



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“SUSTITUCIÓN DE LA LINEA CONDUCTORA DE  
48” D.N. A BASE DE PERFORACIÓN HORIZONTAL  
DIRIGIDA EN EL CRUZAMIENTO DEL RIO  
TECOLUTLA DE GASODUCTO  
CACTUS-SAN FERNANDO”**

**TESIS**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:  
**CARLOS CORTES MARTINEZ**



CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F.

NOVIEMBRE - 2012



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA  
COMITÉ DE TITULACIÓN  
FING/DICyG/SEAC/UTIT/109/05

Señor  
CARLOS CORTÉS MARTÍNEZ  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. MARCOS TREJO HERNÁNDEZ, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"SUSTITUCIÓN DE LA LÍNEA CONDUCTORA DE 48" D.N. A BASE DE PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA EN EL CRUZAMIENTO DEL RÍO TECOLUTLA DE GASODUCTO CACTUS - SAN FERNANDO"**

- INTRODUCCIÓN
- I. DESCRIPCIÓN PROYECTO
- II. ESTUDIOS PRELIMINARES
- III. PLANEACIÓN DEL PROYECTO
- IV. PROCESO CONSTRUCTIVO
- V. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria a 1 de agosto del 2011.  
EL PRESIDENTE

  
ING. MARCOS TREJO HERNÁNDEZ

RSUMTH\*gar

Ciudad Universitaria D. F. a 1 de agosto del 2011

**ING. MARCOS TREJO HERNANDEZ.**


Presidente del Comité de Titulación  
División de Ingenierías Civil y Geomática  
P r e s e n t e.

Me dirijo a usted en su calidad de Presidente del Comité de Titulación de la División a su cargo, para solicitar su autorización para cambiar mi director de tesis del M. en I. Fernando Labela Lozoya debido a su jubilación.

Deseo en su lugar solicitar como director de tesis al Ing. Marcos Trejo Hernández.

Esperando contar con su respuesta favorable, le envío un cordial saludo.

**Atentamente**



---

**Carlos Cortés Martínez**

No. de cuenta: 096552940

Teléfonos: 014492425577

Correo electrónico: carloscortes09@hotmail.com

Dirección: Av. De los Maestros 1920 Frac. El Dorado 2nda Sección, Ags, Ags.

## Sustitución de la línea conductora de 48" D.N.

### INDICE

INTRODUCCION	1
LINEAS DE CONDUCCION	1
ANTECEDENTES	2
CAPITULO 1. DESCRIPCION DEL PROYECTO	7
1.1 Localización	7
1.2 Objetivos y justificación del proyecto	9
1.3 Descripción de la línea	10
CAPITULO 2. ESTUDIOS PRELIMINARES	12
2.1 Mecánica de suelos	12
2.2 Estudio hidrológico	25
2.3 Estudio Batimétrico	32
2.4 Conclusiones de los estudios preliminares	33
CAPITULO 3. PLANEACION DEL PROYECTO	34
3.1 Planeación general	34
3.2 Catalogo de conceptos	36
3.3 Análisis financiero	41
3.4 Programa de obra	44
CAPITULO 4. PROCESO CONSTRUCTIVO	56
4.1 Preparación del terreno	56
4.2 Excavación	57

4.3 Plataformas	58
4.4 Suministro, carga, transporte y tendido de tuberías	58
4.5 Soldadura	59
4.6 Inspección radiográfica	62
4.7 Limpieza con chorro de arena	64
4.8 Perforación horizontal	69
4.9 Prueba hidrostática y protección catódica	69
5 CONCLUSIONES	71
5.1 Bibliografía	72



## INTRODUCCIÓN

- LÍNEAS DE CONDUCCIÓN

Se le llama línea de conducción o ducto, al sistema de tuberías por medio del cual se lleva a cabo el transporte de líquidos o gases. La historia de las líneas de conducción en México, se remontan a principios del presente siglo, cuando las empresas extranjeras que tenían a su cargo la concesión de la explotación petrolera, construyeron algunos oleoductos dirigidos principalmente hacia el mar, ya que el objetivo de dichas empresas era básicamente la exportación del crudo. Posteriormente, con la creación de Petróleos Mexicanos el 7 de junio de 1938, las líneas de conducción se convirtieron en elementos de vital importancia para el país y para PEMEX, ya que por medio de ellas actualmente se transportan en forma óptima los hidrocarburos que requieren la industria y la población en general. Además, son fundamentales para la economía nacional, ya que su costo operativo es mucho menor en comparación con cualquier otro medio de transporte, englobando dos circunstancias decisivas: grandes tonelajes y distancias considerables.

Como en todo medio de transporte se tienen dos centros principales, un centro de producción o envío y un centro de consumo o llegada. Los elementos básicos que componen las instalaciones del transporte por ducto son:

- a) Una estación de almacenamiento e impulsión, en la que se encuentra el parque de depósitos de almacenamiento previo, correspondiente al punto de producción, del transporte y el equipo de bombas o compresores que impulsan el producto a través de la canalización.
- b) Una serie de estaciones impulsoras intercaladas a lo largo de la conducción trabajando en línea cerrada, es decir, sin almacenamiento.
- c) Una estación de almacenamiento o distribución en el punto de consumo.
- d) Diversos dispositivos de protección contra incendios, catódica, etc.
- e) Equipos de limpieza y mantenimiento.

En general, los sistemas de tuberías están compuestos por tubos, bridas, pernos o espárragos, empaquetaduras, válvulas, dispositivos de alivio y conexiones. También se incluyen los soportes, apoyos y otros elementos necesarios para prevenir los sobreesfuerzos de las partes sometidas a presión.

En la actualidad, Pemex cuenta con una gran infraestructura terrestre que incluye una red de ductos para el transporte de hidrocarburos distribuidos a lo largo de la República Mexicana, de diferentes tipos y tamaños (Figura 1); tenemos desde poliductos de refinería de 2" de diámetro y pocos metros de longitud, hasta gasoductos de 48" como el Troncal del Sistema Nacional de Gas con 1329 km. de longitud y el Oleoducto Transísmico de 265 km. con manejo de hasta 1'100,000 Bls/día.

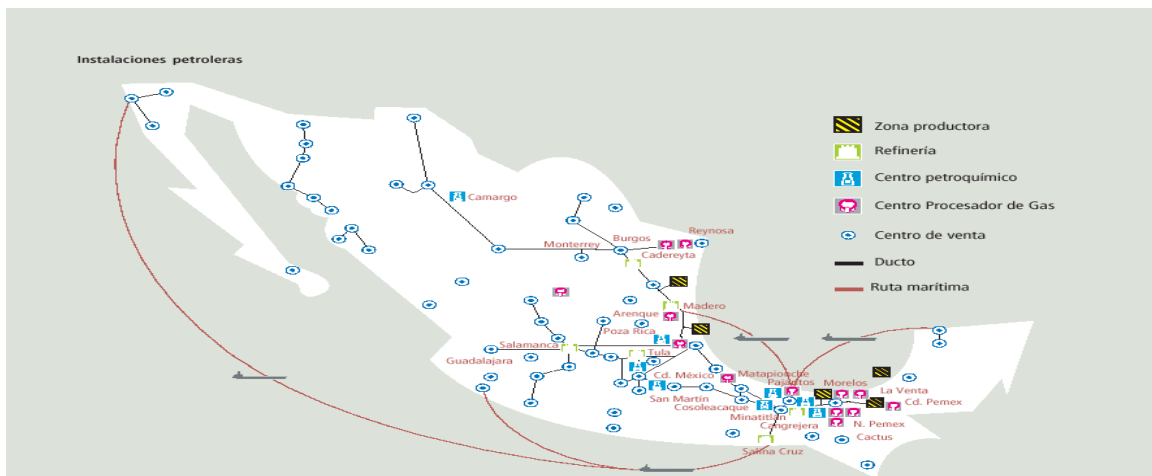


Figura 1. Red de ductos en la República Mexicana



Este sistema de ductos se encuentra dividido dependiendo del tipo de hidrocarburos que transportan, para ello, las tuberías de transporte se clasifican de la siguiente manera:

- a) Sistemas para el transporte de hidrocarburos líquidos. Son las tuberías que se destinen al transporte de petróleo crudo, condensados, gasolina natural, gases licuados, amoníaco anhidro líquido y productos derivados de la refinación del petróleo.
- b) Sistemas para el transporte y distribución de hidrocarburos gaseosos. Son las tuberías que se destinen al transporte y distribución de productos en estado gaseoso, gas natural derivado de la extracción o gases obtenidos a partir del tratamiento o destilación del petróleo.

Por otro lado, los ductos también se clasifican dependiendo del proceso de construcción y de la forma en la que éste se encontrará en las condiciones normales de trabajo en:

- Ducto enterrado. Es aquel ducto terrestre que está alojado bajo la superficie de un suelo seco o húmedo.
- Ducto no restringido. Ducto o tramo de tubería que no tiene una importante restricción axial y por tanto permite las deformaciones axiales.
- Ducto restringido. Ducto o tramo de tubería que debido a sus condiciones en los extremos tiene restricción o limitación en permitir deformaciones axiales.<sup>1</sup>
- Ducto sumergido. Es aquel ducto terrestre que debido a su trayectoria puede encontrarse enterrado o en el lecho de un cuerpo de agua (pantano, río, laguna. Lago, etc.)

- ANTECEDENTES

#### Hidrocarburos

Se les define como compuestos químicos de carbón (76 a 86%) e hidrógeno (14 a 24%). Elementos como el metano, etano, propano, butano y pentano entre otros son hidrocarburos que forman parte de otros compuestos de hidrocarburos como gas natural y petróleo.

##### 1) Petróleo.

La génesis del petróleo se genera en el depósito y descomposición de organismos de origen vegetal y animal, que hace millones de años quedaron atrapadas en rocas sedimentarias en ambientes marinos o próximos al mar y que fueron sometidos a enormes presiones y elevadas temperaturas.

El petróleo se encuentra en el subsuelo, impregnado en formaciones de tipo arenoso y calcáreo. Asume los tres estados físicos de la materia: sólido, líquido y gaseoso, según su composición, la temperatura y presión a que se encuentra. En el subsuelo se encuentra por lo general encima de una capa de agua, hallándose en la parte superior una de gas.

Dependiendo del número de átomos de carbono y de la estructura de los hidrocarburos que integran el petróleo, se tienen diferentes propiedades que lo caracterizan y determinan su comportamiento como combustibles, lubricantes, ceras o solventes.

##### 2) Gas Natural.

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos, constituida principalmente por metano con proporciones variables de otros hidrocarburos que se encuentra en los yacimientos, en solución o en fase gaseosa con el crudo, o bien en yacimientos que no contienen aceite.

---

<sup>1</sup> Esfuerzo longitudinal debido a esfuerzos combinados por aumento de temperatura y presión del fluido





El gas natural se clasifica de diferentes formas. De acuerdo a su origen en:

*Gas natural asociado:* Se encuentra en contacto y/o disuelto en el aceite crudo del yacimiento.

*Gas natural no asociado:* Gas natural extraído de yacimientos que no contienen petróleo crudo.

Por su composición:

*Gas natural amargo:* Contiene azufre, compuestos de azufre y/o bióxido de carbono, en cantidades que requieren tratamiento para que pueda ser utilizado.

*Gas natural dulce:* No contiene azufre o compuestos de azufre, o los tiene en cantidades, tan pequeñas, que no es necesario procesarlo para que pueda ser utilizado directamente como combustible no corrosivo.

*Gas seco:* Gas cuyo contenido en metano puede variar en volumen de 95 a 99%.

### La industria petrolera en México

En los años cuarenta la industria petrolera inició el camino de su crecimiento al pasar de 51 millones de barriles producidos en 1940 a 86 millones en 1950. Este aumento se debió a una labor intensa en la exploración, cuyo resultado más espectacular fue el descubrimiento, en 1952, de los primeros campos de la nueva Faja de Oro.

Se construyeron las refinerías de Poza Rica, de Salamanca, de Ciudad Madero, la nueva refinería de Minatitlán y se amplió la de Azcapotzalco. También, en 1951, empezó el funcionamiento de una planta petroquímica básica en Poza Rica, con lo cual se iniciaba la industria petroquímica en México. Entre 1964 y 1970, se impulsaron las actividades exploratorias y la perforación, descubriéndose el campo Reforma, en los límites de Chiapas y Tabasco, y el campo Arenque, en el Golfo de México y, en 1966, se creó el Instituto Mexicano del Petróleo.

En 1972, se detectó una nueva provincia productora de hidrocarburos en el Estado de Chiapas, mediante la perforación de los pozos Cactus I y Sitio Grande I, lo que constituyó el hallazgo de mayor importancia en esa época. La productividad de los pozos de la zona sureste conocida como el Mesozoico Chiapas-Tabasco hizo posible la reanudación de las exportaciones petroleras de México en 1974. Así, para 1976, las reservas de hidrocarburos ascendieron a siete mil millones de barriles, la producción a 469 millones de barriles anuales y las exportaciones de crudo a 34 millones y medio de barriles anuales.

En los años setenta, se da un impulso importante a la refinación, al entrar en operación la refinerías de "Miguel Hidalgo", en Tula, Hgo.; "Ing. Héctor Lara Sosa", en Cadereyta, N.L., así como la "Ing. Antonio Dovalí Jaime", en Salina Cruz, Oax. A partir de 1976, se impulsó una mayor actividad en todas las áreas de la industria ante la estrategia política del país, dando como resultado un gran salto en la producción petrolera y en las reservas de hidrocarburos, por lo que el petróleo se convirtió en la principal fuente de divisas del país, representando el 75% de sus exportaciones.

El aumento productivo de esta época, estuvo ligado al descubrimiento de los campos de la Sonda de Campeche, considerada hasta la fecha como la provincia petrolera más importante del país y una de las más grandes del mundo.

A partir de 1990, se inició un programa de inversiones financiado, que comprendió la construcción de un total de 28 plantas de proceso en el sistema nacional de refinación, el cual fue terminado en 1997 y cuyos objetivos fueron mejorar la calidad de la gasolinas, reducir el contenido de azufre en el diesel y convertir combustóleo en combustibles automotrices, así como elevar las características de los residuales, a fin de cumplir con las normas ambientales adoptadas por el Gobierno de México.



En julio de 1992 se emprendió una reestructuración administrativa y organizativa, por lo que PEMEX descentralizó y desconcentró funciones y recursos. Con el surgimiento de esta ley, se establece la creación de los siguientes organismos descentralizados subsidiarios de carácter técnico, industrial y comercial, cada uno de ellos con personalidad jurídica y patrimonio propios bajo la conducción central del Corporativo PEMEX:

A) PEMEX.- Exploración y Producción: Sus actividades principales son la exploración y explotación del petróleo y el gas natural; su transporte, almacenamiento en terminales y su comercialización de primera mano; éstas se realizan cotidianamente en cuatro regiones geográficas que abarcan la totalidad del territorio mexicano: Norte, Sur, Marina Noreste y Marina Suroeste.

B) PEMEX,- Refinación: Sus funciones básicas son los procesos industriales de refinación, elaboración de productos petrolíferos y derivados del petróleo, su distribución, almacenamiento y venta de primera mano. Realiza además la planeación, administración y control de la red comercial, así como la suscripción de contratos con inversionistas privados mexicanos, para el establecimiento y operación de las Estaciones de Servicio, integrantes de la Franquicia PEMEX para atender el mercado al menudeo de combustibles automotrices.

C) PEMEX Gas y Petroquímica Básica: Dentro del petróleo, PEMEX Gas y Petroquímica Básica, ocupa una posición estratégica, al tener la responsabilidad del procesamiento del gas natural y sus líquidos, así como del transporte, comercialización y almacenamiento de sus productos.

D) PEMEX Petroquímica: Elabora, comercializa y distribuye productos para satisfacer la demanda del mercado a través de sus empresas filiales y centros de trabajo. Su actividad fundamental son los procesos petroquímicos no básicos derivados de la primera transformación del gas natural, metano, etano, propano y naftas de PEMEX

E) PEMEX Internacional: Establece dentro de sus objetivos y metas, el asegurar la colocación en el mercado exterior, de las exportaciones de petróleo crudo de PEMEX; así como, proporcionar servicios comerciales y administrativos a empresas del Grupo PEMEX que realizan actividades relacionadas al comercio de hidrocarburos.

A partir del mes de diciembre de 2000, se inició una nueva era en la industria petrolera mexicana, con la implantación de estrategias orientadas a buscar un crecimiento dinámico de Petróleos Mexicanos, mediante la ejecución de importantes proyectos dirigidos a la producción de crudo ligero, a la aceleración de la reconfiguración de las refinerías, al mejoramiento de la calidad de los productos, a la optimización de la exploración para gas no asociado y a la integración de alianzas con la iniciativa privada, para revitalizar y fomentar a la industria petroquímica.

Actualmente, para cumplir estas metas, se lleva a cabo una reestructuración del Corporativo, con el propósito de mantener el liderazgo en la operación integral de la empresa, dar seguimiento a la nueva planeación e identificar los cambios encaminados a alcanzar mayores rendimientos y una mejor operación de las instalaciones con costos y calidad de nivel mundial.

Pemex Gas y Petroquímica Básica.

Dentro de Petróleos Mexicanos, Pemex Gas y Petroquímica Básica ocupa una posición estratégica, al tener la responsabilidad del procesamiento del gas natural y sus líquidos, así como del transporte, comercialización y almacenamiento de sus productos.

Cuenta con 12 complejos procesadores de gas natural con las siguientes capacidades:



PROCESO	CAPACIDADES
Endulzamiento de gas	4,503 MMpcd <sup>2</sup>
Recuperación de líquidos	5,446 MMpcd
Fraccionamiento de líquidos	574 Mbd <sup>3</sup>

Para el transporte de gas natural, operan 9,031 km. de ductos, además de 10 interconexiones con sistemas de gasoductos norteamericanos. La logística del gas licuado se apoya en 17 terminales de distribución y 1,857 km. de ductos con una capacidad de bombeo de 220 Mbd. Para el manejo de petroquímicos básicos, se cuenta con 1,300 km. de ductos.

La cadena productiva de Pemex Gas y Petroquímica Básica es:

1. Pemex Exploración y Producción, provee del gas amargo húmedo y líquidos asociados con el gas a Pemex Gas y Petroquímica Básica.
2. El gas amargo pasa a través de las plantas endulzadoras de gas, las cuales lo separan en gas ácido y gas dulce
3. El gas ácido se envía a las plantas de azufre y el gas dulce a las plantas criogénicas, donde se separan los líquidos y se obtiene una corriente de gas seco
4. Los líquidos continúan hacia las plantas fraccionadoras, donde se realiza la separación de los productos.
5. Los productos que se obtienen mediante el proceso del gas natural son:
  - Gas natural seco
  - Etano
  - Gas licuado
  - Gasolinas naturales
  - Azufre

Sistema Nacional de Gasoductos.

El Sistema Nacional de Gasoductos (SNG) está constituido por 9,031 km de ductos interconectados de diferentes diámetros y longitudes, que cruzan el territorio nacional a través de 19 entidades federativas, con el objeto de satisfacer la demanda de gas natural en el territorio nacional. Inicia en Chiapas, pasa por Veracruz y Tabasco hasta Tamaulipas, con líneas de 24, 36 y 48 pulgadas de diámetro. Posteriormente se prolonga por los estados de Nuevo León, Coahuila, Durango y Chihuahua, con líneas de 24 y 36 pulgadas de diámetro. Existen tres líneas importantes de 18, 24 y 36 pulgadas que recorren el centro del país pasando por los estados de Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, México, Querétaro, Guanajuato, San Luis Potosí, Michoacán y Jalisco. Ver *Figura 2*.

Durante los últimos cinco años se ha transportado a través de este sistema, un volumen promedio de 72.94 millones de metros cúbicos diarios, equivalentes a 2,576 millones de pies cúbicos diarios (MMpcd), para abastecer a 1094 usuarios comerciales e industriales en los sectores público y privado.

El SNG cuenta con 539 estaciones de medición y regulación de diferentes tipos y tamaños, que se utilizan para medir y regular el volumen de gas natural que se entrega. Comprende además 8 estaciones de compresión con una potencia nominal instalada total de 141 MW y cuenta con puntos de inyección de gas natural de origen nacional y puntos de conexión internacional. A través de estos últimos se pueden realizar operaciones de importación o exportación con los Estados Unidos.

<sup>2</sup> MMpcd; Millones de pies cúbicos diarios

<sup>3</sup> Mbd; Miles de barriles diarios





## CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

### 1.1 Localización

La línea conductora sobre la cual se realizó el proyecto de sustitución a base de perforación horizontal en el cruzamiento del Río Tecolutla, tiene su origen en el Complejo Procesador de Gas (CPG) Cactus, en el Estado de Chiapas y culmina en la Ciudad de San Fernando, Tamaulipas. El cruce especial a base de perforación horizontal se realizó sobre el Río Tecolutla, en el Estado de Veracruz.

Con el descubrimiento de petróleo en la región de Tabasco-Chiapas en 1972, surgió la necesidad de aprovechar el gas asociado con el crudo, razón por la que se planeó un centro industrial, cuya localización geográfica permitiera rentablemente el procesamiento de ese gas, dándose así las condiciones para la construcción del Complejo Procesador de Gas Cactus en el municipio de Reforma Chiapas, en el sureste mexicano.

El CPG Cactus está ubicado en la carretera denominada Reforma—Cactus en la ranchería San Miguel, 2da. Sección del Municipio de Reforma, Chiapas, encontrándose por vía terrestre a 39 km. de la ciudad de Villahermosa, y a 13 km. de la ciudad de Reforma, a una altura de 23 m sobre el nivel del mar. Inició sus operaciones el 10 de Septiembre de 1974, siendo actualmente uno de los principales productores de gas a nivel nacional, en donde se procesan el gas y los condensados amargos, extraídos de los yacimientos del mesozoico en los estados de Chiapas y Tabasco, así como los condensados amargos que llegan del área marina de la Sonda de Campeche. Ver *Figura 3*.



*Figura 3. Localización CPG Cactus*

Por otro lado, San Fernando se localiza en el estado de Tamaulipas. La cabecera Municipal se encuentra en la Villa de San Fernando, en las coordenadas 24°50' de latitud norte y 98°09' de longitud oeste, a una altura de 40 metro sobre el nivel del mar.

Limita al Norte con los Municipios de Río Bravo y Matamoros; al Sur con los de Abasolo y Soto La Marina; al Este con la Laguna Madre y el Golfo de México y al Oeste con los Municipios de Méndez, Burgos y Cruillas. Su extensión territorial es de 6,091.36 kilómetros cuadrados. Ver *Figura 4*.



*Figura N°4. Localización Municipio San Fernando*

El proyecto de sustitución a base de perforación horizontal se realizó sobre el Río Tecolutla, ubicado en el municipio de Tecolutla en el estado de Veracruz.



El estado de Veracruz colinda al norte con Tamaulipas y el Golfo de México, al este con el Golfo de México, Tabasco y Chiapas; al sur con Chiapas y Oaxaca; al oeste con Puebla, Hidalgo y San Luis Potosí. Por otro lado, el municipio de Tecolutla limita: al Norte con Papantla y Golfo de México; al Sur con Martínez de la Torre; al Este con el Golfo de México y al Oeste con Papantla y Gutiérrez Zamora. Se encuentra situado en la zona centro del Estado, en las estribaciones del río Tecolutla y cercano a su desembocadura.

El río Tecolutla tiene una extensión de 7,950.05 m<sup>2</sup>, su longitud abarca el Estado de Puebla y Veracruz y por su escurrimiento medio anual (5,500 millones de metros cúbicos) se encuentra entre los ríos más caudalosos de la República Mexicana. Ver Figura 5.

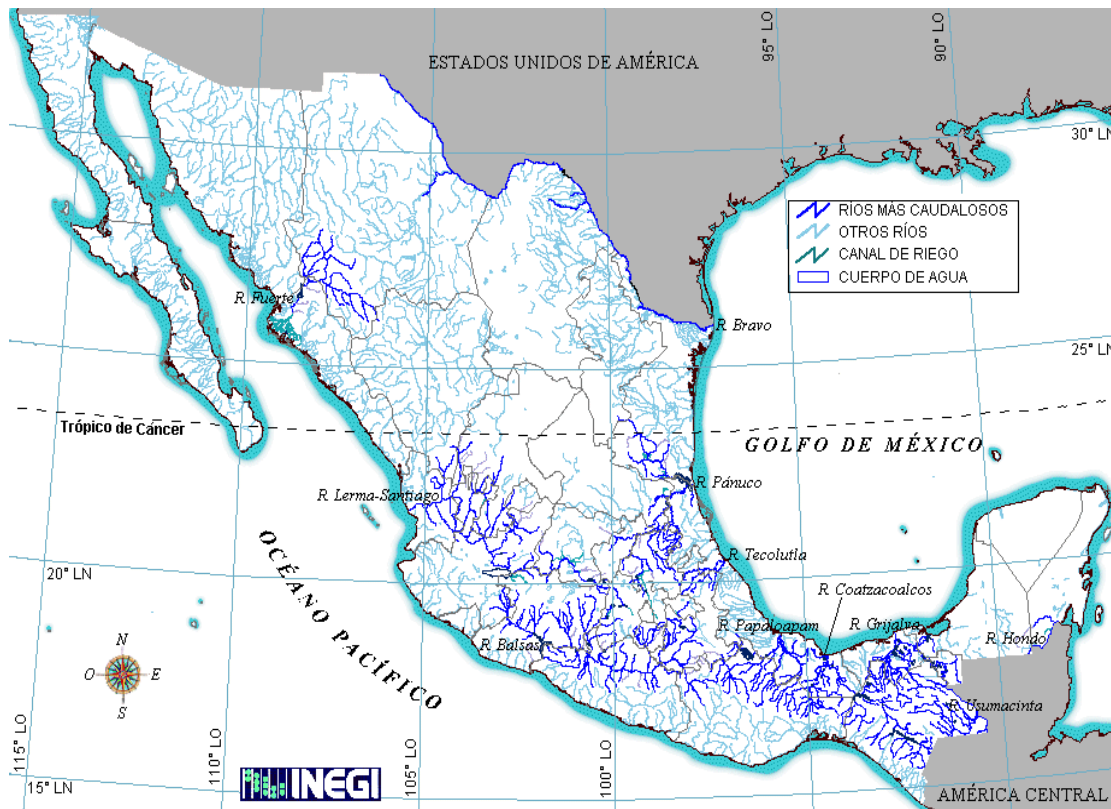


Figura N°5. Principales ríos de la República Mexicana

El proyecto de estudio de esta tesis se realizó sobre la línea del Gasoducto Cactus - San Fernando, en el km. 556+625 sobre el río Tecolutla y sus márgenes.

Las coordenadas geográficas de la zona de estudio son:

Margen Derecha	20°27'35" N y 97°02'03" W UTM: 705 000, 264 350
Margen Izquierda	20°28'43" N y 97°02'26" W UTM: 704 405, 2 264 850





## 1.2 Objetivos y Justificación del Proyecto.

### Objetivos

- Proporcionar la información necesaria y suficiente, para la operación segura del cruzamiento en el río Tecolutla del gasoducto de 48" D.N. Cactus – San Fernando en el km. 556+625
- Realizar la planeación adecuada de la sustitución del cruzamiento actual por otro nuevo, mediante un método que evite o reduzca al máximo la posibilidad de repetirse una condición insegura, por efecto de la erosión fluvial
- Generar las estrategias de ingeniería adecuadas para reducir la afectación al entorno, por la construcción y operación de la línea de conducción de 48" D.N. Cactus – San Fernando km. 556+625

### Justificación.

En el mes de octubre de 1999 se elevó el nivel de agua en el río Tecolutla, debido a las condiciones extraordinarias de precipitación pluvial que se presentaron en la cuenca del mismo nombre, por la Depresión Tropical N° 11; ésta provocó el desbordamiento, cambio de dirección y desplazamiento de los flujos fuera del cauce normal del río, el cual se amplió en forma desproporcionada y provocó erosiones marginales en la parte externa de los cambios de dirección.

La inestabilidad provocada por las lluvias en las márgenes del río, propició el desprendimiento de materiales y el deslizamiento de taludes, afectando las vías de comunicación y las áreas productivas. Así mismo, las instalaciones de PEMEX Gas y Petroquímica Básica, en el cruzamiento del gasoducto de 48" D.N. Cactus – San Fernando, detectó inestabilidad en gran parte de su longitud dentro del cauce del río, presentando en algunos puntos flotación y deterioro en el recubrimiento del lastrado, por lo que se requiere la sustitución de la línea principal.

Por lo anterior, se requiere que los trabajos se desarrollen en el Derecho de Vía de Petróleos Mexicanos, en el cual se aloja el gasoducto Cactus – San Fernando sobre el río Tecolutla y sus márgenes

### Importancia económica de la línea.

En los últimos años, el noreste de la República y en particular el área de Tamaulipas, se ha venido constituyendo en un centro neurálgico para el desarrollo del mercado de gas natural en México. Las inversiones de Pemex Exploración y Producción en la región, así como la nueva infraestructura para incrementar y diversificar las importaciones, la mayor capacidad de proceso y transporte por parte de Pemex Gas, ubican al área de Tamaulipas en una posición estratégica dentro de la nueva geografía operativa y comercial de este mercado.

En el periodo 1998-2005, la demanda nacional de gas natural observó un crecimiento promedio anual de 6.5%, impulsado principalmente por la expansión del sector eléctrico, que en dicho lapso creció a un promedio de 19.7 por ciento anual.

Adicionalmente, para el 2006 se estima que la demanda crezca a una tasa promedio anual de 7.5 por ciento, alcanzando un nivel superior a los seis MMpcd en este año.

Para enfrentar un reto de esta magnitud, Petróleos Mexicanos, con la participación coordinada de sus subsidiarias Pemex Exploración, Producción y Pemex Gas y Petroquímica Básica, ha conformado una estrategia integral que incluye dos vertientes principales:

Por un lado, incrementar la oferta nacional mediante la explotación de campos con probadas reservas de gas no asociado, como es el caso de la Cuenca de Burgos y el desarrollo de Contratos de Servicios Múltiples en la región noreste del país.



Una segunda vertiente, a cargo de Pemex Gas y Petroquímica Básica, consiste en disponer de los activos necesarios para manejar un mayor volumen de gas en el área de Tamaulipas, tanto de origen nacional como importado, lo que incluye la construcción y rehabilitación de líneas de conducción existentes.

En este sentido, en los últimos años Pemex Gas ha desarrollado diversos proyectos orientados a incrementar la capacidad de transporte en esta zona de la República, así como para procesar los mayores volúmenes de gas húmedo dulce provenientes de la Cuenca de Burgos. Entre los que se encuentran:

- La rehabilitación de líneas existentes como en el caso del este proyecto; y
- La construcción del Sistema San Fernando, conformado por un gasoducto de 36 pulgadas y 114 kilómetros de longitud, para transportar gas de importación y gas nacional de la Cuenca de Burgos y así abastecer la demanda de gas natural de las nuevas plantas eléctricas de la Comisión Federal de Electricidad, principalmente en la zona del Golfo de México.

Actualmente, el Sistema Nacional de Gasoductos está constituido por 9,031 km. de ductos interconectados que cruzan el territorio nacional a través de 19 entidades federativas. Ha transportado durante los últimos años un promedio de 2,576 MMpcd que abastecen a los usuarios en los sectores residencial, industrial, comercial, eléctrico y de la industria petrolera nacional.

En este sistema, aproximadamente el 75% del volumen inyectado proviene de las plantas de Cactus y Nuevo PEMEX, parte es enviado al área de consumo de Minatitlán y el resto es transportado a las diferentes zonas del país, por el ducto de 48" D.N. de Cactus a San Fernando y de 42" D.N. de San Fernando a los Ramones, lo que denota la importancia de la línea que es problemática de estudio en esta tesis.

### 1.3 Descripción de la línea.

El proyecto consiste en la sustitución de la tubería que actualmente se encuentra alojada en el río Tecolutla por una nueva tubería del mismo diámetro, con una longitud de 997 m y una profundidad máxima de 20 m (nivel del terreno), empleando para ello la técnica de perforación horizontal dirigida con el fin de introducir la tubería por debajo del lecho del río sin realizar zanjas o excavaciones, logrando así una mayor protección contra la erosión fluvial que pondría presentarse. La perforación se iniciará en la margen derecha del río y saldrá por la margen izquierda.

En la margen derecha se acoplará la nueva tubería a una distancia que libre la válvula de seccionamiento, la cual será desmantelada posteriormente. Por otro lado, en la margen izquierda se conectará la nueva línea a 200 m aproximadamente de la ribera del río sobre tierra firme siguiendo el trazo de la línea actual. Deberá formar parte de las actividades la recuperación de la línea actual y by-pass.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA	
Origen:	Complejo Procesador de Gas Cactus, Chiapas
Destino:	San Fernando, Tamaulipas
Diámetro nominal:	48"
Especificación de la tubería:	API - 5L
Grado de la tubería:	X - 65
Espesor de la pared predominante:	0.938" (28.83 mm)
Tramo a rehabilitar:	Cruzamiento río Tecolutla
Longitud del tramo:	997 km.
Especificación de válvulas y conexiones:	ANSI
Esfuerzo a la cedencia mínimo	65,000 lb/pulg <sup>2</sup>





#### Descripción del área donde se desarrollará la obra

El Derecho de Vía pertenece a PEMEX Gas y Petroquímica Básica, ya que la línea ya existía con anterioridad. Su longitud es de 16 m, sin embargo, debido a la magnitud del proyecto será necesario ocupar terrenos particulares que tienen actualmente uso agrícola en ambos márgenes del río, por lo que es necesario revisar las colindancias del predio en cuestión.

En la margen derecha, las colindancias de la plataforma de trabajo son las siguientes:

Al Norte, con el río Tecolutla.

Al Sur, con terrenos agrícolas (cultivo de cítricos) de propiedad privada.

Al Este, con pastizal (sin uso actualmente), de propiedad privada.

Al Oeste, con terrenos agrícolas (cultivo de cítricos).

En la margen izquierda, las colindancias de la plataforma de trabajo son las siguientes:

Al Norte, con terrenos agrícolas (cultivo de cítricos) de propiedad privada.

Al Sur, con el río Tecolutla.

Al Este, con pastizal (sin uso actualmente) de propiedad privada.

Al Oeste, con terrenos agrícolas (cultivo de cítricos) de propiedad privada.

Con respecto a las vías de acceso al área donde se desarrollará el proyecto, se tiene que el acceso actual hacia las válvulas de seccionamiento partiendo de Tecolutla es el siguiente:

a) Margen derecha:

- Por vía terrestre se debe tomar la carretera federal 180 con dirección a Nautla. Las válvulas se encuentran a 1.5 km. del puente Tecolutla, al costado de la colonia Cañahuatal
- Por vía acuática desde el embarcadero de Tecolutla y navegando contracorriente por el río del mismo nombre se llega a las válvulas a 3.5 km. aproximadamente

b) Margen izquierda:

- Por vía terrestre se debe tomar la carretera regional Tecolutla-Gutiérrez Zamora hasta el km. 3.5, pasando el Campo Petrolero Miguel Hidalgo. Del lado izquierdo se encuentra el acceso a la válvula de seccionamiento
- Por vía acuática, desde el embarcadero y navegando contracorriente por el río Tecolutla, las válvulas se encuentran aproximadamente a 3.5 km.



## CAPÍTULO 2. ESTUDIOS PRELIMINARES

### 2.1 Mecánica de Suelos

#### Introducción

Se llevaron a cabo una serie de trabajos para realizar un Estudio de Mecánica de Suelos, con la finalidad de determinar las propiedades de los suelos existentes en el sitio, para la realización del proyecto denominado "Sustitución de la línea conductora de 48" D.N. a base de perforación horizontal en el cruzamiento del río Tecolutla del gasoducto Cactus-San Fernando en el km. 556+625", en el municipio de Tecolutla.

Para poder conocer las características del subsuelo en el sitio fue necesario obtener muestras de suelo a diferentes profundidades. Estas muestras se sometieron a diferentes pruebas de laboratorio, para determinar las propiedades índice, mecánicas, de resistencia y de compresibilidad de los diferentes depósitos, encontrados durante la campaña de exploración, las cuales se describen en forma más detallada más adelante.

Con base a las propiedades obtenidas mediante las pruebas se realizó el análisis geotécnico para determinar la capacidad de carga del suelo. En dicho análisis se describen las consideraciones y métodos empleados, de acuerdo a las teorías geotécnicas propuestas para cada fin.

#### Aspectos Geológicos

El proyecto se localiza dentro de la provincia denominada Planicie Costera del Golfo, la cual fue definida por Edwin Raisz (1959). Está constituida por una franja de terrenos bajos, eminentemente planos que bordean el Golfo de México desde Florida hasta Yucatán. Esta superficie plana presenta dos discontinuidades: una correspondiente a la Provincia Pendiente Continental y la otra, al este de este mismo en los volcanes de los Tuxtlas.

La Provincia Costera del Golfo está dividida en subprovincias que se denominan: Lomeríos redondeados, Relieves constructivos costeros, Mesas y explanadas, Caldera de Tantita, Bajada Xalapa a Veracruz. El proyecto a realizar se encuentra en la subprovincia de Lomeríos Redondeados.

\* Subprovincia Lomeríos Redondeados: Corresponde a una franja de terreno que corre paralela a la línea de costa desde el sur de Tamián, donde es limitada por la subprovincia Relieves Constructivos Costeros y hasta el norte de Misantla, donde es interrumpida por la Provincia Pendiente Continental. Se caracteriza por una gran cantidad de cerros bajos, de 10 a 250 m. de altitud, de cimas redondeadas y que con mediana frecuencia presentan acantilados de 5 a 7 m de desnivel, formando una franja de 300 km. de largo por un ancho variable de 25 a 90 km.

En la parte sur y sureste de Poza Rica, Veracruz, se presentan serranías con orientación Noroeste-Sureste, las mayores elevaciones del área en un radio de 50 km. Estas presentan cimas agudas, casi espinazos, rodeadas de espolones redondeados; estas cimas compuestas por masas de basaltos, son las que les dan a las serranías más resistencia a la erosión, que las constituidas por areniscas y lutitas marinas.

\* Subprovincia Relieves Constructivos Costeros: Localizada al Noroeste de la zona de estudio, es una franja costera generalmente angosta, constituida por barras de arena, con frecuencia cubiertas por médanos costeros, tanto fijos como móviles y una línea costera recta con pequeñas ondulaciones generadas por lomas bajas de sedimentos marinos consolidados.

Esta subprovincia, también está constituida por azolve de antiguas lagunas marginales, con pequeños cuerpos de agua dispersos, humedales y barras arenosas y amplias planicies lagunares por donde divagan canales de marea (esteros).



Las corrientes de agua como los arroyos Cucharas y Tancochín que desembocan en las tranquilas aguas de la laguna de Tamiahua han construido deltas. En cambio, los que desembocan en el Golfo, incluyendo los grandes ríos de la región, Tuxpan, Cazones, Tecolutla y Nautla, por la potencia de las corrientes litorales tienen desembocaduras en estuario.

\* Subprovincia Mesas y Explanadas: Se localiza en el límite occidental y suroccidental de la Provincia Planicie Costera en contacto con las Provincias Sierra Madre Oriental y Pendiente Continental, al oeste y noroeste del sitio del proyecto.

Las mesas consisten en elevaciones, de una cubierta subhorizontal de basalto en la cima, con un acantilado perimetral, bajo el cual hay rocas sedimentarias marinas, las cuales contienen lutita deformable, presentan laderas inclinadas de concavidad amplia con angostas y cortas depresiones, seguidas de lomos angostos y cortos característicos de laderas de derrumbes.

#### Descripción de las características del relieve

Dentro de un radio de 10 km alrededor del sitio del proyecto se diferencian las unidades geomorfológicas denominadas:

- a) Lomeríos redondeados
- b) Islas de barrera
- c) Playas lagunares
- d) Bordos naturales
- e) Planicies aluviales y fluviales

- a) Lomeríos redondeados: Esta unidad se caracteriza por presentar lomas de 12 a 65 m. de altitud, redondeadas y con frecuencia onduladas con una capa resistente de areniscas calcáreas y marinas, las cuales por erosión diferencial de las capas subyacentes generan acantilados de pocos metros de altura. Individualmente las lomas son pequeñas y vistas en planta generan una superficie de 1 a 10 ha, muchas de las cuales se funden entre sí, para formar lomeríos de 0.15 a 1.50 km<sup>2</sup>.

Al pie de los lomeríos se encuentra un material de talud generalmente arcillo arenoso, presente aún al pie de los acantilados. No se encontraron laderas con depósitos de peñascos, bloques y guijarros indicadores de derrumbes y corrientes de fragmentos de rocas; tampoco se encontraron laderas con angostas fajas anulares consecutivas de lomas y depresiones bajas, característicos de corrientes de lodos, es decir, toda el área de estudio es geomorfológicamente estable en términos de mecánica de rocas para cortes, rellenos y caminos de acceso para el gasoducto.

- b) Islas de barrera: Constituye un alargado cuerpo prismático de arena arcillosa que se extiende a lo largo de la franja costera desde el poblado de "La Playa" a unos 23 km. al Norte de Tecolutla, en la desembocadura del río Nautla. Su límite oriental, coincide con la costa, formando una línea recta con pequeñas ondulaciones donde llega a aflorar la roca de la Formación Tuxpan. Su límite opuesto está en contacto con los lomeríos redondeados y con la planicie aluvial, esta frontera presenta variadas ondulaciones que se deben tanto a deltas de marea como de tormenta. Su cima se encuentra a una altitud media de 7 m y presenta tenues ondulaciones que apenas modifican su leve curvatura convexa hacia arriba.

Las estructuras sedimentarias primarias presentes, indican que es un cuerpo arenoso construido en tiempos geológicos próximos pasados como el Pleistoceno Superior con la acción de olas y corrientes litorales.

- c) Playas Lagunales: Son cuerpos tubulares que confinan el estero Lagartos y la zona inundable al norte de la desembocadura del río Tecolutla, en el cual se presenta un cambio transicional con la Planicie



aluvial. La unidad se caracteriza por tener una superficie plana casi horizontal, surcada por algunos canales bajos y agostos.

- d) Bordes Naturales: Son dos cuerpos prismáticos de eje largo horizontal y ondulado en el sentido del curso terminal del río Tecolutla, uno en cada margen. Su ancho es variable, siendo mayor éste desde la desembocadura del río, hasta Gutiérrez Zamora, donde se estrecha por los afloramientos de las areniscas volviéndose a ensanchar aguas arriba. Su espesor se desconoce pero se estima de alrededor de 20 m.
- e) Planicies Aluviales y Fluviales: Las planicies aluviales corresponden a planicies anchas entre el pie de las pequeñas elevaciones topográficas y las playas lagunales. Constituyen superficies planas homogéneas con pendientes de muy poca magnitud, casi horizontales y están surcadas esporádicamente por canales fluviales angostos y someros con una profundidad menor a un metro.

Las planicies fluviales dentro del área de estudio son cuerpos largos ondulados y ramaleados en forma arborescente. El material que constituye a ambas planicies es arenolimoso y limoarenoso, los espesores en los cortes son superiores a los 7 m. En el área de estudio a ambas márgenes del río Tecolutla, existen anchas planicies fluviales superiores a 300 m. constituidas por arenas, gravas, guijarros y bloques, generalmente limpios o con muy poco contenido de finos.

## Geología Regional

En el nivel regional se encuentran las siguientes provincias geológicas:

1. *Cuenca Tampico – Misantla*: Es una depresión submarina limitada entre el alto submarino de la isla de Tuxpan, el alto submarino de la plataforma de Tamaulipas y el alto subaéreo de la Sierra Madre Oriental.

Sobre el piso oceánico de la cuenca se depositaron sedimentos areno-arcillosos con espesores de más de 2500 m. Después de dos periodos de erosión, de duración variable, se depositaron lavas y derrames piroclásticos de andesita, dacita y riolita en la Caldera de Tantita. En la zona de Chichontepec, Metaltoyuca, Poza Rica y Martínez de la Torre, hacia el noroeste, oeste y suroeste de la región, se depositaron lavas muy fluidas de basalto y delgadas capas de sedimentos continentales del periodo Cuaternario Inferior, entre los lomeríos generalmente constituidos por materiales areno-arcillosos y bloques, guijarros, arenas y pocos limos en las vegas de los grandes ríos.

La estructura geológica superficial de la cuenca, es un homoclinal, desarrollado en las capas de la Formación Tuxpan, con muy poca inclinación hacia el Golfo de México. Sobrepuesta a esta estructura, se encuentra la Caldera de Tantita, la cual es un volcán de escudo modificado. Estas modificaciones consisten en fallas normales profundas generadas por colapsos volcánicos que llegaron a la cámara magmática comportándose posteriormente como conductos de salida de magmas viscosos que construyeron domos volcánicos. Al finalizar la actividad volcánica, la contracción por enfriamiento, tanto de la cámara magmática como de sus inyecciones a la corteza terrestre circundante, produjeron reactivaciones de las fallas, así como nuevo colapsos. Este fenómeno puede ser el actual generador de microsismos en la región.

En la parte oriental y suroccidental se desarrolló una planicie lávica de basalto, la cual por erosión y levantamiento posteriores se transformaron en mesas y explanadas. Con la carga estática de estas pesadas capas, casi horizontes de basalto, sobre los elementos deformables de la Formación Mesón, se generaron fallas de pérdida de estabilidad, lo que a su vez causa derrumbes. Sin embargo, como estas fallas son superficiales, su desarrollo sólo genera "ruido" en el sismógrafo más cercano.

2. *Provincia Isla de Tuxpan*: Es un pilar tectónico que se levantó durante fines del Paleozoico. Posteriormente, durante el Jurásico Superior, se cubrió con aguas marinas, por lo que en sus partes bajas se depositaron cuerpos cuneiformes discontinuos de calcarenitas, que con el tiempo, generaron tramas apropiadas para almacenar petróleo. Posteriormente se produjeron condiciones apropiadas de alta permeabilidad para



constituirse en un excelente receptáculo de petróleo, lo que generó campos petroleros de alta productividad, por lo que recibe el nombre de "Faja de Oro"

3. *Provincia Sierra Madre Oriental*: Se caracteriza por ser una faja de sedimentos marinos mesozoicos y en menor proporción, rocas sedimentarias continentales y volcánicas cuyas capas fueron plegadas sobre fallas de compresión de ángulo bajo.

4. *Provincia Macizo de Teziutlán*: Es un bloque cortical constituido por rocas metamórficas, que van de bajo a alto grado de metamorfismo y cuerpos plutónicos de granito, tonalita y grabodiorita.

5. *Provincia Macizo de Santa Ana*: Es un bloque constituido preferentemente de granito que ha funcionado como alto topográfico y alto submarino.

#### Geología del área de estudio

En el área se reportan las siguientes unidades estratigráficas, las cuales se describirán de la más antigua a la más reciente:

##### a) Formación Mesón

Esta unidad aflora, desde una línea imaginaria situada de 1 a 3 km. al oriente de la carretera Poza Rica – Tuxpan, hasta un meridiano que pasa por Castillo de Teayo, fuera del área de estudio. La formación está constituida por una alternancia de capas de areniscas y lutitas de espesores delgados a gruesos, presentado una matriz de arcilla expansiva deformable, lo cual hace que en los cortes de la autopista y la carretera a Álamo, se presenten deslizamientos de delgadas cuñas de talud hacia el pavimento y algunas torres de transmisión de energía eléctrica presenten problemas de estabilidad.

En el subsuelo, bajo el área de estudio, la Formación Mesón cambia lateralmente hacia el oriente a las formaciones Escolín y Coatzintla, las cuales, aunque siguen estando constituidas por una alternancia de lutitas y areniscas, su arcilla no es expansiva y el contenido de cemento de carbonato de calcio es mayor y aumenta lenta y gradualmente con la profundidad.

Debajo de las formaciones antes indicadas, continúan otras denominadas por los geólogos petroleros como Alazán, Palma Real Superior, Palma Real Inferior y Tantoyuca, todas ellas constituidas por alternancia de lutitas y areniscas y cuyo conjunto tiene variados espesores.

Bajo el paquete de areniscas y lutitas terciarias se encuentra la caliza arrecifal "El Abra de la faja de Oro", pero no aflora en toda el área de estudio.

##### b) Formación Tuxpan

Esta unidad estratigráfica aflora en la mayor parte del área estudiada. Se extiende desde sitios discontinuos pegados a la costa hasta 1 a 3 km, al oriente de la carretera Poza Rica – Tuxpan. La formación está constituida por capas delgadas a muy gruesas, de areniscas y lutitas calcáreas con aislados lentes de conglomerados calcáreos. Las areniscas tienen en su fracción arenosa: cuarzo cristal de roca, pedernal, feldespatos y fragmentos de rocas volcánicas; estos granos están constituidos en una matriz que varía de poco a muy arcillosa, por lo cual junto con su variación en el contenido de cementante, la consistencia de la roca varía desde semicohesiva, susceptible a removerse con tractor de construcción a muy alta cohesión, que forma acantilados y se remueve con explosivos. Las lutitas varían desde poco limosas a limo arenosas de baja a mediana cohesión y en su franja intemperizada se ablandan, comportándose como suelo muy firme (tepetate), el cual se sostiene sin deslizar por su tipo de arcilla y la buena cantidad de cementante calcáreo.



c) Basaltos

Cubriendo a una superficie de erosión, sobre la Formación Mesón, se encuentran aflorando derrames de basalto, todos ellos fuera del área de estudio. Es una roca generalmente masiva, de color gris oscuro, textura afanítica en la cual apenas se distinguen cristales. Presenta gran cohesión, por lo cual se remueve con explosivos.

d) Aluviones

En terrazas y cuestas bajas se encuentran delgados depósitos areno-arcillosos de consistencia firme, cuyos sedimentos se derivaron predominantemente de las formaciones Mesón y Tuxpan. Dentro del área de estudio existen largos y angostos cuerpos de materiales aluviales finos, arcillas, limos y arenas finas semisueitas, que rellenan la zona del cauce de arroyos y escurrideros, así como algunos parteaguas bajos, los cuales cubren discordantemente a la formación de Tuxpan.

En los márgenes del río Tecolutla existen capas y lentes de arenas, gravas guijarros y bloques, derivados de calizas, pedernal, cuarzo y rocas volcánicas con gris limpio y parcialmente llenos de limos y arcillas. Sus espesores varían de 10 a 30 m. y se restringen a la zona del cauce y planicies fluviales del río mencionado.

También en los márgenes del río, aproximadamente de la Ciudad de Gutiérrez Zamora a la desembocadura, existe el depósito de dos cuerpos prismáticos de eje mayor horizontal ondulado, constituidos por capas de limos arenosos firmes, que constituyen el bordo natural del río.

e) Sedimentos Lagunares

El estero Lagartos y la laguna azolvada al sur de éste, están constituidos por capas horizontales de arcillas gris oscuro plásticas y orgánicas, constituyen un cuerpo de material deformable a las cargas estáticas y dinámicas.

f) Sedimentos Litorales

Del poblado de "La Playa" hasta la desembocadura del río Nautla, existen cuerpos prismáticos largos, angostos y delgados de arenas de cuarzo, feldespatos, calcita, pedernal y fragmentos de rocas ígneas incluidas en una matriz arcillosa con óxido de hierro, que producen en el cuerpo sedimentario manchas rojizas, cafés, amarillentas, alargadas en el sentido vertical, en un fondo gris. La consistencia de la arena es firme y su espesor se estima de 3 a 10 m. Edad: Pleistoceno Superior

### Exploración

Para obtener los datos de campo necesarios para llevar a cabo el estudio de mecánica de suelos, se realizó una exploración en el sitio del proyecto. Para ello, se ejecutaron 4 sondeos mixtos con una profundidad mínima de 25 m. en ambas márgenes del río Tecolutla: los sondeos mixtos N° 1 y 2 se ejecutaron en la margen derecha y los sondeos N° 3 y 4 en la margen izquierda. (Ver *Figura 6* y *Figura 7*). Dichos sondeos se realizaron de manera continua con el método de penetración estándar, (para la recuperación de muestras alteradas) y con el tubo de pared delgada (Shelby) para la recuperación de muestras inalteradas.

El método de penetración estándar consiste en alternar el avance de la exploración del suelo por medio del hincado de la herramienta de muestreo, conocida como penetrómetro estándar, cuya longitud total es de 60 cm. Ésta se hinca en el suelo mediante el golpeo de otra herramienta denominada martinete, el cual tiene un peso aproximado de 63.5 kg, dejándolo caer desde una altura de 73 cm. y contando el número de golpes necesarios para hincar cada una de las cuatro partes de 15 cm. en que se divide el penetrómetro.

Este procedimiento permite determinar el grado de compacidad del suelo muestreado, con lo que posteriormente se pueden obtener algunos parámetros mecánicos mediante el uso de correlaciones empíricas, las cuales relacionan el número de golpes necesarios para hincar los 30 cm. centrales de la herramienta



mencionada (cada una de las partes de 15 cm. de los extremos, se considera muestra alterada). Utilizando este tipo de muestreo se recuperaron muestras de material alterado.

La exploración se complementa por medio del tubo de pared delgada o tubo Shelby, que consiste en un tubo hueco de forma cilíndrica de 4" de diámetro por 1 m. de longitud. Éste, se hace penetrar en el suelo aplicando presión por medio de unos gatos hidráulicos y a través del cual se obtuvieron muestras inalteradas de los depósitos blandos del subsuelo.

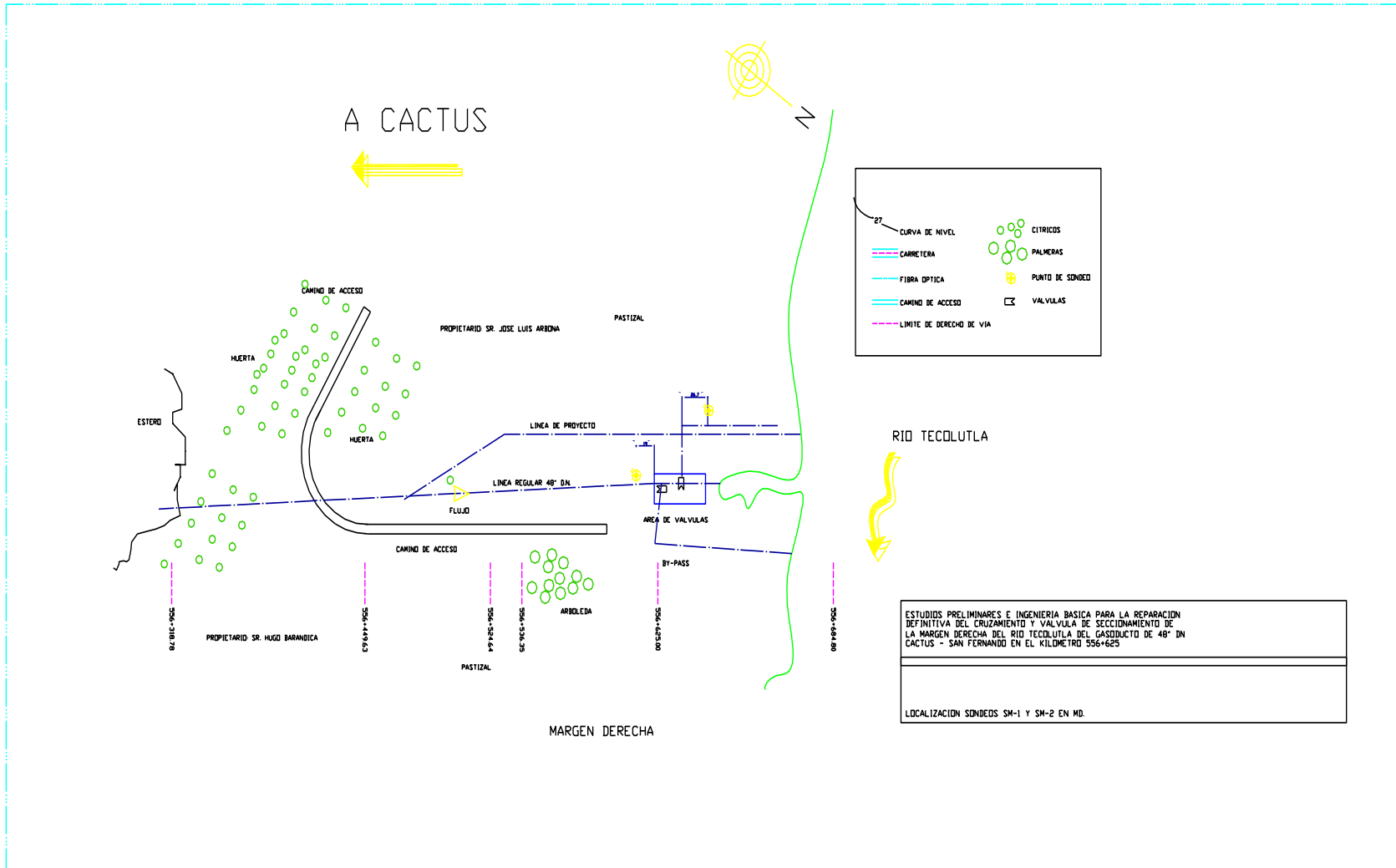


Figura N° 6. Localización de sondeos N° 1 y 2 en la margen derecha del Río Tecolutla



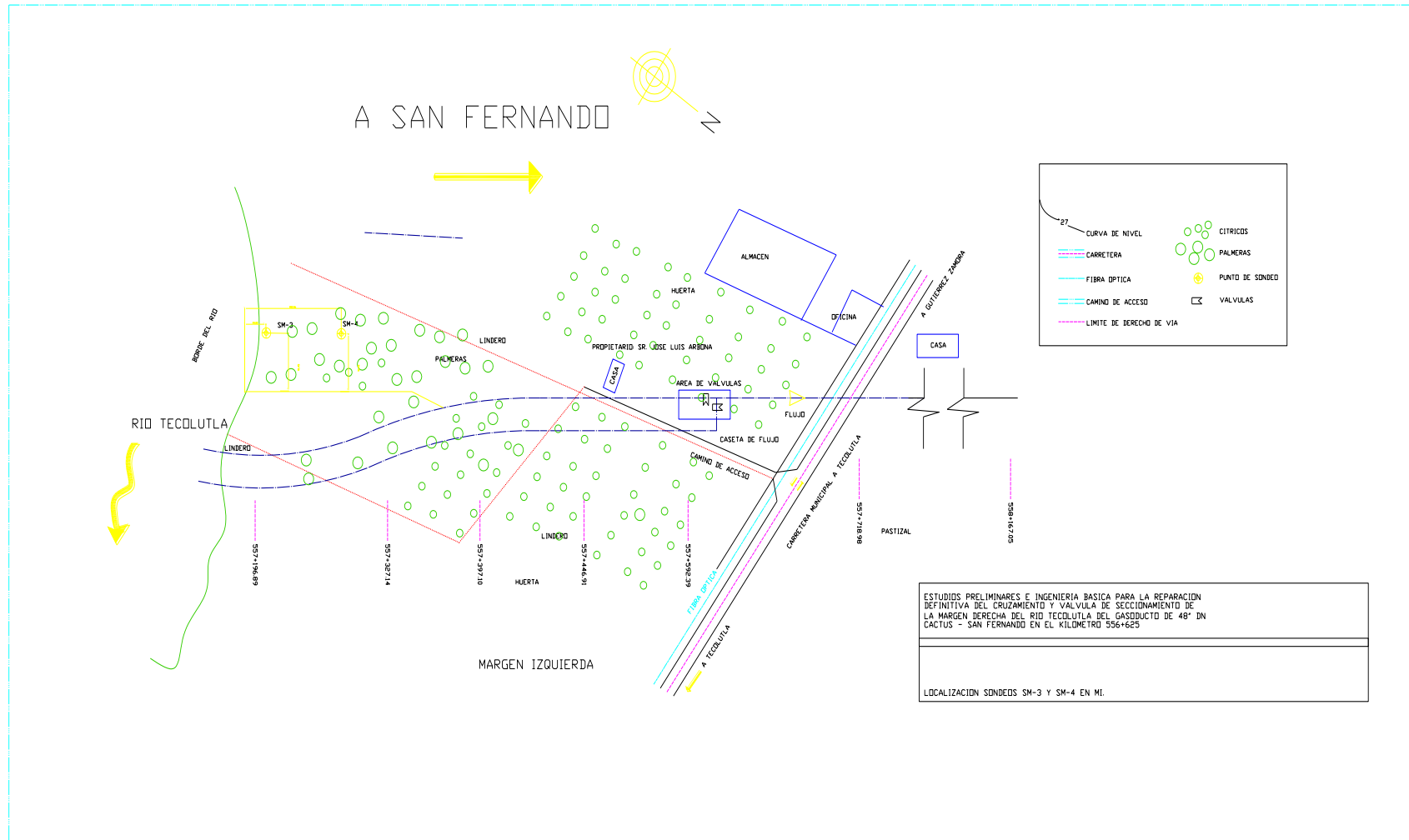


Figura N° 7. Localización de sondeos N° 3 y 4 en la margen izquierda del Río Tecolutla



## Pruebas de Laboratorio

Posteriormente a los trabajos de exploración realizados, se efectuaron los trabajos de laboratorio sobre las muestras alteradas e inalteradas obtenidas de la campaña de exploración, los cuales consistieron en lo siguiente:

Inicialmente se realizó una clasificación macroscópica, visual y al tacto de cada una de las muestras, con lo que se determinaron algunas características físicas del suelo, como son: color, textura, olor, movilidad del agua por agitado (dilatancia), tenacidad y resistencia tanto en estado natural como en estado seco.

Posteriormente, se determinó el contenido de humedad natural ( $\omega$ ) de cada una de las muestras recuperadas. Por otro lado, con las muestras de material inalterado, se determinó el peso específico de la masa del suelo por medio del principio de Arquímedes.

Con el objetivo de establecer las características de plasticidad, se hizo pasar al material por la malla N° 40 y con ello se obtuvieron las propiedades índices de plasticidad del suelo: límite líquido y límite plástico, utilizando el método y dispositivos estandarizados por A. Casagrande.

Para determinar el porcentaje de suelos gruesos, se realizó la separación por tamaños de las partículas que lo constituyen y por medio de ensayos de lavado, se llevó a cabo la separación de suelos finos. Una vez obtenidos los porcentajes que constituyen al suelo y sus propiedades de plasticidad, éste fue clasificado utilizando al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

Adicionalmente se determinó la densidad de sólidos ( $S_s$ ), relación gravimétrica que se utilizó posteriormente para involucrarla con las otras relaciones del suelo y establecer así las propiedades como: relación de vacíos ( $e$ ), grado de saturación ( $G_w$ ) y peso específico ( $\gamma$ ).

Por otro lado, tomando en cuenta las condiciones del suelo, las propiedades mecánicas del mismo se determinaron en el laboratorio a través de pruebas de resistencia a la compresión triaxial, para lo cual se labraron probetas cilíndricas de aproximadamente 9 cm. de altura y 3.5 cm. de diámetro, que fueron sometidas a carga axial hasta llegar a la falla, obteniéndose durante el proceso la relación progresiva carga-deformación y con esto la resistencia a la compresión simple de cada una de las probetas ensayadas.

Otra prueba realizada en el laboratorio para determinar las propiedades mecánicas del suelo en estudio, fue la prueba denominada compresión triaxial no consolidada no drenada (UU), la cual consiste en ensayar las probetas antes mencionadas dándoles un confinamiento lateral que representa las condiciones de presión a las que se encuentra sujeto el suelo en estudio en su estado natural.

## Estratigrafía

La estratigrafía encontrada en el sitio, con base en las observaciones hechas durante la campaña de exploración de los sondeos mixtos y en los resultados arrojados por los trabajos de laboratorio, se describe a continuación de manera general:



PROFUNDIDAD [m]	CARACTERÍSTICAS DEL ESTRATO
De 0.00 a 1.50	Arcilla con arena fina de alta compresibilidad con conchillas y raíces vegetales.
De 1.50 a 4.50	Arena limosa fina a media, color gris oscuro, baja resistencia al esfuerzo cortante. Contiene materia orgánica.
De 4.50 a 6.00	Limo arenoso de alta compresibilidad de baja resistencia al esfuerzo cortante
De 6.00 a 8.50	Arena fina a media, color gris oscuro de baja compresibilidad. Presenta alta resistencia al esfuerzo cortante
De 8.50 a 14.00	Arena fina a media, color gris, con lomos de baja compresibilidad.
De 14.00 a 18.00	Arcilla color café de alta compresibilidad y baja resistencia al esfuerzo cortante. Contiene materia orgánica.
De 18.00 a 19.00	Limo arenoso de baja compresibilidad y baja mediana resistencia al esfuerzo cortante
De 19.00 a 20.50	Limo arcilloso con arena fina a media color gris oscuro, de baja resistencia al esfuerzo cortante
De 20.50 a 22.00	Arenas finas a medias color verdoso con gravas de compacidad muy densa
De 22.00 a 25.00	Gravas gruesas de cantos subredondeados con arenas medias a gruesas y presencia de boleos

El Nivel de Agua Freáticas se detectó a una profundidad de 2 m respecto al nivel del terreno natural de cada una de las márgenes.

En la *Figura N° 8* se detalla la estratigrafía obtenida a través de los sondeos.

#### Análisis Geotécnico de la Cimentación

De acuerdo a la forma en que estará solucionada la estructura en proyecto y a la manera en que ésta transmite las cargas al suelo, con base a las condiciones de los depósitos encontrados durante la campaña de exploración, se ha propuesto el desplante del gasoducto a 17 m. de profundidad respecto al nivel del terreno natural.

#### Capacidad de carga admisible

Para la obtención de la capacidad de carga admisible del sistema suelo-cimentación, se consideró al material sobre el cual se pretende desplantar la estructura como un suelo puramente cohesivo, en base a los suelos identificados durante la campaña de exploración que están constituidos por partículas finas arcillosas y limosas. En este caso el gasoducto será desplantado directamente en el suelo natural que se encuentra a la profundidad requerida.

La capacidad de carga se obtuvo mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$Q_{adm} = (cN_c + P_v (N_q - 1) + 0.5\gamma BN_\gamma) Fr + P_v$$



donde:

$Q_{adm}$  = Capacidad de carga admisible de la cimentación propuesta.

$N_q$  y  $N_\gamma$  = Factores de capacidad de carga adimensionales que dependen del ángulo de fricción interna del suelo.

$C$  = Cohesión aparente del material de apoyo a la cimentación.

$N_c$  = Factor de capacidad de carga adimensional que depende de las dimensiones de la superficie de contacto de la cimentación con el suelo de apoyo y de la profundidad de desplante de ésta. Dicho factor se determina con la siguiente expresión:

$$N_c = 5.14 (1 + 0.25 B/L + 0.25 D_f/B)$$

$P_v$  = Esfuerzo vertical igual a  $g D_f$ .

$\gamma$  = Peso específico del material bajo el desplante de la cimentación.

$D_f$  = Profundidad de desplante de la cimentación.

$Fr$  = Factor de reducción a la capacidad de carga,

$B$  = Ancho de la cimentación propuesta,

$L$  = Largo de la cimentación propuesta,

$\phi$  = Ángulo de fricción interna del material bajo de la cimentación,

Sustituyendo los valores correspondientes en cada uno de los parámetros descritos en las expresiones anteriores, se obtuvieron varias capacidades de carga admisibles para distintas dimensiones y profundidades de desplante del gasoducto, mismas que se muestran en la *Tabla 1*.

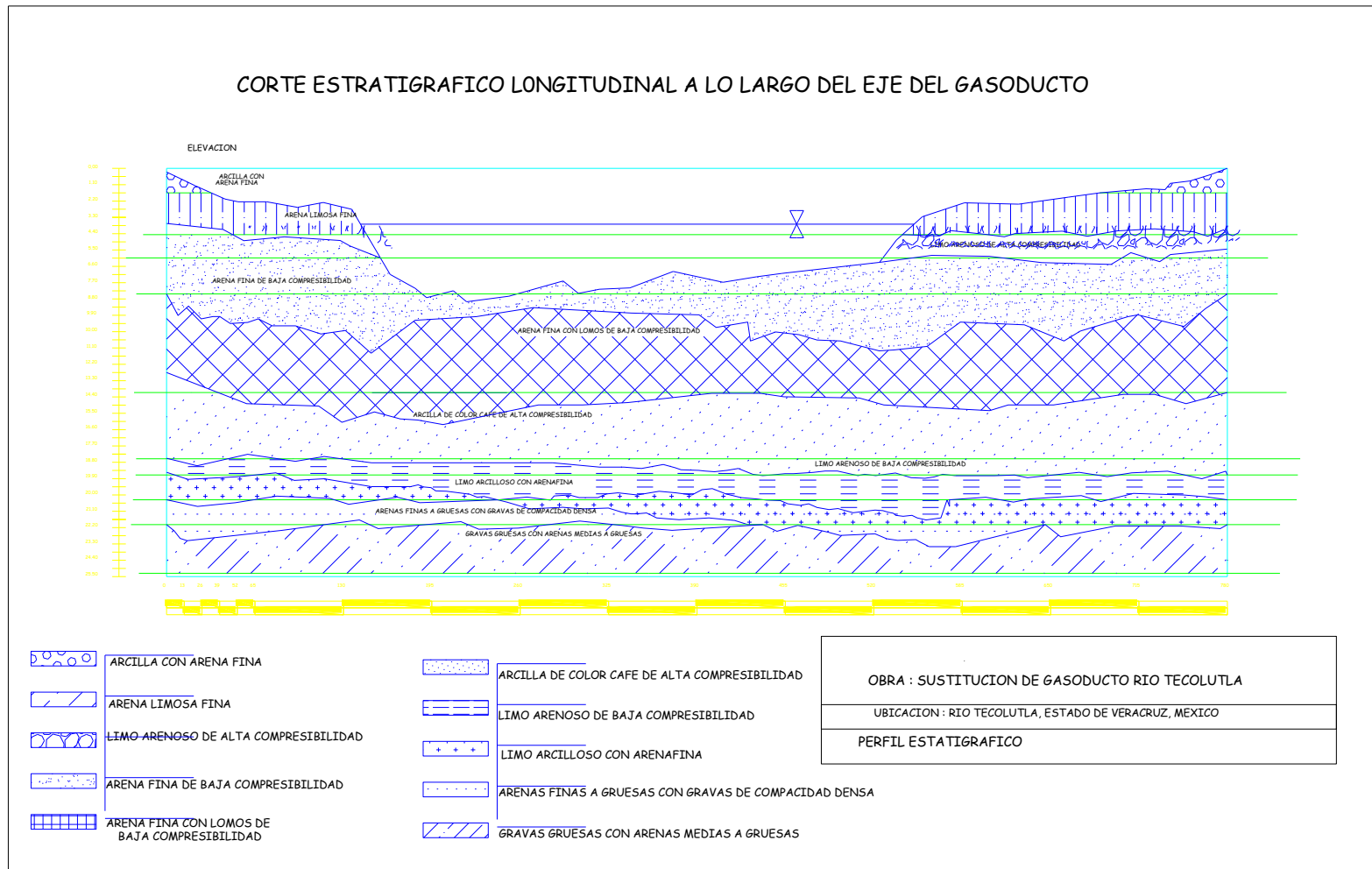


Figura N° 8. Estratigrafía



BASE DE LA ZAPATA B [m]	LONGITUD DE LA ZAPATA L [m]	COTA DE DESPLANTE Z [m]	PROF. DESPLANTE Df [m]	SOBRECARGA DEL SUELO Pv [m]	Parámetros de Resistencia			Factores de resistencia			FACTOR DE REDUCCIÓN Fr	CAP. CARGA ADM Qadm [t/m <sup>2</sup> ]
					C [t/m <sup>2</sup> ]	φ [°]	□ [t/m <sup>3</sup> ]	Nc	Nq	N□		
CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRENO EN LA MARGEN DERECHA												
0.600	500.00	-17.00	17.00	13.914	3.00	0.00	0.690	41.550	1.00	0.00	0.350	57.541
0.800	500.00	-17.00	17.00	13.914	3.00	0.00	0.690	32.448	1.00	0.00	0.350	47.985
1.000	500.00	-17.00	17.00	13.914	3.00	0.00	0.690	26.988	1.00	0.00	0.350	42.251
1.200	500.00	-17.00	17.00	13.914	3.00	0.00	0.690	23.347	1.00	0.00	0.350	38.429
1.400	500.00	-17.00	17.00	13.914	3.00	0.00	0.690	20.747	1.00	0.00	0.350	35.699
CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRENO EN LA MARGEN IZQUIERDA												
0.600	500.00	-17.00	17.00	14.263	3.00	0.00	0.690	41.550	1.00	0.00	0.350	57.890
0.800	500.00	-17.00	17.00	14.263	3.00	0.00	0.690	32.448	1.00	0.00	0.350	48.334
1.000	500.00	-17.00	17.00	14.263	3.00	0.00	0.690	26.988	1.00	0.00	0.350	42.600
1.200	500.00	-17.00	17.00	14.263	3.00	0.00	0.690	23.347	1.00	0.00	0.350	38.778
1.400	500.00	-17.00	17.00	14.263	3.00	0.00	0.690	20.747	1.00	0.00	0.350	36.048
CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRENO BAJO EL CAUCE DEL RÍO												
0.600	500.00	-17.00	17.00	6.995	3.00	0.00	0.690	41.550	1.00	0.00	0.350	50.622
0.800	500.00	-17.00	17.00	6.995	3.00	0.00	0.690	32.448	1.00	0.00	0.350	41.066
1.000	500.00	-17.00	17.00	6.995	3.00	0.00	0.690	26.988	1.00	0.00	0.350	35.332
1.200	500.00	-17.00	17.00	6.995	3.00	0.00	0.690	23.347	1.00	0.00	0.350	31.510
1.400	500.00	-17.00	17.00	6.995	3.00	0.00	0.690	20.747	1.00	0.00	0.350	28.780

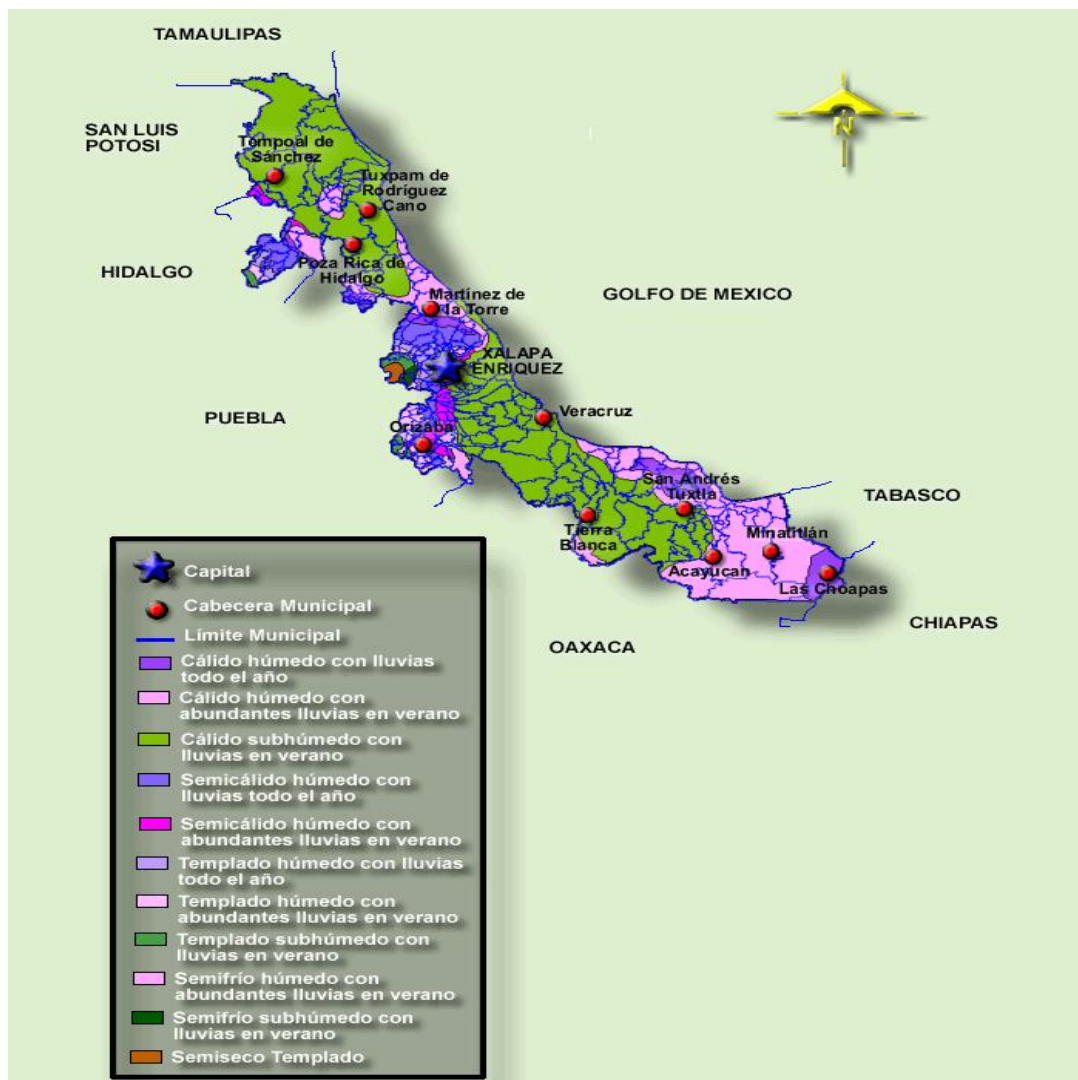
Tabla N° 1. Análisis de la capacidad de carga admisible.



## 2.2 Estudio hidrológico

La ubicación geográfica de Veracruz le confiere características tropicales, que son modificadas en parte por la influencia de las serranías, fundamentalmente en el centro-oeste. Como consecuencia de lo anterior, los climas se distribuyen paralelos a la costa, en dirección noroeste-sureste de la siguiente manera: cálidos, semicálidos, templados, semifríos, fríos y semisecos, en los cuales predominan las lluvias en verano.

El proyecto en estudio se localiza en la porción noreste del territorio veracruzano, territorio que se caracteriza por tener un clima clasificado como "clima cálido con subhúmedos en verano". Este tipo de clima, comprende la mayor área del estado, aproximadamente un 80% de territorio veracruzano. Se distribuye en las Llanuras Costeras del Golfo Norte y del Golfo Sur, a una altitud máxima de 1,000 m. En estas regiones, la temperatura del mes más frío es superior a 18° C y la media anual mayor de 22°C. Ver *Figura N° 9*.



*Figura N° 9. Principales climas en el estado de Veracruz.*

Con respecto a la hidrología del sitio de estudio, el río Tecolutla tiene una extensión de 7,950.05 m<sup>2</sup>, su longitud abarca el Estado de Puebla y Veracruz y por su escurrimiento medio anual (5,500 millones de metros cúbicos) se encuentra entre los ríos más caudalosos de la República Mexicana.



El agua que escurre en un río es captada en un área determinada de acuerdo a la conformación del relieve. A esta área se le llama cuenca hidrológica. A su vez, las cuencas hidrológicas se agrupan en regiones hidrológicas. En la *Figura N° 10* se presenta la división del país en regiones hidrológicas, indicando mediante colores la división entre cada una ellas.

Una región hidrológica es entonces, la agrupación de varias cuencas hidrológicas con niveles de escurrimiento superficial muy similares. En México, las más húmedas son la número 30, llamada región del sistema Grijalva-Usumacinta; la número 29 o región del Coatzacoalcos; la número 28 o región del Papaloapan; y la número 23, llamada también región de la Costa de Chiapas. Las regiones hidrológicas más secas del país son la número 2, llamada región de Baja California Centro Oeste; la número 3 o región de Baja California Suroeste; la número 4 o región de Baja California Noreste; la región 8 o región Sonora norte y la región 35, llamada comúnmente región del Mapimí. Las más densamente pobladas son la 29, llamada también región Norte de Veracruz y la región número 12, conocida como Lerma-Santiago. Uno de cada cuatro habitantes en localidades con más de 100 mil habitantes vive en estas regiones hidrológicas

El Río Tecolutla se encuentra en la Región llamada "Norte de Veracruz" cuyos datos en cuanto a área y perímetro pueden observarse en la siguiente tabla:

ÁREA	PERÍM.	CLAVE	NOMBRE
14396.76	769.67	4	B.C. Noreste
90698.39	1603.21	34	Cuencas C. de Norte
229409.27	4941.41	24	Bravo-Conchos
62547.72	1812.28	35	Mapimi
92898.26	2645.51	36	Nazas-Aguanaval
87673.90	2020.12	37	El Salado
132724.06	2674.84	12	Lerma-Santiago
12236.59	619.10	14	Río Ameca
12947.91	628.26	15	Costa Jalisco
17602.59	808.51	16	Armeria-Coahuayana
118096.80	2397.98	18	Balsas
25406.13	1131.09	31	Yucatán Oeste
9192.16	503.71	17	Costa Mich.

ÁREA	PERÍMETRO	CLAVE	NOMBRE
12274.51	993.64	23	Costa de Chiapas
13606.35	1378.91	5	B.C. Centro-Este
44250.31	1738.26	2	B.C. Centro-Oeste
28450.59	1019.25	1	B.C. Noroeste
11541.14	1720.38	6	B.C. Sureste
29679.43	1640.61	3	B.C. Suroeste
102316.53	2305.52	30	Grijalva-Usumacinta
103333.17	2222.48	10	Sinaloa
51641.65	1805.13	11	Presidio-San Pedro
57272.22	1359.31	28	Papaloapan
26553.81	1366.50	27	Norte de Veracruz
6900.72	676.37	7	Río Colorado
5217.16650	620.71414	13	Río Huicicila





Figura Nº 10. Mapa de las Regiones Hidrológicas de la República Mexicana.



Cada uno de los estados de la república, a su vez, se dividen en regiones y cuencas hidrológicas, en el caso de Veracruz la división y el porcentaje de la superficie estatal que ocupan puede observarse en la *Figura N° 11* y en la *Tabla N° 2* respectivamente.

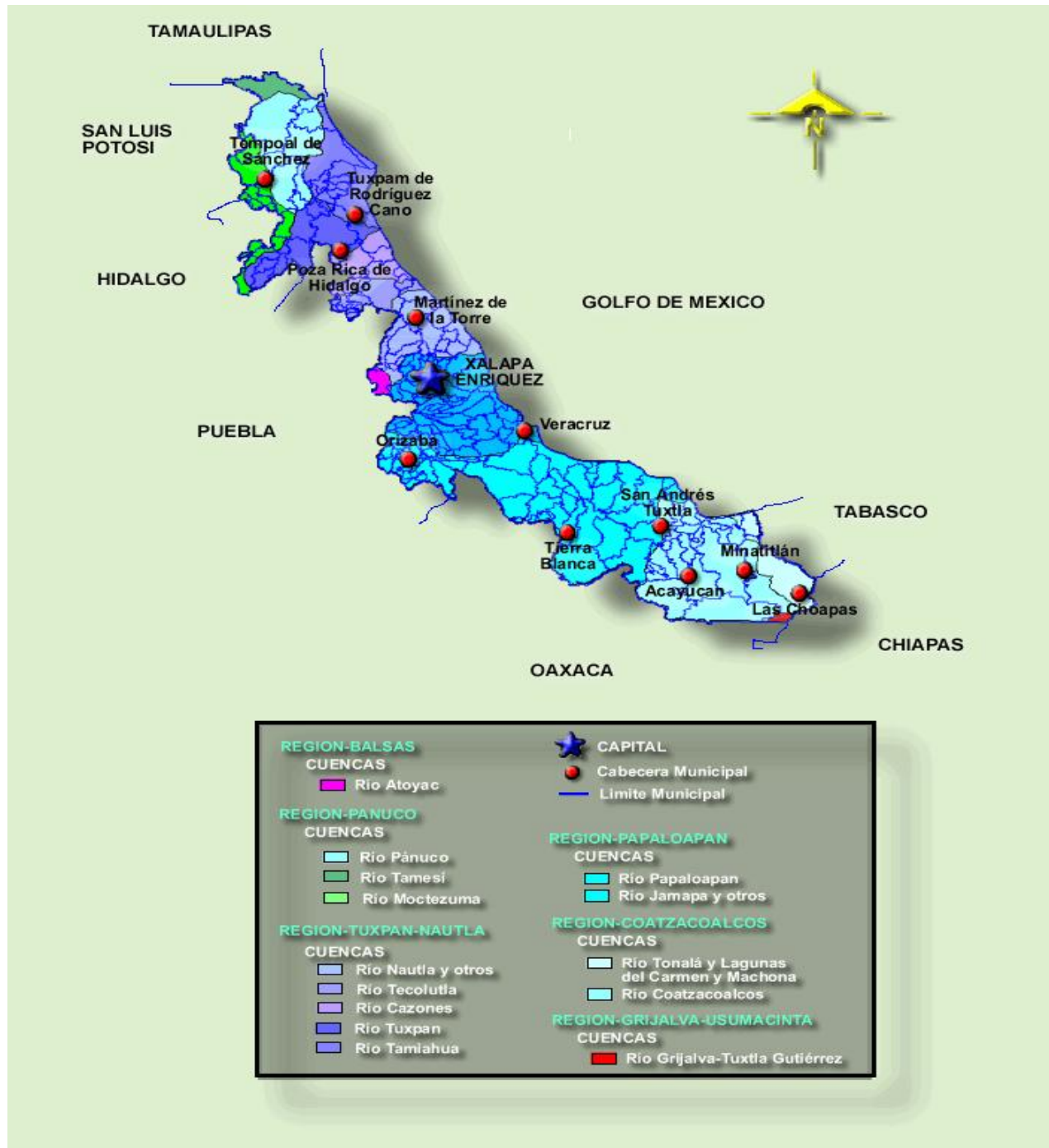


Figura N° 11. Mapa de las regiones y cuencas hidrológicas del estado de Veracruz.



REGIÓN	CUENCA	% DE LA SUPERFICIE ESTATAL
Balsas	R. Atoyac	0.45
Pánuco	R. Pánuco	8.13
	R. Tamesí	1.58
	R. Moctezuma	3.72
Tuxpan-Nautla	R. Nautla y Otros	6.84
	R. Tecolutla	2.38
	R. Cazones	3.44
	R. Tuxpan	5.66
	R. Tamiahua	7.38
Papaloapan	R. Papaloapan	26.93
	R. Jamapa y Otros	14.18
Coatzacoalcos	R. Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona	3.43
	R. Coatzacoalcos	15.78
Grijalva-Usumacinta	R. Grijalva-Tuxtla Gutiérrez	0.10

Tabla N° 2. Porcentaje de la superficie estatal que ocupan las regiones y cuencas de Veracruz

Todas las corrientes que surcan el territorio de Veracruz, incluyendo al Río Tecolutla, con excepción de los pequeños arroyos localizados en la ladera occidental del Cofre de Perote, pertenecen a la vertiente del Golfo de México. Por lo que respecta a los almacenamientos superficiales de agua dulce sólo la Laguna de Catemaco es importante. Con lo que respecta al potencial acuífero subterráneo de Veracruz éste se encuentra íntimamente relacionado con la porosidad y permeabilidad de los suelos y rocas presentes.

Por otro lado, las regiones hidrológicas de Veracruz tienen las siguientes características generales:

\* Región Hidrológica "Río Pánuco".

Por la extensión que abarca es una de las más importantes del país, ocupando el cuarto lugar. La parte que le corresponde a Veracruz se localiza en el norte e incluye una amplia zona del distrito de riego "Río Pánuco-Las Ánimas-Chicayan-Pujol Coy". Asimismo, dentro del estado comprende parte de las cuencas "Río Pánuco", "Río Tamesí" y "Río Moctezuma".

\* Región Hidrológica "Tuxpan-Nautla".

Ocupa la porción noreste del territorio veracruzano y está integrada por las cuencas de los ríos Nautla, Tecolutla, Cazones y Tuxpan, además de la laguna de Tamiahua. Los ríos señalados desembocan en el Golfo de México y tienen su origen en mayor número fuera de la entidad. Es en esta región donde se localiza la zona de estudio para el cruzamiento especial.

\* Región Hidrológica "Papaloapan".

Esta región abarca gran parte de la porción centro-sur de Veracruz, las corrientes que la integran tienen una disposición radial y paralela, controlada por algunas elevaciones de la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico (el Cofre del Perote y el Pico de Orizaba). Las cuencas que la conforman son: "Papaloapan" y "Jamapa".



\* Región Hidrológica "Coatzacoalcos".

Corresponde a lo que geográficamente podría llamarse vertiente del golfo de la zona ístmica, parte de la cual comprende el sur de Veracruz. La región comprende parte de las cuencas "Tonalá-Lagunas del Carmen-Machona" y "Coatzacoalcos".

\* Región Hidrológica "Río Balsas".

Ocupa una superficie mínima de la cuenca Atoyac, por el rumbo del Cofre de Perote.

El objetivo de la regionalización hidrológica es obtener el comportamiento promedio de la precipitación en la zona durante las diferentes épocas del año. Para ello, es necesario tomar en cuenta los datos históricos de la precipitación en la zona de estudio obtenidos de la estación meteorológica más cercana al sitio. En este caso, la estación meteorológica más cercana a la región del proyecto es Martínez de la Torre cuya localización exacta es la siguiente:

ESTACIÓN	LATITUD NORTE			LATITUD OESTE			msnm
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
Martínez de la Torre	20	04	40	97	03	50	50

Msnm: metros sobre el nivel del mar  
Fuente: CNA. Registro de Temperatura y Precipitación

De acuerdo a los datos históricos obtenidos en esta estación de monitoreo, se generaron las características de la región que se detallan a continuación.

Región hidrológica "Tuxpan Nautla". Región Norte de Veracruz

La región representa gran dispersión de la población, ya que los 4.5 millones de habitantes se distribuyen en 21,373 localidades, lo que equivale a un promedio de 212 habitantes por localidad, con una densidad de 35 habitantes por km<sup>2</sup>, poco más de la mitad de la población es rural, 2'445,929 (asentamientos con menos de 2,500 habitantes).

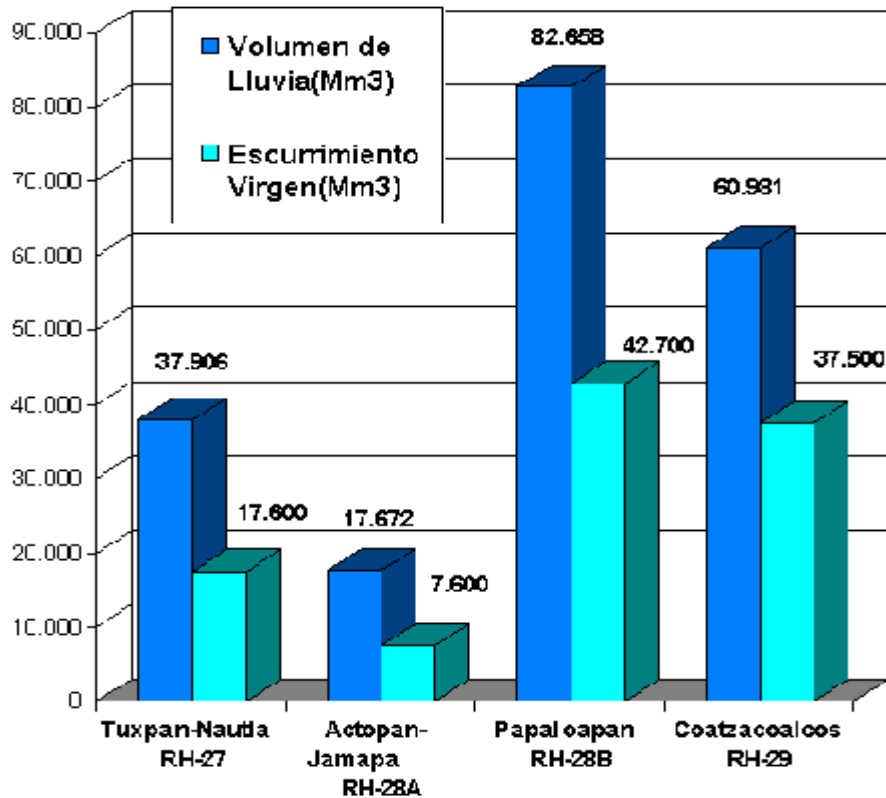
Hidrológicamente, la región se localiza en la vertiente del Golfo de México. Las características climáticas presentan una gama muy amplia, que va desde el semicálido con invierno benigno en la cuenca, semicálido-subhúmedo con lluvias en verano, hasta semisecos y templados subhúmedos con lluvias en verano.

La región es una de las más importantes a nivel nacional, con un escurrimiento anual de 105,000 millones de m<sup>3</sup> (25% del volumen nacional). Se tienen 12 cuencas principales que descargan al Golfo de México integradas en 3 regiones hidrológicas:

- *Región Hidrológica 27.*- comprende las cuencas de los ríos Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Nautla y Misantla.
- *Región Hidrológica 28a* .- comprende los ríos Actopan, La Antigua y Jamapa.
- *Región Hidrológica 28b.*- la más importante de la Región y segunda en el país por su volumen de escurrimiento, abarca las cuencas de los ríos Blanco y Papaloapan (donde se encuentran las presas Miguel Alemán y Miguel de la Madrid) y
- *Región Hidrológica 29.*- se conforma con los ríos Coatzacoalcos y Tonalá.



En la Región Hidrológica N° 27, la precipitación es de 851 mm, el 70% de la precipitación se concentra en el periodo de mayo a octubre y la evaporación aproximada es de 1570 mm. De los ciclones registrados en los últimos 50 años, 24 de ellos afectaron directamente el territorio de la región. La sequía se ha presentado en los periodos 1949-1954, 1960-1965 y 1993-1998. La *Figura N° 12*, representa el volumen de lluvia y escurrimiento por región.



*Figura N° 12. Volumen de lluvia y escurrimiento promedio anual por región hidrológica*

La distribución de la lluvia en la zona está influenciada tanto por su ubicación, como por las características morfológicas y los fenómenos meteorológicos que ahí ocurren. Además, el hecho de que el frente orográfico constituido por la Sierra Madre impida el paso de la humedad hacia el Altiplano, al norte del paralelo 23, disminuye en forma importante la precipitación.

De acuerdo con el estudio "Isoyetas normales en la República Mexicana 1931-1990" realizado durante 1997 por la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos, en algunos sitios del Altiplano la precipitación llega a tener valores de 400 mm por año.

Al norte del paralelo 23 la precipitación anual oscila entre los 600 y 800 mm en contraste con la zona del Noreste de la región, la precipitación anual llega a los 2000 mm. En el mismo periodo, en toda la Región Hidrológica 27 la precipitación normal anual fue de 700 mm y en la Región Hidrológica 26 de 950 mm.



### 2.3 Estudio Batimétrico



## 2.4 Conclusiones de los estudios preliminares

El Nivel de Aguas Freáticas (NAF) se detectó a una profundidad promedio de 2.00 m respecto al nivel del terreno natural de las márgenes.

De acuerdo a la forma en que la estructura transmitirá las cargas al suelo de desplante y con base en las condiciones locales de los depósitos identificados durante la campaña de exploración, el tubo se desplantará directamente en el suelo. Se determinó la capacidad de carga admisible considerando como cimentación al propio oleoducto, obteniendo valores de capacidades de carga para diferentes anchos (perímetro del oleoducto) y con una cierta longitud. Los valores de la capacidad de carga fueron de los siguientes órdenes: a) Para la margen derecha resultó de 35 a 57 ton/m<sup>2</sup>; b) Bajo el cauce del río resultó de 28 a 50 ton/m<sup>2</sup> y para la margen izquierda resultó de 36 a 57 ton/m<sup>2</sup>.

En este caso no existen asentamientos de ningún tipo, ya que el volumen de suelo excavado para la construcción del oleoducto, es mayor que el peso propio del mismo, por lo que el suelo de desplante no sufrirá desplazamientos en ninguna dirección.





## CAPÍTULO 3. PLANEACIÓN DEL PROYECTO

### 3.1 Planeación General

#### Excavación

Las excavaciones para instalar las estructuras, tuberías, drenajes y canales se realizarán con herramienta manual a una profundidad de 4 metros; las excavaciones en zanja o en área libre de agua, con bombeo incluido y con herramienta manual, considerando el retiro de piedra de bola del río y la excavación en zanja, se realizará con herramienta manual a una profundidad de 6 metros.

La extracción del material producto de la excavación se retirará hasta 4 metros. El afine, nivelación de fondo, paredes y taludes se hará hasta su ángulo de reposo. Para la limpieza del área se realizará la selección, carga, acarreo y descarga de piedra de río que sea localizada en medio de la excavación.

Este proceso incluye además, la selección, carga, acarreo y descarga del equipo de bombeo a usarse, así como la instalación de la bomba en el sitio de trabajo durante las maniobras de excavación y operación de la misma y retiro del equipo del área de trabajo.

Todos los trabajos de excavación que se realicen en zanja para descubrir la tubería, se llevarán a cabo con herramienta manual, evitando golpear la tubería o dañar el recubrimiento mecánico que la protege, siendo reparado en su totalidad y con cargo al contratista, si resultase dañado por dicha actividad. El procedimiento de reparación, de presentarse, será por medio de aporte de material con varilla de polietileno a base de calor con soplete compatible con el polietileno de alta densidad.

Todas las excavaciones estarán referidas a la batimetría previamente realizada, para definir los avances en el retiro de arenas y material de azolve en el lecho del río o en su cauce. Los trabajos serán continuos y se realizarán en franjas paralelas para erradicar el sobre excavado.

Se incluirá la remoción de piedras y materiales que obstruyan el libre desplazamiento de las tuberías en el lecho del río. La excavación en zanjas para cruzamientos de tuberías alojadas en los lechos de ríos con profundidad de 10 metros, se realizará con equipo de aire comprimido Air Lift.

#### Plataformas

#### Soldadura y Tendido de la Tubería.

Los trabajos de soldadura se harán de acuerdo a la norma API-STD-1104, procedimiento vertical ascendente trabajando dos soldadores conjuntamente en lados opuestos.

Los soldadores realizarán pruebas de hacer a la norma antes mencionada y estarán supervisadas y certificadas por un nivel II o III en procedimiento reinspección no destructiva (IND) avalados por la AWS según indica la norma NSPM AVIII-1 / 5.7.8.3 y 5.7.8.4, A-B y C, el cual acreditará su certificación. El técnico en IND dará una clave a cada soldador aprobado, registrando cada lado que haya soldado.

Se realizará la limpieza manual de chaflanes y biseles dejándolos libres de grasa, aceite, óxido o impurezas que puedan afectar las soldaduras utilizando cepillo de alambre, preparación de andamios (en su caso) y la elevación de las herramientas necesarias hasta el sitio de soldadura (en su caso).

La aplicación de la soldadura se realizará utilizando el electrodo recubierto E7010, marca LINCOLN y E8018 marca UTP de 1/8", 3/16" y 5/32", conforme a las especificaciones del procedimiento para la aplicación de la soldadura en la tubería API 5L X-65.





- a) Fondeo
- b) Paso caliente
- c) Relleno y vista

Los electrodos de soldadura deberán permanecer en hornos perfectamente cerrados para evitar la humectación y perjudicar el recubrimiento.

La conexión eléctrica de tierra no deberá soldarse a la tubería a soldar, requiriéndose el uso de accesorios de fijación eventual que eviten brincos inadecuados de corrientes.

Los tubos que presenten costura longitudinal, deberán alinearse en forma alternada de 30° a cada lado del eje vertical, para evitar su continuidad entre tramos de tubería.

Cuando existan condiciones meteorológicas adversas a la aplicación de soldadura, como lluvia y fuertes vientos, deberá suspenderse la actividad, a menos que se presente protección específica para tal evento y sea aceptada por la Supervisión de PEMEX Gas.

Todas las reparaciones producidas por una mala aplicación durante el proceso de la soldadura, se apegarán al procedimiento que sea autorizado bajo la especificación API-1104 y 1107, la reparación deberá documentarse adecuadamente para llevar un control en la ejecución de cada reparación y su aceptación satisfactoria.

La habilitación de equipo de corte y soldadura en taller para el manejo en campo de los tramos de tubería recta a empatar, el trazo, corte y biselado, se efectuará utilizando equipo de oxicorte y esmeril.

Los soldadores que lleven a cabo el proceso de soldadura de Arco eléctrico con electrodo recubierto, deberán estar calificados para la posición y el procedimiento que se acepte para el soldado de juntas verticales en "v" sencilla, sin movimiento de la tubería, sin respaldo, con aplicación en forma vertical descendente para cordón de raíz y paso caliente, la aplicación será en forma vertical ascendente para los cordones de relleno y vista.

Para conformar la lingada de la tubería deberá estibarse de tal manera que pueda ser presentada en forma alineada para su junteo con soldadura. Se realizarán maniobras con alineadores, tripié o grúa, además de que se considerarán apolinamientos y calzas para su alineación y presentación.

Se podrán utilizar costales con relleno de arena para el asiento y nivelación de las tuberías a alinear. El esparcimiento entre apoyos no deberá ser menor a 6.00 m, ni presentará inclinaciones mayores a 3° con respecto al nivel del terreno natural, considerando la limpieza interior de cada tramo de tubería para evitar acumulación de basura y tierra al presentarse la lingada completa.

La alineación de tuberías para nivelar las caras biseladas se realizarán con alineador hidráulico y gatos de escalera apoyado y fijado con polines y calzas de madera. Todos los tubos y elementos prefabricados serán inspeccionados por la supervisión de PEMEX Gas antes de su instalación. Todos los pandeos, las abolladuras, los aplastamientos, las arrancaduras y las ranuras deberán ser evitados reparándose o eliminándose de acuerdo a lo siguiente:

Las abolladuras, acanaladuras, arrancaduras y quemaduras de arco eléctrico se eliminarán mediante la aplicación de los procedimientos establecidos en la norma API-SPEC - 5L, usándose el proceso de esmerilado, siempre y cuando el espesor remanente no sea menor al permitido con la especificación normativa conforme al material. De no ser posible evitarlas, se retirará la porción dañada en forma de carrete. Queda prohibida la inserción de parches.

Las ranuras y laminaciones que se presenten en los extremos del tubo no deberán ser reparadas, por lo que el tramo completo de tubería deberá ser sustituido plenamente, identificado mediante crayones especiales para metal evitando así su uso posterior.



Para la fabricación de curvas en campo se deberá considerar el manejo, transporte, montaje, desmontaje y retiro del equipo doblador de tubería puesto en obra próximo al lugar de su utilización, incluyendo la limpieza de cada pieza, su estiba y almacenamiento posterior a su terminación.

Todas las curvas que se conformen en campo serán hechas en frío, utilizándose maquinaria específica para ello. Si la tubería presenta costura longitudinal, ésta deberá ubicarse en el eje neutro de la curva, los radios mínimos de los dobleces serán de 1.9<sup>o</sup> para la deflexión máxima del eje longitudinal y un radio mínimo de doblez de 30 diámetros del tubo de 48" D.N.

La diferencia en el ovalamiento de la sección transversal resultará no mayor de 2.5% del diámetro nominal del tubo. Todas las curvas deberán tener un contorno suave y los tubos deberán estar libres de daños mecánicos. Deberán dejarse tramos de 1.80 m de longitud como mínimo en ambos extremos.

Una vez tendida la tubería nueva sobre la margen izquierda del río, ésta cruzará la carretera municipal Gutiérrez Zamora-Tecolutla, en aproximadamente 200 m sobre los terrenos que se encuentran del otro lado de la carretera.

### 3.2 Catalogo de Conceptos

PARTIDA	CODIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
1	DERVIA-10	LOCALIZACION DE PUNTOS DE FALLA EN LINEA DE 48" DE DIAMETRO, INCLUYE LOCALIZACION Y TRAZO DEL EJE DE LA TUBERIA CADENAMIENTO PARA LA UBICACIÓN DE FALLAS, DEFECTOS O SOLDADURAS EN VEGETACION TIPO ARIDO O SEMIARIDO	PUNTO	61
1	DERVIA-20	LOCALIZACION DE PUNTOS DE FALLA EN LINEA DE 48" DE DIAMETRO, INCLUYE LOCALIZACION Y TRAZO DEL EJE DE LA TUBERIA, CADENAMIENTO PARA LA UBICACIÓN DE FALLAS, DEFECTOS O SOLDADURAS EN ZONAS CULTIVADAS O PASTIZALES	PUNTO	121
1	DERVIA-21	LOCALIZACION DE PUNTOS DE FALLA EN LINEA DE 48" DE DIAMETRO, INCLUYE LOCALIZACION Y TRAZO DEL EJE DE LA TUBERIA, CADENAMIENTO PARA LA UBICACIÓN DE FALLAS, DEFECTOS O SOLDADURAS EN ZONAS PANTANOSAS O INUNDADAS	PUNTO	9
1	DERVIA-22	DESMONTE DE DERECHO DE VIA EN PANTANO CON HERRAMIENTA MANUAL	Ha	0.18
1	DERVIA-23	DESMONTE DE DERECHO DE VIA EN VEGETACION TIPO PASTIZAL CON HERRAMIENTA MANUAL	Ha	2.40
1	DERVIA-24	SONDEO DE LINEAS SUBTERRANES EN AREA DE PANTANO Y RIO	M.L.	150.00
1	DERVIA-25	RETIRO DE ROMPECORRIENTES EN D.D.V. Y CONSTRUCCION POSTERIOR	M.L.	30.00
1	DERVIA-26	REABILITACION Y COLOCACION DE GUARDAGANADOS EN CAMINOS DE ACCESO AL D.D. V.	PZA	3.00
1	DERVIA-27	ACONDICIONAMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO, RASTREO Y CUNETEO CON MOTOCONFORMADORA	KM	3.60



PARTIDA	CODIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
1	DERVIA-28	SUMINISTRO, CARGA, ACARREO Y DESCARGA DE MATERIAL PARA BACHEO Y REVESTIDO EN CAMINOS DE ACCESO	M3	600.00
1	DERVIA-29	CARGA Y ACARREO CON HERRAMIENTA MANUAL DE MATERIALES PRODUCTO DE DEMOLICIONES A PRIMERA ESTACION	M3	3.00
1	DERVIA-30	SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CERCO DE ALAMBRE DE PUAS DE CUATRO HILOS INCLUYE POSTES DE MADERA ROLLIZA A CADA 2 M PARA SEGURIDAD EN EXCAVACION	KM	1800.00
1	DERVIA-31	HABILITADO, COLOCACION Y RETIRO DE FALSETES A BASE DE MADERA ROLLIZA Y CUATRO HILOS DE ALAMBRE DE PUAS	PZA	42.00
1	DERVIA-32	INSPECCION CIRCUNFERENCIAL ULTRASONICA EN AREA DE FALLA PARA DETERMINAR SU MAGNITUD Y LONGITUD DE CARRETE A CAMBIAR O ENVOLVENTE A COLOCAR, CON EQUIPO DE ULTRASONIDO CON PANTALLA DIGITAL, HAS ANGULAR Y REGISTRO IMPRESO EN TUBERIA DIAMBREO EN PULGADAS 48.	FALLA	36.00
1	DERVIA-33	COLOCACION DE ALCANTARILLAS EN CRUZAMIENTOS DE ARROYOS CON CAMINOS DE ACCESO AL DERECHO DE VIA	PZA	2
2	EXCA-10	EXCAVACION EN ZANJA CON HERRAMIENTA MANUAL EN D.D. V. CON TUBERIAS EN OPERACIÓN EN MATERIAL TIPO B	M3	1096.50
2	EXCA-20	EXCAVACION EN ZANJA CON HERRAMIENTA MANUAL EN D.D. V. CON TUBERIAS EN OPERACIÓN EN MATERIAL TIPO C	M3	312.00
2	EXCA-30	EXCAVACION EN ZANJA CON HERRAMIENTA MANUAL EN D.D. V. CON TUBERIAS EN OPERACIÓN EN MATERIAL TIPO B HASTA 2 M DE PROFUNDIDAD	M3	1253.40
2	EXCA-40	EXCAVACION EN ZANJA CON MAQUINARIA EN D. D. V. CON TUBERIAS EN OPERACIÓN EN MATERIAL TIPO B HASTA 2 M DE PROFUNDIDAD	M3	6577.80
2	EXCA-50	EXCAVACIÓN EN ZANJA CON MAQUINARIA EN D. D. V. CON TUBERIAS EN OPERACIÓN EN MATERIAL TIPO C HASTA 2 M DE PROFUNDIDAD.	M3	7000.00
2	EXCA-60	DESAZOLVE CON HERRAMIENTA MANUAL EN MATERIAL SECO HASTA 2 M DE PROFUNDIDAD	M3	120.00
2	EXCA-80	DESAZOLVE CON HERRAMIENTA MANUAL EN MATERIAL SATURADO HASTA 2 M DE PROFUNDIDAD	M3	120.00
2	EXCA-120	CORTES DE AMPLIACIÓN Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES CON MAQUINARIA EN MATERIAL TIPO B	M3	66.00
2	EXCA-140	CORTES DE AMPLIACIÓN Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES CON MAQUINARIA EN MATERIAL TIPO C	M3	180.00
2	EXCA-160	ADEME DE MADERA TIPO RESISTENTE DE AREA DE CONTACTO COMPLETA A BASE DE TABLONES DE 1" DE ESPESOR Y POLINES DE 2X4" HASTA 6 M DE PROFUNDIAD	M2	1800.00



PARTIDA	CODIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
2	EXCA-130	HABILITADO DE ADEME DE PROTECCIÓN A TALUDES A BASE DE COSTALES RELLENOS DE ARENA	PZA	2000.00
2	EXCA-140	BOMBEO DE ACHIQUE CON MOTOBOMBA AUTOCEBANTE EN BASTIDOR Y LLANTAS DE 3" DE DIAMETRO	HR	360.00
2	EXCA-150	BOMBEO DE ACHIQUE CON MOTOBOMBA AUTOCEBANTE EN BASTIDOR Y LLANTAS DE 4" DE DIAMETRO	HR	330.00
2	EXCA-160	ACARREO KM SUBSECUENTES A LA PRIMERA ESTACION DEL MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN	M3/KM	30.00
2	EXCA-170	ZAMPEADO DE PIEDRA BRAZA JUNTEADO CON MOERTO CE-AR 1:4 Y ESPDE PARED DE 20 CMS PARA PROTECCION DE TALUDES Y VADOS.	M2	6.00
2	EXCA-180	LIMPIEZA CON HERRAMIENTA MANUAL DE SUPERFICIE METALICA RASQUETEO CEPILLADO Y LIMPIEZA CON SOLVENTES DE TUBERIA DE 48" D. N. ALOJADA DE ZANJA	M2	1440.00
2	EXCA-190	DEMOLICION, EXTRACCION Y RETIRO DE LASTRE DE CONCRETO EN TUBERIA DE 48" D. N.	M3	36.00
2	EXCA-200	SUMINISTRO Y ACARREO DE MATERIAL SUELTO LIBRE DE GRANOS Y PIEDRAS PARA RELLENO EN LA EXCAVACIÓN	M3	900.00
2	EXCA-210	RELLENO CON MAQUINARIA UTILIZANDO MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN COMPACTADO SIN CONTROL DE LABORATORIO (VOLUMEN MEDIDO EN ZANJA) CON TUBERIA EN OPERACIÓN	M3	11190.00
2	EXCA-220	DEMOLICIÓN CON HYERRAMIENTA MANUAL Y/O EQUIPO MECANICO NEUMATICO, CON RETIRO DE MATERIAL A PRIMERA ESTACION	M3	1200.00
3	TUB-10	MANEJO Y TENDIDO DE TUBERIA PARA FORMACION DE LINGADA Y EFECTUAR PRUEBA HIDROSTRATICA DE TUBERIA DE ACERO DE 48" DE DIAMETRO Y .983" DE ESPESOR	M.L.	570.00
3	TUB-20	MANEJO Y TENDIDO DE TUBERIA PARA FORMACION DE LINGADA Y EFECTUAR PRUEBA HIDROSTRATICA DE TUBERIA DE ACERO DE 48" DE DIAMETRO	TON	18.00
3	TUB-30	DOBLADO EN FRIO DE TUBERIA RECTA DE ACERO AL CARBON PARA LA ELABORACION DE CURVAS DE DIFERENTES DEFLEXIONES Y RADIOS DE CURVATURA DE ACUERDO AL PERFIL Y DESARROLLO DE LA TUBERIA EXISTENTE, LONGITUD CON EXTREMOS EN TANGENTES RECTOS MINIMO DE 3 M	CURVA	2
3	TUB-40	REVESTIMIENTO DE CONCRETO PARA LASTRE EXETIOR DE TUBERIA DE 48" D. N. PARA LOGRAR COERIFICNETE NEGATIVO UTILIZANDO CONCRETO SEMIPESADO CON PESO VOLUMETRO DE 2645 KG/M3 ESPESOR DE LA TUBERIA DE .938" (28.83MM)	M2	30.00



PARTIDA	CODIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
3	TUB-50	MANEJO DISTRIBUCION Y TENDIDO DE TUBERIA DESNUDA DE ACERO AL CARBON EN TRAMOS RECTOR A PLATAFORMA TRACTOR REMOLQUE, TRANSPORTE 1ER. KM EN 48" DIAMETRO Y .983" DE ESPESOR	TON	108.00
3	TUB-60	TRANSPORTE DE TUBERIA LASTRADA DE 48" Y .983" DE ESPESOR DEL SITIO DE LASTRADO AL SITIO DE LOS TRABAJOS CON CARGA Y DESCARGA Y TENDIDO/DISTRIBUCION	TON/KM	345.60
3	TUB-70	CORTE CON CORTATUBO MANUAL , RETIRO DE TUBERIA Y BISELADO DE LAS BOCAS CON EQUIPO OXIACETILENO DONDE SE INSTALARA CARRETE O TRAMO NUEVO EN TUBERIA DE ACERO AL CARBON DE 48"	CORTE	54.00
3	TUB-80	CORTE EN FRIO, CON CORTADOR NEUMATICO O HIDRAULICO, RETIRO DE LA TUBERIA Y BISELADO DE LAS BOCAS DONDE SE INSTALARA CARRETE O TRAMO NUEVO PARA 48" DE DIAMETRO	CORTE	2
4	SOL-10	SOLDADURA A TOPE DE TUBERIA DE ACERO AL CARBON Y UNIONES DE IGUAL DIAMETRO, PARA CONSTRUCCION DE LINGADAS SOBRE TERREON NATURAL O DENTRO DE ZANJA 48" DE DIAMETRO	JUNTA	63.00
4	SOL-20	SOLDADURA DE INTEGRACION A TOPE EN TUBERIA DE ACERO AL CARBON DE 48" DE DIAMETRO EN CAMBIO DE CARRETES E INTEGRACION DE TRAMOS RECTOR Y CURVAS A LA LINEA REGULAR EN ZANJA	JUNTA	54.00
4	SOL-30	JORNADA DE INSPECCION RADIOGRAFICA DE UNIONES SOLDADAS CON RAYOS GAMA	JOR	9.00
4	SOL-40	INSPECCION RADIOGRAFICA A SOLDADURA ELABORADA EN CAMPO AL 100% TUBERIA DE 48" DE DIAMETRO	JOR	63.00
4	SOL-50	INSTALACION DE ENVOLVENTE CIRCUNFERENCIAL COMPLETA DE ACERO AL CARBON API-5L GR X-65 DE 48" DIAMETRO EN LINEA EN OPERACION CON CONFORMACION CORTES, BISELES, SOLDADURA Y REPARACION	PZA	159.00
4	SOL-60	INSPECCION ULTRASONICA A SOLDADURA DE ENVOLVENTE, DE 48" DE DIAMETRO.	PZA	159.00
5	LIMARE-10	SUMINISTRO Y APLICACION DE PROTECCION MECANICA EN TUBERIA DE 48" DE DIAMETRO A BASE DE RECUBRIMIENTO EPOXICO LITQUIDO DE ALTOS SÓLIDOS DE ACUERDO A NORMA NRF-026-PEMJEX 2001 EN ZANJA HASTA 4 M DE PROFUNDIDAD	M2	1440.00
5	LIMARE-20	SUMINISTRO DE DIABLO DE LIMPIEZA DE 48" DE DIAMETRO PROVISTO DE CUERPO METALICO Y SEIS DISCOS DE POLIURETANO INERCAMBIALES, INCLUYE DISCOS ADICIONALES.	PZA	1.00
5	LIMARE-30	SUMINISTRO DE DIABLO TIPO POLLY-PIG DE 48" DE DIAMETRO ULTRASELLO	PZA	3.00



PARTIDA	CODIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
5	LIMARE-40	SUMINISTRO E INSTALACION DE JUNTA AISLANTE MONOBLOCK DE 48" D. N .	PZA	2.00
5	LIMARE-50	LIMPIEZA CON CHORRO DE ARENA A METAL BLANCO, APLICADO POR ASPERSION, EN EXTERIOR DE TUBERIA DE 48" DIAMETRO HASTA 5 M DE ALTURA	M2	50.00
5	LIMARE-60	LIMPIEZA CON CHORRO DE ARENA A METAL BLANCO, APLICADO POR ASPERSION, EN EXTERIOR DE VALVULAS DE 48" DIAMETRO HASTA 5 M DE ALTURA	PZA	1.00
5	LIMARE-70	LIMPIEZA CON CHORRO DE ARENA A METAL BLANCO, APLICADO POR ASPERSION, EN EXTERIOR DE BRIDAS DE 48" DIAMETRO HASTA 5 M DE ALTURA	JGO	2.00
5	LIMARE-80	ACARREO DE TUBERIA AL CARBON DESNUDA TRAMOS RECTOS KILOMETROS SUBSECUENTES AL PRIMERO 48" DIAMETRO	TON/KM	2160.00
6	PROTCAT-10	RECUBRIMIENTO PRIMARIO EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS CON BROCHAS O ASPERSION RP-4 INORGANICO DE ZINC AUTOCUBRANTE POR ASPERSION DE .003" DE ESPESOR EN EXTERIOR DE TUBERIA DE 48" DIAMETRO HASTA 5M DE ALTURA	M2	15.00
6	PROTCAT-20	RECUBRIMIENTO PRIMARIO EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS CON BROCHAS O ASPERSION RP-4 INORGANICO DE ZINC AUTOCUBRANTE POR ASPERSION DE .003" DE ESPESOR EN EXTERIOR DE VALVULAS DE 48" DIAMETRO HASTA 5M DE ALTURA	PZA	1.00
6	PROTCAT-30	RECUBRIMIENTO PRIMARIO EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS CON BROCHAS O ASPERSION RP-4 INORGANICO DE ZINC AUTOCUBRANTE POR ASPERSION DE .003" DE ESPESOR EN EXTERIOR DE BRIDAS DE 48" DIAMETRO HASTA 5M DE ALTURA	JGO	1.00
6	PROTCAT-40	RECUBRIMIENTO PRIMARIO EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS CON BROCHA O ASPERSION DOS CAPAS DE .0015" QUE SIRVA COMO ENLACE ENTRE RP-4 Y EL RA-22 EN EXTERIOR DE TUBERIA DE 48" D. N. HASTA 5 M DE ALTURA	M2	15.00
6	PROTCAT-50	RECUBRIMIENTO PRIMARIO EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS CON BROCHA O ASPERSION DOS CAPAS DE .0015" QUE SIRVA COMO ENLACE ENTRE RP-4 Y EL RA-22 EN EXTERIOR DE VALVULAS DE 48" D. N. HASTA 5 M DE ALTURA	PZA	1.00
6	PROTCAT-60	RECUBRIMIENTO PRIMARIO EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS CON BROCHA O ASPERSION RP-7 VINIL EPOXICO MODIFICADO POR ASPERSION DOS CAPAS DE .0015" QUE SIRVA COMO ENLACE ENTRE EL RP-4 Y EL RA-22	JGO	1.00



PARTIDA	CODIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
6	PROTCAT-61	RECUBRIMIENTOS DE ACABADOS EN SUPERFICIES METALICAS DE ACABADOS EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS POR ASPERSION RA-22 VINILICOS ALTOS SÓLIDOS DOS CAPAS DE 0.003" COLOR BCO. EN EXTERIOR DE TUBERIAS DE 48" DIAMETRO HASTA 5 M DE ALTURA	M2	15.00
6	PROTCAT-62	RECUBRIMIENTOS DE ACABADOS EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS POR ASPERSION RA-22 VINILICOS ALTOS SÓLIDOS DOS CAPAS DE .003" COLOR VERDE EN EXTERIOR DER VALVULAS DE 48" D. N. HASTA 5 M DE ALTURA	PZA	1.00
6	PROTCAT-63	RECUBRIMIENTOS DE ACABADOS EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS POR ASPERSION RA-22 VINILICOS ALTOS SÓLIDOS DOS CAPAS DE .003" COLOR VERDE EN EXTERIOR DE BRIDAS DE 48" D. N. HASTA 5 M DE ALTURA	JGO	1.00

### 3.3 Análisis Financiero

Existen fundamentalmente 2 criterios para evaluar y analizar proyectos:

1. Criterio Empresarial o privado
2. Criterio Gubernamental o social

#### 3.3.1 Criterio Empresarial

Busca lograr la máxima rentabilidad de la inversión, o sea, busca únicamente el lucro.

Entre los criterios empresariales de evaluación se pueden citar:

- Costo mínimo
- El Índice de Rentabilidad
- Tasa interna de retorno

El costo mínimo consiste en comparar entre dos o más alternativas que ofrezcan los mismos servicios, la propuesta económica que presenten sin dejar de darle importancia a las características técnicas de cada propuesta, el marco legal y la viabilidad económica y técnica de las mismas. Con base en la revisión de esos conceptos se decide por la propuesta que cumpla con todos estos requisitos.

El índice de rentabilidad mide la efectividad del capital invertido en un tiempo y a un costo de oportunidad, donde los beneficios actualizados se refieren a utilidades netas del proyecto y el capital actualizado se refiere a capital invertido en el proyecto.

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión, está definida como la tasa de interés (*La tasa de interés: es el porcentaje al que está invertido un capital en una unidad de tiempo*) con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. El VAN o VPN es calculado a partir del flujo de caja anual (*los flujos de entradas y salidas de caja o efectivo, en un período dado*), trasladando todas las cantidades futuras al presente.



La Tasa Interna de Retorno es el tipo de descuento que hace igual a cero el VAN:

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^N \frac{Q_i}{(1 + TIR)^i} = 0$$

Donde  $Q_i$  es el Flujo de Caja en el periodo  $i$ .

Por el teorema del binomio:

$$(1 + r)^{-n} \approx 1 - n * r$$

$$I = Q_1 * (1 - r) + \dots + Q_n * (1 - n * r)$$

$$I - (Q_1 + \dots + Q_n) = -r * (Q_1 + \dots + n * Q_n)$$

De donde:

$$r = \frac{-I + \sum_{i=1}^n Q_i}{\sum_{i=1}^n i * Q_i}$$

La TIR es una herramienta de toma de decisiones de inversión utilizada para comparar la factibilidad de diferentes opciones de inversión. Generalmente, la opción de inversión con la TIR más alta es la preferida.

Para el caso de la obra "Cruzamiento Tecolutla" el contratista seleccionado cumple con los criterios en sus políticas internas, de lo contrario no sería factible aceptar su propuesta económica ya que este tipo de proyectos se llevan a cabo bajo los lineamientos de la Ley de Obra Pública.

Para esta obra el contratista considera una utilidad neta del 9.3% y un financiamiento menor al 5%.

### 3.3.2 Criterio gubernamental o social.

Estos criterios buscan obtener una mayor población servida por unidad de capital invertida o incrementar la productividad del capital, haciendo una buena distribución de los beneficios o disminuir el saldo de la balanza de pagos, al crear factorías y empleos que puedan sustituir importaciones.

Entre los criterios sociales se pueden citar:

- Costo por habitante servido
- Índice de Productividad
- Beneficio Neto actualizado

El costo por habitante servido, es el indicador que más se utiliza en la toma de decisiones en obras de beneficio social, en las cuales es muy difícil cuantificar los beneficios directos en unidades monetarias.

El índice de productividad, mide el crecimiento de la producción debido a una inversión, se obtiene de la razón del incremento del valor de la producción y el capital que se invirtió para lograr ese crecimiento.





Cuando un proyecto tiene un Índice de productividad mayor o igual al P. I. B., se considera bueno para el país. El beneficio neto actualizado es un indicador social, el cual se mide a lo largo del horizonte económico e indica si un proyecto determinado tendrá o no beneficios.

Este indicador será representado por la diferencia entre las series de los "n" beneficios y los "n" costos. Si el resultado de la suma algebraica anterior es mayor que cero se considera que el proyecto es conveniente.

Para el caso del Cruzamiento Tecolutla se obtiene de los criterios sociales los siguientes resultados:

- Costo por habitante servido

$$C.H.S. = \frac{COSTO\ TOTAL\ DE\ LA\ OBRA}{POBLACIÓN\ BENEFICIADA}$$

$$C.H.S. = \frac{4\ 951\ 873.77\ PESOS}{135\ 000\ 000\ HABITANTES}$$

$$C.H.S. = 0.36 \frac{PESOS}{HABITANTE}$$



**3.4 Programa de Obra**

Obra: CRUZAMIENTO RIO  
TECOLUTLA

PLAZO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS: 200 DÍAS  
NATURALES

FECHA DE INICIO:  
FECHA DE  
TERMINACION:

Obra: CRUZAMIENTO RIO TECOLUTLA

PROGRAMA CALENDARIZADO DE LA EJECUCION GENERAL DE LOS TRABAJOS

Código	Descripción	Unidad	Jul-2006	Ago-2006	Sep-2006	Oct-2006	Nov-2006	Dic-2006	Importe Total
			1-31	1-31	1-30	1-31	1-30	1-31	

CRUZAMIENTO RIO TECOLUTLA

DERVIA-10	LOCALIZACION DE PUNTOS DE FALLA EN LINEA DE 48" DE DIAMETRO, INCLUYE LOCACLIZACION Y TRAZO DEL EJE DE LA TUBERIA, CADENAMIENTO PARA LA UBICACION DE FALLAS, DEFECTOS O SOLDADURAS EN VEGETACION TIPO ARIDO O SEMIARIDO	PUNTO	\$6,130.43	\$8,638.12					\$14,768.55
DERVIA-20	LOCALIZACION DE PUNTOS DE FALLA EN LINEA DE 48" DE DIAMETRO, INCLUYE LOCACLIZACION Y TRAZO DEL EJE DE LA TUBERIA, CADENAMIENTO PARA LA UBICACION DE FALLAS, DEFECTOS O SOLDADURAS EN ZONAS CULTIVADAS O PASTIZALES	PUNTO	\$13,672.79	\$19,265.75					\$32,938.54



DERVIA-21	LOCALIZACION DE PUNTOS DE FALLA EN LINE DE 48" DE DIAMETRO, INCLUYE LOCACLIZACION Y TRAZO DEL EJE DE LA TUBERI, CADENAMIENTO PARA LA UBICACIÓN DE FALLAS, DEFECTOS O SOLDADURAS EN ZONAS PANTANOSAS O INUNDADAS	PUNTO	\$1,048.92	\$1,477.98			\$2,526.90	
DERVIA-22	DESMONTE DE DERECHO DE VIA EN PANTANO CON HERRAMIENTA MANUAL	Ha	\$2,136.02	\$3,010.82	\$970.64		\$6,117.48	
DERVIA-23	DESMONTE DE DERECHO DE VIA EN VEGETACION TIPO PASTIZAL CON HERRAMIENTA MANUAL	Ha	\$7,901.06	\$11,134.35	\$3,590.70		\$22,626.11	
DERVIA-24	SONDEO DE LINEAS SUBTERRANES EN AREA DE PANTANO Y RIO	M.L.	\$2,137.29	\$3,011.35	\$1,068.02		\$6,216.67	
DERVIA-25	RETIRO DE ROMPECORRIENTES EN D.D.V. Y CONSTRUCCION POSTERIOR	M.L.	\$67.49	\$95.11	\$3.06		\$165.67	
DERVIA-26	REABILITACION Y COLOCACION DE GUARDAGANADOS EN CAMINOS DE ACCESO AL D.D. V.	PZA	\$3,218.92	\$4,536.24	\$1,902.57		\$9,657.73	
DERVIA-27	ACONDICIONAMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO, RASTREO Y CUNETEO CON MOTOCONFORMADORA	KM		\$1,991.11	\$2,132.79	\$2,204.39	\$1,208.08	\$7,536.36



Sustitución de la línea conductora de 48" D. N.

DERVIA-28	SUMINISTRO, CARGA, ACARREO Y DESCARGA DE MATERIAL PARA BACHEO Y REVESTIDO EN CAMINOS DE ACCESO	M3	\$16,128.94	\$15,612.11	\$16,128.94	\$3,637.91	\$51,507.90	
DERVIA-29	CARGA Y ACARREO CON HERRAMIENTA MANUAL DE MATERIALES PRODUCTO DE DEMOLICIONES A PRIMERA ESTACION	M3				\$48.31	\$241.49	\$289.80
DERVIA-30	SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CERCO DE ALAMBRE DE PUAS DE CUATRO HILOS INCLUYE POSTES DE MADERA ROLLIZA A CADA 2 M PARA SEGURIDAD EN EXCAVACION	KM	\$10,546.20	\$14,861.40	\$14,382.45	\$6,709.95	\$46,500.00	
DERVIA-31	HABILITADO, COLOCACION Y RETIRO DE FALSETES A BASE DE MADERA ROLLIZA Y CUATRO HILOS DE ALAMBRE DE PUAS	PZA	\$248.68	\$350.01	\$339.06	\$146.91	\$1,084.67	
DERVIA-32	INSPECCION CIRCUNFERENCIAL ULTRASONICA EN AREA DE FALLA PARA DETERMINAR SU MAGNITUD Y LONGITUD DE CARRETE A CAMBIAR O ENVOLVENTE A COLOCAR, CON EQUIPO DE ULTRASONIDO CON PANTALLA DIGITAL, HAS ANGULAR Y REGISTRO IMPRESO EN TUBERIA DIAMBREO EN PULGADAS 48.	FALLA	\$11,270.01	\$10,910.02	\$11,270.01	\$10,910.02	\$3,638.27	\$47,998.33
DERVIA-33	COLOCACION DE ALCANTARILLAS EN CRUZAMIENTOS DE ARROYOS CON CAMINOS DE ACCESO AL DERECHO DE VIA	PZA				\$7,356.70	\$4,632.70	\$11,989.40



EXCA-10	EXCAVACION EN ZANJA CON HERRAMIENTA MANUAL EN D.D. V. CON TUBERIAS EN OPERACIÓN EN MATERIAL TIPO B	M3	\$12,228.03	\$17,228.10	\$16,669.97		\$46,126.10
EXCA-20	EXCAVACION EN ZANJA CON HERRAMIENTA MANUAL EN D.D. V. CON TUBERIAS EN OPERACIÓN EN MATERIAL TIPO C	M3	\$1,387.34	\$1,954.63	\$1,891.31		\$5,233.28
EXCA-30	EXCAVACION EN ZANJA CON HERRAMIENTA MANUAL EN D.D. V. CON TUBERIAS EN OPERACIÓN EN MATERIAL TIPO B DE 2.01 HASTA 4.00 M DE PROFUNDIDAD	M3	\$5,135.38	\$7,235.26	\$7,000.86		\$19,371.50
EXCA-40	EXCAVACION EN ZANJA CON MAQUINARIA EN D. D. V. CON TUBERIAS EN OPERACIÓN EN MATERIAL TIPO B HASTA 2 M DE PROFUNDIDAD	M3	\$31,923.70	\$44,976.37	\$42,085.03		\$118,985.09
EXCA-50	EXCAVACIÓN EN ZANJA CON MAQUINARIA EN D. D. V. CON TUBERIAS EN OPERACIÓN EN MATERIAL TIPO C HASTA 2 M DE PROFUNDIDAD.	M3	\$35,330.63	\$49,782.89	\$44,969.81		\$130,083.33
EXCA-60	DESAZOLVE CON HERRAMIENTA MANUAL EN MATERIAL SECO HASTA 2 M DE PROFUNDIDAD	M3				\$1,092.00	\$1,092.00
EXCA-80	DESAZOLVE CON HERRAMIENTA MANUAL EN MATERIAL SATURADO HASTA 2 M DE PROFUNDIDAD	M3				\$1,174.67	\$1,174.67
EXCA-120	CORTES DE AMPLIACIÓN Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES CON MAQUINARIA EN MATERIAL TIPO B	M3		\$907.74	\$878.53	\$410.06	\$2,196.33



Sustitución de la línea conductora de 48" D. N.

EXCA-140	CORTES DE AMPLIACIÓN Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES CON MAQUINARIA EN MATERIAL TIPO C	M3	\$1,832.12	\$1,772.83	\$886.64		\$4,491.60	
EXCA-160	ADEME DE MADERA TIPO RESISTENTE DE AREA DE CONTACTO COMPLETA A BASE DE TABLONES DE 1" DE ESPESOR Y POLINES DE 2X4" HASTA 6 M DE PROFUNDIAD	M2	\$11,524.98	\$16,235.31	\$15,714.10	\$5,236.41	\$48,710.80	
EXCA-130	HABILITADO DE ADEME DE PROTECCIÓN A TALUDES A BASE DE COSTALES RELLENOS DE ARENA	PZA	1,687.00	2,377.00	\$2,070.00		\$6,134.00	
EXCA-140	BOMBEO DE ACHIQUE CON MOTOBOMBA AUTOCEBANTE EN BASTIDOR Y LLANTAS DE 3" DE DIAMETRO	HR	\$1,312.40	\$1,848.92	\$1,789.76	\$1,848.92	\$6,800.00	
EXCA-150	BOMBEO DE ACHIQUE CON MOTOBOMBA AUTOCEBANTE EN BASTIDOR Y LLANTAS DE 4" DE DIAMETRO	HR	\$1,566.42	\$2,206.36	\$6,406.04	\$2,206.36	\$142.85	\$12,528.03
EXCA-160	ACARREO KM SUBSECUENTES A LA PRIMERA ESTACION DEL MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN	M3/KM					\$654.00	\$654.00
EXCA-170	ZAMPEADO DE PIEDRA BRAZA JUNTEADO CON MOERTO CE-AR 1:4 Y ESPDE PARED DE 20 CMS PARA PROTECCION DE TALUDES Y VADOS.	M2					\$1,063.00	\$1,063.00
EXCA-180	LIMPIEZA CON HERRAMIENTA MANUAL DE SUPERFICIE METALICA RASQUETEO CEPILLADO Y LIMPIEZA CON SOLVENTES DE TUBERIA DE 48" D. N. ALOJADA DE ZANJA	M2	\$839.67	\$12,595.10	\$13,016.33	\$1,260.90		\$27,712.00



Sustitución de la línea conductora de 48" D. N.

EXCA-190	DEMOLICION, EXTRACCION Y RETIRO DE LASTRE DE CONCRETO EN TUBERIA DE 48" D. N.	M3	\$516.22	\$1,096.98		\$1,613.20	
EXCA-200	SUMINISTRO Y ACARREO DE MATERIAL SUELTO LIBRE DE GRANOS Y PIEDRAS PARA RELLENO EN LA EXCAVACIÓN	M3		\$12,838.72	\$32,096.79	\$25,684.49	\$70,620.00
EXCA-210	RELLENO CON MAQUINARIA UTILIZANDO MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN COMPACTADO SIN CONTROL DE LABORATORIO (VOLUMEN MEDIDO EN ZANJA) CON TUBERIA EN OPERACIÓN	M3		\$3,814.22	\$57,191.62	\$47,661.49	\$108,667.33
EXCA-220	DEMOLICIÓN CON HERRAMIENTA MANUAL Y/O EQUIPO MECANICO NEUMATICO, CON RETIRO DE MATERIAL A PRIMERA ESTACION	M3				\$865.84	\$865.84
TUB-10	MANEJO Y TENDIDO DE TUBERIA PARA FORMACION DE LINGADA Y EFECTUAR PRUEBA HIDROSTATICA DE TUBERIA DE ACERO DE 48" DE DIAMETRO Y 0.983" DE ESPESOR	M.L.	\$481,843.38	\$657,033.67	\$262,645.29		\$1,401,522.33
TUB-20	MANEJO Y TENDIDO DE TUBERIA PARA FORMACION DE LINGADA Y EFECTUAR PRUEBA HIDROSTATICA DE TUBERIA DE ACERO DE 48" DE DIAMETRO	M.L.	\$18,307.07	\$24,963.22	\$9,978.90		\$53,249.20
TUB-30	DOBLADO EN FRIJO DE TUBERIA RECTA DE ACERO AL CARBON PARA LA ELABORACION DE CURVAS DE DIFERENTES DEFLEXIONES Y RADIOS DE CURVATURA DE ACUERDO AL PERFIL Y DESARROLLO DE LA TUBERIA EXISTENTE, LONGITUD	CURVA	\$1,581.35	\$6,780.27	\$7,006.20		\$15,367.82



CON EXTREMOS EN TANGENTES  
RECTOS MINIMO DE 3 M

TUB-40	REVESTIMIENTO DE CONCRETO PARA LASTRE EXETIOR DE TUBERIA DE 48" D. N. PARA LOGRAR COERIFICNETE NEGATIVO UTILIZANDO CONCRETO SEMIPESADO CON PESO VOLUMETRO DE 2645 KG/M3 ESPESOR DE LA TUBERIA DE .938" (28.83MM) Y ESPESOR DE LASTRE DEL 2"	M2	\$6,293.00		\$6,293.00
TUB-50	MANEJO DISTRIBUCION Y TENDIDO DE TUBERIA DESNUDA DE ACERO AL CARBON EN TRAMOS RECTOS A PLATAFORMA TRACTOR REMOLQUE, TRANSPORTE 1ER. KM EN 48" DIAMETRO Y .983" DE ESPESOR	TON	\$124,914.84	\$74,949.57	\$199,864.42
TUB-60	TRANSPORTE DE TUBERIA LASTRADA DE 48" Y .983" DE ESPESOR DEL SITIO DE LASTRADO AL SITIO DE LOS TRABAJOS CON CARGA Y DESCARGA Y TENDIDO/DISTRIBUCION	TON/KM	\$79,845.45	\$29,277.75	\$109,123.20
TUB-70	CORTE CON CORTATUBO MANUAL , RETIRO DE TUBERIA Y BISELADO DE LAS BOCAS CON EQUIPO OXIACETILENO DONDE SE INSTALARA CARRETE O TRAMO NUEVO EN TUBERIA DE ACERO AL CARBON DE 48"	CORTE		\$67,821.00	\$67,821.00
TUB-80	CORTE EN FRIO, CON CORTADOR NEUMATICO O HIDRAULICO, RETIRO DE LA TUBERIA Y BISELADO DE LAS	CORTE		\$1,101.35	\$1,101.35





BOCAS DONDE SE INSTALARA CARRETE O TRAMO NUEVO PARA 48" DE DIAMETRO					
SOL-10	SOLDADURA A TOPE DE TUBERIA DE ACERO AL CARBON Y UNIONES DE IGUAL DIAMETRO, PARA CONSTRUCCION DE LINGADAS SOBRE TERREON NATURAL O DENTRO DE ZANJA 48" DE DIAMETRO	JUNTA	\$20,612.43	\$206,146.97	\$226,759.40
SOL-20	SOLDADURA DE INTEGRACION A TOPE EN TUBERIA DE ACERO AL CARBON DE 48" DE DIAMETRO EN CAMBIO DE CARRETES E INTEGRACION DE TRAMOS RECTOR Y CURVAS A LA LINEA REGULAR EN ZANJA	JUNTA		\$194,365.20	\$194,365.20
SOL-30	JORNADA DE INSPECCION RADIOGRAFICA DE UNIONES SOLDADAS CON RAYOS GAMA	JOR		\$43,508.50	\$43,508.50
SOL-40	INSPECCION RADIOGRAFICA A SOLDADURA ELABORADA EN CAMPO AL 100% TUBERIA DE 48" DE DIAMETRO	JOR		\$14,773.50	\$14,773.50
SOL-50	INSTALACION DE ENVOLVENTE CIRCUNFERENCIAL COMPLETA DE ACERO AL CARBON API-5L GR X-65 DE 48" DIAMETRO EN LINEA EN OPERACION CON CONFORMACION CORTES, BISELES, SOLDDURA Y REPARACION	PZA	\$328,616.52	\$579,985.19	\$483,251.40
					\$1,391,853.10
SOL-60	INSPECCION ULTRASONICA A SOLDADURA DE ENVOLVENTE, DE 48" DE DIAMETRO.	PZA			\$0.00



Sustitución de la línea conductora de 48" D. N.

LIMARE-10	SUMINISTRO Y APLICACION DE PROTECCION MECANICA EN TUBERIA DE 48" DE DIAMETRO A BASE DE RECUBRIMIENTO EPOXICO LITQUIDO DE ALTOS SOLIDOS DE ACUERDO A NORMA NRF-026-PEMJEX 2001 EN ZANJA HASTA 4 M DE PROFUNDIDAD	M2		\$21,799.29	\$19,463.80	\$41,263.08
LIMARE-20	SUMINISTRO DE DIABLO DE LIMPIEZA DE 48" DE DIAMETRO PROVISTO DE CUERPO METALICO Y SEIS DISCOS DE POLIURETANO INERCAMBIALES, INCLUYE DISCOS ADICIONALES.	PZA	\$37,630.23			\$37,630.23
LIMARE-30	SUMINISTRO DE DIABLO TIPO POLLY-PIG DE 48" DE DIAMETRO ULTRASELLO	PZA	\$38,444.67			\$38,444.67
LIMARE-40	SUMINISTRO E INSTALACION DE JUNTA AISLANTE MONOBLOCK DE 48" D. N .	PZA			\$157,757.52	\$157,757.52
LIMARE-50	LIMPIEZA CON CHORRO DE ARENA A METAL BLANCO, APLICADO POR ASPERSION, EN EXTERIOR DE TUBERIA DE 48" DIAMETRO HASTA 5 M DE ALTURA	M2		\$1,652.00		\$1,652.00
LIMARE-60	LIMPIEZA CON CHORRO DE ARENA A METAL BLANCO, APLICADO POR ASPERSION, EN EXTERIOR DE VALVULAS DE 48" DIAMETRO HASTA 5 M DE ALTURA	PZA		\$57.81	\$24.78	\$82.59
LIMARE-70	LIMPIEZA CON CHORRO DE ARENA A METAL BLANCO, APLICADO POR ASPERSION, EN EXTERIOR DE BRIDAS DE 48"	JGO		\$35.58	\$30.50	\$66.08



DIAMETRO HASTA 5 M DE ALTURA

LIMARE-80	ACARREO DE TUBERIA AL CARBON DESNUDA TRAMOS RECTOS KILOMETROS SUBSECUENTES AL PRIMERO 48" DIAMETRO	TON/KM	\$2,962.98	\$22,971.06	\$22,225.54	\$15,560.4	\$63,720.00
PROTCAT-10	RECUBRIMIENTO PRIMARIO EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS CON BROCHAS O ASPERSION RP-4 INORGANICO DE ZINC AUTOCUBRANTE POR ASPERSION DE .003" DE ESPESOR EN EXTERIOR DE TUBERIA DE 48" DIAMETRO HASTA 5M DE ALTURA	M2			\$911.95	\$1,094.55	\$2,006.50
PROTCAT-20	RECUBRIMIENTO PRIMARIO EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS CON BROCHAS O ASPERSION RP-4 INORGANICO DE ZINC AUTOCUBRANTE POR ASPERSION DE .003" DE ESPESOR EN EXTERIOR DE VALVULAS DE 48" DIAMETRO HASTA 5M DE ALTURA	PZA			\$11.17	\$122.91	\$134.08
PROTCAT-30	RECUBRIMIENTO PRIMARIO EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS CON BROCHAS O ASPERSION RP-4 INORGANICO DE ZINC AUTOCUBRANTE POR ASPERSION DE .003" DE ESPESOR EN EXTERIOR DE BRIDAS DE 48" DIAMETRO HASTA 5M DE ALTURA	JGO				\$191.46	\$191.46
PROTCAT-40	RECUBRIMIENTO PRIMARIO EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS CON BROCHA O ASPERSION DOS CAPAS DE	M2				\$3,229.50	\$3,229.50



PROTCAT-50	.0015" QUE SIRVA COMO ENLACE ENTRE RP-4 Y EL RA-22 EN EXTERIOR DE TUBERIA DE 48" D. N. HASTA 5 M DE ALTURA RECUBRIMIENTO PRIMARIO EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS CON BROCHA O ASPERSION DOS CAPAS DE .0015" QUE SIRVA COMO ENLACE ENTRE RP-4 Y EL RA-22 EN EXTERIOR DE VALVULAS DE 48" D. N. HASTA 5 M DE ALTURA	PZA	\$129.21	\$129.21
PROTCAT-60	RECUBRIMIENTO PRIMARIO EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS CON BROCHA O ASPERSION RP-7 VINIL EPOXICO MODIFICADO POR ASPERSION DOS CAPAS DE .0015" QUE SIRVA COMO ENLACE ENTRE EL RP-4 Y EL RA-22 EN EXTERIOR DE BRIDAS DE 48" D. N. HASTA 5 M DE ALTURA	JGO	\$129.18	\$129.18
PROTCAT-61	RECUBRIMIENTOS DE ACABADOS EN SUPERFICIES METALICAS DE ACABADOS EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS POR ASPERSION RA-22 VINILICOS ALTOS SOLIDOS DOS CAPAS DE 0.003" COLOR BCO. EN EXTERIOR DE TUBERIAS DE 48" DIAMETRO HASTA 5 M DE ALTURA	M2	\$3,015.00	\$3,015.00
PROTCAT-62	RECUBRIMIENTOS DE ACABADOS EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS POR ASPERSION RA-22 VINILICOS ALTOS SOLIDOS DOS CAPAS DE .003" COLOR VERDE EN EXTERIOR DER VALVULAS DE 48"	PZA	\$429.73	\$429.73



D. N. HASTA 5 M DE ALTURA

<p>PROTCAT-63 RECUBRIMIENTOS DE ACABADOS EN SUPERFICIES METALICAS APLICADOS POR ASPERSION RA-22 VINILICOS ALTOS SOLIDOS DOS CAPAS DE .003" COLOR VERDE EN EXTERIOR DE BRIDAS DE 48" D. N. HASTA 5 M DE ALTURA</p>	<p>JGO</p>	<p>\$344.70</p> <p style="background-color: black; width: 100px; height: 15px; margin-left: 100px;"></p> <p>\$344.70</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

TOTAL DEL PRESUPUESTO ACUMULADO	\$149,203.69	\$771,832.80	\$1,307,918.40	\$891,601.69	\$1,062,101.24	\$769,215.95
						4,951,873.7
	\$149,203.69	\$921,036.49	\$2,228,954.89	\$3,120,556.58	\$4,182,657.82	7
PORCENTAJE PERÍODO	3.01%	15.59%	26.41%	18.01%	21.45%	15.53%
PORCENTAJE ACUMULADO	3.01%	18.60%	45.01%	63.02%	84.47%	100.00%



## CAPÍTULO 4. PROCESO CONSTRUCTIVO

### 4.1 Preparación del Terreno

Durante la construcción de tuberías de conducción se efectúan terracerías para disponer de lo siguiente:

- \* Derecho de vía.
- \* Áreas de almacenamiento de tubería.
- \* Brechas para acceso entre carreteras o ferrocarriles y el Derecho de Vía.
- \* Desviaciones en los tramos en el que el derecho de Vía resulte intransitable al equipo de tracción que no cuenta con orugas.

#### Apertura del Derecho de Vía

El Derecho de Vía puede definirse como la franja de terreno necesaria para realizar las operaciones de construcción y mantenimiento. Esta debe contar con dimensiones que proporcionen la amplitud requerida para que dentro de su superficie se puedan llevar a cabo procesos como apertura de brecha, excavación de la zanja, depósito del material producto de la excavación, depósito de la tubería y libre tránsito del equipo de construcción en ambos sentidos.

Antes de iniciar la apertura del Derecho de Vía, la Supervisión deberá llevar a cabo la verificación física de las líneas e instalaciones existentes, señalando con balizas rojas, letreros y otros señalamientos que permitan al constructor detectar oportunamente la existencia de tuberías en operación.

Se recomienda especial atención a la localización de tuberías de inyección de agua, líneas de escurrimiento y/o líneas de descarga que no vengán registradas en los planos del proyecto, ya que este proyecto le corresponde a la sección operativa y en ocasiones no se cuenta con la información necesaria, por lo que es conveniente estar en contacto con las ramas operativas con el fin de prever su localización y posibles daños a la institución.

La apertura del Derecho de Vía, se realiza en terreno plano o lomería suave o en lomería fuerte o montaña y deberá quedar libre de obstáculos como bordos, raíces, piedras y otros para permitir el tránsito libre.

En los lugares donde el Derecho de Vía cruce canales, arroyos o ríos, como es el caso del proyecto de estudio, deberán instalarse alcantarillados provisionales (de preferencia de lámina galvanizada) de un diámetro tal, que no obstruya el paso del agua, evitando represamientos que puedan ocasionar problemas posteriores.

Lo más importante del Derecho de Vía es que toda la sección de la plantilla quede en terreno firme, excepto en los casos en donde el proyecto indique lo contrario. Por otro lado, su ancho está determinado en las especificaciones particulares; las cuales deben formar parte de los planos para construcción, de acuerdo a las normas para diámetros mostradas en la siguiente tabla:

DIÁMETRO DE LA TUBERÍA [ " ]	ANCHO DE EXCAVACIÓN [ m ]
De 4" a 8"	10
De 10 a 18"	13
De 20" a 36"	15
De 42" y mayores	25

Con estas dimensiones queda bien definida la sección para la plantilla del Derecho de Vía.



En casos especiales y en una longitud que no exceda el 10% de la longitud total, PEMEX decidirá utilizar un Derecho de Vía más angosto que el especificado, a fin de librar obstáculos que se presenten, sin que esto implique compensación adicional por maniobras extraordinarias, trabajo más lento o cualquier otro concepto.

Para el proyecto del Derecho de Vía también deberá tomarse en consideración el material de la tubería, ya que este permite doblamientos fuertes sin que se altere de manera inconveniente su sección hidráulica (radio mínimo de 18 veces su diámetro): esta facilidad permite proyectar curvas verticales y horizontales pronunciadas.

Por otro lado, el equipo de tracción que se emplea para la instalación está montado sobre orugas y con este equipo se puede trabajar en inclinaciones de hasta 40% (72% de pendiente).

En terrenos lodosos o pantanosos, las terracerías deben ser mejoradas en los tramos que lo requieran, depositando material de revestimiento, grava o arena que permitan el paso continuo de los vehículos

Es importante mencionar que las condiciones de construcción de la plantilla del Derecho de Vía, deben conservarse durante todo el tiempo que dure la construcción del cruce para asegurar el avance de las diferentes fases de la obra.

En el proyecto de estudio el Derecho de Vía fue definido con anterioridad durante el proceso de construcción del ducto ya que, como se mencionó anteriormente, el gasoducto se encontraba construido y debido a problemas de flotación y deterioro en el recubrimiento del lastrado, fue necesario realizar la sustitución de la línea principal.

Sin embargo, se deberá retrasar el Derecho de Vía para la realización de los trabajos de sustitución, únicamente en el tramo señalado para la realización del cruce.

Simultáneamente al retraso del Derecho de Vía, se deberá determinar la localización para la construcción de las plataformas o "peras" de lanzamiento, las cuales son las terracerías necesarias para sustentar el equipo pesado como tractores pluma, grúas, estibas de tubería, camas de biselado, flotadores, etc.

Para el caso de pantanos, lagunas y ríos como el caso de estudio, la operativa del Derecho de Vía se ejecutará con herramienta manual (auxiliados con lanchas, cayucos, etc.) para retirar la vegetación existente (palmerillas, platanillos, lirios, etc.). En el caso de encontrarse manglares y lirio acuático, se deberán utilizar sierras portátiles, hachas y retroexcavadoras para desenraizar los manglares que se encuentran sobre el eje del Derecho de Vía, en una franja que permita el paso del equipo y la tubería. No es necesario hacerlo a todo el ancho del Derecho de Vía contratado a diferencia de cuando se ejecuta en la línea regular.

## 4.2 Excavación

Las tuberías de conducción se entierran para protegerlas de daños mecánicos a los que estarían expuestas si se encontraran al de descubierto y para protegerlas de cambios en la temperatura ambiente que les causaría dilataciones y sobre-esfuerzos no previstos. No se permite excavar la zanja, cepa o trinchera si el Derecho de Vía no está abierto y conformado a satisfacción de PEMEX.

### Profundidad

De acuerdo a lo especificado por Petróleos Mexicanos, el espesor de la capa de tierra sobre la línea regular debe atender a latones mostradas en la siguiente tabla:



LOCALIZACIÓN	EXCAVACIÓN NORMAL	EXCAVACIÓN EN ROCA	TUBERÍAS DE LPG
Áreas industriales comerciales y residenciales	914.4 mm: 90 cm	609.6 mm: 60 cm	1219.2 mm 125 cm
Cruzamientos de corrientes y ríos	1219.2 mm: 125cm	609.6 mm: 60 cm	1219.2 mm 125 cm
Zanjas de drenaje de caminos o ferrocarriles	914.4 mm: 90 cm	609.6 mm: 60 cm	1219.2 mm 125 cm
Otras áreas cualquiera	914.4 mm: 90 cm	609.6 mm: 60 cm	914.4 mm: 90 cm

Con respecto al ancho de la zanja, se deberá atender a las especificaciones marcadas en la tabla anexa, la cual se fundamenta en dos puntos importantes a considerarse en el bajado de tubería:

- Cuidar el recubrimiento anticorrosivo
- Que sea factible excavar con maquinaria

DIÁMETRO ["]	ANCHO [cm]
De 6 a 12	60
14 o mayor	30 más un diámetro

### 4.3 Plataformas

Se construirán plataformas de trabajo para el barrenado, la preparación e introducción de tubería en lingada, el tránsito de equipo y personal. El material de la plataforma tendrá las siguientes características:

Las plataformas se construirán con grava cementada, compactada al 98% de su peso volumétrico en capas de 20 cm. y protegido perimetralmente por gaviones. La plataforma de trabajo en la margen derecha tendrá una extensión de 5.2 ha. y la plataforma de margen izquierda será de 4.18 Ha.

Los taludes fueron protegidos con un muro de gaviones de malla de alambre torcido galvanizado clase III, calibre 12, cortado en piezas de 1.00 x 1.00 x 3.00 metros, amarradas entre sí y llenas de roca de tipo boleto de diversos tamaños para que la pieza se tenga al máximo pero siempre permitiendo el drenaje de las plataformas. En terraplenes con grava se incluirá el mejoramiento de material con cementantes para lograr una compactación óptima.

### 4.4 Suministro, carga, transporte y tendido de tuberías

La especificación de la tubería de acero al carbón deberá ser API 5L X-65 con un diámetro nominal de 48", un espesor de 0.938" (23.83 mm) y un esfuerzo a la cadencia mínimo de 65,000 lb/pulg<sup>2</sup>.

Se suministrará la tubería extruida en frío con costura longitudinal por proceso de arco sumergido en tramos de 20 m. la tubería fue fabricada por SAW PIPE USA, INC, empresa que está certificada para la fabricación de tuberías de gran diámetro en la normatividad ISO9002 versión 1994. Se suministrarán 84 tubos con una longitud de 12 metros cada uno.





La tubería distribuida por la comercializadora Prime Pipe Internacional, Inc. será transportada por barco desde la costa Este de los Estados Unidos de Norteamérica, hasta el puerto de Veracruz, donde se encuentra la planta de aplicación de recubrimiento. Una vez aplicado el recubrimiento, la tubería será transportada en camión plataforma para su envío al sitio de colocación tanto en la margen izquierda como en la margen derecha del río Tecolutla. En estos movimientos será necesario tener al personal capacitado, el cual deberá ser supervisado por personal de seguridad interna del contratista.

Estibado en sitio. Se cargará el camión con grúa o tractor tiende tubos con un balancín provisto de lo necesario, para no golpear los biseles o dañar el recubrimiento exterior, para lo cual se colocarán polines de madera entre cada una de las camas (máximo de tres camas) y se asegurarán por medio de tirantes de lona u otro tipo de sujeción que no ocasione daños al tubo.

Lo anterior se aplicará al bajado de la tubería, estibando éstas en tongas de no más de tres niveles, mismos que como antes mencionamos, serán estibados sobre polines o en su defecto sobre costales de yute previamente rellenos con arena de río o tierra.

Toda la tubería que sea suministrada deberá contener como mínimo los siguientes datos: especificación, certificado bajo normatividad API, resultados de las pruebas hidrostáticas realizadas en planta, número de colada, nombre del fabricante de la placa y el nombre del productor de la tubería.

Cada tramo de tubería deberá estar perfectamente identificado y registrado en bitácora, llevándose un censo de su ubicación final al ser introducido por la perforadora horizontal dirigida.

La tubería se transportará al sitio de los trabajos por carretera colocando en cada plataforma dos tramos dobles de tubería. La tubería deberá ser protegida en sus biseles por tapas de polietileno y asentada sobre las bases recomendadas por Comercial Resins para la protección del recubrimiento.

#### **4.5 Soldadura**

En el proceso constructivo para la construcción, rehabilitación y mantenimiento de ductos para la transportación y recolección de hidrocarburos, el proceso de soldadura es determinante ya que de la falla de este depende que existan o no discontinuidades en los mismos y por lo tanto problemas en dichos sistemas.

En cada sistema de conducción, antes de operar el procedimiento de soldadura, es necesario calificar la especificación de dicho proceso, para que éste cumpla con las propiedades mecánicas requeridas para cada tipo de tubería.

La determinación de la calidad de la soldadura se hace a partir de las pruebas de destrucción y/o no destrucción y debe llevarse a cabo por un organismo reconocido.

Los procedimientos deben incluir la descripción de las uniones entre tubos y tubos, así como tubos accesorios, válvulas y conexiones.

Se pueden presentar los siguientes tipos de soldaduras:

- Soldaduras a tope
- Diámetros interiores diferentes
- Diámetros exteriores diferentes
- Diámetros interiores y exteriores diferentes
- Soldaduras de filete



Para las obras de construcción o rehabilitación de líneas de conducción de oleoductos y gasoductos los procesos de soldadura más utilizadas son las siguientes:

- Soldadura de arco eléctrico protegido con electrodo recubierto
- Soldadura de arco y metal protegido con atmósfera de gas (MIG)
- Soldadura de arco sumergido

El proceso de soldadura utilizado en el cruzamiento del río Tecolutla fue el de electrodo recubierto ya que es comúnmente empleado en campo por su versatilidad en la aplicación y sus requerimientos mínimos de equipo especializado.

Se realiza con un electrodo (metal de aporte), con un recubrimiento que abarca casi la totalidad del alambre, dejando el extremo libre para hacer contacto con la corriente, el recubrimiento además de proteger la zona de fusión actúa como fundente y debido a su composición aporta un volumen adicional en la soldadura.

Este proceso utiliza la fusión entre el metal de aporte y el del tubo, por el calentamiento que produce el arco eléctrico que se logra entre los dos metales, ambos protegidos al fundirse de la atmósfera por el gas que emana el recubrimiento al fundirse.

Cuando se tienen aceros con un contenido mayor del 0.32% de carbono, determinado a partir de un análisis de cuchara, deben precalentarse a la temperatura indicada en el procedimiento.

Por otra parte cuando se tiene un contenido mayor al 0.32% se deben relevar de esfuerzos, este proceso debe hacerse a 593 ° C o mayor, para aleaciones de acero ferrítico.

El proceso en campo debe cumplir con las siguientes normas:

Los electrodos deben ser seleccionados de acuerdo a la tabla 16 y las especificaciones internas de PEMEX P.4.310.01 y P.4.311.01, para proporcionar soldaduras con una resistencia igual o ligeramente mayor a la resistencia de los tubos a unir y tener la composición química similar a la del metal base.

La operación de soldado se debe proteger de las condiciones meteorológicas (lluvia, viento, polvo, humedad, etc.) que puedan ser perjudiciales para la soldadura.

El alineamiento de los tubos de diámetro de 12" y mayores, debe realizarse mediante alineadores interiores durante el fondeo. En el alineamiento de la tubería de diámetros menores a las 12" y en los empates de todos los diámetros, se debe utilizar alineadores exteriores de tipo canasta, los cuales deben mantenerse hasta aplicar el fondeo en el 50%, distribuido en toda la circunferencia del tubo. Los tubos se deben alinear alternando su costura longitudinal de 30 grados a cada lado del eje vertical.

La conexión eléctrica de tierra no debe soldarse a la tubería, así como tampoco debe realizarse sobre equipos de proceso, instalados como medio de continuidad eléctrica para cerrar el circuito con la pieza que se va a soldar.

#### 4.5.1 Pruebas Destructivas

Las pruebas destructivas deben realizarse en tramos cortados y preparados de acuerdo a la norma API-1104 sección 6.5 o equivalente.

Los tipos de prueba de servicio amargo y no amargo son:

- Tensión
- Ranura y Rotura (sanidad)
- Dobleces
- Soldadura de filete



- *Tensión (T)*
  1. El esfuerzo de tensión debe ser mayor o igual que el esfuerzo de tensión mínimo especificado del material del tubo sin ser necesariamente el real.
  2. Si el espécimen se fractura fuera de la soldadura y zona de fusión, con el esfuerzo indicado arriba, la soldadura debe ser aceptada.
  3. Si el espécimen se fractura en la soldadura y el esfuerzo es mayor al mínimo de tensión especificado, la soldadura debe ser aceptada.
  4. Si el espécimen se fractura en un valor abajo del mínimo especificado debe ser rechazado.
  
- *Ranura (RR) y Rotura (sanidad)*
  1. Los especímenes deben mostrar completa penetración y fusión en su superficie.
  2. El poro debe tener diámetro menor a 1/16" y el acumulado debe ser menor al 2% del área de superficie expuesta.
  3. Las inclusiones de escoria deben ser menores en profundidad a 1/32" y longitud menor a 1/8".
  
- *Doblez*
  1. Se acepta si no se presentan fisuras mayores a 1/8" o de la mitad del espesor nominal de pared.
  2. Si se originan en el radio exterior sean menores de 1/32" en cualquier dirección y no se puedan considerar defectos evidentes.
  3. Las anteriores aplican para especímenes que se someten a pruebas de doblez lateral.
  
- *Soldadura de filete*
  1. Los especímenes deben mostrar completa penetración.
  2. Y debe cumplir con las siguientes características:
    - a. Porosidad máxima de 1/16"
    - b. Porosidad acumulada menor al 2% del área de superficie expuesta
    - c. Profundidad menor de 1/32" y separación mínima de 1/2" en inclusiones de escoria

#### 4.5.2 Calificación de Soldadores

En los procedimientos de soldadura de ductos que conducen hidrocarburos los soldadores deben cumplir las siguientes pruebas:

1. Pruebas de Calificación simple; se realiza una soldadura a tope entre dos tramos corto de tubo.
2. Pruebas de Calificación múltiple; debe realizar una soldadura a tope para unir dos tubos colocados en posición fija horizontal o inclinado a menos de 45°, presentando penetración completa en toda la circunferencia y el cordón de raíz no contendrá ninguna quemada mayor a 1/4"
3. Pruebas de Calificación por examen visual; la soldadura estará libre de grietas, penetración libre de quemaduras no reparadas y otros defectos además de aspecto limpio y bien acabado.
4. Pruebas de Calificación destructiva; se envían las juntas al laboratorio y se determina con respecto al criterio de la norma.
5. Pruebas de Calificación por inspección radiográfica; Se aplica solo en soldaduras a tope y se descalifica si en cualquiera de las pruebas no destructivas no cumple.



#### 4.6 Inspección Radiográfica.

La prueba no destructiva de las soldaduras es la inspección radiográfica, que como su nombre lo indica basa sus resultados en el conjunto de radiografías de rayos "X" o rayos "gama", con las siguientes características:

- Calidad en la película aceptable (sin irregularidades de velado, densidad y contraste)
- Técnica aceptable
- Sistema de identificación satisfactorio
- Nivel de sensibilidad aprobado
- Compatible con estándares reconocidos

Todas las soldaduras de campo en ductos tanto de línea regular como en obras especiales y empates, se deben radiografiar al 100% con la fuente de radiación apropiada a su espesor y con la técnica de inspección de pared sencilla, en ductos de 12" de diámetro, y la de doble pared, solo cuando no sea posible aplicar la de pared sencilla para obtener radiografías que cumplan con la sensibilidad establecida en el API 1104 o equivalente, de acuerdo al espesor en acero y conforme se indica a continuación:

- a) Para ductos que transportan hidrocarburos amargos:

ESPESOR EN ACERO	FUENTE DE RADIACION
1 a 50 mm	Rayos X
19 a 80 mm	Iridio 192
38 a 150 mm	Cobalto 60

- b) Para ductos que transportan hidrocarburos no amargos la inspección radiográfica debe estar conforme a lo dispuesto en el ASME sección V y el API-1104, últimas ediciones o su código y especificación equivalente, respectivamente.

Para realizar la prueba de inspección radiográfica, se requiere de personal capacitado calificado y certificado en la norma NMX-B-482-1991 y/o ASNT SNT-TC-1 como técnico nivel I y II en la técnica radiográfica.

Cada uno de los procedimientos radiográficos debe ser registrado y debe incluir:

- Fuente de radiación
- Tipo de equipo (interno o externo)
- Protector al frente y atrás
- Tipo de filtro y Posición, mascara, diafragma y protector de plomo
- Relación Geométrica
- Limite de la cubierta por la película
- Tipo de película
- Tiempo de exposición
- Espesor del material
- Tipo de proceso.



Todas las películas deben entregarse perfectamente identificadas por los números de plomo, y las marcas deben aparecer en cada película siendo común a dos películas sucesivas a fin de establecer que ninguna parte sea omitida.

Las pruebas de inspección radiográfica toman en cuenta los siguientes defectos:

- Falta de Penetración (FP)
- Falta de Fusión (FF)
- Concavidad en la Raíz (CR)
- Quemadura (Q)
- Inclusiones de Escoria (IE)
- Porosidad (P)
- Grieta (G)
- Socavados Internos y Externos (SE, SI)
- Acumulación de Imperfecciones (AD)

- *Falta de Penetración (FP)*

En Servicio Amargo y trampas de diablos en ambos servicios no se acepta.

En Servicio no Amargo se acepta sin desalineamiento, longitudes individuales menores a 1", y con desalineamiento o transversales, longitudes menores a 2"

- *Falta de Fusión (FF)*

En Servicio Amargo y trampas de diablos en ambos servicios no se acepta.

En servicio no amargo se acepta longitud individual menor de 2" y acumulada no mayor al 8% de la longitud de la soldadura.

- *Concavidad en la Raíz (CR)*

Se acepta cualquier longitud si la densidad de la imagen radiográfica de la concavidad no excede la del metal base más delgada adyacente.

- *Quemadura (Q)*

En Servicio Amargo y trampas de diablos en ambos servicios no se acepta.

En servicio no amargo la dimensión máxima menor es de 0.25" y la densidad de la imagen de la quemada no exceda el espesor del material base, la dimensión máxima no mayor al espesor de pared más delgado soldado, la suma de las dimensiones máximas quemadas separas cuya densidad de imagen no sea mayor de 0.5" en cualquier longitud continua de soldadura de 12".

- *Inclusiones de Escoria (IE)*

En Servicio Amargo y trampas de diablos en ambos servicios para alargar la longitud individual de 0.33t para aisladas, los grupos longitud menor a 1" y ancho .0625".



En servicio no amargo en alargadas (IEE) longitud individual no mayor a 2" y en acumulada no mayor a 12" , ancho no mayor a .0625 para aisladas (IEA) longitud acumulada no mayor de 0.5" en 12" y continuas de soldadura ancho igual al anterior, y para ambas que el acumulado no mayor al 8% de la longitud de la soldadura.

- *Porosidad (P)*

En servicio amargo la dimensión máxima es de 0.125", para tubería de espesor menor a 0.125" máximo de poros es 6" de soldadura.

En servicio no amargo se puede aceptar:

Porosidad individual poro menor de 0.125" y no mayor del 25% del espesor de pared más delgado de la junta. Agrupada debe cumplir con lo anterior además de que el diámetro total y longitud acumulada sea menor a 0.5".

Túnel longitud individual menor a 0.5" y acumulada a 2", individuales separadas por lo menos 2" y menor a 0.25"

- *Grieta (G)*

En servicio amargo no se acepta. En servicio no amargo se considera defecto y no se acepta si: no es superficial de tipo cráter o de inicio, o bien si la longitud es menor a 5/32 "

- *Socavados Internos y Externos (SE, SI)*

En servicio amargo no se acepta.

En servicio no amargo, cuando la longitud de externos y/o internos o la combinación de estos, sea menor a 2" en 12" de soldadura.

- *Acumulación de Imperfecciones (AD)*

En servicio amargo no se acepta. En servicio no amargo cuando la longitud acumulada es menor de 2" en cualquier longitud y la longitud acumulada de indicaciones no sea mayor de 8% de la longitud de soldadura.

#### 4.7 Limpieza con chorro de arena

Método conocido como "Sandblast", se utiliza en la limpieza de diferentes superficies para distintos procesos industriales.

La palabra en inglés proviene de los vocablos; Sand: arena, Blast: presión (arena a presión), sin embargo este sistema no emplea siempre necesariamente arena para su funcionamiento, por lo que se puede definir como un sistema de sopleteo con chorro de abrasivos a presión.

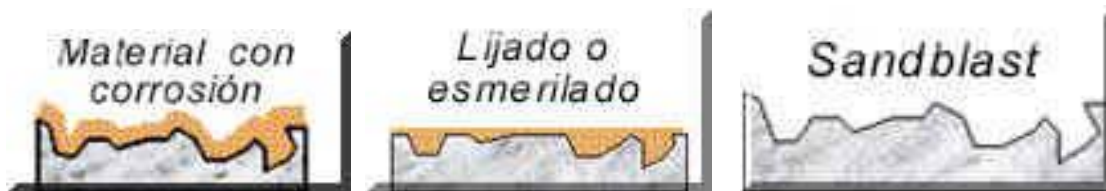
La limpieza de una superficie sucede por la acción de un abrasivo granulado expulsado por aire comprimido a través de una boquilla. La limpieza con "sandblast" es ampliamente usada para remover óxido, escama de laminación y cualquier tipo de recubrimiento de las superficies, preparándolas para la aplicación de un recubrimiento.



El sistema de sandblast o limpieza con chorro de arena, remueve toda la corrosión, inclusive aquella de los cráteres más profundos, sin desgastar de manera importante el material. Además, proporciona a la superficie un acabado marcado que sirve de anclaje para volver a recubrir.

La corrosión se interna en los cráteres de la superficie, los esmeriles no eliminan todo el óxido, para removerlo de la superficie, se debe esmerilar o lijar tan profundo como lo sea el cráter mas profundo. En muchos casos, esto podría debilitar las estructuras.

El sandblast remueve toda la corrosión, inclusive aquella de los cráteres más profundos sin desgastar de manera importante el material. Además, proporciona a la superficie un acabado marcado que sirve de anclaje para volver a recubrir.



La operación de arenación tiene lugar al siguiente principio físico: se traslada al abrasivo empleando energía cinética que se obtiene del aire comprimido usado. A mayor energía de cada pequeño grano, mayor será el trabajo que realizan.

Con base a este concepto fundamental, se considera justificado el empleo de tiempo y materiales utilizados en la investigación, realización y desarrollo del dispositivo de mezcla aire-arena de este desplazamiento de energía.

Dentro de los abrasivos más comunes se encuentran:

- Arena Silica
- Oxido de aluminio
- Carburo de Silicio
- Bicarbonato de Sodio
- Granate
- Escoria de Cobre
- Perla de Vidrio
- Abrasivo Plástico
- Granalla de acero
- Olote de maíz
- Cáscara de Nuez

Se tiene como primeros antecedentes del sandblast o limpieza con Chorro de arena, el usado en Reino Unido, en 1870, Benjamín C. Tilgman, diseñó la primer máquina para sopleteo con chorro de abrasivos que patentó con el número 2147. Dicha máquina ha sido modificada a través del tiempo para cumplir con diferentes objetivos, pero el principio de funcionamiento siempre ha sido el mismo.

En México este sistema comenzó a aplicarse aproximadamente en la década de los 50's siendo la gran mayoría de los equipos utilizados de importación.



Los equipos de chorro de abrasivo a presión, ahorran tiempo, trabajo y dinero en la limpieza de partes, siendo realmente el mejor método para remover óxido, recubrimientos y proporcionar acabados.

Los equipos fabricados en el país evitan altos costos de fletes y aseguran el suministro seguro, confiable y oportunidad de refacciones y suministros

Entre los usos más comunes del sandblast encontramos:

- Dar acabados en madera, acero, resina, plástico, etc.
- Grabar vidrio y cerámica.
- Remoción de lechada de concreto.
- Limpieza de muros de ladrillo y piedra.
- Remoción de graffiti.
- Remoción de escama tratada térmicamente.
- Remoción de marcas de herramientas.
- Limpieza de estructuras metálicas.
- Preparación de materiales para aplicación de recubrimientos, entre otras.

Los sectores que utilizan el método de Sandblast son:

- Industria Textil
- Industria Química
- Industria Metalmecánica
- Industria Automotriz
- Astilleros
- Plantas Petroleras
- Grabado en vidrio y Artículos promocionales
- Industria de la Construcción, entre otras

En general, se debe contar o seleccionar un compresor de aire capaz de producir un volumen de aire suficiente para mantener la presión en el equipo y así lograr un suministro continuo de aire.

También deben de tomarse en cuenta los siguientes observaciones:

- Asegurarse de que la manguera de aire, del compresor al equipo de sandblast, sea del diámetro adecuado
- Tomar en cuenta qué tipo de superficie va a limpiar
- Seleccionar el abrasivo indicado para ese tipo de trabajo
- Contar con un espacio para realizar la limpieza de las piezas
- El volumen de trabajo a realizar
- El acabado deseado.

Para la realización de este proceso basado en las necesidades de volumen de trabajo y desempeño requerido del equipo existen dos sistemas:

1. Sistema de Succión
2. Sistema de Presión



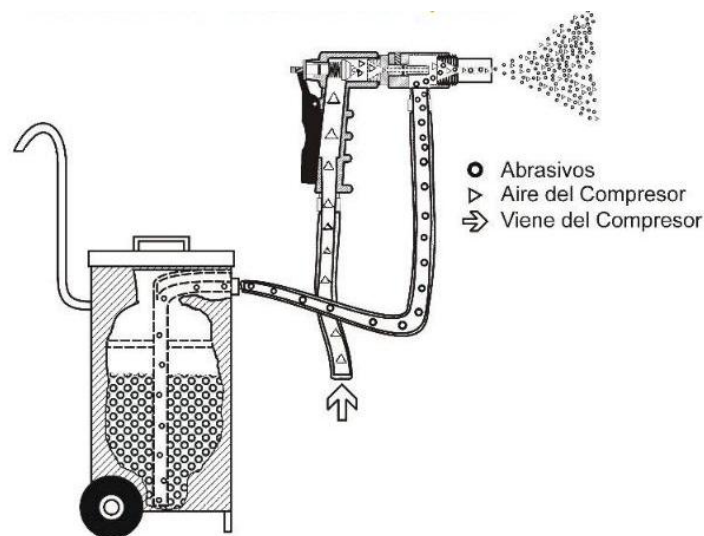


#### 4.7.1 Sistema de Succión

Los equipos de succión de forma general están diseñados para trabajo ligero de sopleteo con chorro abrasivo, usando arena sílica, óxido de aluminio, carburo de silicio o perla de vidrio, malla 36 o más fina; en el caso de la granalla de acero, se utiliza preferentemente con malla 80 o más fina. El gatillo de la pistola otorga el control sobre el chorro abrasivo al operador.

Entre las aplicaciones más comunes para los equipos de succión se encuentra la limpieza de capas de pintura en metales, grabado de vidrio, para proporcionar acabado antiguo en muebles de madera y en la limpieza de plásticos, entre otros.

La principal diferencia entre los equipos de succión y los de presión radica en que el equipo de succión produce y tiene la velocidad de solamente la cuarta parte de un equipo de presurizado.



#### 4.7.2 Sistema de Presión

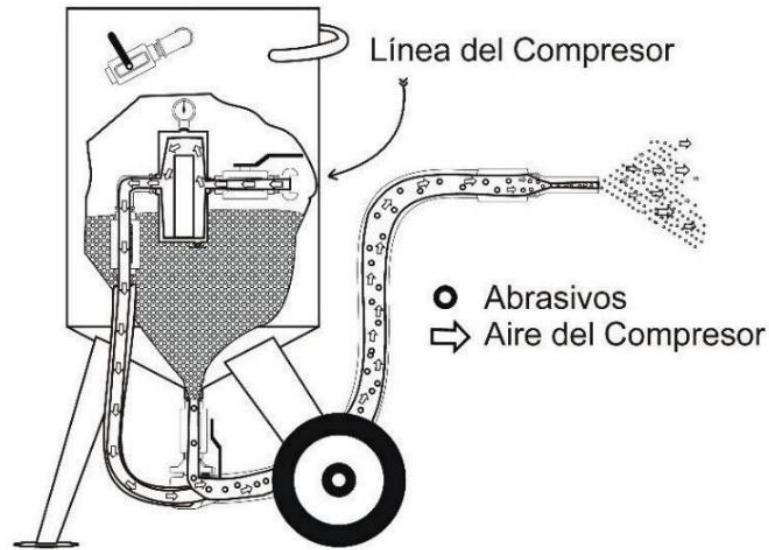
Los equipos presurizados son la opción más portátil para el manejo de la limpieza con chorro de abrasivos. Estos equipos pueden ser utilizados con distintos tipos de materiales abrasivos como son arena, granalla de acero esférica y angulas, óxido de aluminio, carburo de silicio, olote de maíz, cáscara de nuez, etc. Algunos abrasivos como la media plástica y el bicarbonato de sodio requieren equipos diseñados para ese trabajo específico.

La operación de los equipos presurizados es muy sencilla, se vierte el abrasivo en la parte superior del tanque y una vez cargado éste, se inyecta aire a presión dentro del mismo.

El abrasivo fluirá hacia la parte baja en donde se combina con el flujo de aire a presión que acelera la velocidad del abrasivo para expulsarlo por medio de la boquilla y así limpiar las superficies.

Para elegir el equipo presurizado que más le convenga, es necesario tener en cuenta varios aspectos:

- El volumen de trabajo que va a realizar.
- Número de operadores que requiere.
- El uso que va a tener el equipo (ocasional o cotidiano).
- El tiempo de uso continuo que requiera de su equipo.



#### 4.7.3 Equipo de seguridad

La operación de los equipos con chorro de abrasivos requiere del empleo del equipo de seguridad adecuado para el operador, basándose en sus condiciones de trabajo. Ya sea que requiera un sistema ligero y sencillo o uno con protección y accesorios adicionales, existen diferentes versiones de escafandras y filtros para que pueda elegir.

El Respirador con capucha más adecuada para su trabajo, la capucha tiene parte en cuero y parte en un tejido resistente. Dotado de una tela porta cristal, con cristal irrompible, gran visibilidad. Alimentada con aire depurado por un filtro que elimina el aceite.

El respirador a casco cuenta con un casco en aluminio, cristal rectangular irrompible; gran visibilidad con chaleco de un tejido resistente. Alimentado con aire depurado por un filtro.



*Respirador con capucha*



*Respirador a casco*



#### 4.8 Perforación Horizontal.

El procedimiento de Perforación Horizontal consiste en utilizar una broca o máquina barrenadora, para deslizar un carrete de transición.

Para llevar a cabo la perforación se elaborará un plan de seguridad que involucre los posibles riesgos. Se realizara un trazo e identificación de los puntos de entrada y de salida de la perforación, apoyada en los resultados del estudio de mecánica de suelos. La perforación comprende las siguientes etapas:

- a. *Perforación guía* (Características, Diámetro y materiales). El ángulo de entrada y salida de 8 a 12 ° de inclinación con respecto al terreno natural.
- b. *Ensanchamiento*. El trazo estará definido en forma recta entre la entrada y la salida de la perforación dirigida, siendo necesario verificar la dirección de la punta al perforar.
- c. *Introducción de la Lingada*. Se considera la etapa más importante para librar el centro del cauce del río, el cual marcará la profundidad mínima de 6 m debajo del lecho del río.

#### 4.9 Prueba Hidrostática y Protección Catódica

##### 4.9.1 Prueba Hidrostática

A todos los ductos nuevos se les debe aplicar una prueba hidrostática para verificar su hermeticidad. La prueba se debe realizar después de la corrida con el equipo medidor de la geometría y con el equipo de limpieza interior. El equipo mínimo necesario para efectuar la prueba hidrostática incluye: bomba de gran volumen, filtro para asegurar una prueba limpia, bomba de inyección de inhibidores de corrosión, instrumentos de medición, válvula de alivio y bomba para presurizar el ducto a niveles mayores a los indicados en el procedimiento de prueba.

El agua que se utilice debe ser neutra y libre de partículas en suspensión, que no pasen la malla de 100 hilos por pulgada.

La duración de la prueba será de 8 horas como mínimo y 4 horas alojada en la tubería (tramo corto) o en secciones prefabricadas que sean parte integral del sistema del ducto sin prueba posterior.

El valor de la presión para la prueba hidrostática debe ser de 1.25 la presión de diseño.

Del protocolo de las pruebas efectuadas, se generarán dos juegos de la constancia, certificadas por los representantes de la residencia de construcción y de la rama operativa, y el permiso de uso expedidos por la Secretaría de Energía, la cual llevará a cabo la supervisión directa de la ejecución de las mismas por medio de un inspector autorizado, conjuntamente con las dependencias involucradas en la inspección y seguridad industrial de las ramas operativas y de construcción.

Después de haber realizado la prueba hidrostática, los ductos, válvulas y accesorios serán drenados completamente para evitar daños por congelamiento o por corrosión. El equipo de un sistema de tubería que no se sujete a la prueba debe desconectarse.

La prueba hidrostática se deberá efectuar al sistema completo, en caso contrario, se puede realizar por secciones previo conocimiento y análisis del sistema de prueba respectivo. Estas pruebas deben realizarse tanto en el sistema completo de ductos como en tramos y componentes terminados del sistema.



Todos los dispositivos de seguridad como el limitador de presión, válvulas de relevo, reguladores de presión y equipo de control, deben ser calibrados para verificar que están en buenas condiciones mecánicas, capacidad adecuada, efectividad, confiabilidad de operación para el servicio a que se destinan y correcto funcionamiento a la presión requerida.

Al comprobar satisfactoriamente las pruebas de las tuberías, se efectúan todas las conexiones necesarias para eliminar el agua por medio de diablos o esferas corridas con aire.

La fuente de abastecimiento de agua y las áreas para desalojarla después de la prueba, deben cumplir con los requerimientos de la Comisión Nacional del Agua (C.N.A.), así como las normas oficiales correspondientes.

Durante la vida útil del sistema o parte de la tubería, se deberán conservar los registros de las pruebas efectuadas. La dependencia operativa recabará una copia de la información generada por parte del ramo responsable de las pruebas, y que como mínimo consistirá en lo siguiente:

- Dependencia responsable de las pruebas y técnicos que las realizaron y aceptaron.
- Procedimiento de realización de la prueba.
- Tipo, medio y temperatura de la prueba.
- Presiones de diseño, operación y prueba.
- Duración de la prueba, gráficas y otros registros.
- Fugas y otras fallas con sus características y localización.
- Variaciones en cada prueba y sus causas.
- Reparaciones realizadas como resultado de la prueba efectuada.

#### 4.9.2 Protección catódica

El sistema de protección catódica debe instalarse conforme al procedimiento acordado y de acuerdo al proyecto. Una vez instalado el sistema se debe verificar que las terminales estén debidamente instaladas y que las correspondientes mediciones del potencial estén dentro del rango aceptable. Se deben elaborar los registros de las mediciones de potencial.

La protección catódica es la técnica que reduce o detiene la corrosión de un metal en contacto con un electrolito, (terreno natural, convirtiendo al metal, en nuestro caso la tubería, en un cátodo mediante el paso de la corriente que proviene de un ánodo. Los sistemas de protección catódica mas comúnmente usados son:

1. Mediante ánodos de sacrificios. Este sistema esta basado en el consumo del ánodo protector (ánodo galvanico).
2. Mediante corriente impresa, la cual se obtiene de la emisión de la corriente directa, procedente de un rectificador.
3. Inhibidores.



## CONCLUSIONES

En los últimos años, el noreste de la República, se ha venido constituyendo en un centro neurálgico para el desarrollo del mercado de gas natural en México. Las inversiones de Pemex Exploración y Producción en la región, así como la nueva infraestructura para incrementar y diversificar las importaciones y la mayor capacidad de proceso y transporte por parte de Pemex Gas, ubican a esta área en una posición estratégica dentro de la geografía operativa y comercial de este mercado.

Por lo tanto y con el propósito de garantizar un transporte eficiente y continuo de gas natural, así como de incrementar la confiabilidad y seguridad en la operación, se cumplió a través de este proyecto la meta de rehabilitar el tramo del cruce del Río Tecolutla para el gasoducto de 48" de diámetro nominal.

Una vez diagnosticado el estado físico del gasoducto, se llevaron a cabo diversas propuestas para la corrección del tramo dañado, lo que después de realizar un análisis del costo – beneficio de la línea y de cotejar los gastos que representaría el desvío de la misma con la utilización de un by-pass, se concluyó que la mejor alternativa para la solución del problema fue utilizar el método de "Perforación dirigida" para su reconexión y puesta en marcha; respondiendo con ello a disminuir tanto el tiempo de ejecución, como el costo del proyecto, manteniendo además los lineamientos de seguridad tanto de las instalaciones, como del personal que en ellas labora, de la población aledaña y del entorno ecológico.



## BIBLIOGRAFÍA

API-SPEC-5L Especificación para tubería. 2000 "Specification for Line Pipe", 2000

API-STD-1104 Soldadura de ductos e instalaciones relacionadas, Edición XIX, 1999  
"Welding of Pipelines and Related Facilities", Edition XIX, 1999.

ASME B16.9 Estándares para conexiones soldables, 2001  
"Factory-Made Wrought Steel Butt Welding Fittings", 2001

ASME B31.8 Sistemas de ductos de transporte y distribución de gas, 1999  
"Gas transmission and distribution piping systems", 1999

ASME Section V Pruebas no destructivas, 1992. "Nondestructive Examination", 1992.

ASME Section VIII Reglas para construcción de recipientes a presión. Division I, 1992.  
"Rules for construction of pressure vessels", Division I, 1992.

NMX-B-482-91 "Capacitación, calificación y certificación de personal de ensayos no destructivos", 1991.  
"Training qualification and certification of nondestructive testing personnel", 1991.

Especificaciones PEMEX

NO. 09.0.03 Dispositivos de Alivio de Presión (Periodos máximos permisibles para la calibración y prueba).  
Septiembre/1987.

NO. 09.0.04 Instalación de válvulas de bloqueo en las válvulas de seguridad.

P.3.413.01 Instalación de sistemas para protección catódica, 1990.

P.4.310.01 Electroodos de acero baja aleación, con revestimiento, 1999.