planta de Tubería de PVC
con un área de mezclado



2.6 Equipos Auxiliares

Los equipos auxiliares están representados por los equipos para transporte de polvos, mezcladores de alta velocidad, sistemas de vacío y de enfriamiento, dosificadores a la tolva del extrusor, etc.

Normalmente, como equipos auxiliares se utilizan aspiradoras para transporte y pesado de los ingredientes menores y de la resina de los silos a los mezcladores de alta velocidad.

2.7 Nuevos Procesos y Equipos

A partir de mediados de 1985, nuevos desarrollo en equipos han sido establecidos en múltiples fábricas norteamericanas e incluso en México, logrando que el proceso de extrusión de tubería sea cada vez más efectivo en costo en la producción de tubería con diámetros arriba de los 300 mm y hasta los 1600 mm.

Actualmente, se producen tuberías coextruidas (tuberías formadas por varias capas de distintos materiales), tuberías coextruidas con centros de PVC espumado, tuberías corrugadas y biorientadas. Ver ilustración 2.5 para los diseño de estas tuberías.

Estas nuevas manufacturas reducen el contenido de PVC en cada manufactura y aumentando su resistencia al mismo tiempo. Como ya se había mencionado existen dos procesos para producción de tubería de grandes diámetros, los sistemas Petzetakis y Uponor.

Ilustración 2.5
Tubería coextruida y corrugada



a. Tubería coextruida con centro espumado



b. Tubería corrugada

Tubería coextruída con centro de PVC espumado

Battenfeld extrusionstechnik ha desarrollado, al igual que Alphacan (una empresa fabricante de tubería, subsidiaria de Atochem, fabricante de resina de PVC), una tecnología para fabricar tubería con centro espumado. Usando dos o tres extrusores, es posible producir tubería con capas internas y externas de diferentes materiales.

Battenfeld, afirma que tuberías de grandes diámetros producidas por este sistema tienen mejor rigidez que la tubería sólida (sin centro espumado). Una tubería de centro espumado y con dos veces el espesor de una tubería sólida de PVC, puede ser ocho veces más fuerte que la tubería sólida [P. Mapleston, 1988].

Sistema Uponor

Tuberías con secciones que cruzan la pared transversal del perfil hueco o tubería, tienen similar resistencia a la tuberías sólidas del PVC, pero son mucho más ligeras.

El sistema Uponor (tecnología sueca de Uponor Innovation AB), consta de un elemento clave en la producción que es el jalador posicionado inmediatamente después del extrusor. Este jalador imparte el ribeteado externo a la tubería de UPVC (PVC de alta densidad), mientras el extruido o perfil está aún viscoso, sin afectar la superficie interna de la tubería.

Aparte de impartir resistencia a la tubería, las secciones o ribetes juegan varios papeles. Los ribetes sujetan la tubería longitudinalmente en el suelo, previniendo pequeños movimientos debido a la expansión térmica, resulta más fácil de cortar en tramos con una cierra manual, los ribetes extremos pueden ser unidos fácilmente a través del socket o campana.

El sistema Uponor permite producir tuberías de hasta 650 mm de diámetro, son 30% más ligeras que una tubería convencional y logra los mismos desempeños mecánicos, y encuentran su principal aplicación en los sistemas de alcantarillado [P. Mapleston, 1988].

Sistema Petzetakis

La producción de tubería espiralmente ribeteada o corrugada de PVC de grandes diámetros está basada en una patente australiana de A.G. Petzetakis S.A., que permite obtener ahorros entre 40 y 60% de la resina utilizada comparada con la tubería sólida con la misma resistencia. Dicha empresa ha licenciado su tecnología en los Estados Unidos, Canadá y Puerto Rico. A.G. Petzetakis S.A produce esta tubería en diámetros desde 300 mm hasta 1500 mm en UPVC y en Polietileno de alta densidad (HDPE). Sus principales aplicaciones son:

- a) Colectores centrales para redes de alcantarillado de gran escala
- b) Tuberías submarinas para eliminar desechos
- c) Tubería para irrigación por gravedad de grandes áreas
- d) Como recubrimiento interno de tuberías y contenedores envejecidos

La compañía también planea producir tubería de Polipropileno (PP), y policarbonato PC, para aplicaciones en el transporte de agua a altas temperaturas.

Durante el proceso Petzetakis, el perfil extruido es alimentado a un tambor rotatorio colocado en el ángulo derecho del extrusor. Los ribetes del perfil son unidos por una combinación de calor y presión axial. Petzetakis afirma que las uniones son muy resistentes, ya que durante las pruebas de resistencia a la tensión de una sección de tubería, las fracturas ocurren en los perfiles y no en las uniones de los ribetes o extremos de los perfiles.

Este tipo de tubería es producida con un diámetro máximo de 1600 mm y una longitud máxima de 12 m, pero Petzetakis dice que no existe un límite teórico.

Los cambios necesarios para modificar los diámetros de la tubería producida toman alrededor de 2 horas. El espacio requerido para la producción es reducido pues una línea produciendo tubería de 6 m, requiere una longitud de 10 m [P. Mapleston, 1988].

CAPITULO 3

Características típicas de plantas mexicanas y norteamericanas para la fabricación de tubería de PVC

3. Características típicas de plantas mexicanas y norteamericanas para la fabricación de tubería de PVC.

Con el fin de poder establecer los niveles de competitividad de las tuberías mexicanas es indispensable establecer las características de la planta productiva nacional e identificar las diferencias existentes con respecto a las empresas extranjeras, principalmente las norteamericanas.

Una vez establecidas estas diferencias se emitirá la definición de una empresa líder, y seguidora en un ramo determinado y así poder proceder a estimar los costos de producción de cada una y comparar con los de una empresa típica nacional.

En el presente capítulo se centrará en el análisis de la tubería de PVC con aplicación en la ingeniería civil y/ construcción y, se hará una descripción de las empresas identificadas desde el punto de vista de sus capacidades instaladas, tipo de equipos y tecnologías utilizadas así como de la integración con respecto a materias primas y compuestos que pudieran existir. .

3.1 Características típicas de plantas mexicanas

La planta productiva mexicana fabrica normalmente tubería de diámetros de entre 13 y 630 mm de diferentes espesores y aplicaciones, destacando la tubería para drenaje y para agua potable. En el Apéndice A se presentan varias tablas con dimensiones y aplicaciones de las tuberías disponibles en el mercado mexicano.

Existen, aproximadamente una decena de empresas fabricantes que ofrecen una variedad de calidades desde productos muy elementales hasta productos de exportación, dentro de ellas se pueden enlistar las siguientes:

- Tubos Flexibles
- Plásticos Rex
- Plásticos Omega
- Plastotécnica
- Poliducto
- Plásticos y Conexiones
- Conexiones Plásticas y Sanitarias
- PETESA
- Manufacturas, Válvulas y Conexiones

Normalmente, estas empresas elaboran sus compuestos con fórmulas propias, para ello cuentan con mezcladores de alta velocidad y con un mínimo de tres líneas de extrusión, las máquinas poseen husillos de entre 10 y 200 mm de diámetro.

Para 1991, el consumo nacional de tubería de PVC se estimó en 40,000 ton y empresas como Tubos Flexibles, Plásticos Rex y Plásticos Omega pertenecen a grupos industriales productores de resina PVC y representan más de un 60 % de la producción nacional (ANIQ, 1991).

a) Capacidad Instalada

En general, se estimó que existe en el país un parque de máquinas extrusoras que representan una capacidad instalada para la producción de 55,000 ton/año. El 40% de estas máquinas son equipos con una edad promedio de 20 años. Actualmente, no existen proyectos en el país para la fabricación de tubería de PVC de grandes diámetros (arriba de las 27 pulgadas).

Una planta grande posee como mínimo ocho líneas de extrusión que pueden representar una capacidad instalada de 8,500 ton/año.

b) Nivel de automatización de equipos

Antes de describir el perfil de la industria mexicana en términos de los niveles de automatización de los equipos instalados, resulta conveniente revisar los logros comerciales a nivel internacional con respecto a la automatización de las líneas de extrusión de tubería, para ello se presenta, en el Apéndice B, una breve descripción de los posibles niveles de automatización en líneas de extrusión para tubería.

Niveles de automatización

Partiendo de los controles y dispositivo de automatización disponible, actualmente, se puede hablar de cuatro posibles niveles [Battenfeld Extrusionstechnik Brochures, 1987], dependiendo de las funciones realizadas automáticamente en las distintas etapas de la línea y serán manejadas según los circuitos de control disponible:

- 1 Circuito para el control automático del peso por metro de tubería por dosificación gravimétrica. Este circuito implica el control automático de la alimentación al extrusor, de la velocidad del jalador y del husillo del extrusor, así como la medición de la velocidad de salida. El centrado del dado se realiza automáticamente lo mismo que para la medición de espesores.
- 2 Circuito para el control automático del peso por metro de tubería por dosificación gravimétrica. El circuito trabaja igualmente que el anterior, pero el centrado del dado es manual según datos de espesores que se obtienen, también, manualmente.
- 3 Solo existe un control automático de la velocidad del husillo en el extrusor

- 4 No existen controles automáticos, las velocidades del extrusor y del jalador se verifican y corrigen manualmente. Los espesores y velocidad de producción se verifican manualmente.

Cada nivel de automatización, implica un factor técnico de productividad en términos del material de desecho (scrap). La ausencia de automatización puede implicar un volumen de "scrap" de hasta un 3 y 6 % de la producción, es decir para una planta con una capacidad anual de 8,500 ton/año, el material de desecho puede ser de 255 a 510 ton/año de resina que en valor representan aproximadamente 445 a 890 millones de pesos, de ahí la importancia de reducir al mínimo la producción de desechos, ver tabla 3.1 para factores técnicos según nivel de automatización.

Tabla 3.1
Factores técnicos según nivel de automatización

Nivel	Factor técnico	Desechos %
1	99.5	0.5
2	98.0	1 - 2
3	97.0	2 - 3
4	94.0	3 - 6

Operaciones tales como transporte de compuestos, acampanado de extremos de la tubería, entarimado de tramos son operaciones que requieren de mano de obra directa, lo cual permite afirmar que una línea de extrusión pequeña (diámetros de 10 a 30 mm) requieren de un mínimo de dos personas para una línea con nivel 1 de automatización. A medida que crece el diámetro de la tubería se aumenta el número de personal requerido en la línea. Para datos sobre requerimiento de personal ver Apéndice B.

La automatización no sólo implica ahorro en materiales, energía y en personal, también representa un ahorro de hasta el 10% del tiempo de trabajo elevando considerablemente la productividad.

c) Tasa de utilización

La industria del plástico del país opera normalmente con una tasa de utilización del 50 a 60 % del equipo existente. En el caso de la planta productiva de la tubería de PVC se observan tasas de utilización del 75%.

d) Empresas típicas

Una empresa mexicana productora de tubería estándar de PVC, la cual puede considerarse por su capacidad como una empresa grande, normalmente se encuentra integrada a la materia prima principal; ya que normalmente pertenecen a algún fabricante nacional de PVC. Dicha empresa grande se caracteriza por poseer equipos con husillos de hasta 125 mm de diámetro. Las líneas de extrusión, que no superan las 10 líneas presentan, a lo más, un nivel 3 de automatización. La capacidad instalada difícilmente rebasa las 10,000 ton/año. Empresas con estas características solo ofrecen tubería estándar de 600 mm de diámetro para los mercados de drenaje doméstico, conducción de agua y ductos para instalaciones eléctricas. Ver Tabla 3.2, pág. 33.

3.2 Características típicas de plantas norteamericanas

Existe en E.U. aproximadamente 150 plantas para la fabricación de tubería compacta estándar de plástico y desde mediados de los 80's los nuevos proyectos y plantas están enfocados a los grandes diámetros (arriba de 27 pulgadas).

La planta productiva americana fabrica tubería de PVC estándar de diámetros de entre 1 (25 mm) y 27 (685 mm) pulgadas de diferentes espesores y aplicaciones finales.

Existen, empresas claves [TFG, 1991] que debido a su dominio en el mercado ofrecen una enorme variedad de productos, dentro de ellas se pueden citar las siguientes:

- Alcoa
- Ameron
- Chevron
- Concrete Pipe&Products
- B.F. Goodrich
- Genova
- Halstead Industries
- LTV
- Olin
- A. O. Smith
- Tyler
- USX
- Zurn Industries
- Harvel Plastics

Normalmente, estas empresas elaboran sus compuestos con fórmulas propias, para ello cuentan con mezcladores de alta velocidad y con un mínimo de tres líneas de extrusión, las máquinas poseen husillos de entre 10 y 90 mm de diámetro. Para 1991 el consumo se estimó en 1.5 millones de toneladas [Resin Statistics 1990-1991, *Modern Plastics International*, 1992].

Segmentos de mercado	Diámetros (pulgadas)
40% lo representa la tubería para agua	1 a 36
20% para alcantarillado y drenaje	4 a 14
16% ductos	0.5 a 6
15% drenaje, desechos y venteo (DWV)	0.5 a 8
y el balance lo completan otros tipos de tubería.	> 27

Empresas como B.F. Goodrich pertenecen a grupos industriales productores de resina PVC.

a) Capacidad Instalada

En general, se estimó que existe en E.U. un parque de máquinas extrusoras que representan una capacidad instalada para la producción de 2 millones de ton/año. El 40% de estas máquinas son equipos con una edad promedio de 10 años. Lo cual representa una sobre capacidad que se ha venido gestando desde principios de los 80's.

Una planta mediana posee como mínimo 20 líneas de extrusión que pueden representar una capacidad instalada de 25,000 ton/año, puede producir tubería de entre 1/8 a 24 pulgadas de diámetro con extrusores de doble husillo y encontrarse integrada con un área de preparación de compuestos.

b) Tasa de utilización

La industria del plástico americana opera normalmente con una tasa de utilización del 80 a 90 % del equipo existente. En el caso de la planta productiva de la tubería de PVC se observan tasas de utilización del 75%.

c) Las nuevas plantas y nuevas tuberías

Han surgido nuevas tecnologías como los ya mencionados sistemas Uponor y Petzetakis que han dado origen a nuevas plantas europeas y americanas. A continuación se presentan algunos ejemplo de éstas y de los mercados a cubrir.

BIPEAU, una compañía perteneciente al grupo francés **ATOCHEM** con tecnología de **Alphacan** están en posibilidad de producir tubería coextruida de **PVC**, con centro espumado, la cual puede alcanzar diámetros de 40 a 400 mm con espesores de hasta 3mm.

WAVIN, el productor más grande de tubería en Europa ofrece tubería de **PVC** corrugada para sistemas colectores de alcantarillado, con tecnología de **Uponor**. El proceso **Uponor** permite ahorrar material ya que el espesor de la tubería es un 30% más delgada y logra una resistencia mecánica similar a la tubería estándar.

DYKA, compañía holandesa ofrece tubería para sistemas colectores de alcantarillado con tecnología **Uponor**.

Ma-Bo, ofrece tubería de **PVC** espiralmente ribeteada con las paredes interiores lisas que puede alcanzar diámetros de entre 400 y 1000 mm. La tubería es utilizada en construcción de caminos y otros proyectos ingenieriles con tecnología **Petzetakis**. El Proceso **Petzetakis** reclama un ahorro de entre el 40 y 60% de resina y con la misma resistencia y carga externa que la tubería estándar [P. Mapleston, 1988].

d) Empresas típicas

Una empresa americana productora de tubería estándar de **PVC**, la cual puede considerarse por su capacidad como una empresa líder, normalmente se encuentra integrada a la materia prima principal; ya que normalmente pertenecen a algún fabricante de **PVC** como es el caso de **B.F. Goodrich**. Dichas empresas se caracterizan por poseer equipos con husillos de hasta 350 mm de diámetro. Las líneas de extrusión, que pueden superar las 40 líneas, presentan un nivel 2 de automatización, siendo pocas las que poseen un nivel 3. La capacidad instalada difícilmente rebasa las 55,000 ton/año. Empresas con estas características ofrecen tubería estándar de hasta 27 pulgadas de diámetro para los mercados de drenaje doméstico, conducción de agua, ductos, sistemas de alcantarillado y otras aplicaciones como conducción de gas, aceite y demás aplicaciones industriales. Ver Tabla 3.2, pág. 39.

3.3 Definición de empresas líderes

La Tabla 3.2, pág. 39 ilustra las diferencias existentes entre las líneas de extrusión existentes en las plantas fabricantes de tubería en México y en E.U. La principal diferencia radica en los niveles de automatización. Las tres plantas descritas en esta Tabla, serán utilizadas como base para determinar la estructura de costos de producción para México y E.U. De esta forma queda establecido el liderazgo de las plantas americanas solo en término de la capacidad y del nivel de automatización, y queda por analizar el costo de producción que es uno de los objetivos del presente trabajo.

Tabla 3.2. Diferencia entre plantas y equipos

Fabricantes	No. de Líneas		Tamaño Husillo mm	Nivel de Automatización	Capacidad ton/hr
Mexicanas					
Grandes	3	ductos/agua	45	3	0.099
	3	agua/drenaje	90	3	0.260
	2	agua/drenaje	125	3	0.754

Capacidad Total: 10,000 ton/año

Americanas

Seguldoras

	2	agua	75	2	0.156
	3	agua	90	2	0.260
	1	agua	300	1	2,080
	1	alcantarillado	90	2	0.260
	2	alcantarillado	200	1	1,196
	2	drenaje doméstico	90	2	0.260
	2	drenaje doméstico	125	2	0.416
	2	conduit	45	2	0.099
	2	ductos	90	2	0.260

Capacidad Total: 37,500 ton/año

Líderes	6	agua	75	2	0.156
	5	agua	90	2	0.260
	1	agua	300	1	2,080
	4	alcantarillado	90	2	0.260
	1	alcantarillado	200	1	1,196
	4	drenaje doméstico	90	2	0.260
	4	drenaje doméstico	125	2	0.416
	3	ductos	45	2	0.099
	3	ductos	90	2	0.260

Capacidad Total: 55,700 ton/año

La capacidad total representa una eficiencia de máquina del 90% y de 5,400 hr/año de operación

CAPITULO 4

Estimación los costos de producción de la tubería de PVC

4. Estimación de los costos de producción de la tubería de PVC

El presente capítulo ilustra la información requerida para construir la estructura de costos para la producción de tubería de PVC tanto para Estados Unidos como para México.

La estimación de costos de producción para la fabricación de tubería de PVC se centra en tres tipos de manufactura estándar:

- a) Drenaje doméstico,
- b) Ductos y
- c) Distribución de agua potable o tubería hidráulica

Debido a que son los únicos tres mercados que se surten con productos mexicanos. El análisis de costos se efectúa para la producción de la tubería en área de extrusión considerando la inversión requerida para el área de mezclado o de preparado de los compuestos de PVC.

En ningún momento se considera una planta que consuma compuestos de PVC ya preparados por que en México no se practica y en Estados Unidos la tendencia es integrarse a la preparación de dichos compuestos.

4. 1 Modelo para estimar costos de capital fijo

a) Costo de una línea de extrusión

El presente apartado tiene como finalidad estimar la inversión requerida para instalar una línea de extrusión de tubería de PVC dependiendo de la capacidad expresada en ton/hr y de los diámetros de tubería que puede proporcionar una línea de extrusión determinada. Ver Ilustración 4.1, pág. 41.

La capacidad de producción en ton/hr de una línea de extrusión depende del tamaño del diámetro del husillo y, el diámetro de la tubería lo determinan las dimensiones del dado o matriz. Sin embargo, existen tamaños recomendables de husillo para optimar la producción de tubería de un diámetro específico, reduciendo al mínimo el tiempo de residencia de resina en el extrusor [P. Mapleston, 1988]. La Ilustración 4.2, pág. 41, muestra lo anterior.

Ilustración 4.1, Capacidad vs Tamaño de husillo

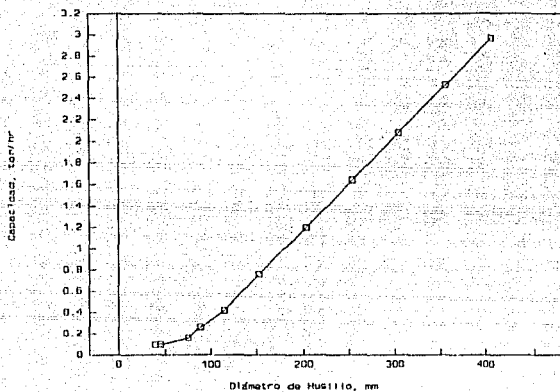
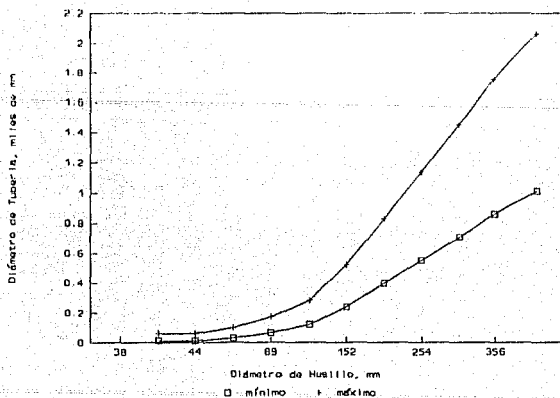


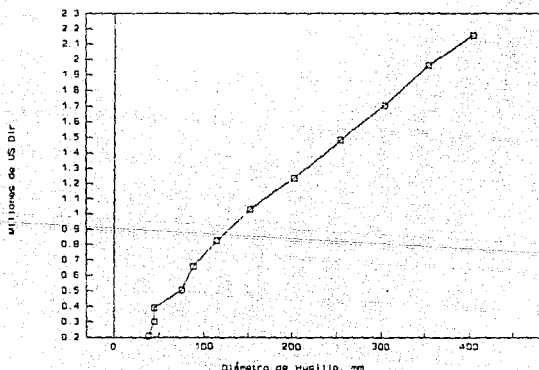
Ilustración 4.2, Tamaño del husillo vs Diámetros requeridos



Se puede desarrollar una correlación para determinar el costo de una línea de extrusión de tubería de PVC dependiendo del tamaño del husillo. Los resultados se muestran en la Ilustración 4.3. Es precisamente esta correlación la que servirá de modelo para estimar las inversiones requeridas a lo largo de este análisis.

Los datos correspondiente a la gráfica 4.3 corresponden a datos obtenidos directamente por distribuidores de este tipo de equipos en el país, ya que estos no son de fabricación nacional. Las cotizaciones de una línea de extrusión pueden variar sustancialmente de un fabricante a otro, por ejemplo la maquinaria fabricada en Alemania puede alcanzar fácilmente los costos establecidos en este análisis, sin embargo una cotización sobre un equipo similar de origen taiwanés o brasileño puede ser entre un 40 y un 50 % más barato. Lo anterior se debe básicamente a la mayor durabilidad y velocidad de las máquinas alemanas.

Ilustración 4.3
Tamaño de husillo vs Costo de la línea de extrusión



A los costos de la línea de extrusión se deben agregar los costos de los equipo auxiliares (no se consideran áreas de almacenamiento) como torres de enfriamiento de agua y sistema de vacío, y de la ingeniería civil.

b) Costo del equipo de mezclado

La preparación de los compuestos de PVC que alimentan a la línea de extrusión es una operación que se realiza por lotes, en ciclos de mezclado y enfriamiento. Actualmente, existen sistemas de mezclado de alta intensidad y enfriamiento que permiten obtener descargas del producto enfriado en forma rápida, cada 4 ó 9 minutos (dependiendo de la formulación y el tiempo del ciclo), lográndose una producción casi continua.

Resultan novedosos los nuevos equipos de mezclado continuo que eliminan la necesidad de enfriar el compuesto que después será calentado nuevamente en la línea de extrusión, y por tanto representan un ahorro de energía y de agua de enfriamiento.

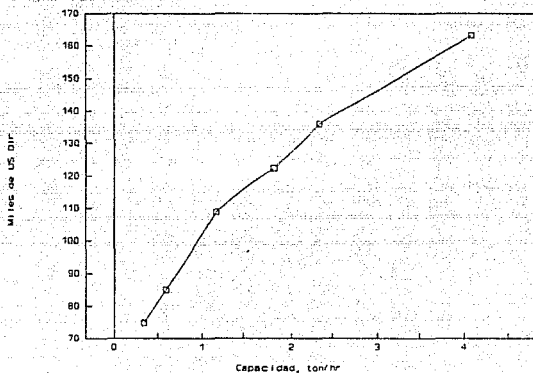
Sin embargo, para los fines de este trabajo, únicamente, se consideran las inversiones requeridas para un sistema de mezclado de alta intensidad. A continuación se presenta una tabla con las especificaciones de este tipo de sistema, así como su precio comercial que depende de la capacidad de producción.

Tabla 4.1
Especificaciones de un sistema de mezclado de alta intensidad

Producción, ton/hr	0.34 - 0.59	1.17/1.81	2.35/4.082
Motor del mezclador, HP	25/50	50/100	125/250
Motor del enfriador, HP	5 ó 10	20	30 ó 50
Ciclo, min	4-7	5-8	6-9
Agua de enfriamiento requerida, GPM	20	70	150
Precio, U.S. Dlls	74,800	108,000	136,000

La gráfica de la Ilustración 4.4, pág. 44 fue construida al igual que la 4.3, pág. 42 para estimar la inversión fija total de las plantas típicas a analizar (Littleford Bros., Inc, 1985).

Ilustración 4.4
Costo del sistema de mezclado



4.2 Modelo para estimar costos de manufactura

a) Costos variables

Materias primas

Para determinar el costo de las materias primas involucradas en la manufactura de los tres tipos de tuberías a analizar se utilizarán las formulaciones típicas siguientes: drenaje doméstico, ductos y para distribución de agua potable (implica un espesor mayor de tubería).

Tabla 4.2
Formulaciones típicas de compuestos de PVC
para 200 kg de resina de PVC

Compuestos	Sanitaria	Hidráulica	Ductos
Resina, PVC grado tubería	200	200	200
Carga, CaCO ₃ , 5 microm	20	10	10
Pigmento, Oxido de Titanio	0.4	0.2	0.8
Lubricante, Estearato de Ca	1.5	1.3	1.3
Estabilizador, Base Pb	3.2	3	3
Modificador de Impacto, MBS	0.8	3	2.9

Estas formulaciones fueron tipificadas a partir del análisis de una serie de patentes americanas y japonesa que se encuentran reportadas en Chemical Abstract [CAI Vol. 113 1990, *Blends contg. impact and weather resistant, for pipe*, P 79926q, P 133586u, CAI Vol. 93 1980, *Pipe, Thickening one end of pipe, vinyl chloride extrn, from, by potable water*, P 115541q, *Pipes, for draining soil*, P 10006r]. Los resultados obtenidos fueron contrastados con datos proporcionados por fabricantes mexicanos.

Tabla 4.3
Precio de aditivos para compuestos de PVC

Compuestos	Precio de 1991, (Dls/kg)	
	México	Estados Unidos
Resina, PVC grado tubería	0.61	0.67
Carga, CaCO ₃ , 5 microm	0.13	0.11
Pigmento, Oxido de Titanio	2.54	2.20
Lubricante, Estearato de Ca	2.54	2.20
Estabilizador, Base Pb	2.54	2.20
Modificado de Impacto, MBS	3.80	3.31

Los datos contenidos en las dos tablas anteriores permiten, a primera vista, concluir que los compuestos para la tubería sanitaria son mas baratos debido a su mayor contenido de carga y al menor contenido del modificador de impacto. En general el precio de los compuestos se debe a la resina la cual representa de un 84 a 89 % del costos de los ingredientes, mientras que los restantes aditivos representan entre un 11 y 16 %. Al comparar los precios para México y Estados Unidos, es posible

observar que los precios nacionales aun son superiores a los precios internacionales con excepción de la resina.

Servicios auxiliares

Electricidad

En la literatura existente sobre extrusión como guía afirman que la extrusión simple normalmente requiere de 0.7457 KWH para 4.5 a 6.8 kg de resina extruida. El PVC es una resina que no rebasa los 70°C para su procesamiento, la extrusión de PVC rígido requiere dos veces mas energía que el polietileno de baja densidad, aproximadamente 333 KWH por cada tonelada de PVC extruido.

Agua de enfriamiento

Empíricamente se ha encontrado que una línea de extrusión puede consumir normalmente 1.5 m³ de agua de enfriamiento por cada tonelada de tubería extruida. Los precios de los servicios de agua y electricidad pueden compararse para México y Estados Unidos en la tabla B.3 del Apéndice B, y observar que los precios nacionales están muy por encima de los precios norteamericanos de servicios. Par determinar los servicios auxiliares requeridos por el área de mezclado ver las ilustraciones 4.5 y 4.6.

Ilustración 4.5
Requerimientos de electricidad,
Sistema de mezclado

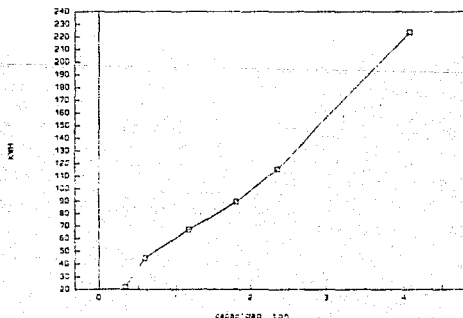
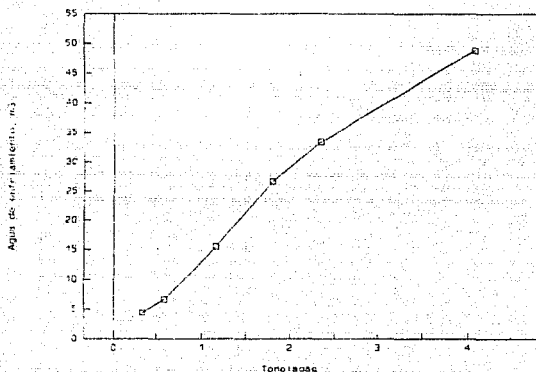


Ilustración 4.6
Requerimientos de agua de enfriamiento,
Sistema de mezclado



b) Costos directos

Contemplan el personal requerido para operar la planta y los requerimientos para el mantenimiento de la misma.

Personal

La tabla B.2 del Apéndice B muestra los requerimientos de personal para una línea de extrusión dependiendo de su tamaño y grado de automatización. A continuación se proporcionan los datos tanto para México como para Estados Unidos de los salarios para obreros, capataces y supervisores, en la Tabla 4.4. (pág. 48).

Tabla 4.4
Nivel de salarios, México vs Estados Unidos, (septiembre, 1992)

	Salario en miles de U.S. Dls/año	
	México	Estados Unidos
Obrero	10	32
Capataz	18	36
Supervisor	33	43

Mantenimiento

Está representado por los costos de mano de obra y de materiales para dar mantenimiento a este tipo de equipos, normalmente representa en México un 1% de las ventas totales, sin embargo para fines de cálculo se utilizará un 5% de la inversión dentro de los límites de batería de la planta.

Otros gastos directos

Contemplan los consumibles generales de la planta y para fines de cálculo pueden considerarse como un 30% de los gastos de personal de planta.

b) Costos indirectos

Gastos generales

Contemplan los gastos administrativos de planta y están representados por un 40% de los gastos de personal y mantenimiento.

Seguros e impuestos

1.5 % de la inversión fija total.

4.3 Costos de producción de la tubería de PVC

La información contenida en las anteriores curvas de costos de equipos, de consumos de servicios auxiliares y demás datos para México y Estados Unidos serán retomados para construir una hoja de calculo en Lotus 123 que permita obtener la estructura de costos de los tres tipos de tubería: sanitaria, hidráulica y ductos.

La estructura de costos será presentada según formato la tabla 4.5, pág. 49, que resume los resultados obtenidos por dicha hoja de cálculo .

Tabla 4.5
Resumen de resultados
Estructura de costos de la tubería de PVC

COSTOS DE PRODUCCION PARA TUBERIA DE PVC

Productor: Líder americano

Capacidad Total : 55,795 ton/año

Líneas de Extrusión : 31

No.	Aplicación	Dlmin	Dlmax	Husillo (mm)	Capacidad (ton/año)	Nivel Automat.	Personal Requerido
3	ductos	10	60	44	1,601	2	12
6	agua	30	100	76	5,054	2	24
5	agua	66	173	89	7,020	2	20
4	alcantarillado	66	173	89	5,616	2	16
4	drenaje	66	173	89	5,616	2	16
3	ductos	66	173	89	4,212	2	12
4	drenaje	121	282	114	8,986	2	16
1	alcantarillado	394	827	203	6,458	1	4
1	agua	703	1,445	305	11,232	1	5
31					55,795		125

Capacidad por aplicación, ton/año :

Hidráulica	23,306
Alcantarillado :	12,074
Drenaje :	14,602
Ductos :	5,813

Total : 55,795

Inversión, dólares :

Area de extrusión :	20,724,334
Area de Mezclado :	462,400
Servicios Aux. :	423,735
Equipos Aux. :	4,237,347
Otros :	3,601,745

Total : 29,449,560

Tasa de utilización, % : 0.7
 Producción Anual, ton : 39,056

COSTOS VARIABLES DE PRODUCCION

Materias Primas por Aplicación

	Unidad/ ton tubería	Dólares/ unidad	Dólares/ ton	Costo anual Millones Dls.
Hidráulica				
Resina, PVC grado tubería	0.9195	320,19	294	4.80
Carga, CaCO ₃ , 5 microm	0.0460	114,64	5	0.09
Pigmento, Óxido de Titanio	0.0009	2,204.59	2	0.03
Lubricante, Estearato de Ca	0.0060	2,204.59	13	0.21
Estabilizador, Base Pb	0.0138	2,204.59	30	0.50
Modi. Impacto, MBS	0.0138	3,306.88	46	0.74
Total Materias Primas:			391	6.38
Alcantarillado				
Resina, PVC grado tubería	0.8853	320	283	2.40
Carga, CaCO ₃ , 5 microm	0.0885	115	10	0.09
Pigmento, Óxido de Titanio	0.0018	2,205	4	0.03
Lubricante, Estearato de Ca	0.0066	2,205	15	0.12
Estabilizador, Base Pb	0.0142	2,205	31	0.26
Modi. Impacto, MBS	0.0035	3,307	12	0.10
Total Materias Primas:			355	3.00
Drenaje				
Resina, PVC grado tubería	0.8853	320	283	2.90
Carga, CaCO ₃ , 5 microm	0.0885	115	10	0.10
Pigmento, Óxido de Titanio	0.0018	2,205	4	0.04
Lubricante, Estearato de Ca	0.0066	2,205	15	0.15
Estabilizador, Base Pb	0.0142	2,205	31	0.32
Modi. Impacto, MBS	0.0035	3,307	12	0.12
Total Materias Primas:			355	3.63
Ductos				
Resina, PVC grado tubería	0.9174	320	294	1.20
Carga, CaCO ₃ , 5 microm	0.0459	115	5	0.02
Pigmento, Óxido de Titanio	0.0037	2,205	8	0.03
Lubricante, Estearato de Ca	0.0060	2,205	13	0.05
Estabilizador, Base Pb	0.0138	2,205	30	0.12
Modi. Impacto, MBS	0.0133	3,307	44	0.18
Total Materias Primas:			395	1.61

Servicios Auxiliares

Extrusión:

Agua de enfriamiento, m ³	1.5	0.020	0.030	0.001
Electricidad, KWH	666	0.044	29.304	1.145

Mezclado

Agua de enfriamiento, m ³	15	0.020	0.302	0.012
Electricidad, KWH	70	0.044	3.080	0.120

Total de Servicios : 32.72 1.28

COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION

		000 dls/año			
Operadores	100 Hombres	31.7	81.165	3.170	
Capataces	25 Hombres	35.9	22.980	0.898	
Supervisores	6 Hombres	43.4	6.945	0.271	
Mantenimiento	3% Inversión en Límites de Batería		39.649	1.549	0.775
Gastos generales	45% Operación y Supervisión				

Total Costos Directos : 170.59 6.66

COSTOS DE DISTRIBUCIÓN

Administrativos	60% Operación y Mantenimiento	60.611	2.367
Seguros e Impuestos	1.5% Inversión Fija Total	11.310	0.442

Total Costos de Distribución : 71.922 2.809

COSTOS TOTALES DE PRODUCCION

Hidráulica	:	666.15	17.13
Alcantarillado	:	630.34	13.75
Drenaje	:	630.34	14.38
Ductos	:	669.81	12.35

La anterior tabla presenta la estructura de costos para un productor líder norteamericano que se encuentra integrado a la resina de PVC. El capítulo cinco presentará los resultados obtenidos a lo largo de distintas corridas para cada manufactura, productor típico de las dos regiones geográficas consideradas y bajo la opción de integración o no a resina de PVC.

CAPITULO 5

Estructuras de costo de producción

5. Estructuras de Costos de Producción

El presente capítulo tiene como objetivo presentar las estructuras de costos de producción estimados a través del modelo de costos desarrollado en Lotus 123 de los tres tipos de productores definidos para México y para Estados Unidos.

Las estructuras de costos obtenidas fueron para un productor mexicano típico y para un líder y seguidor norteamericanos, cuyas características se definieron en el capítulo III del presente trabajo.

Las estructuras de costos reflejan el efecto de la integración de los productores hacia la resina de PVC, de tal forma que es posible obtener una estructura de costos para cada uno con integración o sin integración, ya que ésta es una ventaja que pueden presentar tanto fabricantes nacionales como americanos. En el Apéndice C, denominado de resultados, se muestran las hojas de trabajo que resumen en forma más detallada las estructuras de costos para cada caso analizado.

5.1 Líderes y seguidores norteamericanos

a) Estructuras de costos sin integración

La Tabla 5.1, pág. 54, resume los costos de producción de la tubería de PVC estimados para Norteamérica sin integración de los productores a resina de PVC, para los tres tipos de manufactura considerados en el capítulo 6: hidráulica, alcantarillado, drenaje doméstico y ductos.

No resulta sorprendente que la tubería para drenaje doméstico y alcantarillado sea la manufactura más barata de producir, esto se debe a que su formulación permite un mayor contenido de carga (Carbonato de Calcio) reduciendo el costo del compuesto y también a que requiere menor contenido de modificador de impacto por ton de tubería.

La tabla 5.1, pág. 54, muestra que el segmento que mayormente contribuye al costo de la manufactura son las materias primas seguidas por los costos directos debido al precio de la resina de PVC y al costo de la mano de obra.

Resulta sorprendente que el líder norteamericano presente costos de producción totales superiores en un 6 % que el seguidor, esto se debe a que si bien el líder cuenta con una capacidad instalada superior y un mayor nivel de automatización, sus costos directos e indirectos son más altos debido a su mayor sobre capacidad instalada de equipo. Lo anterior se observa en las cuatro manufacturas analizadas.

De esta forma el seguidor americano puede producir a menor costo por la versatilidad de su menor capacidad instalada.

La Tabla 5.1
Costos de producción de la tubería de PVC sin integración
(US Dis/ton)

	US seguidor	US líder
Hidráulica		
Materias primas	714.79	714.79
Servicios	32.72	32.72
Costos directos	142.77	170.59
Costos indirectos	60.86	71.92
Costo Total	951.14	990.02
Alcantarillado		
Materias primas	666.94	666.94
Servicios	32.72	32.72
Costos directos	142.77	170.59
Costos indirectos	60.86	71.92
Costo Total	903.28	942.17
Drenaje		
Materias primas	666.94	666.94
Servicios	32.72	32.72
Costos directos	142.77	170.59
Costos indirectos	60.86	71.92
Costo total	903.28	942.17
Ductos		
Materias primas	717.70	717.70
Servicios	32.72	32.72
Costos directos	142.77	170.59
Costos indirectos	60.86	71.92
Costo total	954.05	992.93

b) Estructuras de costos con integración

La Tabla 5.2, pág. 55, similarmente resume los costos de producción de la tubería de PVC estimados para Norteamérica con integración de los productores a resina de PVC, para los cuatro tipos de manufactura.

El efecto de la integración se logra mediante la utilización de precios de transferencia para la resina de PVC, que representa los costos de producción del PVC. La integración a resina de PVC permite a los fabricantes norteamericanos una reducción en costos de hasta un 53%.

La Tabla 5.2
Costos de producción de la tubería de PVC con integración
(US Dls/ton)

	US seguidor	US líder
Hidráulica		
Materias primas	390.92	390.92
Servicios	32.72	32.72
Costos directos	142.77	170.59
Costos indirectos	60.86	71.92
Costo total	627.27	666.15
Alcantarillado		
Materias primas	355.11	355.11
Servicios	32.72	32.72
Costos directos	142.77	170.59
Costos indirectos	60.86	71.92
Costo total	591.45	630.34
Drenaje		
Materias primas	355.11	355.11
Servicios	32.72	32.72
Costos directos	142.77	170.59
Costos indirectos	60.86	71.92
Costo total	591.45	630.34
Ductos		
Materias primas	394.58	394.58
Servicios	32.72	32.72
Costos directos	142.77	170.59
Costos indirectos	60.86	71.92
Costo total	630.92	669.81

5.2 Fabricantes mexicanos

a) Estructuras de costos sin integración

La Tabla 5.3 presenta los segmentos principales de los costos de producción de la tubería de PVC estimados para México sin integración, para los tres tipos de manufactura producidos en el país: hidráulica, drenaje doméstico y ductos.

La Tabla 5.3
Costos de producción de la tubería de PVC sin integración
(US Dls/ton)

	México
Hidráulica	
Materias primas	667.44
Servicios	48.25
Costos directos	107.19
Costos indirectos	47.88
Costo total	870.76
Alcantarillado	
Materias primas	0.00
Servicios	0.00
Costos directos	0.00
Costos indirectos	0.00
Costo total	0.00
Drenaje	
Materias primas	618.15
Servicios	48.25
Costos directos	107.19
Costos indirectos	47.88
Costo total	821.48
Ductos	
Materias primas	671.14
Servicios	48.25
Costos directos	107.19
Costos indirectos	47.88
Costo total	874.46

La tabla 5.3 muestra que México posee una posición de ventaja en costos sin integración con respecto a los norteamericanos ya que si bien los costos de materias primas son mas bajos, los costos directos e indirectos son mucho más bajos debido a que la mano de obra mexicana es menor y en el país se observan tasas de utilización superiores a las norteamericanas.

b) Estructuras de costos con integración

La Tabla 5.4, pág. 58, resume los costos de producción de la tubería de PVC estimados para México con integración de los productores a resina de PVC, para los tres tipos de manufactura.

El efecto de la integración se logra mediante la utilización de precios de transferencia para la resina de PVC, que representa los costos de producción del PVC. La integración a resina de PVC permite a los fabricantes mexicanos una reducción en costos de hasta un 41%.

5.3 Comparación de las Estructuras de Costos

Las Tablas 5.5 y 5.6, págs. 59 y 60 respectivamente, comparan los costos de producción para las dos regiones analizadas, resaltando la ventaja mexicana en ambos casos sin integración y con integración para los tres tipos de manufactura, sin considerar desde luego la tubería para alcantarillado que no se fabrica en el país.

La posición de ventaja de las manufacturas mexicanas se hacen más patentes si se observan las gráficas comparativas de las ilustraciones 5.1 a 5.4, pág. 61 a 64, que muestran las estructura de costo sin integración y 5.5 a 5.8, pág. 65 a 68, con integración.

Los resultados presentados en este capítulo serán analizados para simular una situación de libre competencia entre México y E.U. en el cual el factor de integración a materia prima será determinante junto con la ventaja mexicana de mano de obra barata. Esto será el tema del siguiente capítulo.

La Tabla 5.4
 Costos de producción de la tubería de PVC con integración
 (US Dls/ton)

	México
Hidráulica	
Materias primas	416.41
Servicios	48.25
Costos directos	107.19
Costos indirectos	47.88
Costo total	619.74
Alcantarillado	
Materias primas	0.00
Servicios	0.00
Costos directos	0.00
Costos indirectos	0.00
Costo total	0.00
Drenaje	
Materias primas	376.46
Servicios	48.25
Costos directos	107.19
Costos indirectos	47.88
Costo total	579.79
Ductos	
Materias primas	420.69
Servicios	48.25
Costos directos	107.19
Costos indirectos	47.88
Costo total	624.02

La Tabla 5.5
Costos de producción de la tubería de PVC sin integración
(US Dls/ton)

	México	US seguidor	US líder
Hidráulica			
Materias primas	667.44	714.79	714.79
Servicios	48.25	32.72	32.72
Costos directos	107.19	142.77	170.59
Costos indirectos	47.88	60.86	71.92
Costo total	870.76	951.14	990.02
Alcantarillado			
Materias primas	0.00	666.94	666.94
Servicios	0.00	32.72	32.72
Costos directos	0.00	142.77	170.59
Costos indirectos	0.00	60.86	71.92
Costo total	0.00	903.28	942.17
Drenaje			
Materias primas	618.15	666.94	666.94
Servicios	48.25	32.72	32.72
Costos directos	107.19	142.77	170.59
Costos indirectos	47.88	60.86	71.92
Costo total	821.48	903.28	942.17
Ductos			
Materias primas	671.14	717.70	717.70
Servicios	48.25	32.72	32.72
Costos directos	107.19	142.77	170.59
Costos indirectos	47.88	60.86	71.92
Costo total	874.46	954.05	992.93

La Tabla 5.6
Costos de producción de la tubería de PVC con integración
(US Dls/ton)

	México	US seguidor	US líder
Hidráulica			
Materias primas	416.41	390.92	390.92
Servicios	48.25	32.72	32.72
Costos directos	107.19	142.77	170.59
Costos indirectos	47.88	60.86	71.92
Costo total	619.74	627.27	666.15
Alcantarillado			
Materias primas	0.00	355.11	355.11
Servicios	0.00	32.72	32.72
Costos directos	0.00	142.77	170.59
Costos indirectos	0.00	60.86	71.92
Costo total	0.00	591.45	630.34
Drenaje			
Materias primas	376.46	355.11	355.11
Servicios	48.25	32.72	32.72
Costos directos	107.19	142.77	170.59
Costos indirectos	47.88	60.86	71.92
Costo total	579.79	591.45	630.34
Ductos			
Materias primas	420.69	394.58	394.58
Servicios	48.25	32.72	32.72
Costos directos	107.19	142.77	170.59
Costos indirectos	47.88	60.86	71.92
Costo total	624.02	630.92	669.81

Ilustración 5.1

Estructura de Costos

Tubería hidráulica

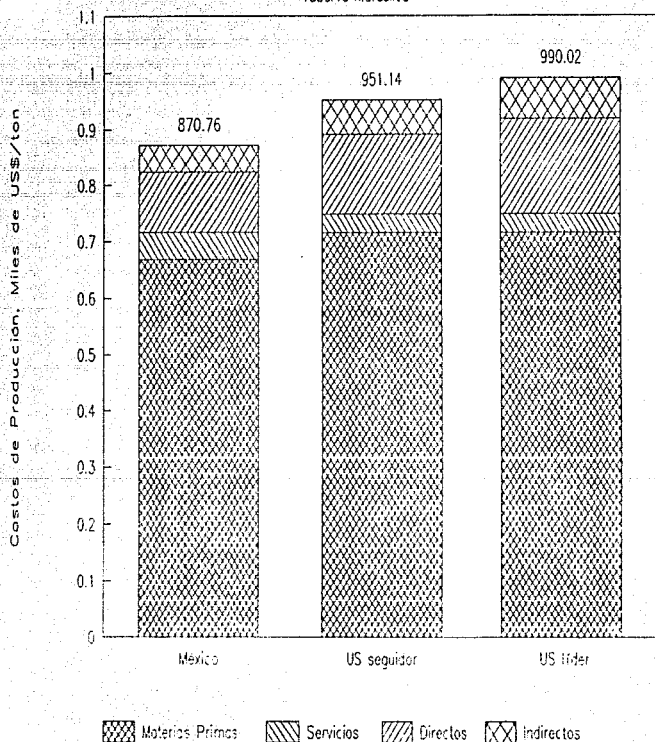


Ilustración 5.2 Estructura de Costos

Tuberío para alcantarillado

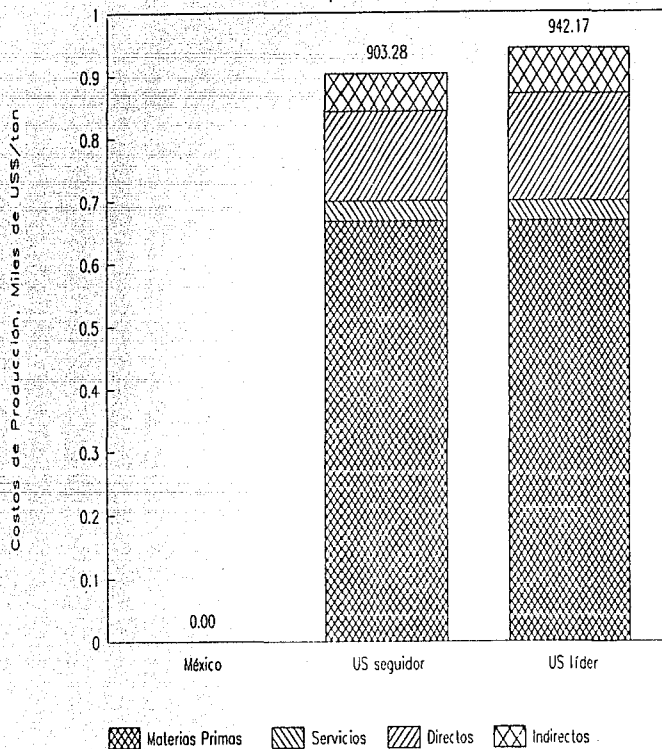


Ilustración 5.3
Estructura de Costos
Tubero para drenaje doméstico

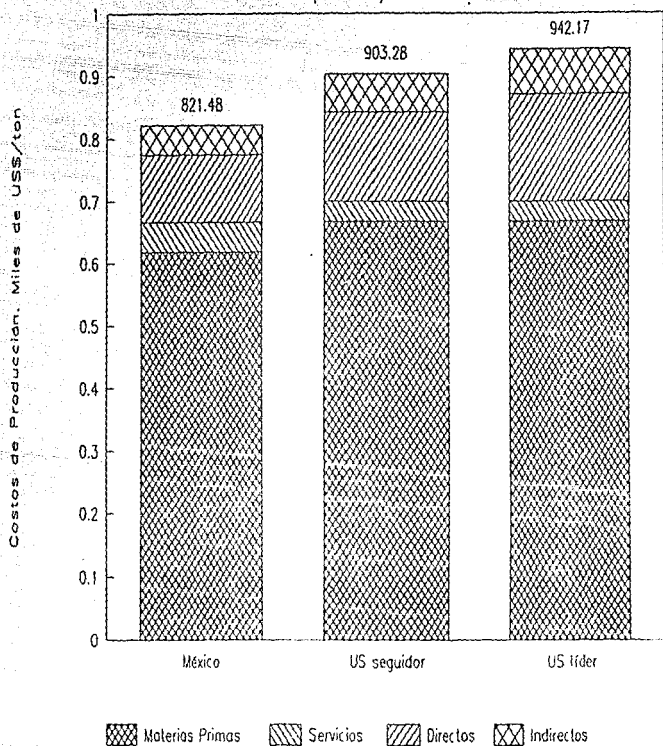


Ilustración 5.4

Estructura de Costos

Ductos

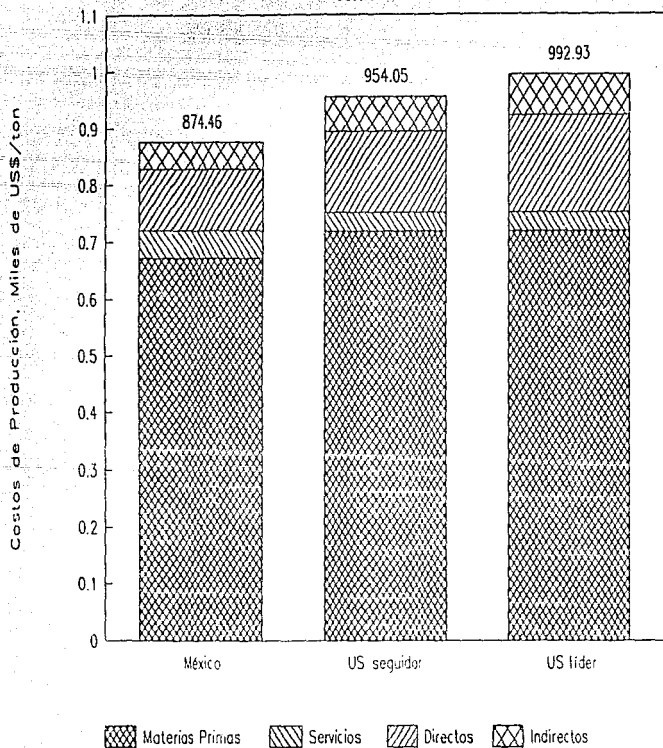


Ilustración 5.5

Estructura de Costos

Tubería Hidráulica

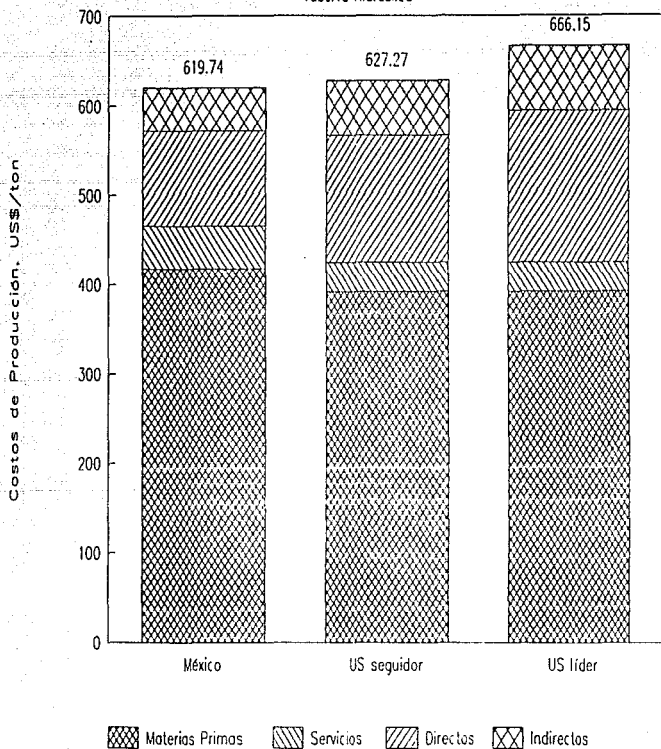


Ilustración 5.6

Estructura de Costos

Tubería para alcantarillado

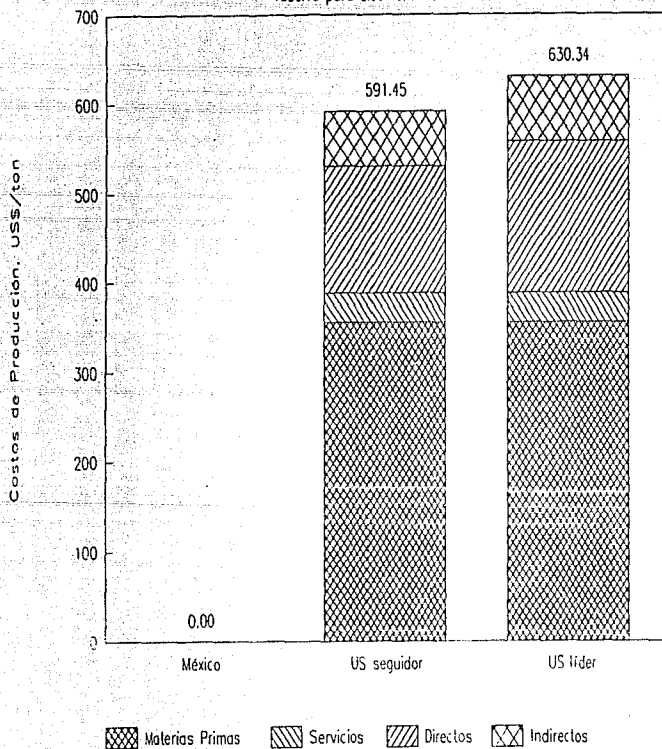


Ilustración 5.7 Estructura de Costos

Tubería para drenaje doméstico

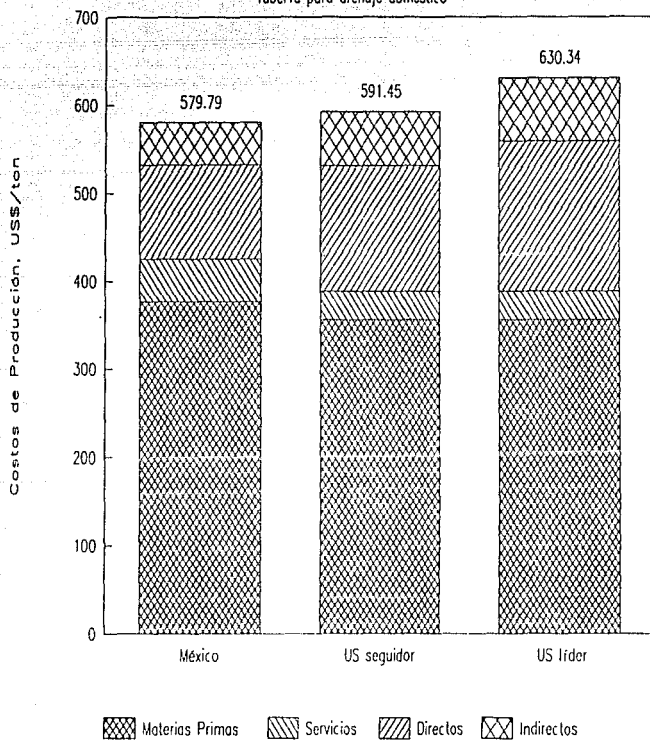
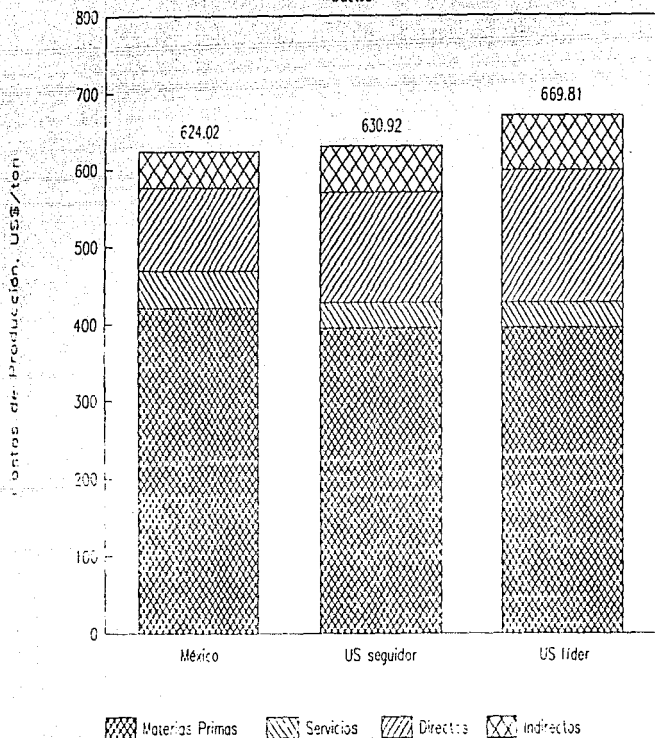


Ilustración 5.8

Estructura de Costos

Ductos



CAPITULO 6

Competitividad en costos de producción de la tubería de PVC

6. Competitividad en costos de producción de la tubería de PVC

El presente capítulo define las ventajas y desventajas en costo de las tuberías de PVC fabricadas en México bajo una situación de libre competencia comercial con Estados Unidos.

En el capítulo anterior se pudo observar una posición de ventaja en costos para las manufacturas mexicanas debido a que los costos directos de producción son más bajos en México, no obstante que los servicios auxiliares y ciertos aditivos para la resina de PVC son más altos en el país. Sin embargo, ¿qué pasa si las manufacturas mexicanas de productores no integrados a la resina de PVC compiten, en México, con las manufacturas de un seguidor americano que sí se encuentra integrado?.

Para responder a la pregunta anterior es evidente que deben considerarse los altísimos costos de flete para transportar los productos americanos a México, equivalentes a llevar manufacturas mexicanas a Norteamérica.

El análisis de los costos de producción total, busca encontrar las situaciones de vulnerabilidad competitiva del producto mexicano así como las situaciones de ventaja competitiva del mismo. Para ello, se utilizarán los denominados costos Libre A Bordo (LAB), los cuales se calcularon sumando al costo de producción 30 US dólares/ton por concepto de transporte.

6.1 Análisis de resultados

a) Costos de producción

Los datos contenidos en la Tabla 6.1 evidencia una posición competitiva bastante ventajosa para los fabricantes mexicanos sin el recurso de la integración y una posición de ventaja más cerrada para el caso de integración. Las ilustraciones 6.1 a 6.4, págs. 70 a 73, facilitan esta apreciación.

Tabla 6.1
Costos totales de producción para tubería de PVC

	Hidráulica	Alcantarillado	Drenaje	Ductos
México	870.76	0.00	821.48	874.46
US seguidor	951.14	903.28	903.28	954.05
US líder	990.02	942.17	942.17	992.93
México integrado	619.74	0.00	579.79	624.02
US seguidor integrado	627.27	591.45	591.45	630.92
US líder integrado	666.15	630.34	630.34	669.81

Ilustración 6.1
Estructura de Costos

Tubería hidráulica

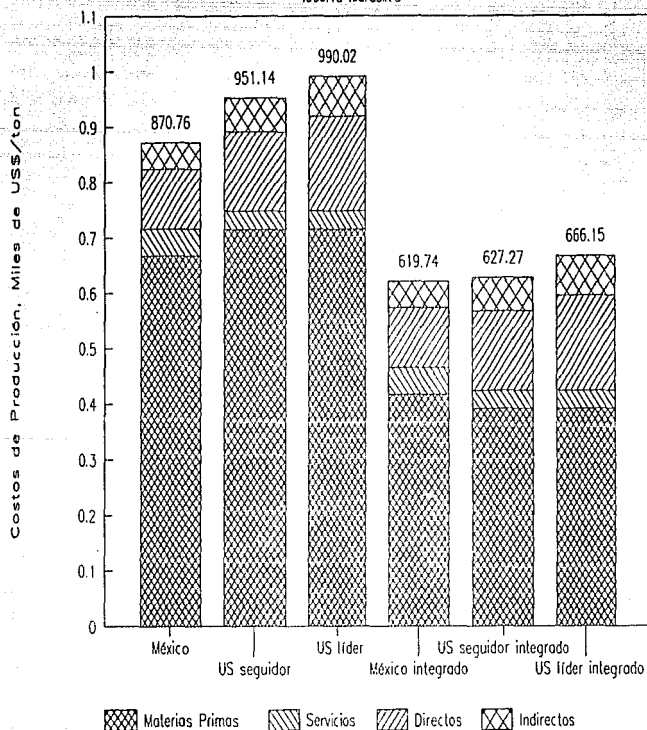


Ilustración 6.2 Estructura de Costos

Tubería para alcantarillado

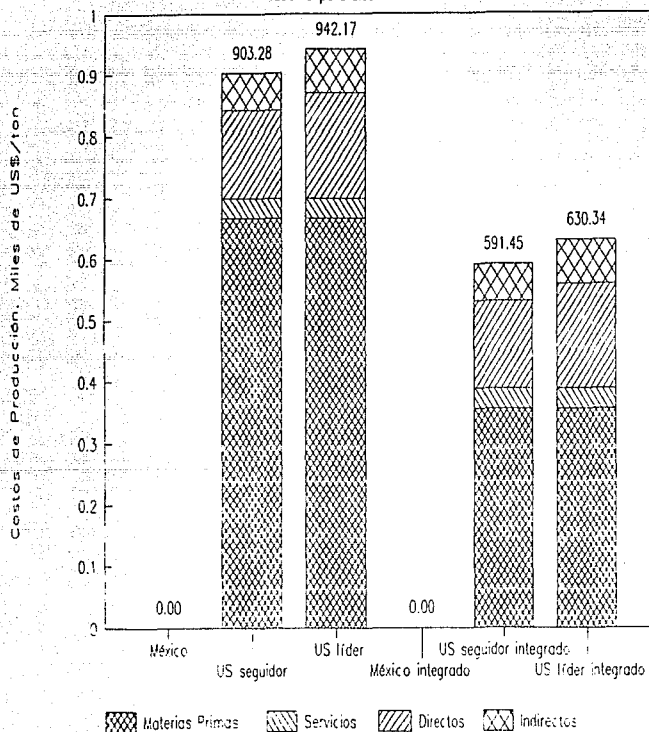


Ilustración 6.3

Estructura de Costos

Tubería para drenaje doméstico

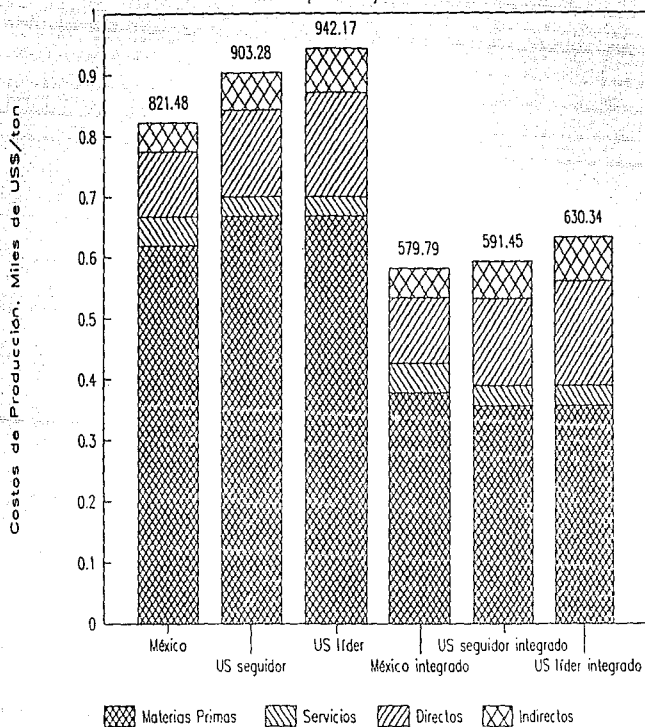
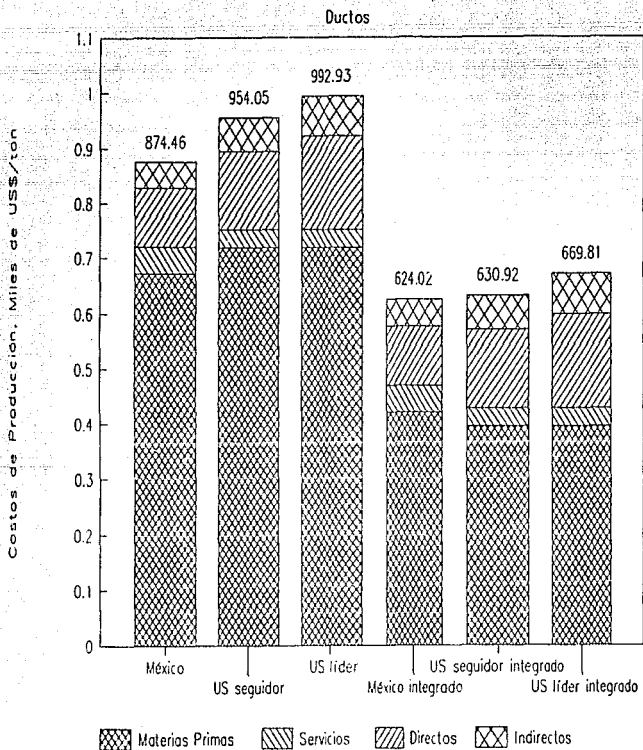


Ilustración 6.4
Estructura de Costos



b) Ventajas y desventajas ante importaciones y/o exportaciones

Desventajas ante importaciones

Las Tablas 6.2 y 6.3, pág. 75, ilustran las desventajas (distinguidas por estar escritas entre paréntesis) de la tubería mexicana en los siguientes casos:

1. El productor mexicano no integrado a PVC compite con costos de producción de 870.76, 821.48 y 874.46 US dólares por tonelada para tubería hidráulica, drenaje y ductos respectivamente, y al enfrentarse con similares productos de un seguidor americano que sí está integrado y cuyos costos LAB (costos de fletes incluidos) son respectivamente 657.27, 621.45 y 660.92, resultando en una desventaja para México de (213.50), (200.02) y (213.54).

Este es el caso más crítico de competencia para México y por tanto el de mayor atractivo para los fabricantes norteamericanos.

2. Las importaciones del líder americano integrado provoca que el competidor mexicano no integrado participe con una desventaja de (174.61), (161.14) y (174.66).

Desventaja en exportaciones a Estados Unidos

México no integrado

3. Las tuberías mexicanas de productores no integrados difícilmente podrán penetrar en los mercados norteamericanos si compiten con los seguidores integrados ya que mantienen una desventaja de (273.50), (260.02) y (273.54) US dólares americanos por tonelada. Esta es una de las situaciones más críticas al considerar las exportaciones a Estados Unidos
4. Ante un líder americano integrado la desventaja mexicana sigue siendo crítica con una posición de desventaja de (234.61), (221.14) y (234.66) US dls/ton.
5. Ante un seguidor integrado en Estados Unidos las manufacturas mexicanas de un productor también integrado existe una desventaja para México de (22.47), (18.33) y (23.10) US dls/ton.

Es evidente que las desventajas 1, 2, 3 y 4 son mayores en Estados Unidos que en México para el fabricante mexicano no integrado, (ver las gráficas de las ilustraciones 6.5 a 6.7., págs. 77 a 79, que muestran la posición en costos LAB del productor mexicano no integrado), mientras que la desventaja 5 es reducida pero muy significativa (ver ilustraciones 6.8 a 6.10, págs. 80 a 82)

Tabla 6.2
Posición de costos LAB para tubería de PVC
Producto mexicano en México

	Hidráulica	Drenaje	Ductos
México sin Integración			
ante US seguidor	110.37	111.80	109.58
ante US líder	149.26	150.69	148.47
ante US seguidor integrado	(213.50)	(200.02)	(213.54)
ante US líder integrado	(174.61)	(161.14)	(174.66)
México con Integración			
ante US seguidor	361.40	353.49	360.03
ante US líder	400.28	392.38	398.92
ante US seguidor integrado	37.53	41.67	36.90
ante US líder integrado	76.41	80.55	75.79

Tabla 6.3
Posición de costos LAB para tubería de PVC
Producto mexicano en Estados Unidos

	Hidráulica	Drenaje	Ductos
México sin integración			
ante US seguidor	50.37	51.80	49.58
ante US líder	89.26	90.69	88.47
ante US seguidor integrado	(273.50)	(260.02)	(273.54)
ante US líder integrado	(234.61)	(221.14)	(234.66)
México con integración			
ante US seguidor	301.40	293.49	300.03
ante US líder	340.28	332.38	338.92
ante US seguidor integrado	(22.47)	(18.33)	(23.10)
ante US líder integrado	16.41	20.55	15.79

Tabla 6.2
Posición de costos LAB para tubería de PVC
Producto mexicano en México

	Hidráulica	Drenaje	Ductos
México sin integración			
ante US seguidor	110.37	111.80	109.58
ante US líder	149.26	150.69	148.47
ante US seguidor integrado	(213.50)	(200.02)	(213.54)
ante US líder integrado	(174.61)	(161.14)	(174.66)
México con integración			
ante US seguidor	361.40	353.49	360.03
ante US líder	400.28	392.38	398.92
ante US seguidor integrado	37.53	41.67	36.90
ante US líder integrado	76.41	80.55	75.79

Tabla 6.3
Posición de costos LAB para tubería de PVC
Producto mexicano en Estados Unidos

	Hidráulica	Drenaje	Ductos
México sin integración			
ante US seguidor	50.37	51.80	49.58
ante US líder	89.26	90.69	88.47
ante US seguidor integrado	(273.50)	(260.02)	(273.54)
ante US líder integrado	(234.61)	(221.14)	(234.66)
México con integración			
ante US seguidor	301.40	293.49	300.03
ante US líder	340.28	332.38	338.92
ante US seguidor integrado	(22.47)	(18.33)	(23.10)
ante US líder integrado	16.41	20.55	15.79

Ventajas ante importaciones

Las Tablas 6.2 y 6.3, pág. 75, ilustran las ventajas (distinguidas por no estar escritas entre paréntesis) de la tubería mexicana en los casos siguientes:

1. Cuando el fabricante nacional no integrado compite con líderes y seguidores igualmente no integrados.
2. Cuando las manufacturas mexicanas de productores integrados compiten con líderes y seguidores tanto integrados como no integrados.

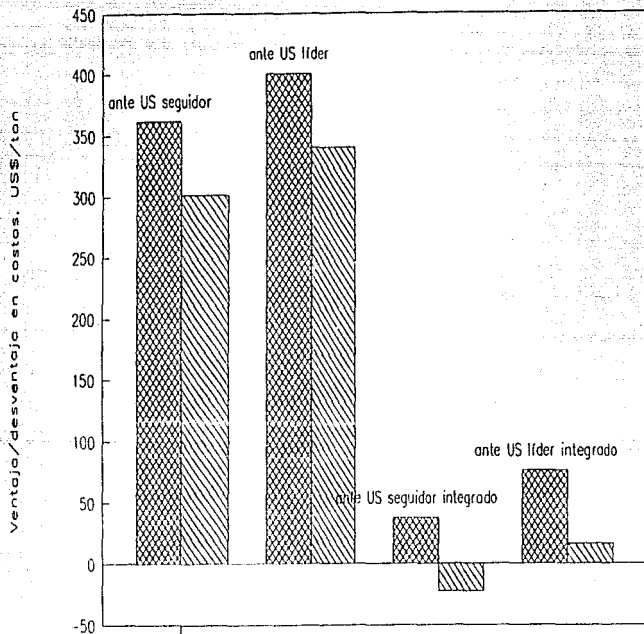
Ventajas en exportaciones a Estados Unidos

3. México sin integración resulta favorable ante seguidores americanos por 50.37, 51.80 y 49.58 US Dls/ton y ante líderes por 89.26, 90.69 y 88.47 US Dls/ton que no se encuentren integrados a sus materia prima principal.
4. México con integración resulta bastante más favorable ante líderes y seguidores americanos que no se encuentran integrados.
5. Ante un líder integrado existe una ventaja de 16.41, 20.55 y 15.79 US Dls/ton si el fabricante mexicano se encuentra también integrado.

Ilustración 6.5

Posición en costos LAB

Tubería Hidráulica



Producto mexicano integrado a PVC en:



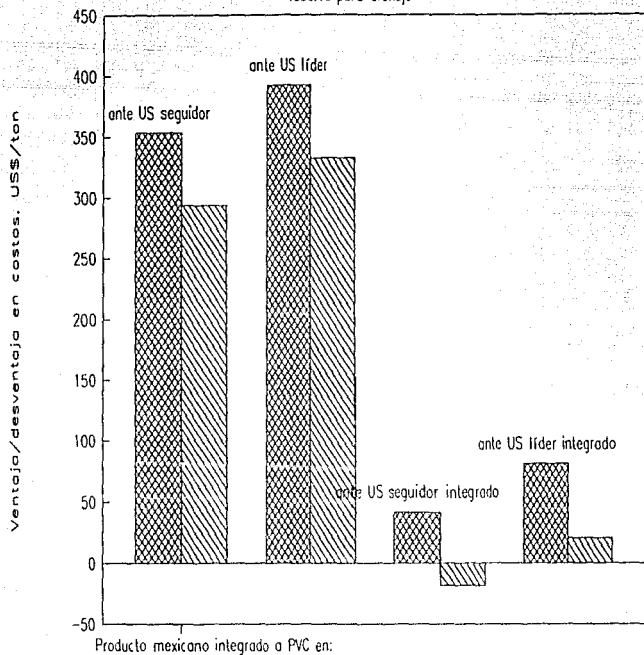
 México
  E.U.

Ilustración 6.6

Posición en costos LAB

Tubería para drenaje





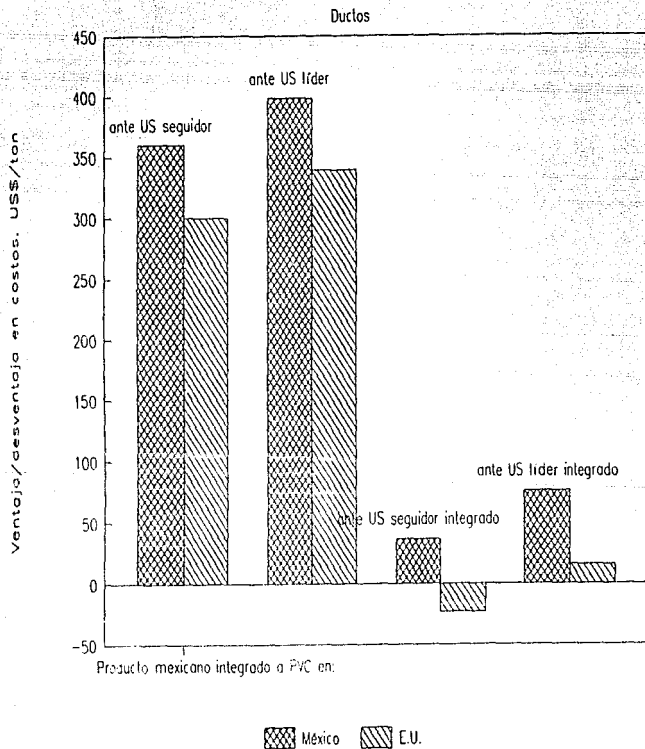
 México
  E.U.

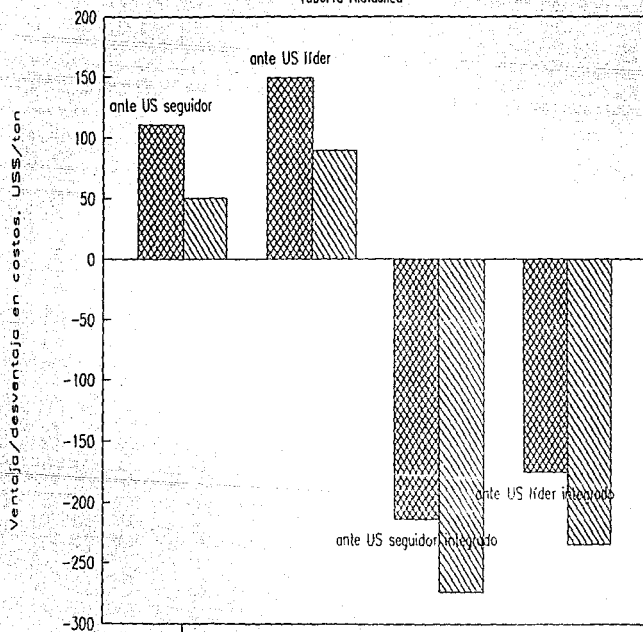
Ilustración 6.7
Posición en costos LAB



ESTA TESIS NO PUEDE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Ilustración 6.8 Posición en costos LAB

Tuberto Hidráulico



Producto mexicano no integrado en:



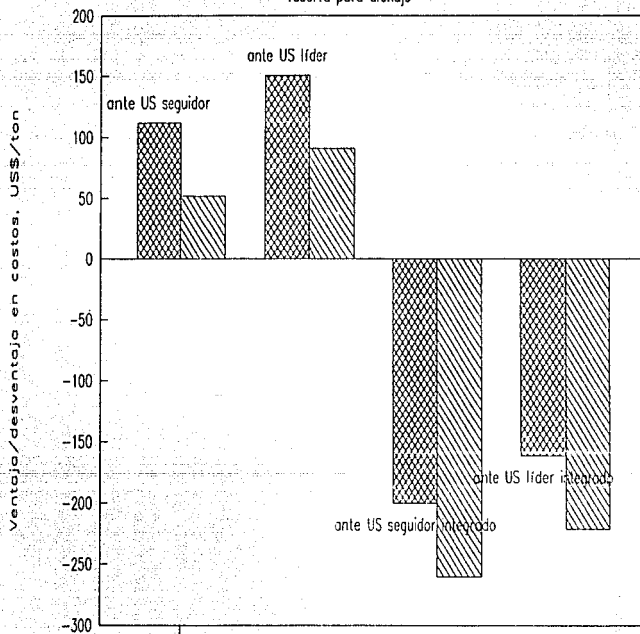
 México
  E.U.

Ilustración 6.9

Posición en costos LAB

Tubería para drenaje



Producto mexicano no integrado en:



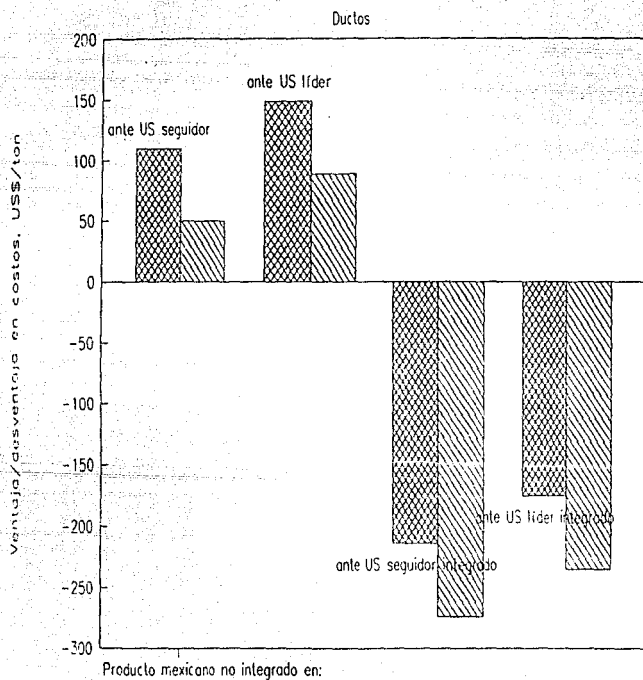
 México
  E.U.

Ilustración 6.10
Posición en costos LAB



6.2 Conclusiones y recomendaciones para la industria mexicana

a) Conclusiones

Una vez conocidas las estructuras de costos de las tuberías de PVC y determinada la posición en costos de las tuberías mexicanas de PVC con respecto a las norteamericanas es posible concluir lo siguiente:

- a) La industria mexicana de las tuberías de PVC solo puede competir en tres mercados de diámetros estándar: Tubería hidráulica, tubería para drenaje doméstico, y ductos.
- b) La tubería de PVC es producida en México con una excelente ventaja competitiva en costo, en virtud de presentar costos directos e indirectos mucho menores a los estimados para Estados Unidos, debido a los reducidos costos de la mano de obra mexicana y a una mayor tasa de utilización de los equipos instalados en el país, lo cual representa una circunstancia netamente geográfica y no de disponibilidad de mejores tecnologías o de una mayor eficiencia en la productividad.
- c) El costo de las materias primas resulta ser el mayor rubro del costo total de producción y en específico de la resina de PVC, ya que representa en promedio un 65% del costo total de producción en México y de un 76% en Estados Unidos.
- d) La integración de los fabricantes a resina de PVC provocan una reducción promedio de un 41% en los costos de producción total para México y de un 50% para Estados Unidos. La integración por tanto es una ventaja competitiva determinante al colocar un producto tanto en el país como en Estados Unidos.
- e) El segmento de mercado que representa la tubería de PVC con aplicación en los sistemas de alcantarillado puede ser atacado fácilmente por fabricantes norteamericanos en caso de que este mercado sea desarrollado en nuestro país a futuro, ya que los fabricante nacionales aún no lo están considerando.
- f) Existen ventajas competitivas en costos de las manufacturas nacionales integradas a PVC tanto en exportaciones a Estados Unidos como ante posibles importaciones.
- g) Los productores nacionales no integrados a la resina de PVC se encuentran en un alto riesgo ante fabricantes nacionales y extranjeros que sí se encuentran integrados.

b) Recomendaciones

Las recomendaciones para la industria mexicana desde luego se centran en la capitalización de la posición favorable que presentan las manufacturas mexicanas colocando tubería de PVC en los mercados norteamericanos.

- a) Fomento a las exportaciones hacia mercados objetivos americanos si el productor se encuentra integrado.
- b) Buscar el desarrollo de nuevos mercados para la tubería de PVC, la aplicación en sistemas de alcantarillado es una posible opción.
- c) Debido a que múltiples factores afectan constantemente las estructuras de costos de producción de cualquier producto es recomendable hacer un análisis periódico de los mismos, tanto de los propios como de los competidores nacionales y extranjeros.
- d) Resulta recomendable reducir los costos de materias primas vía la reducción de desechos (scrap) elevando los factores técnicos de producción vía la automatización de las líneas de producción nacional.
- e) Por otra parte, un análisis de este tipo sirve como una herramienta sumamente útil al desarrollar una estrategia de competencia global para un negocio de tubería de PVC.

Apéndice A

Tabla A.1
Abreviaturas y Símbolos

Los términos aquí listados son los manejados tanto en los capítulos como en los apéndices del presente trabajo.

PVC	Cloruro de Polivinilo
DWV	Tubería para drenaje, agua de desecho y venteo
ABS	Acrilo-nitrilo-butadieno-estireno
MBS	Metacrilato-butadieno-estireno
ENT	Material eléctrico no metálico
EMT	Material eléctrico metálico
PE	Poliétileno
SPVC	Proceso de suspensión para producir PVC
EPVC	Proceso de emulsión para producir PVC
MPVC	Proceso masa para producir PVC
VCM	Monómero de cloruro de vinilo
UV	Luz ultravioleta
phr	En formulaciones de compuestos de resinas, es usual referir la cantidad de aditivos en función de partes por 100 de resina (ppr) por facilidad y porque la información técnica se encuentra referida así.
T _g	Temperatura de transición vítrea
MPa	Mega Pascales
L/D	Relación diámetro/longitud del husillo de un extrusor
UPVC	Cloruro de Polivinilo de ultra-alta densidad
HDPE	Poliétileno de alta densidad
PP	Polipropileno
CPVC	Compuesto de PVC para tubería
DN	Diámetro nominal de tubería
DE	Diámetro exterior de tubería
S	Espesor de tubería
DI	Diámetro interior de tubería
L	Longitud de tubería
RDS	Radio de diseño de la tubería
min	Mínimo
US dlr.	Dólares americanos
LAB	Libre A Bordo
DOP	Diocilftalato

Tabla A.2
Intervalos y Aplicaciones de la Resina de PVC

Proceso	Valor K	Densidad Aparente del material (g/ml)	Tamaño de Partícula (% menor que 63 micras)	Aplicaciones	
SPVC	65	.51	90	Moldeo por extrusión e inyección con plastificante; calandreo para mangueras, cable, láminas y pisos	
SPVC	70	.48	90		
SPVC	70	.47	90		
SPVC	80	.47	90		
SPVC	65	.53	98	Moldeo por extrusión e inyección con plastificante, cable, manguera, tapones	
SPVC	70	.53	98		
SPVC	60	.59	98	Extrusión e inyección rígidas, Tubería	
SPVC	60	.60	98		
SPVC	65	.57	98		
SPVC	68	.55	98		
EPVC	60	.40	2	Pisos	
EPVC	65	.35	2	Manguera, película, pisos	
EPVC	70	.35	2	Secciones flexibles, pisos	
EPVC	80	.35	2	Película	
EPVC	70	.45	2	Tubería plastificada, pisos Película rígida Tubería, película Tubería Tubería Película, hojas Compuesto para tubería Tubería Piso Separadores de baterías Secciones flexibles, película	
EPVC	60	.60	85		
EPVC	65	.60	85		
EPVC	70	.60	85		
EPVC	60	.58	85		
EPVC	70	.56	85		
EPVC	70	.57	85		
EPVC	70	.43	5		
EPVC	70	.62	40		
EPVC	70	.40	60		
EPVC	80	.56	85		
EPVC	90	.53	2		
MPVC	58	.65	95		Extrusión de rígidos, calandreo, tubería, hojas,
MPVC	60	.65	95		

Tabla A.2
Intervalos y Aplicaciones de la Resina de PVC
(Continuación)

Proceso	Valor K	Densidad Aparente del material (g/ml)	Tamaño de Partícula (% menor que 53 micras)	Aplicaciones
MPVC	62	.65	95	Películas
MPVC	65	.60	95	Tubería, botellas
MPVC	68	.63	95	Tubería

Tabla A.3
Precios de la Resina de PVC (E.U., 1991)
(Plastics News Resin Pricing Chart, *Plastics News*, 1991).

Grado/Resina	Precio* <i>(US ct/libra)</i>
Cloruro de polivinilo (resina de PVC):	
Resina Suspensión	
Uso General	31-32
Tubería	30-31
Copolímero	
Pisos	45-48
Discos	48-53
Emulsión	
Homopolímero	58-61
Copolímero	63-68
CPVC compuesto para tubería	132

* Volúmenes anuales en el intervalo de 5 millones de libras

Tabla A.4
 Precios de Aditivos para la Resina de PVC, (E.U., Jun 1991)
 [Barometer, *Modern Plastics*, 1992]

Aditivo	Precio* (US \$/libra)
Cargas	
CaCO ₃ , 3 microm	0.065
5 microm	0.052
Retardantes a la flama	
ATH, medio	0.21
Fino	0.25
Extrafino	0.34
Estabilizadores térmicos	
<small>(forma líquida, precio depende del contenido de metal)</small>	
Ba-Cd	2.95
Butil Estaño	6.20
Antimonio	2.25
Modificadores de Impacto	
MBS (grado alimenticio)	1.56
Lubricantes	
Estearato de Ca	1.03
Plastificante	
si- 12 etilhexil ftalato	0.44
Estabilizadores UV	
HALS	10.90
Benzofenona	7.85

Tabla A.5¹
Características de la Tubería de PVC en México

a) Tubería bajo presión

Uso: Agua fría y/o caliente

Dimensiones

DN (mm)	DE (mm)	S (mm)	DI (mm)	PESO (kg/m)	L (m)
13	16	1.7	12.4	0.12	6
19	22	2.0	18.1	0.20	6
25	29	2.6	23.4	0.33	6

Propiedades mecánicas

Prueba ASTM

Especificación

Peso específico	D 792	1.55
Resistencia a la tensión 23°	D 638	492.00 kg/cm ²
Módulo de elasticidad	D 638	25,311.00 kg/cm ²
Impacto Izod	D 256	0.09 kg-m/cm
Resistencia a la flexión	D 790	1,097.00 kg/cm ²
Resistencia a la compresión	D 695	760.00 kg/cm ²
Dureza Shore D	D 676	117.00

Uso: Municipal, rural y riego agrícola

Dimensiones

DN (mm)	DE (mm)	S (mm)	DI (mm)	PESO (kg/m)	L (m)	RDS
13	21.3	1.5	18.3		6	13.5
19	26.7	2.0	22.7		6	13.5
19	26.7	1.5	23.7		6	26.0
25	33.4	2.5	28.4		6	13.5
25	33.4	1.5	30.4		6	26.0
32	42.2	1.6	39.0		6	26.0
38	48.3	1.9	44.5		6	26.0
50	60.3	2.3	55.7		6	26.0
60	73.0	2.8	67.4		6	26.0
75	88.9	3.4	82.1		6	26.0
100	114.3	4.4	105.5		6	26.0
100	114.3	2.8	108.7		6	41.0

Uso: Municipal, rural y riego agrícola
(continuación)

Dimensiones

DN (mm)	DE (mm)	S (mm)	DI (mm)	PESO (kg/m)	L (m)	RDS
150	168.3	6.5	155.3		6	26.0
150	168.3	4.1	160.1		6	41.0
200	219.1	8.4	202.3		6	26.0

RDS Presión Hidrostática de Diseño a 23°C
(kg/cm²)

13.5	22.4
26.0	11.2
41.0	7.7

b) Tubería sin presión

Uso: Drenaje doméstico

Dimensiones

DN (mm)	DE (mm)	S (mm)	DI (mm)	PESO (kg/m)	L (m)
40	40	1.8	36.4		600
50	50	1.9	46.2		600
75	75	1.8	71.4		600
100	110	2.3	105.4		600
150	160	3.3	153.4		600

Propiedades mecánicas

Prueba ASTM

Especificación

Peso específico	D 792	1.38-1.40
Resistencia a la tensión 23°	D 638	min. 500.00 kg/cm ²
Módulo de elasticidad	D 638	min. 27000.00 kg/cm ²
Impacto Izod	D 638	38 kg/cm/cm
Resistencia a la flexión	D 790	1,000.00 kg/cm ²
Resistencia a la compresión	D 695	700.00 kg/cm ²

c) Conduit

Uso: Casa habitación

Dimensiones

DN (mm)	DE (mm)	S (mm)	DI (mm)	PESO (kg/m)	L (m)
13	17.9	1.0	15.9		3
19	23.4	1.0	21.4		3
25	29.5	1.2	27.1		3
32	38.1	1.4	35.3		3
38	44.2	1.5	41.2		3
50	56.1	1.6	52.9		3

Uso: En instalaciones eléctricas ocultas o visibles de edificios e industria

Dimensiones

DN (mm)	DE (mm)	S (mm)	DI (mm)	PESO (kg/m)	L (m)
13	21.3	1.5	18.3		3
19	26.7	1.5	23.7		3
25	33.4	1.5	30.4		3
32	42.2	1.6	39.0		3
38	48.3	1.9	44.5		3
50	60.3	2.3	55.7		3
60	73.0	2.6	67.4		3
75	88.9	2.7	83.5		3
100	114.3	2.8	108.7		3

Propiedades eléctricas

Prueba ASTM

Especificación

Constante dieléctrica 50/60 ciclos

4.0

Rigidez dieléctrica

20 KV/min

Factor de pérdida dieléctrica

0.02-0.04

Resistencia específica

 $2.8 \times 10^{15} - 10^{18}$ Ohm/cm

Resistencia a la superficie

max 10^{11} Ohm

Propiedades mecánicas	Prueba ASTM	Especificación
Resistencia a la tensión		min 500 kg/cm ²
Deformación a la ruptura	15%	
Resistencia a la flexión		min 750 kg/cm ²
Dureza shore D		75-85
Peso específico		1.4 g/cm ³

1. La Tabla A.5 fue construida con la información de los catálogos proporcionados por TUBOS FLEXIBLES, S.A. de C.V. y por PLASTICOS REX, S.A. de C.V.

Apéndice B

Automatización de líneas de extrusión de tubería

La manufactura de tubería de PVC es una operación de producción en masa y por tanto, resulta importante hacer la producción tan simple y económica como sea posible, asegurando uniformidad en la calidad del producto.

De acuerdo a lo anterior, un gran número de controles y de ayudas para la automatización y seguimiento han sido desarrollados logrando obtener líneas de extrusión donde múltiples funciones son controladas por una microcomputadora.

Las ventajas del control computarizado, conocido como control CNC son diversas y pueden mencionarse las siguientes:

- Seguimiento continuo del producto y eliminación de una producción defectuosa
- Una mejor y uniforme producción
- Una operación simple
- menor tiempo consumido en el arranque y cambios
- Una producción controlada centralmente
- Registro y procesamiento de las mediciones realizadas en la línea
- Una mejor economía debido a la eficiencia y optimización de la producción que ahorra sustanciales cantidades de material.

Existen en el mercado diseños denominados de múltiple etapa, que pueden ser instalados en una línea de extrusión ya existente, el cual por medio de la instalación de un microprocesador se logra automatizar varias etapas del proceso.

Para los distintos métodos de procesamiento es posible establecer un intervalo de funciones para el sistema computarizado. Dichas funciones normalmente incluyen el control de la secuencia del proceso, control de temperaturas, diagnóstico de fallas, registro y seguimiento de datos de producción.

El establecimiento de dichas funciones a conducido al desarrollo de sistemas de "hardware" y "software" específicas para las líneas de extrusión de tubería y un ejemplo son los sistemas de control de memoria programable que incluyen unidades de video para el operador.

Los sistemas de control de esta naturaleza, controlan el peso por unidad de longitud de la tubería, mediante el pesado de la resina en la tolva del extrusor y el control de la velocidad del jalador y/o la velocidad del extrusor desde un medidor de velocidad que se encuentra sobre la tubería en proceso a la salida del jalador.

El perfil de espesores de la pared de la tubería es medido en la periferia de la tubería por medio de un detector ultrasónico y el dado es automáticamente centrado, de

acuerdo con las mediciones obtenidas. Debido a que el medidor del espesor de la tubería es calibrado con la ayuda del medidor de velocidad, el espesor mínimo de la pared puede llegar a los límites impuestos por las especificaciones estándares correspondientes. En resumen, es posible reducir la tolerancia de los espesores y optimizar el peso por metro de tubería.

El sistema permite el control automático de variables tales como temperaturas en el extrusor, torque del husillo, presión (vacío) en el extrusor y en el calibrador, la temperatura del agua de enfriamiento. Además puede también controlar el jalador para obtener un espesor óptimo de pared, y la cierra para automáticamente obtener muestras para control de calidad.

En general, la operación automática de una línea de extrusión incluye el control de las siguientes funciones:

- Definición de los puntos de control
- Pre calentamiento y calentamiento a las temperaturas de operación
- Arranque/paro de la línea
- Aceleramiento de la velocidad de producción
- Producción
- Desaceleramiento de la velocidad de producción

Los sistemas de esta naturaleza pueden ser conectados a una computadora central para el control de varias líneas de extrusión o para el control de otros sectores de la planta.

Sistema para la dosificación gravimétrica de la resina PVC

Además de la variación del espesor en la sección transversal de la tubería extruida, las fluctuaciones a lo largo de la misma son a menudo causas de consumo excesivo de resina. Esta fluctuación longitudinal se manifiesta en la variación del peso por unidad de área o de longitud de la tubería, debido a que los espesores varían. Esta falta de uniformidad puede ser reducida mediante la dosificación gravimétrica de la resina en el extrusor y por el control del peso por metro de tubería extruida.

El sistema consiste de una unidad que dosifica y pesa el material, un dispositivo para la medición de la velocidad del jalador y de un control basado en un microprocesador y finalmente por una unidad de regulación.

El sistema dosifica el material en el recipiente para su exacto pesado. La carga individual ya pesada es vaciada, de acuerdo al programa controlado por una computadora, desde el recipiente de pesado en la tolva del extrusor colocado por debajo del sistema. Cuando el material de la carga ha cruzado completamente el interruptor de nivel colocado en el cuello de la tolva, la siguiente carga es preparada.

Al mismo tiempo, el medidor de la velocidad de la tubería es activado. Una nueva carga es pesada y se mantiene lista para ser vaciada en la tolva.

El flujo de material es controlado precisamente por el peso de cada carga y el tiempo entre las dos señales de cambio correspondientes. La constancia en el peso por metro de tubería es por regla mejor que un $\pm 0.5\%$. Este sistema es particularmente ventajoso para la fabricación de tubería coextruida, manteniendo uniformes los espesores de cada capa y la capa total dentro de los límites mínimos establecidos.

Medición ultrasónica de espesores de pared

Varios sistemas son usados para la medición continua de los espesores de pared en las tuberías extruidas. Además de las mediciones inductivas, principalmente empleadas para en diámetros pequeños, y a varios metros radiométricos, el método ultrasónico de medición ha encontrado amplia aceptación en la industria internacional ya que es simple, segura y confiable.

La cabeza ultrasónica es acoplada a la pared exterior de la tubería a la salida del calibrador de vacío por medio de una película de agua. Esta película sirve como una zona de acoplamiento para la onda ultrasónica. El dispositivo mide el tiempo del recorrido de la onda de ultrasonido entre el primer eco proveniente de la superficie externa, y el segundo eco proveniente de la superficie interna. A partir del conocimiento de la velocidad del sonido en el material, obtenido por calibración, es posible convertir el tiempo recorrido en espesor de la pared.

La cabeza de medición es movida alrededor de la tubería en un marco rotacional, operando en un ángulo de 360° . De esta forma se recorre el perfil de espesores de la pared en toda su perifería.

En un caso simple la unidad de medición del espesor es acoplada al jalador de tal forma que el espesor mínimo de pared puede ser obtenido. Junto con un centrador manual o automático del dado, en referencia a la distribución de espesores se pueden obtener ahorros sustanciales de material, mínimo 2 y 3 % de la producción.

Este sistema es especial para el arranque y cambios de líneas de producción para diámetros grandes, donde el recentrado de dados es necesario para obtener dimensiones permisibles, y especialmente para la producción, normalmente lenta, de tuberías de grandes diámetros y elevado peso por metro.

Niveles de automatización

Partiendo de la descripción anterior de los controles y dispositivo de automatización disponible actualmente es posible hablar de tres tipos de cuatro posibles niveles dependiendo de las funciones realizadas automáticamente en las distintas etapas de la línea y serán manejadas según los circuitos de control disponible de acuerdo a:

- 1 Circuito para el control automático del peso por metro de tubería por dosificación gravimétrica. Este circuito implica el control automático de la alimentación al extrusor, de la velocidad del jalador y del husillo del extrusor, así como la medición de la velocidad de salida. El centrado del dado se realizarse automáticamente lo mismo para la medición de espesores.
- 2 Circuito para el control automático del peso por metro de tubería por dosificación gravimétrica. El circuito trabaja igualmente que el anterior, pero el centrado del dado es manual según datos de espesores que se obtienen también manualmente.
- 3 Solo existe un control automático de la velocidad del husillo en el extrusor
- 4 No existen controles automáticos, las velocidades del extrusor y del jalador se verifican y corrigen manualmente. Los espesores y velocidad de producción se verifican manualmente.

Cada nivel de automatización, implica un factor técnico de productividad en términos del material de desecho (scrap). La ausencia de automatización puede implicar hasta un 3 y 6 % de la producción, es decir para una planta con una capacidad anual de 8,500 ton/año, el material de desecho puede ser de 255 a 510 ton/año de resina que en valor representan aproximadamente 445 a 890 millones de pesos, de ahí la importancia de reducir al mínimo la producción de desechos y el potencial de la automatización de operaciones en los equipos.

Tabla B.1
Factores técnicos según el nivel de automatización

Nivel	Factor técnico %	Desechos
1	99.5	0.5
2	98.0	1 - 2
3	97.0	2 - 3
4	94.0	3 - 6

Tabla B.2
 Requerimiento de Personal
 para una línea de producción

Tamaño Husillo		Diámetro tubería	Nivel de automatización	Personal Requerido
mm	pulg	mm		
45	1.75	10- 60	1	3
75	3	30- 100	1	3
90	3.5	66- 173	1	3
152	6	239- 518	1	3
254	10	548-1,113	1	4
305	12	703-1,445	1	4
356	14	857-1,755	1	5
404	16	1,012-2,064	1	5
45	1.75	10- 60	2	4
75	3	30- 100	2	4
90	3.5	66- 173	2	4
152	6	239- 518	2	4
254	10	548-1,113	2	5
305	12	703-1,445	2	5
356	14	857-1,755	2	6
404	16	1,012-2,064	2	6
45	1.75	10- 60	3	5
75	3	30- 100	3	5
90	3.5	66- 173	3	5
152	6	239- 518	3	5
254	10	548-1,113	3	6
305	12	703-1,445	3	6
356	14	857-1,755	3	7
404	16	1,012-2,064	3	7
45	1.75	10- 60	4	6
75	3	30- 100	4	6
90	3.5	66- 173	4	6
152	6	239- 518	4	6
254	10	548-1,113	4	7
305	12	703-1,445	4	7
356	14	857-1,755	4	8
404	16	1,012-2,064	4	8

Tabla B.3
Requerimiento de Servicios Auxiliares
para una línea de producción

Servicio	Consumo por ton de tubería extruída	Precio, U.S. Dlls/unidad	
		México	E.U.
Agua de enfriamiento, m ³	1.5	0.094/3.78	0.076/3.78
Electricidad , KWH	333	0.065	0.044

Apéndice C

COSTOS DE PRODUCCION PARA TUBERIA DE PVC

14-Jan-93

Productor: líder americano Integrado

Capacidad Total : 55,795 ton/año

Líneas de Extrusión : 31

No. Aplicación	Dimin	Dimax	Husillo (mm)	Capacidad (ton/año)	Nivel Automat.	Personal Requerido
3 Ductos	10	60	44	1,601	2	12
6 Agua	30	100	76	5,054	2	24
5 Agua	66	173	89	7,020	2	20
4 Alcantarillado	66	173	89	5,616	2	16
4 Drenaje	66	173	89	5,616	2	16
3 Conduit	66	173	89	4,212	2	12
4 Drenaje	121	282	114	8,986	2	16
1 Alcantarillado	394	827	203	6,458	1	4
1 Agua	703	1,445	305	11,232	1	5
31				55,795		125

Capacidad por aplicación, ton/año :

Hidráulica	23,306
Alcantarillado :	12,074
Drenaje :	14,602
Ductos	5,813

Total : 55,795

Inversión, dólares :

Area de extrusión :	20,724,334
Area de Mezclado :	462,400
Servicios Aux. :	423,735
Equipos Aux. :	4,237,347
Otros :	3,601,745

Total : 29,449,560

Tasa de utilización, % : 70%

Producción Anual, ton : 39,056

COSTOS VARIABLES DE PRODUCCION

Materias Primas por Aplicación

		Unidad/ ton tubería	Dólares/ unidad	Dólares/ ton	Costo anual Millones Dl
Hidráulica					
Resina	PVC grado tubería	0,9195	320	294	4.80
Carga	CaCO ₃ , 5 microm	0,0460	115	5	0.09
Pigmento	Oxido de Titanio	0,0009	2,205	2	0.03
Lubricante	Estearato de Ca	0,0060	2,205	13	0.21
Estabilizador	Base Pb	0,0138	2,205	30	0.50
Modi. Impacto	MBS	0.0138	3,307	46	0.74
Total Materias Primas:				391	6.38
Alcantarillado					
Resina	PVC grado tubería	0,8853	320	283	2.40
Carga	CaCO ₃ , 5 microm	0,0885	115	10	0.09
Pigmento	Oxido de Titanio	0,0018	2,205	4	0.03
Lubricante	Estearato de Ca	0,0066	2,205	15	0.12
Estabilizador	Base Pb	0,0142	2,205	31	0.26
Modi. Impacto	MBS	0,0035	3,307	12	0.10
Total Materias Primas:				355	3.00
Drenaje					
Resina	PVC grado tubería	0,8853	320	283	2.90
Carga	CaCO ₃ , 5 microm	0,0885	115	10	0.10
Pigmento	Oxido de Titanio	0,0018	2,205	4	0.04
Lubricante	Estearato de Ca	0,0066	2,205	15	0.15
Estabilizador	Base Pb	0,0142	2,205	31	0.32
Modi. Impacto	MBS	0,0035	3,307	12	0.12
Total Materias Primas:				355	3.63
Ductos					
Resina	PVC grado tubería	0,9174	320	294	1.20
Carga	CaCO ₃ , 5 microm	0,0459	115	5	0.02
Pigmento	Oxido de Titanio	0,0037	2,205	8	0.03
Lubricante	Estearato de Ca	0,0060	2,205	13	0.05
Estabilizador	Base Pb	0,0138	2,205	30	0.12
Modi. Impacto	MBS	0,0133	3,307	44	0.18
Total Materias Primas:				395	1.61

Servicios Auxiliares

Extrusión:					
	Agua de enfriamiento, m3	1.5	0.020	0.030	0.001
	Electricidad, KWH	666	0.044	29.304	1.145
Mezclado					
	Agua de enfriamiento, m3	15	0.020	0.302	0.012
	Electricidad, KWH	70	0.044	3.080	0.120
Total de Servicios :				32.72	1.28

COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION

		1000 días/año			
Operadores	100 Hombres	31.7	81.165	3.170	
Capataces	25 Hombres	35.9	22.980	0.898	
Supervisores	6 Hombres	43.4	6.945	0.271	
Mantenimiento	3% Inversión en Límites de Batería		19.854	0.775	
Gastos generales	45% Operación y Supervisión		39.649	1.549	
Total Costos Directos :				170.59	6.66

COSTOS INDIRECTOS

Administrativos	60% Operación y Mantenimiento	60.611	2.367		
Seguros e Impuestos	1.5% Inversión Fija Total	11.310	0.442		
Total Costos Indirectos :				71.922	2.809

COSTOS TOTALES DE PRODUCCION

Hidráulica	:	666.15	17.13
Alcantarillado	:	630.34	13.75
Drenaje	:	630.34	14.38
Ductos	:	669.81	12.35

COSTOS DE PRODUCCION PARA TUBERIA DE PVC

14-Jan-93

Productor: seguidor americano integrado

Capacidad Total : 37,571 ton/año

Lineas de Extrusión : 17

No. Aplicación	Dimin	Dimax	Husillo (mm)	Capacidad (ton/año)	Nivel Automat.	Personal Requerido
2 Conduit	10	60	44	1,067	2	8
2 Agua	30	100	76	1,685	2	8
3 Agua	66	173	89	4,212	2	12
2 Alcantarillado	66	173	89	2,808	2	8
2 Drenaje domést	66	173	89	2,808	2	8
2 Ductos	66	173	89	2,808	2	8
2 Drenaje domést	121	282	114	4,493	2	8
1 Alcantarillado	394	827	203	6,458	1	5
1 Agua	703	1,445	305	11,232	1	5
17				37,571		70

Capacidad por aplicación, ton/año :

Hidráulica	17,129
Alcantarillado :	9,266
Drenaje :	7,301
Ductos	3,875

Total : 37,571

Inversión, dólares :

Area de extrusión :	12,134,884
Area de Mezclado :	374,000
Servicios Aux. :	250,178
Equipos Aux. :	2,501,777
Otros :	2,126,510

Total : 17,387,348

Tasa de utilización, % : 70x
 Producción Anual, ton : 26,300

COSTOS VARIABLES DE PRODUCCION

Materias Primas por Aplicación

		Unidad/ ton tubería	Dólares/ unidad	Dólares/ ton	Costo anual Millones D
Hidráulica					
Resina	PVC grado tubería	0.9195	320.19	294	3.53
Carga	CaCO ₃ , 5 microm	0.0460	114.64	5	0.06
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0009	2,204.59	2	0.02
Lubricante	Estearato de Ca	0.0060	2,204.59	13	0.16
Estabilizador	Base Pb	0.0138	2,204.59	30	0.36
Modi. Impacto	MBS	0.0138	3,306.88	46	0.55

Total Materias Primas: 391 4.69

Alcantarillado

Resina	PVC grado tubería	0.8853	320	283	1.84
Carga	CaCO ₃ , 5 microm	0.0885	115	10	0.07
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0018	2,205	4	0.03
Lubricante	Estearato de Ca	0.0066	2,205	15	0.09
Estabilizador	Base Pb	0.0142	2,205	31	0.20
Modi. Impacto	MBS	0.0035	3,307	12	0.08

Total Materias Primas: 355 2.30

Drenaje

Resina	PVC grado tubería	0.8853	320	283	1.45
Carga	CaCO ₃ , 5 microm	0.0885	115	10	0.05
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0018	2,205	4	0.02
Lubricante	Estearato de Ca	0.0066	2,205	15	0.07
Estabilizador	Base Pb	0.0142	2,205	31	0.16
Modi. Impacto	MBS	0.0035	3,307	12	0.06

Total Materias Primas: 355 1.81

Ductos

Resina	PVC grado tubería	0.9174	320	294	0.80
Carga	CaCO ₃ , 5 microm	0.0459	115	5	0.01
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0037	2,205	8	0.02
Lubricante	Estearato de Ca	0.0060	2,205	13	0.04
Estabilizador	Base Pb	0.0138	2,205	30	0.08
Modi. Impacto	MBS	0.0133	3,307	44	0.12

Total Materias Primas: 395 1.07

Servicios Auxiliares

Extrusión:					
	Agua de enfriamiento, m ³	1.5	0.020	0.030	0.001
	Electricidad, KWH	666	0.044	29.304	0.771
Mezclado					
	Agua de enfriamiento, m ³	15	0.020	0.302	0.008
	Electricidad, KWH	70	0.044	3.080	0.081
Total de Servicios :				32.72	0.86

COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION

		1000 dias/año			
Operadores	56 Hombres	31.7	67.499	1.775	
Cepetaces	14 Hombres	35.9	19.110	0.503	
Supervisores	4 Hombres	43.4	5.776	0.152	
Mantenimiento	3% Inversión en Límites de Batería		17.408	0.458	
Gastos generales	45% Operación y Supervisión		32.974	0.867	
Total Costos Directos :				142.77	3.75

COSTOS INDIRECTOS

Administrativos	60% Operación y Mantenimiento	50.944	1.340
Seguros e Impuestos	1.5% Inversión Fija Total	9.917	0.261
Total Costos Indirectos :		60.861	1.601

COSTOS TOTALES DE PRODUCCION

Hidráulica	:	627.27	10.90
Alcantarillado	:	591.45	8.52
Drenaje	:	591.45	8.03
Ductos	:	630.92	7.29

COSTOS DE PRODUCCION PARA TUBERIA DE PVC

14-Jan-93

Productor: mexicano Integrado

Capacidad Total : 10,305 ton/año

Líneas de Extrusión : 8

No. Aplicación	Dimín	Dimax	Husillo (mm)	Capacidad (ton/año)	Nivel Automat.	Personal Requerido
3 Ductos/agua	10	60	44	1,601	3	15
3 Agua/drenaje	66	173	89	4,212	3	15
2 Agua/drenaje	121	282	114	4,493	3	10

8

10,305

40

Capacidad por aplicación, ton/año :

Hidráulica	5,153
Alcantarillado :	0
Drenaje :	4,352
Ductos	800

Total : 10,305

Inversión, dólares :

Area de extrusión :	4,590,960
Area de Mezclado :	122,400
Servicios Aux. :	94,267
Equipos Aux. :	942,672
Otras :	801,271

Total : 6,551,570

Tasa de utilización, % : 80%

Producción Anual, ton : 8,244

COSTOS VARIABLES DE PRODUCCION

Materias Primas por Aplicación

		Unidad/ ton tubería	Dólares/ unidad	Dólares/ ton	Costo anual Millones D
Hidráulica					
Resina	PVC grado tubería	0.9195	332.17	305	1.26
Carga	CaCO ₃ , 5 microm	0.0460	131.83	6	0.02
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0009	2,535.27	2	0.01
Lubricante	Estearato de Ca	0.0060	2,535.27	15	0.06
Estabilizador	Base Pb	0.0138	2,535.27	35	0.14
Modi. Impacto	MBS	0.0138	3,802.91	52	0.22
Total Materias Primas:				416	1.72
Alcantarillado					
Resina	PVC grado tubería	0.8853	0	0	0.00
Carga	CaCO ₃ , 5 microm	0.0885	0	0	0.00
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0018	0	0	0.00
Lubricante	Estearato de Ca	0.0066	0	0	0.00
Estabilizador	Base Pb	0.0142	0	0	0.00
Modi. Impacto	MBS	0.0035	0	0	0.00
Total Materias Primas:				0	0.00
Drenaje					
Resina	PVC grado tubería	0.8853	332	294	1.02
Carga	CaCO ₃ , 5 microm	0.0885	132	12	0.04
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0018	2,535	4	0.02
Lubricante	Estearato de Ca	0.0066	2,535	17	0.06
Estabilizador	Base Pb	0.0142	2,535	36	0.13
Modi. Impacto	MBS	0.0035	3,803	13	0.05
Total Materias Primas:				376	1.31
Ductos					
Resina	PVC grado tubería	0.9174	332	305	0.20
Carga	CaCO ₃ , 5 microm	0.0459	132	6	0.00
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0037	2,535	9	0.01
Lubricante	Estearato de Ca	0.0060	2,535	15	0.01
Estabilizador	Base Pb	0.0138	2,535	35	0.02
Modi. Impacto	MBS	0.0133	3,803	51	0.03
Total Materias Primas:				421	0.27

Servicios Auxiliares

Extrusión:					
	Agua de enfriamiento, m3	1.5	0.025	0.037	0.000
	Electricidad, KWH	666	0.065	43.290	0.357
Mezclado					
	Agua de enfriamiento, m3	15	0.025	0.373	0.003
	Electricidad, KWH	70	0.065	4.550	0.038
Total de Servicios :				48.25	0.40

COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION

		1000 día/año			
Operadores	32 Hombres	10.05	39.009		0.322
Capataces	8 Hombres	18.56	18.010		0.148
Supervisores	2 Hombres	33.25	8.066		0.067
Mantenimiento	3% Inversión en Límites de Batería		20.925		0.173
Gastos generales	45% Operación y Supervisión		21.184		0.175
Total Costos Directos :			107.19		0.88

COSTOS INDIRECTOS

Administrativos	60% Operación y Mantenimiento		35.960		0.296
Seguros e Impuestos	1.5% Inversión Fija Total		11.920		0.098
Total Costos Indirectos :			47.880		0.395

COSTOS TOTALES DE PRODUCCION

Hidráulica	:	619.74		3.39	
Alcantarillado	:		0.00		0.00
Drenaje	:		579.79		2.99
Ductos	:		624.02		1.95

COSTOS DE PRODUCCION PARA TUBERIA DE PVC

14-Jan-93

Productor: líder americano no Integrado

Capacidad Total : 55,795 ton/año

Líneas de Extrusión : 31

No. Aplicación	Dimín	Dimax	Husillo (mm)	Capacidad (ton/año)	Nivel Automat.	Personal Requerido
3 Ductos	10	60	44	1,601	2	12
6 Agua	30	100	76	5,054	2	24
5 Agua	66	173	89	7,020	2	20
4 Alcantarillado	66	173	89	5,616	2	16
4 Drenaje	66	173	89	5,616	2	16
3 Conduit	66	173	89	4,212	2	12
4 Drenaje	121	282	114	8,986	2	16
1 Alcantarillado	394	827	203	6,458	1	4
1 Agua	703	1,445	305	11,232	1	5

31 55,795 125

Capacidad por aplicacion, ton/año :

Hidráulica	23,306
Alcantarillado :	12,074
Drenaje :	14,602
Ductos	5,813

Total : 55,795

Inversión, dólares :

Area de extrusión :	20,724,334
Area de Mezclado :	462,400
Servicios Aux. :	423,735
Equipos Aux. :	4,237,347
Otros :	3,601,745

Total : 29,449,560

Tasa de utilización, % : 70%

Producción Anual, ton : 39,056

COSTOS VARIABLES DE PRODUCCION

Materias Primas por Aplicación

		Unidad/ ton tubería	Dólares/ unidad	Dólares/ ton	Costo anual Millones Df
Hidráulica					
Resina	PVC grado tubería	0.9195	672.40	618	10.09
Carga	CaCO ₃ , 5 microm	0.0460	114.64	5	0.09
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0009	2,204.59	2	0.03
Lubricante	Estearato de Ca	0.0060	2,204.59	13	0.21
Estabilizador	Base Pb	0.0138	2,204.59	30	0.50
Modif. Impacto	MBS	0.0138	3,306.88	46	0.74

Total Materias Primas: 715 11.66

Alcantarillado

Resina	PVC grado tubería	0.8853	672	595	5.03
Carga	CaCO ₃ , 5 microm	0.0885	115	10	0.09
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0018	2,205	4	0.03
Lubricante	Estearato de Ca	0.0066	2,205	15	0.12
Estabilizador	Base Pb	0.0142	2,205	31	0.26
Modif. Impacto	MBS	0.0035	3,307	12	0.10

Total Materias Primas: 667 5.64

Drenaje

Resina	PVC grado tubería	0.8853	672	595	6.08
Carga	CaCO ₃ , 5 microm	0.0885	115	10	0.10
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0018	2,205	4	0.04
Lubricante	Estearato de Ca	0.0066	2,205	15	0.15
Estabilizador	Base Pb	0.0142	2,205	31	0.32
Modif. Impacto	MBS	0.0035	3,307	12	0.12

Total Materias Primas: 667 6.82

Ductos

Resina	PVC grado tubería	0.9174	672	617	2.51
Carga	CaCO ₃ , 5 microm	0.0459	115	5	0.02
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0037	2,205	8	0.03
Lubricante	Estearato de Ca	0.0060	2,205	13	0.05
Estabilizador	Base Pb	0.0138	2,205	30	0.12
Modif. Impacto	MBS	0.0133	3,307	44	0.18

Total Materias Primas: 718 2.92

Servicios Auxiliares

Extrusión:					
	Agua de enfriamiento, m ³	1.5	0.020	0.030	0.001
	Electricidad, KWH	666	0.044	29.304	1.165
Mezclado					
	Agua de enfriamiento, m ³	15	0.020	0.302	0.012
	Electricidad, KWH	70	0.044	3.080	0.120
Total de Servicios :				32.72	1.28

COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION

		1000 dls/año			
Operadores	100 Hombres	31.7	81.165	3.170	
Capataces	25 Hombres	35.9	22.980	0.898	
Supervisores	6 Hombres	43.4	6.945	0.271	
Mantenimiento	3% Inversión en Límites de Batería		19.854	0.775	
Gastos generales	45% Operación y Supervisión		39.649	1.549	
Total Costos Directos :				170.59	6.66

COSTOS INDIRECTOS

Administrativos	60% Operación y Mantenimiento	60.611	2.367		
Seguros e Impuestos	1.5% Inversión Fija total	11.310	0.442		
Total Costos Indirectos :				71.922	2.809

COSTOS TOTALES DE PRODUCCION

Hidráulica	:	990.02	22.41
Alcantarillado	:	942.17	16.39
Drenaje	:	942.17	17.57
Ductos	:	992.93	13.67

COSTOS DE PRODUCCION PARA TUBERIA DE PVC

14-Jan-93

Productor: seguidor americano no integrado

Capacidad Total : 37,571 ton/año

Líneas de Extrusión : 17

No. Aplicación	Dimín	Dimax	Husillo (mm)	Capacidad (ton/año)	Nivel Automat.	Personal Requerido
2 ConduIt	10	60	44	1,067	2	8
2 Agua	30	100	76	1,685	2	8
3 Agua	66	173	89	4,212	2	12
2 Alcantarillado	66	173	89	2,808	2	8
2 Drenaje domést	66	173	89	2,808	2	8
2 Ductos	66	173	89	2,808	2	8
2 Drenaje domést	121	282	114	4,493	2	8
1 Alcantarillado	394	827	203	6,458	1	5
1 Agua	703	1,445	305	11,232	1	5
17				37,571		70

Capacidad por aplicación, ton/año :

Hidráulica	17,129
Alcantarillado :	9,266
Drenaje :	7,301
Ductos	3,875
Total :	37,571

Inversión, dólares :

Area de extrusión :	12,134,884
Area de Mezclado :	374,000
Servicios Aux. :	250,178
Equipos Aux. :	2,501,777
Otros :	2,126,510
Total :	17,387,348

Tasa de utilización, % : 70%
 Producción Anual, ton : 26,300

COSTOS VARIABLES DE PRODUCCION

Materias Primas por Aplicación

		Unidad/ ton tubería	Dólares/ unidad	Dólares/ ton	Costo anual Millones D
Hidráulica					
Resina	PVC grado tubería	0.9195	672.40	618	7.41
Carga	CaCO ₃ , 5 micron	0.0460	114.64	5	0.06
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0009	2,204.59	2	0.02
Lubricante	Estearato de Ca	0.0060	2,204.59	13	0.16
Estabilizador	Base Pb	0.0138	2,204.59	30	0.36
Modi. Impacto	MBS	0.0138	3,306.88	46	0.55

Total Materias Primas: 715 8.57

Alcantarillado

Resina	PVC grado tubería	0.8852	672	595	3.86
Carga	CaCO ₃ , 5 micron	0.0885	115	10	0.07
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0018	2,205	4	0.03
Lubricante	Estearato de Ca	0.0066	2,205	15	0.09
Estabilizador	Base Pb	0.0142	2,205	31	0.20
Modi. Impacto	MBS	0.0035	3,307	12	0.08

Total Materias Primas: 667 4.33

Drenaje

Resina	PVC grado tubería	0.8853	672	595	3.04
Carga	CaCO ₃ , 5 micron	0.0885	115	10	0.05
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0018	2,205	4	0.02
Lubricante	Estearato de Ca	0.0066	2,205	15	0.07
Estabilizador	Base Pb	0.0142	2,205	31	0.16
Modi. Impacto	MBS	0.0035	3,307	12	0.06

Total Materias Primas: 667 3.41

Ductos

Resina	PVC grado tubería	0.9174	672	617	1.67
Carga	CaCO ₃ , 5 micron	0.0459	115	5	0.01
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0037	2,205	8	0.02
Lubricante	Estearato de Ca	0.0060	2,205	13	0.04
Estabilizador	Base Pb	0.0138	2,205	30	0.08
Modi. Impacto	MBS	0.0133	3,307	44	0.12

Total Materias Primas: 718 1.95

Servicios Auxiliares

Extrusión:					
	Agua de enfriamiento, m3	1.5	0.020	0.030	0.001
	Electricidad, KWH	666	0.044	29.304	0.771
Mezclado					
	Agua de enfriamiento, m3	15	0.020	0.302	0.008
	Electricidad, KWH	70	0.044	3.080	0.081
Total de Servicios :				32.72	0.86

COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION

		1000 días/año		
Operadores	56 Hombres	31.7	67.499	1.775
Capataces	14 Hombres	35.9	19.110	0.503
Supervisores	4 Hombres	43.4	5.776	0.152
Mantenimiento	3X Inversión en Límites de Batería		17.408	0.458
Gastos generales	45X Operación y Supervisión		32.974	0.867
Total Costos Directos :		142.77		3.75

COSTOS INDIRECTOS

Administrativos	60% Operación y Mantenimiento	50.944	1.340
Seguros e Impuestos	1.5% Inversión Fija Total	9.917	0.261
Total Costos Indirectos :		60.861	1.601

COSTOS TOTALES DE PRODUCCION

Hidráulica	:	951.14	14.79
Alcantarillado	:	903.28	10.54
Drenaje	:	903.28	9.62
Ductos	:	954.05	8.16

COSTOS DE PRODUCCION PARA TUBERIA DE PVC

14-Jan-93

Productor: mexicano no integrado

Capacidad Total : 10,305 ton/año

Líneas de Extrusión : 8

No. Aplicación	Dimín	Dimax	Husillo (mm)	Capacidad (ton/año)	Nivel Automat.	Personal Requerido
3 Ductos/agua	10	60	44	1,601	3	15
3 Agua/drenaje	66	173	89	4,212	3	15
2 Agua/drenaje	121	282	114	4,493	3	10

8 10,305 40

Capacidad por aplicación, ton/año :

Hidráulica	5,153
Alcantarillado :	0
Drenaje :	4,352
Ductos	800
Total :	10,305

Inversión, dólares :

Area de extrusión :	4,590,960
Area de Mezclado :	122,400
Servicios Aux. :	94,267
Equipos Aux. :	942,672
Otros :	801,271
Total :	6,551,570

Tasa de utilización, % : 80%
 Producción Anual, ton : 8,244

COSTOS VARIABLES DE PRODUCCION

Materias Primas por Aplicación

		Unidad/ ton. tubería	Dólares/ unidad	Dólares/ ton	Costo anual Millones DI
Hidráulica					
Resina	PVC grado tubería	0,9195	605.16	556	2.29
Carga	CaCO ₃ , 5 micron	0.0460	131.83	6	0.02
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0009	2,535.27	2	0.01
Lubricante	Estearato de Ca	0.0060	2,535.27	15	0.06
Estabilizador	Base Pb	0.0138	2,535.27	35	0.14
Modi. Impacto	MBS	0.0138	3,802.91	52	0.22
Total Materias Primas:				667	2.75
Alcantarillado					
Resina	PVC grado tubería	0.8853	0	0	0.00
Carga	CaCO ₃ , 5 micron	0.0885	0	0	0.00
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0018	0	0	0.00
Lubricante	Estearato de Ca	0.0066	0	0	0.00
Estabilizador	Base Pb	0.0142	0	0	0.00
Modi. Impacto	MBS	0.0035	0	0	0.00
Total Materias Primas:				0	0.00
Drenaje					
Resina	PVC grado tubería	0.8853	605	536	1.87
Carga	CaCO ₃ , 5 micron	0.0885	132	12	0.04
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0018	2,535	4	0.02
Lubricante	Estearato de Ca	0.0066	2,535	17	0.06
Estabilizador	Base Pb	0.0142	2,535	36	0.13
Modi. Impacto	MBS	0.0035	3,803	13	0.05
Total Materias Primas:				618	2.15
Ductos					
Resina	PVC grado tubería	0.9174	605	555	0.36
Carga	CaCO ₃ , 5 micron	0.0459	132	6	0.00
Pigmento	Oxido de Titanio	0.0037	2,535	9	0.01
Lubricante	Estearato de Ca	0.0060	2,535	15	0.01
Estabilizador	Base Pb	0.0138	2,535	35	0.02
Modi. Impacto	MBS	0.0133	3,803	51	0.03
Total Materias Primas:				671	0.43

Servicios Auxiliares

Extrusión:

Agua de enfriamiento, m3	1.5	0.025	0.037	0.000
Electricidad, KWH	666	0.065	43.290	0.357

Mezclado

Agua de enfriamiento, m3	15	0.025	0.373	0.003
Electricidad, KWH	70	0.065	4.550	0.038

Total de Servicios : 48.25 0.40

COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION

		1000 dts/año		
Operadores	32 Hombres	10.05	39.009	0.322
Capataces	8 Hombres	18.56	18.010	0.148
Supervisores	2 Hombres	33.25	8.066	0.067
Mantenimiento	3% Inversión en Límites de Batería		20.925	0.173
Gastos generales	45% Operación y Supervisión		21.184	0.175
Total Costos Directos :		107.19		0.88

COSTOS INDIRECTOS

Administrativos	60% Operación y Mantenimiento	35.960	0.276
Seguros e Impuestos	1.5% Inversión Fija Total	11.920	0.098
Total Costos Indirectos :		47.880	0.395

COSTOS TOTALES DE PRODUCCION

Hidráulica	:	870.76	4.43
Alcantarillado	:	0.00	0.00
Drenaje	:	821.48	3.83
Ductos	:	874.46	2.11

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Rosato, D.V., *Plastic Processing Data Handbook*, JW & Sons, N.Y. (1990), 91-169.
- 2.- The Freedonia Group (TFG), *Plastic and Competitive Pipe to 1995*, Cleveland, OH (1991).
- 3.- ASTM, *Plastic Pipe and Building products*, (1985).
- 4.- Mapleston, P., *All Systems go for High Strength, Lightweight Pipe Production*, *Modern Plastics International*, 18(4), 62-66, (1988).
- 5.- Frados, J., *Plastic Engineering Handbook*, SPI, JW & Sons, N.J. (1976).
- 6.- ALTARESIN, PRIMEX, POLICYD y POLMEX, PVC, Documento Promocional, (1988).
- 7.- ANIQ, *Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana*, Méx. D.F. (1991) 185.
- 8.- *Resin Statistics 1990-1991*, *Modern Plastics International*, 22(1), 45-55 (1992).
- 9.- Battenfeld Extrusionstechnik GmbH, *Automation of pipe extrusion*, (1987).
- 10.- Battenfeld Extrusionstechnik GmbH, *Downstream equipment for the extrusion of pipe*, (1987).
- 11.- Battenfeld Extrusionstechnik GmbH, *Extruder*, (1987).
- 12.- Littleford Bros., Inc, *Littleford PVC Compounding Center*, (1985).
- 13.- *Barometer*, *Modern Plastics*, 69(5), 160 (1992).
- 14.- *Equipment - Primary/Auxiliary*, *Plastics Hotline*, (10)16, (1991).
- 15.- *Equipment - Primary/Auxiliary*, *Plastics Hotline*, (10)2, (1992).
- 16.- Weber, M., *Continuous Compounding of PVC During Processing*, *Plastics and Rubber International*, 8(5), 32-34 (1983).

- 17.- Lodge, Ch., Plastic Pipe Expands Application Horizons, *Plastics World*, 50-53, January (1985).
- 18.- Sneller, J.A., New Ways to extrude (as Well as Coextrude PVC Pipe), *Modern Plastics International*, 15(1), 45-47, (1985).
- 19.- The Economics of the new Technologies, *Modern Plastics International*, 7(4) 53-62, (1977).
- 20.- Raber, S.F., A Big Pay Off in Downstream Control, The Economics of the new Technologies, *Modern Plastics International*, 8(6), 54-55 (1978).
- 21.- Plastics News Resin Pricing Chart, *Plastics News*, 3(18), 21,23, (1991).
- 22.- Holland, F.A., Process Economics, R. H. Perry and D. Green, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, Ed. 6, McGraw Hill, Japan (1984), 25-1, 25-80.
- 23.- Spotlight: New Handling System Weighs Additives Twice, *Plastics Compounding*, 4(2), 42-43, (1981).