

"PROPUESTAS PARA SOLUCIONAR LA OBSTRUCCION DEL GASODUCTO
DE 48" CACTUS - SAN FERNANDO
EN LAS LAGUNAS DE LA MANCHA Y EL LLANO"

IDEPTI
K. AZUL

ING. CARLOS ADAM HERNANDEZ

T E S I N A

PRESENTADA A LA DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
COMO REQUISITO PARA OBTENER
EL DIPLOMA DE
ESPECIALISTA EN SEGURIDAD DE INSTALACIONES INDUSTRIALES
EN EXPLOTACION PETROLERA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



DEPFI

T. UNAM

1 9 8 9

ADA

I N D I C E

	PÁG.
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I	
GENERALIDADES	1
CAPÍTULO II	
DESCRIPCION DE ALTERNATIVAS	11
1.- ACTIVIDADES EXTERNAS AL GASODUCTO	
2.- PROFUNDIZAR EL GASODUCTO	
3.- CONSTRUIR NUEVO GASODUCTO	
CAPÍTULO III	
SELECCION, PROPUESTAS Y ANALISIS	20
1.- CONSTRUIR NUEVO CANAL	
2.- PROFUNDIZAR EL GASODUCTO SIN SUSPENDER EL SER- VICIO.	
3.- PROFUNDIZAR EL GASODUCTO UTILIZANDO BACHE DE - GAS INERTE.	
4.- PROFUNDIZAR EL GASODUCTO MEDIANTE BY PASS OPE- RACIONAL.	
CAPÍTULO IV	
CONCLUSION Y RECOMENDACIONES	39

ANEXO A

INSPECCION DE SEGURIDAD AL GASODUCTO EN OPERACION

ANEXO B

PROCEDIMIENTOS PARA EL BAJADO DEL GASODUCTO OPERANDO

ANEXO C

CONCEPTOS DE TRABAJO PARA INSTALAR UNA TUBERIA NUEVA
DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS.

ANEXO D

DESCRIPCION DEL USO DE STOPPLES

BIBLIOGRAFIA

GLOSARIO

R E S U M E N

EL GASODUCTO DE 48 PULGADAS CACTUS - SAN FERNANDO DE PETROLEOS MEXICANOS, EN SU CRUZAMIENTO CON LAS LAGUNAS LA MANCHA Y EL LLANO, QUEDO ASENTADO SOBRE EL FONDO DE LAS BOCANAS, INTERRUMPIENDO PARCIALMENTE EL FLUJO DE MAREAS; LO CUAL FUE PLANTEADO POR LOS PESCADORES COMO CAUSANTE DE AZOLVAMIENTO DE LAS LAGUNAS.

EN ESTE TRABAJO SE DESCRIBE EL SISTEMA LAGUNAR, SU MEDIO AMBIENTE, EL GASODUCTO Y EL PROBLEMA; DEL ANALISIS DE ESTE ULTIMO SE SUGIEREN TRES GRUPOS DE POSIBLES SOLUCIONES, SE DESCRIBEN SUS ASPECTOS GENERALES, SUS VENTAJAS Y SUS DESVENTAJAS.

RESULTANDO DE SU COMPARACION CUATRO OPCIONES CON FACTIBILIDAD DE SER APLICADAS, LA DECISION DE EJECUTAR LA QUE CONVenga RESULTARA DE LAS CONSIDERACIONES PRESENTADAS EN ESTE TRABAJO Y DE LAS QUE SE SUGIEREN PARA COMPLEMENTARLAS.

I N T R O D U C C I O N

A principios de 1979 Petróleos Mexicanos terminó la instalación de un gasoducto de 48" desde Cactus, Chiapas, hasta -- San Fernando, Tamps., con una longitud de 1106 km prolongán-
dolo con 42" hasta Los Ramones, donde se interconecta con - los gasoductos de su Sistema Troncal de Ductos Norte.

Su desarrollo bordea el Golfo de México, cruzando un siste-
ma lagunar al norte de su Estación 7 "Zempoala", afectando-
las lagunas La Mancha y El Llano con la interrupción par --
cial de las mareas, provocando que los pescadores lo señala-
ran como causante de azolvamiento de las lagunas menciona -
das.

Para resolver esta situación se han manejado diversas pro -
puestas, en este trabajo expongo las más representativas. -
En el Capítulo I se describen brevemente lo que es el sistema
lagunar; el gasoducto; la problemática y, en tres grupos
las posibles soluciones.

Estas soluciones se describen en el Capítulo II, enmarcándo
las en el grupo correspondiente, comprendiendo el primero -
los trabajos que pueden ejecutarse sin manipular el gasoducto
; el segundo involucra trabajos para profundizarlo y el -
tercero considera la instalación de un nuevo gasoducto para
sustituir al actual, en el cruzamiento.

Este panorama de soluciones nos permitirá, además, disponer

de un pequeño prontuario para contemplar una posible aplicación a otros problemas similares que se tienen en la basta-red de ductos troncales en el País.

Conociendo a grandes rasgos las ventajas y desventajas de las alternativas, en el Capítulo III se enlistan en el cuadro comparativo, de donde resultan cuatro opciones como las más factibles de aplicarse; el procedimiento de calificación nos permite dar mejor puntuación a los aspectos de mayor ventaja, disminuyendo hasta calificar con 1 lo inaceptable.

Ya como propuestas para posible ejecución, son analizadas en orden de jerarquía. Previendo que en el campo se encontrarán obstáculos para la aplicación de la primera; se dispondría entonces de la propuesta siguiente para ser aplicada en sustitución de la anterior.

CAPÍTULO I

G E N E R A L I D A D E S

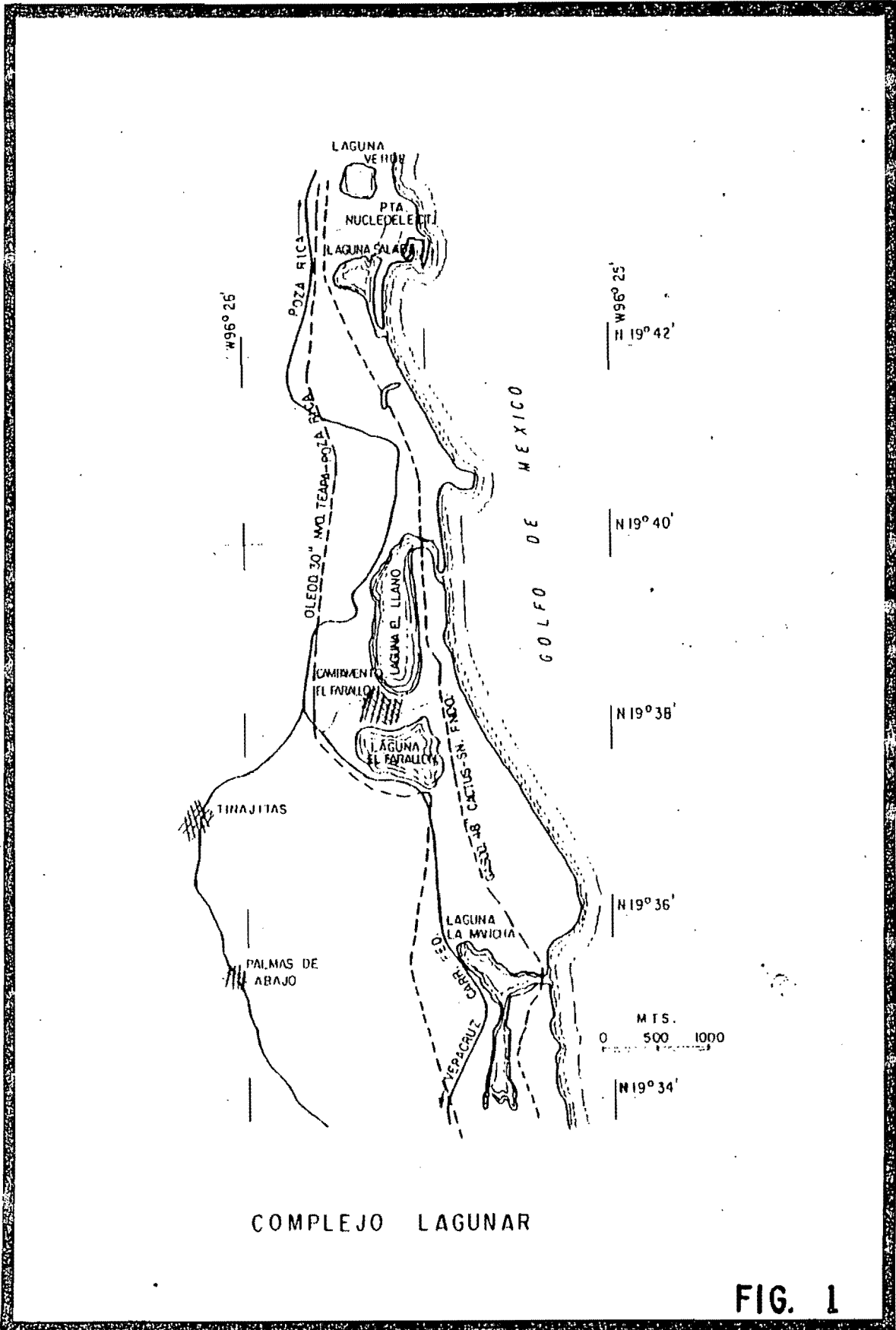
La seguridad industrial debe aplicarse desde el momento en que se concibe la idea de un diseño, durante el desarrollo del diseño; al aplicarlo a un proyecto; al hacerse la obra y durante toda su vida útil.

El conocimiento del medio y de la instalación nos permite disponer de información para comprender, primero, cuál es la problemática que nos ocupa y segundo cuáles soluciones son las mejores y factibles de aplicarse; de esta manera, en este capítulo se muestran aspectos del sistema lagunar; el gasoducto de 48" Cactus-San Fernando; la problemática; las alternativas y las limitantes, así tenemos:

A) LAS LAGUNAS, SU MEDIO AMBIENTE

El Complejo Lagunar comprende de Norte a Sur, las lagunas "VERDE", "SALADA", "EL LLANO", "EL FARALLON" y "LA MANCHA". Se localiza en la parte central del Estado de Veracruz, entre el paralelo $19^{\circ}34'$ y el de $19^{\circ}42'$ de Latitud Norte y entre los meridianos $96^{\circ}23'$ y $96^{\circ}27'$ de Longitud Oeste. (Fig. 1).

El clima es cálido semihúmedo, con temperatura media anual entre 22°C y 26°C con una precipitación pluvial entre 1200 mm y 1500 mm anuales.



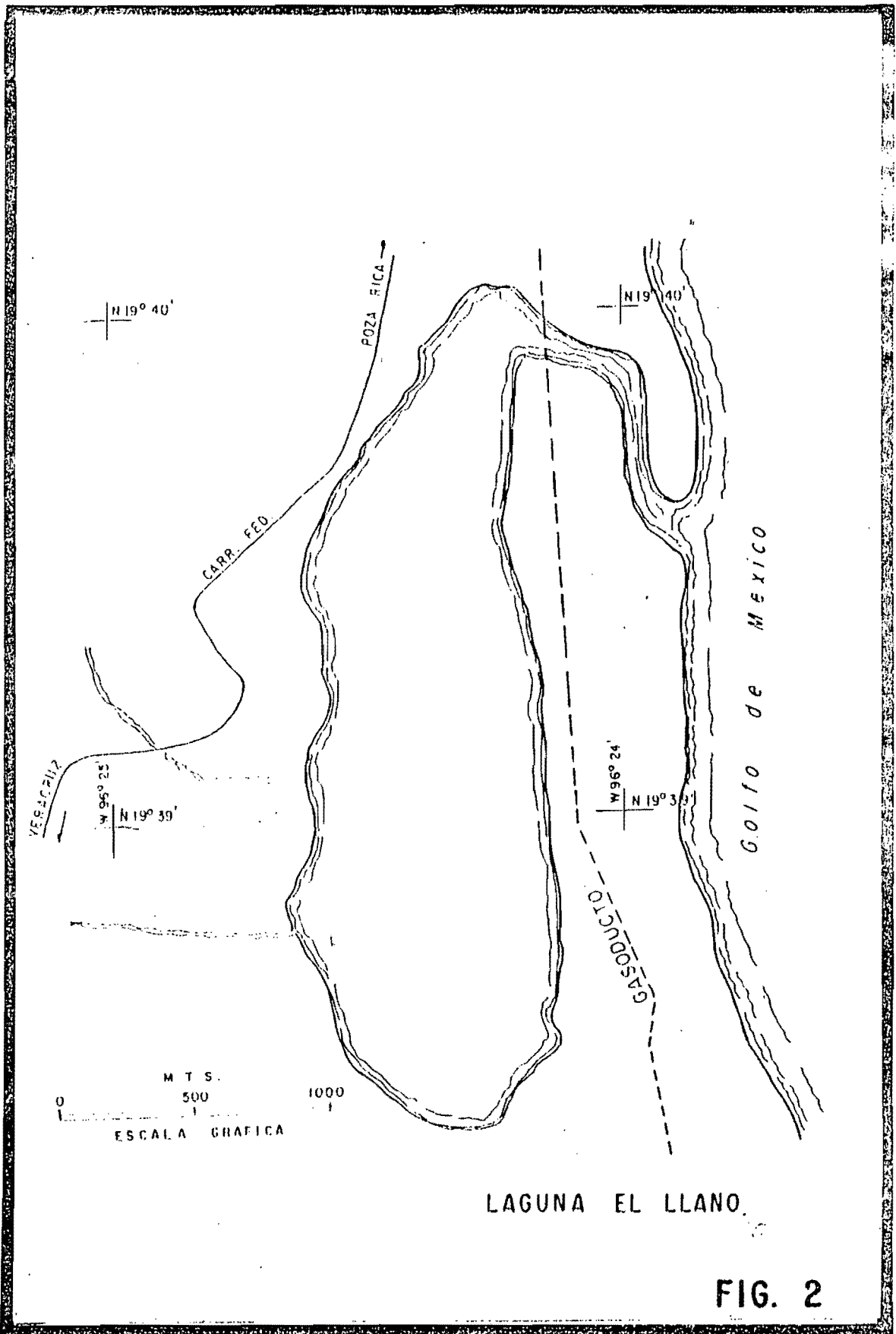
La Laguna "EL FARALLON" es de agua dulce sin contacto -- con el mar; la Laguna "VERDE", que prácticamente no tiene conexión con el mar, recibe agua salada sólo en temporadas de "nortes" cuando las olas sobrepasan la barra, - las tres restantes son mixohalinas, mezcla de agua salada y agua dulce.

La Laguna "EL LLANO" es mixohalina convirtiéndose a superhalina en tiempo de secas, se localiza a 10 km al Sur de la Planta Nucleoeléctrica "LAGUNA VERDE", su área promedio es de 262.5 Ha, su profundidad es variable alcanzando la máxima 1.70 m.

Temporalmente se comunica al mar por un canal semi-elíptico ubicado al Noreste de la laguna, por el que recibe aporte de agua salada y recibe agua dulce por escurrimientos pluviales de su cuenca.

La comunicación con el mar se logra cuando se abre en -- época de lluvias su barra arenosa, que es semipermanente (Fig. 2).

La Laguna "LA MANCHA" también es mixohalina con un área aproximada de 155 Ha, variando sus profundidades de 0.50 m a 2.00 m alcanzando hasta 5.00 m en la zona de arroyos éstos se localizan al Sur de la laguna y son los principales aportadores de agua pluvial, especialmente el llamado "CAÑO GRANDE". El agua marina llega por una barra arenosa que se abre en épocas de lluvias manteniendo un-

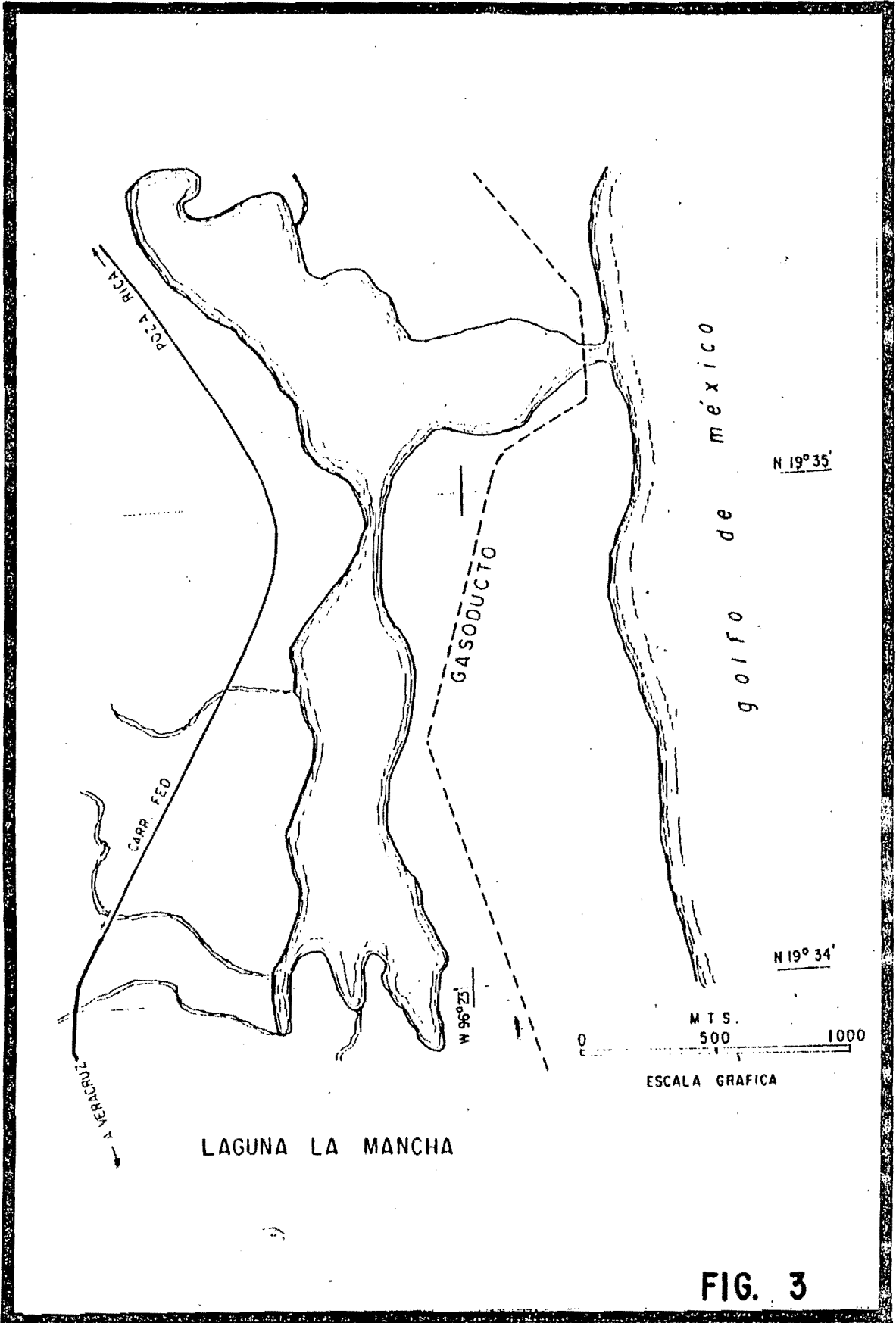


pequeño Eflujo en época de estiaje. (Fig. 3).

Ambas lagunas están clasificadas por el "REGLAMENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS" como Clase CI, agua adecuada para cultivo de mariscos de consumo directo, áreas de acuacultura y para todos los demás usos de Clase C. (Actividades Pesqueras). (1)

Entre la Laguna Verde y la Salada se encuentra la Central Nucleoeléctrica "LAGUNA VERDE", que descarga el agua de enfriamiento hacia la Laguna Salada; la población formada por los empleados y sus familiares de esta central está asentada en la margen Norte de la laguna El Farallón, sus aguas negras son tratadas eficazmente antes de ser arrojadas a la laguna, sin perjudicarla.

Desde el punto de vista ambiental el Complejo Lagunar fue estudiado previamente a la construcción del gasoducto, así, en la página 172 del trabajo "EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL GASODUCTO DE 48" CACTUS-MONTERREY" señala, en el tramo III "... pasando por la Laguna de La Mancha, la selva baja caducifolia, está limitada en gran parte por los médanos que son abundantes en esta Zona (RETAMA-NOVELO 1978)..." en la página 178 "... hacia fines de Junio la profundidad del agua es tan pequeña que los sedimentos están expuestos, sin embargo en épocas de lluvia puede llegar a tener unos 50 cm de profundidad (NOVELO-RETAMA 1978) y en página 201 "... en general la laguna es una albufera intermitente, mixohalina subtropi



LAGUNA LA MANCHA

FIG. 3

cal básica, en acelerado proceso de eutroficación..." (2)

Estos antecedentes muestran que la presencia del gasoducto no es determinante directo del azolvamiento; no obstante, al instalarlo sobre el lecho lacustre, quedó expuesto y fue involucrado como coadyuvante a ese proceso.

B) EL GASODUCTO DE 48" CACTUS-SAN FERNANDO

También conocido como Gasoducto de 48" CACTUS-LOS RAMONES fue construido entre 1978 y principios de 1979; se inicia en el Complejo Petroquímico de CACTUS-CHIAPAS, -- cruza gran parte de Tabasco, llega al Estado de Veracruz abasteciendo de gas natural a la zona de los complejos petroquímicos "PAJARITOS", "LA CANGREJERA", "MORELOS" y "COSOLEACAQUE", así como a la principal central de control filtrado, mezclado y distribución de petróleo crudo "NUEVO TEAPA".⁽³⁾

Continúa hacia el Norte paralelo a la costa del Golfo de México, abasteciendo a Veracruz y a la Ciudad Industrial Bruno Pagliai (antes Framboyanes); al llegar a la Estación "ZEMPOALA" alimenta a otro gasoducto de 48" que provee gas al Altiplano llegando a Santa Ana, Hgo.; más adelante se desprende un gasoducto de 24" de diámetro que va de PUNTA DE PIEDRA a la PETROQUIMICA POZA RICA y parte del gas es enviado también al Altiplano.

Al llegar a Tamaulipas alimenta las zonas industriales de Tampico, Ciudad Madero y Puerto Altamira, llegando --

hasta la Estación 17 "SAN FERNANDO", donde su diámetro - cambia a 42" hasta "LOS RAMONES", Nuevo León, interconectándose a gasoductos del Sistema Troncal Ductos Norte para proveer a las industrias de Monterrey y Petroquímica- de Cadereyta, Nuevo León.

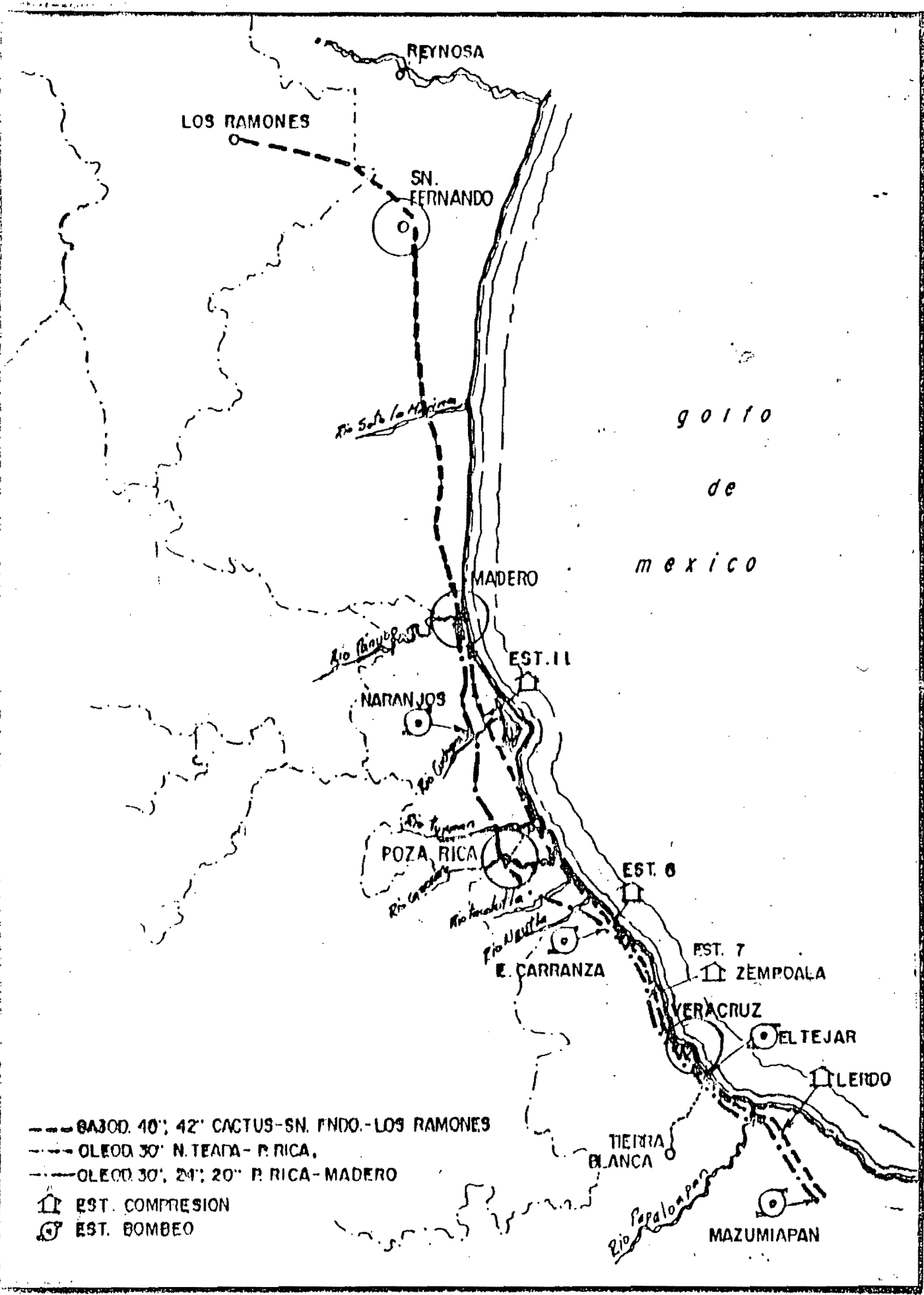
Este gasoducto está bajo la jurisdicción del Sistema --- Troncal Ductos Golfo, dependiente de la Subdirección de Producción Primaria de Petróleos Mexicanos, durante su - construcción fue conocido como Troncal Sistema Nacional- de Gas. (Fig. 4).

Algunos aspectos generales del gasoducto son:

Longitud Total de 48" diám. - - - - -	1106 Km
Presión Máxima de Operación - - - - -	84.5 Kg/cm ²
Gasto Promedio (Gas Natural) - - - - -	1450 MMPC/día
Capacidad Máxima - - - - -	1800 MMPC/día

<u>ESTACIONES DE RECOMPRESION</u>	<u>KM. EN EL DERECHO DE VIA</u>
1 Cárdenas	26 + 398
3 Chinameca	160 + 336
5 Lerdo	291 + 720
7 Zempoala	426 + 700

Las primeras estaciones trabajan con compresores Marca - Clark Modelo 7.5 PZ de 3600 RPM movidas con turbinas Ge- neral Electric Modelo LM-2500 de 27500 HP; la Estación - Zempoala utiliza compresores Cooper Bessemer Modelo RF - 28836 de 3600 RPM, también impulsados con turbinas Gene-



Golfo
de
Mexico

- 64300. 40"; 42" CACTUS-SN. FNDO.-LOS RAMONES
- OLEOD 30" N. TEADA- P. RICA,
- OLEOD 30"; 24"; 20" P. RICA-MADERO
- ⌘ EST. COMPRESION
- ⊙ EST. BOMBEO

Lo anterior originó trabajos de la Subcomisión de Protección Ecológica de la Comisión de Desarrollo de Zonas Petroleras (CODEZPET) de Veracruz, buscando soluciones a la situación del azolvamiento mediante estudios en conjunto, dictaminando que parte del azolvamiento era causado por el gasoducto en cuestión.⁽⁵⁾

Una de las premisas de la seguridad industrial señala -- que toda obra debe ser analizada desde el momento de su concepción por los especialistas de cada Rama de Ingeniería involucrada, buscando la eliminación o la reducción al mínimo posible, de los riesgos o peligros que pueda generar cada proyecto, y continuar con esa prevención en cada etapa del mismo; durante el diseño, su construcción pruebas y servicio.

En la etapa de su construcción, el gasoducto sufrió la falta de esa prevención al haberlo colocado en forma somera en toda esa zona, y superficial en el cruce de las lagunas, probablemente a causas de la premura que establecían las necesidades de entonces; ahora lo señalan como causante de un trastorno ecológico en esos lugares y no como la solución que es para otros problemas de alcance nacional.

Como complemento a los estudios de la CODEZPET, deben señalarse los efectuados por la Gerencia de Sistemas de Ductos mediante el diablo instrumentado.

Este equipo se corrió en el tramo de las lagunas La Mancha y El Llano en Diciembre de 1984 de la Estación 7 a la Estación 8 con una velocidad promedio de 9.5 Km/hr, efectuando el recorrido de 61.8 Kms, en 6 horas 30 min.

Desafortunadamente las señales que capta de la soldadura transversal puede ocultar señales de corrosión, por ello en aquellos casos donde reporten bastantes corrosiones presentes requiere revisarse por muestreos físicamente.

La Compañía⁽⁶⁾ que efectuó el estudio a Petróleos Mexicanos interpretó para este tramo, comprendido del Km 433 + 817 al Km 447+417 lo siguiente:

78 Posibles deformaciones físicas

1 Característica similar a corrosión

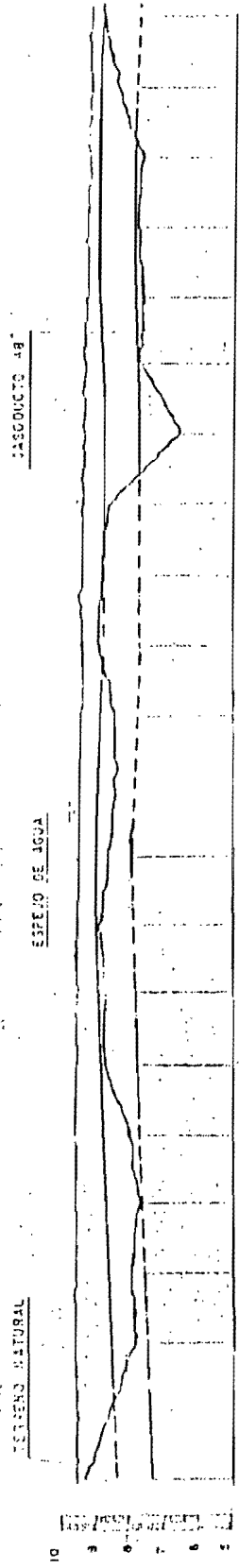
1 Posible te o tapón

1 Característica similar a corrosión que requiere investigar su causa exacta.

Otro estudio consistió en el levantamiento de perfiles topográficos del cruce del gasoducto en las dos lagunas en los años de 1984, 1987 y 1988 que muestran que el gasoducto se ha mantenido estable y las cotas del terreno junto al mismo no presentaron variación significativa. (Figs. 5 y 6).

D) ALTERNATIVAS QUE SE PROPONEN

Surgieron diversas propuestas tratando de encontrar solu

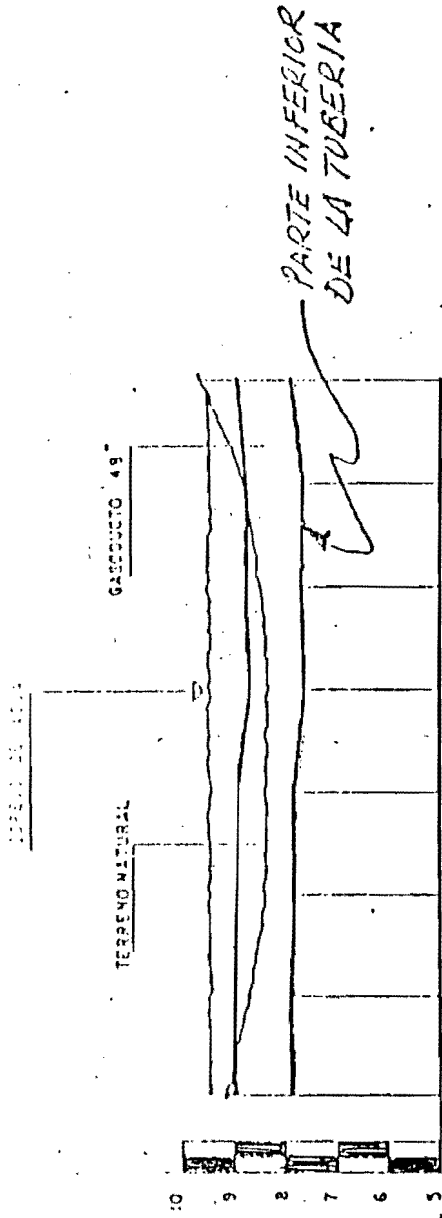


COTAS TUBO 46"	TERRENO NATURAL	KILOMETRO
8.50	8.54	4341500
8.58	8.59	4341520
8.50	7.94	4341540
8.60	7.04	4341560
8.70	7.74	4341580
8.80	8.00	4341600
8.50	8.76	4341620
9.00	8.82	4341640
9.00	8.89	4341660
9.00	8.65	4341680
8.50	8.46	4341700
8.50	8.50	4341720
8.80	8.90	4341740
8.70	8.95	4341760
8.80	8.71	4341780
8.70	8.54	4341800
8.80	7.76	4341820
8.90	8.69	4341840
8.90	8.87	4341860
9.00	8.76	4341880
9.00	8.70	4341900

TEMPERATURA 15.000
 ESCALAS (VERTICAL) 1:100

PERFIL DEL CRUZAMIENTO
 LAGUNA "LA MANCHA"

FIG.- 5



PARTE INFERIOR
DE LA TUBERIA

COTAS TUBO 48"	9.10	9.16	9.70	9.90	9.93	8.94	8.32	8.69	8.74	8.76	9.00
TERRENO NATURAL	9.16	8.70	8.32	8.94	8.32	8.76	8.32	8.69	8.49	8.76	9.55
KILOMETRO	444+000	444+020	444+040	444+060	444+080	444+100	444+120	444+140	444+160	444+180	444+200

Horizontal 1:1000
Vertical 1:100

ESCALAS

PERFIL DEL CRUZAMIENTO

PERFIL DEL CRUZAMIENTO GASODUCTO
48" CACTUS-SH FERNANDO EN LAGUNA
DEL LLANO DEL KM. 444+000 AL
KM. 444+140

ciones que satisficieran las necesidades de los pescadores, resultando tres grupos que las involucran:

- 1.- Actividades externas al gasoducto
- 2.- Profundizar el actual gasoducto en el cruzamiento
- 3.- Construcción de nuevo gasoducto en el cruzamiento

Estos grupos se analizan en los capítulos siguientes; se consideró la alternativa de dejarlo en su estado actual, pero no se estimó procedente su discusión en este trabajo por presentar aspectos socio-políticos que requieren puntos de vista de las mas altas autoridades.

E) LIMITANTES

Este trabajo no pretende resolver todos los aspectos que pudieran presentarse en el campo; como se manifiesta a lo largo de la descripción de cada alternativa, se requieren diversos estudios exhaustivos y cuidadosos, estadísticas y complementación de especialistas de diferentes ramas, cada solución demanda diferentes puntos de vista.

Como ejemplos podemos mencionar la mecánica de suelos, estadística del comportamiento de las barras en períodos de varios años, la hidrología, etc.

Además, aún al resolverse el problema del gasoducto, para la ecología del lugar, debiera tenerse el estudio de arrastre de sedimentos por escorrentías permanentes o

causadas por lluvia y establecer límites para la intromisión del hombre, casas habitación, pesca indiscriminada, actividad turística, etc.

Cualquiera que sea la alternativa que se aplique, todos los hombres que estén involucrados deberán estar convencidos de ejecutar su trabajo con la mejor calidad y máxima seguridad sin dañar al gasoducto ni al medio ambiente esto es aplicable a todo lo que implica riesgos.

CAPÍTULO II

DESCRIPCION DE ALTERNATIVAS

Como vimos, tenemos tres grupos que enmarcan las diferentes alternativas que pueden representar una solución, en este capítulo se describen sus generalidades, al final podremos además estimar algunas combinaciones que pueden hacerse con ellas; procederemos a presentarlas por grupo, así tenemos:

1.- ACTIVIDADES EXTERNAS AL GASODUCTO

Como primera instancia conviene revisar las propuestas de solución que no involucren movimientos del gasoducto considerando su enorme importancia para el País, sin de sestimar la necesidad de utilizar adecuadamente los recursos de las lagunas; estas pueden ser:

- 1.1 Contruir sifones invertidos
- 1.2 Construir canal con escolleras y dragar la bocana.
- 1.3 Construir nuevo canal

Debe tenerse presente que el fondo lacustre, por su condición de albúfera, está en su mayor parte al nivel o por arriba del nivel del mar, conservando su agua gracias al efecto de cierre natural de la barra.

1.1 Construir sifones invertidos

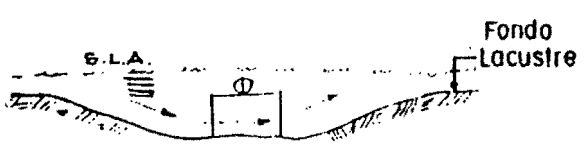
Aplicando esta propuesta, el fondo del sifón en su

parte central quedaría más bajo que el fondo de la laguna (Fig. 7a); ahora bien, tendría que considerarse que la arena arrastrada por el viento y los sedimentos por las escorrentías, principalmente -- por lluvia, son transportados en el movimiento de flujo y reflujo de mareas tendiendo a conservar un nivel uniforme en todo el fondo lacustre; los sifones por esa acción serían afectados en tiempo relativamente breve, requiriéndose una constante limpieza para asegurar su operación en forma regular.

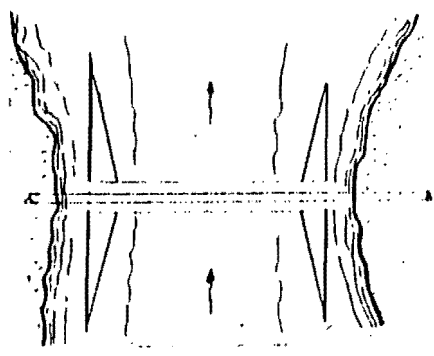
1.2 Construir canal con escolleras y dragar la bocana

En esta opción, las escolleras evitarían por un lado la entrada de las arenas que cierran las barras y por otro, permitirían, con un dragado adecuado, el libre flujo del agua al estero, formando un canal entre ellas cuya profundidad debe mantenerse de acuerdo a las necesidades. (Fig. 7b).

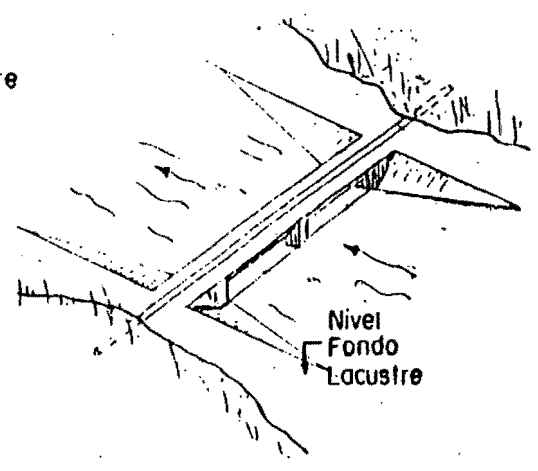
Se requiere un trabajo preciso de topografía y batimetría que permita conocer las curvas de nivel del estero, la laguna y el lado inmediato del mar; las alturas de las mareas que llegan a la barra en diferentes épocas, el flujo de agua dulce del continente hacia el mar; todo en combinación con estudios bióticos y sus necesidades, ya que aparentemente de abrirse en forma permanente la barra, se corre el riesgo de que se vacíe la laguna.



CORTE SECCIONAL

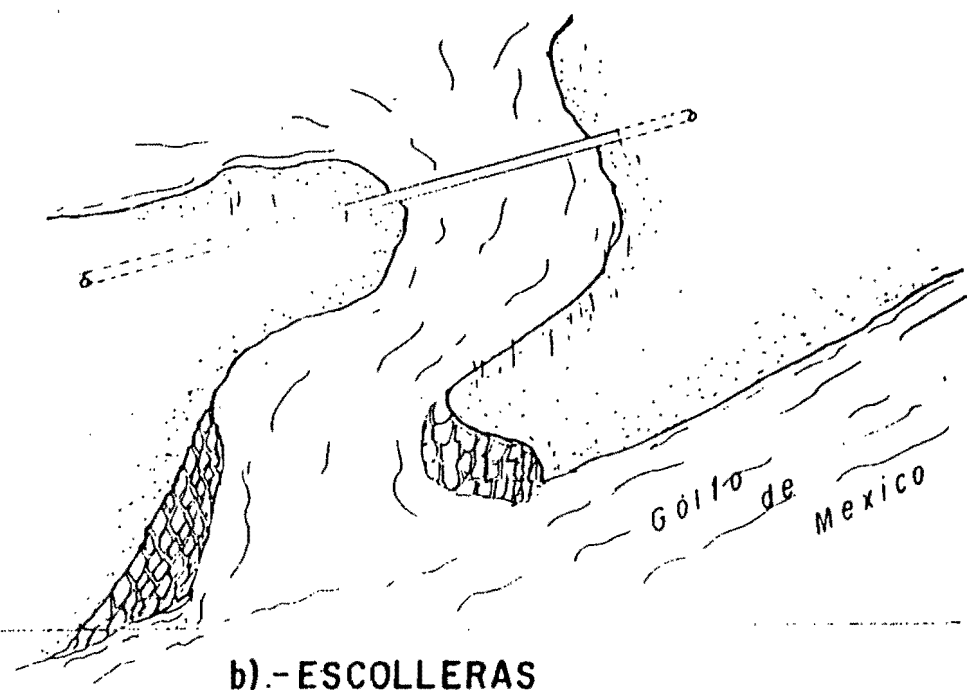


PLANTA



VISTA

a).- SIFONES INVERTIDOS



b).- ESCOLLERAS

FIG. 7

En la Laguna El Llano se requeriría un sistema de compuertas o esclusas que regularan el flujo, en La Mancha no sería tan drástica esta necesidad, pero persistiría la presencia del gasoducto y no se puede asegurar que se mejorarían las condiciones naturales como se espera.

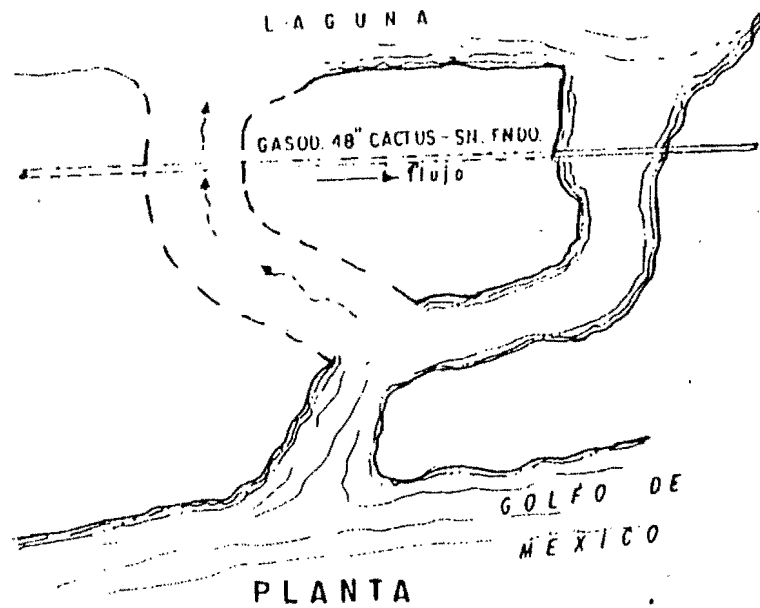
Las escolleras requieren poco mantenimiento, pero las compuertas o esclusas necesitarían personal para el control constante de operación y mantenimiento, con los riesgos inherentes del factor humano.

Además si los pescadores no obtienen los satisfactores que esperan, presionarían nuevamente en busca de otra solución.

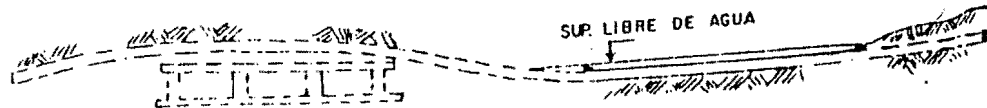
1.3 Contruir nuevo canal

Consiste en proporcionar una nueva localización a los esteros encontrando mediante sondeos y trabajo topográfico un punto en el derecho de vía del gasoducto, en el terreno firme, donde la rasante de éste tenga un nivel tan alto que permita que por debajo se pueda construir un canal de tales dimensiones que maneje el gasto requerido. (Fig. 8).

Nuevamente habrá que considerar estudios complementarios como los aspectos ecológicos, determinar si el tipo de suelo no presenta dificultades para la excavación; por ejemplo si fuera rocoso y requiriese



NUEVO CANAL DE FLUJO



CORTE

CONSTRUCCION DE UN NUEVO CANAL

FIG. 8

ra uso de dinamita o fuera pantanoso y no estable, habría que soportar adecuadamente el ducto y evitar el bufamiento del fondo del canal.

Se requiere prefijar la hidrología, la sedimentación, etc., cumplir con los niveles del fondo que exija el estero y determinar si se dependerá de la barra actual o habría necesidad de establecer una nueva bocana, para la cual habría que agregar el estudio del movimiento de dunas, y la construcción probable de escolleras.

2.- PROFUNDIZAR EL GASODUCTO EN EL CRUZAMIENTO

El profundizar el gasoducto significa ejecutar una excavación paralela al mismo, de ser posible debajo, de manera que se pueda bajar y depositar a una profundidad tal que permita que por arriba se restablezca el flujo libre de mareas en el estero.

La profundización puede hacerse por cualquiera de los siguientes procedimientos:

- 2.1 Suspendiendo el servicio y desfogando el tramo.
- 2.2 Restringiendo el servicio
 - III.2 a) Mediante by pass local
 - III.2 b) Mediante by pass operacional
- 2.3 Sin suspender el servicio

2.4 Utilizando bache de gas inerte.

En los dos primeros se presupone la necesidad de ejecutar -- cortes, bajar y reconectar; en el tercero se pretende bajar el ducto sin necesidad de cortarlo; el cuarto puede adoptarse como premisa para garantizar mayor seguridad y combinarlo con cualquiera de los anteriores. Se trata de aprovechar el ducto actual, sin embargo es necesaria una inspección que -- comprenda los aspectos que se muestran en el Anexo A como mí nimo; del resultado se jerarquizarán y resolverán las necesi dades de rehabilitación; una vez resueltas y con la zanja -- preparada, el gasoducto podrá bajarse al nivel que se desee, con las limitantes físicas de cada caso.

2.1 Suspendiendo el servicio y desfogando el tramo

Para bajar el gasoducto se requiere previamente consi -- derar las necesidades de consumo de las industrias del - Norte, antes de suspender el servicio; su costo está --- afectado por el desfogue del tramo y el transporte dife- rido de gas, además del costo del trabajo de corte, baja do y reconectado del ducto.

2.2 Restringiendo el Servicio

2.2.1 Restringiendo el servicio mediante by pass local.

Esta solución implica la utilización de stopples - con by pass de modo que equivale a la anterior per mitiendo en cambio continuar el transporte de gas-

en volumen restringido en tanto se ejecuta el trabajo, su costo se ve afectado por el desperdicio obligado de gas por el desfogue del tramo y por la instalación del equipo especial y el by pass.

2.2.b Restringiendo el servicio mediante by pass -- operacional.

La red nacional de gasoductos tiene conexión con el gasoducto de 48" Cactus-San Fernando en diversos puntos; esta propuesta requiere la revisión de esas conexiones y la posibilidad de transportar el gas a través de ellas, por ejemplo; de la Estación 4 "Juan Díaz Cobarrubias" a Venta de Carpio y de Venta de Carpio en sentido inverso a Punta de Piedra, para continuar abasteciendo las industrias del Norte de la República, esto permitiría aislar el tramo que nos ocupa y trabajar en él, ya sea cortándolo, bajándolo y reconectándolo como las propuestas anteriores o bien aplicando la propuesta siguiente.

2.3 Profundizar el gasoducto sin suspender el servicio

Esta solución, entre las propuestas que involucran manipular el gasoducto, es la más rápida y de menor costo; se requiere para ello disminuir la presión de operación a un grado que no ocasiona esfuerzos indeseables durante la operación, debiendo requerir suficiente equipo de trabajo que se opere en forma coordinada y cuidadosa, como se describe en el Anexo

CAPÍTULO III

SELECCIÓN, PROPUESTAS Y ANÁLISIS

Habiendo visto a grandes rasgos las posibles soluciones, conviene establecer su comparación con parámetros que correspondan muy cerca a la realidad, ya que por premura de tiempo no me fue posible recoger toda la información que involucran; de ahí se seleccionaron las propuestas; por lo que me permití:

- 1.- CALIFICAR LOS PARAMETROS CONSIDERANDO QUE AQUELLOS DE MAYOR VENTAJA MEREZCAN CALIFICACION ALTA, LA QUE IRA DISMINUYENDO CONFORME BAJE SU ACEPTABILIDAD; ASI TENEMOS PARA:

ACEPTABILIDAD MUY ALTA	5
ACEPTABILIDAD ALTA	4
ACEPTABILIDAD REGULAR	3
ACEPTABILIDAD BAJA	2
INACEPTABLE	1

- 2.- SELECCIONAR LAS CUATRO OPCIONES MAS VIABLES DE APLICAR.

- 3.- DETALLAR CADA UNA DE ESTAS, PARA QUE EN EL EVENTO DE NO PODER APLICAR LA DE MAYORES VENTAJAS, POR OBSTACULOS NO PREVISTOS, SE CUENTE CON OTRAS DE INMEDIATO.

Para lo anterior se desarrolló el cuadro de la Figura 9, de ese cuadro comparativo resultaron como más aceptables las alternativas que se refieren a trabajos externos al gasoducto, sin embargo las dos primeras son inaceptables por ser soluciones temporales, por ello quedan como propuestas factibles de aplicar, en orden de calificación.

- 1.- Construcción de nuevo canal
- 2.- Profundizar sin suspender el servicio
- 3.- Profundizar con bache de gas inerte
- 4.- Profundizar mediante by pass operacional

B; el ducto deberá bajarse como mínimo al nivel que permita que por arriba de la corona quede el nivel del fondo del estero y permita el flujo libre de -- aguas.

2.4 Profundizar mediante bache de gas inerte

Esta opción es adecuada para utilizarse en combinación con cualquiera de las anteriores de este grupo consiste en situar un bache de gas inerte entre la Estación 7 y la Válvula #6 ("EL PLATANAR"), de manera que al parar la operación del gasoducto, si se - ejecutan cortes no se tenga presencia de mezclas ex plosivas; o bien, si se baja sin cortar implicaría únicamente el tiempo necesario para las operaciones de paro, bajado, arranque del gasoducto y expulsión del gas inerte. Este tiempo es la diferencia con -- respecto a la alternativa anterior 2.3 "PROFUNDIZA-CION SIN SUSPENDER EL SERVICIO", donde sólo se res-tringe la presión; requiere en cualquier caso la -- aplicación de las medidas de seguridad correspon -- dientes.

3.- CONSTRUIR NUEVO CRUZAMIENTO

La construcción de un nuevo cruzamiento con tubería de 48", lastrada, implica ejecutar todos los trabajos mos-trados en el Anexo C; Petróleos Mexicanos elaboró un es tudio en este sentido donde se estimó el desfogue del -

tramo de 37.8 Km con una pérdida de gas por valor aproximado a 638'700,000 M.N.; con reducción del transporte, instalación de tubería nueva, ingeniería, mano de obra y equipo estimado a precios de Febrero de 1988 de cerca de 890'000,000 M.N. significando un costo total aproximado de 1530'000,000 M.N., erogación muy considerable que afecta a estas alternativas.

Una vez instalado el nuevo cruzamiento, se requiere la interconexión al gasoducto en servicio, para posteriormente retirar el tramo que está creando la interferencia.

Para ejecutar la interconexión se puede seguir cualquiera de estos procedimientos:

- 3.1 Suspendiendo el servicio, desfogando el tramo
- 3.2 Suspendiendo el servicio, mediante stopples
- 3.3 Con servicio restringido, mediante by pass

En la propuesta 3.1.- Petróleos Mexicanos estimó la necesidad de disponer de 53 horas para la ejecución de la interconexión considerando una disponibilidad de gas de empaque necesario para atender las demandas de la industria del Norte.

En la propuesta 3.2.- suspender el servicio y efectuar la interconexión con uso de stopples equivale a la propuesta anterior con la salvedad de ser menor el tramo a

desfogar con tiempo de ejecución estimado en 40 horas, pero habría que comparar el costo de la instalación especial del producto perdido, y el transporte diferido para definir su ventaja sobre aquella.

En la propuesta 3.3.- Interconectar con el servicio restringido mediante by pass, tiene la ventaja sobre los anteriores que el servicio permite un mayor tiempo disponible para desfogar el tramo, cortar extremos, interconectar y retirar stopples; no obstante, sigue limitado por el alto costo de la tubería nueva, los equipos especiales, las conexiones que ahí permanecerían; agregándosele el costo del trabajo de instalar y desmantelar la tubería de menor diámetro que serviría de by pass.

CAPÍTULO III

SELECCIÓN, PROPUESTAS Y ANÁLISIS

Habiendo visto a grandes rasgos las posibles soluciones, conviene establecer su comparación con parámetros que correspondan muy cerca a la realidad, ya que por premura de tiempo no me fue posible recoger toda la información que involucran; de ahí se seleccionaron las propuestas; por lo que me permitió:

- 1.- CALIFICAR LOS PARAMETROS CONSIDERANDO QUE AQUELLOS DE MAYOR VENTAJA MERECE CALIFICACION ALTA, LA QUE IRA DISMINUYENDO CONFORME BAJE SU ACEPTABILIDAD; ASI TENEMOS PARA:

ACEPTABILIDAD MUY ALTA	5
ACEPTABILIDAD ALTA	4
ACEPTABILIDAD REGULAR	3
ACEPTABILIDAD BAJA	2
INACEPTABLE	1

- 2.- SELECCIONAR LAS CUATRO OPCIONES MAS VIABLES DE APLICAR.
- 3.- DETALLAR CADA UNA DE ESTAS, PARA QUE EN EL EVENTO DE NO PODER APLICAR LA DE MAYORES VENTAJAS, POR OBSTACULOS NO PREVISTOS, SE CUENTE CON OTRAS DE INMEDIATO.

Para lo anterior se desarrolló el cuadro de la Figura 9, de ese cuadro comparativo resultaron como más aceptables las alternativas que se refieren a trabajos externos al gasoducto, sin embargo las dos primeras son inaceptables por ser soluciones temporales, por ello quedan como propuestas factibles de aplicar, en orden de calificación.

- 1.- Construcción de nuevo canal
- 2.- Profundizar sin suspender el servicio
- 3.- Profundizar con bache de gas inerte
- 4.- Profundizar mediante by pass operacional

FIGURA 9.- CUADRO COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS.

ALTERNATIVA	CONCEPTOS					CALIFICACION				
	RIESGO	TIEMPO	PERSONAL	EQ. ESPEC.	PER. PRODUC.	COSTO	ACEPTACION	PERMANENCIA	SELECCION	JERARQUIA APLICACION
1.- TRABAJOS EXTERNOS										
1.1 Sifón Invertido	4	4	4	4	5	5	26	1		
1.2 Escolleras	5	4	2	3	5	3	22	1		
1.3 Nuevo Canal	4	4	4	4	5	4	<u>25</u>	<u>5</u>	SI	1°
2.- PROFUNDIZAR GASODUCTO										
2.1 Desfogar Tramo	3	2	3	4	2	3	17	5		
2.2a By Pass Local	2	3	2	3	2	3	15	5		
2.2b By Pass Operacional	3	3	3	4	2	3	<u>18</u>	<u>5</u>	SI	4°
2.3 Sin Suspender Servicio	2	4	3	4	5	4	<u>22</u>	<u>5</u>	SI	2°
2.4 Con Bache de Gas Inerte	3	4	3	4	3	3	<u>20</u>	<u>5</u>	SI	3°
3.- NUEVO GASODUCTO										
3.1 Desfogar Tramo	3	2	3	3	2	2	15	5		
3.2 Desfogar Tramo y Stopples	2	2	2	2	2	1	11	5		
3.3 Mediante By Pass	2	3	3	2	2	2	14	5		

INACEPTABLE 1
 ACEPTACION BAJA 2
 ACEPTACION REGULAR 3
 ACEPTACION ALTA 4
 ACEPTACION MUY ALTA 5

PROPUESTA No. 1.- Construir Nuevo Canal

Como se describió, éste consiste en localizar un punto en el derecho de vía del gasoducto donde se pueda construir un canal por debajo del mismo con el área hidráulica necesaria respetando los niveles del fondo lacustre, requiriéndose:

- 1.- Levantamiento topográfico y batimétrico
- 2.- Sondeo y perfil de la rasante del gasoducto y de estos.
- 3.- Mecánica de suelos o como mínimo pruebas de compactabilidad y resistencia.
- 4.- Analizar la conveniencia de mantener abierta la barra con escolleras de piedra.
- 5.- Hidrología de la Cuenca, etc.

El procedimiento que se sugiere es ejecutar la excavación por los medios conocidos debiendo cumplirse, al llegar al derecho de vía, con los requerimientos de seguridad de Petróleos Mexicanos señalados en la Norma A-VIII-1. "REQUISITOS MINIMOS DE SEGURIDAD PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION, MANTENIMIENTO E INSPECCION DE TUBERIAS DE TRANSPORTE".

La excavación cercana o debajo del gasoducto deberá ser con herramienta manual sin dañar al ducto ni a su protección mecánica, los claros entre apoyos no deberán causar esfuerzos adicionales. Para ello se presenta el cálculo correspondiente, que será útil también en la Propuesta No. 2.

CALCULO DE LONGITUD ADMISIBLE ENTRE APOYOS

DATOS: Tipo de Localización	Clase I
Producto que Transporta	Gas Natural
Diámetro Nominal	48"
Espesor de Pared	0.625"
Peso de Tubo Descubierta	316.23 lb/pie
*Peso de Lastre	623.96 lb/pie
Peso de Gas Natural	24.59 lb/pie
Peso Total	964.78 lb/pie
Especificación del Tubo	5 L X-X65

Considerando como el esfuerzo admisible por flexión el 50% del esfuerzo mínimo a la cedencia especificado (ECME) para la pared del tubo.

$$S_a = 0.5 \times 65000 = 32500 \text{ lb/pie} \quad (1)$$

y aplicando (7):

$$S_a = \frac{(0.5 W L_s^2 + 0.75 W_f L_s) D_o}{I}$$

donde:

- W = carga uniformemente distribuida (Lb/pie)
- W_f = carga concentrada al centro del claro (lb)
- L_s = longitud entre soportes (pie)
- D_o = diámetro exterior del tubo (pg)
- I = momento de inercia (pg⁴)

En nuestro caso no tenemos carga concentrada, por tanto,

$$S_a = \frac{0.5 D_o W L_s^2}{I}$$

- * El lastre considerado es de concreto ciclópeo.
Requiere ajuste para concreto con viruta de hierro.

Despejando:

$$L_s = \left(\frac{S_a I}{0.5 D.W.} \right)^{0.5}$$

Siendo:

$$I = 0.0491 (D_o^4 - D_i^4) = 0.0491 (48^4 - 46.75^4) = 26108.07 \text{ pg}^4$$

Entonces:

$$L_s = \left(\frac{32500 \times 26108.07}{24 \times 965} \right)^{0.5} = 36637 = 191.4 \text{ pies} \quad (2)$$

En el Sistema Métrico $L_s = 58 \text{ m}$.

La máxima deflexión que se presentaría al centro del claro resulta:

$$y = \frac{4.5 W L_s + 9 W_f L_s^3}{E I}$$

Donde:

y = máxima deflexión (Pg)

E = módulo de elasticidad del material (Psi) para acero $E = 30 \times 10^6$.

Como no tenemos carga concentrada: ($W_f = 0$)

$$y = \frac{4.5 W L_s^4}{E I} = \frac{4.5 \times 965 \times (191.4)^4}{30 \times 10^6 \times 26108} = 7.44''$$

$$y = 7.44 \text{ pg} \quad (3)$$

Reduciendo el claro:

$$L_s = 100' = (30.48 \text{ m}) \quad (4)$$

$$y = \frac{4.5 \times 965 \times (100)^4}{30 \times 10^6 \times 26108} = 0.6'' \quad (5)$$

Esta deflexión nos produce el esfuerzo siguiente:

$$S = \frac{0.5 D_o W L_s^2}{I} = \frac{24 \times 965 \times (100)^2}{26108}$$

$$s = 8871 \text{ Lb/pg}^2 \quad (6)$$

Podemos por lo tanto permitir claros entre apoyos que vayan de 100' a 191'. (30 m a 58 m) sabiendo que el tubo tendrá esfuerzos por abajo del 50% de su ECME.

Si consideramos que el gasto necesario fuera de 120 m³/seg, y que la velocidad de escurrimiento de 1 m/seg, podríamos establecer una área hidráulica,

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{120}{1} = 120 \text{ M}^2$$

Con cuatro claros de 30 m y profundidades de 1.00 a 1.50 m se podría resolver la necesidad del canal bajo el ducto.

Este último cálculo requiere la estadística de escurrimientos correspondiente y considerar las pérdidas de carga que se presentarían; así como cumplir con las exigencias que nos presente el campo, mediante los estudios que se mencionan al principio y aquellos otros que se requieran.

La pendiente del canal del nuevo estero, su ancho y los taludes que necesite serán también en función a la longitud que resulte y al área hidráulica mínima y máxima que se establezca.

Donde:

P = presión máxima admisible (Psi)

s = esfuerzo de cedencia mínimo especificado (Psi)

t = espesor de la pared del tubo (pulg)

D = diámetro nominal (pulg)

$$P = \frac{65000 \times 0.625}{48} = 846.35 \text{ Psi} \quad (10)$$

Por otro lado si para los esfuerzos longitudinales combinados con cargas muertas, esfuerzos térmicos y presión interna (excepto torsión), seguimos considerando el 50% del E.C. M.E., como vimos en la sección anterior.

$$S_A = 0.5 \times 65000 = 32500 \text{ Psi} \quad (1)$$

Calcularemos el radio mínimo de curvatura que puede hacerse sin exceder este esfuerzo.

$$R = \frac{3 E I}{2 Z S}$$

Donde:

E = módulo de elasticidad (Psi)

I = momento de inercia de la sección (pg^4)

Z = módulo de sección (pg^3)

S_A = esfuerzo admisible (Psi)

Conocemos:

$$E = 30 \times 10^6 \text{ (Psi)}$$

$$I = 0.0491 (D_o^4 - D_i^4) = 26108 \text{ (Pg}^4)$$

$$Z = \frac{0.0982 (D_o^4 - D_i^4)}{D} = \frac{0.982 (48^4 - 46.75^4)}{48} =$$

$$Z = 1088 \text{ Pg}^3 \quad (11)$$

Entonces:

$$R = \frac{3 \times 30 \times 10^6 \times 26108}{2 \times 1088 \times 32500} = 33226 \text{ Pg}$$

$$R = \frac{33226}{12} = 2769 \text{ pies (844 m)} \quad (12)$$

Para conocer la longitud del arco que nos permite este radio, utilizaremos las fórmulas de topografía que se muestran en la Fig. 10 (9) (9)

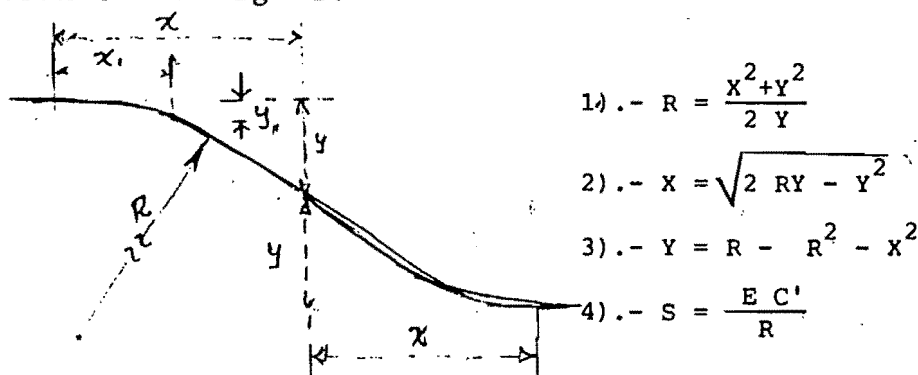


FIG. 10.- PERFIL DEL DUCTO CON RADIO DE CURVATURA.

Donde: R = radio de curvatura (pie)
 x = distancia horizontal (pie)
 y = altura desde la horizontal de la deflexión (pie)
 s = esfuerzo de flexión (Psi)
 c' = un medio de diámetro del tubo (Pg)

El esfuerzo por deflexión es:

$$s = \frac{E C'}{R} = \frac{30 \times 10^6 \times 24}{33226} = 21670 \text{ Psi} \quad (13)$$

Esfuerzo menor que el admisible que consideramos:

$$SA = 32500 \text{ Psi} \quad (1)$$

Como requerimos para nuestro tubo:

$$2Y = 6' , \quad Y = 3'$$

Entonces:

$$x = \sqrt{2RY - Y^2}$$

$$x = \sqrt{2 \times 2769 \times 3 - 9}$$

$$x = 129' \quad (14)$$

Significa que para bajar 3' de deflexión del tubo se requiere una distancia horizontal que podemos fijar en 129' (39.32 m). La longitud total ^{de cruzamiento bajando} ~~para bajar~~ los 6' que se necesitan será:

$$L = 4x + L_H$$

Para la Laguna La Mancha:

$$L_H = 820' \quad (250 \text{ m})$$

Para El Llano

$$L_H = 440' \quad (134.1 \text{ m})$$

Quedando:

$$L_M = 4 \times 129 + 820$$

$$L_M = 516 + 820$$

$$L_M = 1336 \text{ pies} \quad (407.3 \text{ m}) \quad (15)$$

y:

$$L_L = 4 \times 129 + 440$$

$$L_L = 516 + 440$$

$$L_L = 956 \text{ pies} \quad (291.4 \text{ m}) \quad (16)$$

Calculamos ahora la longitud de arco:

$$L_{ARC} = \frac{\pi R \theta}{180}$$

Siendo:

$$\theta = \frac{\text{Sen}^{-1} X}{R}$$

Como:

$$X = 129' \quad y \quad R = 2769'$$

$$\theta = \frac{\text{Sen}^{-1} 129}{2769}$$

$$\theta = 2.6702^\circ$$

Entonces:

$$L_{\text{ARC}} = \frac{3.1416 \times 2769 \times 2.6702}{180} = 129.047$$

$$L_{\text{ARC}} = 129.047 \text{ pies} \quad (17)$$

La nueva longitud en la posición final del tubo aumenta ---
 $4 \times 0.047 = 0.188$ pies en cada cruzamiento, o sea:

en La Mancha 407.37 m

en El Llano 291.65 m

Calculando el coeficiente de elongación:

$$C = \frac{\Delta L}{L} = \frac{129.047 - 129}{129} = \frac{0.047}{129} = 0.00036$$

$$C = 0.00036$$

El esfuerzo longitudinal resulta:

$$E = \frac{S_L}{C}; \quad S_L = EC$$

$$S_L = 30 \times 10^6 \times 0.00036$$

$$S_L = 10930 \text{ Psi} \quad (18)$$

Comparándolo con el que resulta por presión interna se tiene con la expresión ⁽⁸⁾ :

$$\sigma = \frac{\nu^2 P D}{2 t}$$

Donde:

σ = esfuerzo longitudinal por presión interna (Psi)

ν = coeficiente de contracción lateral (relación de Poisson para el acero $\nu = 0.30$.

(10)

Así:

$$\sigma = \frac{0.30 \times 846 \times 48}{2 \times 0.625}$$

$$\sigma = 9746 \text{ Psi} \quad (19)$$

O bien con la expresión (7)

$$SLP = \frac{PD}{4 t} = \frac{846 \times 48}{4 \times 0.625}$$

$$SLP = 16243 \text{ Psi} \quad (20)$$

La primera expresión está afectada por la relación de Poisson que dá un límite de seguridad del 70% con respecto al esfuerzo circunferencial provocado por la presión interna; la segunda dá como límite el 50% de ese esfuerzo.

La suma de esos esfuerzos ^{debe} quedar por abajo del 75% del esfuerzo admisible que recomienda la ANSI/ASME B 31.8 (1986) en su Párrafo 833.4.

Nuestro esfuerzo admisible que establecimos fue de:

$$S_a = 32500 \text{ Psi};$$

el 75% del mismo es 24375 Psi; la suma de (18) + (20):

$$S_L + S_{LP} = 10963 + 16243 = 27206$$

Resulta:

$$27206 > 24375 \quad (21)$$

Por lo que debemos reducir la presión interna.

Si hacemos:

$$P = 600 \text{ Psi}$$

$$S_{LP} = \frac{PD}{4t} = \frac{600 \times 48}{4 \times 0.625} = 11520 \text{ Psi}$$

Que sumado con el esfuerzo longitudinal por elongación resulta:

$$S_L + S_{LP} = 10963 + 11520 = 22483 \text{ Psi} < 24375 \text{ Psi}$$

Habiendo considerado el esfuerzo longitudinal mayor por presión interna sumándolo con el esfuerzo longitudinal causado por la elongación no llegan al 75% del esfuerzo admisible. Por tanto la presión de trabajo durante el bajado no deberá exceder de 600 Psi. (22)

Los riesgos mayores del bajado del tubo se encuentran en el momento de su manipulación, por lo que se requiere efectuar un plan de trabajo que contemple programas bien definidos como el procedimiento que se sugiere en el Anexo B.

En nuestro caso debemos considerar necesario un levantamiento topográfico que nos permita determinar en planta las deflexiones horizontales y en perfil las deflexiones verticales que tiene el ducto, antes de efectuar cualquier movimiento con él, esto nos permitirá disponer de longitud de

tubería para compensar la elongación que sufrirá con el movimiento de bajado y ayudará a eliminar o reducir la presencia del esfuerzo que por cálculo resulte.

Resumiendo los datos para su aplicación al campo tenemos:

Tipo de Localización	Clase I
Producto que transporta	Gas natural
Diámetro nominal	48"
Espesor de Pared	0.625"
* Peso de tubo con lastre	964.78 lb/pié
Especificación	API 5LX - X65
Presión de Operación máxima admisible	600 Psi
Esfuerzo admisible en la pared del tubo durante el bajado.	$S_a = 32500$ Psi
Claro máximo entre apoyos	$L = 191.4'$ (53 m)
Máxima deflexión al centro	$y = 7.44''$
Claro propuesto para operación de bajado	$L_s = 100'$ (30.48 m)
Deflexión al centro	$y = 0.6''$
Profundidad propuesta para bajado del tubo	$2y = 6'$ (1.83 m)
Longitud horizontal para bajar $y = 3'$	$x = 129'$ (39.32 m)
Por comodidad puede establecerse	$x = 131.23'$ (40 m)
Longitud total para cruzamiento en Laguna La Mancha. (Considerando las deflexiones)	$LM = 1336'$ (407.22 m)

En Laguna El Llano	$L_{LL} = 956' (291.39 \text{ m})$
Elongación del tubo por cada deflexión	$\Delta L = 0.047'$
Elongación parcial	
Laguna La Mancha	$L_M = 1336.188' (407.27 \text{ m})$
Laguna El Llano	$L_{LL} = 956.188' (291.45 \text{ m})$
Elongación total por bajado	$L_T = 0.376' (0.115 \text{ m})$
Esfuerzo longitudinal por elongacion	$S_L = 10930 \text{ Psi}$
Esfuerzo longitudinal por presión interna.	$S_{LP} = 11520 \text{ Psi}$

PROPUESTA No. 3

Profundizar el Gasoducto utilizando Bache de Gas Inerte

El bache de gas inerte, podemos considerar nitrógeno, debe quedar situado entre la Estación 7 (Zempoala) y La Válvula No. 6 del gasoducto ("EL PLATANAR"), esto aseguraría que no habría presencia de gas natural en el tramo que nos ocupa - el bache debe considerarse suficiente para contenerse, como mínimo, 2 kilómetros antes y 2 kilómetros después de los -- puntos de bloqueo, por lo que para nuestro caso se requeriría un empaque aproximado de 100 mmpc.

No obstante, como el nitrógeno puede inyectarse en la Estación 7 (Km 424+317) se tendría la certeza de que nuestro -- tramo estaría neutralizado de posibles mezclas explosivas y que el gas natural sería desplazado desde aquella hasta el kilómetro 466+500 (2 km adelante de la Válvula No. 6) y no -- requeriría gas inerte dos kilómetros atrás de la Estación.

Para situar el bache se procedería enviando un diablo desde la Estación 7, impulsado por el nitrógeno, con los movimientos operativos necesarios para bloquear y/o desviar el flujo del gas natural; cuando el volumen inyectado haya llegado al calculado, y con ayuda de la detección en el campo, -- principalmente cuando cruce la válvula de seccionamiento -- No. 6 se puede establecer la posición final del diablo; quedando entrampado el nitrógeno entre la Estación 7 y este -- punto, cerrándose para mayor seguridad la Estación y la vál

vula.

Mientras se ejecutan los trabajos de bajado y posicionamiento del gasoducto en las lagunas, por el procedimiento que se hubiera elegido, en la Estación 7 se prepara otro diablo para ser lanzado al terminarse dichos trabajos; cuando esto sucede, se abre la válvula de seccionamiento No. 6; se lanza este segundo diablo; se abre el flujo de la Estación 7 y se prepara la recepción del primer diablo en la Estación 8- "E. CARRANZA".

Cuando el diablo está aproximadamente a 500 m de la estación, se abre el desfogue y se desvía el flujo a través de la cubeta de recibo; al entramparse el diablo, se desfoga el nitrógeno hasta que llega al segundo diablo; volviéndose a restituir la operación normal del gasoducto.

El tiempo de inyección y de desfogue debe calcularse en función de la demanda de gas natural de las industrias del norte. Si consideramos que pudiera inyectarse el volumen y presión similar al que se tuvo para la corrida del diablo instrumentado, la velocidad de desplazamiento sería de 9.5 km/hora, significará un tiempo aproximado de 4 horas 12 minutos para el llenado de esos 40 kilómetros; hay que agregar el tiempo de barrido después de los trabajos que sería el del recorrido del segundo diablo hasta la Estación 8 (61.8-km) que puede estimarse en 6 horas treinta minutos si se continúa con la diferencial de presiones que da la veloci-

dad señalada.

Por lo anterior el tiempo total sería de 10 horas y 45 minutos; se insiste, si es que el equipo de inyección de nitrógeno puede dar las condiciones requeridas y mantenerlas para la primera fase; podría asimismo, pensarse en la posible recuperación del nitrógeno al llegar a la Estación 8 (de acuerdo al estudio técnico-económico correspondiente).

CAPÍTULO IV

CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

Como quedó demostrado, la mejor solución consiste en construir un nuevo canal que sustituya el actual estero; si resulta posible su construcción, por las condiciones favorables encontradas en el campo, tendremos resuelto el problema sin maniobrar con el gasoducto.

La solución en forma más amplia puede incluir construcción de dársenas y escolleras. Todo dependerá de los estudios complementarios.

Dado el caso de que esta solución no pudiera aplicarse, se expusieron y se cuenta con las soluciones de profundización del gasoducto; pudiendo escogerse entre ejecutarlo en operación, cumpliendo la exigencia de que su presión interna no rebase 600# Psi (42 kg/cm^2), y con las recomendaciones mostradas en el Anexo B; o bien, semi-vacío con by pass a través de la red nacional o con bache de gas inerte; en estos últimos la diferencia consistirá en la factibilidad de aplicación y su costo.

En todos los casos, recomendaría a todos los que intervendrán, en el lugar o en otro sitio que de alguna manera puedan interferir el trabajo, realizar reuniones previas a la ejecución para conseguir el aseguramiento de que todos con

cen a fondo lo que van a realizar, dada la importancia y al cance de la obra.

Conviene reiterar tener presente las acciones que deben considerarse de acuerdo al Manual de Procedimientos de Emergencia para Tuberías de Transporte, tanto desde el punto de -- vista de Operación, como el de Mantenimiento y el de Seguridad; asimismo lo aplicable del Plan General de Seguridad -- del Sistema Troncal.

La seguridad es premisa en todas las áreas de la ingeniería por ello, la autoridad de mayor jerarquía en cada área debe responsabilizarse de la práctica adecuada de acciones en ca da paso del proceso que se escoja para este trabajo, asegurándose que su personal está compenetrado de esta necesidad y comprendiendo que así lo van a ejecutar. De existir dudas en cualquier elemento debe sustituirse de inmediato.

Como resultado tendremos la feliz culminación de un trabajo realizado con la máxima seguridad y calidad, con beneficio directo para México.

A N E X O A

INSPECCION DE SEGURIDAD AL GASODUCTO EN OPERACION

1.- OBJETIVO

La inspección tiene por objeto garantizar la continuidad de una operación confiable, asegurándola mediante el conocimiento de la integridad del ducto y de su vida útil; con lo que se logra:

- Continuidad en el transporte
- Optimizar costos de mantenimiento
- Minimizar la accidentabilidad
- Definición de acciones correctivas a corto y largo -- plazos.
- Definición de requerimientos periódicos de inspección
- Eliminar incidentes imprevistos

2.- ESTRATEGIAS

Para cumplir con el objetivo debe llevarse a cabo un -- programa que incluya:

- a) Tipo y nivel de inspección
- b) Registro de áreas de mayor riesgo
- c) Programa y frecuencia de inspección
- d) Reportes y estadística

a) Tipo y Nivel de Inspección

Dada la elevada importancia estratégica del gasoducto la inspección que requiere antes de estar sujeto a cualquier movimiento puede ser establecido en tres fases:

- 1.- Inspección General Operativa
- 2.- Inspección General del Tramo
- 3.- Inspección Detallada

La inspección general operativa comprende todos aquellos aspectos de funcionamiento diario, tales como - las condiciones de presión; paro y arranque de estaciones; tránsito sobre el derecho de vía; corridas - de diablo, inyección de inhibidores; protección catódica, etc.

La inspección general del tramo debe efectuarse para conocer el estado de su señalización; accesos; posibles acciones externas que lo afecten; apariencia de su envoltura; su posición física, etc.

La inspección detallada nos va a permitir conocer -- las condiciones en el lugar, de la protección catódica; el estado de la envoltura; el estado de las soldaduras; si no presenta golpes; etc. Esta inspección debe llevarse a cabo con métodos que nos permitan conocer lo más cercano a la realidad el estado del tubo; para lo cual se efectúan además de las inspeccio

nes visuales, inspecciones mediante pruebas no destructivas; tales como: inspección ultrasónica; partículas magnéticas; líquidos penetrantes, radiografías, etc.

b) Registro de Areas de Mayor Riesgo

En base a los posibles esfuerzos a que quede sometido el tubo y teniendo detalladas las imperfecciones que se hubieren encontrado durante la inspección, se pueden dividir las áreas, dando mayor atención a los tramos de mayor riesgo, que pueden ser: Los tramos donde se presentarán las deflexiones; los tramos que estén empotrados en el terreno y no dispongan de libre movimiento; los tramos que hubieran estado asentados sobre roca y aquellos otros en los cuales se hubieran encontrado daños mecánicos, corrosiones o desplazamientos por causas del agua o del terreno, sin olvidar los que presenten fallas de soldadura.

c) Programa y Frecuencia de la Inspección

Para establecer el programa y frecuencia de la inspección en este caso, debemos considerar primero los re cursos con los que se podrían contar, suponiendo que se tienen los necesarios podemos establecer el programa basándose en el procedimiento que se seguirá para resolver el problema en las lagunas; a grandes rasgos comprende:

1.- Análisis de las condiciones operativas.

- 2.- Descubrimiento del ducto y su inspección general visual.
- 3.- Análisis y procedimientos de bajado
- 4.- Inspección a detalle antes de afectarlo con los movimientos para su bajado.
- 5.- Señalización de las áreas de mayor riesgo
- 6.- Análisis del Procedimiento para su envolvente -- protectora y su tapado.
- 7.- Inspección final al estar en su posición definitiva.
- 8.- Verificación de procedimientos acordados para el tapado, y
- 9.- Verificación de condiciones de seguridad del derecho de vía.

Todo lo anterior debe incluir aspectos como entrevistas con los operadores de las grúas, revisión mecánica, revisión de comunicaciones, revisión de condiciones operativas, etc.

Una vez aprobada la ejecución del trabajo, la frecuencia deberá incrementarse particularmente en las áreas señaladas como de mayor riesgo, insistiendo en la aplicación de los Códigos, Normas, prácticas recomendadas y Boletines que cada Jefe de Area debe tener presentes; ante todo el "PLAN NACIONAL DE PROTECCION CIVIL"; "PLAN GENERAL DE EMERGENCIAS DE PETROLEOS MEXICANOS" y el "PLAN DE SEGURIDAD PARA EL SISTEMA TRONCAL DE DUCTOS GOLFO"; debiendo considerarse

además:

- "MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA DEL S.T.D.G"
- "PROCEDIMIENTOS PARA PERSONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCION AMBIENTAL EN TRABAJOS DE TUBERIAS DE TRANSPORTE".
- "ANSI/ASME B 31.8 "SISTEMAS DE TUBERIAS PARA TRANSPORTE DE GAS".
- "CODIGO ASME SEC. V, SECC. VIII y SECC. IX
- "API-RP-1102 (4a. Ed. 1968) "PRACTICAS RECOMENDADAS PARA CRUZAMIENTOS DE TUBERIAS DE PETROLEO CON VIAS DE FERROCARRIL Y CARRETERAS".
- "API-PUB-2201 (2a. Ed. 1978) "PROCEDIMIENTOS PARA SOLDAR O PERFORAR SOBRE EQUIPOS QUE CONTENGAN INFLAMABLES".
- "API-PUB-2200 (2a. Ed. 1983) "REPARACION DE LINEAS DE ACEITE CRUDO, GAS LICUADO Y PRODUCTOS"

Así como las Normas para Construcción 2.374.08(1981) 3.374.08 (1981); 3.135.07 (1986); etc. PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE GASODUCTOS"; y boletines como el de Seguridad Industrial No. 62 "RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD PARA TRABAJADORES QUE OPERAN CAMIONES EQUIPADOS CON MALACATE (WINCH) Y PLUMA".

La frecuencia para verificar el buen funcionamiento del trabajo efectuado será establecida en combinación con el Programa General de Seguridad Industrial y Protección Ambiental del Sistema.

d) Reportes y Estadísticas

Este aspecto es sumamente importante, ya que de la labor diaria se irán recogiendo experiencias que nos permitirán mayor fluidez en otro trabajo similar en el futuro.

El procesamiento de datos deberá llevarse en forma sistemática, así como su registro y archivo, para lo cual deberán prepararse los formatos que permitan incluir aspectos como:

- a) Antecedentes del ducto
- b) Antecedentes operativos al inicio y al término -- del trabajo; incluyendo medios de comunicación.
- c) Número y calidad del Personal y equipo utilizado
- d) Croquis con las condiciones actuales y finales; -- incluyendo las áreas significativas.
- e) Detalle de daños encontrados y de la reparación -- efectuada.
- f) Detalle de procedimientos seguidos desde la excavación, el cargado, la limpieza del tubo, condiciones del lastre, modificaciones a los procedimientos acordados, reparación de daños, recubrimientos, tendido de cama en la zanja, si se verificó su perfil antes y después del bajado del tubo, el material utilizado para el relleno, las -- condiciones finales del derecho de vía, fotografías, etc.

Los reportes deben establecerse en forma sistemática hacia el centro de control a fin de llevar el segui-

miento del trabajo y poder contar en forma oportuna con cualquier requerimiento adicional tanto para el trabajo como para una emergencia, en este último caso debe instruirse al personal para que se mantenga alerta a las operaciones que les correspondan.

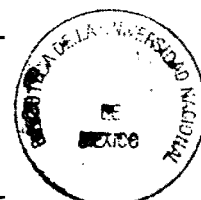
A N E X O B

PROCEDIMIENTOS NECESARIOS PARA EL BAJADO
DEL GASODUCTO OPERANDO

Con los planos del nuevo perfil y detalles de construcción conviene agregar instrucciones precisas que incluyan aspectos como los siguientes:

- Señalizados los puntos de inflexión, se comienza la excavación de un extremo hacia el otro dejando claros de 30 m (nuestro cálculo nos permite claros hasta de 58 m), con apoyos del mismo terreno de 3 m con objeto de no concentrar la carga del tubo. El perfil de la zanja debe seguir las deflexiones calculadas.
- Se procede a limpiar perfectamente la línea entre soportes, hasta donde lo permita el lastre, eliminando aquel que esté en malas condiciones, se hacen pruebas de ultrasonido, radiografía de soldaduras, etc., se instalan camisas de refuerzo si se requieren, se vuelve a proteger con pintura primaria, vidrio flex, vidrio mat, etc. manteniendo el control topográfico de niveles del perfil del gasoducto.
- Se coloca la cama de arena en el fondo de la zanja controlando su compactación y su nivel.

- Con durmientes de madera de 6"x6" colocados entre los soportes del terreno natural, se soporta el gasoducto cuidando que no excedan de 39 m entre ellos.
- Se excava y se retiran los soportes de tierra, se completa la limpieza del tubo, se efectúa todo el proceso ya descrito y se profundiza la excavación en esos puntos hasta el nivel requerido, colocándole su cama de arena.
- Comenzando desde un extremo, con grúas colocadas a cada 10 m se levantan los primeros 60 m del gasoducto y se retira la primera capa de blocks de los primeros soportes, de manera que el tubo pueda ser bajado las primeras 6".
- Se mueve el convoy de grúas para levantar los siguientes 60 m y se sacan los blocks siguientes quitando de los soportes centrales otra cama de blocks quedando bajado el tubo de 6" en los soportes extremos y 12" en los internos.
- El proceso de repite hasta llegar al otro extremo del tramo por bajar, vigilando que la deflexión calculada se vaya ajustando en los puntos de transición; vuelve a hacerse el proceso varias veces hasta que la línea esté prácticamente en su perfil final.
- En este punto se verifica que la envoltura no tenga daños.
- Se termina el bajado acomodando la tubería a su nuevo perfil, verificado topográficamente; se procede entonces al relleno con material suave alrededor debidamente compacta-



DEPTO

do.

OBSERVACIONES:

- El personal de grúas debe estar guiado por una persona -- con experiencia que será la única que vaya indicando los movimientos de levante y bajado del tubo; todos los movimientos deberán ser cuidadosamente coordinados para evitarle flexiones, pandeos o golpes.
- La presión deberá estar perfectamente controlada en las Estaciones, con comunicación directa al campo.
- El tubo no debe quedarse sin apoyo en claros mayores de 60 m.
- Seguir los procedimientos preventivos y de seguridad que para el caso se tienen en Petróleos Mexicanos.

A N E X O C

CONCEPTOS DE TRABAJO PARA INSTALAR UNA NUEVA TUBERIA
DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS

La instalación de una tubería para un servicio de transporte de hidrocarburos, incluye una serie de trabajos que representan tiempo y erogaciones, que para nuestro caso significan costos adicionales a la eliminación del tramo que causa la interrupción del flujo en las lagunas; la instalación de una nueva tubería comprende:

- 1.- apertura del derecho de vía
- 2.- Terracerías en el derecho de vía y accesos
- 3.- Trabajos de conservación del derecho de vía
- 4.- Excavación de la zanja
- 5.- Movimientos, almacenamiento y distribución de la tubería
- 6.- Doblado, alineado y soldado
- 7.- Protección anticorrosiva con envolventes a base de pintura primaria y fibras de vidrio.
- 8.- Limpieza de la zanja y bajado de la lingada
- 9.- Verificación de envoltente limpieza interior y prueba hidrostática.
- 10.- Relleno y tapado de la tubería
- 11.- Señalización del derecho de vía

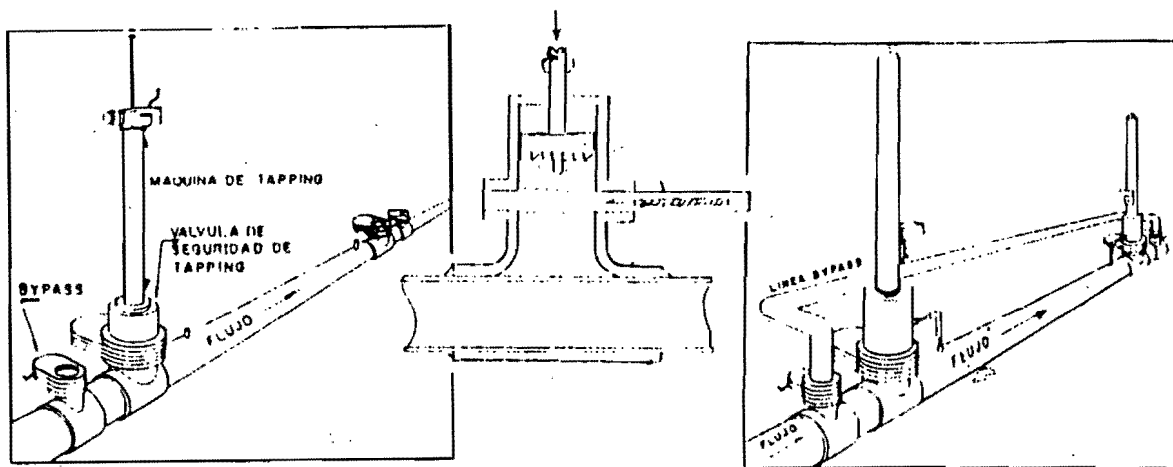
Se muestra esta relación sin detallarla, para que se comprenda la inconveniencia que representa decidirse por una opción que incluya la instalación de una lingada nueva en el cruzamiento.

ANEXO D

DESCRIPCION DEL USO DE STOPPLES

A grandes rasgos se trata de colocar tapones obstruyendo el flujo normal del fluido en ambos lados de un tramo del ducto que se desea cambiar, reparar o mover de su posición, para ello, se disminuye la presión de operación a un rango -- conveniente tal, que pueda ser soportado por los tapones durante el tiempo estimado para ejecutar los trabajos.

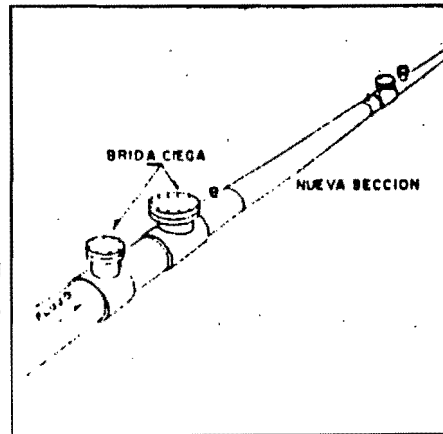
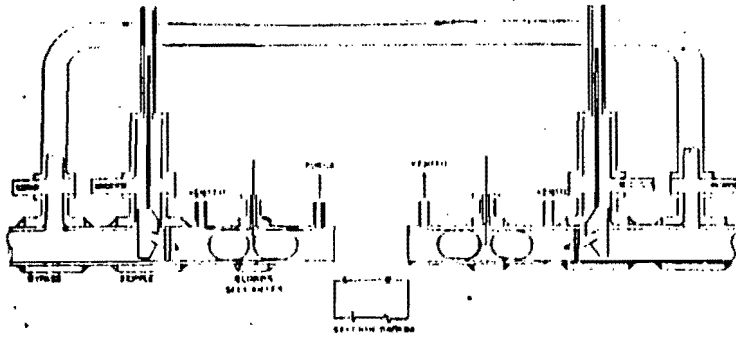
La colocación de estos tapones se efectúa a través de una perforación sobre el ducto con abrazaderas, bridas, válvulas, desfogues, igualadoras de presión y de requerirse adicionando un by pass de menor capacidad con flujo restringido, para mayor claridad se exponen las siguientes figuras.



1.- SE COLOCAN ABRAZADERAS CON BRIDAS LOCK-O-RING Y VALVULAS "SANWICH" - EN AMBOS LADOS DEL TRAMO.

2.- SE PERFORA EL DUCTO EN OPERACION CON EL EQUIPO ESPECIAL.

3.- SE INSTALA EL BY PASS



4.- SE TAPONEA EL DUCTO
CON LOS STOPPLES Y-
SE DESFOGA EL TRAMO

5.- SE RETIRA, CAMBIA
O MUEVE EL TRAMO-
INTERMEDIO.

6.- SE INTERCONECTA
EL TRAMO NUEVO,
SE RETIRAN LOS-
STOPPLES, BY --
PASS, VALVULA -
SANWICH Y SE CO-
LOCAN BRIDAS --
CIEGAS.

Como se observa en ellas, la operación de soldar abrazaderas con bridas Lock-O-Ring, tanto la que se utilizara para la introducción de los stopples como para la del by pass y las de desfogue o de igualación de presión entre el ducto y el interior de la máquina, son operaciones que deben ejecutarse con un procedimiento riguroso que implica cuidar aspectos, tales como que el tramo de tubo donde se vayan a colocar sean rectos; perfectamente circulares; que estén sanos; sean limpiados de toda escoria; bien calibrados; con espesor suficiente; con adecuado soporte para resistir el peso de la maquinaria; válvulas y accesorios: que las abrazaderas estén perfectamente niveladas y alineadas a una distancia adecuada y que los soldadores sean calificados igual que los operadores de la máquina taladradora que es la misma con la que se introducen los tapones; además,--

antes de taladrar, probar los "disparos", probar y colocar las válvulas sandwich; engrasar y probar las máquinas antes de montarlas; verificar si el taladro guía está bien sujeto si la flecha tiene la longitud suficiente; etc., toda una serie de medidas que aseguren que las máquinas no tendrán un atoramiento, que la presión interna será igual a la del ducto, que al retirarlas se podrá cerrar la válvula sandwich que permitirá el paso del tapón Lock-O-Ring, etc. etc.

Cuando la operación de cambiar el tramo ha terminado y se han retirado las máquinas y el by pass, y dentro de las bridas ha quedado el tapón Lock-O-Ring, se retiran las válvulas sandwich y se colocan bridas ciegas, quedando integradas al ducto en operación, las abrazaderas con sus bridas, siendo parte del equipo especial que ya no se recuperará.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- "ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA LAGUNA DE LA MANCHA MUNICIPIO DE ACTOPAN, VERACRUZ 1979-1980",
INST. NAL. DE INVEST. SOBRE RECURSOS BIOTICOS
Autores: A. VILLALOBOS FIGUEROA; R. DE LA PARRA VENEGAS
B. E. GALVAN PASTORIZA; O.S. CACHO RIVERO
M. A. IZAGUIRRE PADRON.- INIREB (1981).
- 2.- "EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL GASODUCTO DE 48"-
CACTUS-MONTERREY".
CIA. ECO. INGRIA. S.A.
CONTRATO GPC-271/78-GCR-020/78
T.S.N.G. TOMO V
OFNA.PROT.AMB. PETROLEOS MEXICANOS (MZO. 1979)
- 3.- "INFORME DE INSPECCION Y SEGURIDAD DEL SISTEMA TRONCAL-
DUCTOS GOLFO".
Autor: ING. CARLOS ADAM HERNANDEZ (1983)
- 4.- "CONTROL DE CALIDAD CONSTRUCTIVA DEL T.S.N.G. ESPECIAL-
MENTE AREA "LAGUNA VERDE".
COMENTARIOS.
GPC-PA-1-273
PETROLEOS MEXICANOS (1979)
- 5.- "DIAGNOSTICO DE LAS CONDICIONES ECOLOGICAS ACTUALES DEL
COMPLEJO LAGUNAR QUE COMPRENDE LAS LAGUNAS EL LLANO; FA
RALLON; SALADA; VERDE Y LA MANCHA".
Autores: SEDUE; SARH; SEPESCA; INIREB; PEMEX; C.F.E. Y
COOP. PESQUERAS (1987).
- 6.- VETCO PIPE LINE SERVICES"
1600 BRITTMORE ROAD
HOUSTON TEXAS 77043

GLOSARIO

- SISTEMA TRONCAL DE DUCTOS - SISTEMA DE DUCTOS QUE TRANSPORTAN HIDROCARBUROS DE PETROLEOS MEXICANOS ENTRE LOS CENTROS PRODUCTORES, LOS CENTROS DE PROCESAMIENTO Y LOS CENTROS DE CONSUMO.
- COMPLEJO LAGUNAR - SE REFIERE A UN GRUPO DE LAGUNAS SITUADAS CERCANAS ENTRE SI.
- MIXOHALINA - SE DICE DEL AGUA QUE FORMA LA LAGUNA; MEZCLA DE AGUA SALADA Y AGUA DULCE.
- BARRA SEMIPERMANENTE - BANCO DE ARENA QUE SE SITUA EN LA BOCANA DE UN ESTERO QUE SE ABRE DURANTE TEMPORALES O MAREAS ALTAS, PERMANECIENDO CERRADA EN EPOCA DE ESTIAJE.
- CADUCIFOLIA - ACCION Y EFECTO DE EXTINGUIRSE O PERDERSE EL FOLLAJE DE ALGUN TIPO DE PLANTA.
- EUTROFICACION - PROCESO NATURAL DE MADURACION (ENVEJECIMIENTO) DE UN LAGO O LAGUNA; A MENUDO SE LE DENOMINA ASI AL ENRIQUECIMIENTO NATURAL DEL AGUA CON NUTRIENTES.- LA EUTROFICACION CULTURAL ES UN PROCESO DE ENRIQUECIMIENTO DEL AGUA NO DESEADO YA QUE PROVIENE DE LA ACTIVIDAD HUMANA Y ACELERA EL ENVEJECIMIENTO DE LA LAGUNA TENIENDO A CONVERTIRLA EN PANTANO.
- SOMERA - SE REFIERE A POCA PROFUNDIDAD, CASI SUPERFICIAL.
- DIABLO INSTRUMENTADO - ESPECIE DE EMBOLO QUE SE INTRODUCE EN LA CORRIENTE DEL FLUIDO DE UN DUCTO, CON EQUIPO ELECTRONICO QUE PERMITE DETECTAR VARIACION DE ESPESORES Y ALGUNAS FALLAS EN LA PARED DE ESE DUCTO.