

147



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

## APLICACION DE LOS PLASTICOS EN TUBERIAS (TRABAJO ESCRITO VIA CURSOS DE EDUCACION CONTINUA)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO QUIMICO**  
P R E S E N T A :  
**RAMON ANTONIO MORENO GONZALEZ**



MEXICO, D. F.

EXAMENES PROFESIONALES  
FACULTAD DE QUIMICA

2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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 esta 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.

**Jurado asignado:**


<b>Presidente</b>	Prof. Ernesto Pérez Santana
<b>Vocal</b>	Prof. Napoleón Serna Solís
<b>Secretario</b>	Prof. Carlos Guzmán de las Casas
<b>1er Suplente</b>	Prof. Héctor Horton Muñoz
<b>2do Suplente</b>	Prof. Zoila Nieto Villalobos

**Sitio donde se desarrollo el tema:** Coordinación de Extensión Académica. Educación Continua  
**Dirección:** Facultad de Química. Edificio D. Circuito Institutos Ciudad Universitaria C.P. 04510  
**Teléfonos:** 56-22-52-26, 56-22-54-99.

Asesor:

  
**I.Q. ERNESTO PÉREZ SANTANA**

Sustentante:

  
**RAMÓN ANTONIO MORENO GONZÁLEZ**

## DEDICATORIAS

A Gus, que por medio de él comprendí que Dios nos tiene asignada una tarea y nuestro deber es hacerla.

A mis padres, por ser un ejemplo y ver la vida de forma positiva y confiar en mí.

A mi esposa, por todo su apoyo.

A mis hermanos, porque cada uno tiene un lugar en mi corazón.

A mis amigos que de alguna manera son parte de este logro.

# APLICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS EN TUBERÍAS

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 PLANEACIÓN DEL TEMA .....	1
1.2 OBJETIVO .....	2
1.3 ENFOQUE .....	2
2. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL TEMA .....	3
2.1 ORIGEN Y CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS .....	3
2.1.1 ORIGEN .....	3
2.1.2 CLASIFICACIÓN .....	4
2.2 DIFERENTES TIPOS DE TUBERIAS TERMOPLÁSTICAS .....	7
2.2.1 TUBERÍA DE PVC Y CPVC .....	7
2.2.2 POLIETILENO .....	8
2.2.3 POLIPROPILENO .....	8
2.2.4 POLIVINILIDENO FLUORADO (PVDF) .....	9
2.2.5 HALAR/ECTFE (ETILENCLOROTRIFLUORETILENO) .....	9
2.2.6 TUBERÍAS VARIAS .....	9
2.3 DESARROLLO DE LA TUBERÍA DE POLIETILENO PARA ALTA PRESIÓN .....	10
2.3.1 ANTECEDENTES .....	10
2.3.2 POLIMERIZACIÓN DEL POLIETILENO .....	11
2.3.3 CLASIFICACIÓN DEL POLIETILENO .....	11
2.3.4 RADIO DIMENSIONAL DE UN TUBO .....	12
2.3.5 FLEXIBILIDAD .....	12
2.3.6 TIPOS DE FUSIÓN DE LA TUBERIA PLÁSTICA .....	13
2.3.7 METODO DE FUSIÓN A TOPE .....	14
2.3.8 METODO DE FUSIÓN LATERAL .....	15
2.3.9 TUBERÍA DE POLIETILENO Y ELECTRICIDAD ESTÁTICA .....	17
3. DISCUSIÓN .....	17
3.1 SISTEMA IDEAL DE TUBERÍA .....	17
3.2 SISTEMA REAL DE TUBERÍA .....	18
3.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS PLÁSTICAS .....	18
4. CONCLUSIONES .....	19
5. BIBILOGRAFÍA .....	22

# 1. INTRODUCCION

## 1.1 PLANEACION DEL TEMA

El hombre desde sus inicios, en la necesidad de llevar agua a lugares inaccesibles se ha dado a la tarea de buscar como transportarla, empezaron utilizando las varas de bambú, posteriormente fue utilizando el barro, luego la unión de piedras con arena de concha fina de mar para crear canales, tiempo más tarde con la revolución Industrial aparecen los tubos, por la necesidad de utilizarlos en las máquinas y en la rápida transportación de fluidos de un lugar a otro, entre ellos encontramos la tubería de acero y la de cobre que hasta la fecha son muy utilizadas pero tienen muy poco tiempo de vida.

Años más tarde cuando inicia la industria del plástico, que ya tiene más de 100 años, con el objetivo de desarrollar un termoplástico resistente a la corrosión, se empiezan a crear nuevos tubos que tienen mejor resistencia en manejo de fluidos, pero frágiles con respecto a los de acero y cobre, a este nuevo tubo se le dominó con el Nombre de PVC (Policloruro de Vinilo), así desde su inicio ha sido junto con el cobre y el de acero una de las tuberías más utilizadas en nuestro país.

Sin embargo, existen muchas aplicaciones en las que esta tubería plástica de PVC, se ve limitada por lo que se busca primero obtener una mayor resistencia a la temperatura y se desarrolla una tubería llamada CPVC.

En la década de 1920 a 1930 se inicia el desarrollo de una tubería plástica con el objetivo de encontrar una tubería más flexible, y hasta después de los 30's se descubren los primeros polietilenos, sin embargo hasta la década de los 50's se inician los modernos sistemas de tubería con polietileno de alta densidad del cual hablaremos ampliamente en este trabajo.

El polietileno es un material que hasta el día de hoy no hay otro que lo supere en una gran variedad de aplicaciones, pero también tiene sus limitaciones, debido a esto se han desarrollado varias tuberías con plásticos más sofisticados o "plásticos de ingeniería" para usos específicos, de los que hablaremos más adelante.

## **1.2 OBJETIVO**

El propósito de este proyecto es el de conocer una variedad de tuberías plásticas que actualmente se usan en el mercado, para transporte de fluidos, dar a conocer sus aplicaciones, para tomarlas en cuenta como nuevas opciones en cualquier proyecto de construcción, teniendo en cuenta que debido a sus diversas aplicaciones resultan ser sistemas con mayores ventajas comparados con los que actualmente tenemos, ya que como sabemos, aproximadamente el 80% del territorio de México está en una zona sísmica la cual ocasiona que comúnmente se vean afectadas las redes de tubería y principalmente las de agua potable y drenaje.

## **1.3 ENFOQUE**

Mostrar las aplicaciones y ventajas de las tuberías plásticas, con respecto a su vida útil, su costo, su facilidad de instalación y colocación, la disponibilidad en el mercado, así como sus alternativas en la construcción a nivel comercial e industrial.

## 2. INFORMACION GENERAL SOBRE EL TEMA

### 2.1 ORIGEN Y CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS

#### 2.1.1 ORIGEN

Los plásticos son definidos como todo aquel material capaz de ser moldeado. Sin embargo, con esta definición se involucraría el yeso, el barro, la plastilina, la madera y todo aquello que pudiera adquirir una forma definida al tratarlo con equipo de corte, pulido, calor, presión o con las propias manos. Por lo anterior, esta definición es en ocasiones incorrectamente empleada para los materiales como son el: Polietileno, Polipropileno, PVC, etc.

Estos materiales además de ser plásticos por su facilidad de moldeo, son en realidad polímeros y su definición es:

Compuesto orgánico, natural y sintético, de estructura muy grande y alto peso molecular, que está constituido por una pequeña unidad repetitiva llamada monómero. (Fig 1)

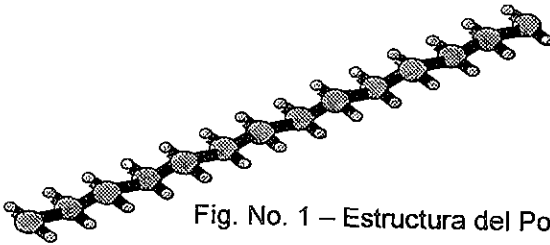


Fig. No. 1 – Estructura del Polímero

En la actualidad vivimos rodeados de polímeros, ya que a donde dirijamos la vista encontramos productos elaborados con este material como son: bolsas, cubetas, envases, engranes, escobas, ventanas, electrodomésticos, muebles y hasta edificios completos.

La opción de los polímeros ó comúnmente llamados plásticos, se remonta cuando se inicio el uso de los primeros polímeros naturales como la gutapercha, el ámbar, la goma laca y el mismo petróleo, al utilizarlo los egipcios para embalsamar muertos, impregnar textiles para proporcionarles mayor resistencia ó aplicarlo como combustible para lámparas y antorchas.

Posteriormente, surgen los polímeros semisintéticos como la caseína para botones, el hule vulcanizado para neumáticos, la parkesina, la ebonita y el celuloide cuando nace la cinematografía.



Sin embargo no es hasta 1907 cuando se introducen los polímeros sintéticos, cuando el Dr. Leo Beackeland descubre un compuesto de fenol-formaldehído al cual denomina baquelita y que se comercializa en 1909. Este material presenta gran resistencia mecánica al aislamiento eléctrico y resistencia a elevadas temperaturas por lo que se utiliza en receptores telefónicos, conectores eléctricos y asas para utensilios.

Después de esta fecha surgen una gran variedad de materiales y este desarrollo se ve acelerado entre los años 40's y 50's cuando se descubre un nuevo material cada 3 ó 5 años.

Este período de tiempo nos da una lista de materiales diferentes, que presentan gran variedad de grados y que a últimas fechas todavía surgen modificaciones. Por lo que si en algún tiempo de la vida humana se le llamó Edad de Piedra y la Edad de los Metales, por ser los materiales que más se utilizaban, actualmente a nuestra época se le debería de llamar la Edad del Plástico.

Actualmente la mayoría de los plásticos parten del Petróleo, pero no es la única fuente que pueden tomar para su fabricación, ya que el carbón con cal da lugar al carburo de calcio que procesándose sirve para obtener el acetileno y a partir de él, etileno y vinilo, monómeros utilizados para la elaboración de Polietileno y PVC.

También existe como fuente natural los desechos orgánicos y la caña de azúcar para obtener alcohol etílico y de ahí etileno. Estas dos últimas fuentes continúan a nivel laboratorio, ya que requieren de una gran cantidad de materia prima y proporcionan una mínima cantidad de producto terminado. Sin embargo, se espera que en los próximos años se desarrolle más acerca de estas otras fuentes de obtención para no agotar el petróleo que es un recurso no renovable.

### **2.1.2 CLASIFICACIÓN**

Los materiales plásticos se clasifican de acuerdo a:

#### **1.- Su Estructura Química**

- Comportamiento al calor
- Morfología
- Presencia de Monómeros
- Tacticidad

#### **2.- Su Consumo**

- Comodities
- Versátiles
- Técnicos
- Especialidades

La estructura Química define 4 clasificaciones, de acuerdo al comportamiento ó acomodo de la estructura del material y de estas clasificaciones, la más importante es la del comportamiento al calor que nos separa a todos los polímeros en dos grandes grupos: Termoplásticos y Termofijos.

**TERMOPLÁSTICOS:** Son aquellos materiales que se reblandecen ó funden por la acción del calor para formar un artículo. Pero si se les vuelve a aplicar calor tienen la posibilidad de fundirse nuevamente y moldear un producto nuevo o diferente.

**TERMOFIJOS:** Son aquellos materiales que una vez que han sido transformados en una pieza por calor o presión, al aplicarles nuevamente calor se degradan ó carbonizan eliminando toda posibilidad de ser reprocesados.

**TERMOPLASTICOS**

ABS  
POM  
PVC  
PA  
PC  
PET  
PS  
PEAD  
PEBD  
PMMA  
PP

**TERMOFIJOS**

EP  
PF  
MF  
UP  
PUR  
UF

De acuerdo a su Consumo se clasifican en:

**COMODITIES:**

- Se consumen en volúmenes altos
- Fácil integración en su proceso
- Se puede usar el producto de diversos proveedores
- Mínimos requerimientos de asistencia técnica
- Procesamiento y equipo relativamente simple
- Márgenes bajos de ganancia
- Precios de acuerdo a costos
- Competencia por precio

Incluyen a Polietilenos, Cloruro de Polivinilo, Polipropileno y Poliestirenos.

### **VERSATILES:**

- Se consumen en volúmenes medios
- Poca tecnología en producción y transformación
- Creatividad y diseño, base de su desarrollo
- No existe suficiente difusión de aplicaciones
- Satisfacen mercados definidos
- Precio de acuerdo a funcionalidad

Incluyen a: Poliuretano, Fenólicas, Resinas Poliester Insaturadas, Polimetil Metacrilato, Epóxicas y Uréicas.

### **TÉCNICOS:**

- Se consumen en bajos volúmenes
- Márgenes altos de ganancia
- Procesamiento y equipo especializado
- Satisfacen mercado automotriz y electro-electrónico principalmente
- Se venden con asistencia técnica
- Sustitución de partes mecánicas

Incluyen a: ABS, PET, PBT, Poliamidas, Policarbonato, Acetales y algunas aleaciones.

### **ESPECIALIDADES:**

- Se consumen en volúmenes mínimos
- Son muy poco conocidos en México
- Presentan combinación de excelencia de propiedades
- Es obligada la asistencia técnica
- Se transforman cerca de los 300°C ó por arriba de ellos
- Márgenes elevados de ganancia
- Equipo muy especial para su transformación
- Satisfacen mercados muy especiales como automotriz y aeroespacial

Incluyen a: Polímeros de Cristal Líquido (LCP), Sulfuro de Polifenileno (PPS), Poliester Eter Cetona (PEEK), Poliester Sulfona (PES), Polimida (PI), Poliester Imida (PEI), Poliaral Imida.

## 2.2 DIFERENTES TIPOS DE TUBERIAS TERMOPLASTICAS

### 2.2.1 TUBERIA DE PVC Y CPVC (Cloruro de polivinilo y cloruro de polivinilo clorado)

Esta es la primera tubería plástica que apareció en el mercado con el objetivo principal de poder utilizar una tubería que no tuviera corrosión

Temperaturas a las que se recomienda usar estas tuberías son: PVC hasta 60°C y CPVC hasta 93°C

Facilidad de instalación, es una tubería muy ligera, pesa la mitad de una de aluminio y una sexta parte que una de acero, tiene una pared lisa por la parte interior, que quiere decir una menor fricción. No se requieren herramientas especiales para su corte.

Resistencia Química, son inertes al ataque por los ácidos más fuertes, alcalinos, soluciones salinas, alcoholes y una gran mayoría de químicos. Normalmente no reaccionan con el material que transportan, no les proporcionan sabor ni olor.

Resistente al fuego, se auto extingue, ya que al quemarse produce HCl y Cl<sub>2</sub>. Resistente a la corrosión de manera interna y externa.

Inmunidad al ataque electrolítico y no requiere protección galvánica. Puede ser enterrada, estar bajo el agua, en presencia de metales y puede también ser conectada a metales.

Libre de Toxicidad, olores y sabores. Esta listada para uso de agua potable por la "National Sanitation Foundation" y la "Comisión Nacional del Agua".

Baja conductividad térmica, por lo tanto, los fluidos se mantienen en una temperatura constante y en la mayoría de los casos no requiere aislamiento

Bajo costo de instalación comparado con la tubería de acero, debido a que es muy ligera, fácil de mover, relativamente flexible fácil de instalar

Si el sistema de tubería es propiamente seleccionado de acuerdo a la su capacidad de diseño y además se tienen todos los cuidados para su instalación, se convierte en un sistema libre de mantenimiento.

Método de unión; se puede instalar usando un solvente cementante, roscándola en diámetros pequeños, o ensamblada con piezas especiales.

### **2.2.2 POLIETILENO**

Esta tubería plástica, junto con las tres tuberías que mencionaremos a continuación, tienen una mayor resistencia a los productos químicos que el PVC.

La tubería de polietileno está hecha a base de un polímero de alta densidad que contiene como aditivo negro de humo que le protege contra los efectos de la radiación ultravioleta.

Temperatura máxima a la que se debe usar la tubería de polietileno es de 63°C.

Comparados con los materiales de tubería tradicionales, los sistemas de tubería de polietileno alta densidad pueden ofrecer ahorros en instalación, mano de obra y equipo. La tubería es muy competitiva, considerando el potencial que tiene de reducir costos de mantenimiento y dar una larga vida de servicio en diversas aplicaciones.

Las aplicaciones típicas incluyen: químicos, soluciones ácidas y cáusticas, desechos corrosivos, aguas negras, drenaje, desechos de minas, lodos, agua potable y tratada, agua salada, gases corrosivos, suspensiones, fango, petróleo crudo, gases combustibles y muchos otros.

El método de unión de esta tubería es por termofusión.

### **2.2.3 POLIPROPILENO**

El polipropileno es un polímero que contiene propileno y etileno, a diferencia del polietileno contiene estabilizadores que le ayudan a resistir los efectos corrosivos de los líquidos calientes por periodos largos de tiempo.

Temperatura máxima a la que se debe usar la tubería de polipropileno es de 90°C.

Tiene la misma resistencia que el polietileno y se puede utilizar para las mismas aplicaciones, sin embargo como es un producto más caro se ha logrado colocar en nichos como son en la red de tuberías para las casas y su mercado más importante es en las refinerías en el área de enfriamiento, su resistencia a la corrosión la hace ideal para el transporte de agua salada y líneas de enfriamiento.

El método para pegar la tubería es por termofusión y se puede roscar en diámetros pequeños.

#### **2.2.4 POLIVINILIDENO FLOURADO (PVDF)**

Fabricado con resina flouoplástica natural la cual es parcialmente cristalina, polímeros de alto peso molecular de vinilideno flourado.

Temperatura de operación máxima 150°C

Resistente a la mayoría de los químicos corrosivos y a muchos solventes orgánicos. Es particularmente efectivo contra oxidantes fuertes, ácidos fuertes y bases débiles. Esta tubería no debe ser utilizada para bases fuertes como la hexametildiamina y propilamina, solventes oxigenados o cetonas como la acetona, dimetil formamida y metil etil cetona. Ofrece la mayor protección para los procesos químicos industriales, procesos de decoloración, procesos de bromo, procesos farmacéuticos, manufactura de procesos electrónicos y líneas de agua deionizada ultrapura.

El método de unión de esta tubería es por medio de termofusión, en caso de que se requiera una tubería que no contenga labios externos e internos se deberá de utilizar una fusión por rayos infrarrojos.

#### **2.2.5 HALAR/ECTFE (ETILENCLOROTRIFLUOREILENO)**

Fabricada de un polímero de etileno y clorotrifluoretileno, conocido como Halar. Es el que ofrece la mayor resistencia química, propiedades eléctricas, y extremadamente baja permeabilidad. También mantiene su funcionamiento expuesta a radiaciones de cobalto 60 en dosis de hasta 200 megarads y cumple con los requerimientos contra incendio de la prueba de flama U2-94 V-0.

Puede trabajar continuamente en rangos de temperatura de -76°C hasta 150°C con sobre calentamiento de hasta 170°C.

Este sistema tiene excelente resistencia química. Varios ensayos de esfuerzos han probado que no provocan esfuerzos de ruptura mediante ácidos y bases fuertes, solventes o compuestos clorados.

En particular puede contener altas concentraciones de hipoclorito de sodio a altas temperaturas, superando todos los demás sistemas disponibles. Únicamente lo afecta las aminas calientes y los metales alcali fundidos.

El método para unir esta tubería es por medio de la termofusión.

#### **2.2.6 TUBERIAS VARIAS**

Existen otras tuberías plásticas para usos específicos que a continuación se indican:

Tubería de ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), tubería para aire comprimido.

Tubería enlainada, se logra a través de una técnica de introducir en una tubería de acero al carbón una tubería plástica, que pueden ser tuberías como las que anteriormente mencionamos, o tuberías con materiales más sofisticados como son tuberías plásticas de teflón, que puede ser PTFE (Politetrafluoruro de etileno) o PFA (Perfluoruro alcoxido), aquí se trata de aprovechar las propiedades químicas del plástico y las propiedades mecánicas del acero.

Tuberías de doble contenedor, que son hechas de una tubería interna, que es la que contiene el fluido y una tubería externa con un espacio entre ellas que puede servir como aislante, pero principalmente sirve para en caso de fuga se detecte y no se elimine el material al medio ambiente. Los materiales más comunes que se utilizan son: Polietileno, Polipropileno, PVDF y Halar/ECTFE.

## **2.3 DESARROLLO DE LA TUBERÍA DE POLIETILENO PARA ALTA PRESIÓN**

La tubería de polietileno ha demostrado ser actualmente la tubería con mayores ventajas en gran cantidad de aplicaciones por lo que profundizaremos un poco más sobre esta tubería, posteriormente se analizarán otras tuberías plásticas que se han desarrollado como son las tuberías de Polipropileno, PVDF y Halar/ECTFE.

### **2.3.1 ANTECEDENTES**

El primer polietileno fue producido en un laboratorio como resultado de una reacción de altas presiones estudiado por Imperial Chemistry Industries (ICI) en Inglaterra durante la década de los 30's. Esta empresa desarrolló el "Polietileno de baja densidad" (PEBD).

El desarrollo subsecuente de compresores confiables capaces de mantener presiones hasta de 3,000 atmósferas logró que se produjera el polietileno a gran escala. Este nuevo plástico llegó con mucha fuerza en el mundo entero y millones de toneladas han sido producidas anualmente desde entonces.

Veinte años después del Trabajo que realizó ICI, muchas de las propiedades de los polímeros de etileno fueron desarrolladas y separadas usando tecnología con catalizadores formando tres grupos. Actualmente los dos procesos que se están utilizando para la producción de "Polietileno de baja densidad", fueron desarrollados simultáneamente

por Phillips Petroleum Company y el profesor Karl Ziegler de Alemania. Existe un tercer proceso desarrollado por Standar Oil Company de Indiana pero este último proceso no ha logrado ser competitivo en comparación a los otros dos.

Los sistemas de catalización básica utilizada para este proceso es:

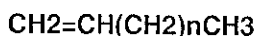
- (1) Óxido de Cromo sobre base de Silica
- (2) Haluro Metálico más Alquilo de Aluminio
- (3) Molibdeno sobre base de Alúmina más Hidruro de Sodio

Durante veinte años estos tres catalizadores y sistemas de proceso han sido refinados y mejorados en muchas variaciones. Los polietilenos que se produjeron en presiones relativamente bajas lograron tener moléculas que son básicamente lineales, dando como resultando en el polietileno con altas densidades (PEAD).

Phillips construyó la primera planta de polietileno de alta densidad (que opera a baja presión) a mediados de los 50's. Esta planta contaba con la capacidad de expandirse hasta 1.5 millones de toneladas.

### 2.3.2 POLIMERIZACIÓN DEL POLIETILENO

La estructura molecular del polietileno determinará la capacidad de resistencia a la presión de la tubería. El polietileno es fabricado por la polimerización de los monómeros de etileno, generalmente con la adición de otros co-monómeros ó alfa-olefinas como pueden ser; propileno, buteno, hexeno.



Para la fabricación de la tubería de polietileno se utilizan miles de estas unidades monoméricas.

### 2.3.3 CLASIFICACIÓN DEL POLIETILENO

En la industria del polietileno se ha acordado dividir en tres categorías como son:

TIPO I	BAJA DENSIDAD	.910 a .925 g/cm <sup>3</sup>
TIPO II	MEDIA DENSIDAD	.926 a .940 g/cm <sup>3</sup>
TIPO III	ALTA DENSIDAD	.941 a .965 g/cm <sup>3</sup>

El polietileno de baja densidad o Tipo I es que comúnmente se utiliza para las bolsas de supermercados, ya que es más barato y no soporta presiones considerables o tubería para riego de baja presión.



El polietileno de media densidad o Tipo II es que se utiliza en la producción de Tubería para Gas ya que soporta presiones hasta de 689 Kpa (100 psig), es buena para la conducción de Gas Natural, se utiliza en la red principal y secundaria, nunca para uso domestico.

El polietileno de alta densidad o Tipo III es la que se utiliza en la producción de tubería para agua, principalmente, aunque puede conducir una gran cantidad de fluidos, soporta presiones hasta de 267 psi, es buena para la conducción de agua potable y aguas residuales, se utiliza para la red principal y secundaria, nunca domestico.

### 2.3.4 RADIO DIMENSIONAL DE UN TUBO

El RD (Radio Dimensional) ó SDR por sus siglas en inglés para la tubería de Polietileno Polipropileno, PVDF y Halar/ECTFE es la relación del diámetro exterior entre el espesor de la pared del tubo.

$$\text{RD} = \text{Diámetro Exterior} / \text{Espesor de la pared}$$

Con el RD se determina la presión máxima de trabajo a la que se deberá de someter la tubería.

### 2.3.5 FLEXIBILIDAD

la flexibilidad de la tubería de polietileno es una de las características que posee esta tubería para librar obstáculos, elevarla, evitar el uso de conexiones para formar algún ángulo, así como reducir los costos de instalación.

En la siguiente tabla podemos observar las diferentes curvaturas dependiendo de su RD a 23°C

RD	Radio mínimo de Curvatura (Ra)
32.5	40 veces su diámetro exterior
26	35 veces su diámetro exterior
21	28 veces su diámetro exterior
19	27 veces su diámetro exterior
17	27 veces su diámetro exterior
15.5	27 veces su diámetro exterior
13.5	25 veces su diámetro exterior
11	25 veces su diámetro exterior
9	20 veces su diámetro exterior
7	20 veces su diámetro exterior

A continuación se mostrará como obtener la curvatura con los datos de la tabla anterior.

por ejemplo: Tubo de 24" de diámetro con un RD 21.

Fórmula	Desarrollo	Radio
$Ra = 28 \times D$	$Ra = 28 \times 24"$	$Ra = 672"$

Donde:                      Ra = Radio de curvatura del tubo  
                                  D = Diámetro exterior del tubo

### 2.3.6 TIPOS DE FUSIÓN DE LA TUBERÍA PLÁSTICA

1.- El polietileno, Polipropileno, PVDF y el Halar/ECTFE son materiales termoplásticos que a diferencia de otros tipos de tubería la unión se realiza por calor, fundiendo los extremos de los tubos y/o de los accesorios y ejerciendo presión para unirlos y después se deja enfriar.

Para lograr buenas uniones se debe de reunir varios elementos entre otros:

- A.- Contar con un método de fusión aprobado.
- B.- Personal (Fusionadores) capacitado y evaluado.
- C.- Máquinas de termofusión de buena calidad.
- D.- Tubería y materiales de buena calidad.

2.- Adicionalmente y para la instalación de la tubería se deberá tener una buena idea de sus características, por lo que se recomienda visitar y revisar la información disponible en la página electrónica del Plastic Pipe Institute ([www.plasticpipeinstitute.org](http://www.plasticpipeinstitute.org)).

3.- Hay que tener siempre presente las siguientes propiedades de estas tuberías plásticas:

- Estos materiales son poliolefinas, que cuando arden, se consumen como la parafina de una vela, por lo tanto se deberá tener sumo cuidado de no exponer al material a ningún tipo de flama o fuego abierto.
- Estas tuberías son de un material aislante a la electricidad por lo que en su superficie se presentará electricidad estática que se liberará continuamente a las fuentes de "tierra" mas cerca de la misma. Es importante considerar que si existe atmósfera explosiva al trabajar estas tuberías, se puede presentar una descarga de la energía estática que pueda originar un fuego o explosión, por lo que se deberá tener especial cuidado en evitar atmósfera explosiva cuando se trabaje estas tuberías.

### 2.3.7 MÉTODO DE FUSIÓN A TOPE

La termofusión se realiza calentado a una temperatura determinada las caras (rectificadas y alineadas) de dos tubos y/o accesorios, lo que origina el plástico se funde, posteriormente se ejerce una presión controlada entre las dos caras con plástico fundido. La presión produce que el material fundido de las caras fluya y se mezclen entre sí. Cuando la tubería de plástico se caliente se produce un cambio físico dentro de la estructura molecular, pasando de una forma cristalina a una amorfa y es en esta fase en al que se realiza la termofusión. Cuando la fusión se enfría las moléculas retornan a su estado cristalino, produciendo que de dos tubos se forme uno solo, con una unión hermética y monolítica: generando una unión que es más resistente que la tubería misma, tanto a presión como a tensión.

Las principales fases del proceso de termofusión son:

- Colocación de los tubos en las mordazas: Se sujetan los tubos y/o los accesorios a fusionar en las mordazas de la máquina, para la realización de las etapas posteriores.
- Rectificado de caras: Se rectifican las caras que se fusionarán para obtener un paralelismo adecuado entre.
- Alineación: Con las caras paralelas entre sí, se buscará alinear las paredes de los tubos y/o conexiones.
- Calentamiento: El calor suministrado por el plato caliente, penetra las caras de los tubos, y se funde material, de manera simultanea en ambos tubos.
- Unión: Una vez que tenemos material fundido en los extremos de los tubos, estos deberán juntarse aplicando suficiente presión, en toda la circunferencia de la tubería.
- Enfriamiento: La presión aplicada para realizar la unión deberá de mantenerse de manera constante mientras el material fundido se enfría, pasando las moléculas del polietileno del estado amorfo al cristalino, recuperando el estado sólido.

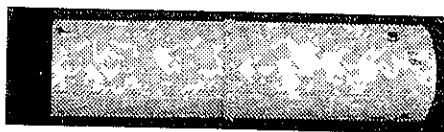


Fig. 2 Termofusión de una tubería a tope

El objetivo final de una termofusión es obtener una junta hermética, monolítica, libre de fugas y de mantenimiento, que sea más resistente a la presión y a la tensión que el tubo mismo.

### 2.3.8 MÉTODO DE FUSIÓN LATERAL

La termofusión se realiza calentado a una temperatura determinada el "lomo" del tubo y la base de la silleta o Tee perforadora a unir, lo que origina el polietileno se funde, posteriormente se ejerce una presión controlada entre las dos caras con polietileno fundido. La presión produce que el material fundido de las caras fluya y se mezclen entre sí. Cuando el polietileno se caliente se produce un cambio físico dentro de la estructura molecular, pasando de una forma cristalina a una amorfa y es en esta fase en al que se realiza la termofusión. Cuando la fusión se enfría las moléculas retornan a su estado cristalino, produciendo que la unión formada sea hermética y monolítica: generando una unión que es mas resistente que la tubería misma, tanto a presión como a tensión.

Las principales fases del proceso de termofusión son:

- Colocación del accesorio en la mordaza móvil y la colocación de la máquina sobre el tubo, para la realización de las etapas posteriores.
- Lijado de las superficies a unir: Se lija con el propósito de "limpiar" las superficies de contaminación y generar una superficie áspera que facilite la formación de material fundido.
- Montura del accesorio: Se busca obtener un asentamiento adecuado del accesorio sobre el tubo.
- Calentamiento: El calor suministrado por el plato caliente, penetra las superficies a unir, y se funde material, de manera simultanea en ambas partes.
- Unión: Una vez que tenemos material fundido en el tubo y en el accesorio, estos deberán juntarse aplicando suficiente presión.
- Enfriamiento: La presión aplicada para realizar la unión deberá de mantenerse de manera constante mientras el material fundido se enfría, pasando las moléculas del polietileno del estado amorfo al cristalino, recuperando el estado sólido.

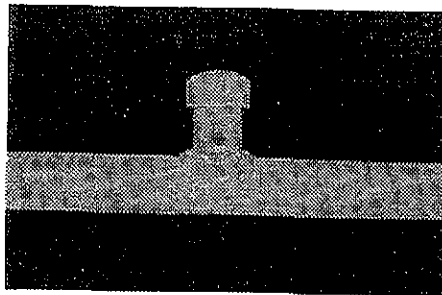


Fig. 3 Termofusión lateral

El objetivo final de una termofusión es obtener una junta hermética, monolítica, libre de fugas y de mantenimiento, que sea más resistente a la presión y a la tensión que el tubo mismo.

### **2.3.9 TUBERÍA DE POLIETILENO Y ELECTRICIDAD ESTÁTICA.**

El fenómeno conocido como electricidad estática se ha observado, estudiado, reportado y a veces mal entendido, desde el año 600 A. de C. y se ha considerado como una molestia por muchas personas.

Para los involucrados en la industria del gas natural, la electricidad estática, se ha reconocido como una posible fuente de ignición y en consecuencia como un peligro potencial.

La tubería plástica, con sus excelentes propiedades de aislamiento eléctrico, bajo ciertas circunstancias puede desarrollar grandes cargas estáticas. En los siguientes párrafos hablaremos de las diferentes condiciones en campo que pueden originar la carga y la descarga de esta energía, y las alternativas para tratar con este problema potencial.

**ACUMULACIÓN DE CARGA ESTÁTICA.-** Un tubo plástico se puede comparar a un capacitor cilíndrico. Para inducir una carga estática, se debe hacer contacto con otro cuerpo de estado sólido. Dos materiales idénticos no pueden crear ninguna carga después de su contacto dado que no existe ganancia de energía en el proceso de transferencia. Sin embargo, si dos materiales distintos están en contacto, existe algún diferencial de energía entre los lados de la barrera de potencial. Por ejemplo, frotar un tubo con un trapo puede acumular carga. Por otra parte, un flujo de gas limpio y seco no. Sin embargo si existen pequeñas cantidades de partículas presentes en el flujo de gas (polvo o herrumbre), se pueden generar grandes cargas. Una situación en particular en la que se pueden generar grandes cargas en la tubería de polietileno es donde se presenta una rotura y el flujo de gas resultante causa que partículas choquen con la tubería a gran velocidad.

Existen en la literatura referencias de pruebas de laboratorio y experimentos de campo que muestran que se pueden generar grandes voltajes en el tubo de plástico, bien como resultado del transporte de gas contaminado con partículas sólidas o de roturas en líneas. Una carga de solo 1000 a 3000 volts es necesaria para producir un chispazo detectable, al descargarse a tierra. La energía acumulada en una carga de 1000 volts es 0.1 milijoule, que es la energía mínima necesaria para causar la ignición de una mezcla flamable de aire/gas. "Por lo que la electricidad estática debe ser considerada como un riesgo potencial relacionado con la tubería de polietileno si existe gas combustible"

**DESCARGA ELECTROSTÁTICA.-** Cuando un objeto (electrodo) se aproxima a un cuerpo cargado eléctricamente, el campo eléctrico circundante al cuerpo cargado se perturba. Si el electrodo está inicialmente sin carga, el gradiente del campo eléctrico circundante al cuerpo cargado, se incrementará al acercarse el electrodo. Este incremento resulta en una descarga, del cuerpo cargado al electrodo, de una carga de bajo nivel no visible. Si el movimiento del electrodo continua acercándose al cuerpo cargado, una descarga eléctrica (chispazo) ocurrirá. Existe una descarga natural de la tubería al aire circundante de vez en cuando. Entre mas alta sea la humedad del aire mas rápida la descarga. Cuando una carga se acumula, es importante tener un buen contacto entre el tubo y una línea a tierra. La electricidad estática no es en realidad el riesgo para una mezcla peligrosa de aire/gas, sino la chispa que esta genera, en el punto donde descarga. Por lo que, en todos los casos en donde una chispa producida por electricidad estática, resulte peligrosa, se deberán tomar todas las precauciones.

### 3. DISCUSIÓN

#### 3.1 SISTEMA IDEAL DE TUBERIA

El enfoque de cualquier persona al diseñar un sistema de tuberías va a buscar las siguientes características:

- Que sea un sistema económico
- Que tenga resistencia a la corrosión
- Que sea hermético y que no tenga que invertir en mantenimiento en un largo plazo
- Que no sea tóxico
- Que evite el crecimiento de bacterias en su interior
- Que sea resistente a los cambios bruscos de presión
- Que tenga una vida útil muy larga
- Que sea resistente a la incrustación
- Flexible para modificar sistemas ya instalados
- Adecuada para diferentes presiones de trabajo
- Trabaje con el terreno
- Resistente al interperismo
- Resistente a sismos

Encontrar una tubería con las características anteriores es prácticamente imposible, sin embargo con las tuberías plásticas se pueden cubrir gran parte de los puntos arriba mencionados, sin embargo tenemos que considerar los factores a los que va a estar sometida nuestra red para decidir cual es nuestra mejor opción.

DESCARGA ELECTROSTATICA.- Cuando un objeto (electrodo) se aproxima a un cuerpo cargado eléctricamente, el campo eléctrico circundante al cuerpo cargado se perturba. Si el electrodo está inicialmente sin carga, el gradiente del campo eléctrico circundante al cuerpo cargado, se incrementará al acercarse el electrodo. Este incremento resulta en una descarga, del cuerpo cargado al electrodo, de una carga de bajo nivel no visible. Si el movimiento del electrodo continua acercándose al cuerpo cargado, una descarga eléctrica (chispazo) ocurrirá. Existe una descarga natural de la tubería al aire circundante de vez en cuando. Entre mas alta sea la humedad del aire mas rápida la descarga. Cuando una carga se acumula, es importante tener un buen contacto entre el tubo y una línea a tierra. La electricidad estática no es en realidad el riesgo para una mezcla peligrosa de *aire/gas*, sino la chispa que esta genera, en el punto donde descarga. Por lo que, en todos los casos en donde una chispa producida por electricidad estática, resulte peligrosa, se deberán tomar todas las precauciones.

### 3. DISCUSIÓN

#### 3.1 SISTEMA IDEAL DE TUBERIA

El enfoque de cualquier persona al diseñar un sistema de tuberías va a buscar las siguientes características:

- Que sea un sistema económico
- Que tenga resistencia a la corrosión
- Que sea hermético y que no tenga que invertir en mantenimiento en un largo plaza
- Que no sea tóxico
- Que evite el crecimiento de bacterias en su interior
- Que sea resistente a los cambios bruscos de presión
- Que tenga una vida útil muy larga
- Que sea resistente a la incrustación
- Flexible para modificar sistemas ya instalados
- Adecuada para diferentes presiones de trabajo
- Trabaje con el terreno
- Resistente al interperismo
- Resistente a sismos

Encontrar una tubería con las características anteriores es prácticamente imposible, sin embargo con las tuberías plásticas se pueden cubrir gran parte de los puntos arriba mencionados, sin embargo tenemos que considerar los factores a los que va a estar sometida nuestra red para decidir cual es nuestra mejor opción.

### **3.2 SISTEMA REAL DE TUBERIA**

Las características reales en las que se encuentra la tubería presentan los siguientes aspectos

- Tiene incrustaciones
- Son atacadas por roedores
- Tienen ataques por raíces de arboles y en muchas ocasiones hasta las bloquean.
- Desarrollan algas
- Tienen corrosión
- Presentan fracturas por asentamiento
- "Rigidización" de empaques de hule
- Presentan fracturas por sismos
- Infiltración de aguas negras
- Sufren cambios bruscos de presión
- Aparecen fracturas por cargas vivas

*Actualmente en México encontramos que las redes de agua potable presentan las características anteriormente descritas, esto es debido a que las compras las realiza el gobierno, y en muchos lados la tubería que se tiene especificada no es la adecuada.*

### **3.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERIAS PLASTICAS**

Enfocándonos principalmente a las tuberías de polietileno y polipropileno nos da la siguiente características

- Flexibilidad
- No se corroe
- Vida estimada útil de 50 años
- Resistente al interperismo
- No aporta nutrientes a bacterias o a algas
- Alta resistencia al golpe de ariete
- Bajo coeficiente de fricción
- Resistente a una gran variedad de químicos
- Se trabaja al nivel de piso (no en la zanja)
- Sistema de unión hermético (cero fugas)

Como podemos concluir existen muchas aplicaciones en las que tubería de polietileno principalmente es la mejor opción, sin embargo antes de tomar una decisión lo más importante es investigar los factores a favor y en contra del sistema que se vaya a utilizar solicitando información a los especialistas.



Hay que tomar en cuenta que en México y en Estados Unidos, cada vez más se usa la tubería de polietileno, principalmente para la reparación de sistemas de distribución de agua potable. Como ejemplos en México tenemos, D.F., Monterrey, León, Chihuahua, Puebla, Cuernavaca, Torreón, Saltillo, solo por citar algunas ciudades.

Los principales organismos del sector agua aprueban el uso de la tubería de polietileno para el agua potable como son la C.N.A. (Comisión Nacional del Agua) y el I.M.T.A. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua).

En los Estados unidos organismos como la A.W.W.A (American Water Works Association) y la N.S.F. (National Sanitation Fundation), también aprueban su uso.

#### 4.CONCLUSIONES

Todas las tuberías plásticas que han ido apareciendo en el mercado, de alguna manera los fabricantes han acaparando diferentes nichos, si analizamos lo que tenemos en México, es que hay una cantidad muy grande de fábricas de PVC y CPVC, además de contar con un sistema de distribución con una penetración, a tal grado que puedes encontrarla casi en cualquier ferretería y en caso de requerir un accesorio también están disponibles.

Siempre vamos a buscar que el sistema de tubería que escojamos sea el más económico, sin embargo muchas veces confundimos el término económico con barato, para evaluar correctamente el termino económico debemos considerar los costos totales y dividirlos entre el tiempo de vida del sistema.

En México un costo económico y social muy importante, es el que se paga por la existencia de fugas en los sistemas de distribución. La tubería de polietileno ha demostrado por más de 35 años ser la opción más económica con una duración estimada de al menos 50 años enterrada

La desventaja más grande es que prácticamente no hay almacenada gran cantidad de esta tubería ya que se manejan diámetros y espesores muy variados y el fabricante reacciona de acuerdo a las necesidades, y los accesorios la mayoría son importados y es muy difícil encontrar estos materiales en algún almacén en México, debido a esto es muy importante programar con anticipacion todo el material que se va a necesitar de lo contrario va causar atrasos en las instalaciones

Hay que tomar en cuenta que en México y en Estados Unidos, cada vez más se usa la tubería de polietileno, principalmente para la reparación de sistemas de distribución de agua potable. Como ejemplos en México tenemos, D.F., Monterrey, León, Chihuahua, Puebla, Cuernavaca, Torreón, Saltillo, solo por citar algunas ciudades.

Los principales organismos del sector agua aprueban el uso de la tubería de polietileno para el agua potable como son la C.N.A. (Comisión Nacional del Agua) y el I.M.T.A. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua).

En los Estados unidos organismos como la A.W.W.A (American Water Works Association) y la N.S.F. (National Sanitation Fundation), también aprueban su uso.

#### 4.CONCLUSIONES

Todas las tuberías plásticas que han ido apareciendo en el mercado, de alguna manera los fabricantes han acaparando diferentes nichos, si analizamos lo que tenemos en México, es que hay una cantidad muy grande de fábricas de PVC y CPVC, además de contar con un sistema de distribución con una penetración, a tal grado que puedes encontrarla casi en cualquier ferretería y en caso de requerir un accesorio también están disponibles.

Siempre vamos a buscar que el sistema de tubería que escojamos sea el más económico, sin embargo muchas veces confundimos el término económico con barato, para evaluar correctamente el termino económico debemos considerar los costos totales y dividirlos entre el tiempo de vida del sistema

En México un costo económico y social muy importante, es el que se paga por la existencia de fugas en los sistemas de distribución. La tubería de polietileno ha demostrado por más de 35 años ser la opción más económica con una duración estimada de al menos 50 años enterrada.

La desventaja más grande es que prácticamente no hay almacenada gran cantidad de esta tubería ya que se manejan diámetros y espesores muy variados y el fabricante reacciona de acuerdo a las necesidades, y los accesorios la mayoría son importados y es muy difícil encontrar estos materiales en algún almacén en México, debido a esto es muy importante programar con anticipación todo el material que se va a necesitar de lo contrario va causar atrasos en las instalaciones.

Otra desventaja de la tubería de polietileno es que se requiere un equipo para unirlos y este tiene un costo relativamente alto.

La expectativa que se tiene en México para la tubería de polietileno es muy grande, ya que en los últimos 5 años se han instalado en México fábricas de tubería americanas muy importantes como son Driscopipe Mexicana en Agosto de 1997, Plexco de México Enero de 1999, ARNCO de México en Enero de 1998, Quail y pipe en Junio del 2001, además de que Grupo Industrial México adquirió a Policonductos en Enero del 2001.

Todas las tuberías plásticas tienen la limitante de temperatura, sin embargo la más importante es la presión, ya que a muy altas presiones se requiere de otra opción como es la tubería de acero.

El polipropileno está adquiriendo un nicho de mercado que es el de sustituir al cobre en casas habitación, así como en la industria en las torres de enfriamiento.

Las demás tuberías plásticas son de importación y se utilizan en la industria en casos muy especiales.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

Manuales y Notas Técnicas.

- Manual de Sistemas de Tubería de Polietileno, Phillips Driscopipe, 1992. Traducción 2001.
- Driscopipe 1000, Phillips Driscopipe 1999.
- Driscopipe 6500, Phillips Driscopipe 1999.
- Technical Note No. 4, Phillips Driscopipe, 1997.
- Technical Note No. 14, Phillips Driscopipe, 1996.
- Technical Note No. 21, Phillips Driscopipe, 1998.
- Technical Note No. 23, Phillips Driscopipe, 1996.
- Heat Fusion Qualification Guide, Phillips Driscopipe, 1993.
- Engineering Characteristics, Phillips Driscopipe, 1996.
- Technical Manual, Charlotte pipe and foundry company, 2000.
- Piping Systems, Asahi/America, 1997.
- Engineering Manual, Chevron Chemical Company, 1997
- Anuario Estadístico del Plástico. 1994.

Direcciones Electrónicas

<http://www.performancepipe.com>

<http://www.driscopipe.com>

<http://www.plasticpipeinstitute.org>

<http://www.isco.com>