

"INSTALACION DE TUBERIAS DE FIBRA DE VIDRIO EN OLEODUCTOS Y POLIDUCTOS: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD"

Jackeline Córdova M.¹, Julián Peña E.²

¹ Ingeniera Mecánica 1999

² Director de tesis, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica Del Litoral, 1987, Profesor de la ESPOL desde 1987

RESUMEN

La conducción de petróleo por medio de tuberías de acero es el método tradicional para la transportación de hidrocarburos, siendo así la industria petrolera se ve obligada a ejecutar programas de mantenimiento y reposición constantes ocasionados por la corrosión a la que se exponen estas tuberías cuando están enterradas, con el consiguiente efecto negativo sobre los costos de explotación. Estos problemas habían sido enfrentados hasta ahora con paliativos complejos, que demandaban un estricto control para así obtener un margen de eficacia que influya en el resultado operativo.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar la factibilidad del uso de la tubería epoxi reforzada con fibra de vidrio en las líneas de transferencia principales de petróleo y gasolina natural de los campos petroleros "Ing. Gustavo Galindo Velasco", estos hidrocarburos son transportados mediante tuberías de acero desde la estación principal de bombeo en Ancón hasta La Refinería "La Libertad", alcanzando una extensión de 13.2 Km. Para lo cual se realizará un análisis técnico económico logrando establecer que tan buena opción es la tubería de fibra de vidrio versus las tuberías tradicionales en las líneas antes mencionadas. Además se detallará como se realizó la instalación de la tubería seleccionada en el tramo más crítico del recorrido.

INTRODUCCION

Después de algunos años de contacto con la tierra algunas tuberías exhiben deterioro apreciable como resultado de la corrosión. Eventualmente, se presentan pérdidas que requieren una atención inmediata; de otra manera se puede perder mucho petróleo por filtración en la tierra. Las pérdidas pueden ocurrir en cualquier punto en que la corrosión haya progresado suficientemente, pero es especialmente frecuente en los acoplamientos en las líneas más viejas en las que se usaban juntas roscadas.

Esta investigación tiene el objeto de estudiar la factibilidad de utilizar tubería epoxi reforzada con fibra de vidrio como una alternativa económica para solucionar los problemas originados por el contacto con suelos altamente corrosivos, además de que este tipo de tubería ofrece otras ventajas sobre las tuberías tradicionales como una mejor eficiencia de transporte, durabilidad, menor peso y costos de instalación.

Para realizar este trabajo de grado se analizarán las tuberías principales de transporte de petróleo y gasolina natural de los Campos Petroleros Gustavo Galindo Velasco los cuales son una concesión del Estado a la Escuela Superior Politécnica Del Litoral (ESPOL), la metodología de la investigación consistirá en evaluar todo el recorrido de las tuberías para así, determinar mediante el desarrollo de técnicas de inspección utilizando ensayos destructivos y no destructivos, cuales sectores de las tuberías de petróleo y gasolina natural son lo críticos y evaluando los parámetros que intervienen en la operación determinar si la tubería de fibra de vidrio es la opción técnica y económica más adecuada para la conducción de estos productos.

1.- MATERIALES EMPLEADOS PARA FABRICACIÓN DE TUBERÍAS EN LA TRANSPORTACIÓN DE HIDROCARBUROS

Los materiales de las tuberías que se aplican para conducción de hidrocarburos son por lo general de acero y no metálicas, entre los materiales no metálicos están los plásticos, asbesto, cemento y epoxy fibra de vidrio que se utilizan para líneas de flujo. Dos ventajas de la tubería no metálica son su resistencia a la corrosión y el alivio de los problemas ocasionados por depósitos de parafina y carbonato de calcio en el interior de las tuberías. Esto representa una menor resistencia al flujo, por lo cual en algunas instalaciones permite el uso de diámetros pequeños de tubería. Frecuentemente el costo total de estos tipos de tubería es competitivo con el de tubería de acero, donde las presiones de operación y las temperaturas lo permiten y la parafina y la corrosión representan serios problemas.

Tuberías epoxi reforzadas con fibra de vidrio.

De los varios tipos de tubería existente se describirá, la tubería de fibra reforzada con resina endurecida al calor es la comúnmente utilizada en los yacimientos petroleros. La selección de la materia prima es el parámetro más importante en la fabricación de tuberías de fibra de vidrio⁽¹⁾. Las tres materias primas empleadas en su manufactura son epoxi, vidrio y los agentes de curado. El epoxi contribuye con resistencia, temperatura y resistencia química al acabado del producto. El vidrio provee una alta resistencia y capacidad de cargas conductoras. Los agentes de curado enlazan y convierten la resina a un sólido, el cual protege y encapsula al vidrio de ataques químicos. Y también proveen una mayor participación en la resistencia química y al calor de los sistemas.

Ventajas de las tuberías epoxi - fibras de vidrio

Las ventajas y los beneficios de estos sistemas de tuberías incluyen la resistencia a la corrosión y una larga vida útil así como su recuperación y reinstalación. El interior más liso y resistente a la acumulación de parafina y carbonatos permite caudales mayores que ahorran energía, y al no ser conductivo, elimina la electrólisis sin peligro alguno. No requieren protección catódica. Por ser livianas, estas tuberías permiten una gran facilidad de manejo y rapidez de instalación: en la mayoría de los casos las tuberías pueden instalarse sin el uso de grúas y aparejos ni andamiajes especiales. Las tuberías de epoxi fibras de vidrio pesan la quinta parte del acero; este peso menor se traduce en menores costos de flete, manipuleo e instalación.

2. DIAGNOSTICO DE DAÑOS EN TUBERÍAS METÁLICAS DE PETRÓLEO Y GASOLINA NATURAL

Las líneas de conducción de petróleo y gasolina natural tienen una extensión de 13.2 Km. en tal sentido, debido a la magnitud del recorrido y con el objetivo de diagnosticar el estado de corrosión de las tuberías mediante técnicas de inspección destructivas y no destructivas, se lo ha dividido en 133 tramos.

Cada tramo tiene una longitud de 100 m., se ha designado como tramo T1 el que se encuentra en el punto inicial del recorrido de las tuberías desde Ancón, y así sucesivamente hasta el tramo T133 que limita con el ingreso de las líneas a refinería, tal como se muestra en el anexo N° 1, planos N° 1 al 3⁽²⁾.

Una vez definido el número de tramos previstos, se los analizará dependiendo si estos se encuentran en el tramo aéreo o en el enterrado, de esta manera los tramos menores al T115 que corresponden al tramo aéreo se evaluarán mediante inspección visual y los demás tramos se evaluarán por medición de espesores en las tuberías de ϕ 2" y ϕ 6" respectivamente, mediante ensayo no destructivo por técnica de ultrasonido y ensayo destructivo de corte en dos secciones de tuberías tanto aérea como enterrada para luego comparar dichos resultados con los obtenidos en la medición de espesores por ultrasonido, además se inspeccionará el revestimiento para verificar si existe formación de picaduras localizadas en las tuberías provocadas por fallas en el revestimiento.

2.1 Evaluación de daños en tuberías existentes.

Según los resultados obtenidos en la inspección visual a lo largo de las líneas de transferencia, se puede establecer como tramos críticos a los siguientes: T15, T16, T88, T89, T114, T115, T114, T131, T132 y T133. En lo que se refiere a los espesores obtenidos en la medición por ultrasonido en la línea de gasolina natural y petróleo se detallan a continuación. Los valores antes expuestos se resumen en las tablas N° I y II.

Tabla I⁽²⁾
Lecturas de medición de espesores mas significativas
en la línea de gasolina natural

	Puntos	Valor (mm)
Valores espesor mínimo	5	3.2
	34	3.1
	72	3.2
Valores espesor máximo	17	4.9
	43	4.9
	58	4.8
Valores promedio de lecturas	3.9 - 4.1	

Tabla II⁽²⁾
Lecturas de medición de espesores mas significativas
en la línea de petróleo

	Puntos	Valor (mm)
Valores espesor mínimo	64	3.2
	65	3.1
	72	3.2
Valores espesor máximo	1	8.2
	26	8.2
Valores promedio de lecturas	7.2 - 7.6	

De lo antes expuesto se deduce que los espesores de las tuberías de petróleo y gasolina natural en los tramos donde las líneas se encuentran en contacto directo con el terreno o enterradas, están en buen estado con excepción de los tramos T120 y T121 donde se observaron picaduras localizadas y corrosión generalizada sobre la superficie de las líneas enterradas.

En función del análisis preliminar y con el objetivo de alcanzar una mejor eficiencia en el bombeo de petróleo y gasolina natural eliminando tramos de las líneas de conducción que no se encuentran en condiciones operativas se han seleccionado los siguientes en la tabla III

Tabla III⁽²⁾
Número y extensión de tramos para reposición de tuberías

N° tramo	Extensión de cambio de líneas (m)	
	línea de petróleo	línea de gasolina natural
88 - 89	200	200
121	60	-
132	100	100
133	33	33

3. CONSIDERACIONES DE FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICA PARA LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE FIBRA DE VIDRIO

Una vez seleccionados los tramos en el recorrido de las líneas de conducción de petróleo y gasolina natural que deben ser removidos por el mal estado en que se encuentran. Debido a esto se hace necesario establecer el tipo de material de la tubería que siendo una opción económica cumpla con las características operativas del sistema. Anteriormente se describieron los tipos de materiales para tubería de conducción más usuales en la industria del petróleo, para este caso se evaluarán los siguientes materiales:

1. Acero API 5L Grado B.
2. Polivinil cloruro (PVC).
3. Epoxi reforzado con fibra de vidrio (ERFV).

Para poder determinar la factibilidad económica de la implantación de alguno de los tres materiales puestos a consideración se evaluarán técnica y económicamente analizando así las características propias del sitio de instalación.

3.1 Selección de material sobre la base de necesidades técnico económicas

Se determino que los tramos T88 y T89 seleccionados para reposición, deberían utilizar acero API 5L grado B. Aunque el costo por metro de instalación es más elevado que el de las otras dos opciones, la tubería de acero otorga más seguridad debido a su alto valor de resistencia a la compresión. El análisis respectivo del tramo enterrado indica que en el tramo T121 se debe utilizar tubería de acero API 5L grado B, aunque el costo por metro de instalación es alrededor de 30 % mayor que para las tuberías de ERFV y PVC, al ubicarse en un sector con tránsito vehicular pesado conllevaría a posibles pérdidas de producto ocasionadas por la menor resistencia a la compresión de los demás materiales. En los tramos T132 y

T133 la condición de tránsito vehicular se anula puesto que estos tramos comprenden un jardín dentro de La Refinería de La Libertad, como se describió en el capítulo II. Siendo así las tuberías en este sector se encuentran expuestas a condiciones severas de corrosión debido al constante riego a las plantas del sector, provocando la aparición de celdas de corrosión. Por lo antes expuesto se ha elegido las tuberías de ERFV como una opción económica y que además cumple con ser químicamente inerte a la mayoría de los agentes corrosivos por lo cual no es necesario darle una protección extra. En la tabla XXXIV que se muestra a continuación se resumen los materiales seleccionados como la mejor opción técnico económica.

Tabla IV⁽²⁾
Materiales Seleccionados Para Instalación De Tubería

Nº tramo	Diámetro tubería (plg)	Material seleccionado	Extensión de cambios tubería (m)
88 - 89	2 y 6	Acero API 5L grado B	200
121	6	Acero API 5L grado B	60
132	2 y 6	ERFV	100
133	2 y 6	ERFV	33

3.2 Costos totales para instalar tubería de fibra de vidrio

Se efectúa una comparativa de los costos totales sin desglose para la instalación de la tubería de petróleo, como un ejemplo de la ventaja de la tubería de fibra de vidrio por sobre los costos de la tubería de acero. Como se aprecia en la figura N° 1.

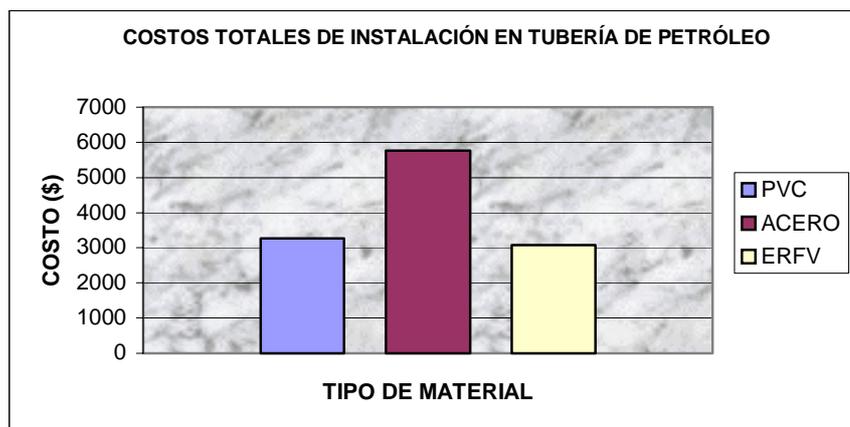


Fig. 1

Diagrama de costos totales según el tipo de material en tubería de petróleo

En la tabla V se detalla el costo total de la inversión necesaria para instalar la tubería de fibra de vidrio en los tramos T132 y T133.

Tabla V
Costos Totales De Instalación De Tubería De Fibra De Vidrio

Diámetro tubería (plg)	Material seleccionado	Costo cambios tubería (\$)
2	ERFV	902
6	ERFV	3,073
COSTO TOTAL PROYECTO (\$)		3,975

3.2 Montaje e instalación de los tramos a sustituir con fibra de vidrio

Siendo la tubería de ERFV escogida para cambiar los tramos T132 y T133 del recorrido de las tuberías, se inician los pasos para la instalación y se enumeran a continuación:

1. Para eliminar posibles problemas de derrame de petróleo y gasolina natural dentro de las instalaciones de refinería La Libertad se retiro toda la tubería existente y se elimino el material del terreno contaminado previamente.
2. Para efectos de minimizar problemas ocasionados por ovalización o deformación de la tubería bajo la acción de cargas de la tierra se excavo una zanja de 70 x 100 cm según recomendaciones del fabricante, además esta excavación se realizo paralela al anterior recorrido de las tuberías debido a la existencias de otras tuberías que imposibilitaban la excavación en ese sitio.
3. El traslado y manipuleo de la tubería de ERFV se realizo según recomendaciones del fabricante, colocando las tuberías sobre largueros de madera debidamente espaciados para evitar el curvado de la tubería especialmente la de 2 pulgadas antes de colocarla en la zanja para su instalación.
4. Una vez terminada la zanja se procedió a rellenar la misma con una cama de arena de 15 cm de altura, después se realizó la unión entre la tubería de acero y la de ERFV mediante uniones bridadas utilizando tubería ERFV serie 500.
5. Finalizadas todas las conexiones se relleno de forma manual a ambos lados de las tuberías y así se evitaba posibles deslizamientos laterales de la tubería, una vez pasado más de la mitad del diámetro de la tubería de 6 pulgadas, se colocó

el relleno hasta pasar la parte superior de la tubería. Después de que estas capas se compactaron, se colocó el material del terreno sobre las tuberías.

CONCLUSIONES

Se concluye lo siguiente:

1. La inspección técnica ha permitido definir los siguientes tramos en los cuales reemplazar las tuberías de acero: T88, T89, T121, T132 y T133. Las longitudes obtenidas para cambio son 393 m en la línea de petróleo y 233 m en la línea de gasolina natural.
2. Los tramos de reemplazo inmediato son T132 y T133 debido a una completa disminución del espesor de pared que provocó derrames dentro de la refinería La Libertad, como consecuencia de la destrucción del revestimiento que protegía las tuberías de acero.
3. El examen de medición de espesores realizado desde el tramo T115 al T131 determinó espesores promedio de 3.9 - 4.1 mm en la línea de gasolina natural, tales valores permiten mantener en operación las tuberías.
4. Con respecto a la tubería de petróleo los espesores obtenidos por medición de espesores ofrecen valores promedios de 7.2 - 7.6 mm, lo que determina un rango fiable para mantener en operación dicha tubería en los tramos T115 al T131.
5. Las tuberías de ERFV poseen un valor de resistencia a la compresión de 131 MPa logrando así soportar los esfuerzos cuándo se utilizan enterradas ó sobre la superficie.
6. Las tuberías de ERFV poseen un valor bajo de conductividad térmica lo que reduce considerablemente los intercambios térmicos con el exterior evitando en muchos casos la necesidad de aislar térmicamente las tuberías con el consiguiente ahorro de mantenimiento.
7. Las tuberías de ERFV pesan sólo el 12% del peso de las tuberías de acero y un 40 % menos que las tuberías de PVC, logrando rendimientos de instalación muy altos y facilidad de transporte y manipuleo.
8. Las tuberías de ERFV resisten el 90 % de los productos químicos conocidos.
9. Las tuberías de ERFV no necesitan ningún tipo de protección contra la corrosión ni interna ni externamente, logrando una vida útil de 12 años en condiciones de extrema corrosión.
10. La superficie interior lisa de las tuberías de ERFV garantiza el mantenimiento del flujo máximo y reduce sustancialmente la posibilidad de insrustaciones.
11. Los rangos de operación de la tubería de ERFV son similares a los de la tubería de acero.
12. Las tuberías de ERFV se comercializan en largos estándar de 9 m y otros bajo pedido, al igual que las de acero.
13. El costo por metro de instalación de tubería de fibra de vidrio es 32 % menor al de las tuberías de acero y 4 % menos que las tuberías de PVC.
14. Utilizar tubería de fibra de vidrio en los tramos T132 y T133 de las líneas de petróleo y gasolina natural costaría en total 44 % menos que usar tubería de acero

y 6% menos si usa tubería de PVC, llegando a costar el total del proyecto 3.974 dólares.

BIBLIOGRAFÍA

1. **EUGENE A. AVALLONE Y THEODORE BAUMEISTER III**, Marks Manual Del Ingeniero Mecánico, Novena Edición, Tomo I, México, 1995, Pág. 8 - 156.
2. **J. CORDOVA**, "Instalación de Tuberías De Fibra De Vidrio: Estudio De Factibilidad", (Tesis, Facultad De Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica Del Litoral, 1999)
3. **EXXON**, Manual De Facilidades De Producción, Chicago, 1956
4. **STEEL TUBULAR PRODUCTS**, Metals Handbook Nbinth Edition, Ohio, Pág. 315 - 320.
5. **FIBER GLASS SYSTEMS INC.** , Tubing Casing Line Pipe Fittings, San Antonio, 1996.
6. **REINFORCED PLASTIC S.A.** , Tuberías en P.R.F.V. , Buenos Aires, 1994.
7. **REINFORCED PLASTIC S.A.** , Tuberías Epoxi - Fibras De Vidrio Petróleo & Gas Line Pipe, Buenos aires, 1994.
8. **COMPAÑÍA GENERAL DE COMBUSTIBLES SUCURSAL ECUADOR**, Informe Mensual De Actividades, Junio, 1996.
9. **ASME/ANSI B31.4** , Liquid Transportation Systems For Hydrocarbons, Liquid Petroleum Gas, Anhydrous Ammonia, And Alcohols, New York, 1996.
10. **.PAVCO S.A.** , Proyecto Tubería Petrolera, Caracas, Noviembre, 1995.

Visto Bueno

Ing. Julián Peña E.