



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL



FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA
BIBLIOTECA FICT
ESPOL

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de:
INGENIERO DE PETROLEO

TEMA :

"Estudio de Factibilidad del Uso de Materiales Termoplásticos en el Transporte de Hidrocarburos en los Campos Ing. Gustavo Galindo Velasco"

PRESENTADO POR:

Alex Geovanny Arias Flores

GUAYAQUIL - ECUADOR

1998

AGRADECIMIENTO



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Agradezco a todos aquellos que me ayudaron en la consecución de este trabajo: Ing. Carlos Gabela y directivos de Plastigama, Ing. Edgar Riofrío e Ing. José Cabezas.

Y especialmente a mis padres por todo el apoyo recibido en cada momento de mi vida.

Su ayuda y paciente comprensión merece más que gratitud eterna.

DEDICATORIA



**BIBLIOTECA FICIT
ESPOL**

El esfuerzo puesto en este trabajo lo dedico a los seres que más significan en mi vida, mis hijos, mi esposa, mis padres y mis amigos.

TRIBUNAL DE GRADUACION



ING. MIGUEL ANGEL CHAVEZ
DECANO DE LA FICT



ING. JOSE CABEZAS
DIRECTOR DE TESIS



ING. KLEBER MALAVE
VOCAL



ING. HEINZ TERAN
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Alex Geovanny Arias Flores

RESUMEN

El proyecto busca determinar si la utilización de materiales termoplásticos como el PVC en un campo petrolero como el de Ancón es una alternativa viable.

Para el efecto se realizarán pruebas con tubería PVC en tramos  que serán seleccionados previos estudios realizados en conjunto con el Departamento de Producción de la operadora del campo Ancón y del Departamento Técnico de Plastigama S.A., los estudios se basarán en: datos y modos de producción de pozos, presiones a manejarse, longitudes y diámetros de tuberías.

Finalmente los resultados del proyecto se evaluarán mediante la comparación de las condiciones del PVC antes y después de las pruebas.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VII
ABREVIATURAS	XI
SIMBOLOGIA	XII
INDICE DE FIGURAS	XIV
INDICE DE TABLAS	XV
PROLOGO	17
INTRODUCCION	19
I. ASPECTOS PRELIMINARES	20
1.1 Antecedentes	20
1.1.1 Características del crudo producido	21
1.1.2 Características del gas	25
1.2 Transporte de hidrocarburos en los campos Ing. Gustavo Galindo Velasco	26
1.2.1 Transporte de crudo	27
1.2.1.1 Líneas de flujo	27
1.2.1.2 Líneas de transferencia	28



BIBLIOTECA HET
ESPOL

1.2.1.3 Oleoductos	29
1.2.2 Transporte de gas	29
1.2.2.1 Gas de baja presión	30
1.2.2.2 Gas doméstico	30
1.2.2.3 Gas de alta presión	31
1.3 Normas y estándares utilizados	31
II. TUBERIAS Y MATERIALES INSTALADOS	33
2.1 Tipos de tubería	33
2.2 Accesorios	35
2.3 Tipos de uniones	38
2.4 Especificaciones Técnicas	48
2.5 Usos y condiciones actuales	49
III. TUBERIAS Y MATERIALES DE PVC	51
3.1 Tipos de PVC	51
3.1.1 Tubería PVC para presión	51
3.1.1.1 Especificaciones técnicas	54
3.1.1.2 Tipos de uniones	57
3.1.2 Accesorios	59
3.1.3 Alternativas de aplicación en la industria petrolera	62



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

IV. APLICACIÓN DE TUBERIA PVC EN LOS CAMPOS PETROLEROS DE ANCON64

4.1 Alternativas de conducción de aceite y gas con tubería PVC64

4.2 Selección del campo de aplicación para instalar tubería PVC65

4.3 Selección de la tubería76

4.4 Determinación del diámetro y espesor de pared necesario76



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

V. PRUEBAS DE CAMPO Y EJECUCION DE LAS OBRAS104

5.1 Generalidades104

5.2 Instalaciones de campo114

5.3 Pruebas ensayos y evaluaciones125

5.3.1 Inspección visual126

5.3.2 Dimensiones127

5.3.3 Ensayos mecánicos129

5.3.4 Ensayos físicos130

5.4 Resultados y protocolo de las pruebas132

5.4.1 Análisis y evaluación comparativa de tubería PVC vs acero ..146

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

APENDICES

A. FIGURAS

B. TABLAS

BIBLIOGRAFIA



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**



ABREVIATURAS

API	American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)
bbl	barriles
BSW	Base – Sediment – Water (Base, Sedimento y Agua)
cp	centipoises
d	día
°F	grados Fahrenheit
ft	pies
GOR	Gas – Oil Relation
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
lb	Libras
NPT	National Pipe Thread (Roscas nacionales de tubería)
plg	pulgadas
psig	Pounds square inches gages (libras sobre pulgada cuadrada manométricas)
PVC	cloruro de polivinilo
SG	Specific Gravity (Gravedad específica)



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

SIMBOLOGIA

Φ	Diámetro
μ_{mix}	Viscosidad de la mezcla
ρ_g	Densidad del gas
μ_g	Viscosidad del gas
ρ_{mix}	Densidad de la mezcla
ρ_o	Densidad de petróleo
μ_o	Viscosidad del petróleo
ΔP	Diferencia de presión
ρ_w	Densidad del agua
μ_w	Viscosidad del agua
g_c	Aceleración de la gravedad
GOR	Relación gas-petróleo
GORop	Relación gas-petróleo de operación
L_{avg}	Longitud promedio
M_{wair}	Masa molecular del aire
M_{Wg}	Masa molecular del gas
P_1	Presión máxima en la línea
P_2	Presión mínima en la línea
P_{avg}	Presión promedio
P_b	Presión base
P_h	Presión de cabeza
P_{man}	Presión de manifold
P_{op}	Presión de operación
Q_g	Caudal de gas
Q_{Ln}	Caudal neto
Q_o	Caudal de petróleo
Q_t	Caudal total
Q_w	Caudal de agua
S	Esfuerzo de cedencia
$SG_{60^\circ F}$	Gravedad específica a 60°F



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

SGg	Gravedad específica del gas
SGop	Gravedad específica de operación
SGw	Gravedad específica del agua
t	Espesor de pared
Tavg	Temperatura promedio
Tb	Temperatura base
Top	Temperatura de operación
Wg	Flujo másico del gas
WL	Flujo másico de líquido
Wmix	Flujo másico de la mezcla
z	Factor de compresibilidad del gas



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1.1 Gráfico de ubicación de los pozos de Ancón
Figura 1.2 Gráfico de ubicación de los pozos de Santa Paula
Figura 1.3 Producción promedio diaria de los campos
Figura 2.1 Gráfico aumentado del aspecto de roscas de tuberías de acero
Figura 2.2 Gráfico del aspecto de cada rosca en los acoples de tubería de acero
Figura 3.1 Extremo de tubería de sellado elastomérico
Figura 3.2 Detalle de anillo elastomérico
Figura 3.3 Unión roscable
Figura 3.4 Codo de 90° radio corto
Figura 3.5 Codo de 45° radio corto
Figura 3.6 Tee
Figura 3.7 Reductor buje
Figura 3.8 Tapón macho
Figura 3.9 Tapón hembra
Figura 3.10 Unión universal
Figura 3.11 Válvula cheque
Figura 3.12 Unión por cementado solvente
Figura 3.13 Vista transversal de brida
Figura 3.14 Vista longitudinal de brida
Figura 4.1 Gráfico del tendido para la conducción de gas en el pozo A832
Figura 4.2 Gráfico del tendido para la conducción de gas en el pozo A587
Figura 4.3 Gráfico del tendido para la conducción de petróleo en el pozo A1137
Figura 4.4 Gráfico del tendido para la conducción de petróleo en el pozo A1631
Figura 4.5 Gráfico del tendido para la conducción de petróleo en el pozo SP257
Figura 4.6 Gráfico del tendido para la conducción de petróleo en el pozo SP244



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

INDICE DE TABLAS



Tabla #1	Procesos de manufactura
Tabla #2	Requerimientos químicos de tuberías de acero en análisis de cucharón
Tabla #3	Características de tuberías de acero de acuerdo al tipo de Proceso
Tabla #4	Elongación de tuberías de acero
Tabla #5	Pesos estándar de tubería roscada. Dimensiones, pesos y pruebas de presión.
Tabla #6	Pesos estándar para tubería de extremo plano. Dimensiones, pesos y pruebas de presión.
Tabla #7	Peso regular para tubería de extremo. Dimensiones, pesos y pruebas de presión.
Tabla #8	Tubería de extremo plano especial. Dimensiones, pesos y pruebas de presión.
Tabla #9	Tubería de extremo plano extra-fuerte. Dimensiones, pesos y pruebas de presión.
Tabla #10	Tubería de extremo plano doble extra fuerte. Dimensiones, pesos y pruebas de presión.
Tabla #11	Tolerancia en dimensiones y pesos.
Tabla #12	Tolerancias de longitudes.
Tabla #13	Acoples, dimensiones y tolerancias.
Tabla #14	Dimensiones para tuberías roscadas.
Tabla #15	Dimensiones de calibración.
Tabla #16	Tolerancias en calibración de dimensiones.
Tabla #17	Esfuerzos permisibles en tensión.
Tabla #18	Especificaciones para tubería y accesorios de PVC unión roscable.
Tabla #19	Tubería de PVC rígido para presión.
Tabla #20	Propiedades del PVC.
Tabla #21	Resistencia química del PVC.
Tabla #22	Especificaciones para tubería y accesorios de PVC unión roscable.
Tabla #23	Unión roscable
Tabla #24	Codo de 90°
Tabla #25	Codo de 45°
Tabla #26	Tee
Tabla #27	Reductor buje

Tabla #28	Tapón macho
Tabla #29	Tapón hembra
Tabla #30	Unión universal
Tabla #31	Válvula cheque
Tabla #32	Bridas
Tabla #33	Unión por cementado solvente
Tabla #34	Esfuerzo de diseño hidrostático
Tabla #35	Coefficiente de expansión térmica dividido para 10^6
Tabla #36	Módulo de elasticidad
Tabla #37	Límites de temperatura para tubería PVC
Tabla #38	Líneas de gas doméstico
Tabla #39	Líneas de gas de alta presión
Tabla #40	Líneas de gas de baja presión
Tabla #41	Producciones de petróleo por campos y secciones
Tabla #42	Producción promedio diaria de los campos
Tabla #43	Prueba de presión de tubería de PVC para conducción de gas pozo A832
Tabla #44	Prueba de presión de tubería de PVC para conducción de gas pozo A587
Tabla #45	Prueba de presión de tubería de PVC para conducción de petróleo pozo A1137
Tabla #46	Prueba de presión de tubería de PVC para conducción de petróleo pozo A1631
Tabla #47	Prueba de presión de tubería de PVC para conducción de petróleo pozo SP257
Tabla #48	Prueba de presión de tubería de PVC para conducción de petróleo pozo SP244



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

PROLOGO

El presente trabajo se realiza previo convenio firmado entre la empresa privada Plastigama S.A. y la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), como un estudio con aplicaciones prácticas de campo que tienen como fin la determinación de la conveniencia del uso de materiales de cloruro de polivinilo (PVC) en la industria petrolera.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Específicamente nos centraremos en el transporte de hidrocarburos (petróleo y gas solamente) dentro del bloque del consorcio ESPOL - Compañía General de Combustibles (C.G.C). Para ello nos basaremos en datos reales obtenidos de análisis previos de instalaciones actuales para conducción de petróleo y gas, instalaciones de campo de materiales PVC., pruebas de laboratorio de testigos obtenidos en el campo, bibliografía especializada y asesoría de técnicos de las tres empresas involucradas.

Se buscará probar la tubería PVC en los principales campos petroleros del bloque del consorcio durante un mes, al cabo del cual se realizarán las extracciones de las muestras de PVC de cada una de las líneas, reemplazando el tramo de muestra por otro del mismo material, quedando la instalación permanente en el sitio.

Se tratará en lo posible que los pozos seleccionados para el uso de PVC sean lo más representativos del campo en el que se encuentren, a fin de poder inferir resultados sobre la utilización del material termoplástico en todo el bloque, por lo que los datos

que el lector desee utilizar para futuros trabajos están limitados a las condiciones únicas del campo en el que fueron tomados, o en su defecto a la de campos con características similares.

Cabe mencionar la colaboración prestada por las instituciones y empresas involucradas en el presente proyecto, pues ello es motivo de eterno agradecimiento.



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

INTRODUCCION

El uso de los materiales termoplásticos en la industria petrolera es un tópico muy antiguo e incluso las asociaciones normativas internacionales tales como ISO, API ó ANSI ya han trabajado en los reglamentos que hablan acerca de la utilización de PVC en la conducción de hidrocarburos, y las empresas dedicadas a su elaboración las ponen en práctica.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Plastigama S.A. empresa ecuatoriana parte de una corporación multinacional como AMANCO, dedica su esfuerzo a la fabricación de tubería termoplástica del tipo de PVC (cloruro de polivinilo), PE (Polietileno), PP (Polipropileno) y demás, desea incursionar en el mundo del petróleo motivada por los resultados obtenidos por Ciplast y PAVCO, similares a Plastigama S.A. en Argentina y Venezuela quienes han desarrollado estudios y planes en la industria petrolera de sus respectivos países comprobando la eficiencia de los productos PVC del grupo AMANCO.

Gracias al convenio de cooperación firmado entre ESPOL Y Plastigama S.A., se presenta la oportunidad; misma que permitirá abaratar los costos de producción y de trabajos de mantenimiento dentro del bloque del consorcio ESPOL – CGC, pues es una tubería mucho más ligera que las convencionales de acero y esto representa un fácil transporte al lugar de su colocación. Además es de un precio inferior y su calidad permite manejar sin ningún problema la conducción de hidrocarburos dentro de rangos de presiones y temperatura muy amplios.

CAPITULO 1

ASPECTOS PRELIMINARES



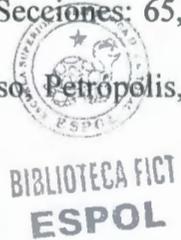
1.1 ANTECEDENTES

La actividad petrolera en la Península de Santa Elena comenzó en el año de 1918 con la compañía inglesa ANGLO, que desarrolló el campo petrolero de Ancón. Posteriormente se descubrieron otros campos los cuales fueron dados en concesión por el Estado Ecuatoriano a otras compañías petroleras.

El campo Ancón está realmente constituido por un gran número de campos pequeños distribuidos a lo largo del bloque, estos han sido desarrollados a medida que fueron descubiertos. Ancón fue el primero en ser hallado dentro del área del bloque 3 que es el que corresponde al actual consorcio ESPOL – CGC; posteriormente siguieron otros como Petrópolis, Carolina, Santa Paula, San Raimundo, Achallán, Cautivo, Matilde, Carmela, Tigre, Santo Tomás, La Fuente, Certeza, Concepción, Las

Conchas, Manantial, Valparaíso, Chapucal, que juntos son llamados Campos Ing. Gustavo Galindo Velasco, muchos de estos campos resultaron secos en tanto que de los restantes se obtuvo una producción rentable para las operaciones.

Con objeto de clasificar mejor el área hidrocarburífera de Ancón, se separó el bloque por secciones, de las cuales las que se encuentran en producción son Secciones: 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, Certeza, Santa Paula, Valparaíso, Petrópolis, Matilde, Carmela y Tigre.



En el año 1976, La Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE) tomó el control de los Campos Petroleros de la Península, hasta que el 26 de Septiembre de 1989 se creó Petroecuador, entidad que la reemplazó.

Por gestiones realizadas, la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), consigue que el Estado Ecuatoriano le otorgue la Concesión del bloque de la Península de Santa Elena, tomando el nombre de Campos Ing. Gustavo Galindo Velasco. La ESPOL, en consorcio con la operadora argentina CGC, desde el 1 de Mayo de 1996 desarrollan y exploran estos campos.

1.1.1 CARACTERISTICAS DEL CRUDO PRODUCIDO

El petróleo es un elemento muy valorado a nivel mundial debido a la gran cantidad de derivados que se pueden obtener de él, y aunque existe un precio internacional

estipulado para el barril de crudo, hay también factores de corrección de precios de acuerdo a la calidad de uno u otro tipo de petróleo.

Para determinar ésta calidad, es aceptada en casi todos los lugares el uso de la escala API la cual esta basada principalmente en la gravedad específica, y la transformación de gravedad específica a grados API se puede realizar mediante el empleo de una sencilla fórmula representada de la siguiente manera:

$$\text{Grados API} = \frac{141.5}{\text{SG}} - 131.5$$



BIBLIOTECA FICP
ESPOL

Donde SG es la gravedad específica del fluido a medirse.

Con esta escala se tiene como punto de partida el valor del agua en grados API (10°). A medida que el grado API de un petróleo es mayor que el del agua, es de una mejor calidad y por consiguiente de un mayor precio.

En Ecuador se tienen varios tipos de petróleo y su graduación API varía, teniendo crudos desde 12° API hasta 46° API, lo cual depende de una diversidad de factores que no nos compete en éste trabajo tocarlos, pero sí se puede mencionar que tienen mucha relación con la zona en la que se encuentran localizados, en nuestro país existen dos grandes zonas petroleras: la del oriente ecuatoriano que comprende gran parte de las provincias de Sucumbíos, Napo y Pastaza, y la litoral que está situada en

la región que corresponde a la Península de Sta. Elena, incluyendo al Golfo de Guayaquil.

En la parte oriental, se tiene un petróleo de una calidad que fluctúa entre los 23° API como promedio, y es el lugar en dónde están los crudos más pesados del país (12° API), sin embargo aquí tenemos la más grande producción petrolera (más del 99% de la producción nacional).

Al hablar de la zona de la Península de Sta. Elena, nos referimos a los mejores crudos de la nación pese a que se tiene una baja recuperación de petróleo (aproximadamente 1200 bbl/d) la gravedad API del petróleo de este sector alcanza en ciertos casos al 46° API que representa un hidrocarburo de muy alta calidad. Las características del crudo de este lugar son muy diferentes a los que se obtienen en la región oriental, pues si comenzamos a analizarlo vemos que presenta una coloración muy diferente. La gran mayoría de las personas tienen la idea de que el petróleo es negro, y esto es cierto siempre y cuando tenga determinadas características tales como la gravedad API, si hablamos de la zona litoral, el elevado API hace que el crudo luzca con matices desde el pardo amarillentos hasta los tonos verdosos que a veces nos recuerdan a la gasolina. De hecho en la zona de Pacoa (perteneciente a la compañía Tripetrol Exploration and Production) el producto natural de algunos pozos se lo utiliza directamente en vehículos livianos de los trabajadores residentes en el sector.



Esta característica junto con la viscosidad (que está en el orden de los 5 a 7 Centipoises), y el punto de inflamación bajo (temperatura ambiente) son las condiciones que mejoran la calidad de este hidrocarburo. A continuación se presentan datos promedio que resultaron producto del análisis a algunas muestras tomadas en cuatro de los campos de nuestro estudio:

MUESTRA DE PETROLEO DEL CAMPO#1(Secc.69)

PROPIEDADES	RESULTADO	CORREGIDO
	A 87°F	A 60°F
API	38.6°	36.5°
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.831863	0.842261
BSW	30%	30%
VISCOSIDAD SAYBOLT		
TEMPERATURA	SEG. SAYBOLT	cp
99°F	50.45	6.3
PUNTO DE INFLAMAC.	32°C TEMPERATURA AMBIENTE	

MUESTRA DE PETROLEO DEL CAMPO#2(Secc.67)

PROPIEDADES	RESULTADO	CORREGIDO
	A 87°F	A 60°F
API	38.6°	36.5°
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.831863	0.842261
BSW	33%	33%
VISCOSIDAD SAYBOLT		
TEMPERATURA	SEG. SAYBOLT	cp
101°F	46.8	5.37
PUNTO DE INFLAMAC.	32°C TEMPERATURA AMBIENTE	

MUESTRA DE PETROLEO DEL CAMPO#3 (Sec. Sta. Paula)

PROPIEDADES	RESULTADO	CORREGIDO
	A 87°F	A 60°F
API	38.6°	36.5°
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.831863	0.842261
BSW	19%	19%
VISCOSIDAD SAYBOLT		
TEMPERATURA	SEG. SAYBOLT	cp
100°F	49.45	6
PUNTO DE INFLAMAC.	32°C TEMPERATURA AMBIENTE	



MUESTRA DE PETROLEO DEL CAMPO#4 (Secc. Sta. Paula)

PROPIEDADES	RESULTADO	CORREGIDO
	A 87°F	A 60°F
API	38.6°	36.5°
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.831863	0.842261
BSW	7%	7%
VISCOSIDAD SAYBOLT		
TEMPERATURA	SEG. SAYBOLT	cp
100°F	7	5.4
PUNTO DE INFLAMAC.	32°C TEMPERATURA AMBIENTE	

1.1.2 CARACTERISTICAS DEL GAS

El gas producido en Ancón es del tipo denominado rico ya que tiene en su composición un alto porcentaje de licuables, en sí las cromatografías realizadas arrojan como resultado que el gas está compuesto por un 70% de propano C₃H₈, un

27% de hidrocarburos mayores a C_5H_{14} y un 3% de metano CH_4 y butano CH_2 , lo que representa una gran recuperación de gasolinas naturales de él.

De todos los campos la sección 67 de Ancón es la que más gas produce, con un 36% de un total de 2'500.000 pies cúbicos por día.



1.2 TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS EN LOS CAMPOS ING. GUSTAVO GALINDO VELASCO.

En el transporte de hidrocarburos se manejan diversidad de parámetros, mismos que involucran al fluido y la tubería, primando siempre como principal la presión de trabajo, que es la presión con la que el fluido circula a través de la línea de conducción, y es el factor principal que nos permite realizar una correcta selección del tipo de tubería, de acuerdo al material a utilizarse, el caso de nuestro estudio nos facilita mucho los trabajos, ya que las presiones que se manejan son bajas si las relacionamos con las del resto del mundo petrolero.

La razón de esta relativa baja presión es la poca profundidad de las formaciones productoras de petróleo y que el tiempo de extracción de hidrocarburos de las mismas se remonta a varias decenas de años atrás.

La conducción de hidrocarburos dentro del bloque del consorcio ESPOL-CGC, se limita a transportar petróleo, gas y gasolinas.

En lo que respecta a gasolinas, está claramente comprobado por estudios previos que los materiales como el PVC no son aptos como líneas de flujo, por lo que omitiremos este tema en el presente trabajo.

1.2.1 TRANSPORTE DE CRUDO

En los campos de Ancón se producen dos tipos de petróleo que son denominados HCT (High Cool Test) y LCT (Low Cool Test) denominaciones que se impusieron de acuerdo a características especiales de cada uno de los crudos, y que están relacionadas con la temperatura de respuesta de una muestra del hidrocarburo en la tercera fase de destilación, pero este hecho no representa una traba para que se use sólo un tipo de tubería en todo el campo.



BIBLIOTECA
ESPOL

Este petróleo circula a través de tuberías de acero y de acuerdo a los sitios que unen se denominan:

- Líneas de flujo.
- Líneas de transferencia.
- Oleoductos.

1.2.1.1 LINEAS DE FLUJO.

Se denominan líneas de flujo a toda aquella tubería de conducción de petróleo que

tiene su punto de partida en el cabezal de un pozo y que llega al manifold de una estación de producción. También se denominan líneas de flujo a aquellas que parten de un manifold y llegan a una estación de producción, siempre y cuando este manifold no se encuentre dentro de la misma.

Refiriéndonos al campo de nuestro estudio, las líneas de flujo son de ~~acero al~~  carbono y tienen diámetros en su mayoría de 2" aunque en ciertos pozos por necesidad se colocaron tubos de 1 ½", y en sólo uno se instaló una línea de 3". En  En cuanto a la longitud, se tienen desde pocos metros, hasta algunos kilómetros en los pozos más alejados.

1.2.1.2 LINEAS DE TRANSFERENCIA

Se denominan línea de transferencia a toda aquella tubería de conducción de hidrocarburos que une dos estaciones de producción, igualmente recibe este tipo de denominación la tubería que une un manifold con una estación de producción, siempre y cuando esté localizado fuera de la misma; e igualmente a la línea que sale de cada una de las estaciones de producción y que permite llegar a los hidrocarburos a la estación principal de recolección o almacenamiento general y bombeo también llamada "Casa Bomba".

Estas líneas de transferencia igualmente son hechas de acero al carbono y tienen un

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

diámetro en algunos casos de solamente 2", ó también pueden encontrarse como una combinación de dos tipos de tubería, de 2" y de 4", separada en dos tramos.

En cuanto a las longitudes, son variables, y están en el orden que va desde algunos centenares de metros hasta algunos kilómetros.



1.2.1.3 OLEODUCTO

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Se denomina oleoducto a aquella tubería a través de la cual se transporta todo el crudo almacenado en Casa Bomba hasta los tanques de almacenamiento que se encuentran en la Refinería de La Libertad, e igualmente a la tubería que une la estación de producción de los campos norte (Santa Paula) con la Refinería de La Libertad.

Estas tuberías son de acero al carbono, tienen un diámetro de dos, dos y media, tres, cuatro, cinco y seis pulgadas y sus longitudes son de varios kilómetros.

1.2.2 TRANSPORTE DE GAS

El gas producido en Ancón circula igualmente a través de tuberías de acero con las mismas especificaciones que las de petróleo. Este gas es el procedente de los pozos en producción, y es utilizado con varios fines y de acuerdo a ellos y a la presión a la que se encuentran se los ha clasificado en tres tipos:

- Gas de baja presión.
- Gas doméstico.
- Gas de alta presión.

1.2.2.1 LINEAS DE GAS DE BAJA PRESION



Se denominan líneas de gas de baja presión a aquellas que transportan el gas que retorna desde la boca de los pozos que producen por gas lift, hasta las estaciones de compresión. Igual denominación tienen las tuberías que llevan el gas que resulta al separarlo del petróleo, hacia las estaciones de compresión.

Estas tuberías son de dos, tres, cuatro, seis, ocho, nueve y hasta diez pulgadas, de acero al carbono, sus longitudes varían desde pocos metros hasta algunos kilómetros, el gas que conducen tiene una presión que fluctúa entre la presión atmosférica y los 50 psi.

1.2.2.2 LINEAS DE GAS DOMESTICO

Antiguamente en los tiempos de ANGLO, de CEPE y de Petroecuador, se daba un servicio de gas doméstico a los trabajadores del campo Ancón a manera de ventaja laboral, y las tuberías que lo transportaban se denominaban líneas de gas doméstico, este gas era generalmente utilizado con fines de cocina, o para calentadores de agua. Las tuberías salían de ciertos pozos ó estaciones de compresión hacia las casas.

Actualmente estas líneas no están habilitadas, pero manejaban gas de aproximadamente 80 psi. y con un diámetro variable de dos, cuatro, seis y ocho pulgadas.

1.2.2.3 LINEAS DE GAS DE ALTA PRESION

La denominación de líneas de gas de alta presión se dan a las tuberías que conducen el gas que sale de las estaciones de compresión y que tiene como destino los pozos en los que se produce mediante la inyección de gas (gas lift). El gas a aproximadamente 150 psi de presión.



El material de estas tuberías es el acero al carbono y sus diámetros son variables, pues entre ellos tenemos tubería de tres cuartos, una, una un cuarto, una y media, dos, dos y media, tres, tres y media, cuatro y seis pulgadas, la longitud es variable, desde unos pocos metros hasta varios kilómetros.

1.3 NORMAS Y ESTANDARES UTILIZADOS

En la industria petrolera todo se encuentra estandarizado en cuanto a materiales, dimensiones, y demás de cada uno de los elementos que participan en procesos de conducción de hidrocarburos.

Para la realización de este trabajo nos basaremos en normas como: ANSI B31.3,

ANSI B31.4, ANSI B31.8, API Std.5L, ASTM 106; para las tuberías de acero, mismas especificaciones que están bajo la jurisdicción del Comité de Estandarización de Bienes Tubulares del Instituto Americano del Petróleo.

Y las normas ASTM D 1785, ISO 161/I, ASTM D 2241, para las tuberías de PVC.



**BIBLIOTECA FIC
ESPOL**



CAPITULO 2

TUBERIAS Y MATERIALES INSTALADOS.

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

2.1 TIPOS DE TUBERIA

Ancón es un campo petrolero en el cual se manejan presiones relativamente bajas si nos fijamos que es parte de una industria tal como la de producción hidrocarburífera, en donde hablar en el orden de miles de psi. es argot cotidiano .

Sin embargo esta es una de las grandes ventajas de trabajar en campos de este tipo, ya que se abaratan los costos de producción, se facilitan los trabajos de reparación y mantenimiento sin requerimientos de tuberías especiales, sino únicamente las más sencillas del mercado.

Desde el inicio del campo, en sus fases de exploración, explotación y desarrollo, en los campos Ing. Gustavo Galindo Velasco se han utilizado tuberías de acero para la

conducción de hidrocarburos; tanto para transporte de gas, como para transporte de petróleo, pero de la gran variedad que existen en el mercado únicamente en Ancón aparecen dos tipos de tuberías situadas dentro de la clasificación de tuberías de acero de acuerdo a su manufactura: La soldada con resistencia eléctrica y la biselada sin costura.

La soldada con resistencia eléctrica (ERW por sus siglas en inglés Electric Resistance - Welded), es una tubería que tiene una costura longitudinal que se coalece con el calor generado por la resistencia de la tubería al flujo de corriente eléctrica en un circuito del cual la tubería es parte, sin la adición de materiales extraños, es producida en longitudes individuales o en forma continua presentada en forma de rollos que al ser tendidos en las locaciones pueden ser cortados de acuerdo a las conveniencias.

La biselada sin costura es un producto tubular de acero forjado hecho sin una costura soldable.

Su fabricación es en acero trabajado en caliente, enfriado y recalentado a medida que se le va dando las dimensiones apropiadas para luego introducirle un recubrimiento a manera de envoltura seguido por una especie de embobinado.

Los materiales para la fabricación de estos tipos de tuberías de acero y que están



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

dentro de las especificaciones API para la conducción de hidrocarburos son: acero de crisol - abierto, acero electro – horneado, acero tipo bessemer, y acero base oxígeno.

En la tabla de procesos de manufactura podemos ver que para las tuberías del campo Ancón los materiales deben ser acero electro - horneado, crisol-abierto y base oxígeno ya que el grado de todas ellas es “B”.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

En cuanto a las propiedades químicas de esta tubería según apreciamos en la tabla, el acero para el tipo sin costura grados A y B, como el acero para el tipo ERW grados A y B tienen porcentajes variables de carbón, manganeso, fósforo y azufre en sus aleaciones. Estos porcentajes de elementos deben estar dentro de rangos que van desde:

	Sin costura	ERW
Carbón	± 0.03%	± 0.04%
Manganeso	± 0.05%	± 0.05%
Fósforo	± 0.01%	± 0.01%
Azufre	± 0.01%	± 0.01%

2.2 ACCESORIOS

Los accesorios de tubería como: tubería curvada, codos, bifurcaciones para tubería, bridas, válvulas ó neoplos pueden caer dentro de las limitaciones de materiales para tubería.

En lo que respecta a accesorios utilizados en Ancón, los hay de todos los tipos y están presentes en todos los diferentes tamaños de tubería existentes en el campo. Su tipo de unión, al igual que el de la mayor parte de las líneas de conducción es roscado. (Existe un muy limitado número de accesorios soldados).

Tubería curvada.- El mínimo espesor requerido, t_m , de una tubería curvada será la misma que está determinada con las especificaciones de tubería recta, y no son nada más que tubería de acero que ha sido curvada para lograr que en el sentido de la línea de flujo se obtenga el ángulo de desviación deseado.



Codos.- El espesor requerido para un codo es el mismo de las tuberías curvadas. Los tenemos generalmente de 45 y 90 grados.

Los 45 grados son medidos desde una línea que corresponde a la prolongación del sentido de la entrada del codo, hasta la salida del mismo. Es decir 135 grados azimutales.

Bridas.- Son accesorios que permiten la unión de dos tramos de tuberías mediante un proceso en el cual se aseguran dos de ellas (las cuales están en los extremos de las tuberías) por medio de pernos que las atraviesan.

Las bridas pueden ser de dos tipos: ciegas o no ciegas.

Las bridas ciegas, son bridas que impiden el paso del flujo a través de ellas. Generalmente son utilizadas como restricciones totales de flujo en sitios como trampas de residuos sólidos ó para pruebas de presión en los extremos de los tramos de tuberías, impidiendo la posible salida del fluido de prueba.

Las no ciegas, son bridas que permiten el paso del flujo a través de ellas. Estas son usadas para la unión de tramos en donde se sabe que será necesario en un tiempo posterior separar en varias ocasiones separar dichos tramos, es decir en lugares donde no se justifica una unión normal; estas bridas deben ser instaladas llevando en medio de ellas un empaquetamiento a manera de sellante y hecho de un material que compagine con el acero, en los campos Ing. Gustavo Galindo Velasco se utiliza el empaque de corcho pues ha dado buenos resultados como sello para uniones bridadas.

Bifurcaciones para tuberías.- Las bifurcaciones de tubería son accesorios que permiten dirigir el flujo en diferentes direcciones. Deben de estar antes de válvulas que son los elementos que logran que el flujo se dirija en tal o cual dirección.

Entre los tipos de bifurcaciones tenemos:

- Tees.- Tienen salidas a 0, 90 y 180 grados.
- Cruces.- Tienen salidas a 0, 90, 180 y 270 grados.

- Angulos.- De acuerdo a la angulación del accesorio, de esa forma es el cambio de dirección del flujo.

Válvulas.- Son elementos que pueden permitir, o restringir parcial o totalmente el paso de un fluido a través de él, en un sentido determinado.

En Ancón las hay de los más variados tipos y tamaños, pero todos son accesorios roscables.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Neplos.- Son trozos de tubería de acero que son utilizados con el objeto de alcanzar una determinada longitud con la tubería.

Generalmente dentro de esta clasificación suelen caer también las reducciones y ampliaciones de diámetro.

2.3 TIPOS DE UNIONES

Las uniones de tubería dependen de la forma que tenga el extremo de cada tubo. En Ancón tenemos solamente de un tipo: roscada y de 11 ½ hilos por pulgada, antiguamente existían otros tipos de roscas tales como 8 y 10 hilos por pulgada pero para tener mejores facilidades en el trabajo se eliminaron.

Los extremos de tubería se clasifican en: roscados y de extremo plano como se señala más adelante.

Extremos planos: Este tipo de extremo sirve específicamente para las uniones soldadas. Para las tuberías de 2 3/8" de diámetro y mayores los extremos son biselados con una angulación de 30°, medidos desde una línea perpendicular tirada al eje de la tubería, con un enraizado de 1/16", $\pm 1/32$ ".



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Para diámetros menores a 2 3/8", los extremos de tubería deberán ser especificados por el comprador en la orden de adquisición. Para cualquier diámetro, los extremos tienen los bordes interior y exterior redondeados. Los extremos están libres de muescas o marcas hasta 8" desde el final de la tubería para permitir un mejor trabajo en la instalación.

Extremos roscados: Los extremos roscados se conforman de acuerdo a los requerimientos de roscas especificados; para cada tubo se provee un acople que se enrosca en un extremo y un protector de rosca que se enrosca manualmente en el otro. Los acoples deben ser colocados manualmente y con grasa de alto grado a menos que el comprador lo especifique de otro modo y requiera que los acoples sean unidos a la tubería con torque fuerte. El propósito de colocar torque manual es el de posteriormente poder retirar los acoples para realizar limpieza de las roscas y colocar grasa para roscas más fresca antes de tender la tubería.

Las roscas de tubería, tanto para sin costura como para soldada con resistencia eléctrica son realizadas sin costura y de un material de iguales propiedades físicas que la misma tubería. Las roscas tienen limitaciones de dimensiones y tolerancias que se aprecian en la tabla 12.

Las uniones roscadas tienen que extenderse al centro de los acoples.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Las roscas de las tuberías de acero de 2" nominal y más grandes son electro-laminados, tratados térmicamente ó tratados con algún proceso aceptable que minimice las excoiraciones o el desolle por roce.

Las uniones deberán estar libres de ampollas, agujeros, marcas producidas por el calor u otros defectos que perjudicarían la eficiencia del acople o que rompan la continuidad del roscado. Las uniones no deben ser ensanchadas a fin de proveer la conicidad requerida para la rosca.

El máximo desalineamiento del eje de cada rosca en 6" nominal y más grandes no excederá los $\frac{3}{4}$ " medidos a 20 pies de la proyección del eje.

La longitud roscada no variará de las dimensiones especificadas en las tablas 11-15.

Los extremos de tubería deben ser rimados para remover todas las imperfecciones.

Las roscas deben estar libres de lágrimas, cortes o cualquier otro defecto que rompería la continuidad de la rosca.

Tubería y uniones roscadas deben ser cortadas con tal precisión de forma y dimensiones y tal terminación como para ser una junta tensa usando una grasa para roscas de alto grado aplicando torque fuerte.



INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Una junta tensa es una junta que cuando apropiadamente se aplica un torque fuerte se usa una grasa para roscas adecuadas y que al realizarse una prueba hidrostática no presenta goteo a ninguna presión hasta llegar a la presión de tope de prueba.

Todo producto roscado debe ser previamente calibrado para demostrar que es aceptables bajo todas las especificaciones API.

Guiándonos por los gráficos 2.1 y 2.2 vemos que hay muchos valores que van implícitos en la calibración de roscas, entre los cuales está el valor S que es la distancia desde el plano del punto de disipación en la medida del tapón a la cara del aro. Por tapón se debe entender la parte que interviene en un acople y que posee el roscado con menor diámetro externo o sea la parte también denominada macho. Por aro se debe entender la parte que interviene en un roscado y que posee el mayor diámetro externo o sea la parte también llamada hembra.



INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE
ESCUELA DE INGENIERÍA
GRUPO DE LA REVERA

Una pareja de medidas que han sido certificadas de acuerdo a las especificaciones pueden ser considerados seguros para usos continuos siempre y cuando los valores S no incrementen el valor original por más del equivalente al $1/10$ hilos para cualquier tipo de rosca y tamaño, o no disminuir este valor por menos de $5/32$ de hilo para $1\ 1/2$ hilos por pulgada.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

Una pareja de medidas presentando un mayor o menor valor S que el presentado anteriormente será reacondicionado.

El problema se deberá generalmente a la presencia de ampollas, agujeros o a alguna sustancia foránea.

Para tubería los siguientes parámetros son las dimensiones básicas para calibración.

El diámetro de enrosque, que es igual al diámetro externo básico de la tubería menos $0.8p$, donde p es la distancia entre hilos medidos desde sus cimas.

El filo interno del collar tapón, que representa el plano base del punto de disipación en la tubería.

El diámetro base del contorno Q en el aro es el mismo que el diámetro de la entrada en el acople.

El diámetro base del canal del tapón Du es 0.060 in. + pequeño que el menor diámetro cónico del producto roscado en el plano Et.

El diámetro del collar D4 es igual al diámetro externo base de la tubería.

Calibraciones del trabajo.- Se conformarán de acuerdo a las estipulaciones dadas aquí con respecto a conducción, conicidad y ángulo de la rosca. La longitud de la rosca para la calibración de trabajo del tapón debe ser la dimensión **ESPOL 1**. (Longitud final del tubo al diámetro de enrosque manual).



Conducción.- La conducción del tapón y aro debe ser medida paralela al eje de los hilos, a lo largo de su línea de declive, sobre la longitud total roscada, omitiendo un hilo completo en cada final.

El error de conducción entre 1 y 2 hilos no debe exceder la tolerancia especificada en tabla 16.

Conicidad.- La conicidad debe ser conforme a la conicidad básica dentro de las tolerancias especificadas en tabla 16.

También en ambas medidas del tapón y aro la conicidad incluida del diámetro cónico en declive sobre cualquier intervalo de longitud sin exceder la longitud total roscada

menos un hilo en cada extremo, deberá estar dentro de la zona definida por la tolerancia para conicidad especificada en tabla 16.

Altura roscada.- La altura roscada en calibración es la distancia desde la cima del hilo en el tapón a la cima de los hilos en el aro para cualquier diámetro dado y es una dimensión referencial que no es medida pero es usada en la determinación del diámetro del aro.

Forma del trazado.- Los trazados de los hilos deben ser afilados o cortados a un ancho de aproximadamente el ancho de la cima. Los cortes deberán ser substancialmente simétricos con respecto a los hilos adjuntos y con profundidad tal como la claridad básica del hilo, en otras palabras, la realización del corte es opcional con la calibración del fabricante.

Elementos misceláneos.- Las dimensiones D_4 , D_u , U , Q , q , longitud del collar del tapón, profundidad del bisel en el contorno del aro, y longitud de la rosca en el aro en contexto con el tapón, deberán estar de acuerdo a las dimensiones y tolerancias dadas, pero las medidas deberán ser rechazadas por no obedecer aquello a menos que estén interfiriendo con el propósito de su uso.

Normas de longitudes.- Si así se especificará de acuerdo al comprador, el pequeño final del tapón deberá ser acabado con una proyección teniendo una longitud

aproximada $1 \frac{1}{2} p$ y un grado al final de la proyección tal que la proyección no interfiere con la medida apropiada.

Valores apartados.- A menos que el comprador especifique de otro modo, se ajustará la práctica de calibración a la obtención de los valores A (# de giros para enrosque fuerte) estipulados en tabla 14 para el producto, los valores S de las roscas deberán estar de acuerdo a los valores de tabla 15. Los valores apartados de las normas deben estar de acuerdo a los valores dentro de las tolerancias dadas en tabla 16.

Marcado.- Los tapones deberán preferentemente ser marcadas en el cuerpo, aunque marcarlos en los extremos es aceptable en tamaños pequeños, cualquier marca que el fabricante considere necesario, le será realizado:

Monograma API.- El monograma API deberá ser marcado en cada nuevo aro o tapón normado por el fabricante autorizado a usar el monograma API.

Tamaño de medida.- El tamaño nominal como el dado en tabla 16 será marcado en cada nueva medida.

Tipo de rosca.- Ambos, tapón y aro serán marcados.- Line pipe o letras LP.

Nombre o marca del normador.- Será puesto en tapón y aro.

Año de adopción.- Cada nueva norma y todas las normas usadas que hayan sido reacondicionadas a las dimensiones dadas dentro de nuevas normas, serán marcadas con los numerales 1940.

Las roscas deberán ser limpiadas y lubricadas con un aceite mineral de alto grado.

Los acoples en tamaño 2 plg. y mayores serán estampados con la marca del fabricante y el monograma API. A menos que haya otros acuerdos con el comprador en cuyo caso serán pintados.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Marcas para tubería y los métodos de aplicación serán los siguientes.

Método.- Soldadura de cualquier tipo generalmente reconocida será permitida excepto cuando un método particular es especificado por el comprador.

Ejecuciones de obra.- Los extremos de la tubería a ser soldada deberán ser preparados de acuerdo con los requerimientos del proceso usado.

Todos los puntos serán marcados de modo que se identifiquen por los soldadores.

Cada suelda tendrá una sección transversal uniforme a lo largo de la circunferencia de la tubería. En ningún punto será una superficie coronada por debajo del lado externo del metal principal ni se elevará el más reciente + que 1/16 plg. Los puntos

terminados permitirán el paso de un escarbador de 1/8 plg. menor que el ángulo interno tabulado para tubería 6 5/8" y menores 5/32 plg.

Dimensiones y pesos.- Las tuberías deben ser surtidas en todos los tamaños, espesor de pared y pesos presentados en las tablas 6 – 11 como lo especifique la orden de compra.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Diámetros.- El diámetro externo estará dentro de las tolerancias especificadas en tabla 11. Para tubería roscada el diámetro externo en los extremos roscados será tal que la longitud roscada en esa longitud está dentro de las dimensiones y tolerancias ya especificadas en tabla 14.

Espesor de pared.- Cada longitud de tubería deberá ser medida de acuerdo a los requerimientos de espesor de pared. El espesor de pared en cualquier lugar debe estar dentro de las tolerancias especificadas en tabla 11; excepto para tubería soldada, el área soldada no estará limitada por las tolerancias. Las mediciones de espesor de pared serán hechas con un calibrador fijado con pines de contacto teniendo sección transversal circular de 1/4" de diámetro. Los extremos del pin en contacto con la superficie interior de la tubería deberán estar rodeando un radio de 1 1/2". Los extremos del pin en contacto con la superficie exterior de la tubería deberá estar también rodeando a un radio menor que 1 1/2".

Cada longitud de tubería 5 9/16" y mayores estará pesada por separado, la tubería de 4 1/2" y menores estarán pesadas también individualmente o en lotes convenientes a la opción del fabricante. La tubería roscada y acoplada será pesada con los acoples atornillados pero sin los protectores de rosca.



Los pesos determinados como se describió anteriormente deberán estar de acuerdo con las especificaciones de pesos para tubería de extremos planos o los pesos calculados especificados para tubería roscada con la tolerancias especificadas en tabla 10.

Longitudes.- a menos que sea especificado de otra manera por el comprador, la tubería será suministrada en las longitudes presentadas en la tabla 11, y con las tolerancias para longitudes especificadas en la misma tabla.

2.4 ESPECIFICACIONES TECNICAS

Las tuberías para la conducción de petróleo son requeridas de acuerdo a las especificaciones técnicas que sean necesarias. En los campos de ESPOL se presentan los siguientes tipos:

- Tubería de acero A 106 grado B, sin costura.
- Tubería de acero 5 L grado B sin costura.
- Tubería de acero 5 L grado B soldada con resistencia eléctrica ERW.

Sus especificaciones técnicas de detallan en la tabla 17.

2.5 USOS Y CONDICIONES ACTUALES

Todos los tipos de tubería que hemos revisado anteriormente son utilizados en la industria petrolera para la conducción de hidrocarburos tales como petróleo y gas, aunque también en ciertos casos tales como el de los campos de Ancón para llevar derivados entre los cuales se encuentran las gasolinas de tipo natural que son extraídas de pequeñas refinerías creadas para tales fines.

Con objeto de tener un mejor control en las requisiciones de tuberías y para disminuir en gastos de mantenimiento, se ha decidido homogeneizar todas las líneas de conducción de fluidos (incluyendo las de agua) tratando de conseguir manejar únicamente tubería roscada, y de tipo sin costura 5L grado B.

En los campos Ing., Gustavo Galindo las tuberías del tipo que hemos tratado se encuentran en lugares tales como Planta de extracción de gasolina natural, estaciones de producción líneas de conducción de agua proveniente de pozos productores de agua, líneas de conducción de petróleo desde pozos productores hasta manifolds, líneas de gas proveniente de pozos productores hasta estaciones de compresión, líneas de conducción de petróleo desde los manifolds a estaciones de producción, líneas de conducción de gas desde las estaciones de compresión hasta los pozos



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

inyectores, líneas de conducción de petróleo desde Casa Bomba hasta refinería,
líneas de conducción de gasolinas desde Planta de extracción hasta refinería.



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

BIBLIOTECA



**FACULTAD DE ING.
CIENCIAS DE LA TIERRA**



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

CAPITULO 3

TUBERIAS Y MATERIALES DE PVC

3.1 TIPOS DE PVC

Existen dentro del mundo de los materiales termoplásticos varios tipos de tuberías, igualmente dentro de lo que es PVC, para cada uso que se le vaya a dar a los tramos hay una clase diferente, entre las que se pueden mencionar, tubería para presión, sanitaria, agrícola, drenaje subterráneo, agua caliente, entre otras.

3.1.1 TUBERIA PVC PARA PRESION

Los materiales plásticos son polímeros formados por largas cadenas de átomos en que usualmente participan átomos de: Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Cloro, Nitrógeno y Flúor. Según sus propiedades se clasifican en Elastómeros (materiales elásticos, como lo son el elástico y sus derivados), Plastómeros (Materiales que se ablandan con el calor, a este grupo pertenecen el Cloruro de Polivilino o PVC, el

Polietileno o PE y el Cloruro de Polivinil Clorado o CPVC y fibras (productos cristalinos y pocos extensibles) de PPL.

El cloruro de polivinilo proviene de la polimerización del monómero cloruro de vinilo que fue sintetizado por primera vez por V. Regnault en 1835. Luego E. Raumann profundizó su estudio en 1872. Sin embargo hubo poco interés por este producto hasta que en 1912 I. Ostromienskly experimento en aplicaciones prácticas del material.

En Ecuador las tuberías de PVC fueron introducidas en 1967; desde entonces, estas han tenido un desarrollo considerable, llegando el momento a ser el material de predilección para sistemas de conducción y distribución de agua potable, agua para riego, aguas servidas, sistemas de drenajes y últimamente esperan entrar en el mercado petrolero.

El proyecto de la tubería petrolera (TP) consiste en la introducción de las tuberías de PVC en el mercado industrial ecuatoriano, concretamente dentro de la industria Petrolera en lo que es la Península de Santa Elena.

Para el impulso a dicho proyecto se conformó una asociación estratégica en la que participan:

- a. **PLASTIGAMA S.A.**, como empresa líder en la transformación de resina para la fabricación de tuberías, que fue quien ideó el proyecto.
- b. **ESPOL**, como dueña de los campos petroleros Ing. Gustavo Galindo lugar en dónde se realizarán las pruebas y como Institución de Enseñanza y Apoyo a Proyectos de Avance Tecnológico para el país.
- c. **C.G.C.**, como operadora de los campos Ing. Gustavo Galindo lugar en donde se realizarán las pruebas.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

ESPOL en conjunto con C.G.C. realizaron un inventario para la identificación de aquellos pozos con condiciones de operación compatibles con las tuberías de PVC, y luego de definir con Plastigama las condiciones para el proyecto se procedió a realizar la colocación de las líneas de flujo piloto con tubería de PVC, en los pozos seleccionados para el efecto.

Los términos en los que llegó al acuerdo de prueba son los siguientes:

- **ESPOL**, suministrará en aval técnico del proyecto y a sus ejecutores.
- **PLASTIGAMA S.A.**, fabricará las tuberías, realizará los ensayos pertinentes, diseñara y costeará las conexiones, y correrá con el flete.
- **C.G.C.**, suministrará personal técnico al proyecto y accesorios de acero en caso de ser necesarios, y que la misma empresa cuente con ellos.

ESPOL-PLASTIGAMA, considerará como exitosa a la prueba, si en el lapso de treinta días la tubería no presenta filtraciones ni se degrada ante la presencia de hidrocarburos. Igualmente, ESPOL adquiere como único compromiso, la elaboración de un informe técnico de la altura de una tesis de grado con los resultados obtenidos, el cual contará con las recomendaciones a que hubiere lugar.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

La tubería de PVC que Plastigama proveyó para la realización de las pruebas se describe como una tubería de coloración azul, de un diámetro nominal de 2", mismo que puede ser despachado para su instalación en tres diferentes tipos de acuerdo a la clase de unión que se desee emplear:

- Cementado solvente.
- Sellado elastomérico.
- Roscado.

3.1.1.1 ESPECIFICACIONES TECNICAS

La tubería PVC que se utiliza en este estudio tiene como su distintivo más notorio su coloración celeste, propia de la tubería Plastigama para conducción de petróleo, fue fabricada basándose en las normas ASTM D 1785 para el material, ISO 161/I para las dimensiones, y ASTM D 2241 para los ensayos.

Los tubos y accesorios de PVC deben fabricarse con dimensiones y tolerancias que

permitan su utilización.

El material de tubos y accesorios debe componerse sustancialmente de cloruro de polivinilo al cual se pueden añadir aquellos aditivos necesarios para facilitar el procesamiento, manufactura de este polímero, y la producción de tubos y accesorios sanos, durables, con buen terminado en sus superficies, con buena resistencia y opacidad.



BIBLIOTECA NAC
ESPOL

Ningún aditivo puede utilizarse, individualmente o en conjunto, en cantidad suficiente para producir tóxicos peligrosos, daño de la producción, y daño en las propiedades químicas y físicas del producto. No se utilizarán derivados de plomo como aditivos en la elaboración de tubería y accesorios.

El material del producto, tubo o accesorio, será homogéneo a través de la pared y uniforme en color, opacidad y densidad.

El producto terminado, tubo o accesorio, debe presentar superficies internas y externas lisas a simple vista y libres de grietas, fisuras, perforaciones, protuberancias o incrustaciones de material extraño.

Se permite el uso de material recuperado limpio proveniente de la elaboración de tubos y/o accesorios, siempre y cuando la tubería y/o accesorios producidos por la

misma fábrica cumpla con los requisitos especificados.

La presión, diámetro y espesor nominal de pared en función de la serie, deben estar de acuerdo con Tabla 19.

La tolerancia entre el espesor de pared en un punto cualquiera y el espesor nominal debe ser positiva.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Cabe recalcar que la longitud útil de cada tramo fabricado es de 6 metros.

La resistencia química de la tubería PVC la convierte en un producto inocuo y por lo mismo recomendable en instalaciones que manejen hidrocarburos. En la tabla 19 se aprecian algunas de las propiedades del PVC.

Como se puede ver en la tabla 21 se muestran la resistencia química del PVC frente a algunos productos químicos como ácidos, bases, sales entre otros, a los cuales es resistente en forma:

E	Excelente
B	Buena
R	Regular
NR	No recomendable

I Información no comprobada

Los tubos de PVC están marcados a intervalos no mayores a 3 metros presentando la siguiente información:

- Material PVC.
- Diámetro nominal, espesor nominal.
- Especificación que es para uso petrolero.
- Identificación del fabricante.
- Referencia normativa



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

3.1.1.2 TIPOS DE UNIONES

La tubería PVC para conducción de petróleo puede venir en tres presentaciones que dependen de la manera en la que se realiza la unión entre dos tramos. Estos tipos son:

- Tubería PVC por Cementado solvente ó Espigo campana. E/C.
- Tubería PVC por Sellado Elastomérico ó Unión z, U/Z.
- Tubería PVC Roscada.

Tubería de PVC cementada solvente o espigo campana E/C.- Es una tubería de PVC en la que la unión de tramos se realiza mediante el uso de soldadura especial que es la que logra el sello.

La denominación espigo campana se debe a la forma acampanada que tienen cada uno de los acoples, los cuales se colocan entre los tramos que se están uniendo untándolos previamente tanto tubería como accesorio con la soldadura.

El cemento solvente para uniones de PVC de cumplir con la norma ASTM especificación D 2564.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Tubería de PVC de sellado elastomérico. U/Z.- Es una tubería de PVC en la que para la unión entre tramos se hace necesaria la presencia en uno de los extremos del adecuamiento ideal para albergar un anillo fabricado en un material elastomérico que debe ser hecho de acuerdo a la norma ASTM D 3139 Figura 3.1, el cual tiene una forma tal que es capaz de recibir el extremo opuesto del siguiente tramo de tubería. Figura 3.2.

El anillo debe ser resistente a los ataques biológicos y tener la suficiente resistencia mecánica para soportar las fuerzas ocasionales, las cargas durante la instalación y servicio y estar libre de sustancias que puedan producir efectos perjudiciales en el material de tubos y accesorios.

La forma de este no debe sólida, sino que en una de sus caras transversales debe tener una muesca igual al diámetro de la tubería que en él se introducirá para realizar el sello.

Tubería de PVC Roscada.- Es un tipo de tubería en la que la unión es igual al tipo de unión roscada para tubería de acero. El tipo de rosca de tubería de conducción de petróleo PVC es NPT de 11 ½ hilos por pulgada a fin de poder unirse en cualquier parte con tubería de acero con la misma clase de rosca.



Con tubería roscada la unión entre tramos se realiza mediante el empleo de acoples roscados del tipo hembra-hembra, ya que cada tubería es de tipo macho-macho.

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

3.1.2 ACCESORIOS

Al igual que sus similares de acero la tubería PVC posee accesorios de este material.

Entre los que igualmente se cuentan: codos, bridas, válvulas, acoples, neplos.

Si se habla de accesorios hechos para tubería cementada solvente, la longitud mínima de montaje del accesorio debe estar de acuerdo con la norma INEN 1328 y la longitud de la campana y sus tolerancias deben estar de acuerdo con INEN 1330.

Si se habla de accesorios hechos para tubería de sellado elastomérico, la longitud mínima de acoplamiento de estos elementos pero de campana simple debe estar de acuerdo con la norma INEN 1331.

Para codos, uniones en T y reductores que tengan enchufe doble, estos deben estar de acuerdo con la norma INEN 1332.

Codos.- Al igual que sus similares de acero se los utiliza con el fin de alcanzar una curvatura requerida en un determinado lugar del tendido de PVC.



Se los puede conseguir en las clases de 90 y 45 grados.

BIBLIOTECA FIC
ESPOL

Tanto en una y otra curvatura, estos accesorios se presentan en sus formas de radio corto y radio largo, los cuales difieren uno de otro en su longitud. (Radio corto es más pequeña que radio largo), además en la presentación roscable, el codo radio largo es del tipo macho-macho, en tanto que el radio corto es hembra-hembra, con el fin de que se puedan acoplar fácilmente ambos elementos si se desea conseguir 90 grados.

Bridas.- Estos accesorios de PVC al igual que el resto pueden conseguirse en cualquiera de sus diferentes clases de uniones.

En el proyecto se usaron sólo en la presentación roscada y vinieron del tipo macho-macho y hembra-hembra, pero sin agujeros, con el fin de que estos fueran realizados de acuerdo a las necesidades.

El empaque utilizado fue hecho de un material fabricado en base de corcho y de aproximadamente 4 mm de espesor.

Válvulas.- En material de PVC Plastigama suministró un tipo de válvula que es la cheque misma que no fue usada en la consecución de este estudio.

Acoples.- Los acoples de PVC varían de acuerdo al tipo de unión que se este usando para los tramos. Puede ser de dos clases:

- Espigo campana.
- Roscada.

La espigo campana es acampanado en sus dos extremos y recibe en su interior a las dos tuberías a unirse, si nos referimos a la usada en el proyecto, esta tiene una longitud de 112 mm. un diámetro exterior de 71 mm. en tanto que su espesor es igual al espesor de una tubería para presión de PVC de un diámetro nominal de 2".

Él acople roscado es del tipo hembra-hembra, y si nos referimos a la utilizada en Ancón para el proyecto de tubería petrolera, esta tiene: una longitud de 60 mm., un diámetro de 71.08 mm. y un espesor de rosca igual al que tendría un roscado hembra de tipo NPT 1 1/2 hilos por pulgada.

Neplos.- Los neplos PVC no son nada más que trozos de tubería normal que han sido cortados con el fin de alcanzar con ayuda de estos una determinada longitud que los elementos convencionales (tubería, acoples, bridas) sería imposible conseguir; la longitud como se puede entender la da el instalador al momento de utilizarlo.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

En estos también se incluyen las reducciones y ampliaciones de tubería.

3.1.3 ALTERNATIVAS DE APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA PETROLERA.



La conducción de petróleo corrosivo, parafínico o que produce depósitos de carbonatos, cuando se utilizan tuberías tradicionales, obliga a ejecutar programas de mantenimiento y reposición constantes con el consiguiente efecto negativo sobre los costos de explotación.

Estos problemas habían sido combatidos hasta ahora con paliativos complejos, de dudosa eficacia para el resultado operativo, y que elevan sensiblemente la magnitud del gasto de funcionamiento.

En la actualidad el PVC tiene una posición preeminente como material para la conducción de fluidos en diferentes campos de la industrialización, y ahora destacan su aptitud frente a otros materiales competidores para conducir petróleos.

La tubería para conducción de petróleo fue diseñada para resolver problemas ocasionados por el Ph y otros factores agresivos que forman parte del suelo como así también la presencia de anhídrido sulfuroso y de gas carbónico en el petróleo y en el gas a conducir.

Se seleccionó PVC como materia prima debido a que este material es químicamente inerte a la mayoría de los agentes corrosivos, no es necesaria ningún tipo de protección adicional.

Debido a la baja conductibilidad térmica del PVC, se minimiza la pérdida de temperatura del petróleo durante la conducción de pozo a manifold.



Además no permite la acumulación de carbonatos en el interior de las tuberías ni en sus accesorios.

Por todas estas razones las tuberías de PVC para conducción de petróleo son ideales para transportación de hidrocarburos por gravedad o a bajas presiones desde el pozo a sus diferentes destinos, ya sean estos tanques de almacenamiento, manifolds de recolección y distribución, estaciones de bombeo, estaciones de producción o estaciones de compresión en el caso de gas, pero sólo en su primera etapa de compresión.

CAPITULO 4

APLICACIÓN TUBERIA PVC EN LOS CAMPOS PETROLEROS DE ANCON.



BIBLIOTECA F
ESPOL

4.1 ALTERNATIVAS DE CONDUCCION DE ACEITE Y GAS CON TUBERIA PVC.

De todos los lugares existentes en la región petrolera de Ancón, en donde se puede utilizar tubería PVC, previo al inicio de los estudios del proyecto se decidió que únicamente se tenderían en líneas de flujo de pozos y en líneas de gas de baja presión, distribuidas de la siguiente forma: 4 en líneas de transporte de petróleo y 2 en líneas de conducción de gas de baja presión.

Se decidió esto debido a que en las locaciones de los pozos se tendría un amplio espacio de trabajo, y la libertad necesaria sin ocasionar interrupciones a los trabajos cotidianos de producción a los que no se podría acceder en lugares como estaciones de compresión o de cualquier tipo.

Dado que la presión máxima con que pueden trabajar las tuberías PVC para conducción de hidrocarburos no es tan alta como la de sus similares de acero (revisar tablas de especificaciones técnicas), no se pudo acceder a pruebas en líneas de transporte de gas de alta presión ni doméstico.



4.2 SELECCIÓN DEL CAMPO DE APLICACIÓN PARA INSTALAR TUBERIA PVC.

Los campos Ing. Gustavo Galindo Velasco son en sí muy numerosos y en conjunto abarcan una gran extensión de territorio dentro de lo que es la Península de Santa Elena. Para tener una visión más clara de los resultados de las pruebas a realizarse se trató en su mayor grado de escoger las secciones más representativas

Como secciones representativas se debe entender secciones del bloque 3 las cuales puedan ser vistas como muestras que en conjunto puedan representar un buen universo muestral de los campos Ancón, y que además tengan una producción significativa.

Las secciones escogidas fueron:

- Sección 67.
- Sección 69.
- Sección 73.

- Sección Santa Paula.

En la tabla 41 se presenta un cuadro en el que se ven las producciones de cada uno de los campos tomados en cuenta para el proyecto.

El método seguido para la elección de los pozos en los que se probará tubería para conducción de petróleo de PVC fue el siguiente: Como inicio se realizó un estudio minucioso de los planos de ubicación de cada uno de los pozos en las secciones ya mencionadas, mismos planos en los que se podía igualmente ver las respectivas líneas de flujo, la idea era encontrar pozos cuya distancia (medida a lo largo de su tubería de transporte de crudo) hasta su manifold esté situado dentro de un rango que iba desde los 40 metros hasta los 130 metros de longitud.

Con esta información se hacía una preselección de los candidatos, de estos, tuvo que ser corroborada cierta información tal como el estado actual productivo del pozo (ya que debido al tiempo al que se remontaban los mapas no se tenía la certeza de si estaba o no en producción).

Una vez realizado la nueva elección se verificó en locación si el terreno por el que pasaría la línea de PVC era una superficie plana a fin de que se faciliten los trabajos de instalación; midiéndose después las distancias de pozo a manifold y revisando posibles lugares donde se pudiera realizar conexiones sin mayores dificultades,



específicamente uniones universales; para desenroscar en ellas las tuberías de acero sin necesidad de cortes en la línea.

De esta manera se llegaban a determinar los pozos que serían los posibles pilotos del proyecto, los que debían ser aprobados por ESPOL como dueña de los campos.

Gustavo Galindo Velasco y por C.G.C. como operadora de los citados campos.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Luego de este largo proceso se obtuvo como resultados que se trabajaría en los pozos:

- Ancón 1137. Sección 69.
- Ancón 1631. Sección 67.
- Santa Paula 244. Sección Santa Paula.
- Santa Paula 257. Sección Santa Paula.

Pozo Ancón 1137

Ubicación:	Campo Ancón, sección 69.
Producción bruta:	1 bbl/d
BSW:	28 %
Gravedad API a 60°F:	36.5
Presión de cabezal:	45 psi
Tipo de fluido:	petróleo parafínico

Método de extracción: gas lift

Diámetro de tubería: 2 plg.

Material y especificación: Acero al carbono, Espec. API 5L grado B cédula 40

Las condiciones actuales de la línea de acero del pozo en el momento de realizar el

trabajo de cambio de tuberías resultaron ser buenas, los tubos cercanos al cabezal no

se hallaban pintados, y toda la línea hasta el manifold se encontraba expuesta al

medio; el cual consistía en un terreno plano compuesto principalmente de arenas

cubierto de mucha vegetación típica de la zona.

La corrosión externa en los tubos de acero también se encontraba presente pero no en

un grado de cuidado. No existían laceraciones de ningún tipo. La corrosión interna

de la tubería era mínima sin depósitos de parafinas ni carbonatos. Uno de los

accesorios cercanos a la cabeza del pozo (un codo de 90°) tenía un agujero de

aproximadamente 3 mm. de diámetro por el cual al momento de producir se nota un

ligero goteo que produce una tenue mancha en los alrededores.

Pozo Ancón 1631

Ubicación: Campo Ancón, sección 67.

Producción bruta: 1.3 bbl/d

BSW: 15 %

Gravedad API a 60°F: 36.5

Presión de cabezal: 50 psi

Tipo de fluido: petróleo parafinico
 Método de extracción: gas lift
 Diámetro de tubería: 2 plg.
 Material y especificación: Acero al carbono, Espec. API 5L grado B cédula 40



Las condiciones actuales de la línea de acero del pozo en el momento de realizar el trabajo de cambio de tuberías resultaron ser buenas ya que hace poco se había realizado un programa de rehabilitación de líneas de flujo en todos los pozos de Ancón, e incluso aún se notaba el color plateado con el que se pintaron las cañerías cercanas a los cabezales. La línea entera hasta su manifold se hallaba expuesta al medio; el cual consistía en un terreno ligeramente irregular compuesto principalmente de un combinado de arenas y arcillas cubierto de mucha vegetación típica de la zona.

La corrosión externa en los tubos de acero, evidente a la vista en todos los campos del bloque 3, también se encontraba presente pero no en un grado como para tener cuidado. No existían laceraciones de ningún tipo. La corrosión interna de la tubería era mínima sin depósitos de parafinas ni carbonatos.

Pozo Santa Paula 257

Ubicación: Campo Norte, sección Santa Paula.
 Producción bruta: 10 bbl/d

BSW: 7 %

Gravedad API a 60°F: 36.5

Presión de cabezal: 100 psi

Tipo de fluido: petróleo nafténico

Método de extracción: Flujo natural

Diámetro de tubería: 2 plg.

Material y especificación: Acero al carbono, Espec. API 5L grado B cédula 40



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Las condiciones actuales de la línea de acero del pozo en el momento de realizar el trabajo de cambio de tuberías resultaron ser igualmente buenas, todos los tubos hasta el manifold se hallaban pintados de un color plateado y expuestos al medio; el cual consistía en un terreno plano compuesto principalmente de arenas cubierto de vegetación surgida producto de las últimas lluvias provocadas por el fenómeno del Niño.

La corrosión externa en los tubos de acero también se encontraba presente pero en un grado mínimo. No existían laceraciones de ningún tipo. La corrosión interna de la tubería era prácticamente nula sin notarse depósitos de carbonatos pero sí algo de parafinas en su interior.

Pozo Santa Paula 244

Ubicación: Campo Norte, sección Santa Paula.

Producción bruta:	11 bbl/d
BSW:	7 %
Gravedad API a 60°F:	36.5
Presión de cabezal:	100 psi
Tipo de fluido:	petróleo nafténico
Método de extracción:	Flujo natural
Diámetro de tubería:	2 plg.
Material y especificación:	Acero al carbono, Espec. API 5L grado B cédula 40



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Las condiciones actuales de la línea de acero del pozo en el momento de realizar el trabajo de cambio de tuberías resultaron ser igualmente buenas, los tubos cercanos al cabezal no se hallaban pintados, y toda la línea hasta el manifold se encontraba expuesta al medio; el cual consistía en un terreno plano compuesto principalmente de arenas cubierto parcialmente de vegetación surgida por las lluvias producto del fenómeno del Niño.

La corrosión externa en los tubos de acero también se encontraba presente pero en un grado mínimo. No existían laceraciones de ningún tipo sobre ellos. La corrosión interna de la tubería casi nula pero se notaban depósitos de carbonatos y parafinas en su interior formando masas en conjunto con abrasivos que pudieron ser arenas arrastradas de la formación.

Para la selección de las líneas de conducción de gas de baja presión, igualmente se empezó con el estudio de mapas que mostraban las líneas de conducción de gas de baja presión en los campos de Ancón, donde el objetivo era encontrar tramos de tubería de 2 pulgadas. Los resultados de estos estudios no fueron muy halagadores puesto que se obtenía de ellos una información muy general la cual a la larga se hacía innecesaria debido a que de igual forma se debía comprobar en el sitio el estado del terreno y las condiciones de las instalaciones. Por lo que se optó por acudir a la ayuda conjunto de los sobrestantes de producción del campo y de sus supervisores con quienes se realizaron recorridos a las diferentes secciones por las cuales pasan líneas de gas de baja presión (véase tabla 40), buscando cañerías en mal estado, a las mismas que a la vez se les observaba la topografía del terreno.

De esta manera se encontraron algunos candidatos a ser líneas de prueba, pero en ellos se iba a requerir de cortes en la tubería ya que los tramos dañados no tenían en sus cercanías uniones universales ni bridas en donde se nos facilitaría el trabajo de separación de las mismas.

La oportuna decisión del equipo de ingeniería de producción de C.G.C. permitió que encontráramos otro tipo de tramos en los cuales podríamos instalar tubería PVC, ya que fue un hecho el que se hiciera un plan de recolección de gas proveniente de nuevos pozos y enviarlos a plantas de compresión para luego ser utilizado en reinyección como un proceso de levantamiento artificial.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Para este efecto tuvimos acceso a la utilización de líneas para la recolección de gas de baja presión en dos pozos, para lo cual el departamento de producción de C.G.C. nos entregó todas las facilidades del caso, dejándonos en el sitio las condiciones necesarias para que pudiéramos realizar la colocación de tubería para conducción de hidrocarburos PVC, incluyendo los accesorios de acero en caso de requerirlo.

Los pozos elegidos en los cuales se tendería el PVC fueron:

- Ancón 832. Sección 69.
- Ancón 587. Sección 73.

Pozo Ancón 832

Ubicación:	Campo Ancón, sección 69
Producción bruta:	1.2 bbl/d
BSW:	34%
Gravedad API a 60°F:	36.5
Presión de cabezal:	50 psi
Tipo de fluido:	gas
Método de extracción:	gas lift
Tubería anterior no existía.	

En cuanto al trabajo a realizarse en el pozo menciono que la idea en él fue la de conectar su salida del anular en el cabezal (por la que salía gas de baja presión producto del retorno de gas inyectado en el proceso de levantamiento artificial de gas lift y gas de aporte del mismo pozo) con una línea de recolección general de cuatro pulgadas que pasaba en el sitio más cercano a 129 metros aproximadamente.



Las condiciones de la salida del anular de Ancón 832 eran las siguientes, la salida se hallaba conectada a la línea de flujo de petróleo con ayuda de neplós y accesorios; el objetivo, darle impulso al crudo hasta llegar a la estación de destino. Para evitar la entrada de fluido por anular, antes de la conexión con la línea de flujo se tenía una válvula cheque y para regular la salida de gas del pozo se tenía una válvula de compuerta, todos estos accesorios incluyendo los neplós de un diámetro de una pulgada.

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

En la línea de recolección general de gas teníamos una Tee reductora con salida hacia el pozo Ancón 832 de 2 pulgadas nominal, luego de la cual existía una válvula de bola de 2 pulgadas nominal a la cual se conectaría el tramo de PVC para conducción de petróleo.

Pozo Ancón 587

Ubicación: Campo Ancón, sección 73.
Producción bruta: 1.1 bbl/d

BSW:	3 %
Gravedad API a 60°F:	36.5
Presión de cabezal:	35 psi
Tipo de fluido:	gas
Método de extracción:	pistoneo
Diámetro de tubería:	2 plg.
Material y especificación:	Acero al carbono, Espec. API 5L grado B cédula 40



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

El trabajo a realizarse en el pozo Ancón 587, era similar al del pozo anterior, la idea en él fue la de conectar su salida del anular en el cabezal (por la que salía gas de aporte del mismo pozo) con una línea de recolección de 2 pulgadas que pasaba cerca del pozo y de la cual se iban a cambiar algunos tramos de tubería que se encontraban corroídos exterior e interiormente.

Según las políticas de C.G.C. estos aún podrían haber trabajado, a excepción de uno que tenía un agujero de aproximadamente 5 mm. de diámetro y que estaba cubierto por un trozo de caucho asegurado al tubo por una unión grapada

Las condiciones de la salida del anular de Ancón 587 eran las siguientes, la salida se hallaba sellada por una válvula de bola que cortaba el paso del gas y unido a un neplo de unas 10 pulgadas abierto al ambiente al cual uniríamos los tramos de PVC.

La tubería de acero que llegaba al pozo no se hallaba conectada, sólo tendida hasta 1 ½ metros del cabezal.

4.3 SELECCIÓN DE LA TUBERIA

Como se recordará del Capítulo 1, las líneas de flujo de los pozos de petróleo de Ancón tienen un diámetro nominal de 2 pulgadas, en tanto que las de conducción de gas de baja presión pueden ser de diámetros de: 2, 3, 4, 6, 8, 9 ó 10 pulgadas; para efectos de evitar confusiones de cualquier tipo al realizar las instalaciones de prueba se escogieron líneas de 2 pulgadas de diámetro externo nominal.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

4.3.1 DETERMINACION DEL DIAMETRO Y ESPESOR DE PARED NECESARIO

Determinación del diámetro para la tubería de prueba.

Para cada uno de los pozos que entrarán en prueba se diseñará el diámetro requerido para la línea de flujo, el procedimiento para los tramos que transportarán petróleo es el que está a continuación:

POZO ANCON 1137

Datos.- Los datos que se requieren para el diseño del diámetro de la línea de flujo fueron tomados, los que no pudieron ser obtenidos se asumieron:

El caudal de este pozo es de 1 bbl/d pero como su producción es intermitente, 11 veces por día produciendo a un volumen de 0.0909 bbl en cada una durante 5 minutos, por lo que el caudal que se considerará para el diseño será 26.18 bbl/d.

Q_{Ln}	26.18	bbl/d
BSW	0.32	
GOR	1100	
$^{\circ}API$	36.5	
SGw	1.002	
SGg	0.68	
P_h	45	psig
P_{man}	20	psig
P_{avg}	28	psig
T_{avg}	95	$^{\circ}F$
μ_o	6.3	cp
μ_w	0.56	cp
μ_g	0.0105	cp
z factor	1	
kg	10.7	
L_{avg}	137.76	ft

Método de levantamiento: gas lift



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

$$Q_o = Q_{Ln}(1 - BSW)$$

$$Q_o = 17.803 \text{ bbl/d}$$

$$Q_w = 8.376 \text{ bbl/d}$$

Densidad y Gravedad Específica del Petróleo

$$SG_{60^\circ F} = \frac{141.5}{131.5 + ^\circ API}$$

$$SG_{60^\circ F} = 0.842261$$

$$Sg_{op} = 0.831863$$

$$Sg_{op} = SG_{60^\circ F} * (1 - \beta(T_{op} - 60))$$

$$\text{De donde: } \beta = 0.0003527240538$$

$$\rho_o = Sg_{op} * 62.4 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho_o = 51.908251 \text{ lb/ft}^3$$

Densidad del Gas

$$MW_g = SG_g * M_{wair}$$

$$MW_g = 19.6997$$

$$\rho_g = \frac{P_{op} * MW_g}{k_g * T * z}$$

$$\rho_g = 0.0928839 \text{ lb/ft}^3$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.
Y CIENCIAS DE LA TIERRA

$$GOR_{op} = GOR_{stp} \left(\frac{P_b * T_{op}}{P_{op} * T_b} \right)$$

$$GOR_{op} = 593.54163 \text{ ft}^3 / \text{bbl}$$

Flujo volumétrico de gas, petróleo y agua

$$Q_g = GOR_{op} * Q_o$$

$$Q_g = 10566.821 \text{ ft}^3 / \text{d}$$

$$Q_g = 0.1223011 \text{ ft}^3 / \text{s}$$

$$Q_o = 0.0011569 \text{ ft}^3 / \text{s}$$

$$Q_w = 0.0005443 \text{ ft}^3 / \text{s}$$

$$Q_t = Q_g + Q_o + Q_w$$

$$Q_t = 0.1240023 \text{ ft}^3 / \text{s}$$

Viscosidad de la mezcla

$$\mu_{mix} = \frac{Q_o * \mu_o + Q_w * \mu_w + Q_g * \mu_g}{Q_t}$$

$$\mu_{mix} = 0.0715898 \text{ cp.}$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

$$\mu_{\text{mix}} = 0.000048 \text{ lb-s/ft}^2$$

Determinación del flujo másico de la mezcla

$$W_L = \rho_w \cdot Q_w + \rho_o \cdot Q_o$$

$$W_L = 0.0940169 \text{ lb/s}$$

$$W_g = \rho_g \cdot Q_g$$

$$W_g = 0.0113598 \text{ lb/s}$$

$$W_{\text{mix}} = 0.1053767 \text{ lb/s}$$

$$W_{\text{mix}} = 379.35612 \text{ lb/h}$$

Determinación de ρ_{mix} .

$$\rho_{\text{mix}} = \frac{W_L + W_g}{Q_L + Q_g}$$

$$\rho_{\text{mix}} = 0.8497963 \text{ lb/ft}^3$$

Caída de presión en la línea

$$\Delta P = - \Delta P_f - \Delta X \cdot \rho \cdot \frac{g}{gc} \qquad \Delta X \cdot \rho \cdot \frac{g}{gc}$$

La caída de presión debido a la diferencia de alturas es muy pequeño por lo que la caída de presión sólo dependerá de la fricción.



$$\Delta P_f = P_1 - P_2$$

$$P_1 = P_h$$

$$P_2 = P_{man}$$

$$\Delta P_f = 25 \text{ psia}$$

$$\Delta P_f = 3600 \text{ lb/ft}^2$$

Dimensionamiento de la tubería

$$\Phi = 0.649 * Q_t^{0.379} * \rho_{mix}^{0.172} * \mu_{mix}^{0.036} * \left(\frac{L}{\Delta P_f * g_c} \right)^{0.207}$$

$$\Phi = 0.06685007 \text{ ft.}$$

$$\Phi = 0.802200851 \text{ plg.}$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Para la caída de presión de 25 psi, el diámetro de tubería que debería ser seleccionado es de 1 plg., o para mayor exactitud 1 ½ plg.

POZO ANCON 1631

Datos.- Los datos que se requieren para el diseño del diámetro de la línea de flujo fueron tomados, los que no pudieron ser obtenidos se asumieron:

El caudal de este pozo es de 1.3 bbl/d pero como su producción es intermitente, 6 veces por día produciendo a un volumen de 0.2166 bbl en cada una durante 5 minutos, por lo que el caudal que se considerará para el diseño será 62.4 bbl/d.

Q_{Ln}	62.4	bbl/d
----------	------	-------

BSW	0.33	
-----	------	--

GOR	1100	
°API	36.5	
SG _w	1.002	
SG _g	0.68	
P _h	50	psig
P _{man}	20	psig
P _{avg}	30	psig
T _{avg}	95	°F
μ _o	5.37	cp
μ _w	0.56	cp
μ _g	0.0105	cp
z factor	1	
k _g	10.7	
L _{avg}	255.84	ft

Método de levantamiento: gas lift.

$$Q_o = Q_{Ln}(1 - BSW)$$

$$Q_o = 41.808 \text{ bbl/d}$$

$$Q_w = 20.592 \text{ bbl/d}$$

Densidad y Gravedad Específica del Petróleo

$$SG_{60°F} = \frac{141.5}{131.5 + °API}$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

$$SG_{60^{\circ}F} = 0.842261$$

$$S_{gop} = 0.831863$$

$$S_{gop} = SG_{60^{\circ}F} * (1 - \beta(T_{op} - 60))$$

De donde: $\beta = 0.0003527240538$

$$\rho_o = S_{gop} * 62.4 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho_o = 51.908251 \text{ lb/ft}^3$$

Densidad del Gas

$$MW_g = SG_g * M_{wair}$$

$$MW_g = 19.6997$$

$$\rho_g = \frac{P_{op} * MW_g}{k_g * T * z}$$

$$\rho_g = 0.0995185 \text{ lb/ft}^3$$

$$GOR_{op} = GOR_{stp} \left(\frac{P_b * T_{op}}{P_{op} * T_b} \right)$$

$$GOR_{op} = 553.97221 \text{ ft}^3 / \text{bbl}$$

Flujo volumétrico de gas, petróleo y agua

$$Q_g = GOR_{op} * Q_o$$

$$Q_g = 23160.47 \text{ ft}^3 / \text{d}$$

$$Q_g = 0.2680609 \text{ ft}^3 / \text{s}$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL



$$Q_o = 0.002717 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$Q_w = 0.0013382 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$Q_t = Q_g + Q_o + Q_w$$

$$Q_t = 0.2721161 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Viscosidad de la mezcla

$$\mu_{\text{mix}} = \frac{Q_o * \mu_o + Q_w * \mu_w + Q_g * \mu_g}{Q_t}$$

$$\mu_{\text{mix}} = 0.0667145 \text{ cp}$$

$$\mu_{\text{mix}} = 0.0000448 \text{ lb-s/ft}^2$$

Determinación del flujo másico de la mezcla

$$W_L = \rho_w * Q_w + \rho_o * Q_o$$

$$W_L = 0.2245383 \text{ lb/s}$$

$$W_g = \rho_g * Q_g$$

$$W_g = 0.026677 \text{ lb/s}$$

$$W_{\text{mix}} = 0.2512153 \text{ lb/s}$$

$$W_{\text{mix}} = 904.37508 \text{ lb/h}$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Determinación de ρ_{mix} .

$$\rho_{mix} = \frac{W_L + W_g}{Q_L + Q_g}$$

$$\rho_{mix} = 0.9231916 \text{ lb/ft}^3$$

Caída de presión en la línea

$$\Delta P = - \Delta P_f - \Delta X * \rho * \frac{g}{gc} \quad \Delta X * \rho * \frac{g}{gc}$$



La caída de presión debido a la diferencia de alturas es muy pequeño por lo que la caída de presión sólo dependerá de la fricción.

$$\Delta P_f = P_1 - P_2$$

$$P_1 = P_h$$

$$P_2 = P_{man}$$

$$\Delta P_f = 30 \text{ psia}$$

$$\Delta P_f = 4320 \text{ lb/ft}^2$$

Dimensionamiento de la tubería

$$\Phi = 0.649 * Q_t^{0.379} * \rho_{mix}^{0.172} * \mu_{mix}^{0.036} * \left(\frac{L}{\Delta P_f * gc} \right)^{0.207}$$

$$\Phi = 0.099938444 \text{ ft.}$$

$$\Phi = 1.199261334 \text{ plg.}$$

Para la caída de presión de 30 psi, el diámetro de la tubería debería de ser de 1 ½ plg.

POZO SANTA PAULA 257

Datos.- Los datos que se requieren para el diseño del diámetro de la línea de flujo fueron tomados, los que no pudieron ser obtenidos se asumieron:

El caudal de este pozo es de 10 bbl/d pero como su producción es intermitente, 7 veces por día produciendo a un volumen de 1.42857 bbl en cada una durante 5 minutos, por lo que el caudal que se considerará para el diseño será 411.42 bbl/d.

Q_{Ln}	411.42	bbl/d
BSW	0.19	
GOR	1100	
$^{\circ}API$	36.5	
SG_w	1.002	
SG_g	0.68	
P_h	100	psig
P_{man}	40	psig
P_{avg}	70	psig
T_{avg}	95	$^{\circ}F$
μ_o	6	cp
μ_w	0.56	cp
μ_g	0.0105	cp
z factor	1	



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

$$kg \quad 10.7$$

$$L_{avg} \quad 232.88 \quad ft$$

Método de levantamiento: Flujo natural.

$$Q_o = Q_{Ln}(1-BSW)$$

$$Q_o = 333.2502 \text{ bbl/d}$$

$$Q_w = 78.1698 \text{ bbl/d}$$

Densidad y Gravedad Específica del Petróleo

$$SG_{60^{\circ}F} = \frac{141.5}{131.5 + ^{\circ}API}$$

$$SG_{60^{\circ}F} = 0.842261$$

$$S_{gop} = 0.831863$$

$$S_{gop} = SG_{60^{\circ}F} * (1 - \beta(T_{op} - 60))$$

De donde: $\beta = 0.0003527240538$

$$\rho_o = S_{gop} * 62.4 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho_o = 51.908251 \text{ lb/ft}^3$$

Densidad del Gas

$$MW_g = SG_g * M_{wair}$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

$$MW_g = 19.6997$$

$$\rho_g = \frac{P_{op} * MW_g}{k_g * T * z}$$

$$\rho_g = 0.2322099 \text{ lb/ft}^3$$

$$GOR_{op} = GOR_{stp} \left(\frac{P_b * T_{op}}{P_{op} * T_b} \right)$$

$$GOR_{op} = 237.41663 \text{ ft}^3 / \text{bbl}$$

Flujo volumétrico de gas, petróleo y agua

$$Q_g = GOR_{op} * Q_o$$

$$Q_g = 79119.139 \text{ ft}^3 / \text{d}$$

$$Q_g = 0.9157307 \text{ ft}^3 / \text{s}$$

$$Q_o = 0.021657405 \text{ ft}^3 / \text{s}$$

$$Q_w = 0.005080132 \text{ ft}^3 / \text{s}$$

$$Q_t = Q_g + Q_o + Q_w$$

$$Q_t = 0.9424682 \text{ ft}^3 / \text{s}$$

Viscosidad de la mezcla

$$\mu_{mix} = \frac{Q_o * \mu_o + Q_w * \mu_w + Q_g * \mu_g}{Q_t}$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

$$\mu_{\text{mix}} = 0.1510971 \text{ cp}$$

$$\mu_{\text{mix}} = 0.0001015 \text{ lb-s/ft}^2$$

Determinación del flujo másico de la mezcla

$$W_L = \rho_w \cdot Q_w + \rho_o \cdot Q_o$$

$$W_L = 1.4411959 \text{ lb/s}$$

$$W_g = \rho_g \cdot Q_g$$

$$W_g = 0.2126417 \text{ lb/s}$$

$$W_{\text{mix}} = 1.6538376 \text{ lb/s}$$

$$W_{\text{mix}} = 5953.8153 \text{ lb/h}$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Determinación de ρ_{mix} .

$$\rho_{\text{mix}} = \frac{W_L + W_g}{Q_L + Q_g}$$

$$\rho_{\text{mix}} = 1.754794 \text{ lb/ft}^3$$

Caída de presión en la línea

$$\Delta P = - \Delta P_f - \Delta X \cdot \rho \cdot \frac{g}{gc}$$

$$\Delta X \cdot \rho \cdot \frac{g}{gc}$$

La caída de presión debido a la diferencia de alturas es muy pequeño por lo que la caída de presión sólo dependerá de la fricción.

$$\Delta P_f = P_1 - P_2$$

$$P_1 = P_h$$

$$P_2 = P_{man}$$

$$\Delta P_f = 60 \text{ psia}$$

$$\Delta P_f = 8640 \text{ lb/ft}^2$$

Dimensionamiento de la tubería

$$\Phi = 0.649 * Q_t^{0.379} * \rho_{mix}^{0.172} * \mu_{mix}^{0.036} * \left(\frac{L}{\Delta P_f * g_c} \right)^{0.207}$$

$$\Phi = 0.121319 \text{ ft}$$

$$\Phi = 1.4558 \text{ plg.}$$

Para la caída de presión de 60 psi, el diámetro de tubería que debería ser seleccionada es de por lo menos 2 plg.

POZO SANTA PAULA 244

Datos.- Los datos que se requieren para el diseño del diámetro de la línea de flujo fueron tomados, los que no pudieron ser obtenidos se asumieron:



BIBLIOTECA FICT
ESPCL

El caudal de este pozo es de 11 bbl/d pero como su producción es intermitente, 7 veces por día produciendo a un volumen de 1.57142 bbl en cada una durante 5 minutos, por lo que el caudal que se considerará para el diseño será 452.57 bbl/d.

Q_{Ln}	452.57	bbl/d
BSW	0.07	
GOR	1100	
$^{\circ}API$	36.5	
SG _w	1.002	
SG _g	0.68	
P_h	100	psig
P_{man}	30	psig
P_{avg}	65	psig
T_{avg}	95	$^{\circ}F$
μ_o	5.4	cp
μ_w	0.56	cp
μ_g	0.0105	cp
z factor	1	
k_g	10.7	
L_{avg}	367.36	ft



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Método de levantamiento: Flujo natural.

$$Q_o = Q_{Ln} (1 - BSW)$$

$$Q_o = 420.8901 \text{ bbl/d}$$

$$Q_w = 31.6799 \text{ bbl/d}$$

Densidad y Gravedad Específica del Petróleo

$$SG_{60^\circ F} = \frac{141.5}{131.5 + ^\circ API}$$

$$SG_{60^\circ F} = 0.842261$$

$$Sg_{op} = 0.831863$$

$$Sg_{op} = SG_{60^\circ F} * (1 - \beta (T_{op} - 60))$$

De donde: $\beta = 0.0003527240538$

$$\rho_o = Sg_{op} * 62.4 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho_o = 51.908251 \text{ lb/ft}^3$$

Densidad del Gas

$$MW_g = SG_g * M_{wair}$$

$$MW_g = 19.6997$$

$$\rho_g = \frac{Pop * MW_g}{kg * T * z}$$

$$\rho_g = 0.2156235 \text{ lb/ft}^3$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

BIBLIOTECA



FAKULTAD DE ING.
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

$$GOR_{op} = GOR_{stp} \left(\frac{P_b * T_{op}}{P_{op} * T_b} \right)$$

$$GOR_{op} = 255.67938 \text{ ft}^3/\text{bbl}$$

Flujo volumétrico de gas, petróleo y agua

$$Q_g = GOR_{op} * Q_o$$

$$Q_g = 107612.91 \text{ ft}^3/\text{d}$$

$$Q_g = 1.2455197 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$Q_o = 0.0273529 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$Q_w = 0.0020583 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$Q_t = Q_g + Q_o + Q_w$$

$$Q_t = 1.2749314 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Viscosidad de la mezcla

$$\mu_{mix} = \frac{Q_o * \mu_o + Q_w * \mu_w + Q_g * \mu_g}{Q_t}$$

$$\mu_{mix} = 0.1270157 \text{ cp}$$

$$\mu_{mix} = 0.0001015 \text{ lb-s/ft}^2$$

Determinación del flujo másico de la mezcla

$$W_L = \rho_w * Q_w + \rho_o * Q_o$$

$$W_L = 1.5483102 \text{ lb/s}$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

$$W_g = \rho_g \cdot Q_g$$

$$W_g = 0.2685633 \text{ lb/s}$$

$$W_{\text{mix}} = 1.8168735 \text{ lb/s}$$

$$W_{\text{mix}} = 6540.7446 \text{ lb/h}$$

Determinación de ρ_{mix} .

$$\rho_{\text{mix}} = \frac{W_L + W_g}{Q_L + Q_g}$$

$$\rho_{\text{mix}} = 1.4250754 \text{ lb/ft}^3$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Caída de presión en la línea

$$\Delta P = - \Delta P_f - \Delta X \cdot \rho \cdot \frac{g}{gc} \qquad \Delta X \cdot \rho \cdot \frac{g}{gc}$$

La caída de presión debido a la diferencia de alturas es muy pequeño por lo que la caída de presión sólo dependerá de la fricción.

$$\Delta P_f = P_1 - P_2 \qquad P_1 = P_h \qquad P_2 = P_{\text{man}}$$

$$\Delta P_f = 65 \text{ psia}$$

$$\Delta P_f = 9360 \text{ lb/ft}^2$$

Dimensionamiento de la tubería

$$\Phi = 0.649 \cdot Q_t^{0.379} \cdot \rho_{\text{mix}}^{0.172} \cdot \mu_{\text{mix}}^{0.036} \cdot \left(\frac{L}{\Delta P_f \cdot gc} \right)^{0.207}$$

$$\Phi = 0.1354287398 \text{ ft.}$$

$$\Phi = 1.6251448 \text{ plg.}$$

Para una caída de presión de 65 psi, el diámetro de esta tubería deberá ser de 2 pulgadas.

El procedimiento para determinar el diámetro de los tramos que transportarán gases el que está a continuación:



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

POZO ANCÓN 832.

Datos.- Los datos que se requieren para el diseño del diámetro de la línea de flujo fueron tomados, los que no pudieron ser obtenidos se asumieron:

L	0.076047 miles
T_0	520 °R
P_0	14.7 psi
T_f	535 °R
Z	1
P_1	30 psi
P_2	18 psi
SG	0.68
GOR	1100

BSW 34%

k_g 10.7

Método de levantamiento: gas lift.

No es posible conocer con exactitud el caudal de gas que pasará a través del tramo pues nunca a sido medido, para el efecto de cálculo haremos una estimación basándonos en el GOR del fluido.

El caudal de este pozo es de 1.2 bbl/d pero como su producción es intermitente, 11 veces por día produciendo a un volumen de 0.10909 bbl en cada una durante 8 minutos, por lo que el caudal que se considerará para el diseño será 19.6363 bbl/d.

$$Q = 19.6363 \text{ bbl/d}$$

$$Q_o = Q (1 - \text{BSW})$$

$$Q_o = 12.959958 \text{ bbl}$$

$$Q_w = 6.676342 \text{ bbl}$$

$$\text{GOR}_{op} = \text{GOR}_{stp} \left(\frac{P_b \cdot T_{op}}{P_{op} \cdot T_b} \right)$$

$$\text{GOR}_{op} = 693.185 \text{ ft}^3 / \text{bbl}$$

$$Q_g = \text{GOR}_{op} \cdot Q_o$$

$$Q_g = 8983.64973 \text{ ft}^3 / \text{d}$$

$$D^{2.6667} = \frac{Q_g * P_o}{433 * T_o} \left\{ \frac{(SG * T_f * L * Z)}{(P_1^2 - P_2^2)} \right\}^{1/2}$$

$$D^{2.6667} = 0.12854052$$

$$D = 0.463334027 \text{ plg.}$$

El diámetro del tramo de esta tubería debería ser de $\frac{3}{4}$ pulgada para esas condiciones.

POZO ANCÓN 587

Datos.- Los datos que se requieren para el diseño del diámetro de la línea de flujo fueron tomados, los que no pudieron ser obtenidos se asumieron:



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

L	0.02275449 miles
T _o	520 °R
P _o	14.7 psi
T _f	535 °R
Z	1
P ₁	35 psi
P ₂	18 psi
SG	0.68
GOR	1100
BSW	3%
k _g	10.7

Método de levantamiento: swab.

No es posible conocer con exactitud el caudal de gas que pasará a través del tramo pues nunca a sido medido, para el efecto de cálculo haremos una estimación basándonos en el GOR del fluido.

El caudal de este pozo es de 1.1 bbl/d pero como su producción es intermitente, 8 veces por día produciendo a un volumen de 0.1375 bbl en cada una durante 7 minutos, por lo que el caudal que se considerará para el diseño será 28.285714 bbl/d



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

$$Q = 28.28571429 \text{ bbl/d}$$

$$Q_o = Q (1 - \text{BSW})$$

$$Q_o = 27.43714286 \text{ bbl}$$

$$Q_w = 0.848571433 \text{ bbl.}$$

$$\text{GOR}_{\text{op}} = \text{GOR}_{\text{stp}} \left(\frac{P_b * \text{Top}}{P_{\text{op}} * T_b} \right)$$

$$\text{GOR}_{\text{op}} = 627.79 \text{ ft}^3 / \text{ bbl}$$

$$Q_g = \text{GOR}_{\text{op}} * Q_o$$

$$Q_g = 17224.77148 \text{ ft}^3 / \text{d}$$

$$D^{2.6667} = \frac{Q_g * P_o}{433 * T_o} \left\{ \frac{(\text{SG} * T_f * L * z)}{(P_1^2 - P_2^2)} \right\}^{1/2}$$

$$D^{2.6667} = 0.1077908$$

$D = 0.4337$ plg.

El diámetro del tramo de esta tubería debería ser de $\frac{3}{4}$ pulgada para esas condiciones.

Diámetros de tubería para cada uno de los pozos de prueba.

Pozo	Diámetro calculado	Diámetro usado
Ancón 1137	1 $\frac{1}{2}$ "	2"
Ancón 1631	1 $\frac{1}{2}$ "	2"
Sta. Paula 257	2"	2"
Sta. Paula 244	2"	2"
Ancón 832	$\frac{3}{4}$ "	2"
Ancón 587	$\frac{3}{4}$ "	2"

La razón por la cual se decidió utilizar tubería de 2 pulgadas para todos los pozos de prueba sean estos de gas o de petróleo la dio la Gerencia de Operaciones de C.G.C. alegando que no deseaban perder caudal en sus líneas de flujo, sin embargo en los datos vistos arriba podemos comparar la diferencia entre los diámetros calculados y usados, valiendo la pena recalcar que en el caso de los valores obtenidos por el cálculo en esta tesis, estos no pueden ser exactos debido a que fueron necesarias estimaciones tales como en el hecho de aceptar que cuando el pozo fluye lo hace por un mismo intervalo de tiempo cada vez. O que en la Península de Santa Elena las variaciones de temperatura son significativas entre la noche y el día, y que tomando en cuenta que la tubería va enterrada, la temperatura de superficie no es igual a la de ella.

Determinación del espesor de pared necesario.

Para cada uno de los pozos sean estos destinados a la conducción de petróleo o gas, la resistencia a la tensión es la misma (tomada de la tabla 20), y será asumida para efectos de cálculos a 23°C.

Para los tramos que transportarán petróleo el procedimiento es el siguiente:

POZO ANCON 1137

Datos.- La presión de trabajo tiene un 50% de adición por seguridad.

P	68psi
D	2.375"
S=	800 psi

$$t = \frac{P * D}{2 S}$$

$$t = 0.1009 \text{ plg}$$

POZO ANCON 1631

Datos.- La presión de trabajo tiene un 50% de adición por seguridad.

P	75psi
D	2.375"
S=	800 psi



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

$$t = \frac{P * D}{2 S}$$

$$t = 0.11132 \text{ plg.}$$

POZO SANTA PAULA 257

Datos.- La presión de trabajo tiene un 50% de adición por seguridad.

P	98psi
D	2.375"
S	800 psi

$$t = \frac{P * D}{2 S}$$

$$t = 0.1454 \text{ plg.}$$

POZO SANTA PAULA 244

Datos.- La presión de trabajo tiene un 50% de adición por seguridad.

P	105psi
D	2.375"
S=	800 psi

$$t = \frac{P * D}{2 S}$$

$$t = 0.1385 \text{ plg.}$$

Para los pozos de gas el procedimiento es el siguiente:

POZO ANCON 832

Datos.- La presión de trabajo tiene un 50% de adición por seguridad.

P	45psi
D	2.375"
S	800 psi
F	0.6 Factor de diseño
E	1 Factor de junta longitudinal
T	1 Factor de temperatura.

$$t = \frac{P * D}{2 S * F * E * T}$$

$$t = 0.1113 \text{ plg.}$$

POZO ANCON 587

Datos.- La presión de trabajo tiene un 50% de adición por seguridad.

P	53psi
D	2.375"
S	800 psi
F	0.6 Factor de diseño
E	1 Factor de junta longitudinal

T 1 Factor de temperatura.

$$t = \frac{P * D}{2S * F * E * T}$$

t = 0.1311 plg.



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

CAPITULO 5

PRUEBAS DE CAMPO Y EJECUCION DE LAS OBRAS

5.1 GENERALIDADES

De capítulos anteriores tenemos que la tubería que se utilizará será: tubería para la conducción de hidrocarburos de PVC color celeste de 2" de diámetro nominal roscada, con rosca tipo NPT de 11 ½ hilos por pulgada y que será aplicada en el transporte de petróleo en 4 líneas de flujo de pozos y para el transporte de gas en 2 líneas de recolección de gas proveniente de pozos.

Previamente a las tuberías de PVC de prueba fueron fabricadas de acorde con las normas ASTM 1785.

Para la ejecución de los trabajos serán requeridos las siguientes elementos:

- Materiales y herramientas varias.
- Accesorios de acero.
- Materiales de PVC.
- Apoyo logístico.

MATERIALES Y HERRAMIENTAS VARIAS.- Son los elementos con los cuales se realizarán los trabajos de instalación y retiro de la tubería PVC para la conducción de hidrocarburos y el retiro de la tubería de acero que está trabajando al momento.

Estos materiales y herramientas son:

Descripción	Cantidad
- Arco sierra	1
- Cepillo de acero	2
- Combo de acero de 12 lbs.	2
- Cinta métrica de 30 mts.	2
- Brochas 1"	9
- Brochas 2"	1
- Grasa # 2	20
- Guantes de lana	
- Guantes de caucho	
- Lija para madera	



BOLIVAR
ESPOL

- Lima cuadrada 10"	2
- Llave de tubo 14"	2
- Llave de tubo 24"	1
- Llave de tubo 36"	1
- Llave de cadena 24"	1
- Pala puntona con mango	2
- Rollos de teflón ½"	37
- Zapapico con mango	2
- Calibrador Vernier	1



El fin al cual estarán destinados cada uno de estos elementos está detallado a continuación:

Arco sierra.- Para corta en locación algún tramo de tubería PVC en caso de la situación requerirlo.

Cepillo de acero.- Para la limpieza de las roscas de los tubos de acero ó PVC.

Combo de acero de 12 lbs.- Para golpear tuberías de acero cuyas uniones roscadas estén demasiado apretadas, ayudando a que aflojen.

Cinta métrica de 30 mts.- Para tomar medidas en locaciones de tramos de tuberías, y

medir posibles lugares por dónde se podría tender líneas de prueba.

Brocha de 1".- Para untar la soldadura solvente de tubería PVC al colocar las líneas de ese tipo de unión.

Brochas de 2".- Para untar la soldadura solvente de tubería PVC al colocar las líneas de ese tipo de unión.

Grasa # 2.- Para untar en las roscas de las tuberías e acero facilitando su enrosque.

Guantes de lana.- Para la protección de los instaladores de tubería.

Guantes de caucho.- Para la protección de los instaladores de tubería en los trabajos en los cuales se deba estar en contacto por mucho tiempo con petróleo.

Lija para madera.- Para quitar asperezas en las zonas que estarán en contacto con la soldadura solvente e igualar las partes en las que se han realizado cortes de tramos PVC.

Lima cuadrada.- como apoyo para el trabajo al cual son destinadas las lijas y para quitar asperezas en las roscas de tubería de acero.

Llave de tubo de 14".- Para enroscar y desenroscar tuberías y/o accesorios de PVC ó acero.

Llave de tubo de 24".- Para enroscar y desenroscar tuberías de acero ó accesorios de PVC en los casos que sean necesarios.

Llave de tubo de 36".- Para enroscar y desenroscar tuberías y/o accesorios de acero.



Llave de cadena de 24".- Para enroscar y desenroscar tuberías de acero ó accesorios de PVC en los casos que sean necesarios.



Pala puntona con mango.- Para la realización de la zanja en la cual se colocarán las tuberías de PVC de conducción de hidrocarburos.

Teflón 1/2".- Para usar como material sellante en las roscas de acero y/o PVC de tuberías y/o accesorios.

Zapapico con mango.- Para la realización de la zanja en la cual se colocarán las tuberías PVC de conducción de hidrocarburos.

Calibrador Vernier.- Para tomar mediciones exactas de espesores y diámetros de tuberías de acero y/o PVC.

ACCESORIOS DE ACERO.- Son materiales que tendrán una función indispensable en cada una de las líneas de prueba. Son:

Descripción	Cantidad
- Válvulas de bola 2".	1
- Bridas de acero 2".	12
- Válvulas de compuerta 1".	1
- Válvulas cheque 2".	1

Válvulas de bola de 2".- Será usada en una línea de transporte de gas y cortará el paso del gas a través de las líneas de prueba.

Bridas de acero de 2".- Serán cada una la pareja de su similar en PVC en cada uno de las líneas de prueba.

Válvula de compuerta de 1".- Será usada en una línea de gas para cortar el paso de gas a través de la línea de prueba, la razón por la que no es de 2" es por que la salida del gas que proviene del anular del pozo es de 1".

Válvula cheque de 2".- Será usada en una línea de gas para que no haya retorno de gas a la línea de prueba.

MATERIALES DE PVC.- Son los materiales de prueba que reemplazarán a los ya existentes de acero, o que serán requeridos con algún objeto. Estos son:

Descripción	Cantidad
- Tubería para la conducción de hidrocarburos Color celeste, 2" x 6' roscada.	92
- Codo roscable celeste de 45° radio corto 2".	22
- Codo roscable celeste de 45° radio largo 2".	40
- Codo roscable celeste de 90° radio largo 2".	5
- Unión roscable 2".	80
- Brida 2".	12
- Unión soldable 2".	35
- Adaptador de soldado a roscable 2".	5
- Litro de polipega.	1
- Litro de polilimpia.	1



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Tubería para la conducción de hidrocarburos color celeste, 2" x 6' roscada.- Será la tubería utilizada como línea de prueba en la consecución de éste proyecto.

Codo roscable celeste de 45° radio corto 2".- serán utilizados cuando la ocasión lo amerite para darle a la tubería un giro de 45° con respecto a una proyección realizada desde el tramo anterior al accesorio.

Codo roscable celeste de 45° radio largo 2".- Serán utilizados cuando la ocasión lo amerite para darle a la tubería un giro de 45° con respecto a una proyección realizada desde el tramo anterior al accesorio.

Codo roscable celeste de 90° radio largo 2".- Serán utilizados cuando la ocasión lo amerite para darle a la tubería un giro de 90° con respecto a una proyección realizada desde el tramo anterior al accesorio.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Unión roscable 2". - Es el accesorio que permite realizar la unión entre dos tramos de tubería roscable.

Brida 2". - Será el accesorio utilizado para unirse a una similar de acero y hacer más fácil el desenrosque de las tuberías de prueba.

Unión soldable 2".- Es el accesorio que permite realizar la unión entre dos tramos de tubería soldable.

Adaptador de soldable a roscable 2".- Es el accesorio que permitirá cambiar de un tramo de tubería soldable a tramos de tubería roscable y viceversa.

BIBLIOTECA

Litro de polipega.- Es la soldadura líquida especial para PVC que servirá para hacer las uniones soldadas.



FACULTAD DE ING.
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Litro de polilimpia.- Es un solvente líquido que sirve para limpiar las partes que permanecerán en contacto con la soldadura líquida.

APOYO LOGISTICO.- Serán los elementos humanos y de apoyo que ayudarán a la consecución del proyecto. Estos son:

Descripción	Cantidad
- Maestro instalador de tubería.	1
- Jornalero.	2
- Camioneta y chofer.	1

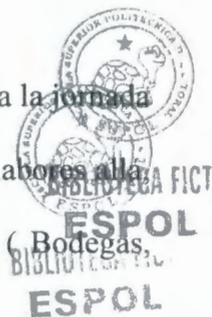
Maestro instalador de tubería.- Será la persona experimentada en la colocación de tuberías para la conducción de hidrocarburos y de tubería de tipo PVC que dirija las ejecuciones de obra en el campo.

Jornaleros.- Serán las personas que ejecutarán los trabajos de campo y estarán a las órdenes del maestro instalador de tubería.

Camioneta con chofer.- Se usará para la transportación de los materiales y elemento humano que realizará los trabajos de instalación y retiro de tuberías.

El trabajo de esta camioneta se limitará a realizar viajes desde las oficinas de ESPOL en Ancón hasta cada uno de los lugares de trabajo en los que se realizaran colocaciones de tubería PVC y viceversa; el número de viajes hacia cada uno de los lugares de trabajo dependerá de la forma en la cual se vayan realizando los avances en la ejecución de las obras.

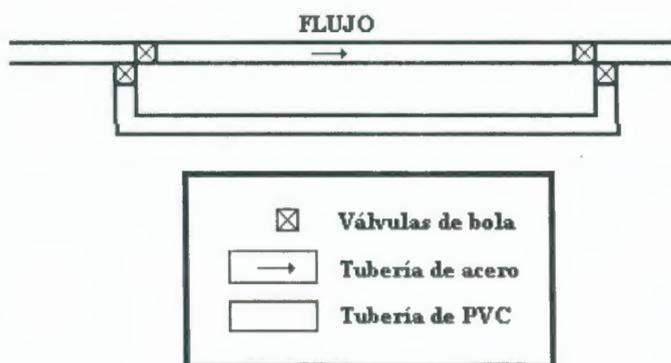
En otras palabras si se termina el trabajo en un pozo antes de que concluya la jornada laboral del día, se viajará hacia otra locación de trabajo para empezar las labores allí ó hacia los lugares en los cuales haya que recogerse o dejar material. (Bodegas, tornos, ferreterías.).



La camioneta y el chofer luego de realizar los viajes programados para el día en curso para los trabajos del proyecto éstos no quedarán en condición de dependencia del proyecto sino que tendrá libertad de realizar otras actividades.

En un comienzo la idea principal que se tenía de la realización de las obras en cada uno de los pozos que sean escogidos para entrar en prueba era la de hacer un by pass de PVC en la línea de flujo (ya sean estos de petróleo ó de gas) de modo que con un sencillo juego de válvulas se puedan manejar alternativamente cualquiera de las dos líneas existentes en el momento (acero y PVC) y al final del tiempo estimado de un mes para las pruebas, retirar el by pass, dejando la línea de flujo tal como estaba en un comienzo (ver gráfica); pero por sugerencias de la Gerencia de Operaciones de

C. G. C. Se prefirió cambiar esta idea por la de retirar parte de la tubería de acero de una longitud igual al tramo de tubería de PVC que entraría en prueba para la conducción de hidrocarburos, uniéndose con la original de acero mediante uniones bridadas; de manera que al final del tiempo de pruebas de un mes, solamente se retiraría un tubo de PVC cambiándolo por uno similar a fin de enviarlo a los laboratorios de Plastigama S.A. para que se le realicen pruebas y ensayos que verifiquen sus condiciones, y poder compararlas con las iniciales antes de ser puesto en prueba para la conducción de hidrocarburos, y que la línea de flujo quede operativa definitivamente con material combinado de acero y PVC.



5.2 INSTALACIONES DE CAMPO

Las obras que se llevaron a cabo para las instalaciones de campo en cada uno de las líneas de flujo de los pozos sean estas de conducción de gas o de petróleo, siguieron el patrón general citado anteriormente, esto es cambiar parte del tramo de tubería de acero por tramos de tubería termoplástica de cloruro de polivinilo. La forma en que

estas se realizaron se detalla para cada una de las seis líneas a continuación, en el orden en que fueron colocadas.

Pozo Ancón 832.

Para este pozo primeramente se abrió una zanja recta que unió el cabezal del pozo con la línea de recolección general de gas de la sección, esta zanja fue hecha con las siguientes medidas: 35 cm de ancho por 40 cm de profundidad, con una longitud de 129 metros que equivalieron a 21 tubos roscables de PVC de 6 metros de largo con sus respectivas uniones y un tramo adicional con el que se lograría la longitud total.

En la línea de recolección general de gas C.G.C. había dejado una instalación en la cual únicamente debíamos cambiar una válvula de bola de 2" por una válvula cheque de 2" a fin de que el gas que salga del pozo 832 y entre en la línea de recolección general de gas no regrese a la línea de PVC.

En el cabezal del pozo la instalación en funcionamiento estaba dispuesta de modo que el gas que sale por el anular, pase por una tubería de 1" y se una con el petróleo de producción en la línea de flujo con objeto de empujar el crudo que fluye. Esta instalación debió ser cambiada, cerrando primeramente las válvulas de inyección de gas y las de salida por el anular, ambas de compuerta y de 1".

Posteriormente se procedió al armado de las líneas de PVC, comenzando por la línea

de recolección general de gas, colocando las bridas a continuación de la válvula cheque, después un codo de radio largo de 45° y uno de radio corto de 45° profundizándonos de este modo en la zanja, los tubos de PVC vinieron a continuación siendo colocados estos en un número de 21, siendo necesario el cortar un tubo a la mitad para situarnos en la medida correcta hasta el cabezal del pozo, este trozo de tubería PVC no pudo ser roscado en torno como estuvo pensado al principio ya que no se disponía de tarraja, entonces tuvieron que ser ~~cortados~~  en tramos de 1.5 mts cada uno. Con un codo de 45° radio corto y uno de radio largo de 45° salimos nuevamente de la zanja para unirnos a la brida, y con un reductor de 2" a 1" de acero y una unión de PVC roscada nos conectamos a la tubería de 1" del cabezal.

Todas las uniones se realizaron con cinta de teflón y enrosque manual hasta el tope con ayuda de torque con llave de tubo de 24" hasta un cuarto de vuelta para apretar.

A continuación se cubrió la zanja con excepción de las uniones con la finalidad de inspeccionar el sello de ellas en la prueba de presión.

Este pozo entró luego en producción y al cabo de una semana se realizó una prueba hidrostática que resultó satisfactoria, los datos tomados en ella se pueden ver en la tabla 43.

Pozo 587

Para este pozo primeramente se abrió una zanja curva que unió el cabezal del pozo con la línea de recolección de gas para el pozo, esta zanja fue hecha con las siguientes medidas: 35 cm de ancho por 40 cm de profundidad, con una longitud de 38 metros que equivalieron a 6 tubos roscables de PVC de 6 metros de largo con sus respectivas uniones y un tramo adicional con el que se lograría la longitud total.

La línea de recolección de gas estaba desconectada y su extremo se hallaba **expuesto** al medio.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

En el cabezal del pozo la instalación de producción estaba dispuesta para swab, y el gas que sale por el anular iba libremente al exterior.

Se procedió al armado de las líneas de PVC, comenzando por el cabezal, poniendo una válvula de compuerta en las salidas del anular (wing), colocando las bridas a continuación de esta, después un codo de radio largo de 45° y uno de radio corto de 45° profundizándonos de este modo en la zanja, los tubos de PVC vinieron a continuación, siendo necesario el cortar un tubo para situarnos en la medida correcta hasta la línea de recolección de gas, este trozo de tubería PVC fue roscado en tarraja. Con un codo de 45° radio corto y uno de radio largo de 45° salimos nuevamente de la zanja para unirnos a la brida que fue adaptada al otro extremo.

Todas las uniones se realizaron con cinta de teflón y enrosque manual hasta el tope

con ayuda de torque con llave de tubo de 24” hasta un cuarto de vuelta para apretar.

A continuación se cubrió la zanja con excepción de las uniones con la finalidad de inspeccionar el sello de ellas en la prueba de presión.

Este pozo entró luego en producción y al cabo de una semana se realizó una prueba hidrostática que resultó satisfactoria, los datos tomados en ella se pueden ver en la tabla 44.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Pozo Ancón 1137

Para este pozo primeramente se abrió una zanja recta que unió el cabezal del pozo con el manifold de la zona, esta zanja fue hecha con las siguientes medidas: 35 cm de ancho por 40 cm de profundidad, con una longitud de 42 metros que equivalieron a 7 tubos roscables de PVC de 6 metros de largo con sus respectivas uniones.

La instalación del pozo Ancón 1137 era una tubería de acero que partía del cabezal del pozo hasta el manifold de la zona, el lugar a conectarse los tramos de PVC serían a continuación de la bifurcación que une el petróleo proveniente de subsuelo con el gas del mismo, y antes de la válvula cheque del manifold.

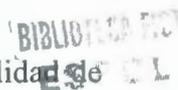
Posteriormente se procedió al armado de las líneas de PVC, comenzando por el cabezal, colocando las bridas a continuación de la bifurcación antes mencionada,

después un codo de radio largo de 45° y uno de radio corto de 45° profundizándonos de este modo en la zanja, los tubos de PVC vinieron a continuación, con un codo de 45° radio corto y uno de radio largo de 45° salimos nuevamente de la zanja para unirnos a la brida colocada antes de la válvula cheque.

Todas las uniones se realizaron con cinta de teflón y enrosque manual hasta el tope con ayuda de torque con llave de tubo de 24" hasta un cuarto de vuelta para apretar.



A continuación se cubrió la zanja con excepción de las uniones con la finalidad de inspeccionar el sello de ellas en la prueba de presión.



En este pozo se realizó una prueba hidrostática que no resultó satisfactoria pues se presentaron fugas en las uniones entre los tubos dos y tres y cuatro y cinco contados a partir del tubo más cercano al cabezal del pozo las cuales no permitieron mantener la presión de prueba (luego de alcanzar los 150 psi. ésta cayó a 100 psi. en 1 minuto).

Esto obligó a una reparación de las uniones lo cual consistió en un re-enrosque colocando esta vez una cantidad mayor de teflón lo que solucionó el problema; a continuación entró en producción el pozo, los datos tomados en la prueba se pueden ver en la tabla 45.

Pozo Ancón 1631.

Para este pozo primeramente se abrió una zanja curva que unió el cabezal del pozo con el manifold de la zona, esta zanja fue hecha con las siguientes medidas: 35 cm de ancho por 40 cm de profundidad, con una longitud de 78 metros que equivalieron a 7 tubos roscables de PVC de 6 metros de largo con sus respectivas uniones.

La instalación del pozo Ancón 1631 era una tubería de acero que partía del cabezal del pozo hasta el manifold de la zona, el lugar a conectarse los tramos de PVC serían a continuación de la bifurcación que une el petróleo proveniente de subsuelo con el gas del mismo, y antes de la válvula cheque del manifold.

Posteriormente se procedió al armado de las líneas de PVC, comenzando por el cabezal, colocando las bridas a continuación de la bifurcación antes mencionada, después un codo de radio largo de 45° y uno de radio corto de 45° profundizándonos de este modo en la zanja, los tubos de PVC vinieron a continuación, con un codo de 45° radio corto y uno de radio largo de 45° salimos nuevamente de la zanja para unirnos a la brida colocada antes de la válvula cheque.

Todas las uniones se realizaron con cinta de teflón y enrosque manual hasta el tope con ayuda de torque con llave de tubo de 24" hasta un cuarto de vuelta para apretar.

A continuación se cubrió la zanja con excepción de las uniones con la finalidad de



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

inspeccionar el sello de ellas en la prueba de presión.

En este pozo se realizó una prueba hidrostática que resultó satisfactoria y a continuación entró en producción, los datos tomados en la prueba se pueden ver en la tabla 46.

Pozo Sta. Paula 257

Para este pozo primeramente se abrió una zanja curva que unió el cabezal del pozo con el manifold de la zona, esta zanja fue hecha con las siguientes medidas de ancho por 40 cm de profundidad, con una longitud de 68 metros que equivalieron a 11 tubos roscables de PVC de 6 metros de largo y un tramo adicional de tubería de PVC para uniones soldables que utilizamos para alcanzar la longitud deseada con sus respectivas uniones y además un codo de 90° de radio largo igualmente para uniones soldables.

La instalación del pozo Santa Paula 257 era una tubería de acero que partía del cabezal del pozo hasta el manifold de la zona, el lugar a conectarse los tramos de PVC serían un tubo de acero a continuación del tubo curvo que le sigue a la válvula wing del tubing por el que pasa el petróleo proveniente de subsuelo, y antes de la válvula cheque de entrada al manifold.

Posteriormente se procedió al armado de las líneas de PVC, comenzando por el



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

cabezal, colocando las bridas a continuación del tubo antes mencionado, después un codo de radio largo de 45° y uno de radio corto de 45° profundizándonos de este modo en la zanja; los 11 tubos de PVC roscados fueron instalados, realizándose la unión con torque manual hasta lo más posible y torque con llave de tubo hasta un cuarto de vuelta para apretar, hecho esto con ayuda de cinta de teflón en las seis primeras uniones incluyendo los accesorios y permatex en las restantes (se presentó una situación peculiar en el enrosque de las uniones al utilizar permatex ya que solo con torque manual se llegaba hasta el tope de las roscas sin ser necesaria la ayuda de llaves), luego de ellos un codo de 90° radio largo de uniones soldables fue acoplado.



BIBLIOTECA
ESPOL

Para conectar el tubo roscado con el codo soldable previo hacer el bisel, fue necesario cortar uno de las roscas situadas en los extremos del tubo y lijarla transversalmente al eje del mismo tramo.

Se siguió con el caño corto y los codos de 45° radio corto y el 45° radio largo saliendo nuevamente de la zanja para unirnos a la brida colocada antes de la válvula cheque.

A continuación se cubrió la zanja con excepción de las uniones con la finalidad de inspeccionar el sello de ellas en la prueba de presión.

En este pozo se realizó una prueba hidrostática que no resultó satisfactoria ya que en

la unión situada entre el quinto y sexto tubos contados desde el tubo PVC más cercano al cabezal del pozo se presentó un ligero goteo que no permitía mantener la presión de prueba por mucho tiempo (al llegar a 150 psi. de presión esta se mantenía únicamente por 3 minutos) lo que obligó a realizarse una reparación en dicha unión, la cual consistió en el desarme del tramo, realizándose un nuevo enrosque pero esta vez colocándose a más de teflón también permatrix para presión con lo que se salvó la situación.

El pozo entró en producción un día después.

Los datos tomados en la prueba se pueden ver en la tabla 47.

Pozo Sta. Paula 244.

Para este pozo primeramente se abrió una zanja curva que unió el cabezal del pozo con el manifold de la zona, esta zanja fue hecha con las siguientes medidas: 35 cm de ancho por 50 cm de profundidad, con una longitud de 110 metros que equivalieron a 18 tubos soldables de PVC de 6 metros de largo con sus respectivas uniones y un tramo adicional para alcanzar la longitud deseada.

La instalación del pozo Santa Paula 244 era una tubería de acero que partía del cabezal del pozo hasta el manifold de la zona, el lugar a conectarse los tramos de PVC serían a continuación del segundo tubo de acero a continuación del tubo curvo

que le sigue a la válvula wing del tubing por el que pasa el petróleo proveniente de subsuelo, y antes de la válvula cheque de entrada al manifold.

Posteriormente se procedió al armado de las líneas de PVC, comenzando por el cabezal, colocando las bridas a continuación del tubo antes mencionado, un codo de radio largo de 45° y uno de radio corto de 45° con uniones roscadas usando cinta de teflón, permatex y enrosque manual hasta el tope profundizándonos de este modo en la zanja. Los 17 tubos de PVC con uniones hechas con soldadura solvente (cada uno fue limpiado en sus extremos con polilimpia previo la unión) fueron acoplados y a continuación un codo de radio largo de 90° soldable, un tubo de 6 metros y el tramo corto.



BIBLIOTECA TICT
ESPOL

Con un codo de 45° radio corto y uno de radio largo de 45° roscados con cinta de teflón, permatex y enrosque manual salimos nuevamente de la zanja para unirnos a la brida colocada antes de la válvula cheque.

A continuación se cubrió la zanja con excepción de las uniones con la finalidad de inspeccionar el sello de ellas en la prueba de presión.

La prueba hidrostática que resultó satisfactoria se realizó al día siguiente luego de esperar que seque la soldadura solvente y a continuación entró en producción.



FACULTAD DE ING.
CIENCIAS DE LA TIERRA

Los datos tomados en la prueba se pueden ver en la tabla 48.

5.3 PRUEBAS, ENSAYOS Y EVALUACIONES

Con el objeto de tener una mejor perspectiva de la factibilidad o no del uso de materiales termoplásticos en la conducción de hidrocarburos en los pozos de prueba, nos sólo nos basaremos en el hecho de si existieran fugas en los tramos PVC, sino que se hace necesario tomar una muestra de tubería para ser analizada en laboratorio para determinar la variación existente (si la ha habido) en sus características tomando como referencia las características iniciales de la tubería antes de su instalación en cada uno de los pozos.



Para el efecto se retira de cada pozo piloto un tubo de PVC y una de sus uniones siendo estas reemplazadas por una nueva del mismo material.

Cada uno de estos tubos con fines de transportación fue cortado en partes iguales de 1.5 mts aproximadamente señalando en ellos el sentido del flujo, la posición del tubo de acuerdo a su colocación en el tendido, y el número del pozo y fueron enviados a los laboratorios Plastigama para que sean realizadas en ellas las siguientes pruebas:

- Inspección visual.
- Dimensiones.
- Ensayos mecánicos.
- Ensayos físicos.

5.3.1 INSPECCION VISUAL

Las pruebas de inspección visual consisten principalmente en la revisión superficial de cada una de las muestras de tubería a fin de tratar de encontrar fallas en su constitución física en cuyo caso la muestra podría o no cumplir con los requisitos de control de calidad basándose esto en la cantidad de fallas y su incidencia a futuro en el rendimiento de la tubería.

Las pruebas en si son tres:

- Homogeneidad de superficie.
- Grietas y excoiaciones.
- Opacidad.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

La homogeneidad de superficie.- es la parte en la cual la muestra es sometida a una observación rigurosa con el objeto de determinar si luego del tiempo de trabajo de la tubería, esta aún mantiene la misma apariencia en todas sus partes tanto internas como externas, para lo cual la tubería ha sido cortada por la mitad.

Grietas y excoiaciones.- Como su nombre lo indica es una prueba en la cual se trata de detectar grietas o excoiaciones a lo largo de la tubería.

Opacidad.- es una prueba que busca hallar si la coloración y el brillo tanto interno como externo no ha sufrido mayor variación, la cual podría ser resultado de varios

factores que en un futuro podrían incidir en el rendimiento de la tubería por ejemplo la exposición continua y prolongada al sol, reacciones químicas de la tubería con otros productos.

5.3.2 DIMENSIONES

Son pruebas igualmente sencilla y que no requieren de mayores equipos a no ser más de elementos de medición. Estas son:

- Diámetro exterior medio.
- Ovalamiento.
- Espesor de pared.
- Rugosidad.
- Peso del tubo.



BIBLIOTECA HISTÓRICA
ESPOL

Diámetro exterior medio del tubo.- no es más que la medición en varios puntos de la muestra del diámetro externo del tubo, la posición exacta en la cual se realiza estas mediciones es aleatoria, tratando siempre de tener con ellas una homogeneidad a lo largo de la longitud de la muestra. Para que se consideren resultados satisfactorios la media aritmética de las mediciones deben estar dentro de un rango predeterminado por la fórmula:

$$D + X$$

Donde X debe ser menor ó igual a 0.3 mm. ó 0.003 D redondeado al 0.1 mm. más alto.

Ovalidad.- es un procedimiento en el cual se busca mediante una medición continua en algunos puntos de la muestra, las cuales deben ser representativas de los tramos, determinar el máximo ovalamiento de la tubería donde la media aritmética del total debe estar dentro de un rango dado por:

$$t = D_p - D = 0.5 \text{ mm.}$$

$$t = D_p - D = 0.12 \text{ mm.}$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Tomándose el valor más alto obtenido por las dos expresiones.

Espesor de la pared del tubo.- es la medición en la cual se determina mediante la ayuda de calibradores Vernier el espesor de las paredes de la tubería, tomadas en algunos puntos escogidos a lo largo de la longitud del tubo. La media aritmética de las mediciones debe estar dentro de un rango dado por:

$$E = \frac{e_{\text{max.}} - e_{\text{min.}}}{e_{\text{min}}} \times 100\%$$

La excentricidad no deberá exceder del 12%.

Rugosidad.- Como su nombre lo indica es una prueba en la que se trata de medir el porcentaje de rugosidad de la tubería. Se lo efectúa mediante un sensor de espesores

el cual es pasado por la superficie externa del tramo previamente humedecido con gotas de agua y midiendo el espesor a lo largo del mencionado tramo, tomándose como datos el menor y el mayor valor con los cuales y con la ayuda de la fórmula a continuación se obtendrá el parámetro buscado.

$$R = 2 * \frac{(E \text{ max.} - E \text{ min.})}{E \text{ min.} + E \text{ max.}} * 100\%$$

Peso del tubo.- en esta parte de las pruebas se realiza el pesado de las muestras en donde la media aritmética del peso por unidad de longitud debe estar por debajo de un valor límite predeterminado.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

5.3.3 ENSAYOS MECANICOS

El propósito de estos ensayos es determinar ciertas propiedades mecánicas de la tubería a través de las muestras, son realizados mediante maquinaria especializada.

Estos son:

- Impacto RVI.
- Presión hidrostática interna.

Impacto RVI.- es una prueba en la cual se debe llevar cada una de las muestras a los 20° C, y mediante la ayuda de una máquina denominada “de impacto”, se la somete a continuos golpes de un peso denominado percutor desde alturas que varían de acuerdo al diámetro de las muestras, esto se hace hasta llegar a la prueba con una

altura máxima que de no conseguir el fallado de la tubería se considera exitosa. El número de probetas falladas dividido para el número total de impactos no excederá del 10%.

Presión hidrostática interna.- es una prueba muy común incluso realizada en situ en las locaciones de tendido de tramos pero con la diferencia de que en laboratorio se la realiza sobre muestras pequeñas en tanto que en el campo es sobre los tramos completos de tubos ya acoplados entre si para verificar las condiciones de las uniones.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

En general, se llena la muestra con agua eliminando el aire del interior mediante una purga; luego se va incrementando moderadamente la presión hasta llegar a un valor predeterminado (que varía de acuerdo con el diámetro de la muestra utilizada) que se mantiene por cierto tiempo para observar posibles fisuras o fallado de la muestra a lo largo de ella o en uniones.

5.3.4 ENSAYOS FISICOS

Son pruebas con las que se pretende llegar a encontrar ciertas propiedades físicas que ayudarán a estimar el rendimiento de las tuberías en los trabajos para los cuales serían destinadas. Estas son:

- Temperatura de ablandamiento Vicat.

- Reversión longitudinal.
- Calentamiento.
- Diclorometano.

Temperatura de ablandamiento Vicat.- en este ensayo se pretende hallar la temperatura en grados centígrados a la que se produce la penetración de 1 mm. en un espécimen o muestra de 5 cm. de longitud por 1 a 2 cm. de ancho y 2, 4 y 6 mm. de espesor colocado bajo la punta del penetrador o aguja montada en un instrumento compuesto de una varilla provista de una placa porta carga para un peso de 5 Kg. sostenida de un marco metálico que permite el movimiento libre de la varilla en dirección vertical. Durante el tiempo de ensayo la temperatura se incrementa linealmente con el tiempo.

Reversión longitudinal.- es un método en el cual se trata de determinar la reversión longitudinal en tramos, manteniendo una muestra en un baño a temperatura constante, y midiendo la separación que aparece entre dos marcas que fueron previamente colocadas y medidas a temperatura ambiente. La reversión longitudinal vendrá dada entonces por la fórmula:

$$T = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

Donde:

T es la variación longitudinal de la muestra en %

$$\Delta L = L - L_0$$

L_0 es la distancia entre marcas antes de la prueba.

L es la distancia entre marcas después de la prueba.

Calentamiento.- aquí se procede a calentar una muestra a 180°C por 30 minutos, luego de lo cual se examinará si existen burbujas, fisuras o delaminación al seccionar la muestra del tubo en diferentes lugares.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Resistencia al diclorometano.- la determinación de la calidad de extrusión de los tubos se la comprueba por inmersión de muestras en diclorometano.

Las mismas de aproximadamente 5 cm. de longitud cada una se sumergen en diclorometano durante 30 minutos a 23°C luego de lo cual no deben presentar delaminación ni desintegración.

5.4 RESULTADOS Y PROTOCOLO DE LAS PRUEBAS

Con objeto de poder comparar los resultados de la tubería a utilizarse antes y después de ser instalados se hicieron pruebas de control de calidad a testigos de dos tramos PVC sin utilizarse. Los datos están a continuación:

Primer tramo

Ver tabla 49.

Vemos en la tabla que la ovalidad está al límite permisible.

Segundo tramo

Ver tabla 50.

Pozo Ancón 832.

De este pozo se retiraron dos testigos.

Tubo retirado contado desde la cabeza del pozo.- 1er tubo (posterior a **ESPOL** de 1 ½ mts. cada uno) y 2do tubo.

Tiempo de prueba.- 64 días y 231 días.

Tipo de unión.- roscada.

Primer testigo

Ver tabla 51

La ovalidad del tramo es ligeramente mayor al estándar permitido.

Segundo testigo

Ver tabla 52

La línea se encuentra en estado funcional, transportando gas desde la cabeza del pozo hasta la línea de recolección general de gas que servirá para la continuación del



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

ciclo del proceso de gas lift.

Ninguno de sus tramos ha fallado, ni tubería ni accesorios.

Pozo Ancón 587

De este pozo se tomaron dos testigos para realizarse las pruebas.

Tubo contado desde la cabeza del pozo.- 5to tubo y 3er tubo.

Tiempo de prueba.- 58 días

Tipo de unión.- roscada.

Primer Testigo

Ver tabla 53.

El espesor de pared es menor que el permitido. En este pozo no se nota presencia de abrasión en el tubo, además la rugosidad del mismo está entro del estándar.

Segundo Testigo.

Ver tabla 54.

El espesor de pared es menor que el permitido al igual que el resultado del testigo anterior.

Durante la tercera semana de funcionamiento una de las unidades de pistoneo de pozos (swab) dañó severamente las bridas de unión acero – PVC, un codo de 45° radio largo y la rosca de un tramo de tubería de 6 metros, a la vez que la gerencia de operaciones de la compañía C.G.C. decidió unir la línea de recolección de gas de la



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

sección con la salida de otro pozo que produjo más gas, lo que obligó al inmediato levantamiento de todos los tubos PVC para evitar su sustracción.

Pozo Ancón 1137

De este pozo se tomaron dos testigos.

Tubo contado desde la cabeza del pozo.- 1er tubo y 2do tubo

Tiempo de prueba.- 49 días y 231 días

Tipo de unión.- roscada.

Primer testigo

Ver tabla 55.

El espesor de pared se encuentra en el límite permisible.

Segundo testigo

Ver tabla 56.

Al momento la línea de flujo no se encuentra en estado funcional, ya que la Gerencia de Operaciones de C.G.C. decidió cambiar su modo de producción de gas lift a swab debido a una disminución en el aporte diario de crudo.

Ninguno de sus tramos ha fallado, ni tubería ni accesorios.

Pozo Ancón 1631

De este pozo se tomaron dos testigos.



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

Tubo contado desde la cabeza del pozo.- 1er tubo y 2do tubo.

Tiempo de prueba.- 49 días y 231 días.

Tipo de unión.- roscada.

Primer testigo

Ver tabla 57.

La ovalidad se encuentra al límite permisible.

Segundo testigo

Ver tabla 58.

Se encuentra en estado funcional, transportando petróleo desde la cabeza del pozo hasta el manifold de distribución a cada uno de los separadores.

Ninguno de sus tramos ha fallado, ni tubería ni accesorios.

Pozo Santa Paula 257

De este pozo se tomaron tres testigos.

Tubo contado desde la cabeza del pozo.- 1er tubo, 2do tubo y 3er tubo.

Tiempo de prueba.- 36 días, 119 días y 231 días.

Tipo de unión.- roscada y soldable.

Primer Testigo

Ver tabla 59.

La ovalidad es ligeramente mayor que el estándar permisible.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

El espesor de pared es menor que el permisible. No se nota presencia de abrasión a lo largo del tramo, además la rugosidad está dentro del límite permisible.

Segundo testigo

Ver tabla 60.

Se encuentra en estado funcional, transportando petróleo desde la cabeza del pozo hasta el manifold de distribución a cada uno de los separadores.

Tercer testigo

Ver tabla 61.

En este pozo se tuvo un inconveniente a la tercera semana de funcionamiento ya que la línea reventó cuando en la cabeza del pozo se marcaban 80 psi de presión, el daño de la línea fue por estallido y se dio en la primera unión roscable situada a continuación del codo de 45° radio largo más cercano al cabezal.

La unión se hallaba cortada a través de una de sus líneas longitudinales (las uniones roscadas tienen dos líneas longitudinales una de ellas es una junta uniforme a lo largo de toda la unión indicando el lugar en el que se unió el material inyectado para fabricarlo y la otra que presenta un punto que indica el lugar de inyección del PVC; la línea fallada era esta última).



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Las roscas de la unión se hallaban en perfecto estado al igual que las del tubo al que estaban acopladas.

En este accesorio se usó cinta de teflón y permatex y no se utilizaron llaves de tubo para apretar.

Pozo Santa Paula 244

De este pozo se tomaron tres testigos para ser realizadas las pruebas:

Tubo contado desde la cabeza del pozo.- 1er tubo, 2do tubo y 4to tubo

Tiempo de prueba.- 36 días, 119 días y 231 días

Tipo de unión.- soldada



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Primer Testigo

Ver tabla 62.

Segundo Testigo

Ver tabla 63.

El espesor de pared es menor que el permisible. No se nota presencia de abrasión en el tramo, la rugosidad está dentro del límite permisible.

Tercer testigo

Ver tabla 64.

Se encuentra en estado funcional, transportando petróleo desde la cabeza del pozo hasta el manifold de distribución a cada uno de los separadores.

Ninguno de sus tramos ha fallado, ni tubería ni accesorios.

Uniones

Se le realizaron pruebas de presión hidrostática a los tipos de uniones usadas en los pozos y los resultados que se obtuvieron fueron:

Tipo roscada.- Se produjo rotura del accesorio a 1050 Psi.

Tipo soldable.- Se produjo rotura a 1240 Psi.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Luego del análisis de cada una de las pruebas realizadas a las tuberías de PVC que fueron tomadas como muestras para la determinación de sus características se puede decir de cada uno de los pozos lo siguiente:

Pozo	Prueba
A832	exitosa
A587	exitosa
A1137	exitosa
A1631	exitosa
SP257	exitosa
SP244	exitosa

Ya que ninguna de las características mecánicas se han visto alteradas.

5.4.1 ANALISIS Y EVALUACION COMPARATIVA DE TUBERIA PVC VS ACERO

Luego de tener todos estos antecedentes acerca de las tuberías termoplásticas más específicamente hablando PVC, podemos darnos cuenta que el uso de este material para la conducción de hidrocarburos es una alternativa que genera muy buenos resultados en el ambiente técnico e incluso en el ámbito económico puesto que todas y cada una de las líneas de transportación instaladas durante el proyecto cumplieron finalmente el objetivo esperado, sin problemas de ninguna clase y con un costo que representa una gran diferencia en comparación con trabajos con tuberías de acero.

A continuación se presentan datos comparativos que buscan establecer similitudes y diferencias entre trabajos de campo con las dos clases de tubería.

COSTOS DE PROYECTO

Materiales

Los materiales a continuación son los mismos para los pozos Ancón 832, Ancón 587, Ancón 1137 y Ancón 1631 así que sólo se los mencionará una vez en los costos:

ITEM	Costo (S/)
Arco sierra	22000
Cepillo de acero	8000

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Combo de acero de 12 lbs.	60000
Cinta métrica de 30 mts.	75000
Grasa # 2	40000
Guantes de lana	72000
Guantes de caucho	20000
Teflón. 3 cajas.	18.000
2 Llaves de tubo 14"	81000
Llave de tubo 24"	250000
Llave de tubo 36"	650000
Llave de cadena 24"	235000
2 Palas puntonas con mango	96000
Zapapico con mango	52000
TOTAL	S/. 1'679.000



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

En los pozos Santa Paula 257 y Santa Paula 244 además de los materiales anteriores se necesitaron:

ITEM	Costo (S/.)
3 Brochas 1"	9000
3 Brochas 2"	13500
Lija para madera	15000
Lima cuadrada 10"	28000
TOTAL	S/. 65.500

TOTAL GENERAL S/. 1'744.500

Para cada uno de los pozos en los cuales se trabajó los costos de tubería, accesorios, instalación y transporte son los siguientes:

Pozo Ancón 832

Tubería y accesorios

ITEM	Costo (S/)
Tubería PVC	4'085.000
Codos 45° radio corto	152.000
Codos 45° radio largo	66.000
Unión roscable	1'064.900
Bridas	163.600
Total materiales	5'561.500

Instalación

Mano de obra S/. 285000

Transporte

Camioneta S/. 15000



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

Pozo Ancón 587**Materiales**

ITEM	Costo (S/)
Tubería PVC	1'203.333
Codos 45° radio corto	228.000
Codos 45° radio largo	99.000
Unión roscable	277.800
Bridas	163.600
TOTAL	1'971.733

**Instalación**

Mano de obra S/. 185000

Transporte

Camioneta S/. 15000

Pozo Ancón 1137**Materiales**

ITEM	Costo (S/)
Tubería PVC	1'330.000
Codos 45° radio corto	152.000

Codos 45° radio largo	66.000
Unión roscable	277.000
Bridas	163.600
TOTAL	1'988.600

Instalación

Mano de obra	S/. 185000
--------------	------------

Transporte

Camioneta	S/. 15000
-----------	-----------

Pozo Ancón 1631**Materiales**

ITEM	Costo (S/)
Tubería PVC	2'470.000
Codos 45° radio corto	152.000
Codos 45° radio largo	66.000
Unión roscable	555.600
Bridas	163.600
TOTAL	3'407.200

Instalación

Mano de obra	S/. 185000
--------------	------------



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

Transporte

Camioneta	S/. 15000
-----------	-----------

Pozo Santa Paula 257**Materiales**

ITEM	Costo (S/)
Tubería PVC	2'153.333
Codos 45° radio corto	152.000
Codos 45° radio largo	66.000
Codo 90° radio largo	33.000
Unión roscable	509.300
Unión soldable	26.400
Bridas	163.600
Polilimpia	25.000
Polipega	50.000
TOTAL	3'178.633



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Instalación

Mano de obra	S/. 335000
--------------	------------

Transporte

Camioneta	S/. 25000
-----------	-----------

Pozo Santa Paula 244**Materiales**

ITEM	Costo (S/)
Tubería PVC	3'467.500
Codos 45° radio corto	152.000
Codos 45° radio largo	66.000
Codo 90° radio largo	33.000
Unión roscable	92.600
Unión soldable	501.600
Bridas	163.600
Polipega	50.000
Polilimpia	25.000

TOTAL **4'551.300**

Instalación

Mano de obra S/. 335000

Transporte

Camioneta S/. 25000



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

A continuación vienen tabuladas las comparaciones entre opciones de instalación de tuberías de acero y PVC para conducción de hidrocarburos.

Cabe indicar que:

- Que el rendimiento contempla las actividades desde excavación, acoplamiento y rellenos de las zanjas.
- Para el valor del rendimiento de instalación se tomó en cuenta a un solo hombre como instalador.
- Que al hablar de equipos en la tubería de acero se habla del limpiador con chorro de arena.



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Pozo Ancón 832

PARTIDAS DEL PRESUPUESTO	TUBERIA PVC D=2"	TUBERIA DE ACER API 5L GRADO B	DIFERENCIA PORCENTUAL
RENDIMIENTO DIARIO (m.)	40	20	150
COSTO DE ADQUISICION (\$/m.)	5.19125	9.9493	192
TRANSPORTE (\$/m.)	0.019	0.573	3016
MATERIALES (\$/m.)	2.13	1.95	82
EQUIPOS (\$/m.)	0.00	7.42	***
MANO DE OBRA (\$/m.)	0.362	3.01	832
COSTO TOTAL (\$/m)	7.70225	22.9023	317

Pozo Ancón 587

PARTIDAS DEL PRESUPUESTO	TUBERIA PVC D=2"	TUBERIA DE ACER API 5L GRADO B	DIFERENCIA PORCENTUAL
RENDIMIENTO DIARIO (m.)	40	20	150
COSTO DE ADQUISICION (\$/m.)	5.19125	9.9493	192
TRANSPORTE (\$/m.)	0.0647	1.947	3009
MATERIALES (\$/m.)	7.24	6.6	91
EQUIPOS (\$/m.)	0.00	7.42	***
MANO DE OBRA (\$/m.)	1.056	3.01	285
COSTO TOTAL (\$/m)	13.55195	28.9263	213

Pozo Ancón 1137

PARTIDAS DEL PRESUPUESTO	TUBERIA PVC D=2"	TUBERIA DE ACER API 5L GRADO B	DIFERENCIA PORCENTUAL
RENDIMIENTO DIARIO (m.)	40	20	150
COSTO DE ADQUISICION (\$/m.)	5.19125	9.9493	192
TRANSPORTE (\$/m.)	0.057	1.762	3091
MATERIALES (\$/m.)	6.55	5.98	91
EQUIPOS (\$/m.)	0.00	7.42	***
MANO DE OBRA (\$/m.)	0.956	3.01	315
COSTO TOTAL (\$/m)	12.75425	28.1213	220

Pozo Ancón 1631

PARTIDAS DEL PRESUPUESTO	TUBERIA PVC D=2"	TUBERIA DE ACER API 5L GRADO B	DIFERENCIA PORCENTUAL
RENDIMIENTO DIARIO (m.)	40	20	150
COSTO DE ADQUISICION (\$/m.)	5.19125	9.9493	192
TRANSPORTE (\$/m.)	0.031	0.937	3023
MATERIALES (\$/m.)	3.52	3.21	91
EQUIPOS (\$/m.)	0.00	7.42	***
MANO DE OBRA (\$/m.)	0.778	3.01	387
COSTO TOTAL (\$/m)	9.52025	24.5263	258

Pozo Santa Paula 257

PARTIDAS DEL PRESUPUESTO	TUBERIA PVC D=2"	TUBERIA DE ACER API 5L GRADO B	DIFERENCIA PORCENTUAL
RENDIMIENTO DIARIO (m.)	40	20	150
COSTO DE ADQUISICION (\$/m.)	5.19125	9.9493	192
TRANSPORTE (\$/m.)	0.036	1.09	3028
MATERIALES (\$/m.)	3.97	3.49	88
EQUIPOS (\$/m.)	0.00	7.42	***
MANO DE OBRA (\$/m.)	0.904	3.01	333
COSTO TOTAL (\$/m)	10.10125	24.9593	247

Pozo Santa Paula 244

PARTIDAS DEL PRESUPUESTO	TUBERIA PVC D=2"	TUBERIA DE ACER API 5L GRADO B	DIFERENCIA PORCENTUAL
RENDIMIENTO DIARIO (m.)	50	20	160
COSTO DE ADQUISICION (\$/m.)	5.19125	9.9493	192
TRANSPORTE (\$/m.)	0.022	0.673	3059
MATERIALES (\$/m.)	2.55	2.24	88
EQUIPOS (\$/m.)	0.00	7.42	***
MANO DE OBRA (\$/m.)	0.558	3.01	539
COSTO TOTAL (\$/m)	8.32125	23.2923	280

**ANALISIS DE COSTOS PARA LA INSTALACION DE TUBERIA PVC
EN UN POZO DE LOS CAMPOS ING. GUSTAVO GALINDO VELASCO**

PARTIDAS DEL PRESUPUESTO	TUBERIA PVC D=2"	TUBERIA DE ACER API 5L GRADO B	DIFERENCIA PORCENTUAL
RENDIMIENTO DIARIO (m.) *	40	20	150
COSTO DE ADQUISICION (\$/m.)	5.19125	9.9493	192
TRANSPORTE (\$/m.)	0.0382	1.163	2845
MATERIALES (\$/m.)	4.33	3.911	90
EQUIPOS (\$/m.)	0.00	7.42	***
MANO DE OBRA (\$/m.)	0.769	3.01	391
COSTO TOTAL (\$/m)	10.32845	25.4533	246

* Para uniones soldables el rendimiento diario para PVC es de 50 m.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



1. El Polivinil cloruro o PVC es uno de los materiales termoplásticos utilizados dentro de la industria petrolera que ha dado buenos resultados en la conducción de hidrocarburos.
2. La tubería de Polivinil cloruro representa una más rápida instalación en el campo y es más manejable en cuanto a su transportación.
3. El PVC presenta claramente una alta resistencia contra los agentes externos que conllevan a la corrosión por oxidación de las tuberías clásicas de conducción de hidrocarburos.
4. El PVC es un material que durante todo el tiempo, desde que empezó la prueba y hasta el momento no ha mostrado ni en el interior de las tuberías, ni en los accesorios, ningún tipo de adherencias a pesar de haber estado sometido a la conducción de fluidos incrustantes a diferencia de los accesorios y tuberías de acero cercanas en las que la parafina y la arena formaban costras de una alta

dureza que disminuyen su diámetro interno. (Pozos Santa Paula 257 y 244 casos más extremos).

5. Las tuberías de PVC tienen una alta resistencia a la corrosión y al desgaste por reacciones químicas con los hidrocarburos que pasaban a través de ellas.



6. Las tuberías de PVC tienen una gran resistencia a la abrasión producida por el acarreo de arena de formación, durante el transporte de hidrocarburos.



7. Las uniones bridadas que sirvieron de conexión entre acero y PVC cumplieron su objetivo en todo momento, y según las revisiones realizadas en ellas, la parte termoplástica se encuentra en las excelentes condiciones tales como las que tenía al empezar las pruebas, a diferencia de sus similares de acero que en el campo Santa Paula ya notaban desgaste por abrasión en la cara que recibe el flujo.

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

8. Por el punto anterior se ve que es mejor colocar las bridas PVC de modo que su cara esté en posición contraria al sentido del flujo para evitar desgaste de los accesorios de acero por abrasión.

9. Al realizar el enrosque de los tramos de tubería o de accesorios es recomendable el combinar el uso de teflón con permatex, dándole primeramente 3 vueltas de teflón en las roscas de entrada hasta dar finalmente 7 vueltas en las de ajuste, y la

cantidad de permatex a aplicarse debe ser tal como para que quepa en el dedo índice y debe ser extendida alrededor de las roscas de ajuste únicamente para asegurar un buen sello.

10. Si sólo se usase permatex la cantidad será equivalente al triple y extendida a lo largo y ancho de toda la rosca, en cuyo caso no se deberán usar llaves para hacer el ajuste ya que con la lubricación generada por la pasta, manualmente se llega al tope de las roscas.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

11. En enrosque de tuberías o accesorios los procedimientos óptimos se dan haciéndolo primeramente en forma manual hasta sentir ajuste, luego con llaves girar de un cuarto a media vuelta más, de acuerdo a como vea mejor el instalador en ese caso en particular. (Aplicable sólo cuando se usa teflón).
12. En locaciones no cercanas a cruces de vehículos la profundidad recomendable de la zanja en la cual se colocará la tubería debe ser de por lo menos 30 cm. en los otros casos podría ser el mismo más un encamisado de acero ó una zanja de por lo menos 50 cm.
13. Las tuberías PVC presentan una gran flexibilidad y dan facilidades en la instalación pues en ciertos casos no se hace necesario el uso de codos, pero si el ángulo al cual se haría girar a cada tramo para alcanzar un objetivo es mayor a 5°

es mejor la colocación de accesorios como bifurcaciones o codos para evitar fisuras a largo plazo.

14. La unión cementada solvente no presenta ninguna alteración al contacto con petróleo ni con gas, lo cual conlleva a que si se realizan convenientemente las instalaciones tanto de uniones roscadas como cementadas solvente ambas son igualmente recomendadas no siendo ninguna de ellas mejor que la otra.



BIBLIOTECA DE
ESPOL

15. Cuando se usan uniones de tipo cementado solvente el tiempo mínimo antes de que el petróleo o gas pueda circular es de 3 horas, al cabo de las cuales las válvulas de paso que permitirán obtención de producción deben ser abiertas gradualmente para evitar reventones de la tubería.

16. Cuando se extrae un testigo de tubería PVC con el objeto de realizar pruebas de control de calidad es conveniente hacerlas dentro de las dos primeras semanas posteriores a la extracción del testigo para poder tener las muestras frescas.

17. Los resultados de las pruebas de control de calidad fueron satisfactorias todas y cada una de ellas.

18. Las especificaciones mencionadas en las tablas de resultados de las pruebas de control de calidad son estándares tomados para tubería de presión de dos

pulgadas PVC y el hecho de que algunos resultados de pruebas como el espesor de pared, diámetro externo u ovalidad no estén dentro de ellas o se halle al límite se debe al hecho de que el tipo de tubería usada en este proyecto fue fabricada de esa manera.



19. En todos y cada uno de los pozos en los cuales se utilizó tubería PVC para transportar hidrocarburos esta alternativa es más conveniente que la anterior de acero.

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

20. En general la opción de tubería de cloruro de polivinilo es más económica en la relación 1 a 2.5 veces comparada con sus similares de acero para transportar hidrocarburos en los campos Ing. Gustavo Galindo Velasco.



BIBLIOTECA
ESPOL

APENDICES

APENDICE A

FIGURAS



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

Figura # 1.1

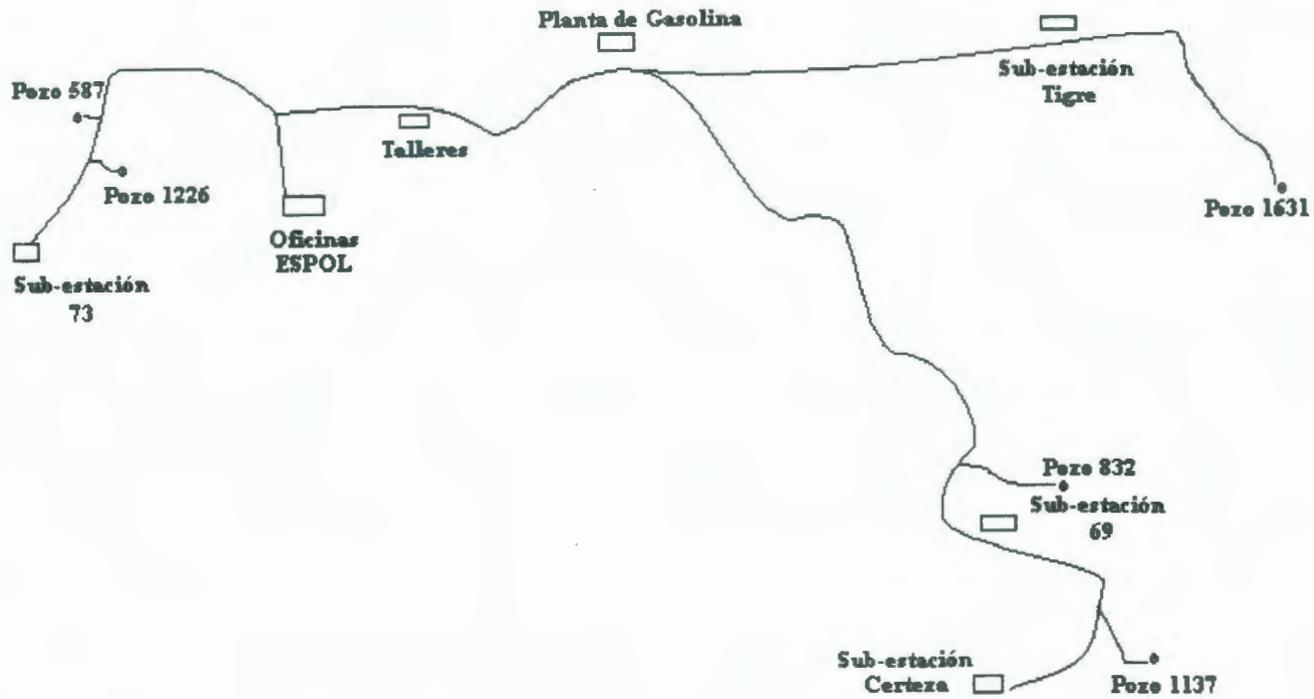


GRAFICO DE UBICACION DE LOS POZOS DE ANCON



Figura # 1.2

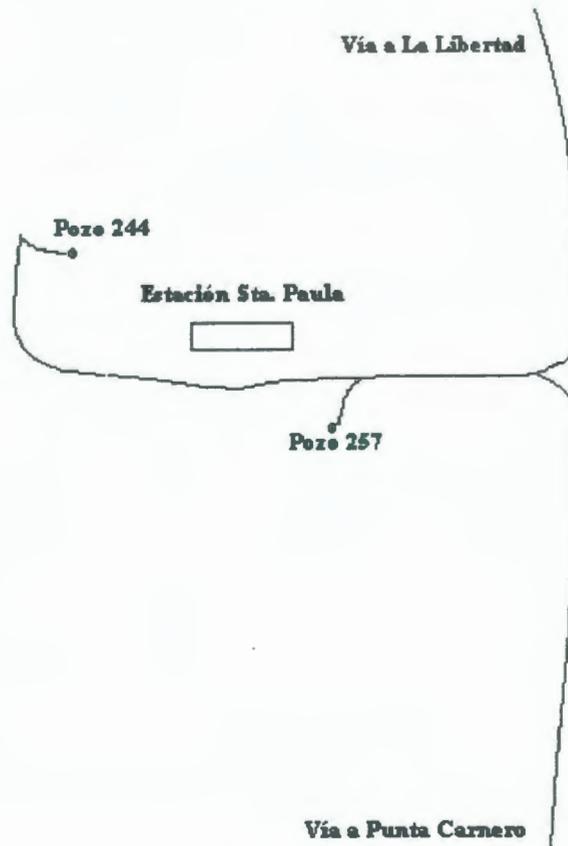


GRAFICO DE UBICACIÓN DE LOS POZOS DE SANTA PAULA



FIGURA # 1.3

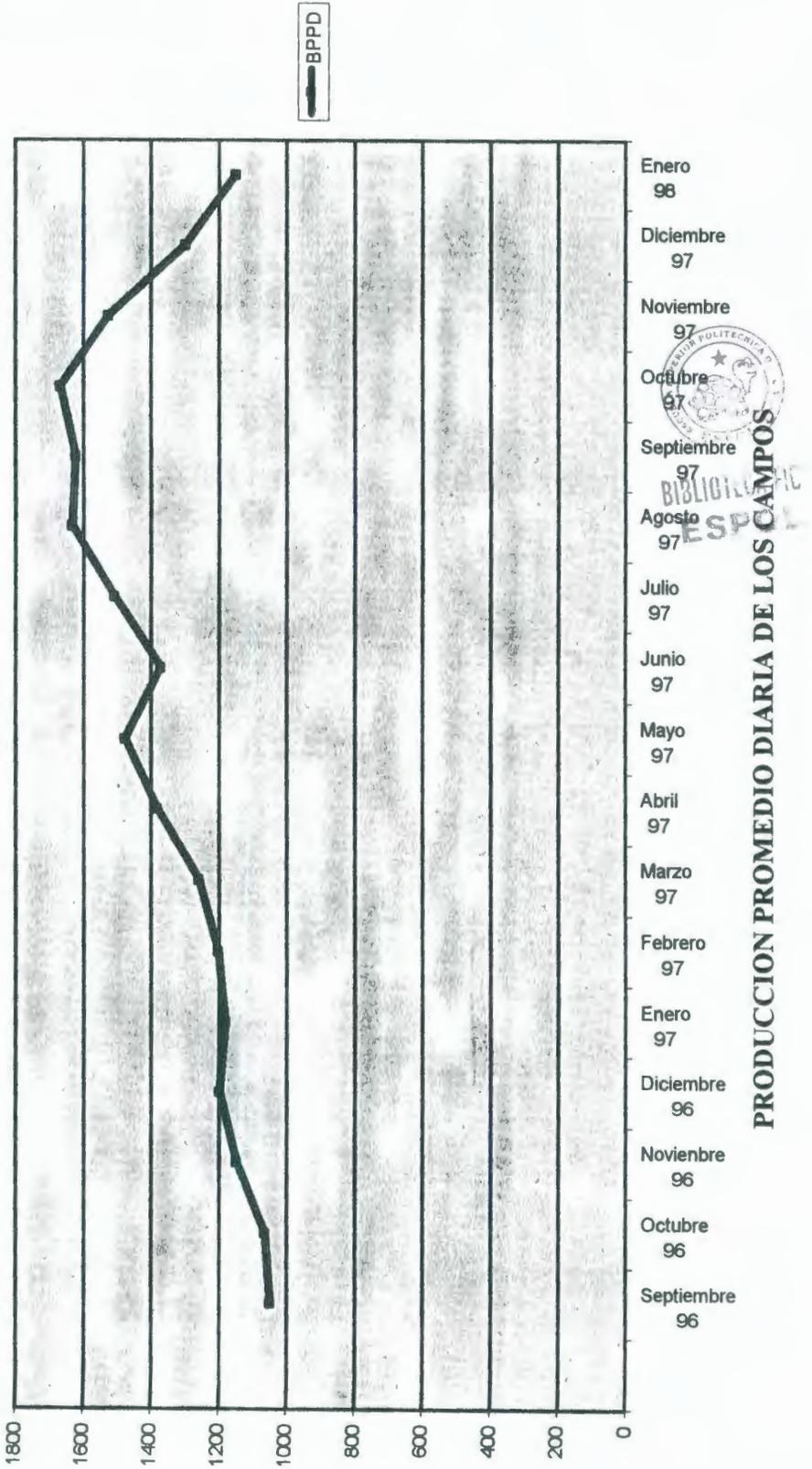
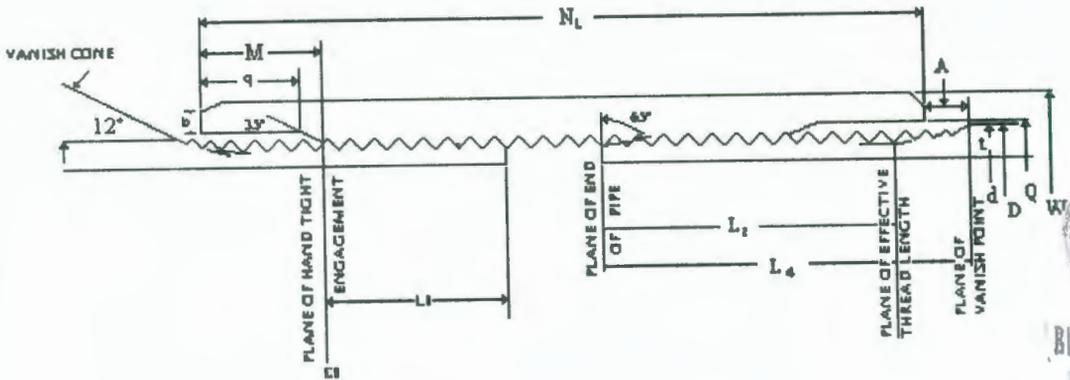


Figura # 2.1



BIBLIOTECA
ESFCL

GRAFICO AUMENTADO DEL ASPECTO DE LAS ROSCAS DE TUBERIA DE ACERO

Figura # 2.2

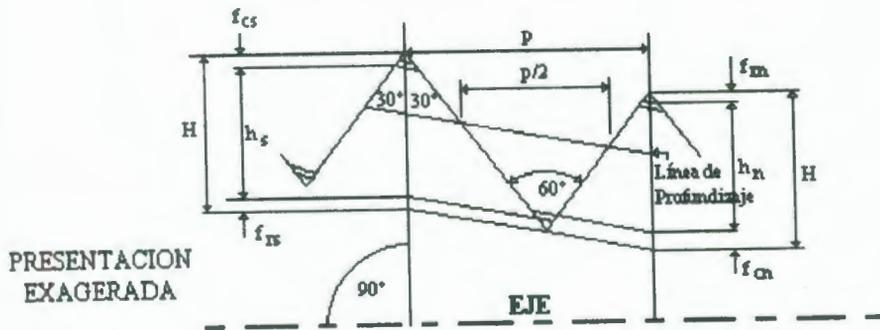
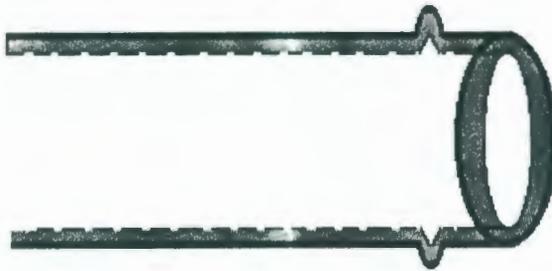


GRAFICO DEL ASPECTO DE CADA ROSCA EN LOS ACOPLER DE TUBERIA DE ACERO

Figura # 3.1



**EXTREMO DE TUBERIA DE
SELLADO ELASTOMERICO**



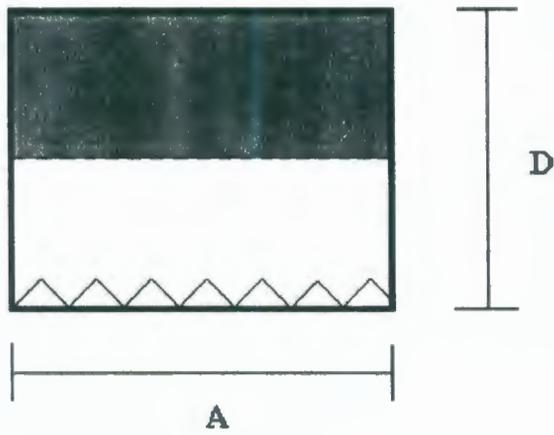
**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

Figura # 3.2



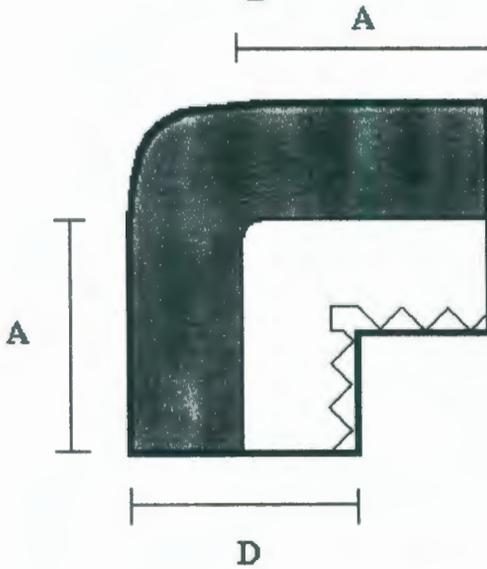
**DETALLE DE ANILLO
ELASTOMERICO**

Figura # 3.3



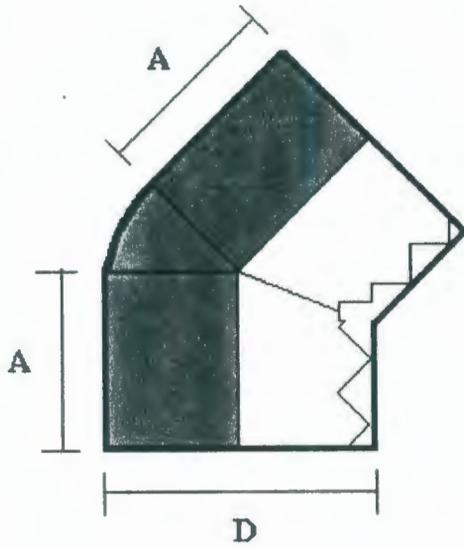
UNION ROSCABLE

Figura # 3.4



CODO DE 90 RADIO CORTO

Figura # 3.5

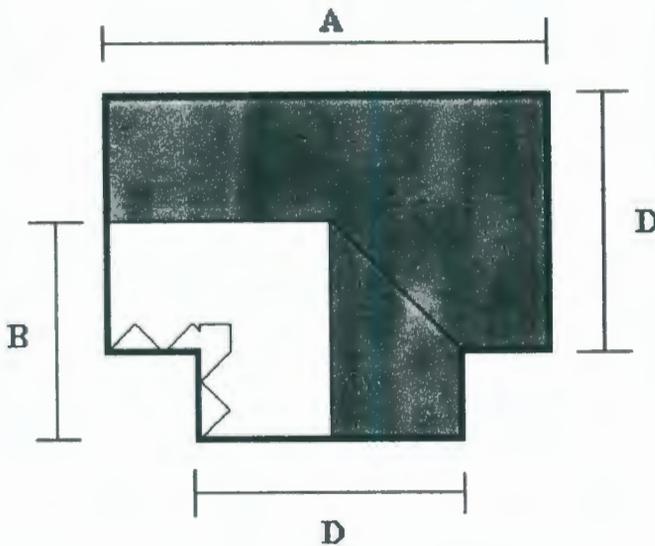


CODO DE 45 RADIO CORTO



**BIBLIOTECA FIC
ESPOL**

Figura # 3.6



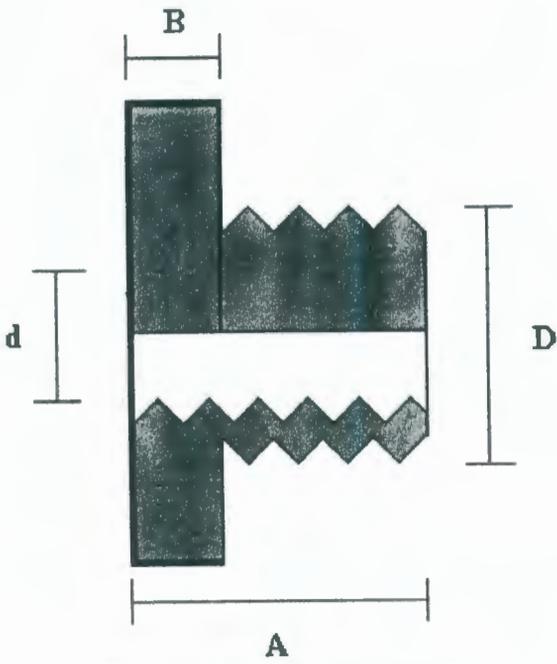
TEE

BIBLIOTECA



**FACULTAD DE ING.
EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

Figura #3.7

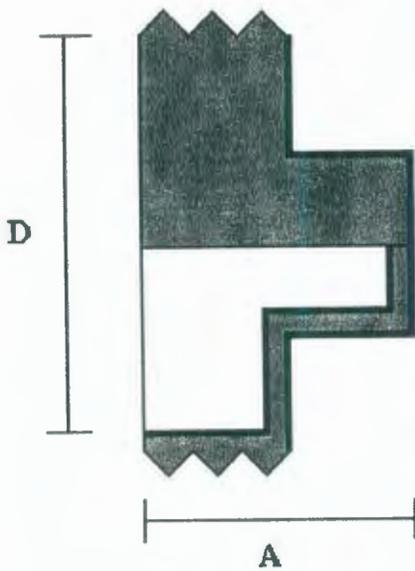


REDUCTOR BUJE



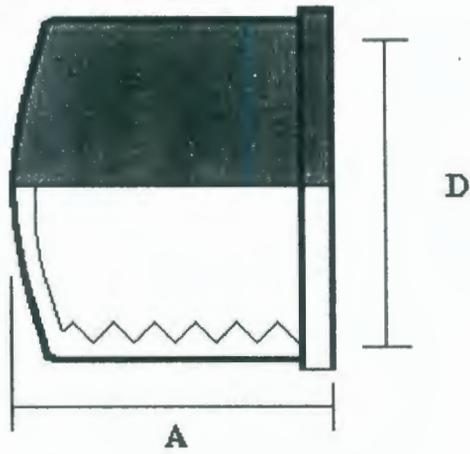
BIBLIOTECA FIC
ESPOL

Figura #3.8



TAPON MACHO

Figura # 3.9

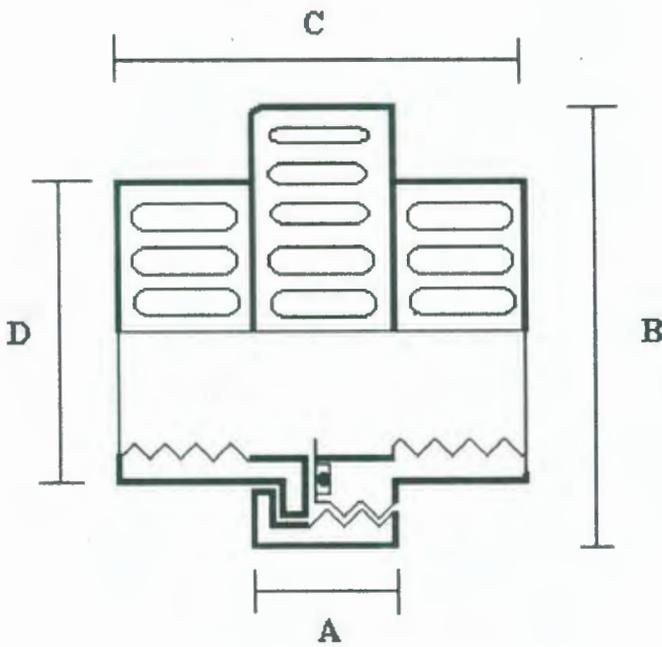


TAPON HEMBRA



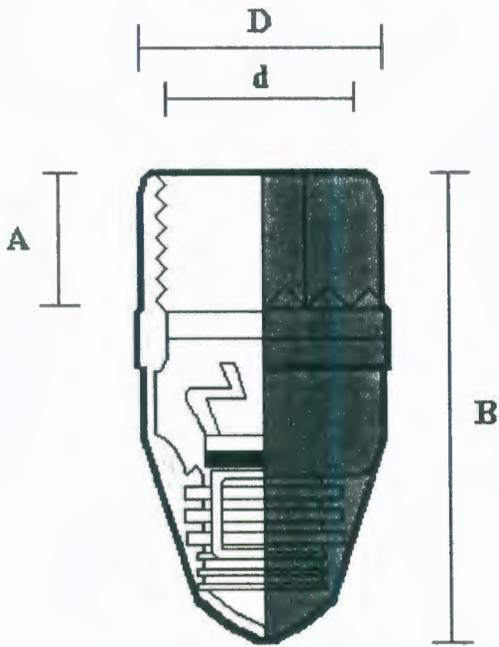
**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

Figura # 3.10



UNION UNIVERSAL

Figura # 3.11

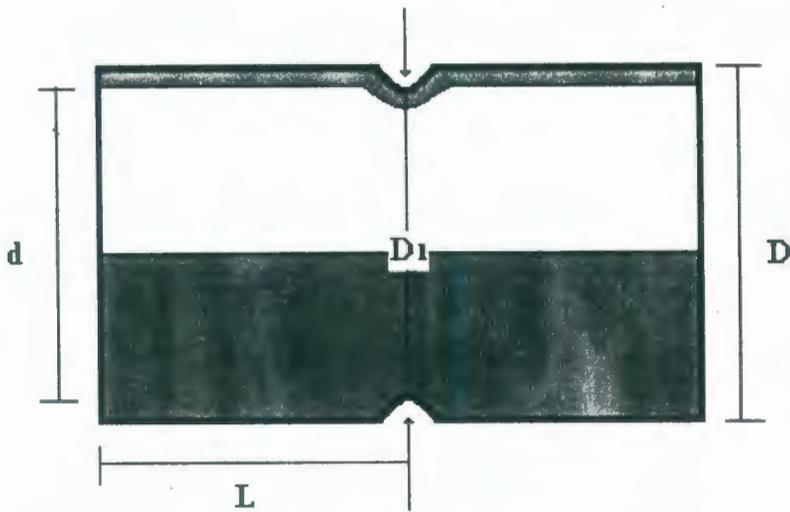


VALVULA CHECK



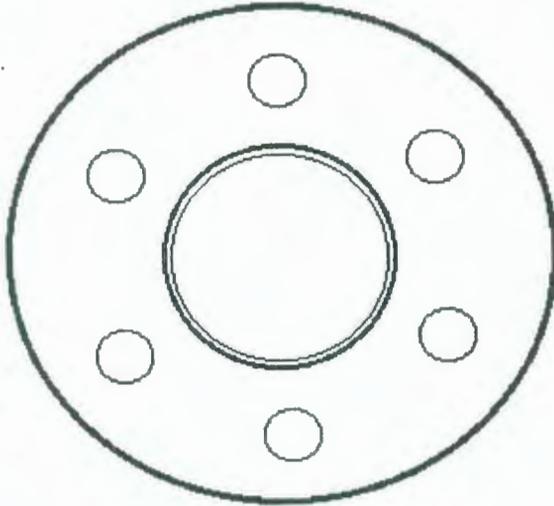
BIBLIOTECA
ESPOL

Figura # 3.12



UNION CEMENTADA SOLVENTE

Figura #3.13

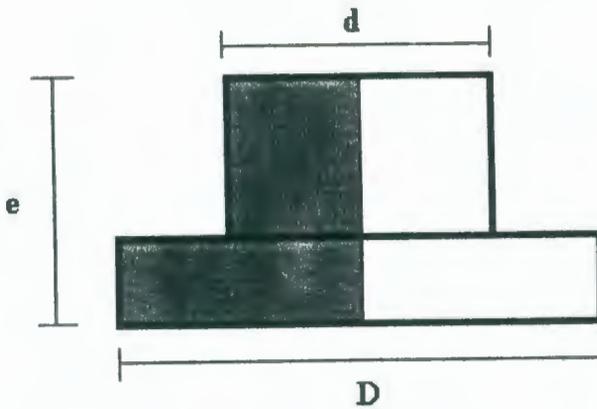


**VISTA TRANSVERSAL
DE BRIDA**



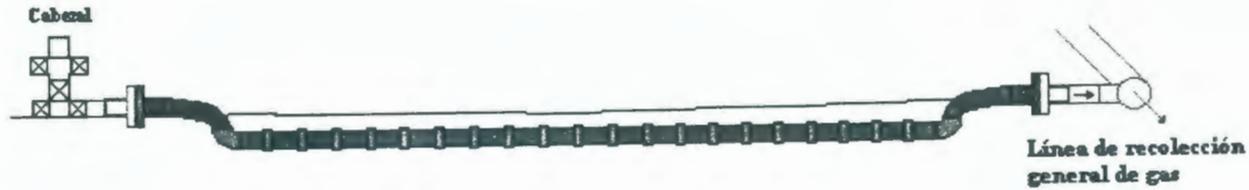
BIBLIOTECA
ESPOL

Figura # 3.14



**VISTA LONGITUDINAL
DE LA BRIDA**

Figura # 4.1



VISTA SUPERIOR

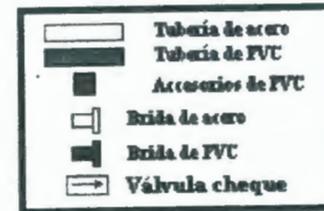
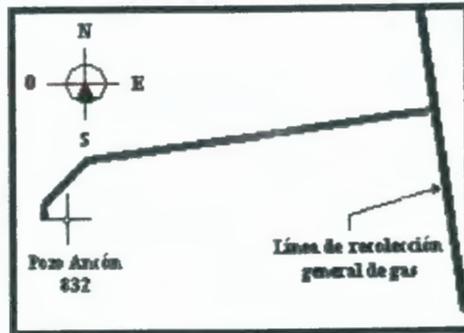
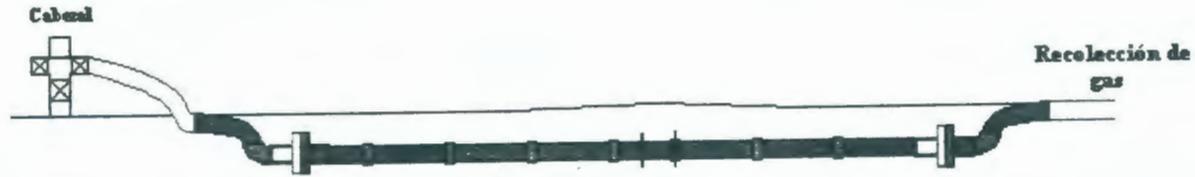


GRAFICO DEL TENDIDO PARA LA CONDUCCION DE GAS DEL POZO ANCON 832

ESTADO



Figura # 4.2



VISTA SUPERIOR

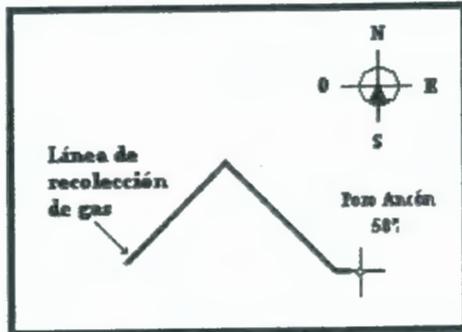
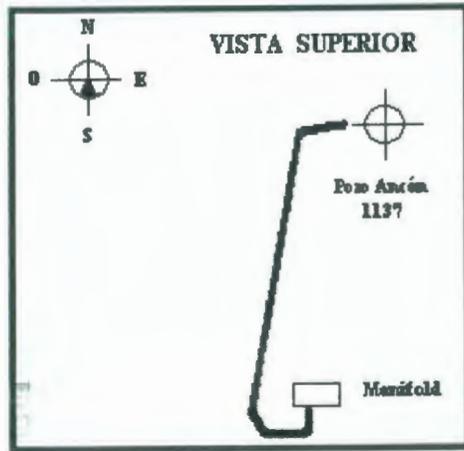


GRAFICO DEL TENDIDO PARA LA CONDUCCION DE GAS DEL POZO ANCON 587



Figura # 4.3



	Tubería de acero
	Tubería de PVC
	Accesorios de PVC
	Brida de acero
	Brida de PVC

GRAFICO DEL TENDIDO PARA LA CONDUCCION DE PETROLEO DEL POZO ANCON 1137



BIBLIOTECA
ESPANOL



DF INGI
LA TIERRA

Figura # 4.4

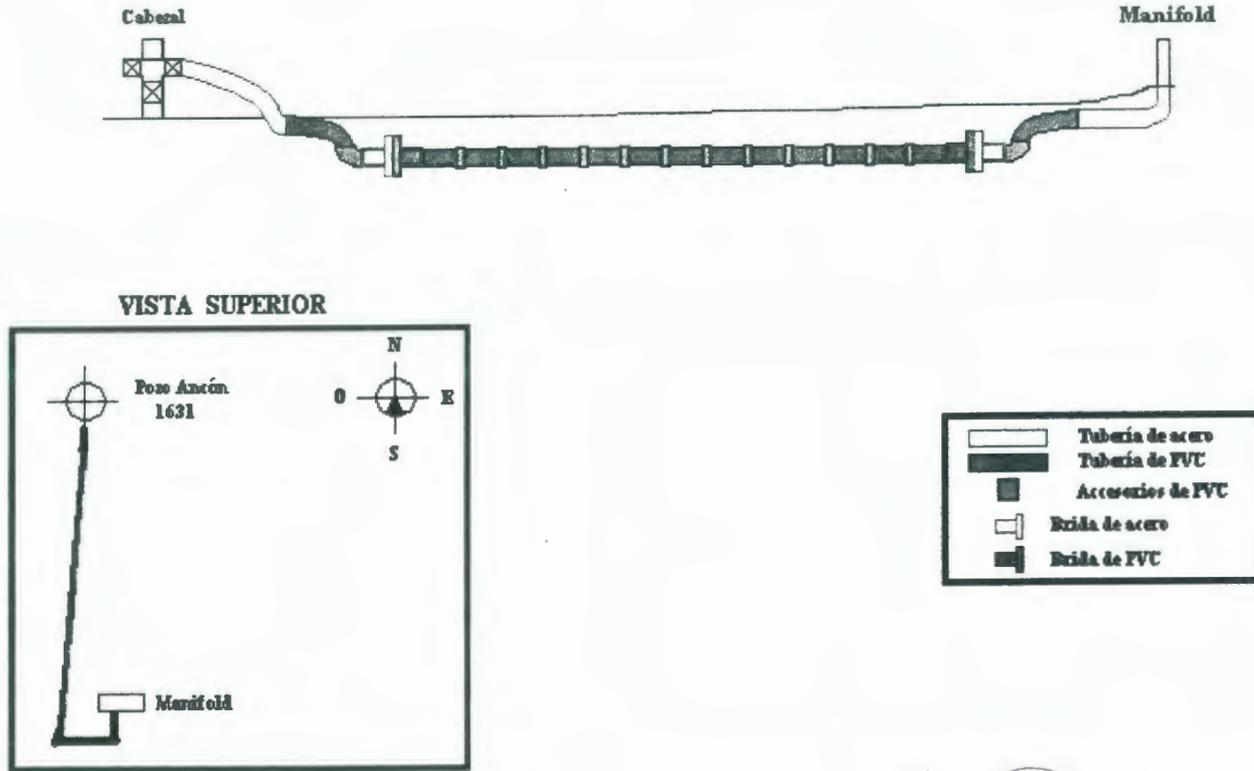


GRAFICO DEL TENDIDO PARA LA CONDUCCION DE PETROLEO DEL POZO ANCON 1631

BIBLIOTECA
ESCOLAR



Figura # 4.5

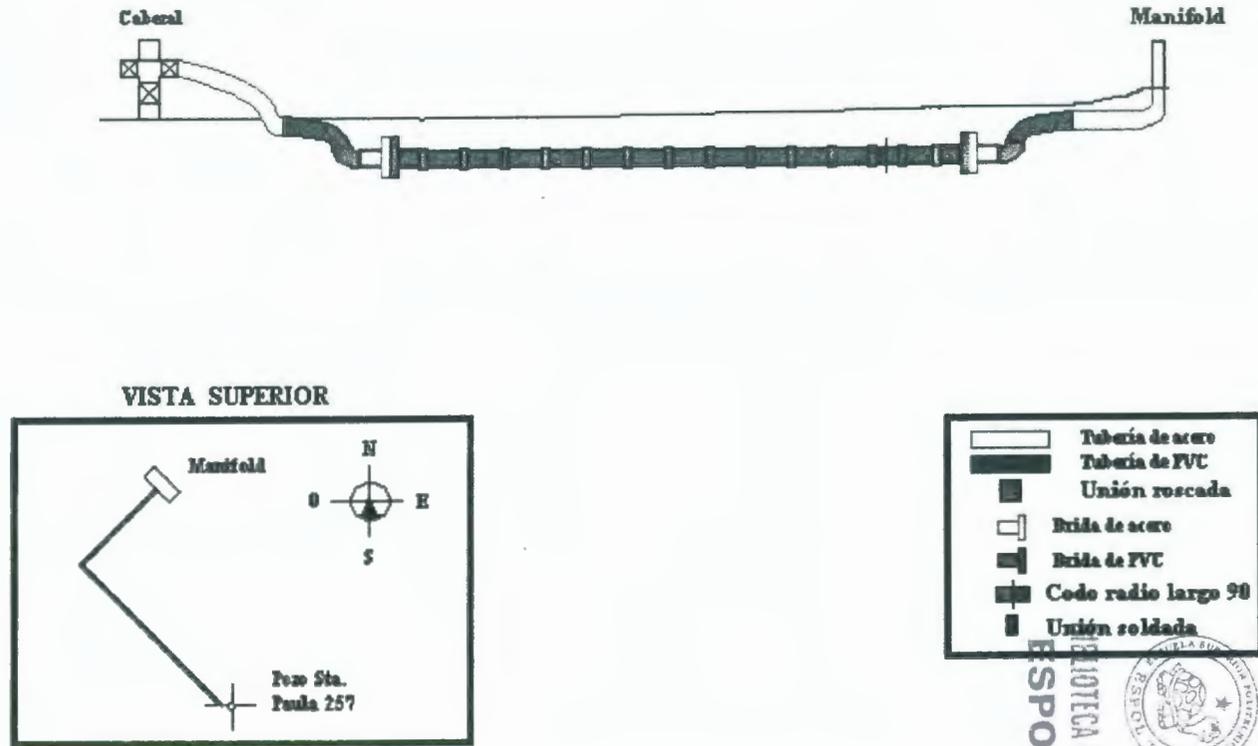


GRAFICO DEL TENDIDO PARA LA CONDUCCION DE PETROLEO DEL POZO SANTA PAULA 257

Figura # 4.6



VISTA SUPERIOR

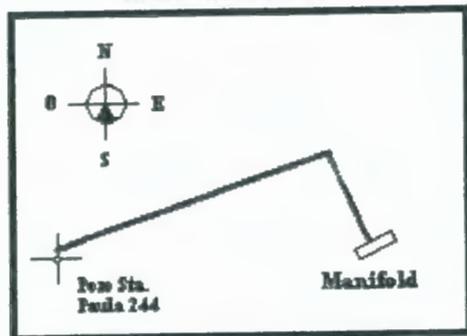


GRAFICO DEL TENDIDO PARA LA CONDUCCION DE PETROLEO DEL POZO SANTA PAULA 244



APENDICE B

TABLAS

TABLA I
PROCESOS DE MANUFACTURA



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

Proceso	Grados o Clases Designación
Tubería de Acero Sin costura, soldada con resistencia eléctrica:	
Electro-Horneado, Crisol abierto, básico oxígeno.	A B
Bessemer	B
Soldado con inducción eléctrica	
Electro-Horneado, Crisol abierto, básico oxígeno.	
Bessemer	B

TABLA II
REQUERIMIENTOS QUIMICOS DE TUBERIAS DE ACERO
EN ANALISIS DE CUCHARON

	% Carbón	%Mangan.	% Fósforo	% Azufre
Sin costura				
Electro-horneado, crisol-abierto o básico-oxígeno:				
Grado A	0.22	0.9	0.04	0.05
Electro-horneado, crisol-abierto o básico-oxígeno, o desoxidado base tipo bessemer:				
Grado B	0.27	1.15	0.04	0.05
Desoxigenado ácido tipo bessemer:				
Grado B	0.22	1.15	0.1	0.05
Electro-Soldado				
Electro-horneado, crisol-abierto o básico-oxígeno:				
Grado A	0.21	0.9	0.04	0.05
Electro-horneado, crisol-abierto o básico-oxígeno, o desoxidado base tipo bessemer:				
Grado B	0.26	1.15	0.04	0.05
Desoxigenado ácido tipo bessemer:				
Grado B	0.21	1.15	0.1	0.05

TABLA III

CARACTERISTICAS DE TUBERIAS DE ACERO DE ACUERDO AL TIPO DE PROCESO

Proceso	Fuerza de cedencia mínima psi.	Fuerza de tensión mínima psi.	Elongación, min. % plg.	
			2 plg.	8 plg.
Tubería de acero				
Sin costura, soldada con resistencia eléctrica:				
Electro-horneado, crisol-abierto, o básico-oxígeno grado A	30000	48000	@	
Electro-horneado, crisol-abierto, básico-oxígeno, o Bessemer, grado B	35000	60000	@	
Soldado con inducción eléctrica:				
Electro-horneado, crisol-abierto, básico-oxígeno, o Bessemer, grado B	35000	60000	@	****

@' Los requerimientos de elongación para los grados A y B de tubería sin costura y soldada con resistencia eléctrica deberán ser los siguientes:

TABLA IV

ELONGACION DE TUBERIA DE ACERO

Espesor de pared tabulado en pulgadas	Elongación en 2 plg. min., %	
	Grado A	Grado B
0.312 y mayor	35.00	30.00
0.281	33.25	28.50
0.250	31.50	27.00
0.219	29.75	25.50
0.188	28.00	24.00
0.156	26.25	22.50
0.125	24.50	21.00
0.094	22.75	19.50
0.062	21.00	18.00

TABLA V
PESOS ESTANDAR DE TUBERIA ROSCADA
DIMENSIONES, PESOS Y PUEBAS DE PRESION

Tamaño Nominal plg.	Diámetro exterior. Plg. D	Peso nominal de roscas y acoples	Espesor de pared. Plg. t	Diámetro interno. Plg. d	Peso calculado Lb/plg.		Peso calculado de acoples lb.	Pruebas de presión psi. Min	
					Extremo plano w pe	Roscas y acoples w		Grado A	Grado B
1/8	0.405	0.25	0.068	0.269	0.24	0.25	0.04	700	700
1/4	0.54	0.43	0.083	0.364	0.32	0.33	0.09	700	700
3/8	0.675	0.57	0.094	0.403	0.37	0.37	0.13	700	700
1/2	0.84	0.76	0.109	0.522	0.45	0.46	0.16	700	700
3/4	1.05	0.91	0.125	0.674	0.54	0.54	0.21	700	700
1	1.315	1.7	0.133	1.049	1.68	1.69	0.54	700	700
1 1/4	1.66	2.3	0.14	1.38	2.27	2.3	1.03	1000	800
1 1/2	1.9	2.75	0.145	1.61	2.72	2.74	0.9	1000	800
2	2.375	3.75	0.154	2.067	3.65	3.71	1.86	1000	800
2 1/2	2.875	5.9	0.203	2.469	5.79	5.88	3.27	1000	800
3	3.5	7.7	0.236	3.068	7.48	7.59	5.00	1000	800
4	4.315	11.3	0.26	3.918	9.11	9.27	7.00	1000	850
5	5.315	15.1	0.277	5.026	10.9	11.07	8.00	1000	850
6	6.315	19.1	0.29	6.117	12.6	12.8	9.00	1000	850
8	8.625	25.55	0.327	8.071	16.9	17.1	12.00	1000	850
8	8.625	29.35	0.322	7.981	24.7	25.44	23.18	1200	950
10	10.75	32.75	0.322	7.981	28.55	29.25	23.18	1300	950
10	10.75	35.75	0.279	10.192	31.2	32.2	31.55	1000	800
10	10.75	35.75	0.307	10.136	34.24	35.2	31.55	1000	800
10	10.75	41.85	0.365	10.02	40.48	41.35	31.55	1200	800
12	12.75	37.35	0.33	12.09	45.0	46.0	31.55	1000	800
12	12.75	41.15	0.375	12.0	49.36	50.0	31.55	1000	800
14D	14	47	0.375	14.25	54.0	55.0	31.55	1000	800
16D	16	54.5	0.375	16.5	60.0	61.0	31.55	1000	800
18D	18	63	0.375	18.5	67.0	68.0	31.55	1000	800
20D	20	81	0.375	19.25	78.5	80.0	31.55	1000	800


 INSTITUTO MEXICANO
 DE PETRÓLEO



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

TABLA VI

**PESOS ESTANDAR PARA TUBERIA DE EXTREMO PLANO
DIMENSIONES, PESOS Y PRUEBAS DE PRESION**

Tamaño Nominal plg.	Diámetro externo plg. D	eso extrem plano lb/pie	Espesor de pared plg. t	Diámetro interno plg. d	Prueba de presión. Psi. Min.	
					Grado A	Grado B
1/8.	0.405	0.24	0.068	0.269	700	700
1/4.	0.54	0.42	0.088	0.364	700	700
3/8.	0.675	0.57	0.091	0.493	700	700
1/2.	0.84	0.85	0.109	0.622	700	700
3/4.	1.05	1.13	0.113	0.824	700	700
1	1.315	1.68	0.133	1.049	700	700
1 1/4	1.66	2.27	0.14	1.38	1200	1300
1 1/2	1.9	2.72	0.145	1.61	1200	1300
2	1.375	3.65	0.154	2.067	1200	1300
2 1/2	1.875	5.79	0.203	2.469	1200	1300
3	3.5	7.58	0.216	3.068	***	***
3 1/2	4	9.11	0.226	3.548	***	***
4	4.5	10.79	0.237	4.026	***	***

TABLA VII

PESO REGULAR PARA TUBERIA DE EXTREMO PLANO
DIMENSIONES, PESOS Y PRUEBAS DE PRESION

Diámetro externo plg	Peso extremo plano lb/pie	Espesor de pared plg t	Diámetro interno plg.	Grado A	Grado B
3 1/2	6.63	0.188	3.124	1900	2200
3 1/2	7.58	0.216	3.068	2200	2500
3 1/2	8.68	0.25	3	2500	2500
3 1/2	9.67	0.281	2.938	2500	2500
4 1/2	11.54	0.188	4.124	1500	1800
4 1/2	13.10	0.219	4.068	1700	2000
4 1/2	14.79	0.237	4.026	1900	2200
4 1/2	16.35	0.25	4	2000	2100
4 1/2	17.67	0.271	3.938	2200	2500
4 1/2	18.98	0.312	3.876	2500	2500
6 5/8	12.89	0.188	6.249	1000	1200
6 5/8	14.97	0.219	6.187	1200	1400
6 5/8	17.02	0.25	6.125	1400	1600
6 5/8	18.97	0.28	6.065	1500	1800
6 5/8	21.07	0.312	6.001	1700	2000
6 5/8	23.06	0.344	5.937	1900	2200
6 5/8	25.03	0.375	5.875	2000	2400
8 5/8	16.9	0.188	8.249	800	900
8 5/8	19.64	0.219	8.187	900	1100
8 5/8	22.36	0.25	8.125	1000	1200
8 5/8	24.7	0.277	8.071	1200	1300
8 5/8	27.74	0.312	8.001	1300	1500
8 5/8	28.55	0.322	7.961	1400	1600
8 5/8	30.4	0.344	7.917	1400	1700
8 5/8	33.04	0.375	7.875	1600	1800
8 5/8	38.26	0.438	7.749	1800	2100
10 3/4	24.6	0.219	10.312	750	850
10 3/4	28.04	0.25	10.25	850	1000
10 3/4	31.2	0.279	10.192	1000	1200
10 3/4	34.24	0.307	10.136	1000	1200
10 3/4	38.2	0.344	10.062	1100	1300
10 3/4	40.48	0.365	10.02	1200	1400
10 3/4	48.19	0.348	9.874	1500	1700
12 3/4	33.38	0.25	12.25	700	800
12 3/4	37.45	0.281	12.188	800	950
12 3/4	41.51	0.312	12.126	900	1000
12 3/4	43.77	0.33	12.09	1000	1200
12 3/4	45.55	0.344	12.062	1000	1200
12 3/4	49.56	0.375	12	1100	1200
12 3/4	57.53	0.438	11.874	1200	1400
14	45.68	0.312	13.376	800	950
14	50.14	0.344	13.312	900	1000
14	54.57	0.375	13.25	950	1100
14	63.37	0.438	13.124	1100	1300
14	72.09	0.5	13	1300	1500
16	52.36	0.312	15.376	700	800
16	57.48	0.344	15.312	750	900
16	62.58	0.375	15.25	850	1000
16	72.72	0.438	15.124	1000	1100
16	82.77	0.5	15	1100	1300
18	59.03	0.312	17.376	600	750
18	64.82	0.344	17.312	700	800
18	70.59	0.375	17.25	750	900
18	82.06	0.438	17.124	900	1000
18	93.45	0.5	17	1000	1200
20	65.71	0.312	19.376	550	650
20	72.16	0.344	19.312	600	700
20	78.6	0.375	19.25	700	800
20	91.41	0.438	19.124	800	900
20	104.3	0.5	19	900	1000



BIBLI

TABLA VIII

TUBERIA DE EXTREMO PLANO ESPECIAL
DIMENSIONES, PESOS Y PRUEBAS DE PRESION

Diámetro externo plg. D	eso extrem plano lb/pie	Espesor de pared plg. t	Diámetro interno plg. d	Grado A	Grado B
3 1/2	4.51	0.125	3.25	1300	1500
3 1/2	5.58	0.156	3.188	1600	1900
4	5.17	0.125	3.75	1100	1300
4	6.41	0.156	3.688	1400	1600
4	7.63	0.188	3.624	1700	2000
4	9.11	0.226	3.548	2000	2400
4	10.01	0.25	3.5	2200	2500
4	11.17	0.281	3.438	2500	2500
4 1/2	5.84	0.125	4.25	1000	1200
4 1/2	7.25	0.156	4.188	1200	1500
5 9/16.	9.02	0.156	5.251	1000	1200
5 9/16.	10.76	0.188	5.187	1200	1400
5 9/16.	12.49	0.219	5.125	1400	1700
5 9/16.	14.62	0.258	5.047	1700	1900
5 9/16.	15.87	0.281	5.001	1800	2100
5 9/16.	17.52	0.312	4.939	2000	2400
5 9/16.	19.16	0.344	4.875	2200	2500
10 3/4	21.15	0.188	10.374	650	750
12 3/4	29.28	0.219	12.312	600	700
14	36.71	0.25	13.5	650	750
14	41.21	0.281	13.438	700	850
16	42.05	0.25	15.5	550	650
16	47.22	0.281	15.438	650	750
18	47.39	0.25	17.5	500	600
18	53.22	0.281	17.438	550	650
20	52.73	0.25	19.5	450	500
20	59.23	0.281	19.438	500	600
22	72.38	0.312	21.376	500	600
22	79.51	0.344	21.312	550	650
22	86.61	0.375	21.25	600	700
22	100.75	0.438	21.124	700	850
22	114.81	0.5	21	800	950
24	79.06	0.312	23.376	450	550
24	86.85	0.344	23.312	500	600
24	94.62	0.375	23.25	550	650
24	110.1	0.438	23.124	650	750
24	125.49	0.5	23	750	850



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

TABLA IX

**TUBERIA DE EXTREMO PLANO EXTRA FUERTE
DIMENSIONES PESOS Y PRUEBAS DE PRESION**

Tamaño Nominal plg.	Diámetro externo plg. D	eso extrem plano lb/pie	Espesor de pared plg. t	Diámetro interno plg. d	Grado A	Grado B
1/8	0.405	0.31	0.095	0.215	850	850
1/4	0.54	0.54	0.119	0.302	850	850
3/8	0.675	0.74	0.126	0.423	850	850
1/2.	0.84	1.09	0.147	0.546	850	850
3/4.	1.05	1.47	0.154	0.742	850	850
1	1.315	2.17	0.179	0.957	850	850
1 1/4	1.66	3	0.191	1.278	1800	1900
1 1/2	1.9	3.63	0.2	1.5	1800	1900
2	2.375	5.02	0.218	1.939	1800	1900
2 1/2	2.875	7.66	0.276	2.323	1800	1900
3	3.5	10.25	0.3	2.9	2500	2500
3 1/2	4	12.51	0.318	3.364	2500	2500
4	4.5	14.98	0.337	3.826	2500	2500
5	5.563	20.78	0.375	4.813	2400	2500
6	6.625	28.57	0.432	5.761	2300	2500
8	8.625	43.39	0.5	7.625	2100	2400
10	10.75	54.74	0.5	9.75	1700	2000
12	12.75	65.42	0.5	11.75	1400	1600



BIBLIOTECA
ESPOL

TABLA X

**TUBERIA DE EXTREMO PLANO DOBLE EXTRA FUERTE
DIMENSIONES, PESOS Y PRUEBAS DE PRESION**

Tamaño Nominal plg.	Diámetro externo plg. D	eso extrem plano lb/pie	Espesor de pared plg. t	Diámetro interno plg. d	Grado A	Grado B
1/2.	0.84	1.71	0.294	0.252	1000	1000
3/4.	1.05	2.44	0.308	0.434	1000	1000
1	1.315	3.66	0.358	0.599	1000	1000
1 1/4	1.66	5.21	0.382	0.896	2200	2300
1 1/2	1.9	6.41	0.4	1.1	2200	2300
2	2.375	9.03	0.436	1.503	2200	2300
2 1/2	2.875	13.7	0.552	1.771	2200	2300
3	3.5	18.58	0.6	2.3	2500	2500
4	4.5	27.54	0.674	3.152	2500	2500
5	5.563	38.55	0.75	4.063	2500	2500
6	6.625	53.16	0.864	4.897	2500	2500
8	8.625	72.42	0.875	6.875	2500	2500

TABLA XI
TOLERANCIAS EN DIMENSIONES Y PESOS

	Tolerancias
Diámetro externo, D:	
1.9 plg y menores	0.016 plg -0.031
2 3/8 plg y mayores	± 1%
Espesor de pared, t	
Para sin costura y tubería soldable	20%
2.875 plg. OD y menores	-12.50%
Para tubería 3.5 plg OD sin costura y soldable	18% -12.50%
Para tubería sin costura 4 plg hasta 18 plg OD	15% -12.50%
Para tubería soldable 4 plg. Hasta 18 plg. OD	15% -12.50%
Para tubería soldable 20 plg y mayores	15% -10%
Peso	
Longitudes simples:	
Peso estandar, peso regular, extra fuerte y doble extra fuerte	10% -3.50%
Tubería extremo plano especial	10% -5%



BIBLIOTECA
ESCOLAR

TABLA XII
TOLERANCIAS DE LONGITUDES

	Long. más pequeña del cargamento	Long. más pequeña en 95% del cargamento	Long. más pequeña en 90% del cargamento	Longitud mínima promedio del cargamento
Tubería roscada y acoples				
Longitud simple	16 pies, 0 pl	18 pies, 0 pl	*****	*****
Longitud doble	22 pies, 0plg	*****	*****	35 pies, 0plg.
Tubería de extremo plano				
Longitud simple	9 pies, 0 plg.	*****	*****	17 pies, 6 plg.
Longitud doble	14 pies, 0 pl	*****	26 pies, 3 plg	35 pies, 0 plg.
Tubería de longitud mayor a 20 pies	40 % más de longitud	*****	75% del promedio de su longitud	*****

TABLA XIII

ACOPLES DIMENSIONES Y TOLERANCIAS

Tamaño Nominal	Diámetro externo de acople w	Longitud NL	Diámetro de entrada Q	Profund. e entrada q	Long: cara de acople a plano de enrosque fuerte M	Ancho de cara de conducción b	Diámetro de rosca en plano de enrosque fuerte
1/8.	0.563	1 1/16	0.468	0.0347	0.1014	1/32	0.37476
1/4.	0.719	1 5/8	0.603	0.1471	0.2278	1/32	0.48989
3/8.	0.875	1 5/8	0.738	0.1147	0.1938	1/32	0.62701
1/2.	1.063	2 1/8	0.903	0.1582	0.2473	1/16	0.77843
3/4.	1.313	2 1/8	1.113	0.1516	0.2403	1/16	0.98887
1	1.576	2 5/8	1.378	0.2241	0.3235	3/32	1.23863
1 1/4	2.054	2 3/4	1.723	0.2279	0.3275	3/32	1.58338
1 1/2	2.2	2 3/4	1.963	0.2439	0.3442	3/32	1.82234
2	2.875	2 7/8	2.469	0.2379	0.3611	1/8	2.29627
2 1/2	3.375	4 1/8	2.969	0.4975	0.6392	3/16	2.76216
3	4	4 1/4	3.594	0.471	0.6177	3/16	3.3885
3 1/2	4.625	4 3/8	4.094	0.4662	0.6127	3/16	3.88881
4	5.2	4 1/2	4.594	0.492	0.6397	1/4	4.38713
5	6.296	4 5/8	5.657	0.5047	0.653	1/4	5.44929
6	7.39	4 7/8	6.719	0.5861	0.7382	1/4	6.50597
8	9.625	5 1/4	8.719	0.6768	0.8332	1/4	8.50003
10	11.75	5 3/4	10.844	0.7394	0.8987	3/8	10.62094
12	14	6 1/8	12.844	0.7872	0.9487	3/8	12.61781
14D	15	6 3/8	14.094	0.7136	0.8717	3/8	13.87263
16D	17	6 3/4	16.094	0.6658	0.8217	3/8	15.87575
18D	19	7 1/8	18.094	0.6773	0.8337	3/8	17.875
20D	21	7 5/8	20.094	0.749	0.9087	3/8	19.875



TABLA XIV

DIMENSIONES PARA TUBERIAS ROSCADAS

Tamaño Nominal	Número de hilos por pulgadas	Longitud: final de tubo a plano de enrosque manual L1	Longitud efectiva de roscas L2	Long. total Final de tubo a punto de disipación L4	Diámetro de rosca en plano de enrosque manual E1	Fin de tubo a centro del acople con enrosque fuerte J	Longitud: cara del acople al plano de enrosque fuerte M	Número de giros para apretar con enrosque fuerte A
1/8.	27	0.18	0.2639	0.3924	0.37476	0.1389	0.1014	3
1/4.	18	0.2	0.4018	0.5946	0.48989	0.2179	0.2278	3
3/8.	18	0.24	0.4078	0.6006	0.62701	0.2119	0.1938	3
1/2.	14	0.32	0.5337	0.7815	0.77843	0.281	0.2473	3
3/4.	14	0.339	0.5457	0.7935	0.98887	0.269	0.2403	3
1	11 1/2	0.4	0.6828	0.9845	1.23863	0.328	0.3235	3
1 1/4	11 1/2	0.42	0.7068	1.0085	1.58338	0.3665	0.3275	3
1 1/2	11 1/2	0.42	0.7235	1.0252	1.82234	0.3498	0.3442	3
2	11 1/2	0.436	0.7565	1.0582	2.29627	0.3793	0.3611	3
2 1/2	8	0.682	1.1375	1.5712	2.76216	0.4913	0.6392	2
3	8	0.766	1.2	1.6337	3.3885	0.4913	0.6177	2
3 1/2	8	0.821	1.25	1.6837	3.88881	0.5038	0.6127	2
4	8	0.844	1.3	1.7337	4.38713	0.5163	0.6397	2
5	8	0.937	1.4063	1.84	5.44929	0.4725	0.653	2
6	8	0.958	1.5125	1.9462	6.50597	0.4913	0.7382	2
8	8	1.063	1.7125	2.1462	8.50003	0.4788	0.8332	2
10	8	1.21	1.925	2.3587	10.62094	0.5163	0.8987	2
12	8	1.36	2.125	2.5587	12.61781	0.5038	0.9487	2
14D	8	1.562	2.25	2.6837	13.87263	0.5038	0.8717	2
16D	8	1.812	2.45	2.8837	15.87575	0.4913	0.8217	2
18D	8	2	2.65	3.0837	17.875	0.4788	0.8337	2
20D	8	2.125	2.85	3.2837	19.87031	0.5288	0.9087	2

TABLA XV

DIMENSIONES DE CALIBRACION

Tamaño Nominal	Diámetro externo del collar del tapón D4	Diámetro del surco U Du	Diámetro de contorno Q	Profundidad de contorno q	Número de hilos por pulgada	Diámetro de roscado en plano de enrosque fuerte E1	Diámetro de roscado en longitud g del punto de disipación E7	Longitud: plano de E7 al punto de disipación g	Longitud: fin de tapón a plano de enrosque fuerte L1	Longitud: fin de tapón a punto de disipación L4	Ancho de surcos U	Reserva S
1/8	0.105	0.286	0.463	0.092	27	0.31436	0.37537	0.2036	0.11	0.3524	0.111	0.111
1/4	0.150	0.431	0.603	0.137	18	0.48880	0.59555	0.3009	0.16	0.5246	0.157	0.157
3/8	0.212	0.622	0.838	0.191	12	0.75700	0.93056	0.4509	0.23	0.8065	0.227	0.227
1/2	0.285	0.855	1.176	0.257	9	1.13449	1.42886	0.6506	0.32	1.2147	0.317	0.317
3/4	0.385	1.156	1.611	0.347	7	1.63429	2.07075	0.9006	0.44	1.7311	0.431	0.431
1	1.315	1.116	1.378	0.215	11 1/2	1.23863	1.24543	0.4756	0.4	0.9845	0.261	0.261
1 1/4	1.66	1.461	1.723	0.215	11 1/2	1.58338	1.59043	0.4756	0.42	1.0085	0.261	0.261
1 1/2	1.9	1.701	1.963	0.215	11 1/2	1.82234	1.83043	0.4756	0.42	1.0252	0.261	0.261
2	2.375	2.176	2.469	0.215	11 1/2	2.29627	2.30543	0.4756	0.436	1.0582	0.261	0.261
2 1/2	2.875	2.635	2.969	0.109	8	2.79075	2.822	0.6837	0.62	1.3509	0.375	0.375
3	3.5	3.24	3.594	0.109	8	3.3844	3.42	0.6837	0.74	1.637	0.375	0.375
3 1/2	4.125	3.84	4.208	0.109	8	3.9780	4.02	0.6837	0.86	1.9237	0.375	0.375
4	4.75	4.44	4.802	0.109	8	4.5716	4.62	0.6837	0.98	2.2107	0.375	0.375
6	6.625	6.365	6.719	0.309	8	6.50597	6.525	0.6837	0.958	1.9462	0.375	0.375
8	8.625	8.365	8.719	0.309	8	8.50003	8.525	0.6837	1.063	2.1462	0.375	0.375
10	10.75	10.49	10.844	0.309	8	10.62094	10.65	0.6837	1.21	2.3587	0.375	0.375
12	12.75	12.49	12.844	0.309	8	12.61781	12.65	0.6837	1.36	2.5587	0.375	0.375
14D	14.75	14.49	14.844	0.309	8	14.61468	14.65	0.6837	1.51	2.7587	0.375	0.375
16D	16.75	16.49	16.844	0.309	8	16.61155	16.65	0.6837	1.66	2.9587	0.375	0.375
18D	18.75	18.49	18.844	0.309	8	18.60842	18.65	0.6837	1.81	3.1587	0.375	0.375
20D	20.75	20.49	20.844	0.309	8	20.60529	20.65	0.6837	1.96	3.3587	0.375	0.375

BIBLIOTECA ESCOL





BIBLIOTECA FICT
ESPOL

TABLA XVI

TOLERANCIAS EN CALIBRACION DE DIMENSIONES

Elemento	Tolerancias				
	Número de hilos por pulgada				
	27	18	14	11 1/2	8
	TAPON				
Diámetro de rosca	± 0.0002	± 0.0004	± 0.0006	± 0.0007	± 0.001
Conicidad	0.00003	0.0004	± 0.0006	± 0.0008	± 0.001
	0	0	0	0	0
Conducción	± 0.0002	± 0.0002	± 0.0003	± 0.0004	± 0.0005
Truncado de cimas	0.0015	0.0015	0.0015	0.0025	0.0025
	-0.001	-0.001	-0.001	-0.0015	-0.0015
Mitad del ángulo de hilos	± 15 min	± 15 min	± 10 min	± 10 min	± 10 min
Ancho de surcos U	± 0.037	± 0.056	± 0.071	± 0.087	± 0.125
Diámetro de surcos Du	± 0.02	± 0.02	± 0.02	± 0.02	± 0.02
Diámetro de collar D4	± 0.01	± 0.01	± 0.01	± 0.01	± 0.01
Longitud L4	± 0.001	± 0.001	± 0.001	± 0.001	± 0.001
	ARO				
Conicidad	0	0	0	0	-0.0002
	-0.0006	-0.0007	-0.0009	-0.0012	-0.0014
Conducción	± 0.0004	± 0.0004	± 0.0006	± 0.0008	± 0.001
Truncado de cimas	0.0015	0.0015	0.0015	0.0025	0.0025
	-0.001	-0.001	-0.001	-0.0015	-0.0015
Mitad de ángulo de hilos	± 20 min	± 20 min	± 15 min	± 15 min	± 15 min
Diámetro de contorno Q	1/16.	1/16.	1/16.	1/16.	1/16.
	0	0	0	0	0
Reserva S	± 0.037	± 0.056	± 0.071	± 0.087	± 0.1

TABLA # XVII

ESFUERZOS PERMISIBLES EN TENSION

MATERIAL	ESPECIFICACION	GRADO	E	FUERZA D TENSION MIN. Psi	FUERZA DE CEDENCIA MIN. Psi	(-20° F) A 200° F
Acero al carbón						
Sin costura	A 106	B	1	60000	35000	20000
Sin costura	API 5L	B	1	60000	35000	20000
ERW	API 5L	A	0.85	48000	30000	13600
ERW	API 5L	B	0.85	60000	35000	17000

BIBLIOTECA FIC
ESPOL

TABLA XVIII

ESPECIFICACIONES PARA TUBERIA Y ACCESORIOS DE PVC UNION ROSCABLE

Tubería: Norma ASTM D-1785-89 (CEDULA 80)

DIAMETRO	DIAMETRO EXTERIOR	ESPEJOR	DIAMETR INTERIOR	PRESION DE TRABAJO		
				psi	MPa	kg/cm ²
Pulg.	mm.	mm.	mm.			
1/2	21.24	3.73	13.78	420	2.9	29.5
3/4	26.57	3.91	18.75	340	2.34	23.9
1	33.27	4.55	24.17	320	2.21	22.5
1 1/4	42.03	4.85	32.33	260	1.79	18.3
1 1/2	48.11	5.08	37.95	240	1.65	16.9
2	60.17	5.54	49.09	200	1.38	14.1

TABLA # XX

PROPIEDADES DEL PVC

DESCRIPCION	VALOR	NORMA ASTM
M Coeficiente de elongación	8.5 X10e -5 cm/cm/°C	D-696
E Dureza(Durómetro "D")	75	D-785
C Elongación hasta ruptura	mín. 10% máx. 30%	D-638
A Gravedad específica	1.38 + 0.02 gr/cm ²	D-792
N Módulo ed elasticidad	30.000 Kg/cm ²	D-790
I Resistencia a la flexión (23°C)	1.019 Kg/cm ²	D-790
C Resistencia a la tensión (23°C)	492 Kg/cm ²	D-638
A Resistencia a la tensión (83°C)	176 Kg/cm ²	D-638
S Resistencia a la compresión	675 Kg/cm ²	D-695
Resistencia al impacto - Izod. (23°C)	3.55 Joules/cm	D-256
T		
E Calor específico	0.25 cal/°C/gr	***
R Conductividad térmica	4.5 x 10E -5 cal/cm-seg-º	C-177
M Temperatura de deformación con carga		
I de 4.6 Kg/cm ²	85°C	D-648
C Temperatura de deformación con carga		
A de 18.6 Kg/cm ²	75°C	D-648
S		
E		
L		
E Constante dieléctrica, 60 cps a 30°C	3.9	D-150
C Constante dieléctrica, 1000 cps a 30°C	3.31	D-150
T Factor de disipación, 60 cps a 30°C	2.85%	D-150
R Factor de disipación, 1000 cps a 30°C	3.97%	D-150
I Resistencia dieléctrica	10E 14 ohm/cm	megohmeter
C Resistencia dieléctrica	1413 vlts/mil	D-149
A		
S		
O Absorción de Agua	4 mg/cm ²	D-510
T Flamabilidad	auto extinguable	D-757
R Pérdida de volátiles	0.3 máx.	D-1203
A Resistencia la endurecimiento	65°C mín.	D-1043
S		



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

TABLA XXI
RESISTENCIA QUIMICA DEL PVC

E= Excelente

B= Bueno

R= Regular NR= No recomendable

I= No comprobada

DESCRIPCION	C*	Temp. C		DESCRIPCION	CONCENTRACION	Temp. C	
		23	60			23	60
Aceite de Lubricantes		E	E	Aceites minerales		E	B
Aceites y grasas		E	B	Acetileno		I	I
Acido Bromhídrico	20%	E	E	Acido Carbónico		E	E
Acido Clorhídrico	20%	I	I	Acido Clorhídrico	50%	E	E
Acido Clorhídrico	80%	E	E	Acido Fluorhídrico	10%	E	NR
Acido Fluorhídrico	50%	E	NR	Acido Nítrico	10%	E	NR
Acido Nítrico	68%	NR	NR	Acido Sulfuroso		E	E
Acido Sulfúrico	10%	E	E	Acido Sulfúrico	75%	E	E
Acido Sulfúrico	90%	NR	NR	Acido Sulfúrico	98%	NR	NR
Agua de mar		E	E	Agua potable		E	E
Benceno		NR	NR	Butano		I	I
Butileno		E	I	Ciclohexano		NR	NR
Ciclohexanol		NR	NR	Cloruro de potasio		E	E
Cloruro de sodio		E	E	Dióxido de azufre (Húmedo)		NR	NR
Dióxido de azufre (Seco)		E	E	Dióxido de Carbono		E	E
Gas natural		E	E	Gasolina		NR	NR
Heptano		I	I	Hexano		NR	I
Hexanol (Terciario)		R	NR	Kerosene		E	E
Monóxido de carbono		E	E	Nafta		E	NR
Petróleo crudo		E	E	Propano		E	I
Sulfuro de hidrógeno		E	E	Tolueno		NR	NR

C* = Concentración



DIAMETRO EXTERIOR mm			SERIE	PRESION Mpa	ESPESOR				PESO Tramo E/C Kg		PESO Tramo U/Z Kg		Longitud Tramo m	
Nomin.	Prom.	Max.			Nomin.	Min	Prom	Max	Min	Max	Min	Max	E/C	U/Z
160	160.25	160.5	10	1.25	7.6	8	8.6	31.674	33.474	32.596	34.461	6.12	6.225	
			12.5	1	6.2	6.6	7	26.076	27.574	26.808	28.339			
			16	0.8	5	5.4	5.7	21.193	22.421	21.778	23.039			
			20	0.63	3.9	4.2	4.5	16.648	17.62	17.114	18.098			
200	200.3	200.6	10	1.25	9.5	10.1	10.7	49.73	52.556	51.207	54.123	6.15	6.255	
			12.5	1	7.7	8.2	8.7	40.687	43.025	41.859	44.253			
			16	0.8	6.2	6.6	7	33.016	34.93	33.951	35.902			
			20	0.63	4.9	5.3	5.6	26.268	27.803	27.005	28.558			
250	250.4	250.8	10	1.25	11.9	12.6	13.3	78.373	82.826	80.857	85.396	6.19	6.3	
			12.5	1	9.6	10.2	10.8	63.835	67.503	65.807	69.586			
			16	0.8	7.8	8.3	8.8	52.253	55.282	53.808	56.938			
			20	0.63	6.1	6.5	6.9	41.151	43.555	42.386	44.901			
315	315.45	315.9	10	1.25	15	15.9	16.7	125.455	132.583	129.391	136.655	6.24	6.34	
			12.5	1	12.1	12.8	13.5	102.177	108.048	105.29	111.367			
			16	0.8	9.8	10.4	10.9	83.382	88.215	85.831	90.802			
			20	0.63	7.7	8.2	8.7	65.965	69.818	67.899	71.839			
355	355.55	356.1	10	1.25	16.9	17.9	18.8	160.082	169.179	165.306	174.653	6.27	6.37	
			12.5	1	13.7	14.5	15.9	130.997	138.523	135.09	142.78			
			16	0.8	11	11.7	12.3	106.011	112.156	109.263	115.543			
			20	0.63	8.7	9.2	9.8	84.404	89.334	86.949	92			
400	400.6	401.2	10	1.25	19	20.1	21.1	203.77	215.351	210.672	222.631	6.3	6.4	
			12.5	1	15.4	16.3	17.1	166.719	176.298	172.119	181.961			
			16	0.8	12.4	13.1	13.8	135.287	143.129	139.555	147.602			
			20	0.63	9.8	10.4	10.9	107.636	113.923	110.973	117.443			

BIBLIOTECA
ESPOL



TABLA XXII

**ESPECIFICACIONES PARA TUBERIA Y ACCESORIOS
DE PVC UNION ROSCABLE**

Tubería: Norma ASTM D-1785-89 (CEDULA 80)

DIAMETRO Pulg.	DIAMETRO EXTERIOR mm.	ESPESOR mm.	DIAMETR INTERIOR mm.	PRESION DE TRABAJO		
				psi	MPa	kg/cm ²
1/2	21.24	3.73	13.78	420	2.9	29.5
3/4	26.57	3.91	18.75	340	2.34	23.9
1	33.27	4.55	24.17	320	2.21	22.5
1 1/4	42.03	4.85	32.33	260	1.79	18.3
1 1/2	48.11	5.08	37.95	240	1.65	16.9
2	60.17	5.54	49.09	200	1.38	14.1

TABLA XXIII

UNION ROSCABLE

DIAMETRO D		DIMENSION A
mm.	pulg.	mm.
21	1/2	41
26	3/4	43
33	1	53
42	1 1/4	53
48	1 1/2	57
60	2	60

TABLA XXIV

CODO DE 90°

DIAMETRO D		DIMENSION A
mm.	pulg.	mm.
21	1/2	41
26	3/4	45
33	1	54
42	1 1/4	63
48	1 1/2	76
60	2	60



BIBLIOTECA
ESPOL

TABLA XXV

CODO DE 45°

DIAMETRO D		DIMENSION A
mm.	pulg.	mm.
21	1/2	29
26	3/4	31
33	1	37
42	1 1/4	42
48	1 1/2	44
60	2	51

TABLA XXVI

TEE

DIAMETRO D		DIMENSIONES	
		A	B
mm.	pulg.	mm.	mm.
21	1/2	63	32
26	3/4	69	35
33	1	84	42
42	1 1/4	90	50
48	1 1/2	102	51
60	2	116	58

TECA



FACULTAD DE INGENIERIA
CIENCIAS DE LA TIERRA



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

TABLA XXVII
REDUCTOR BUJE

DIAMETRO				DIMENSIONES	
D		d		A	B
mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	mm.
26	3/4	21	1/2	26	4
33	1	21	1/2	37	6
33	1	26	3/4	32	7
42	1 1/4	26	3/4	33	7
48	1 1/2	21	1/2	34	8
48	1 1/2	26	3/4	37	10
48	1 1/2	33	1	34	8
48	1 1/2	42	1 1/4	34	8
60	2	33	1	37	10
60	2	48	1 1/2	37	10

TABLA XXVIII
TAPON MACHO

DIAMETRO		DIMENSION
D		A
mm.	pulg.	mm.
21	1/2	22
26	3/4	26
33	1	30
42	1 1/4	33
48	1 1/2	35
60	2	36

TABLA XXIX

TAPON HEMBRA

DIAMETRO D		DIMENSION A
mm.	pulg.	mm.
21	1/2	19
26	3/4	25
33	1	38
42	1 1/4	36
48	1 1/2	40
60	2	55



BIBLIOTECA
ESPOL

TABLA XXX

UNION UNIVERSAL

DIAMETRO D		DIMENSIONES		
		A	B	C
mm.	pulg.	mm.	mm.	mm.
21	1/2	23	51	46
26	3/4	23	55	59
33	1	28	65	69
42	1 1/4	30	76	74
48	1 1/2	30	82	77
60	2	32	94	80

TABLA XXXI

VALVULA CHEQUE

DIAMETRO			DIMENSIONES	
D	d		A	B
mm.	mm.	pulg.	mm.	mm.
51.8	38.5	1 1/4	26.5	128

TABLA XXXII

BRIDAS

d mm.	D mm.	e mm.
63	164	39
90	194	48
110	220	60
160	284	84
200	340	100



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

TABLA XXXIII

UNION POR CEMENTADO SOLVENTE

D. NOM. plg.	D mm.	d mm.	L mm.	D1 mm.
2	70.05	60.26	56.74	61.78

TABLA # XXXIV

ESFUERZO DE DISEÑO HIDROSTATICO (psi)

MATERIAL	TIPO	73° F	100° F	180° F
PVC	2110	1000	800	*****

TABLA # XXXV

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA DIVIDIDO PARA 10⁶

MATERIAL	TIPO	in/in °F	RANGO °F	mm/mm °C
PVC	2110	50	*****	90

TABLA #XXXVI

MODULO DE ELASTICIDAD

MATERIAL	TIPO	E Ksi (73.4 °F)	E Mpa (23 °C)
PVC	2110	340	2.345

TABLA # XXXVII

LIMITES DE TEMPERATURA PARA TUBERIA PVC

MATERIA	ESPECIF.	TEMPERATURA RECOMENDADA			
		MIN		MAX	
		°F	°C	°F	°C
PVC	2110	0	18	130	



TABLA # XXXVIII

LINEAS DE GAS DOMESTICO

TRAMOS	# DE TUBOS	DIAMETRO DE TUBOS plg.	LONGITUD Pies
Sección 73 a	261	4	5244
Sección 75	268	6	5960
Manifold de baja a Corralito	313	6	6404
	39	8	808.5
Secc. 75 a pozo 1985	502	2	11207
Secc. 75 a pozo 1648	287	2	6381
Secc. 67 a Secc. Tigre	111	4	2153.8
	98	2 1/2	2179.5
Secc. 67 a Manifold de baja	186	6	4237
	197	8	4082
Secc. 66 a Secc. 71	256	6	5549

TABLA # XXXIX

LINEAS DE GAS DE ALTA PRESION

SECCION	# TUBOS	DIAMETRO plg	LONGITUD m
Certeza	60	1	1269.63
	47	1.5	1111.09
	307	2	6933.72
65	257	1	4168.54
	458	1.5	10369.44
	1412	2	32059.31
	62	3/4	1430.4
66	215	1	3541.4
	3248	2	68202.06
67	89	1	1933.24
	577	1 1/4	12402.62
	9	1.5	297.5
	348	2	10789.36
	3533	2.5	79324.02
	495	4	14806.71
	64	6	1409.7
68	131	1	2531.94
	89	1.5	1926.5
	1142	2	24971.76
	184	2.5	5417.7
	72	3/4	1632.6
69	144	3/4	3195.24
	518	1	10648.66
	298	1 1/4	6334.44
	377	1.5	7804.98
	3018	2	73023.04
	305	2.5	8063.64
71	25	3/4	550.08
	7	1.5	140
	21	1	1143.48
	722	2	18158.06
	160	2.5	8869.52
	22	4	380.91



BIBLIOTECA
ESPOL



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

SECCION	# TUBOS	DIAMETRO plg	LONGITUD m
72	322	1	2333.92
	57	1.5	1543.65
	1494	2	36399.86
73	24	0.5	523.08
	56	1	1069.04
	110	1.5	2596.89
	1116	2	27105.74
74	59	3/4	818
	382	1	8106.7
	88	1.5	2392.55
	1639	2	40670.5
	183	2.5	4125.3
De la 73 a Manifold de alta	445	2	10005.73
	620	3	12643.84
Del Manifold de alta a 47	43	2	945.65
	427	4	8450.17
De la 69 a la 65	3	3	60.2
	16	3.5	361.66
	157	6	4855.79
De la 65 a la 68	151	2	3274.97
	165	2.5	4988.58
De Certeza a la 69	195	2	4690.64

TABLA # XL

LINEAS DE GAS DE BAJA PRESION

TRAMOS	# TUBOS	DIAMETRO	
		plg	pies
Secc.74 a Troncal A	173	4	3190.64
Secc.73 a Secc.66	729	4	17337.58
Secc.67 a Secc.Tigre	13	4	296.2
Secc.74 a Desfogadero	4	2	71.41
Secc.67 a Secc.71	115	6	2766.86
	171	8	3589.28
	107	10	2836.4
Secc.66 a Troncal B	167	6	3584.87
	88	8	2274.18
Secc.66 a Desfogadero	9	6	209.91
Secc.72 a Secc.71	261	6	7182.16
Secc.72 a Desfogadero	18	4	466.13
Secc.71 a Secc.65	127	8	3989
	52	10	1044.86
Secc.70 a Secc.68	150	6	4314
	52	8	1507.16
	64	9	1992.86
Troncal C a Secc.68	11	6	355.33
Certeza a Secc.70	133	4	2647.97
Secc.72 a Separador	187	4	3601.56
Manifold de gas a pozo 501	72	2	1491.2
Manifold de gas a Separador	88	3	1917.45
Separador a pozos 452-784	165	3	3871.43
Manifold de gas a Estación de compresión	122	2	2884.67
Manifold de gas a pozos 784-	165	2	1245
Manifold de gas a pozo 732	3	2	70.17
Secc.73 a Batería 2	44	3	858.1
	89	4	1721.1
	13	2	244.9



BIBLIOTECA
ES

TABLA # XLI

ODUCCIONES DE PETROLEO POR CAMPOS Y SECCION



**BIBLIOTECA FIG
ESPOL**

	CAMPO	SECCION	# DE POZOS	BPPD
	Ancón		54	60.93
	Ancón		22	65.19
	Ancón		97	148.48
	Ancón		33	58.3
	Ancón		88	98.54
	Ancón		29	38.59
	Ancón		15	21.37
	Ancón		25	27.39
	Ancón		29	77.6
	Ancón		48	42.98
	Ancón		9	4.15
	Ancón	Certeza	15	60.42
	Ancón	Independenci	3	2.76
TOTAL	Ancón		468	707
	Cautivo	Carmela	9	11.14
	Cautivo	Tambo	3	0.61
	Cautivo	Tigre	43	129.39
TOTAL	Cautivo		55	141.1
	Norte	Achallán	3	6.93
	Norte	Ahuiquimi	1	0.47
	Norte	Cautivo	3	6.62
	Norte	Petrópolis	12	49.2
	Norte	Progreso	2	0.25
	Norte	San Francisco	3	0.36
	Norte	San Raimundo	3	0.52
	Norte	Sta. Paula	43	235.52
	Norte	Valparaíso	2	1.59
TOTAL	Norte		72	301.5
TOTAL DE CAMPOS			595	1149.6

TABLA # XLII

PRODUCCION PROMEDIO DIARIA DE LOS CAMPOS

AÑO	MES	BPPD
96	Septiembr	1048.4
96	Octubre	1064
96	Noviembre	1147.32
96	Diciembre	1198.4
97	Enero	1181
97	Febrero	1202
97	Marzo	1258
97	Abril	1382
97	Mayo	1476
97	Junio	1371
97	Julio	1507
97	Agosto	1632
97	Septiembr	1621
97	Octubre	1667
97	Noviembre	1524.7
97	Diciembre	1296.5
98	Enero	1149.6



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**



TABLA # XLIII

**PRUEBA DE PRESION DE TUBERIA PVC
PARA CONDUCCION DE GAS**

Provincia: Guayas
 Ciudad: Ancón
 Proyecto: ESPOL - PLASTIGAMA
 Campo: Ancón
 Pozo: 832
 Sección: 69
 Longitud del tramo de prueba: 129
 Especificaciones de la tubería: PVC, 2", roscada, D1785
 Presión de prueba a aplicar: 150 psi
 Tiempo de prueba: 2 horas
 Tipo de atrapes y anclajes: Provisionales de madera
 Tiempo de llenado de la tubería: 45 min.
 Tiempo de purgado de la tubería: 30 min.
 Fecha y hora de inicio con presión de prueba: 5-12-97 / 10:00 AM
 Fecha y hora de terminación con presión de prueba: 5-12-97 / 10:30 AM
 Temperatura ambiente: 33° C



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

LECTURA ANOMETRIC	OBSERVACIONES
25	Ninguna, llenado normal de tubería.
50	Ninguna, llenado normal de tubería.
100	Ninguna, llenado normal de tubería.
125	Ninguna, llenado normal de tubería.
150	Ninguna, se mantiene la presión hasta tiempo de fin de prueba.

OPERADOR
SR. EULOGIO SUAREZ

RESPONSABLE
SR. ALEX ARIAS FLORES

TABLA # XLIV

PRUEBA DE PRESION DE TUBERIA PVC PARA CONDUCCION DE GAS

Provincia: Guayas
Ciudad: Ancón
Proyecto: ESPOL - PLASTIGAMA
Campo: Ancón
Pozo: 587
Sección: 73
Longitud del tramo de prueba: 129
Especificaciones de la tubería: PVC, 2", roscada, D1785
Presión de prueba a aplicar: 150 psi
Tiempo de prueba: 2 horas
Tipo de atrapes y anclajes: Provisionales de madera
Tiempo de llenado de la tubería: 45 min.
Tiempo de purgado de la tubería: 30 min.
Fecha y hora de inicio
con presión de prueba: 5-12-97 / 10:00 AM
Fecha y hora de terminación
con presión de prueba: 5-12-97 / 10:30 AM
Temperatura ambiente: 33° C



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

LECTURA ANOMETRIC	OBSERVACIONES
25	Ninguna, llenado normal de tubería.
50	Ninguna, llenado normal de tubería.
100	Ninguna, llenado normal de tubería.
125	Ninguna, llenado normal de tubería.
150	Ninguna, se mantiene la presión hasta tiempo de fin de prueba.

OPERADOR
SR. EULOGIO SUAREZ

RESPONSABLE
SR. ALEX ARIAS FLORES

TABLA # XLV

PRUEBA DE PRESION DE TUBERIA PVC PARA CONDUCCION DE PETROLEO

Provincia: Guayas
Ciudad: Ancón
Proyecto: ESPOL - PLASTIGAMA
Campo: **Ancón**
Pozo: **1137**
Sección: 69
Longitud del tramo de prueba: 129
Especificaciones de la tubería: PVC, 2", roscada, D1785
Presión de prueba a aplicar: 150 psi
Tiempo de prueba: 2 horas
Tipo de atrapes y anclajes: Provisionales de madera
Tiempo de llenado de la tubería: 45 min.
Tiempo de purgado de la tubería: 30 min.
Fecha y hora de inicio con presión de prueba: 5-12-97 / 10:00 AM
Fecha y hora de terminación con presión de prueba: 5-12-97 / 10:30 AM
Temperatura ambiente: 32° C

LECTURA ANOMETRIC	OBSERVACIONES
25	Ninguna, llenado normal de tubería.
50	Ninguna, llenado normal de tubería.
100	Goteo en un accesorio de acero y en unión bridada.
125	Goteo en accesorio de acero.
150	No mantiene presión, goteo en 3 uniones roscadas.
25	Ninguna, llenado normal de tubería.
50	Ninguna, llenado normal de tubería.
100	Goteo en un accesorio de acero.
125	Goteo en accesorio de acero.
150	No existe goteos en partes de PVC.

OPERADOR
SR. EULOGIO SUAREZ

RESPONSABLE
SR. ALEX ARIAS FLORES

TABLA # XLVI

PRUEBA DE PRESION DE TUBERIA PVC PARA CONDUCCION DE PETROLEO

Provincia: Guayas
Ciudad: Ancón
Proyecto: ESPOL - PLASTIGAMA
Campo: Ancón
Pozo: 1632
Sección: 67
Longitud del tramo de prueba: 129
Especificaciones de la tubería: PVC, 2", roscada, D1785
Presión de prueba a aplicar: 150 psi
Tiempo de prueba: 2 horas
Tipo de atrapes y anclajes: Provisionales de madera
Tiempo de llenado de la tubería: 45 min.
Tiempo de purgado de la tubería: 30 min.
Fecha y hora de inicio
con presión de prueba: 5-12-97 / 10:00 AM
Fecha y hora de terminación
con presión de prueba: 5-12-97 / 10:30 AM
Temperatura ambiente: 33° C



BIBLIOTECA TICT
ESPOL

LECTURA ANOMETRIC	OBSERVACIONES
25	Ninguna, llenado normal de tubería.
50	Ninguna, llenado normal de tubería.
100	Ninguna, llenado normal de tubería.
125	Ninguna, llenado normal de tubería.
150	Ninguna, se mantiene la presión hasta tiempo de fin de prueba.

OPERADOR
SR. EULOGIO SUAREZ

RESPONSABLE
SR. ALEX ARIAS FLORES

TABLA # XLVII

PRUEBA DE PRESION DE TUBERIA PVC PARA CONDUCCION DE PETROLEO

Provincia:	Guayas
Ciudad:	Ancón
Proyecto:	ESPOL - PLASTIGAMA
Campo:	Norte
Pozo:	257
Sección:	Santa Paula
Longitud del tramo de prueba:	
Especificaciones de la tubería:	PVC, 2", roscada, D1785
Presión de prueba a aplicar:	150 psi
Tiempo de prueba:	2 horas
Tipo de atrapes y anclajes:	Provisionales de madera
Tiempo de llenado de la tubería:	45 min.
Tiempo de purgado de la tubería:	30 min.
Fecha y hora de inicio con presión de prueba:	31-12-97 / 12:20 PM
Fecha y hora de terminación con presión de prueba:	5-12-97 / 12:50 PM
Temperatura ambiente:	35° C

LECTURA ANOMETRIC	OBSERVACIONES
25	Ninguna, llenado normal de tubería.
50	Ninguna, llenado normal de tubería.
100	Ninguna, llenado normal de tubería.
125	Ninguna, llenado normal de tubería.
150	Ligero goteo en una unión, presión en 30 min. cae 10 psi.

OPERADOR
SR. EULOGIO SUAREZ

RESPONSABLE
SR. ALEX ARIAS FLORES

TABLA # XLVIII

PRUEBA DE PRESION DE TUBERIA PVC PARA CONDUCCION DE PETROLEO

Provincia: Guayas
Ciudad: Ancón
Proyecto: ESPOL - PLASTIGAMA
Campo: Norte
Pozo: 244
Sección: Santa Paula
Longitud del tramo de prueba: 129
Especificaciones de la tubería: PVC, 2", roscada, D1785
Presión de prueba a aplicar: 150 psi
Tiempo de prueba: 2 horas
Tipo de atrapes y anclajes: Provisionales de madera
Tiempo de llenado de la tubería: 45 min.
Tiempo de purgado de la tubería: 30 min.
Fecha y hora de inicio
con presión de prueba: 5-12-97 / 10:00 AM
Fecha y hora de terminación
con presión de prueba: 5-12-97 / 10:30 AM
Temperatura ambiente: 33° C



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

LECTURA ANOMETRIC	OBSERVACIONES
25	Ninguna, llenado normal de tubería.
50	Ninguna, llenado normal de tubería.
100	Ninguna, llenado normal de tubería.
125	Ninguna, llenado normal de tubería.
150	Ninguna, se mantiene la presión hasta tiempo de fin de prueba.

OPERADOR
SR. EULOGIO SUAREZ

RESPONSABLE
SR. ALEX ARIAS FLORES

TABLA # XLIX

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A PRIMER TRAMO DE TUBERIA SIN USO

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	RESULTADOS
Aspecto Visual	Homogéneo	ok
Opacidad	Homogéneo	ok
Diámetro exterior	60.17 - 60.47 mm	60.24
Ovalidad	0.30 mm	0.3
Espesor de pared	5.54 - 6.20 mm	5.57
Excentricidad	12%	1.93
Rugosidad	1.50%	1.43
Aspecto de roscas	Homogéneo	ok
Impacto RVI	10 kg-m	>19.80
Presión Hidrostática	-----	>1450
Diclorometano	Sin ataque	ok
Ablandamiento Vicat	76°C	80.5
Reversión Longitudinal	5%	4.5



BIBLIOTECA

E.

TABLA # L

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A SEGUNDO TRAMO DE TUBERIA SIN USO

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	RESULTADOS
Aspecto Visual	Homogéneo	ok
Opacidad	Homogéneo	ok
Diámetro exterior	60.17 - 60.47 mm	60.2
Ovalidad	0.30 mm	0.04
Espesor de pared	5.54 - 6.20 mm	5.592
Excentricidad	12%	1.59
Rugosidad	1.50%	1.06
Aspecto de roscas	Homogéneo	ok
Impacto RVI	10 kg-m	>19.80
Presión Hidrostática	-----	>1450
Diclorometano	Sin ataque	ok
Ablandamiento Vicat	76°C	82
Reversión Longitudinal	5%	4

TABLA # LI

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL PRIMER TRAMO DEL POZO A832

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	RESULTADOS
Aspecto Visual	Homogéneo	ok
Opacidad	Homogéneo	ok
Diámetro exterior	60.17 - 60.47 mm	60.24
Ovalidad	0.30 mm	0.32
Espesor de pared	5.54 - 6.20 mm	6
Excentricidad	12%	1.32
Rugosidad	1.50%	0.89
Aspecto de roscas	Homogéneo	ok
Impacto RVI	10 kg-m	>19.80
Presión Hidrostática	-----	>1450
Diclorometano	Sin ataque	ok
Ablandamiento Vicat	76°C	81
Reversión Longitudinal	5%	3.5



TABLA # LII

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL SEGUNDO TRAMO DEL POZO A832

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	RESULTADOS
Aspecto Visual	Homogéneo	ok
Opacidad	Homogéneo	ok
Diámetro exterior	60.17 - 60.47 mm	60.19
Ovalidad	0.30 mm	0.09
Espesor de pared	5.54 - 6.20 mm	5.657
Excentricidad	12%	2.46
Rugosidad	1.50%	0.71
Aspecto de roscas	Homogéneo	ok
Impacto RVI	10 kg-m	>19.80
Presión Hidrostática	-----	>1450
Diclorometano	Sin ataque	ok
Ablandamiento Vicat	76°C	80
Reversión Longitudinal	5%	4.5

TABLA # LIII

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL PRIMER TRAMO DEL POZO A 587

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	RESULTADOS
Aspecto Visual	Homogéneo	ok
Opacidad	Homogéneo	ok
Diámetro exterior	60.17 - 60.47 mm	60.26
Ovalidad	0.30 mm	0.16
Espesor de pared	5.54 - 6.20 mm	5.39
Excentricidad	12%	3.41.
Rugosidad	1.50%	0.92
Aspecto de roscas	Homogéneo	ok
Impacto RVI	10 kg-m	>19.80
Presión Hidrostática	-----	>1450
Diclorometano	Sin ataque	ok
Ablandamiento Vicat	76°C	81
Reversión Longitudinal	5%	5



BIBLI

F: -OL

TABLA # LIV

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL SEGUNDO TRAMO DEL POZO A 587

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	RESULTADOS
Aspecto Visual	Homogéneo	ok
Opacidad	Homogéneo	ok
Diámetro exterior	60.17 - 60.47 mm	60.25
Ovalidad	0.30 mm	0.15
Espesor de pared	5.54 - 6.20 mm	5.52
Excentricidad	12%	2.47
Rugosidad	1.50%	1.76
Aspecto de roscas	Homogéneo	ok
Impacto RVI	10 kg-m	>19.80
Presión Hidrostática	-----	>1450
Diclorometano	Sin ataque	ok
Ablandamiento Vicat	76°C	81.5
Reversión Longitudinal	5%	4

TABLA # LV**RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL PRIMER TRAMO DEL POZO A 1137**

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	RESULTADOS
Aspecto Visual	Homogéneo	ok
Opacidad	Homogéneo	ok
Diámetro exterior	60.17 - 60.47 mm	60.25
Ovalidad	0.30 mm	0.11
Espesor de pared	5.54 - 6.20 mm	5.54
Excentricidad	12%	2.64
Rugosidad	1.50%	0.94
Aspecto de roscas	Homogéneo	ok
Impacto RVI	10 kg-m	>19.80
Presión Hidrostática	-----	>1450
Diclorometano	Sin ataque	ok
Ablandamiento Vicat	76°C	81
Reversión Longitudinal	5%	4

TABLA # LVI**RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL SEGUNDO TRAMO DEL POZO A 1137**

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	RESULTADOS
Aspecto Visual	Homogéneo	ok
Opacidad	Homogéneo	ok
Diámetro exterior	60.17 - 60.47 mm	60.2
Ovalidad	0.30 mm	0.14
Espesor de pared	5.54 - 6.20 mm	5.632
Excentricidad	12%	2.1
Rugosidad	1.50%	1.22
Aspecto de roscas	Homogéneo	ok
Impacto RVI	10 kg-m	>19.80
Presión Hidrostática	-----	>1450
Diclorometano	Sin ataque	ok
Ablandamiento Vicat	76°C	80
Reversión Longitudinal	5%	5

TABLA # LVII

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL PRIMER TRAMO DEL POZO A 1631

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	RESULTADOS
Aspecto Visual	Homogéneo	ok
Opacidad	Homogéneo	ok
Diámetro exterior	60.17 - 60.47 mm	60.22
Ovalidad	0.30 mm	0.3
Espesor de pared	5.54 - 6.20 mm	5.56
Excentricidad	12%	4.3
Rugosidad	1.50%	0.94
Aspecto de roscas	Homogéneo	ok
Impacto RVI	10 kg-m	>19.80
Presión Hidrostática	-----	>1450
Diclorometano	Sin ataque	ok
Ablandamiento Vicat	76°C	81
Reversión Longitudinal	5%	4



BIBLIOTECA
ESPOL

TABLA # LVIII

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL SEGUNDO TRAMO DEL POZO A 1631

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	RESULTADOS
Aspecto Visual	Homogéneo	ok
Opacidad	Homogéneo	ok
Diámetro exterior	60.17 - 60.47 mm	60.26
Ovalidad	0.30 mm	0.06
Espesor de pared	5.54 - 6.20 mm	5.58
Excentricidad	12%	1.77
Rugosidad	1.50%	0.832
Aspecto de roscas	Homogéneo	ok
Impacto RVI	10 kg-m	>19.80
Presión Hidrostática	-----	>1450
Diclorometano	Sin ataque	ok
Ablandamiento Vicat	76°C	81
Reversión Longitudinal	5%	5

TABLA # LIX

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL PRIMER TRAMO DEL POZO SP 257

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	RESULTADOS
Aspecto Visual	Homogéneo	ok
Opacidad	Homogéneo	ok
Diámetro exterior	60.17 - 60.47 mm	60.25
Ovalidad	0.30 mm	0.31
Espesor de pared	5.54 - 6.20 mm	5.52
Excentricidad	12%	2.82
Rugosidad	1.50%	1.03
Aspecto de roscas	Homogéneo	ok
Impacto RVI	10 kg-m	>19.80
Presión Hidrostática	-----	>1450
Diclorometano	Sin ataque	ok
Ablandamiento Vicat	76°C	81
Reversión Longitudinal	5%	4

TABLA # LX

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL SEGUNDO TRAMO DEL POZO SP 257

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	RESULTADOS
Aspecto Visual	Homogéneo	ok
Opacidad	Homogéneo	ok
Diámetro exterior	60.17 - 60.47 mm	60.25
Ovalidad	0.30 mm	0.21
Espesor de pared	5.54 - 6.20 mm	5.84
Excentricidad	12%	1.82
Rugosidad	1.50%	1.18
Aspecto de roscas	Homogéneo	ok
Impacto RVI	10 kg-m	>19.80
Presión Hidrostática	-----	>1450
Diclorometano	Sin ataque	ok
Ablandamiento Vicat	76°C	82
Reversión Longitudinal	5%	3.5.

TABLA # LXI

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL TERCER TRAMO DEL POZO SP 257

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	RESULTADOS
Aspecto Visual	Homogéneo	ok
Opacidad	Homogéneo	ok
Diámetro exterior	60.17 - 60.47 mm	60.22
Ovalidad	0.30 mm	0.08
Espesor de pared	5.54 - 6.20 mm	5.596
Excentricidad	12%	2.12
Rugosidad	1.50%	0.803
Aspecto de roscas	Homogéneo	ok
Impacto RVI	10 kg-m	>19.80
Presión Hidrostática	-----	>1450
Diclorometano	Sin ataque	ok
Ablandamiento Vicat	76°C	80
Reversión Longitudinal	5%	4.5



BIBLIOTECA
ES - L

TABLA # LXII

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL PRIMER TRAMO DEL POZO SP 244

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	RESULTADOS
Aspecto Visual	Homogéneo	ok
Opacidad	Homogéneo	ok
Diámetro exterior	60.17 - 60.47 mm	60.26
Ovalidad	0.30 mm	0.22
Espesor de pared	5.54 - 6.20 mm	5.56
Excentricidad	12%	1.24
Rugosidad	1.50%	1.12
Aspecto de roscas	Homogéneo	ok
Impacto RVI	10 kg-m	>19.80
Presión Hidrostática	-----	>1450
Diclorometano	Sin ataque	ok
Ablandamiento Vicat	76°C	81
Reversión Longitudinal	5%	4

TABLA # LXIII

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL SEGUNDO TRAMO DEL POZO SP 244

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	RESULTADOS
Aspecto Visual	Homogéneo	ok
Opacidad	Homogéneo	ok
Diámetro exterior	60.17 - 60.47 mm	60.23
Ovalidad	0.30 mm	0.26
Espesor de pared	5.54 - 6.20 mm	5.51
Excentricidad	12%	2.13
Rugosidad	1.50%	1.218
Aspecto de roscas	Homogéneo	ok
Impacto RVI	10 kg-m	>19.80
Presión Hidrostática	-----	>1450
Diclorometano	Sin ataque	ok
Ablandamiento Vicat	76°C	81
Reversión Longitudinal	5%	4.5

TABLA # LXIV

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL TERCER TRAMO DEL POZO SP 244

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	RESULTADOS
Aspecto Visual	Homogéneo	ok
Opacidad	Homogéneo	ok
Diámetro exterior	60.17 - 60.47 mm	60.25
Ovalidad	0.30 mm	0.22
Espesor de pared	5.54 - 6.20 mm	5.596
Excentricidad	12%	2.11
Rugosidad	1.50%	0.71
Aspecto de roscas	Homogéneo	ok
Impacto RVI	10 kg-m	>19.80
Presión Hidrostática	-----	>1450
Diclorometano	Sin ataque	ok
Ablandamiento Vicat	76°C	80
Reversión Longitudinal	5%	4.5

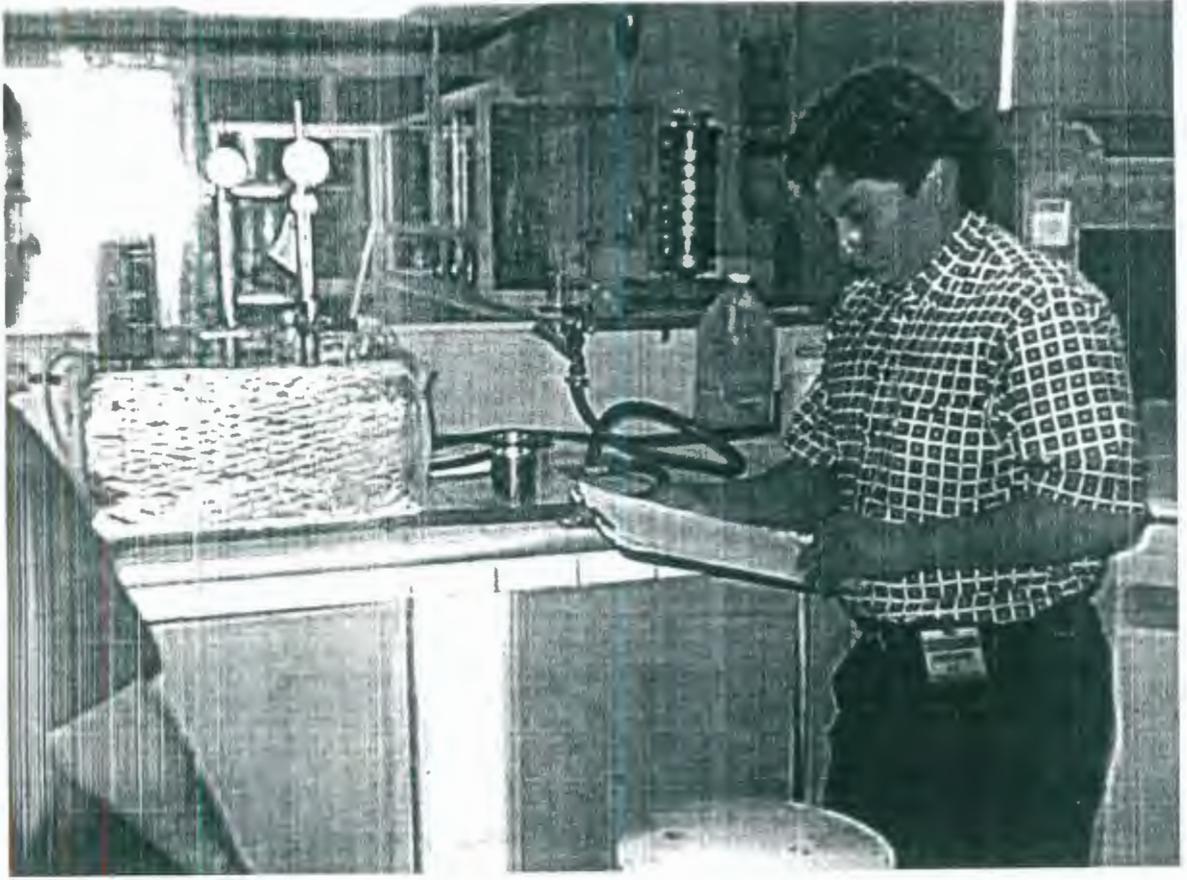
APENDICE C

FOTOGRAFIAS

CONVENIO:

ESPOL - PLASTIGAMA





BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, Specification for line pipe, API, 1961, 220 p.
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, Specifications for piping in refineries and line pipes. Nueva York, ASTM, 1978, 280 p.
3. PLASTIGAMA, DEPARTAMENTO TECNICO, Manual de especificaciones técnicas, Editorial Cromos, Guayaquil, 1996, 56p.
4. PLASTIGAMA, DEPARTAMENTO TECNICO, Tubería roscable. Editorial Cromos, Guayaquil, 1996, pag. 2 – 6.
5. PLASTIGAMA, DEPARTAMENTO TECNICO, Tubería para presión. Editorial Cromos, Guayaquil, 1996, pag. 2 – 6.
6. PAVCO DE VENEZUELA, Proyecto de Tubería petrolera. Caracas. 1996, pag. 2 – 5.
7. INEN, Estándar para pruebas a tuberías de PVC. Quito, 1997.