

60



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**CAMPUS ARAGÓN**

**SISTEMA INFORMÁTICO PARA  
CÁLCULAR LA PRESIÓN MÁXIMA DE  
OPERACIÓN PERMISIBLE EN UN DUCTO**

297223

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN COMPUTACIÓN**

**P R E S E N T A :**

**JUAN R. SANCHEZ CASTILLO**

**ASESOR DE TESIS:  
ING. ISRAEL JUÁREZ ORTEGA**



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.

# AGRADECIMIENTOS



## **A Dios**

Doy gracias que me permitió lograr mis objetivos.

## **A mis padres**

Sánchez Rosendo y Castillo Paz Carolina,  
que gracias a su amor, apoyo y consejos  
me permitieron alcanzar la  
culminación de mi carrera.

## **A la Universidad Nacional Autónoma de México**

Gracias por abrirme sus puertas para lograr  
mi formación profesional en la **ENEP Aragón**.

## **Al Ing. Israel Juárez Ortega (Asesor en la ENEP Aragón)**

Gracias por brindarme su apoyo y dedicación  
para la realización de este trabajo.

## **Al Ing. Eduardo Chacón Cruz (Asesor Interno en el Instituto Mexicano del Petróleo)**

Le doy las gracias por su orientación,  
dedicación, apoyo y consejos en la  
realización de este trabajo.

## **Al Instituto Mexicano del Petróleo**

Por darme la oportunidad de realizar este  
trabajo que representó lograr una de mis  
metas más importantes en mi vida, al  
cual le doy las gracias por todos los  
recursos que me brindo.

## **A mis compañeros de trabajo**

Ing. Miguel Angel Blanco,  
Ing. Miguel Castañeda,  
gracias por su apoyo.

## A Mis Padres



*Como Testimonio de mi  
Infinito Aprecio y Agradecimiento  
por toda una Vida de Esfuerzos  
y Sacrificios, Brindándome  
Siempre Cariño y Apoyo  
Cuando más lo Necesité.*

*Gracias por la Comprensión  
y Confianza siempre brindados  
para la Realización de mi Formación  
Profesional.*

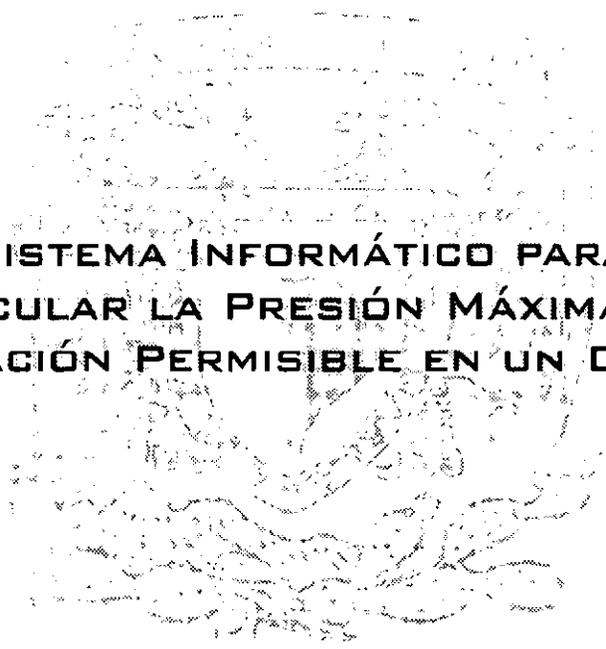
*Por esto y por Mucho Más  
mi Más Profundo Agradecimiento*



**TÍTULO**

1115

**SISTEMA INFORMÁTICO PARA  
CALCULAR LA PRESIÓN MÁXIMA DE  
OPERACIÓN PERMISIBLE EN UN DUCTO**



# Índice

- Objetivo
- Introducción

## CAPITULO I MARCO TEÓRICO DE LA PROBLEMÁTICA DE PÉRDIDA DE MATERIAL EN DUCTOS

I.1 Antecedentes .....	1
I.2 Situación Problemática .....	2
I.3 Consecuencias por un Ducto en mal Estado .....	3
I.4 El Sistema de Transporte de Hidrocarburos por Ductos .....	4
I.5 Referencias asociadas al Problema .....	6
1.5.1 Reacciones que sufre un Ducto por Corrosión .....	6
1.5.2 Métodos Preventivos de Corrosión .....	8
1.5.3 Método Gravimétrico .....	8
1.5.4 Método de Resistencia Eléctrica .....	9
1.5.5 Método de Resistencia a la Polarización Lineal .....	10
1.5.6 Método de Registro de Campo Eléctrico .....	11
I.6 Factores que alteran la Integridad Física de un Ducto .....	12
1.6.1 Corrosión Interna y Externa .....	12
1.6.2 Corrosión Formada por Bacterias .....	13
1.6.3 Anormalidades Geométricas .....	14
1.6.4 Eventos Socioeconómicos Originados por un Ducto mal Operado .....	15
I.7 Herramientas de limpieza e Inspección Interna de Ductos .....	16
1.7.1 Instrumentos de Limpieza interna de Ductos .....	16
1.7.2 Programas de Limpieza y Selección de Diablos .....	17
1.7.2 Limpieza Previa Corridas Instrumentadas .....	19
I.8 Sistemas de Detección de Corrosión .....	19
1.8.1 Sistema de Detección de Corrosión por Ultrasonido .....	20
1.8.2 Sistema de Detección de Geometría Interna .....	21
1.8.3 Sistema de Detección de Corrosión por Flujo Magnético .....	22
1.8.4 Localización de Diablos Instrumentados .....	23
I.9 Presentación de los datos obtenidos por las herramientas de Inspección .....	24
I.10 Descripción del Cálculo de la Presión Máxima de Operación Permisible (PMOP) .....	26
1.10.1 Características de Ductos .....	26
1.10.2 Presión Máxima de Operación Permisible en un Ducto por Criterio PEMEX .....	27
1.10.3 Presión Máxima de Operación Permisible en un Ducto por Criterio Comercial .....	32
I.11 Propuesta de un Sistema Informático de Cálculo de PMOP y sus Beneficios .....	35
1.11.1 Beneficios del Sistema Informático .....	35

**CAPITULO II DISEÑO DEL SISTEMA PMOP**

<b>II.1</b> Análisis de Información.....	38
II.1 Planteamiento del Problema .....	40
II.2 Requisitos del Sistema y el Entorno de Información .....	40
II.3 Funcionamiento Actual .....	43
II.4. Estructura de la Información .....	43
<b>II.2</b> Entradas del Sistema .....	46
<b>II.3</b> Salidas del Sistema .....	47
<b>II.4</b> Cálculo de PMOP de acuerdo a Criterio .....	60
<b>II.5</b> Diagrama Enalim Final Sistema PMOP.....	68
<b>II.6</b> Diseño Entidad Relación .....	73
<b>II.7</b> Diccionario de Datos .....	75
<b>II.8</b> Descripción de Programas .....	82
<b>II.9</b> Módulos del sistema .....	84
<b>II.10</b> Diseño de Pantallas .....	85

**CAPITULO III IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA**

<b>III.1</b> Selección del Tipo de Lenguaje de Programación para la creación del Sistema .....	92
<b>III.2</b> Diferencias entre Programación Procedural y Programación Bajo Windows .....	92
<b>III.3</b> ¿Porqué se eligió Visual Basic para el Desarrollo del Sistema? .....	94
<b>III.4</b> ¿Qué es Visual Basic? .....	94
<b>III.5</b> Recursos Disponibles para el desarrollo del Sistema .....	98
<b>III.6</b> Pruebas Parciales .....	99
<b>III.7</b> Pruebas en Paralelo .....	100
<b>III.8</b> Resultados Obtenidos .....	100
<b>III.9</b> Recursos Recomendables para el Sistema .....	101
<b>III.10</b> Capacitación del Usuario .....	101
<b>III.11</b> Liberación del Sistema PMOP .....	102
<b>III.12</b> Mantenimiento del Sistema .....	102

- **Manual del Usuario** ..... *Apéndice A*
- **Conclusiones**
- **Bibliografía**

# OBJETIVO

CONTAR CON UN SISTEMA INFORMÁTICO  
PARA CÁLCULAR LA PRESIÓN MÁXIMA  
DE OPERACIÓN PERMISIBLE EN UN  
DUCTO COMO HERRAMIENTA DE  
APOYO EN LA TOMA DE DECISIONES



**UNAM**

México es un país que fundamenta gran parte de su economía en el petróleo que es un recurso natural no renovable. Petróleos Mexicanos (PEMEX) es la industria petrolera más importante del país y una de las diez más grandes en el mundo la cual se aboca a la explotación de este recurso.

PEMEX realiza actividades de: exploración, explotación, producción, refinación, distribución y comercialización del petróleo y sus derivados. Para realizar todas estas actividades PEMEX requiere de una gran infraestructura de vanguardia para innovar y aplicar tecnologías más avanzadas para cumplir con sus tareas de explotación de los hidrocarburos de una manera racional y en equilibrio con el medio ambiente, esto involucra una gran cantidad de estudios de todo tipo en cada una de las áreas, PEMEX se apoya en instituciones que le permiten realizar dichos estudios y desarrollar las tecnologías apropiadas, el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) es el apoyo tecnológico de PEMEX para el desarrollo de tecnología propia.

#### **Situación problemática:**

PEMEX cuenta con más de 50, 000 kilómetros de tubería con diversidad de diámetros que conforman la red nacional de ductos por dónde se transportan los hidrocarburos y una gran variedad de sus derivados.

PEMEX comprometido con sus políticas de calidad utiliza los medios tecnológicos más adecuados para operar sus ductos bajo los márgenes de alta seguridad y de acuerdo con legislación y normas de seguridad actuales.

Los ductos se encuentran expuestos a diferentes agentes naturales que pueden afectar su integridad física provocándoles daños y ocasionando en el caso extremo que se rompan y dejen de operar ocasionando una serie de problemas que afectan su entorno como son: contaminación ambiental, accidentes, riesgos en poblaciones hasta pérdidas financieras.

Algunos agentes naturales que comprometen la integridad del ducto son: la corrosión, pisos irregulares, temblores, depositación bacteriana. Otros agentes no naturales son: defectos de fabricación, transportación y manejo inadecuado, mal tendido en superficies irregulares, golpes de maquinaria pesada.

Existen muchos métodos que permiten salvaguardar la integridad del ducto tanto para los agentes naturales y los no naturales.

Muchos metales cuando reaccionan con el agua y con algunos compuestos de los hidrocarburos provocan oxidación que al propagarse provocan profundas corrosiones.

---

Los ductos operan bajo ciertos parámetros que están intrínsecos en todo momento en su operación como son: presión, temperatura y tipo de elemento que transporta. Los ductos deben estar operando bajo ciertos rangos de seguridad o niveles de operación. Por lo anterior PEMEX trabaja con las más estrictas medidas de seguridad lo que implica tener revisiones constantes de sus instalaciones y ductos. Dichas revisiones suelen realizarse con herramientas de inspección interna de ductos como son los diablos instrumentados, las cuales viajan dentro del ducto e inspeccionan las paredes del ducto detectando corrosiones y anomalías geométricas, esta información es almacenada en dispositivos electrónicos para posteriormente ser procesada y analizada. De tal forma que se puede determinar de acuerdo a un análisis si un ducto debe o no seguirse operando y bajo que condiciones o bien establecer operaciones de mantenimiento.

El presente trabajo se enfocara a analizar como los diferentes niveles de profundidad de una corrosión afecta la integridad del ducto y por consiguiente el riesgo de operar el ducto bajo esas condiciones.

En el presente trabajo se diseñará e implantará un sistema informático que toma como entradas los valores porcentuales de corrosión interna existentes en la pared de un ducto provenientes de las herramientas de inspección interna así como la presión a la que opera y bajo este esquema proporciona un valor de presión máxima de operación permitida (**PMOP**) estableciendo el estado y las condiciones de operación del ducto a ciertos parámetros de evaluación existentes. El sistema es un apoyo en la toma de decisiones para seleccionar las acciones preventivas a realizar.

El sistema será capaz de aceptar información del usuario para extrapolar o simular la operación del ducto como efecto de dichos cambios y determinar en que medida la operación del ducto se afectara.

Si no existe corrosión el ducto podrá soportar en operación la presión máxima, pero al existir corrosión la presión que es soportada cambia, de tal forma que el ducto debe de ser operado por debajo de la presión máxima que resiste el ducto, de otra manera el ducto puede sufrir daños que comprometan la operación e integridad de la instalación.

Cuando una corrosión o serie de corrosiones son eliminadas mediante el cambio de sección del ducto o bien mediante mantenimiento (colocando **\*PARCHES** al ducto) las condiciones de operación se restablecen o bien se puede operar el ducto en otras condiciones (aumentando la presión) pero siempre bajo los márgenes de seguridad.

El sistema informático permitirá detectar de acuerdo a los cambios o rehabilitación del ducto si alguna corrosión ya esta o no dentro del margen seguro de operación.

---

**El contenido de cada capítulo se describe a continuación.**

- El capítulo I describe los antecedentes generales, situación actual, la presentación de la problemática, así como los factores que alteran la integridad física del ducto, los métodos de seguridad empleados, las consecuencias que puedan surgir al trabajar con un ducto mal estado, técnicas para calcular la presión máxima que pueda soportar un ducto y el porque la necesidad de un sistema informático para calcular la PMOP como herramienta de apoyo.
- El capítulo II presentará la fundamentación teórica, lo cual permitirá el desarrollo del sistema, basado en una metodología de diseño en el que el análisis y diseño del sistema se aplicaran conforme a esta metodología para la solución del problema.
- El capítulo III se realizará la fase de programación que se basa en la escritura de instrucciones en el lenguaje seleccionado en donde se implementarán en el análisis y diseño que se haya determinado, también se realizarán las pruebas e instalación del sistema así como su mantenimiento.



CAPÍTULO I

Marco Teórico de la Problemática de  
Pérdida de Material en Ductos



# *Capítulo I*

## **1.1 ANTECEDENTES**

Petróleos Mexicanos (PEMEX) industria petrolera, es la empresa más grande de México y una de las diez más grandes del mundo, tanto en términos de activos como de ingresos. Con base en el nivel de reservas y su capacidad de extracción y refinación, se encuentra entre las cinco compañías petroleras más importantes a nivel mundial.

En el ámbito nacional PEMEX se aboca al aprovechamiento y explotación del petróleo realizando actividades de: exploración, explotación, almacenamiento, producción, refinación, distribución y comercialización de este recurso natural y sus derivados aplicando tecnologías de vanguardia comprometidos con la seguridad y preservando el medio ambiente.

PEMEX es la única industria autorizada para construir, operar, mantener y ser propietario del sistema de ductos, realiza la administración y el control de la industria del hidrocarburo en México incluyendo; la producción, recolección, procesamiento, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización del producto.

Los ductos son para PEMEX el medio de transporte más eficaz para transportar hidrocarburos (como son: gasolina, aceite, combustóleo, diesel, kerosina, turbosina o gas) que se envían desde los centros de producción a los centros de refinación y consumo.

PEMEX se dirige por una unidad corporativa y se compone por cuatro organismos por los cuales opera, su estructura es la siguiente:

- Corporativo
- PEMEX Exploración y Producción.
- PEMEX Refinación.
- PEMEX Gas y Petroquímica Básica.
- PEMEX Petroquímica.

**Corporativo** es el encargado del seguimiento central y de la dirección estratégica de la industria petrolera estatal, así como de asegurar su integridad y unidad de operación.

**PEMEX Exploración y Producción** se encargan de la exploración y explotación del petróleo y el gas natural.

**PEMEX Refinación** es el organismo que se encarga de producir, distribuir, supervisar, comercializar combustibles y demás productos petrolíferos.

**PEMEX Gas y Petroquímica Básica** se encargan de procesar el gas natural, distribuirlo y comercializarlo, además de producir y comercializar productos petroquímicos básicos.

**PEMEX Petroquímica** es el responsable de elaborar, distribuir y comercializar en gran parte productos petroquímicos secundarios.

Desde hace tiempo **PEMEX Refinación** ha padecido serios problemas en sus sistemas de transporte de hidrocarburos por ducto, dichos problemas están relacionados con el fenómeno de corrosión. Cuando se combinan: agua, ácido sulfhídrico y bióxido de carbono en los ductos o tuberías se empieza a desarrollar dicho fenómeno que da como consecuencia una disminución en la resistencia mecánica de los ductos debido a la pérdida de material. Por lo anterior los efectos combinados de la presencia de corrosión y trabajar el ducto bajo condiciones de alta presión originan la ruptura del ducto trayendo consecuencias catastróficas.

El presente trabajo se enfoca en la necesidad de desarrollar un sistema informático para el cálculo de la máxima presión de operación en un ducto que contribuya de manera sustantiva en la resolución de los problemas que se originan a partir del fenómeno de la corrosión.

## **1.2 SITUACION PROBLEMÁTICA**

Actualmente existe un gran interés de salvaguardar y mejorar las condiciones del medio ambiente del mundo que habitamos. PEMEX tiene como prioridad atender lo referente a potenciales impactos ambientales que pudiesen afectar a la atmósfera, suelo y agua; por ello el derrame o pérdida de hidrocarburos líquidos, gaseosos o petroquímicos básicos, puede representar un problema serio.

Durante los procesos de explotación, transporte, distribución, y comercialización, pueden presentarse problemas operativos, los ductos están constantemente expuestos a

diversos agentes naturales y no naturales que afectan su integridad física originando daños y ocasionando en el caso extremo que se rompan y dejen de operar, aunado a esto existe un riesgo por el tipo de producto que están transportando, una fuga o ruptura generalmente ocasionadas por el fenómeno de corrosión (consecuencia de pérdida o desgaste del metal) puede causar derrama del producto ocasionando grandes problemas que van desde: Contaminación ambiental, riesgos en poblaciones, pérdidas financieras hasta las más drásticas como la pérdida de vidas humanas. Para evitar estos problemas es necesario detectar las corrosiones para implementar acciones de corrección solventadas en programas de mantenimiento predictivo, preventivo y en último caso correctivo que garanticen la óptima operación de los ductos.

### **I.3 CONSECUENCIAS POR UN DUCTO EN MAL ESTADO**

Las consecuencias son una medición de la severidad del daño ocasionado por el evento no deseado. Principalmente se utilizan las consecuencias de seguridad y económicas.

#### **I.3.1 Las de seguridad generalmente se calculan como el número de lesionados por:**

- Incendios
- Explosiones
- Emanaciones tóxicas o asfixiantes, o por exposición prolongada a bajos niveles de contaminantes.

#### **I.3.2 Las económicas pueden incluir los costos por:**

- Pérdida de prestigio o imagen pública.
- Costos de restauración del medio ambiente.
- Pérdidas de producto
- Daños a la propiedad
- Responsabilidad jurídica con relación a pérdidas humanas o daño ambiental.
- Pérdida de utilidades ocasionada por la suspensión del transporte.

#### 1.4 EL SISTEMA DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS POR DUCTOS

PEMEX cuenta con un sistema de transporte de hidrocarburos al cual se le denomina "Red Nacional de Ductos" (RND), que se compone por más de 50,000 kilómetros de tubería con diversidad de diámetros que transportan una gran variedad de productos. El tendido de la RND se encuentra en diferentes tipos de terreno que van desde: terrenos sinuosos, superficies desérticas, zonas lacustres (lagos), regiones pantanosas y hasta marinas.

La RND representa para PEMEX el principal sistema de distribución que permite vincular los diferentes procesos productivos; procesamiento, distribución y comercialización de los diferentes organismos que conforman Petróleos Mexicanos y con aquellas entidades a las que les provee los hidrocarburos ya sea en su forma procesada o no procesada. Uno de los principales retos de PEMEX es mantener la RND en óptimas condiciones de operación para así poder ofrecer un servicio eficiente, económico y oportuno en el suministro de dichos productos.

Por lo anterior el funcionamiento adecuado de la RND constituye fundamentalmente el desarrollo de todos los sectores que conforman la economía nacional. Lo anterior implica que de la oportunidad, suficiencia y seguridad con que se opere dicho sistema dependerá el equilibrio de la actividad productiva de cada región.

La RND esta constituida por:

- Oleoductos los cuales solo transportan aceite o crudo.
- Gasoductos los que transportan gas.
- Poliductos que transportan diferentes productos procesados (como gasolinas, diesel, combustóleo, kerosina y turbosina).

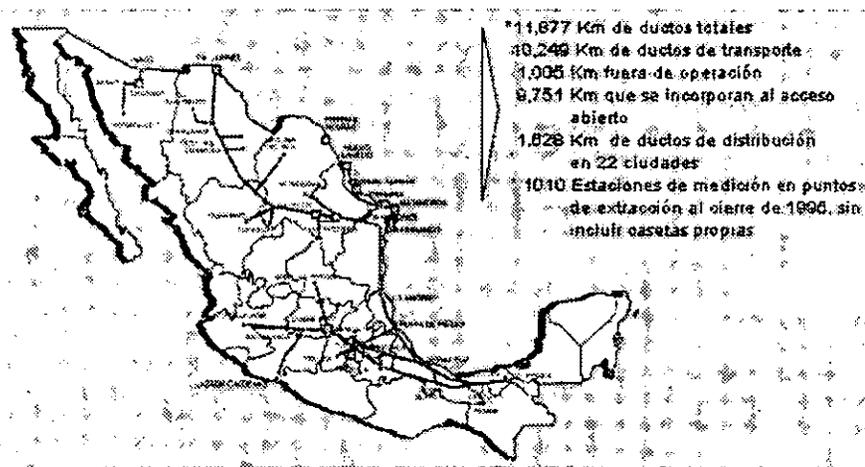
El sistema de ductos a cargo de **PEMEX Refinación** cuenta actualmente con una longitud de 13,376 kilómetros. Véase la Fig. 1.4.1.

El censo de la red de poliductos en operación está constituido por 8,006 kilómetros de ductos con diámetros entre cuatro y dieciocho pulgadas. Los poliductos están tendidos en 6,188 kilómetros de derechos de vía. Los poliductos suministran productos destilados a 43 superintendencias de ventas y dos terminales marítimas; asimismo, se transportan productos interrefinerías.

La red de poliductos está dividida en tres principales zonas que abastecen e interconectan a las siguientes instalaciones:

<b>Zona</b>	<b>Refinerías (localidad)</b>	<b>Terminales de Ventas</b>	<b>Terminales Marítimas</b>
Sureste - Golfo	Minatitlán, Ver. Salina Cruz, Oax.	10	2
Centro - Golfo	Tula, Hgo. Salamanca, Gto.	17	-
Norte - Pacífico	Cd. Madero, Tamps. Cadereyta, N.L.	16	-

El censo de la red de oleoductos esta conformado por 4,163 kilómetros de ductos con diámetros entre doce y cuarenta y ocho pulgadas. Los oleoductos están tendidos en 2,572 kilómetros de derechos de vía.



**Fig. I.4.1 Sistema Nacional de ductos de PEMEX**

Lo anterior nos da un panorama general de la importancia de la Red Nacional de Ductos y el impacto socioeconómico que está asociado a su operación.

## **I.5 REFERENCIAS ASOCIADAS AL PROBLEMA**

La degradación de componentes metálicos por corrosión, representa uno de los gastos más fuertes para cualquier tipo de industria de proceso. Si bien es imposible erradicar cada uno de estos agentes que aportan a la aparición de la corrosión pero es posible minimizar sus efectos. Una forma es conocer en que parte esta corroído el ducto y aplicar los programas de mantenimiento para preservar su integridad física y por tanto su funcionamiento.

Existen tecnologías de detección de la corrosión su aplicación representa una serie de soluciones que de acuerdo a su aplicación permiten disminuir la problemática existente y reducir costos por mantenimiento, reparación y reemplazo de componentes. Además de la corrosión existen otras causas para que un ducto presente problemas en su operación, estas pueden ser: anomalías geométricas, fracturación, golpes por maquinaria etc. Como caso particular nos centraremos a los casos de corrosión aunque esto no indica que los otros sean menos importantes.

El manejo y procesamiento de la información que alguna tecnología de detección de la corrosión nos brinde es suficiente para realizar un estudio sobre la determinación de las presiones de operación adecuadas en el ducto.

La tecnología actual nos permite conocer con buen grado de certidumbre la magnitud y forma de la corrosión presente en un ducto. Estas tecnologías son aplicables tanto en el interior del ducto como en su exterior. La aplicación de ellas depende del alcance y el estudio que se este realizando, pero todas ellas van enfocadas a buscar las alternativas de disminuir los efectos de la corrosión interna como externa, mediante la aplicación de programas de mantenimiento que van desde la depositación de sustancias que inhiben el efecto de la corrosión, aplicación de resinas de protección o en el caso extremo el cambio de la sección del ducto.

### **I.5.1 REACCIONES QUE SUFRE UN DUCTO POR CORROSIÓN**

La reacción de corrosión entre el acero y el ácido sulfhídrico en el interior del tubo libera hidrógeno, el cual se absorbe en el metal provocando:

- a) Una reducción en la resistencia mecánica y en la ductilidad (fragilización).
- b) La formación de ampollas y de laminaciones, resultado de la acumulación de hidrógeno gaseoso en inclusiones no metálicas y otros defectos internos.

- c) La formación y extensión de grietas en el espesor del ducto, por el fenómeno de agrietamiento por corrosión.

Los puntos a), b), c) dan como resultado la reducción en la resistencia de la tubería y un acortamiento en su vida útil. Véase la Fig. I.5.1.

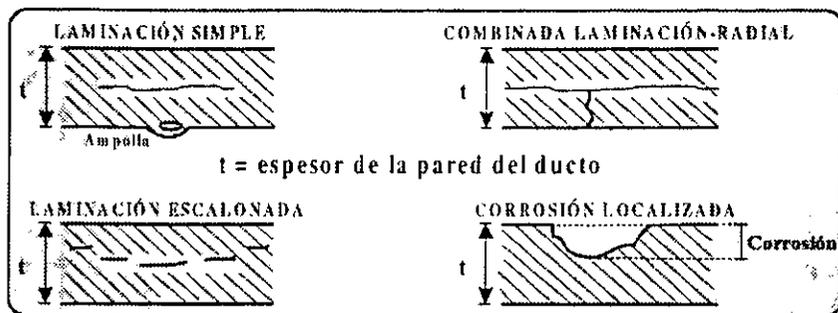


Fig. I.5.1. Daños por corrosión que puede sufrir un ducto

Por tal motivo cuando se detecta una grieta o discontinuidad en el ducto mediante instrumentos de inspección interna se plantean preguntas como las siguientes:

- ¿Cuál será la presión máxima que pueda soportar el ducto sin que haya peligro de fuga del producto que se está transportando?
- ¿Cuál será el tamaño máximo que puede tener tal defecto sin que origine una fuga?
- ¿Cuál será el tiempo en que tarde el defecto en crecer desde su tamaño detectado hasta su tamaño máximo tolerable?

Por ello se recurre a la necesidad de aplicar métodos para el monitoreo y control de la corrosión con el fin de prevenirla o disminuirla. Existen varios métodos preventivos de corrosión, abarcando desde técnicas nucleares y electroquímicas, hasta técnicas meramente comparativas, en cuanto al desempeño de materiales se refiere.

### 1.5.2 MÉTODOS PREVENTIVOS DE CORROSIÓN

Para proteger la integridad física del ducto tanto de los agentes naturales y los no naturales se aplican una serie de medidas de acuerdo al tipo y tamaño del problema. Para la detección de fugas en ductos producidas probablemente por corrosión se realizan inspecciones aéreas y/o terrestres utilizando vehículos o a pie para obtener información en tiempo real o de manera diferida.

Los métodos que existen actualmente muestran ciertas características, ventajas y desventajas, dichos métodos reflejan su eficiencia dependiendo de su tiempo de respuesta y sensibilidad para la detección de corrosión, por ejemplo:

- Si opera en tiempo real o no, y si es de tipo terrestre o aéreo.
- En que medida la cantidad de producto que se ha fugado, afecta al sistema.
- En qué grado de exactitud  $\pm$  en distancia en metros, se detecta la fuga.
- Si opera para líquidos o para productos gaseosos. Si requiere instalarse en todo el ducto o solamente en ciertos lugares a lo largo del mismo.
- Si es resistente a las condiciones climatológicas del lugar.
- Si es seguro contra actos vandálicos.

Los métodos de prevención de corrosión que PEMEX utiliza actualmente se presentan a continuación:

### 1.5.3 MÉTODO GRAVIMÉTRICO

Esté método consta de un equipo especializado llamado retractor de un espécimen metálico, generalmente de un metal más susceptible a la corrosión que aquel del que esta fabricado el tubo.

La manera de medir el grado de corrosión es de forma directa con los datos de área, pérdida de peso del espécimen y del tiempo de exposición.

### **Ventajas**

- a) El reemplazo de materiales no es costoso, al igual que las operaciones de reemplazo de dichos materiales.
- b) Se puede visualizar el tipo de corrosión que se encuentra en el interior del ducto, ya sea generalizada o picadura.
- c) Se pueden tomar muestras y efectuar un análisis de los depósitos y subproductos de corrosión en busca de bacterias o algún elemento ya sea específico de la aleación o provocante de la corrosión.

### **Desventajas**

- a) Las lecturas obtenidas son valores promedio durante el tiempo de exposición lo que impide conocer en qué momentos o circunstancias se presentó un valor de corrosión mayor o menor al promedio que está obteniendo.
- b) Es susceptible a errores durante la operación.
- c) No es posible tomar acciones correctivas de carácter inmediato. Cualquier variación en las condiciones del sistema puede provocar cambios que se reflejarán hasta que el nuevo espécimen ha sido retirado.
- d) Riesgo en las operaciones de retracción, debido a que las operaciones tienen una frecuencia de 30 días y deben ser hechas en línea viva.
- e) El método nos da una lectura puntual en la posición radial del sistema, generalmente no es posible ubicar dicho punto de monitoreo en los lugares en que se sospecha que hay acumulación de compuestos corrosivos y, por lo tanto, si no se analiza cuidadosamente este dato no nos reflejará los valores de corrosión en los puntos importantes de la línea.

## **1.5.4 MÉTODO DE RESISTENCIA ELÉCTRICA**

Este método se basa en la inserción de una probeta que mide la resistencia al paso de una corriente eléctrica por un conductor de un diámetro definido. Al variar dicho diámetro como consecuencia de la corrosión que sufre el electrodo en el interior del ducto, variará la resistencia al paso de la corriente eléctrica, con esta variación y por medio de un algoritmo matemático, se calcula una medida de corrosión que es la que el instrumento reporta.

### **Ventajas**

- a) Puede emplearse en todo tipo de medios corrosivos.
- b) Los valores se obtienen de forma directa, de tal manera que si en ese momento la corrosión es muy intensa un par de lecturas reflejará el valor de esta corrosión.
- c) El número de operaciones de extracción de las probetas corrosimétricas se reduce considerablemente. El tiempo promedio para una probeta bien diseñada en cuanto al equilibrio sensibilidad -duración de la probeta es del orden de 1.5 años. De esta forma se reduce el riesgo en dichas operaciones.
- d) Se tiene la posibilidad de cambiar el elemento sensor a diferentes metales con el fin de conocer la magnitud de la corrosión en el interior de diferentes tipos de tubería.
- e) Es posible dar configuraciones rasantes y en una posición de 6 horas como medida puntual. Para las probetas rasantes es posible identificar la pérdida de metal o de condiciones de corrosión cambiantes durante las corridas de diablos.
- f) Existen en el mercado equipos portátiles con grabación de etiquetas y obtención de lecturas programables automáticamente.

### **Desventajas**

- a) Al ganar durabilidad en el electrodo se pierde sensibilidad. Se pretende utilizar sensores de resistencia eléctrica más gruesos y de una duración mayor, pero esto no permitirá la lectura de corrosiones pequeñas o en intervalos cortos de tiempo.
- b) No es posible situar al testigo de corrosión en lugares representativos, por lo que al igual que el método anterior se requiere de un diseño delicado.

## **1.5.5 MÉTODO DE RESISTENCIA A LA POLARIZACIÓN LINEAL**

Este método es semejante al método de resistencia eléctrica pero se utiliza la medición del voltaje y amperaje requerido en la polarización de un electrodo, lo cual nos da una medida directa del fenómeno electroquímico de la corrosión. Al igual que el método de resistencia eléctrica presenta principalmente las mismas ventajas y desventajas además de las siguientes:

### **Ventajas**

- a) Se obtienen mediciones inmediatas de los valores de corrosión.
- b) Se obtienen lecturas de forma directa de Corrosión o en Miliamperes.

### **Desventajas**

- a) Es necesario un electrolito en fase continua entre los electrodos.
- b) La lectura es precisa en la posición radial del tubo.

## **I.5.6 MÉTODO DE REGISTRO DE CAMPO ELÉCTRICO**

Este método consta en la instalación de un carrete de tubería de entre 2 y 5 m. de longitud en el cual se ha insertado una red de puntos de monitoreo. Donde basa su funcionamiento en la medición del campo eléctrico que se genera por el paso de una corriente a través de la estructura metálica particular de ese tramo en especial. Cualquier cambio debido a corrosión o fractura dentro de la estructura cristalina del metal genera un cambio en el patrón del campo eléctrico.

### **Ventajas**

- a) Es confiable, muy flexible y efectivo.
- b) Puede tener un adecuado costo beneficio a largo plazo ya que prácticamente su mantenimiento es nulo.
- c) Se obtienen lecturas de medición instantánea grabada y reportada en computadora
- d) Puede ser instalada en una gran variedad de estructuras metálicas, como tubos, recipientes, torres, etc.
- e) Combina las ventajas de las probetas de corrosión y los métodos de inspección no destructivos.
- f) No involucra operaciones de inserción y retracción de probetas.
- g) Virtualmente no requiere de mantenimiento.
- h) Se puede utilizar en áreas prácticamente inaccesibles y bajo el mar.
- i) El reporte de lecturas es a través de un tramo de tubería y en todo el perímetro de estas, eliminando para efectos prácticos las lecturas puntuales.

### **Desventajas**

- a) Es muy costoso.
- b) Se requiere una puesta a punto y mano de obra especializada en el arranque.

## **I.6 FACTORES QUE ALTERAN LA INTEGRIDAD FÍSICA DE UN DUCTO**

Los principales factores que afectan la integridad física del ducto:

- Corrosión interna y externa
- Corrosión bacteriana
- Anormalidades geométricas

### **I.6.1 CORROSIÓN INTERNA Y EXTERNA**

La corrosión es un problema bastante grave generando enormes daños a la actividad productiva en el cual se gastan grandes cantidades de dinero para prevenir, monitorear, inspeccionar y reparar los daños causados por la misma. Se presenta tanto en la parte interior como superior del ducto donde se asienta el agua, deteriorando el material del ducto de la superficie formándose hoyos.

La corrosión en las tuberías no puede evitarse completamente, aunque se le dé un mantenimiento frecuente, las líneas de tubería que han sido operadas durante mucho tiempo son tuberías expuestas a desarrollar defectos. A continuación se enuncian algunas de las causas que originan la formación de corrosión:

- La corrosión externa es causada debido a un revestimiento defectuoso, condiciones de suelo extremas u otras influencias externas.
- La corrosión interna puede ser provocada por la separación de una fase de agua o del transporte de material corrosivo.
- La laminación se suscita durante el proceso de manufactura o producida por inducción de hidrógeno (atomización).

En una corrosión que se ha avanzado bastante en donde se han formado hoyos, su control es más difícil. Los hoyos se llenan de lodo, óxido, sedimento o bacterias o bien la parafina se embarra llenando los hoyos al paso de las herramientas de inspección interna (diablos instrumentados). Todo esto puede provocar la formación de celdas de corrosión galvánica debido a la diferencia entre las condiciones debajo de la basura y las condiciones prevalecientes en el fluido. Una vez iniciado este proceso, se acelera la corrosión y los hoyos llegan a ser más profundos.

## **1.6.2 CORROSIÓN FORMADA POR BACTERIAS**

Esta clase de corrosión se encuentra en la parte interior de los ductos debido a combinaciones de gas, agua y aceites; en la parte exterior por exposición marina, zonas lacustres y suelos.

La corrosión bacteriana se produce cuando se encuentran en la tubería bacterias que asimilan hidrocarburos. Las bacterias que producen ácido y las que reducen sulfatos se presentan en las tuberías utilizando hidrocarburos como nutrientes. La bacteria productora de ácido oxida parcialmente los hidrocarburos en sus inmediaciones y forma ácidos orgánicos como el ácido acético causando que el ácido ataque el metal bajo las colonias de bacteria.

Las bacterias eligen las paredes del tubo para formar sus colonias y una vez que se establecen, se protegen con una película viscosa. Esta película protege a las colonias de los inhibidores, biocidas y para que estos puedan tener efecto, hay que remover primero esta película mecánicamente con cepillos.

Las bacterias que viven en estos hoyos son un problema por la capa protectora que desarrollan además de que se protegen adicionalmente con la basura que cubre los hoyos. Las herramientas de limpieza interna o diablos con cepillos pasan sobre estos hoyos y no pueden remover la película protectora.

Una vez que este tipo de bacterias se encuentran en una tubería, la corrosión avanza aproximadamente entre 1 y 3 mm por año y no puede eliminarse con diablos ordinarios de cepillos.

### 1.6.3 ANORMALIDADES GEOMÉTRICAS

Los ductos siempre se encuentran expuestos a contraer daños geométricos, debido a que el riesgo va creciendo debidamente a la utilización de tubos de acero de alta resistencia, gran diámetro y pared delgada los cuales son propensos a la formación de dicho tipo de defectos, véase Fig. 1.6.1. Las anomalías geométricas más comunes en una tubería son: abolladuras, arrugas o pliegues y ovalación.

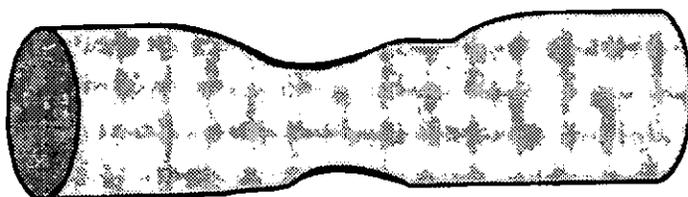


Fig. 1.6.1. Ducto con anomalías geométricas

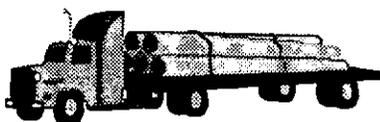
Este tipo de fallas produce en los ductos una operación insegura debido a que restringen el flujo del producto transportado e inducen la formación de zonas de sedimentación, turbulencia, erosión y corrosión. La vida útil de una línea se ve acortada por excesivos esfuerzos mecánicos localizados.

Las anomalías geométricas pueden ser localizadas y dimensionadas por medio de un instrumento de inspección interna denominado "diablo instrumentado", para detección de geometría interna. Actualmente, su uso forma parte integral en la aceptación de líneas nuevas y en el monitoreo operacional de tuberías ya existentes.

Las fallas geométricas en tuberías son debidas a muchas causas que pueden ocurrir durante:

#### Transporte y almacenamiento:

- La transportación y almacenaje de tuberías
- Manejo inadecuado



**Tendido de la tubería:**

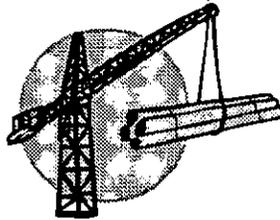
- Tendido.
- Tendido de tubería sobre o contra cimientos rocosos.
- Asentamientos no controlados en las zanjas de las tuberías.
- Tendido de líneas sobre o contra proyecciones rocosas.
- Puntos de soporte en la zanja de la tubería.
- Manejo descuidado con maquinaria pesada.
- Llenado desigual de las zanjas de las tuberías.



Durante el proceso de tendido de una línea de ductos, gran cantidad de materiales como varillas de soldadura, espaciadores, piedras, entre otras se queda dentro de la tubería. Al término de la construcción se le pide al contratista que entregue la línea limpia de todos estos materiales.

**Operación:**

- Construcciones hechas bajo tierra sobre áreas de tuberías.
- Movimientos telúricos.
- Superficies y pisos irregulares
- Deslizamientos de tuberías en precipicios.



**1.6.4. EVENTOS SOCIOECONOMICOS ORIGINADOS POR UN DUCTO MAL OPERADO**

En la actualidad existe una gran preocupación de preservar y mejorar las condiciones ambientales del mundo en que vivimos. **PEMEX Refinación**, tiene como prioridad atender lo referente a latentes impactos ambientales que puedan afectar al medio ambiente; por ello el derrame o pérdida de hidrocarburos líquidos, gaseosos o petroquímicos básicos, puede significar un problema bastante grave, si no se utilizan métodos adecuados para detectar oportunamente las fugas en los ductos. Durante los

procesos de explotación, transporte, distribución, y comercialización, pueden presentarse problemas operativos por la pérdida de productos, provocados por corrosión interior como exterior, golpes a las instalaciones por terceras partes, o bien a causa de tomas clandestinas. Los efectos que estos fenómenos pueden provocar son contaminación a los cuerpos de agua, de mantos acuíferos y alteración de la calidad del aire.

## **I.7 HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA E INSPECCIÓN INTERNA DE DUCTOS**

La limpieza interna en las tuberías es de gran importancia durante la vida útil de los ductos sin importar el producto que transporten. Para llevar a cabo esto, no solamente se necesita de un programa adecuado de limpieza, sino también la utilización de los diablos instrumentados para obtener información asociada a las condiciones en que se encuentra el ducto.

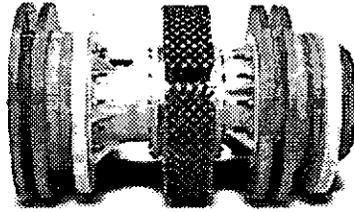
Cada línea de ductos es distinta en su diseño y trazo, dada la gran variedad de diseños de herramientas de limpieza y de diablos instrumentados que existen y que se pueden usar para muchas aplicaciones, la selección de los mismos se hace basada en factores de precio, conveniencia de operación o falta de conocimiento de cómo trabaja un diablo. Muchas veces se corren diablos inadecuados y el resultado es insatisfactorio o en el mejor de los casos incompleto.

Cuando se requiere un alto nivel de limpieza, se necesitan más de 2 ó 3 corridas con los diablos instrumentados de limpieza (herramientas con cepillos) para que el óxido o la basura tengan que transportarse a lo largo de toda la línea. Hay ocasiones en que hay que efectuar varias decenas de corridas para alcanzar el nivel de limpieza requerido.

Es muy importante tomar en cuenta que una tubería que se deja sucia puede causar serios problemas operacionales. La basura que se queda en las paredes o en el fondo puede, entre otras cosas, guardar humedad, contaminar un producto o afectar la efectividad de los inhibidores.

### **I.7.1 INSTRUMENTOS DE LIMPIEZA INTERNA DE DUCTOS**

Los elementos de un instrumento de limpieza se diseñan con un sobre diámetro para poder ejercer una presión hacia la pared del tubo, para así poder limpiarlo debido a la presión que sus elementos ejercen sobre la pared interior del ducto como se ilustra en la Fig.I.7.1.



**Fig. I.7.1 Herramienta de Limpieza Interna**

Este tipo de herramientas de limpieza se utilizan para mantenimiento de rutina, remoción de líquidos y previamente a las corridas de los diablos instrumentados. El adicionar cepillos a las herramientas de limpieza interna aumenta su capacidad limpiadora.

## **I.7.2 PROGRAMAS DE LIMPIEZA Y SELECCIÓN DE DIABLOS**

Un programa de limpieza se lleva a cabo con las herramientas adecuadas, tomando en cuenta que cada línea de ductos es única y con variables particulares. A continuación se considerarán las diferentes fases de la vida de una línea y se sugerirán diablos para cada una de estas fases:

- Construcción y puesta en marcha del tendido de una línea de ductos.
- Mantenimiento de rutina.
- Eliminación de depósitos.
- Limpieza de hoyos.

### **I.7.2.1 Mantenimiento de rutina**

El principal objetivo de correr diablos de limpieza o de mantenimiento es:

- Eliminar depósitos (sedimento, óxidos o parafina)
- Control de la corrosión

### 1.7.2.2 Eliminación de depósitos

Los depósitos en la superficie interna de un tubo reducen la eficiencia hidráulica de la tubería, pueden causar que el flujo en lugar de laminar, se transforme en turbulento. Si por ejemplo pensamos en un diámetro de 12" con una disminución en el diámetro de 5% (0.6") con un depósito liso, la pérdida de capacidad de conducción es de un 10%, pero para restaurar la capacidad de conducción se requiere un aumento de presión de mínimo un 30%. Si el depósito es rugoso, esta cifra se incrementa en mucho. Sedimentos como óxido o arena pueden favorecer un ambiente para el desarrollo de corrosión y bacteria.

La función de un diablo de mantenimiento para esta aplicación es doble: primero raspar los depósitos de la pared del tubo y segundo sacarlos del interior de la tubería. La idea es mantener la basura o parafina adelante del diablo de limpieza para poder sacarla.

La habilidad del diablo de limpieza para eliminar cualquier depósito o parafina del interior de una tubería no es necesariamente su alta capacidad, sino mas bien su capacidad de raspado, corte o empuje.

### 1.7.2.3 Limpieza de hoyos

Los diablos normales de cepillos no llegan al fondo de los hoyos para romper la capa protectora de la bacteria. La necesidad de limpiar estos hoyos ha hecho que se desarrolle un nuevo concepto de diablos de cepillos. Estas herramientas tienen un gran número de cepillos con cerdas largas y flexibles que se doblan hacia atrás cuando el diablo avanza en la tubería sobre superficie lisa y sin hoyos, pero se enderezan cuando pasan por un hoyo. Esto permite que se llegue más al fondo de los mismos eliminando la basura y arañando la capa protectora de las bacterias.

Los diablos de mantenimiento diseñados para estos trabajos son de vital importancia para tratar tuberías que presentan corrosión microbiológica como las de crudo o las de inyección de agua. Estos diablos instrumentados deben usarse en conjunto con biocidas para eliminar la bacteria expuesta.

### **I.7.3 LIMPIEZA PREVIA A CORRIDAS INSTRUMENTADAS**

Si una tubería estuviera limpia para una operación normal, que por lo general no lo está como para una corrida instrumentada y por lo tanto requiere de limpieza adicional a la efectuada en mantenimiento de rutina. Esto es necesario por varias razones:

- Los diablos instrumentados colectan mucha información.
- Son muy sensibles a los depósitos.
- Requieren de una superficie limpia para obtener óptimos resultados.
- Los depósitos afectan las señales que colectan los sensores.

Un diablo instrumentado para que desempeñe un trabajo eficiente, tiene que estar en óptimas condiciones, y para ello se necesita llevar a cabo revisiones constantes de sus componentes, en caso de que algunas partes estuviesen gastadas reemplazarlas inmediatamente.

El utilizar diablos instrumentados con partes en mal estado puede causar daños socioeconómicos porque que no se logra el propósito de los programas de limpieza y se trabaja bajo la impresión de estarlo haciendo bien.

La inspección de limpieza con diablos de mantenimiento es vital antes de realizar una corrida con diablo instrumentado para evaluar corrosión, debido a que en caso de atoramiento del equipo, se ocasionarían atrasos en los programas de inspección, además de gastos por tiempos perdidos y servicios adicionales para determinar la geométricidad de los ductos. Una de estas inspecciones, entre varias otras, comprende la determinación de anomalías geométricas.

### **I.8 SISTEMAS DE DETECCIÓN DE CORROSIÓN**

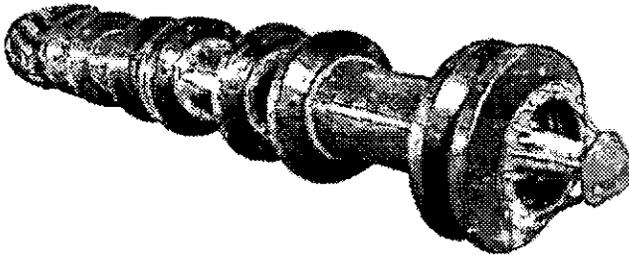
Estos sistemas están conformados por las herramientas de inspección interna que manejan tecnologías como el ultrasonido y flujo magnético, son enviadas a viajar dentro del ducto posterior a las herramientas de limpieza, su función es adquirir información referente a las paredes del ducto.

A continuación se enuncian algunas herramientas de inspección interna:

- Sistema de detección de corrosión por ultrasonido.
- Sistema de inspección de geometría interna.
- Sistema de detección de corrosión por flujo magnético

### **I.8.1 SISTEMA DE DETECCIÓN DE CORROSIÓN POR ULTRASONIDO**

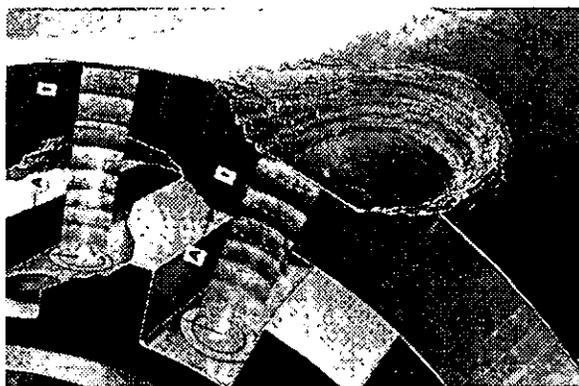
Este sistema utiliza una técnica de medición de precisión para la determinación del espesor de la pared del ducto: el ultrasonido, en el cual se determina el nivel de corrosión analizando la superficie y longitud completas de la tubería detectando puntos de corrosión con la ayuda de su red de sensores múltiples de alta sensibilidad. Véase la Fig. I.8.1.



**Fig. I.8.1 Herramienta de inspección interna ultrasónica**

Tanto en el interior como en el exterior de la tubería, la corrosión es identificada con precisión de su localización, profundidad, grado y posición empleando toda la información obtenida por el sistema ultrasónico. La información acumulada se almacena en una memoria montada en dicha herramienta.

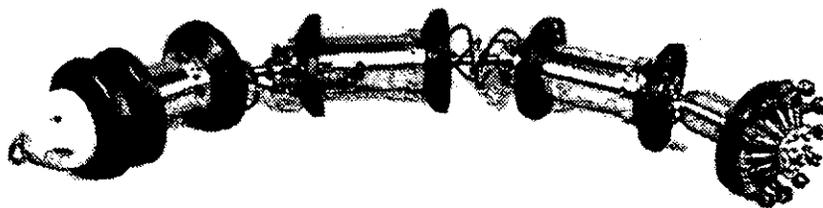
Durante la operación normal de la tubería esta técnica puede ser realizada, sin que haya alguna disminución significativa de flujo. Véase en la Fig. I.8.2 como los pulsos ultrasónicos son proyectados tanto en la superficie interior como en la exterior de la pared del ducto. Esto permite la medición en forma directa del espesor de pared de la tubería "t" y del espacio entre el sensor y la pared interna de la misma "A".



**FIG. 1.8.2** Detección de corrosión por ultrasonido

### **1.8.2 SISTEMA DE DETECCIÓN DE GEOMETRÍA INTERNA**

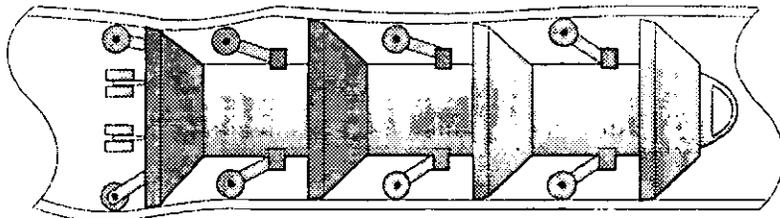
Las abolladuras en los ductos afectan la seguridad de operación ya que pueden restringir el flujo de los medios que se están transportando hasta provocar la formación de adhesiones, turbulencia, sedimentación, corrosión e hidratos. La vida útil del ducto se va reduciendo cada vez más mediante la tensión mecánica excesiva. En la Fig. 1.8.3 se muestra la herramienta que puede detectar anomalías geométricas.



**Fig. 1.8.3** Herramienta de detección de anomalías geométricas

Para la localización y medición de las desviaciones geométricas se emplea este sistema, el cual puede trabajar mientras la tubería se encuentra en operación, lo que implica una pérdida insignificante del flujo.

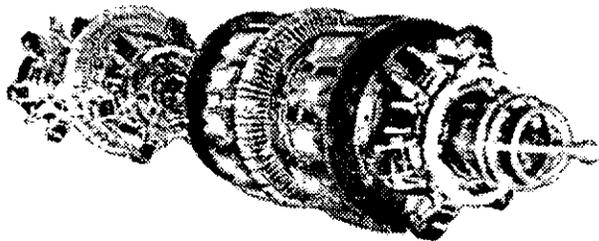
Esta herramienta puede pasar por deformaciones extremas (defectos de hasta un 25%) y debido a la alta sensibilidad de su sistema, cuenta con numerosos sensores, los cuales pueden detectar abolladuras pequeñas de hasta un 0.6%. Véase la Fig. I.8.4.



**Fig. I.8.4 Detección de Anormalidades Geométricas**

### **I.8.3 SISTEMA DE DETECCIÓN DE CORROSIÓN POR FLUJO MAGNÉTICO**

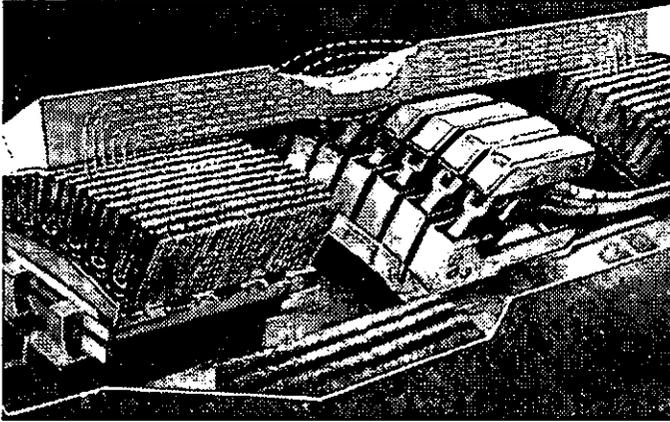
Es una herramienta que basa su funcionamiento en la dispersión de flujo magnético para la detección de corrosión tanto interna como externa en la pared del ducto, la cual registra la posición de las características del ducto, localiza y clasifica áreas de pérdida de metal desde un 10 por ciento del espesor de la pared de la tubería.



**Fig. I.8.5 Herramienta de detección de corrosión por flujo magnético**

Mientras la herramienta realiza su recorrido por la tubería, los imanes que se encuentran montados en dicha herramienta magnetizan el metal mediante escobillas de alambre que hacen contacto con la pared interna de la tubería. La densidad del flujo es inducida hasta el nivel de saturación. La alteración en el flujo magnético se produce debido al cambio en la pared de la tubería, una conexión, una soldadura o un área pérdida de metal, las cuales son medidas por los sensores y almacenadas en una unidad de

almacenamiento de información de la herramienta. Después de haber concluido lo anterior, las configuraciones características de la dispersión de flujo se interpretan, para establecer el diámetro que tiene cada defecto, ya que el flujo magnético se dispersa por ambos lados de la pared del ducto, es posible mediante el uso de sensores secundarios especiales, diferenciar entre pérdida de metal interna y externa. Véase la Fig. I.8.6.



**Fig. I.8.6** Dispersión de Flujo Magnético para detección de corrosión

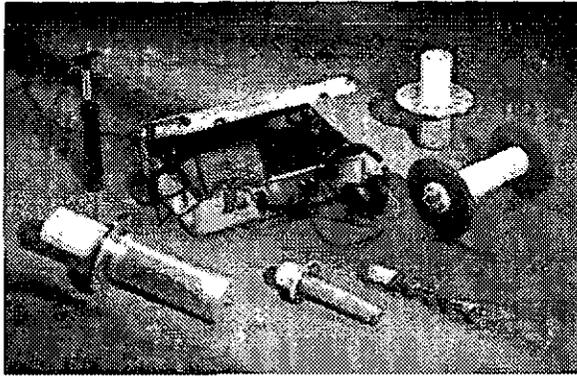
A medida que la herramienta avanza en su recorrido también se va registrando la distancia recorrida para la posición de la herramienta es registrada por las ruedas del odómetro. Para la comunicación de la orientación de la herramienta dentro de la tubería se utiliza un péndulo interno. También se emplea un sistema de marcadores superficiales que van registrando la posición de la herramienta en su paso por cada marcador.

#### **I.8.4 LOCALIZACIÓN DE DIABLOS INSTRUMENTADOS**

Durante las operaciones de inspección es probable que el diablo instrumentado quede atorado por alguna condición adversa de tal modo que sea necesario determinar en donde se quedó atorado.

Para determinar la localización de las herramientas de inspección interna se utilizan principios electromagnéticos, donde se desarrollaron emisores y receptores electrónicos que dan seguimiento al Diablo instrumentado durante el recorrido por los

ductos. En la Fig.I.8.7 siguiente se ilustran algunos elementos para la detección de la herramientas de inspección.



**Fig. I.8.7 Elementos de detección de herramientas de inspección**

Dentro de los diablos instrumentados se encuentran montados equipos electrónicos que registran y almacenan la hora de su paso además de realizar indicaciones audibles y luminosas al momento en el que hace su recorrido por los ductos. El emisor que está montado es un dispositivo autónomo, ya que no mantiene conexión con los sistemas electrónicos ni con las baterías del Diablo, lo que permite que sean utilizados en cualquier otro diablo instrumentado, incluso de limpieza.

Como sistemas auxiliares a los Diablos instrumentados, existen equipos GPS para georreferenciar puntos estratégicos sobre el terreno, los cuales sirven de apoyo al sistema de navegación inercial.

Después de que el Diablo instrumentado termina su recorrido, es recuperado, y se toman las memorias donde se almacena toda la información, dichas memorias se colocan en una computadora en donde se pueden visualizar los datos almacenados para realizar un preanálisis de los mismos y así tomarlos como válidos o no válidos.

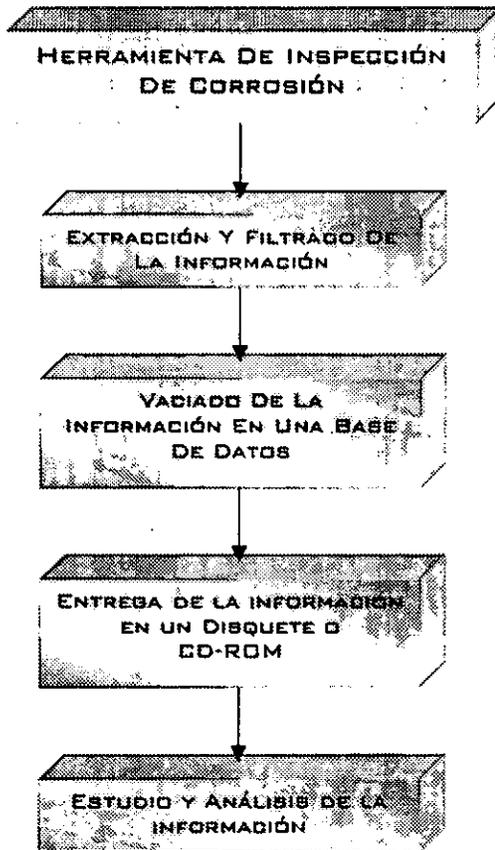
## **I.9 PRESENTACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS POR LAS HERRAMIENTAS DE INSPECCIÓN.**

Utilizando software que trabaja en ambiente Windows, los datos son almacenados en una base de datos y suministrados en un disquete o disco CD-ROM, el cual contiene información permanente del estado en que se encuentra la tubería en el momento de la

inspección. De este modo pueden estudiarse los defectos, calcularse la resistencia restante y comparar inspecciones sucesivas para elaborar una visión dinámica del proceso de envejecimiento de una tubería.

En la Fig. I.9.1 se puede observar los pasos que se siguen para la obtención de la información a partir de la herramientas de inspección.

### **Pasos De La Obtención De La Información**



**Fig. I.9.1** Formato General de la información obtenida por la herramienta de inspección

### I.10 DESCRIPCIÓN DEL CÁLCULO DE LA PRESIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN PERMISIBLE (PMOP)

Las compañías Texas Eastern Transmission Corporation y The Pipeline Research Committee de la AGA desarrollaron a finales de los años 60's un método para evaluar la tubería corroída, el cual fue denominado: "Criterio B31G".

PEMEX al igual que otras empresas comerciales emplean su propio criterio para realizar el cálculo de PMOP acorde con el Criterio B31G. Ambos criterios se aplican a la información obtenida por las herramientas de inspección de corrosión (diablos instrumentados), el cual permite establecer un criterio inicial de evaluación para las pérdidas metálicas severas. Los defectos más significativos pueden entonces ser evaluados posteriormente para establecer la decisión final sobre la necesidad de la destitución o reparación del ducto.

Las dimensiones de los defectos de pérdida de material en ductos se miden de tal forma como se ilustra en la Fig. I.9.1.

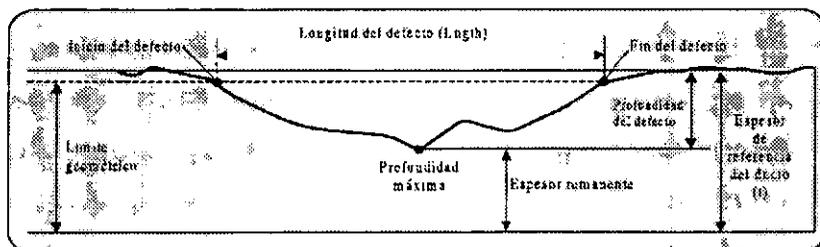


Fig. I.10.1 Dimensiones de los defectos de la pared del ducto

#### I.10.1 Características de ductos

##### Díametro Exterior (D)

Díametro Nominal (pulgadas)	Díametro Exterior (pulgadas)
4	4.500
6	6.625
8	8.625
10	10.750
12	12.750
14 a 48	Igual al diámetro nominal

**Espesor (t)**

Se refiere al grosor de la pared del ducto.

**Diámetro Interior (d)**

$$d = D - 2t \text{ (pulgadas)}$$

**Esfuerzo de Trabajo Máximo Permisible (S)**

Es el esfuerzo a la tensión más grande a que puede someterse una tubería, tomando en cuenta su resistencia, la eficiencia de la soldadura y las tolerancias de especificación, sin que sufra deformaciones permanentes, dada por la siguiente ecuación:

$$S = 0.72 ER \text{ (lb/pulg}^2\text{)}$$

donde:

- E = Eficiencia de junta soldada.
- R = Resistencia mínima especificada

**Rugosidad (e)**

Indica la condición en que se encuentran las paredes interiores del ducto, indica la medida de las protuberancias internas (pulgadas).

**Módulo de Young (E)**

Es el modulo de elasticidad del material del ducto, medida en unidades de presión (lb/pulg<sup>2</sup>).

**Localización.**

Se refiere a la clase del terreno o área por donde pase una tubería de transporte de hidrocarburo.

**I.10.2 Presión Máxima de Operación Permisible en un Ducto por Criterio PEMEX**

La presión máxima interna o presión de diseño (P\_Diseño) a la que se permitirá la operación de un ducto, se calcula con la siguiente formula:

$$P\_Diseño = (2 \cdot S \cdot fd \cdot t) / D \text{ [lb/pulg}^2\text{]}$$

Donde:

S = esfuerzo de trabajo máximo permisible (lb/pulg<sup>2</sup>)

fd = factor de diseño, será: 1.0 para clases de localización 1 y 2, y 0.833 para clases de localización 3 y 4

t = espesor de la pared del ducto (pulgadas)

D = diámetro exterior del ducto (pulgadas)

Este tipo de criterio para la evaluación de un defecto se basa principalmente en:

- Profundidad del defecto (d)
  - Longitud del defecto (L)
  - Diámetro de la tubería (D)
  - Espesor de la tubería (t)
- Defectos mayores al 70% de profundidad del espesor (0.7t) no se dejan en la tubería.
  - Defectos menores o iguales al 20% de profundidad del espesor (0.2t) se quedan en la tubería sin importar la longitud.

Los defectos con profundidades entre 20% (0.2t) y 70% (0.7t) deben ser evaluados por: Longitud del defecto y profundidad del defecto. Porque por cierta suposición durante el desarrollo del criterio B31G el avalúo del defecto varía un poco dependiendo de la profundidad del defecto.

PEMEX realiza el cálculo de la presión máxima de operación permitida PMOP [lb/pulg<sup>2</sup>] aplicando una de las dos fórmulas consideradas por el criterio B31G. La fórmula aplicada dependerá de la longitud de cada ocurrencia de pérdida metálica. Esta consideración está incorporada en la variable G definida como:

$$G = 0.893(Lngth / \sqrt{Dt})$$

Para pérdidas metálicas de poca longitud (G <= 4), la siguiente fórmula es aplicable:

$$PMOP = 1.1P_{Diseño} \left[ \frac{1 - A/Ao}{1 - (A/AoM)} \right]$$

donde

$$A/Ao = (2/3)(Dpth/t)$$

y donde

$$M = \sqrt{G * G + 1}$$

Para pérdidas de material del espesor del ducto de mayor longitud ( $G \geq 4$ ), fórmula aplicable es la siguiente:

$$2 \quad PMOP = 1.1 P_{\_Diseño} [1 - Dpth / t]$$

La nomenclatura de la fórmulas anteriores se explica a continuación:

A = perfil asumido por convención del área afecta de pérdida metálica

A<sub>0</sub> = perfil del área no afecta de pérdida metálica

Sf = factor de seguridad provisto por el cliente

SMYS[N/mm<sup>2</sup>] = esfuerzo mínimo de fluencia

Dpth [mm] = profundidad medida de la pérdida metálica

Lngh [mm] = longitud medida de la pérdida metálica

D [mm] = diámetro nominal externo

t [mm] = espesor de referencia, puede emplearse uno de los siguientes valores:

- (a) espesor de referencia medido en la vecindad del defecto
- (b) espesor nominal proporcionado por el cliente
- (c) espesor de referencia promedio medido para el carrete

El cliente confirma la opción de "V" (a, b, ó c) que será empleada en la fórmula (1 ó 2).

El cálculo del coeficiente de presión máxima de operación permitida (Coeficiente PMOP) se obtiene aplicando la siguiente fórmula a los resultados de la inspección del ducto:

$$Coeficiente\_PMOP = P\_Diseño / PMOP$$

donde

- P\_Diseño [bar]**
- (a) valor de PMOP definido por el cliente; ó
  - (b) valor de PMOP calculado en base a **P\_Diseño** tomando en cuenta el espesor de referencia medido para el tubo que presenta el defecto, y considerando las propiedades del acero; ó
  - (c) valor de PMOP calculado en base a valores de **P\_lo** proporcionados por el cliente

**PMOP [bar]** valor de presión máxima de operación permitida con la fórmula (1) ó (2); (en caso de que PMOP resulte superior a **P\_Diseño**) se asumirá que  $PMOP = P\_Diseño$ )

Cuando no se disponga de información sobre "**P\_Diseño**" en la fórmula (1) ó (2); se asumirá un valor constante para "**P\_Diseño**". En este caso, se podrá emplear el valor estimado de "**PMOP**" para proceder a calcular la presión máxima de operación permitida de manera individual para cada defecto.

### **EJEMPLO 1**

#### **Parámetros del ducto:**

**D** Diámetro externo nominal = 12" = 323 mm  
**SMYS** "Resistencia Mínima Especificada" = 52000 lb/pulg<sup>2</sup> (API 5L X52)  
**Sf** Factor de seguridad = 0.72 (asumido)

#### **Parámetros del defecto encontrado en la distancia 30813.08 m:**

**Dpth** Profundidad del defecto = 5mm  
**Lngh** Longitud axial del defecto = 443 mm  
**Wt** Espesor de pared local en la cercanía del defecto = 8.9 mm  
**Av WT** Espesor de pared de referencia, wt prom. Del carrete = 8.7 mm

#### **Cálculo de la PMOP para esta falla:**

**Paso 1.** Cálculo de la presión de diseño.

$$P\_Diseño = (2 * Sf * SMYS) / D = 2011.41 \text{ lb/pulg}^2; \quad \text{donde } t = \text{av. Wt}$$

**Paso 2.** cálculo de G.

$$G = 0.893 \left[ \frac{(L_{ngth})}{\sqrt{Dt}} \right] = 7.3 \rightarrow G > 4 \quad \text{donde } t = Wt$$

**Paso 3.** decisión sobre formular a utilizar y cálculo de presión máxima de operación permisible ( $P_{rd}$ ).

Como  $G > 4$ ,  $P_{rd}$  debe ser calculada con la siguiente fórmula

$$PMOP = 1.1 P_{Diseño} \left[ 1 - \left( \frac{Dpth}{t} \right) \right] = 969.54 \text{ lb/pulg}^2 \quad \text{donde } t = Wt$$

**Paso 4.** Cálculo del coeficiente de presión reducida ( $C_{pr}$ )

$$Coeficiente_{PMOP} = P_{Diseño} / PMOP = 2011.41 / 969.54 = 2.07$$

## **EJEMPLO 2**

**Corrida 1PXP**

**Parámetros del ducto:**

D	Diámetro externo nominal = 12" = 323 mm
SMYS	"Resistencia Mínima Especificada" = 52000 lb/pulg <sup>2</sup> (API 5L X52)
Sf	Factor de seguridad = 0.72 (asumido)

**Parámetros del defecto** encontrado en la distancia 30706.8 m:

Dpth	Profundidad del defecto = 3.2 mm
Lngth	Longitud axial del defecto = 119 mm
Wt	Espesor de pared local en la cercanía del defecto = 9.0 mm
Av WT	Espesor de pared de referencia, wt prom. Del carrete = 9.1 mm

**Paso 1.** Cálculo de la presión de diseño.

$$P_{Diseño} = (2 * Sf * SMYS) / D = 2103.89 \text{ lb/pulg}^2; \quad \text{donde } t = av. Wt$$

**Paso 2.** cálculo de G.

$$G = 0.893 \left[ \frac{(L_{ngth})}{\sqrt{Dt}} \right] = 1.96 \Rightarrow G > 4 \quad \text{donde } t = Wt$$

**Paso 3.** decisión sobre formular a utilizar y cálculo de presión máxima de operación permisible (PMOP).

Como  $G > 4$ ,  $P_{rd}$  debe ser calculada con la siguiente fórmula

$$PMOP = 1.1 P_{Diseño} \left[ \frac{1 - (A/Ao)}{1 - (A/(Ao * M))} \right] = 1978.09 \text{ lb/pulg}^2$$

donde

$$A/Ao = (2/3) * (Dpth/t), \quad M = \sqrt{G * G + 1} \quad \text{y} \quad t = Wt$$

**Paso 4.** Cálculo del coeficiente de PMOP:

$$Coeficiente_{PMOP} = P_{Diseño} / PMOP = 2103.89 / 1978.09 = 1.06$$

### 1.10.3 Presión Máxima de Operación Permisible en un Ducto por Criterio Comercial

Este tipo de criterio para la evaluación de un defecto se basa principalmente en:

- Profundidad del defecto (d)
  - Longitud del defecto (L)
  - Diámetro de la tubería (D)
  - Espesor de la tubería (t)
- 
- Defectos mayores al 80% de profundidad del espesor (0.8t) no se dejan en la tubería.
  - Defectos menores o iguales al 12.5% de profundidad del espesor (0.125t) se quedan en la tubería sin importar la longitud.

Los defectos con profundidades entre 12.5% (0.125t) y 80% (0.8t) deben ser evaluados por: Longitud del defecto y profundidad del defecto. Porque por cierta suposición durante el desarrollo del criterio B31G el avalúo del defecto varía un poco dependiendo de la profundidad del defecto.

- Para los defectos mayores al 12.5% de profundidad del espesor (0.125t) pero menores al 17.5% de profundidad del espesor (0.175t) el máximo de longitud permitida es ( $L_A$ ):

$$L_A = 4\sqrt{Dt}$$

Si la longitud permitida dada por un defecto es mas larga que la actual longitud del defecto, entonces ese defecto no es crítico. Si no, entonces el criterio B31G provee un método para calcular la presión máxima de operación permitida (PI) para ese defecto.

$$PI = 1.1 P[1-d/t]$$

- Para defectos con profundidades mayores que o igual que el 17.5% (0.175t) pero menores que el 80% (0.8t) la longitud máxima permitida ( $L_A$ ) es:

$$L_A = 1.12 \left[ \left( \frac{d/t}{1.1d/t - 0.15} \right)^2 - 1 \right]^{1/2} \sqrt{Dt}$$

Si la longitud permitida dada por un defecto es mas larga que la actual longitud del defecto, entonces ese defecto no es crítico. Si no, el criterio B31G provee un método para calcular la presión máxima de operación permitida (PMOP) para ese defecto.

$$PI = 1.1P \left[ \frac{1 - (2/3)(d/t)}{1 - (2/3)(d/t) \sqrt{1 + 8L^2 / Dt}} \right]$$

A continuación se muestran algunos ejemplos:

### **EJEMPLO 1**

24" Tubería X 0.375" Espesor  
Presión de diseño 1,100 lb/pulg<sup>2</sup>  
Defecto 12" X 0.187" profundidad

$$d/t = 0.498$$

Longitud permitida

$$L_A = 1.12 \left[ \left( \frac{d/t}{1.1(d/t) - 0.15} \right)^2 - 1 \right]^{1/2} \sqrt{Dt}$$

$$LA = 1.12 \left[ (.498) / (1.1(.498) - 0.15) - 1 \right]^{1/2} \sqrt{(24)(.375)}$$

$$LA = 2.52''$$

Defecto que excede la longitud permitida. Sin embargo nosotros debemos calcular una nueva presión de operación.

$$PMOP = 1.1P \left[ 1 - (2/3)(d/t) / \left[ 1 - (2/3)(d/t) \left( 1 / \sqrt{1 + (.8L^2 / Dt)} \right) \right] \right]$$

$$PMOP = 1.1(1100) \left[ 1 - (.66)(.498) / \left[ 1 - (.66)(.498) \left( 1 / \sqrt{1 + (.8 * 12)^2 / 24 * .375} \right) \right] \right] = 1.1(1100)(.6654 / .9702)$$

$$PMOP = 827.56 \text{ lb/pulg}^2$$

## **EJEMPLO 2**

24" Diámetro de la Tubería X 0.375" Espesor

Presión de diseño 1,100 lb/pulg<sup>2</sup>

Defecto 6" X 0.65" profundidad

$$d/t = 0.173$$

Longitud permitida

$$LA = 4\sqrt{Dt}$$

$$LA = 4\sqrt{24 * .375}$$

$$LA = 12''$$

El defecto es menor que la longitud permitida por lo que ninguna acción se requiere.

## **I.11 PROPUESTA DE UN SISTEMA INFORMÁTICO DE CÁLCULO DE PMOP Y SUS BENEFICIOS**

Para poder analizar como la profundidad de una corrosión afecta la integridad física de un ducto y del riesgo en el que se tiene que operar un ducto bajo esas condiciones se requiere de una herramienta de apoyo que permita dar a conocer la situación en que se encuentra un ducto.

Como solución a la problemática existente en los ductos de Petróleos Mexicanos se propone el diseñar e implementar un sistema informático que toma como entradas al sistema la información proveniente de las herramientas de inspección interna que contiene los valores porcentuales de corrosión interna existentes en la pared del ducto así como la presión y temperatura a la que opera y bajo este esquema proporcionar un valor de presión máxima de operación permitida (PMOP) estableciendo el estado y las condiciones de operación del ducto a ciertos parámetros de evaluación existentes.

El sistema podrá aceptar información del usuario para poder evaluar la operación del ducto como efecto de dichos cambios y determinar en que medida la operación del ducto se afectará.

Al detectarse corrosión en un ducto la presión que es soportada se ve alterada, de manera que el ducto debe de ser operado por debajo de la presión máxima que resiste, sino como se dijo anteriormente podría sufrir daños que comprometan la operación e integridad de la instalación.

Cuando es eliminada una corrosión por el cambio de sección del ducto o bien mediante mantenimiento (colocando \*PARCHES al ducto) las condiciones de operación se restablecen o bien se puede operar el ducto en otras condiciones pero siempre bajo los márgenes de seguridad. El sistema informático permitirá detectar de acuerdo a los cambios o rehabilitación del ducto si alguna corrosión ya esta o no dentro del margen seguro de operación.

### **I.11.1 BENEFICIOS DEL SISTEMA INFORMÁTICO PMOP**

El sistema Informático permitirá al usuario obtener los datos que le sean necesario de una forma ágil y confiable permitiendo sistematizar todo el proceso que se hace actualmente obteniendo los siguientes beneficios:

- El sistema informático será un apoyo en la toma de decisiones para poder tomar las acciones adecuadas a realizar.
- Permitirá establecer un valor de presión máxima de operación permisible en un ducto.
- Permitirá analizar los diferentes niveles de profundidad de corrosión que afectan la integridad física del ducto.
- Se agilizará el proceso de obtención de resultados teniéndose un mejor control de la situación en que se encuentra un ducto.

CAPÍTULO II

Diseño del Sistema  
PMOP

CAPÍTULO II



**UNAM**

# *Capítulo II*

## **II.1 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

Para el desarrollo del sistema informático PMOP se utilizó la metodología de análisis y solución al problema denominado ENALIM. Esta metodología consta de diferentes etapas:

### **II.1.1 Planteamiento del Problema.**

En esta etapa se establecen las condiciones en que se presenta el problema que se tiene actualmente y la forma de solucionarlo.

### **II.1.2 Requisitos del Sistema y el entorno de información.**

En esta etapa se contemplan los requisitos que debe satisfacer el sistema de información así como la información que es necesaria considerar para determinar el funcionamiento de nuestro sistema a desarrollar, se establecen las características de las etapas de entrada, proceso y salida del sistema.

### **II.1.3 Funcionamiento Actual.**

En esta etapa se considera la forma actual en que se está resolviendo el problema y se realiza un análisis para considerar las mejoras que debe incluir la solución.

### **II.1.4 Estructura de la Información.**

En esta etapa se considera la información a utilizar en el sistema así como su definición dentro de los diferentes módulos de programa.

## **II.2 Entradas del Sistema.**

En esta etapa se considera la información principal de entrada que necesita el sistema.

## **II.3 Salidas del Sistema.**

En esta etapa se considera la información que el sistema nos da como resultado formulando una serie de pasos para saber el significado y procedencia de dicha información. Los pasos son:

- **Restricción de la información.**  
Se determinan y definen los tipos y tamaño de las variables a utilizar en el sistema.
- **Formulación de Oraciones Compuestas y Oraciones Simples por cada Oración Compuesta.**

Se formulan o enuncian oraciones para determinar las variables principales que tienen incidencia determinante en el funcionamiento del sistema. Con ellas determinamos los campos clave y su relación dentro de las bases de datos.

Con las oraciones simples determinamos los campos comunes dentro de las bases de datos.

- **Formulación de la Tabla de Población por cada Oración Simple.**  
Se determinan las relaciones entre los diferentes campos existentes dentro de una tabla.
- **Formulación del Diagrama Enalim parcial por cada Oración Simple.**  
Se busca presentar un diagrama de la información en una forma lógica a partir del establecimiento de las oraciones simples.

#### **II.4 Cálculo de la PMOP de acuerdo a Criterio.**

En esta etapa se considera la información que la aplicación requiere como entradas obteniendo sus resultados formulando los mismos pasos enunciados en **II.3 Salidas del Sistema.**

#### **II.5 Diagrama Enalim Final.**

En esta etapa se determina toda la estructura del sistema a partir de la unión de los diagramas Enalim Parciales.

#### **II.6 Diseño Entidad Relación.**

En esta etapa se considera la representación gráfica que incorpora información relativa a los datos y su relación entre ellos.

#### **II.7 Diccionario de Datos.**

En esta etapa se realiza una recopilación del uso del tipo, alcance y función de todas las variables utilizadas en el sistema y las subrutinas que las validan.

### **II.8 Descripción de Programas.**

En esta etapa se especifican las descripciones, entradas, salidas, restricciones y mensajes utilizadas en cada módulo del sistema.

### **II.9 Módulos del Sistema.**

En esta etapa se representa en diagrama a bloques cada módulo del sistema.

### **II.10 Diseño de Pantallas.**

En esta etapa se diseñan las interfaces gráficas de entrada, proceso y salida del sistema con las que el usuario va a interactuar.

A continuación se desarrollan cada una de las etapas que conforman el sistema informático PMOP bajo el esquema ENALIM.

### **II.1.1 Planteamiento del Problema**

El Instituto Mexicano del Petróleo está desarrollando un sistema informático integral que comprende: análisis de riesgo, frecuencia de inspección, caracterización de líneas de transporte y posicionamiento geográfico de la RND, en donde uno de los múltiples módulos corresponde al cálculo de la PMOP (presión máxima de operación permisible en un ducto) con el fin de analizar como es afectada la integridad física del ducto por los diferentes niveles de profundidad de corrosión y que sirva como una herramienta de apoyo en la toma de decisiones para llevar un mejor control de operación de los ductos que operan bajo tales condiciones.

### **II.1.2 Requisitos del Sistema y el entorno de información**

Requerimientos del sistema informático:

- Ser un apoyo en la toma de decisiones.
- Permita un mejor control respecto al análisis de un ducto.
- Debe ser interactivo.
- Incluir un módulo que permita acceder información asociada a la inspección de ductos para ser evaluada por el sistema.

El sistema PMOP se conformará de las siguientes etapas:

### Sistema PMOP



### Etapa de Entrada

- Presenta una GUI (interfase gráfica de usuario) multiventanas para el acceso de información al sistema.
- A través de consultas de porcentaje de corrosión calcula la presión máxima de operación permisible (PMOP).
- Selección de datos a procesar.
- Validación de la información de entrada.
- Selección de método de cálculo a utilizar.
- Selección de fuente de datos.

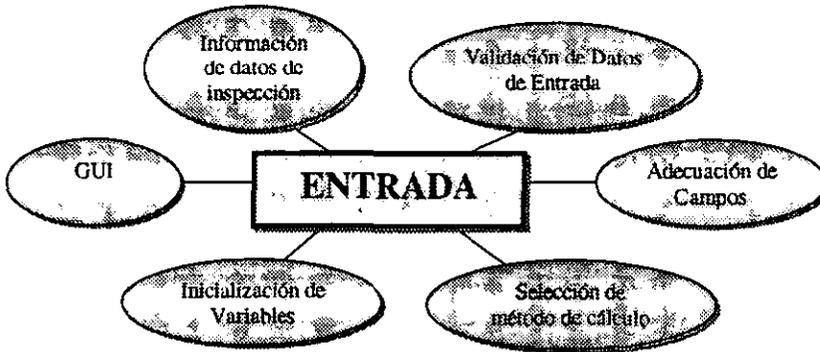


Figura II.1 Entradas del Sistema

### Etapa de Proceso

- Realiza el cálculo de la PMOP
- Permitir la extrapolación de datos para obtener un cálculo de PMOP asegurando la integridad de la información generando una base de datos alterna.
- Actualización de la base de datos alterna.
- Controles para navegar a través de la aplicación.

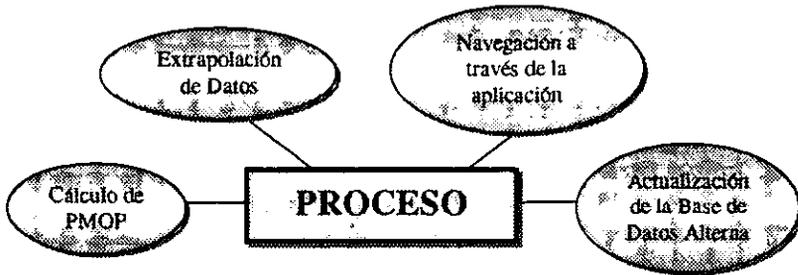


Figura II.2 Procesos del sistema

### Etapa de Salida

Como salidas del sistema se tiene:

- Despliegado de resultados en pantalla en forma numérica.
- Reportes impresos de los resultados obtenidos.
- Presentación gráfica de resultados obtenidos en pantalla.

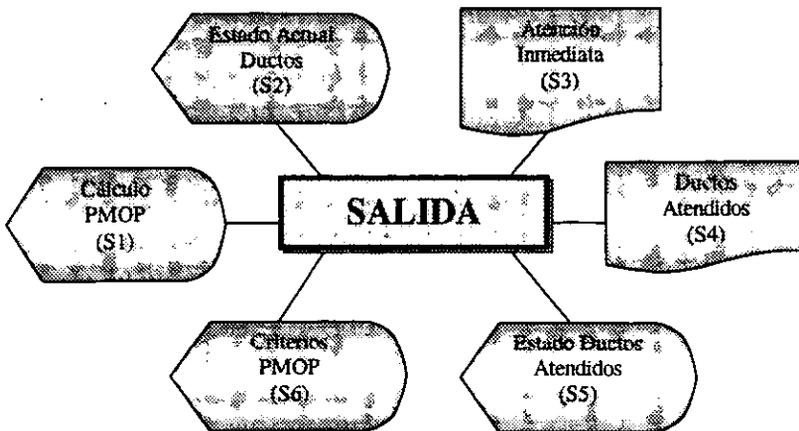


Figura II.3 Salidas del Sistema

### II.1.3 Funcionamiento Actual

El usuario calcula la PMOP apoyándose en una aplicación en Excel la cual se debe de transformar para cada tipo de archivo a utilizar y no es flexible para realizar reportes del cálculo. Para realizar el análisis de un ducto el proceso es tardado y propenso a cometer errores ya que se deben introducir constantemente datos en las celdas de la aplicación de Excel.

La salida o producto resultante del cálculo de la PMOP mediante el Sistema PMOP será un reporte textual y gráfico en pantalla así como su formato impreso que contendrá la información relevante que las características del ducto inspeccionado. Además de considerar todos los requisitos del punto II.1.2.

### II.1.4 Estructura de la Información.

Esta etapa conforma las variables que utiliza el sistema para efectos de cálculo así como la identificación de las estructuras de datos para el manejo de la información, para su identificación nos basamos en el formato de datos procesados que se obtiene de las herramientas de inspección

#### II.1.4.1 Adecuación de la Información para el Sistema PMOP

Debido a que la aplicación en Excel utilizada contiene información innecesaria para el sistema PMOP, se realiza un filtro de la información generándose un archivo en Access con formato \*.mdb, el cual será la entrada principal al sistema.



**Figura II.4 Filtrado de la Información**

La siguiente tabla II.1 contiene la información filtrada que fue obtenida de la inspección interna de ductos en formato de Excel comprendiendo los nombres de los campos que son considerados para ser redefinidos en el archivo en Access propio del sistema PMOP.

ITEM #	Fecha	Región	Distancia [km]	Diam Ext [-]	F Diseño	F Junta	SYMS [lb/polg <sup>2</sup> ]	Esp. Local [mm]	Esp Rem [mm]	% Corrosión	Prof Cort [mm]	Long Corr [mm]	Corrosión Tipo	Flujo [MSB]	GDTE [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tranqsa Envío-Recibo
1	09/01/2000	Poza Rica	10.53	12	0.833	1.000	52000	9.0	8.1	39	2.8	361	Int	70.00	149.5	Poza Rica- V.S. San Diego
2	09/01/2000	Poza Rica	24.52	12	1.00	1.000	52000	8.0	8.2	18	7.8	10	Int	70.00	147.0	Poza Rica- V.S. San Diego
3	09/01/2000	Poza Rica	31.49	12	0.833	1.000	52000	8.0	7.9	60	1.4	236	Mid	70.00	147.0	Poza Rica- V.S. San Diego
4	09/01/2000	Poza Rica	33.48	12	1.00	1.000	52000	9.0	8.5	27	3.2	315	Int	70.00	144.7	Poza Rica- V.S. San Diego
5	09/01/2000	Poza Rica	41.25	12	0.833	1.000	52000	8.9	60	59	4.4	438	Ext	70.00	743.3	Poza Rica- V.S. San Diego
6	09/01/2000	Poza Rica	53.74	12	0.833	1.000	52000	8.9	9.0	71	8.6	17	Ext	70.00	743.4	Poza Rica- V.S. San Diego
7	09/01/2000	Poza Rica	55.25	12	1.00	1.000	52000	8.9	8.7	41	3.4	360	Int	70.00	147.0	Poza Rica- V.S. San Diego
8	09/01/2000	Poza Rica	56.85	12	1.00	1.000	52000	9.0	8.9	29	3.1	523	Mid	70.00	149.5	Poza Rica- V.S. San Diego
9	09/01/2000	Poza Rica	59.33	12	1.00	1.000	52000	9.0	8.8	42	4	441	Ext	70.00	147.0	Poza Rica- V.S. San Diego
10	09/01/2000	Poza Rica	59.90	12	0.833	1.000	52000	9.0	8.7	41	3.5	591	Int	70.00	147.0	Poza Rica- V.S. San Diego
11	09/01/2000	V.S. San Diego	60.23	12	0.833	1.000	52000	9.0	8.5	14	0.9	652	Int	70.00	144.7	Poza Rica- V.S. San Diego
12	09/01/2000	V.S. San Diego	62.40	12	1.00	1.000	52000	8.8	8.8	52	4.8	298	Mid	70.00	743.3	Poza Rica- V.S. San Diego
13	09/01/2000	V.S. San Diego	62.58	12	0.833	1.000	52000	9.5	9.0	30	3.9	785	Ext	70.00	147.0	Poza Rica- V.S. San Diego
14	09/01/2000	V.S. San Diego	64.65	12	0.833	1.000	52000	9.4	9.2	25	2.7	256	Ext	70.00	147.0	Poza Rica- V.S. San Diego
15	09/01/2000	V.S. San Diego	72.71	12	1.00	1.000	52000	9.2	8.9	40	4	655	Mid	70.00	144.7	Poza Rica- V.S. San Diego
16	09/01/2000	V.S. San Diego	78.15	12	1.00	1.000	52000	8.9	8.8	20	3.4	159	Int	70.00	743.3	Poza Rica- V.S. San Diego

Tabla II.1 Información en Excel de registros de corrosión.

La siguiente tabla muestra la redefinición y el significado de las variables a utilizar en el sistema PMOP resultando el archivo en Access.

CAMPO	Referencia del Campo
No_Arch	Número del archivo que contiene los datos de la herramienta de inspección interna.
Fecha Inspección	Fecha en la que fue inspeccionado el ducto por la herramienta de inspección.
Región	Región donde se encuentra localizado el ducto.
Distancia [km]	Indica la distancia en metros registrada por la herramienta de inspección interna donde se encuentra el ducto.
Diam_Ext ["]	Diámetro Exterior Nominal del ducto en pulgadas.
Porc_Corrosión	Porcentaje de pérdida de material por corrosión en la pared del ducto.
F_Diseño	Factor de diseño del ducto.
SYMS [lb/pulg <sup>2</sup> ]	Esfuerzo mínimo de fluencia en libras sobre pulgadas cuadradas
Esp [mm]	Espesor de referencia de la pared del ducto en milímetros en la localidad corroída.
Esp_Rem [mm]	Espesor remanente en milímetros detectado en el punto más profundo de la corrosión.
Prof_Corr [mm]	Profundidad de la corrosión en milímetros.
Long_Corr [mm]	Longitud de la corrosión en milímetros.
Corrosión_Tipo	tipo de corrosión:    int = descrita como interna ext = descrita como externa mid = dentro de la pared metálica
Trampa_Envío-Recibo	Lugar donde la herramienta de inspección interna comenzó y termino su recorrido.
PMOP [lb/pulg <sup>2</sup> ]	Presión máxima de operación permisible en libras sobre pulgada Cuadrada.

La siguiente información se añade al archivo de Access para efectos de cálculo de la PMOP de acuerdo al criterio utilizado.

Observación	Acción a realizar de acuerdo al resultado del cálculo de PMOP en un ducto: Sin Problema    Corrosión < 20 % de Pérdida de material o corrosión. Crítico    20% <= Corrosión < 40% SEVERO    40% <= Corrosión < 70% ACCIÓN INMEDIATA ( Corrosión >= 70%)
BW	Soldado a tope en horno
ERW	Soldado por resistencia eléctrica
S	Sin costura
DSA	Soldado por arco sumergible doble

## II.2 ENTRADA DEL SISTEMA

A partir de la información inicial en Excel y aplicando una adecuación de información obtenemos un archivo en Access con formato MDB el cual contendrá una Tabla con registros de medición de Corrosión en Ductos que denominaremos "RegCorrosion" que es la entrada de información primaria al sistema PMOP. En la tabla II.2 se presenta los Registros de Medición de Corrosión.

No. Reg	Fecha Inspección	Región	Distancia [km]	Diam Ext ["]	F Dicción	SYMS [lb/pulg <sup>2</sup> ]	Esp. Local [mm]	Esp. Rem [mm]	% Corrosión	Prof. Corr [mm]	Long. Corr [mm]	Corrosión Tipo	Transm. Envío Recibo
0901011	09/01/2001	Poza Rica	10.53	12	0.833	52000	9.0	8.1	39	2.8	361	Int	Poza Rica - V.S. San Diego
0901012	09/01/2001	Poza Rica	24.52	12	1.00	52000	8.0	8.2	18	7.8	10	Int	Poza Rica - V.S. San Diego
0901013	09/01/2001	Poza Rica	31.49	12	0.833	52000	8.0	7.9	60	1.4	236	Mid	Poza Rica - V.S. San Diego
0901014	09/01/2001	Poza Rica	33.48	12	1.00	52000	9.0	8.5	27	3.2	315	Int	Poza Rica - V.S. San Diego
0901015	09/01/2001	Poza Rica	41.25	12	0.833	52000	8.9	6.0	59	4.4	438	Ext	Poza Rica - V.S. San Diego
0901016	09/01/2001	Poza Rica	53.74	12	0.833	52000	8.9	9.0	71	8.6	17	Ext	Poza Rica - V.S. San Diego
0901017	09/01/2001	Poza Rica	55.25	12	1.00	52000	8.9	8.7	41	1.4	360	Int	Poza Rica - V.S. San Diego
0901018	09/01/2001	Poza Rica	56.85	12	1.00	52000	9.0	8.9	29	3.1	523	Mid	Poza Rica - V.S. San Diego
0901019	09/01/2001	Poza Rica	59.33	12	1.00	52000	9.0	8.8	42	4	441	Ext	Poza Rica - V.S. San Diego
09010110	09/01/2001	Poza Rica	59.90	12	0.833	52000	9.0	8.7	41	3.5	591	Int	Poza Rica - V.S. San Diego
09010111	09/01/2001	V.S. San Diego	60.23	12	0.833	52000	9.0	8.5	14	0.9	652	Int	Poza Rica - V.S. San Diego
09010112	09/01/2001	V.S. San Diego	62.40	12	1.00	52000	8.8	8.8	32	4.8	298	Mid	Poza Rica - V.S. San Diego
09010113	09/01/2001	V.S. San Diego	62.58	12	0.833	52000	9.5	9.0	30	1.9	785	Ext	Poza Rica - V.S. San Diego
09010114	09/01/2001	V.S. San Diego	64.65	12	0.833	52000	9.4	9.2	25	3.7	256	Ext	Poza Rica - V.S. San Diego
09010115	09/01/2001	V.S. San Diego	72.71	12	1.00	52000	9.2	8.9	40	4.8	655	Mid	Poza Rica - V.S. San Diego
09010116	09/01/2001	V.S. San Diego	78.15	12	1.00	52000	8.9	8.8	20	3.4	159	Int	Poza Rica - V.S. San Diego

Tabla II.2 Registros de Medición de Corrosión en formato Access.

### II.3 SALIDAS DEL SISTEMA

Las salidas del sistema estarán conformadas por una tabla llamada Resultados PMOP, una gráfica que permita ver los resultados del cálculo de la PMOP obtenidos en la tabla y un reporte impreso de dichos resultados.

#### II.3.1 Cálculo de PMOP

El Reporte de Resultados PMOP contendrá la información resultante del cálculo de presión máxima de operación permisible mostrando la situación en que se encuentra cada ducto como se muestra a continuación:

No_Reg	Fecha Inspección	Región	Distancia [km]	PMO [lb/pulg <sup>2</sup> ]	Observación
0901011	09/01/2001	Poza Rica	10.53	1419.08	Critico
0901012	09/01/2001	Poza Rica	24.52	1983.98	Sin Problema
0901013	09/01/2001	Poza Rica	31.49	-----	ACCIÓN INMEDIATA
0901014	09/01/2001	Poza Rica	33.48	1657.50	Critico
0901015	09/01/2001	Poza Rica	41.25	771.52	SEVERO
0901016	09/01/2001	Poza Rica	53.74	-----	ACCIÓN INMEDIATA
0901017	09/01/2001	Poza Rica	55.25	1367.30	SEVERO
0901018	09/01/2001	Poza Rica	56.85	1483.79	Critico
0901019	09/01/2001	Poza Rica	59.33	1243.32	SEVERO
09010110	09/01/2001	Poza Rica	59.90	1352.11	SEVERO
09010111	09/01/2001	V.S. San Diego	60.23	1945.52	Sin Problema
09010112	09/01/2001	V.S. San Diego	62.40	1017.26	SEVERO
09010113	09/01/2001	V.S. San Diego	62.58	1349.21	Critico
09010114	09/01/2001	V.S. San Diego	64.65	1667.66	Critico
09010115	09/01/2001	V.S. San Diego	72.71	1279.32	SEVERO
09010116	09/01/2001	V.S. San Diego	78.15	1833.13	Critico

Tabla II.3 Salida en Pantalla de los Resultados Obtenidos.

#### II.3.1.1 Salida Gráfica:

La gráfica obtenida contendrá la información resultante de la tabla de Cálculo de PMOP, donde se podrá visualizar que registros de ductos se encuentran en el rango permisible de operación (por debajo de la línea de presión ideal) y cuáles no (por encima de la línea de presión ideal) como se muestra en la Figura II.5.

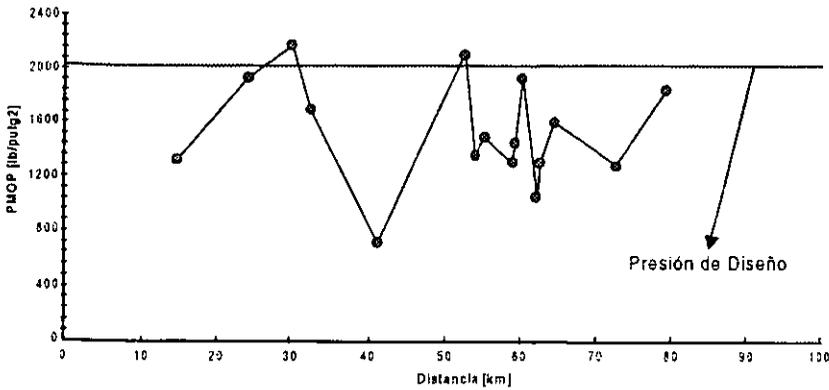


Figura II.5 Gráfica de Cálculo de PMOP

II.3.1.2 Reporte impreso de Cálculo de PMOP:

El reporte impreso contendrá la información determinante sobre el estado y la acción a tomar con respecto al ducto como se muestra en la Figura II.6.

 REPORTE DE PMOP					20/012000
No_Reg	Fecha Inspección	Región	Distancia [km]	PMO [lb/pulg²]	Observación
0901011	09/01/2001	Poza Rica	10.53	1419.08	Critico
0901012	09/01/2001	Poza Rica	24.52	1983.98	Sin Problema
0901013	09/01/2001	Poza Rica	31.49	-----	ACCIÓN INMEDIATA
0901014	09/01/2001	Poza Rica	33.48	1657.50	Critico
0901015	09/01/2001	Poza Rica	41.25	771.52	SEVERO
0901016	09/01/2001	Poza Rica	53.74	-----	ACCIÓN INMEDIATA
0901017	09/01/2001	Poza Rica	55.25	1367.30	SEVERO
0901018	09/01/2001	Poza Rica	56.85	1483.79	Critico
0901019	09/01/2001	Poza Rica	59.33	1243.32	Critico
09010110	09/01/2001	Poza Rica	59.90	1352.11	SEVERO
09010111	09/01/2001	V.S. San Diego	60.23	1945.52	Sin Problema
09010112	09/01/2001	V.S. San Diego	62.40	1017.26	SEVERO
09010113	09/01/2001	V.S. San Diego	62.58	1349.21	Critico
09010114	09/01/2001	V.S. San Diego	64.65	1667.66	Critico
09010115	09/01/2001	V.S. San Diego	72.71	1279.32	SEVERO
09010116	09/01/2001	V.S. San Diego	78.15	1833.13	Critico

Figura II.6 Reporte de los Resultados de PMOP.

### II.3.2 Restricciones para Cálculo de PMOP

La tabla de Cálculo PMOP contendrá la información resultante del cálculo de presión máxima de operación permisible. A continuación se muestran las restricciones o limitaciones de cada campo:

ATRIBUTOS DE RESULTADOS DE LA TABLA CÁLCULO DE PMOP	
•	El campo <b>No_Reg</b> debe ser única.
•	El campo <b>No_Reg</b> debe ser de 15 caracteres.
•	El campo <b>Fecha_Inspección</b> debe ser de 8 caracteres.
•	El campo <b>Región</b> debe ser de 8 caracteres.
•	El campo <b>Distancia_[km]</b> debe ser de 10 caracteres.
•	El campo <b>PMOP_[lb/pulg<sup>2</sup>]</b> debe ser de 8 caracteres.
•	El campo <b>Observación</b> debe ser de 18 caracteres.

#### II.3.2.1 Oración Compuesta para Cálculo de PMOP

- El registro con **No\_Reg** = 0901011 indica que el ducto que fue inspeccionado en la **Fecha** del 09/01/99 en la **Región** de Poza Rica, en la **Distancia\_[km]** de 10.530, tiene como resultado una **PMOP\_[lb/pulg<sup>2</sup>]** de 1419.08, con una **Observación** de SEVERA.

#### II.3.2.2 Oración Simple para Cálculo de PMOP

- El registro con **No\_Reg** = 0901011 indica que el ducto que fue inspeccionado en la **Fecha** del 09/01/99 en la **Región** de Poza Rica, en la **Distancia\_[km]** de 10.530, tiene como resultado una **PMOP\_[lb/pulg<sup>2</sup>]** de 1419.08, con una **Observación** de SEVERA.

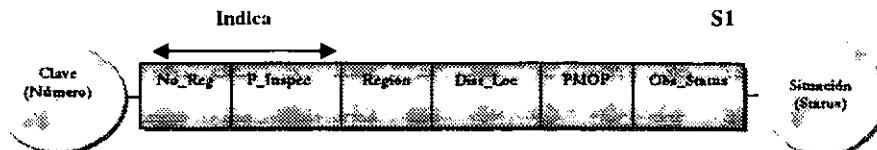
#### II.3.2.3 Tabla de Población para Cálculo de PMOP

- El registro con **No\_Reg** = 0901011 indica que el ducto que fue inspeccionado en la **Fecha** del 09/01/99 en la **Región** de Poza Rica, en la **Distancia\_[km]** de 10.530, tiene como resultado una **PMOP\_[lb/pulg<sup>2</sup>]** de 1419.08, con una **Observación** de SEVERA.

Indica

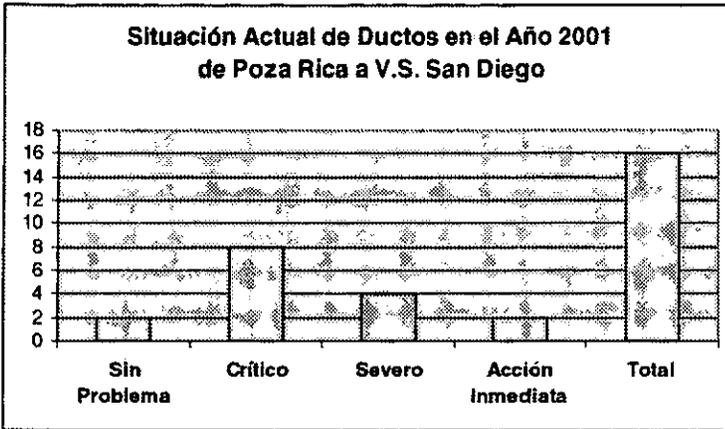
Clave	Fecha	Lugar	Distancia	Medida	Situación
Número	DD/MM/AAAA	Region	Km	[lb/pulg <sup>2</sup> ]	Status
No_Reg	F_Inspec	Región	Dist_Loc	PMOP	Obs_Status
0901011	09/01/2000	Poza Rica	10.53	905.75	Critico
0901012	09/01/2000	Poza Rica	24.52	992.25	Sin Problema
0901013	09/01/2000	Poza Rica	31.49	-----	ACCIÓN INMEDIATA
0901014	09/01/2000	Poza Rica	33.48	833.26	Critico
0901015	09/01/2000	Poza Rica	41.25	716.04	SEVERO
0901016	09/01/2000	Poza Rica	53.74	-----	ACCIÓN INMEDIATA
0901017	09/01/2000	Poza Rica	55.25	856.18	SEVERO
0901018	09/01/2000	Poza Rica	56.85	900.92	Critico
0901019	09/01/2000	Poza Rica	59.33	895.63	Critico
09010110	09/01/2000	Poza Rica	59.90	705.36	SEVERO
09010111	09/01/2000	V.S. San Diego	60.23	925.45	Sin Problema
09010112	09/01/2000	V.S. San Diego	62.40	735.90	SEVERO
09010113	09/01/2000	V.S. San Diego	62.58	899.15	Critico
09010114	09/01/2000	V.S. San Diego	64.65	905.55	Critico
09010115	09/01/2000	V.S. San Diego	72.71	775.44	SEVERO
09010116	09/01/2000	V.S. San Diego	78.15	897.68	Critico

II.3.2.4 Diagrama ENALIM para Cálculo de PMOP



II.3.3 Reporte Estadístico Cuantitativo sobre el Estado Actual de los Ductos.

El presente reporte contiene información de cuantos ductos fueron analizados y cuantos de ellos en que estado se encuentran como se muestra a continuación:



Gráfica de Estadística Cuantitativa Sobre la Condición de los Ductos

II.3.3.1 Restricciones para Estado Actual Ductos.

**ATRIBUTOS PARA ESTADO ACTUAL DUCTOS**

- Sin Problema <= Total
- Crítico <= Total
- Severo <= Total
- Acción Inmediata <= Total
- Total = Sin Problema + Crítico + Severo + Acción Inmediata

II.3.3.2 Oración Compuesta para Estado Actual Ductos

➤ La gráfica de estadística cuantitativa sobre el estado de los ductos nos indica que de un Total de 16 ductos que fueron inspeccionados en la Fecha 01/09/2000 desde Trampa\_Envío-Recibo Poza Rica a V.S. San Diego del cual se obtuvieron 2 ductos con observación de SIN PROBLEMA, 8 ductos con observación Crítico, 4 ductos con observación de Severo, 2 ductos con observación de Acción Inmediata.

**II.3.3.3 Oración Simple para Estado Actual Ductos.**

- La gráfica de estadística cuantitativa sobre el estado de los ductos nos indica que de un **Total** de 16 ductos que fueron inspeccionados en la **Fecha** 01/09/2000 desde **Trampa\_Envío-Recibo** Poza Rica a V.S. San Diego del cual se obtuvieron 2 ductos con observación de **SIN PROBLEMA**, 8 ductos con observación **Crítico**, 4 ductos con observación de **Severo**, 2 ductos con observación de **Acción Inmediata**.

**II.3.3.4 Tabla de Población para Estado Actual Ductos.**

- La gráfica de estadística cuantitativa sobre el estado de los ductos nos indica que de un **Total** de 16 ductos que fueron inspeccionados en la **Fecha** 01/09/2000 desde **Trampa\_Envío-Recibo** Poza Rica a V.S. San Diego del cual se obtuvieron 2 ductos con observación de **SIN PROBLEMA**, 8 ductos con observación **Crítico**, 4 ductos con observación de **Severo**, 2 ductos con observación de **Acción Inmediata**.

**Indica**

Situación	Situación	Situación	Situación	Situación
Status	Status	Status	Status	Status
Cant_Sinprob	Cant_Critico	Cant_Severo	Cant_Inmediata	Cant_Total
2	8	4	2	16

**II.3.3.5 Diagrama Enalim Parcial para Estado Actual Ductos.**



**II.3.4 Reporte de Atención Inmediata.**

El presente reporte comprenderá información de aquellos ductos que requieren ser reemplazados como se muestra a continuación:

 <b>REPORTE DE ATENCIÓN INMEDIATA</b>				
				05/02/2000
				<b>1er. Informe</b>
<b>De:</b>	Geofísica de	Exploración y	Producción	
<b>Para:</b>	Gerencia de	Geofísica de Exp.	y Producción	
<b>Ductos</b>	de: 12"	Trampa Envío -	Recibo: Poza Rica -	V.S. San Diego
No_Reg	Fecha	Región	Distancia_ [km]	Observación
0901013	09/01/2000	Poza Rica	31.49	ACCIÓN INMEDIATA
0901016	09/01/2000	Poza Rica	53.74	ACCIÓN INMEDIATA

**Figura II.7 Reporte para Aquellos Ductos que Requieren ser Reemplazados.**

### II.3.4.1 Restricciones para Atención Inmediata.

ATRIBUTOS PARA ATENCIÓN INMEDIATA
• Sólo aquellos ductos con Observación = Acción Inmediata
• El campo No_Reg debe ser de 6 caracteres.
• El campo Fecha debe ser de 8 caracteres.
• El campo Región debe ser de 8 caracteres.
• El campo Distancia_[m] debe ser de 10 caracteres.
• El campo Observación debe ser de 18 caracteres.

### II.3.4.2 Oración Compuesta para Atención Inmediata.

1. En la fecha del 05/02/2000 se envía el Reporte de Atención Inmediata para aquellos Ductos de: 12" de diámetro que necesitan de atención inmediata de la inspección realizada desde Trampa Envío-Recibo: Poza Rica V.S. San Diego, que será enviado por parte De: Geofísica de Exploración y Producción Para: Gerencia de Geofísica de Exploración y Producción, el cual presenta que el No\_Reg = 0901013 creado en la Fecha 09/01/2000 en la Región de Poza Rica en la Distancia\_[km] 31.49 se encuentra un ducto que tiene una Observación de Acción Inmediata.

### II.3.4.3 Oraciones Simples para Atención Inmediata

1. En la fecha del 05/02/2000 se envía el Reporte de Atención Inmediata para aquellos Ductos de: 12" de diámetro que necesitan de atención inmediata de la inspección realizada desde Trampa Envío-Recibo: Poza Rica V.S. San Diego, que será enviado por parte De: Geofísica de Exploración y Producción Para: Gerencia de Geofísica de Exploración y Producción.
2. El Reporte de Atención Inmediata presenta que el No\_Reg = 0901013 enviado en la Fecha 09/01/2000 en la Región de Poza Rica en la Distancia\_[km] 31.49 se encuentra un ducto que tiene una Observación de Acción Inmediata.

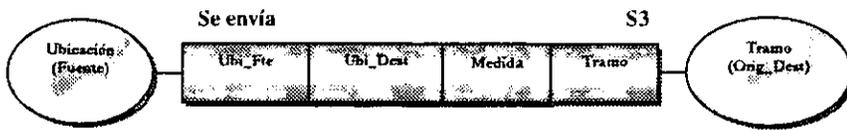
### II.3.4.4 Tabla de Población para la Oración Simple 1.

1. En la fecha del 05/02/2000 se envía el Reporte de Atención Inmediata para aquellos Ductos de: 12" de diámetro que necesitan de atención inmediata de la inspección realizada desde Trampa Envío-Recibo: Poza Rica V.S. San Diego, que será enviado por parte De: Geofísica de Exploración y Producción Para: Gerencia de Geofísica de Exploración y Producción.

Se envía

Ubicación	Ubicación	Medida	Tramo
Fuente	Destino	Pulgadas	Orig_Dest
Ubi_Frc	Ubi_Dest	Diam	Tramo_Inspec
Geofísica de Exploración y Producción	Gerencia de Geofísica de Exploración y Producción	12"	Poza Rica-V.S. San Diego

II.3.4.5 Diagrama Enalim Parcial para la Oración Simple 1.



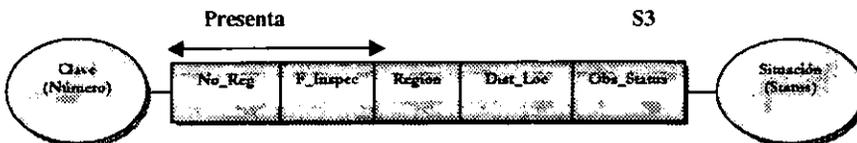
II.3.4.6 Tabla de Población para la Oración Simple 2.

2. El Reporte de Atención Inmediata presenta que el No\_Reg = 0901013 enviado en la Fecha 09/01/2000 en la Región de Poza Rica en la Distancia\_[km] 31.49 se encuentra un ducto que tiene una Observación de Acción Inmediata.

Presenta

Clave	Fecha	Lugar	Distancia	Situación
Número	DD/MM/AAAA	Region	Km	Status
No_Reg	F_Inspec	Región	Dist_Loc	Obs_Status
0901013	09/01/2000	Poza Rica	31.49	Acción Inmediata
0901016	09/01/2000	Poza Rica	53.74	Acción Inmediata

II.3.4.7 Diagrama Enalim Parcial para la Oración Simple 2.



II.3.5 Reporte de Ductos Atendidos.

El presente reporte comprenderá información de aquellos ductos que fueron atendidos como se muestra a continuación:



REPORTE DUCTOS ATENDIDOS					
De: Gerencia de Geofísica de Exp. y Producción					27/02/2000
Para: Geofísica de Exploración y Producción					
Ductos de: 12" Trampa Envío - Recibo: Poza Rica - V.S. San Diego					
No_Reg	Fecha de Atención	Región	Distancia_ [km]	Observación	Atendido
0901013	26/02/2000	Poza Rica	31.49	ACCIÓN INMEDIATA	Si
0901016	26/02/2000	Poza Rica	53.74	ACCIÓN INMEDIATA	Si

Figura II.8 Resorte de Ductos que han sido Atendidos.

II.3.5.1 Restricciones para Ductos Atendidos.

- ATRIBUTOS PARA DUCTOS ATENDIDOS**
- Sólo aquellos ductos con Observación = Acción Inmediata
  - Fecha <= 30 días de la confirmación del ducto que se encuentra dañado.

**II.3.5.2 Oración Compuesta para Ductos Atendidos.**

1. En la fecha del 27/02/2000 se envía el Reporte Atención de Ductos para aquellos **Ductos** de: 12" de diámetro que fueron atendidos en el tramo de **Trampa Envío-Recibo**: Poza Rica -V.S. San Diego, el cual será enviado por parte **De**: Gerencia de Geofísica de Exploración y Producción **Para**: Geofísica de Exploración y Producción, el cual presenta que el ducto con **No\_Reg** = 0901013 fue **Atendido** en la **Fecha** 26/02/2000 en la **Región** de Poza Rica en la **Distancia\_[km]** 31.49 que se encontraba un ducto que tenía como **Observación** Acción Inmediata.

**II.3.5.3 Oraciones Simples para Ductos Atendidos.**

1. En la fecha del 27/02/2000 se envía el Reporte Atención de Ductos para aquellos **Ductos** de: 12" de diámetro que fueron atendidos en el tramo de **Trampa Envío-Recibo**: Poza Rica- V.S. San Diego, el cual será enviado por parte **De**: Gerencia de Geofísica de Exploración y Producción **Para**: Geofísica de Exploración y Producción.
2. El Reporte Atención de Ductos presenta que el ducto con **No\_Reg** = 0901013 fue **Atendido** en la **Fecha** 26/02/2000 en la **Región** de Poza Rica en la **Distancia\_[km]** 31.49 que se encontraba un ducto que tenía como **Observación** Acción Inmediata.

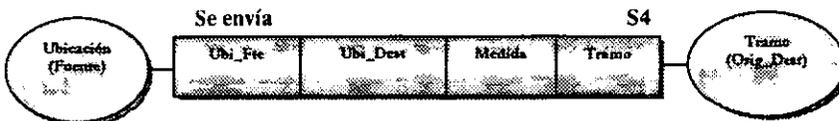
**II.3.5.4 Tabla de Población para la Oración Simple 1.**

1. En la fecha del 27/02/2000 se envía el Reporte Atención de Ductos para aquellos **Ductos** de: 12" de diámetro que fueron atendidos en el tramo de **Trampa Envío-Recibo**: Poza Rica- V.S. San Diego, el cual será enviado por parte **De**: Gerencia de Geofísica de Exploración y Producción **Para**: Geofísica de Exploración y Producción.

Se envía

Ubicación	Ubicación	Medida	Tramo
Fuente	Destino	Pulgadas	Orig_Dest
Ubi_Fie	Ubi_Dest	Diam	Tramo_Inspc
Gerencia de Geofísica de Exploración y Producción	Geofísica de Exploración y Producción	12"	Poza Rica-V.S. San Diego

**II.3.5.5 Diagrama Enalim Parcial para la Oración Simple.**



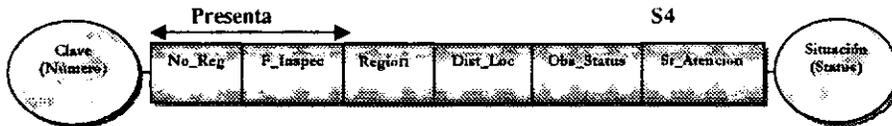
**II.3.5.6 Tabla de Población para la Oración Simple 2.**

2. El Reporte Atención de Ductos presenta que el ducto con **No\_Reg = 0901013** fue **Atendido** en la Fecha 26/02/2000 en la **Región de Poza Rica** en la **Distancia\_[km]** 31.49 que se encontraba un ducto que tenía como **Observación** Acción Inmediata.

Presenta

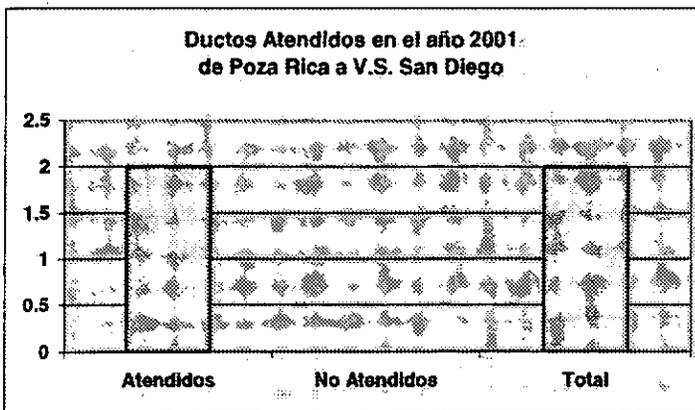
Clave	Fecha	Lugar	Distancia Localizada	Observación	Situación
Número	DD/MM/AAAA	Region	Km	Status	Status
No_Reg	F_Inspec	Región	Dist_Loc	Obs_Status	St_Atencion
0901013	09/01/2000	Poza Rica	31.49	Acción Inmediata	Si
0901016	09/01/2000	Poza Rica	53.74	Acción Inmediata	Si

**II.3.5.7 Diagrama Enalim Parcial para la Oración Simple.**



**II.3.6 Reporte Estadístico Cuantitativo Estado Ductos Atendidos.**

El presente reporte contiene información de cuantos ductos fueron atendidos y cuantos de ellos no han sido como se muestra a continuación:



**Gráfica de Estadística Cuantitativa de Ductos Atendidos**

II.3.6.1 Restricciones para Estado Ductos Atendidos.

ATRIBUTOS PARA ESTADO DUCTOS ATENDIDOS	
•	$\text{Atendidos} \leq \text{Total}$
•	$\text{No Atendidos} \leq \text{Total}$
•	$\text{Total} = \text{Atendidos} + \text{No Atendidos}$

II.3.6.2 Oración Compuesta para Estado Ductos Atendidos.

➤ La gráfica de estadística cuantitativa sobre ductos atendidos indica que de un total de 2 ductos fueron **Atendidos** 2 con 0 **No Atendidos** en la fecha 26/02/2000 de la inspección que se hizo de **Trampa\_Envío-Recibo** Poza Rica - V.S. San Diego.

II.3.6.3 Oración Simple para Estado Ductos Atendidos.

➤ La gráfica de estadística cuantitativa sobre ductos atendidos indica que de un total de 2 ductos fueron **Atendidos** 2 con 0 **No Atendidos** en la fecha 26/02/2000 de la inspección que se hizo de **Trampa\_Envío-Recibo** Poza Rica - V.S. San Diego.

II.3.6.4 Tabla de Población para Estado Ductos Atendidos.

➤ La gráfica de estadística cuantitativa sobre ductos atendidos indica que de un total de 2 ductos fueron **Atendidos** 2 con 0 **No Atendidos** en la fecha 26/02/2000 de la inspección que se hizo de **Trampa\_Envío-Recibo** Poza Rica - V.S. San Diego.

Indica		
Situación	Situación	Situación
Status	Status	Status
Cant_Aten	Cant_Noaten	Cant_Total
2	0	2

II.3.6.5 Diagrama Enalim Parcial para Estado Ductos Atendidos.



## II.4 CÁLCULO DE PMOP DE ACUERDO A CRITERIO

### II.4.1 Criterio Comercial

Es el criterio utilizado por la mayoría de las compañías dedicadas a servicios de inspección interna de ductos. De la información obtenida por las herramientas de inspección interna de ductos, el usuario puede seleccionar la de interés para realizar cálculos y determinar la presión máxima de operación permisible de acuerdo a este criterio.

El criterio comercial entre otros factores contempla la forma tamaño y profundidad de la corrosión para la determinación de la PMOP.

Este criterio se específico en el capítulo I en la sección 9 donde se establecen las variantes para realizar el cálculo de la PMOP de acuerdo a la comparación entre la longitud permitida y la longitud del defecto.

### II.4.2 Entradas para Criterio Comercial

Las entradas para el cálculo de PMOP Criterio Comercial serán proporcionadas por el usuario.

- Diámetro de la Tubería [": 24
- Espesor de la Tubería [": 0.375
- Presión de Diseño [lb/pulg<sup>2</sup>]: 1100
- Distancia [km]: 12.35
- % de Corrosión : 15
- Longitud de Corrosión [": 12
- Profundidad de Corrosión [": 0.190

#### II.4.2.1 Restricciones para las Entradas de Criterio Comercial

##### ATRIBUTOS DE LAS ENTRADAS DEL CRITERIO COMERCIAL

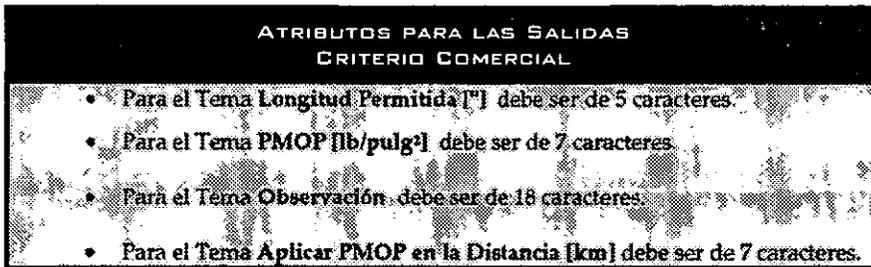
- Sólo se admiten números con punto decimal

### II.4.3 Salidas en Pantalla para Criterio Comercial

- Longitud Permitida ["] = 2.48
- PMOP [lb/pulg<sup>2</sup>] = 829.8
- Observación : Sin problema, Crítica, Severa, Inmediata
- Aplicar PMOP en la Distancia [km] : 12.35.

#### II.4.3.1 Restricciones para Criterio Comercial

La salida en pantalla mostrara los resultados de la consulta o cálculos de la presión máxima de operación permisible. A continuación se muestran las restricciones o limitaciones de cada campo:



#### II.4.3.2 Oración Compuesta para Criterio Comercial

- Se obtuvo como resultado para la corrosión una Longitud Permitida ["] de 2.48 y una presión máxima de operación permitida PMOP [lb/pulg<sup>2</sup>] de 829.8, donde se aplicará Aplicar PMOP en la Distancia [km] 12.35, la cual presenta una Observación Crítica.

#### II.4.3.3 Oración Simple para cálculo de PMOP Criterio Comercial

- Se obtuvo como resultado para la corrosión una Longitud Permitida ["] de 2.48 y una presión máxima de operación permitida PMOP [lb/pulg<sup>2</sup>] de 829.8, donde se aplicará Aplicar PMOP en la Distancia [km] 12.35, la cual presenta una Observación Crítica.

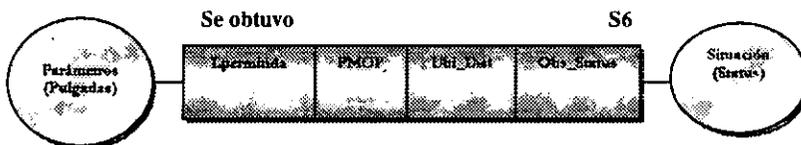
#### II.4.3.4 Tabla de Población para Criterio Comercial

- Se obtuvo como resultado para la corrosión una **Longitud Permitida** ["] de 2.48 y una presión máxima de operación permitida **PMOP** [lb/pulg<sup>2</sup>] de 829.8, donde se aplicará **Aplicar PMOP en la Distancia** [km] 12.35, la cual presenta una **Observación Crítica**.

Se obtuvo

Parámetros	Presión Obtenida	Distancia	Situación
Pulgadas	[lb/pulg <sup>2</sup> ]	Km	Status
LPermitida	PMOP	Ubi_Dist	ObsStatus
2.48	829.80	12.35	Crítica
12	689.43	17.48	Severa
5.8	1095.15	20.67	Sin Problema
3.5	506.93	22.84	Acción Inmediata

#### II.4.3.5 Diagrama Enalim para Criterio Comercial



#### II.4.4 Cálculo de PMOP Criterio PEMEX

PEMEX-REFINACIÓN cuenta con método para el cálculo de la PMOP apagándose al conocimiento de las características del ducto y de la corrosión presente en el punto determinado. Las características involucradas en el cálculo de la PMOP fueron consideradas en el capítulo I.9.

##### II.4.4.1 Entradas para Criterio PEMEX

Las entradas para el cálculo de PMOP Criterio PEMEX serán proporcionadas por el usuario.

**Factor de Junta Soldada longitudinal E**

- No. de Especificación : ASTM A53
- Clase de Tubería : Sin Costura
- Factor de Diseño : 1.00

**Resistencia Mínima especificada en la Cedencia**

- Grado : X52
- Especificación : API 5L
- Tipo (1) : ERW, S, DSA
- RMEC (lb/pulg<sup>2</sup>) : 52000

**Parámetros del Ducto**

- % de Corrosión : 20
- Distancia [km] : 44.78
- Diámetro Nominal ["] : 12
- Profundidad [mm] : 4
- Longitud de Corrosión [mm] : 441
- Espesor de Pared Local en la cercanía de la Corrosión [mm] = 9.0
- Espesor de pared de Referencia [mm] : 8.8

**II4.4.2 Restricciones para Entradas Criterio PEMEX**

A continuación se muestran las restricciones o limitaciones de cada campo:

**ATRIBUTOS PARA EL FACTOR DE JUNTA  
SOLDADA LONGITUDINAL E**

- Sólo se puede elegir opciones de acuerdo al No. de Especificación de la Tabla II.4.

**ATRIBUTOS PARA LA RESISTENCIA MÍNIMA  
ESPECIFICADA A LA CEDENCIA**

- Sólo se puede elegir opciones de acuerdo al Grado de la Tabla II.5.

ATRIBUTOS PARA LOS PARÁMETROS DEL DUCTO

• Solo se admiten números con punto decimal.

FACTOR DE JUNTA SOLDADA LONGITUDINAL

No. de Especificación	Clase de Tubería	Factor de Diseño
ASTM 53	Sin Costura	1.00
	Soldado por Resistencia Eléctrica	1.00
	Soldado a Tope en Horno Soldadura Continua	0.60
ASTM A106	Sin Costura	1.00
ASTM A134	Soldado por Fusión de Arco Eléctrico	0.80
ASTM A135	Soldado por Resistencia Eléctrica	1.00
ASTM A139	Soldado por Fusión Eléctrica	0.80
ASTM A211	Tubo de Acero Soldado en Espiral	0.80
ASTM A333	Sin Costura	1.00
	Soldado por Resistencia Eléctrica	1.00
ASTM A381	Sin Costura	1.00
ASTM A671	Soldado por Fusión Eléctrica	1.00
	Clases 13, 23, 33, 43, 53	0.80
	Clases 12, 22, 32, 42, 52	1.00
ASTM A672	Soldado por Fusión Eléctrica	1.00
	Clases 13, 23, 33, 43, 53	0.80
	Clases 12, 22, 32, 42, 52	1.00
API 5L*	Sin Costura	1.00
	Soldado por Resistencia Eléctrica	1.00
	Soldado por Centello (Flash)	1.00
	Soldado por Arco Sumergido	1.00
	Soldado a Tope en Horno	0.60

Tabla II.4 Tipos de Soldadura para un Ducto.

**RESISTENCIA MÍNIMA ESPECIFICADA**

<i>Grado</i>	<i>Especificación</i>	<i>Tipo</i>	<i>RMEC (lb/pulg<sup>2</sup>)</i>
A25	API 5L	BW, ERW, S	25000
A	API 5L	ERW, S, DSA	30000
B	API 5L	ERW, S, DSA	25000
X42	API 5L	ERW, S, DSA	42000
X46	API 5L	ERW, S, DSA	46000
X52	API 5L	ERW, S, DSA	52000
X56	API 5L	ERW, S, DSA	56000
X60	API 5L	ERW, S, DSA	66000
X65	API 5L	ERW, S, DSA	65000
X70	API 5L	ERW, S, DSA	70000
X80	API 5L	ERW, S, DSA	80000
X80	API 5L	ERW, S, DSA	-80000

**Tabla II.5 Tipos de Resistencia Mínima de Presión para un Ducto**

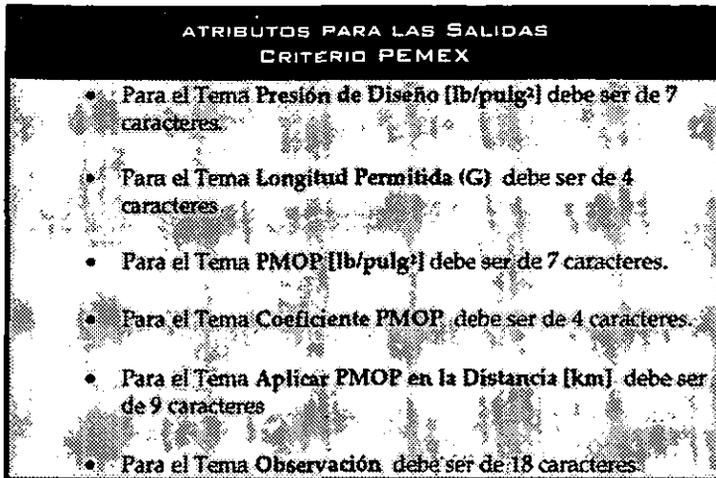
**II.4.5 Salidas para Criterio PEMEX**

La salida en pantalla mostrara los resultados de la consulta o cálculos de la presión máxima de operación permisible de este criterio.

- Aplicar PMOP en la Distancia [km] = 44.78
- Presión de Diseño [lb/pulg<sup>2</sup>] / [bar] = 2034.53
- Longitud Permitida (G) = 7.3
- PMOP [lb/pulg<sup>2</sup>] = 1243.32
- Coeficiente PMOP = 1.64
- Observación = Crítico

#### II.4.5.1 Restricciones para salidas Criterio PEMEX

A continuación se muestran las restricciones o limitaciones de cada campo:



#### II.4.5.2 Oración Compuesta para Criterio PEMEX.

- Se obtuvo como resultado de la corrosión una Presión de Diseño [lb/pulg<sup>2</sup>] de 2035.53, con una Longitud Permitida (G) de 7.3, donde se aplicará una PMOP [lb/pulg<sup>2</sup>] de 1243.32 y un Coeficiente PMOP de 1.64 en Aplicar PMOP en la Distancia [km] 44.78 que presenta una Observación Crítico.

#### II.4.5.3 Oración Simple para Criterio PEMEX.

- Se obtuvo como resultado de la corrosión una Presión de Diseño [lb/pulg<sup>2</sup>] de 2035.53, con una Longitud Permitida (G) de 7.3, donde se aplicará una PMOP [lb/pulg<sup>2</sup>] de 1243.32 y un Coeficiente PMOP de 1.64 en Aplicar PMOP en la Distancia [km] 44.78 que presenta una Observación Crítico.

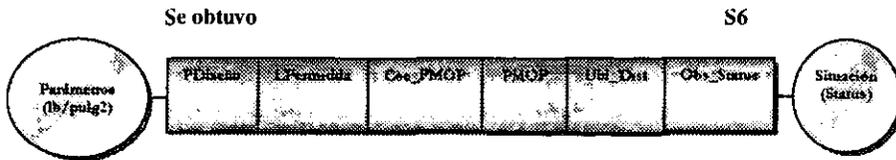
#### II.4.5.4 Tabla de Población para Criterio PEMEX.

- Se obtuvo como resultado de la corrosión una Presión de Diseño [lb/pulg<sup>2</sup>] de 2035.53, con una Longitud Permitida (G) de 7.3, donde se aplicará una PMOP [lb/pulg<sup>2</sup>] de 1243.32 y un Coeficiente PMOP de 1.64 en Aplicar PMOP en la Distancia [km] 44.78 que presenta una Observación Crítico.

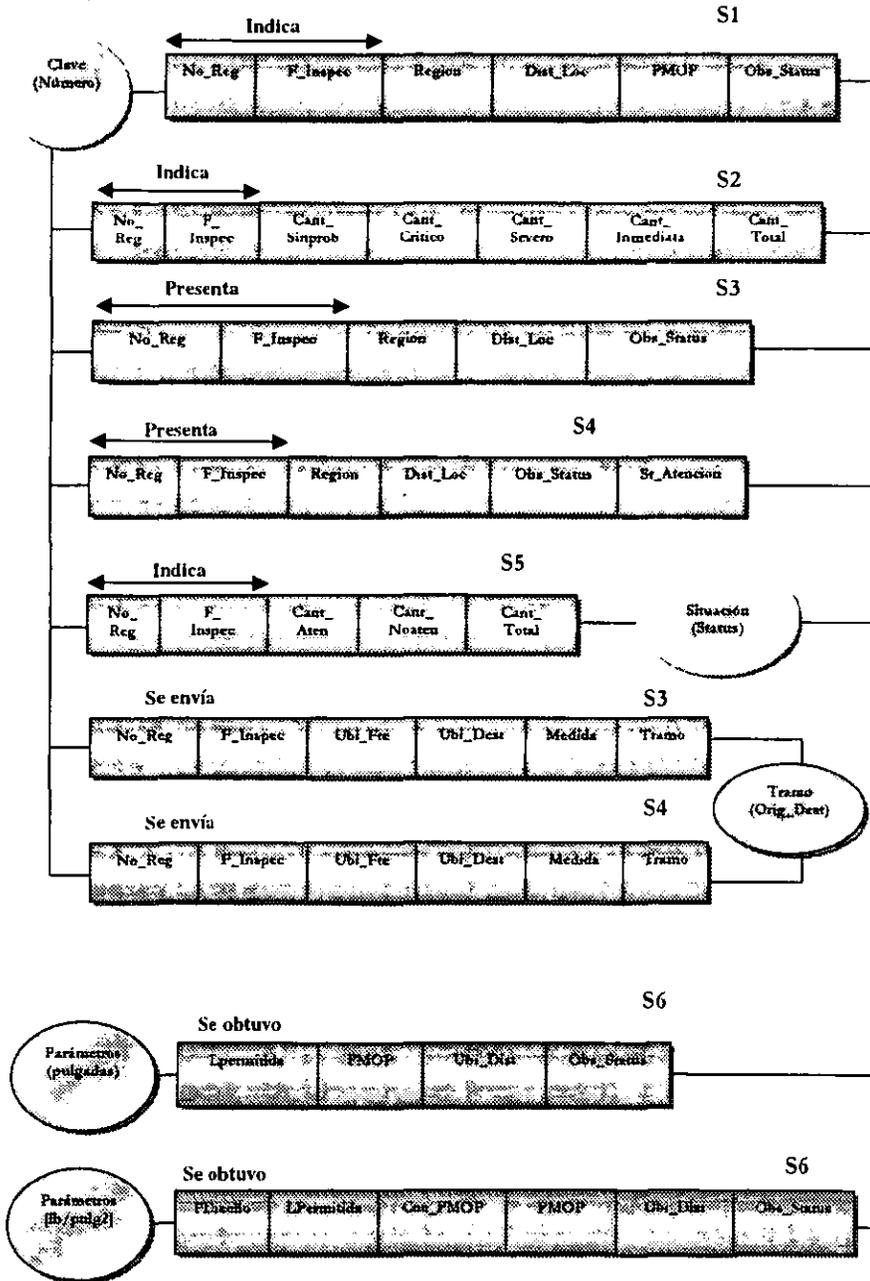
Se obtuvo

Parámetros	Longitud Permitida	Coefficiente de Presión	Presión	Distancia	Situación
[lb/pulg <sup>2</sup> ]	Pulgadas	[lb/pulg <sup>2</sup> ]	[lb/pulg <sup>2</sup> ]	Km	Status
PDiseño	LPermitida	CocPMOP	PMOP	Ubi_Dist	ObsStatus
2034.53	4.07	1.32	1533.89	44.78	Crítico
2104	1.92	4.11	2011	53.15	Sin Problema
2011.41	5.98	1.47	1367.30	53.28	Severo
1849.57	9.92	2.37	778.64	54.05	Acción Inmediata

II.4.5.5 Diagrama ENALIM para Criterio PEMEX.

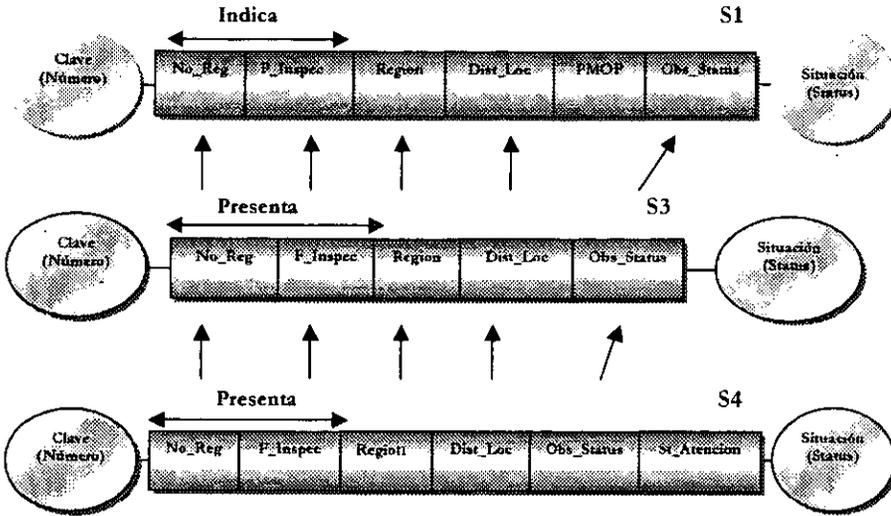


II.5 Diagrama Enalim Final del Sistema PMOP

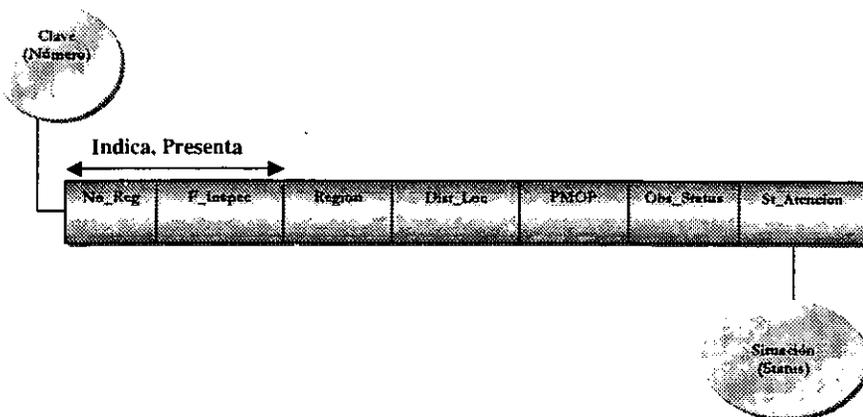


II.5.1 Normalización del Diagrama Enalim Final

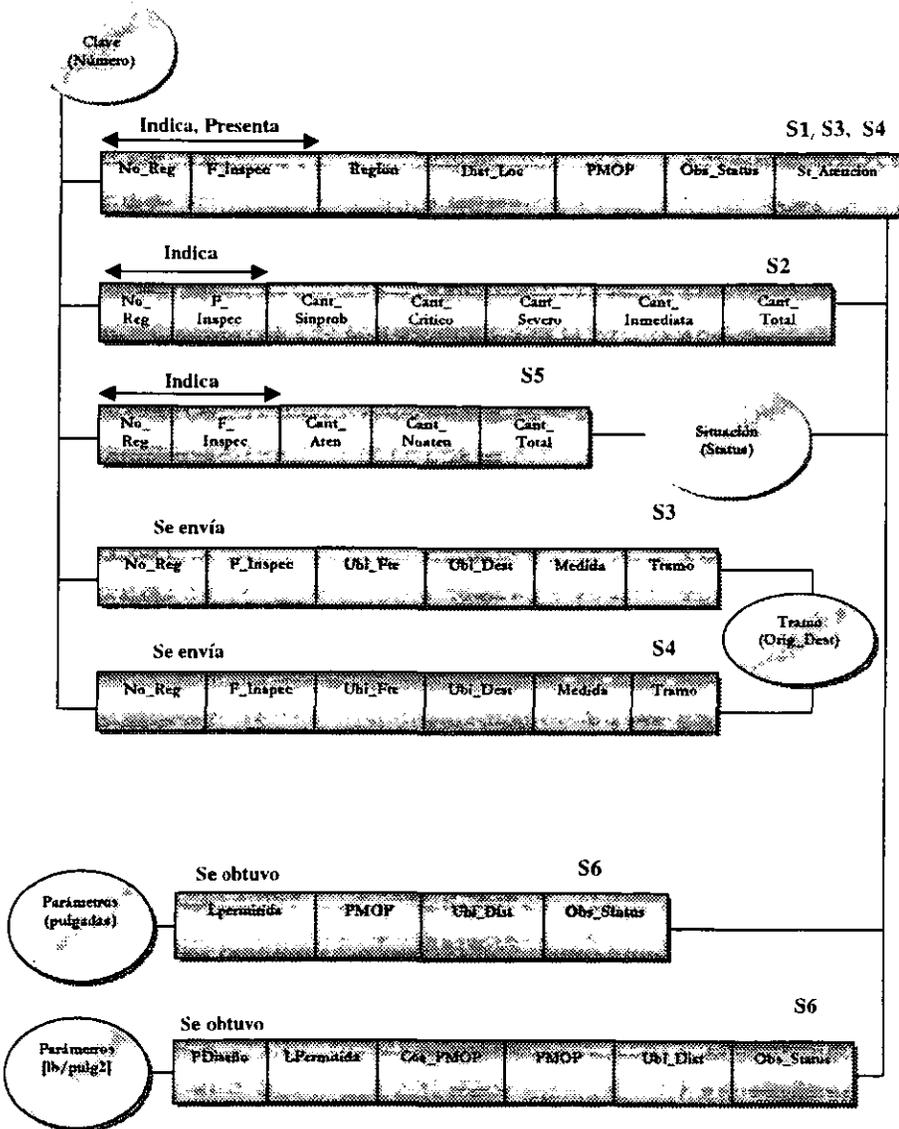
Puede observarse en los diagramas Enalim Parcial de Cálculo de PMOP (S1), Atención Inmediata (S2) y Ductos Atendidos (S3) que los elementos: No\_Reg, F\_Inspec, Region, Dist\_Loc, PMOP y Obs\_Status son comunes en dichos diagramas, como se muestra a continuación.:



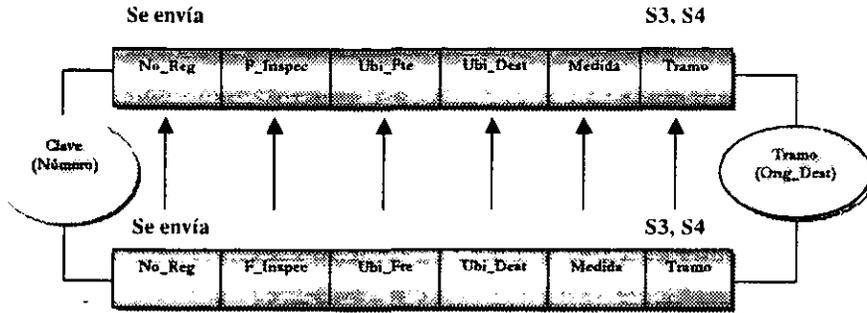
Por lo tanto los diagramas se simplifican obteniéndose el siguiente diagrama Enalim Parcial:



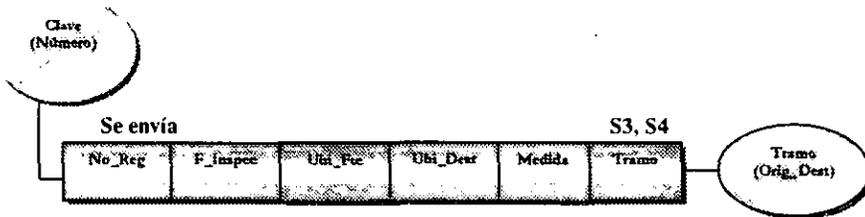
El diagrama quedaría de la siguiente manera:



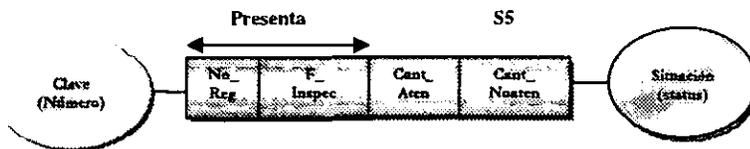
Puede observarse en el diagrama anterior que los diagramas Enalim Parcial de Atención Inmediata (S3) y Ductos Atendidos (S4) que los elementos: Ubi\_Fte, Medida, Tramo y Ubi\_Dest también son comunes y por lo tanto se simplifican:



El diagrama Enalim Parcial quedaría de la siguiente forma:



Para el diagrama Enalim Parcial de Estado Ductos Atendidos el elemento: Cant\_Total se elimina por que es el resultado de una operación interna del sistema quedando solamente el siguiente diagrama Enalim Parcial:

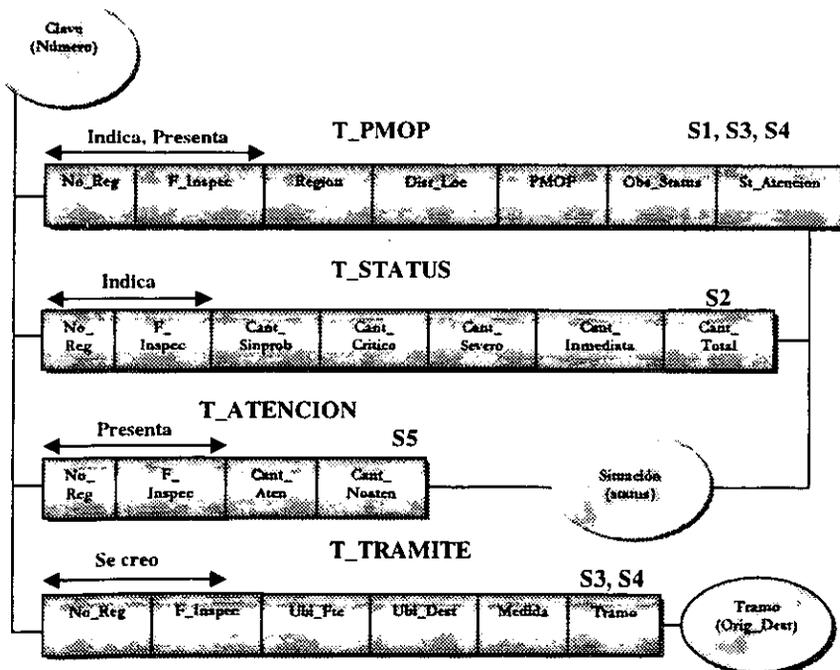


Observación:

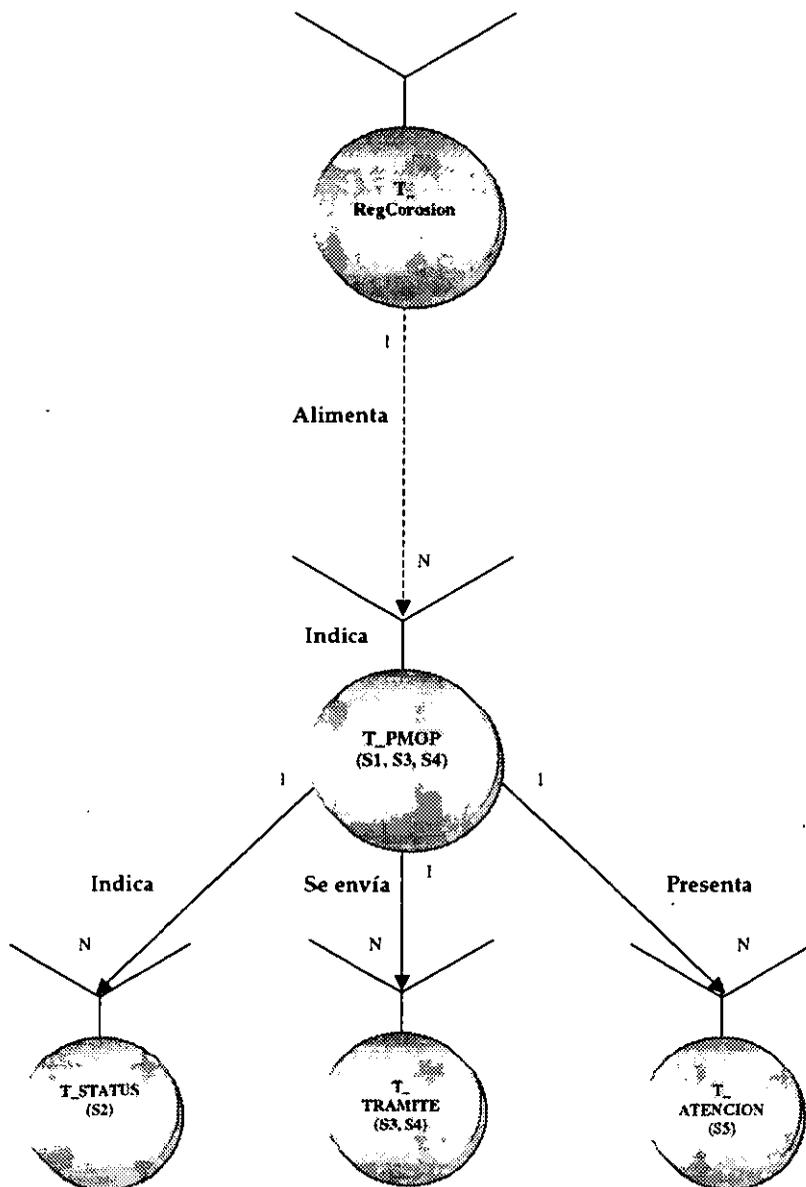
Para los diagramas Enalim Parcial de Estado Actual Ductos (S2), Atención Inmediata (S3), Ductos Atendidos (S4) y Estado Ductos Atendidos (S5) se les agregan los elementos **No\_Reg** y **F\_Inspec** debido a que estos reportes se obtienen de dichos elementos.

Para los diagramas Enalim Parcial de Criterio Comercial (S6) y Criterio PEMEX (S6) se descartan para la depuración del diagrama Enalim Final Depurado porque solo se tomarán en cuenta aquellos diagramas Enalim Parcial que contengan en su información una Entidad-Relación.

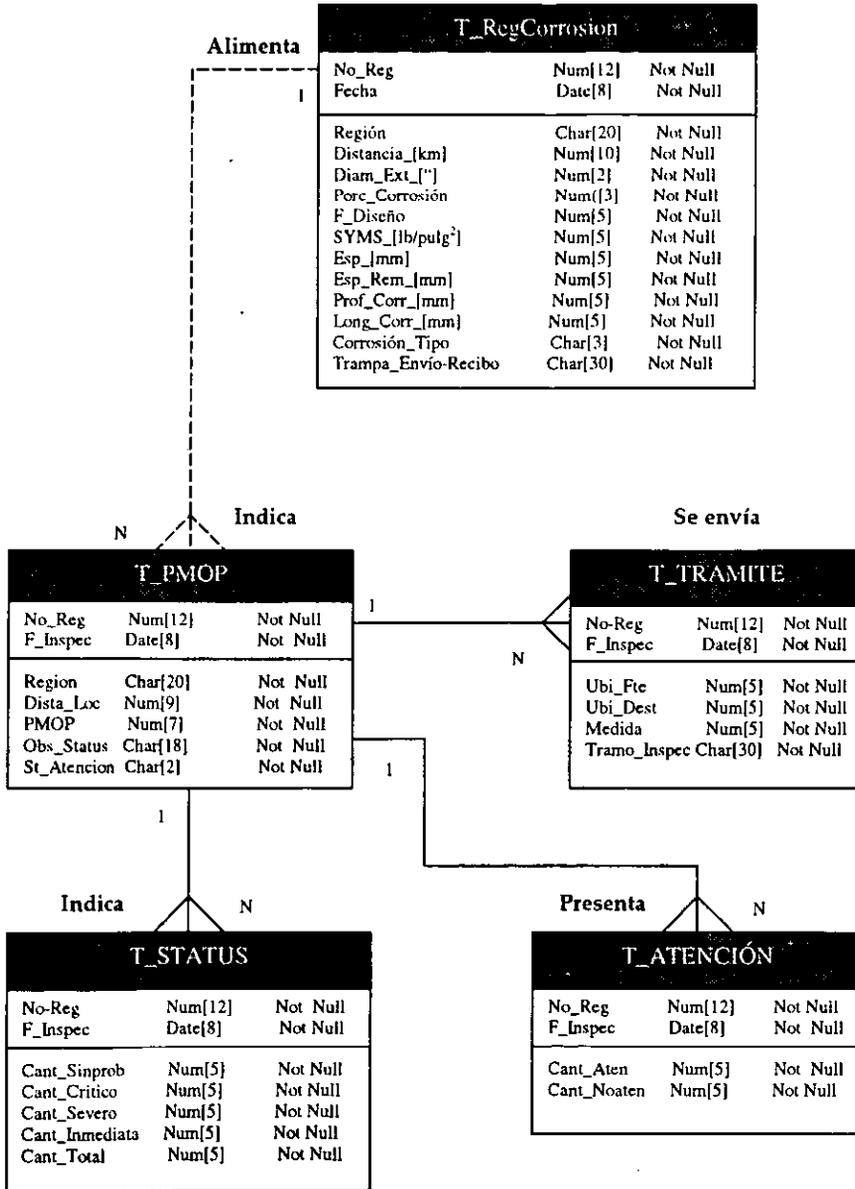
II.5.2 Diagrama Enalim Final Depurado



II.6 Diseño Entidad Relación



II.6.1 Diagrama Entidad-Relación



## II.7 DICCIONARIO DE DATOS

## II.7.1 Para la Tabla RegCorrosion

Sec	Nombre	Llave	Descripción	Tipo	Long	Validación	Mensaje	Subrutina	Tabla
1	NO_REG	PRIM	IDENTIFICA EL NÚMERO O CLAVE DEL REGISTRO	NUM (ENTERO)	12	NUM(12) = DDMMANNNNNNN DD<=31, MM<=12, AA<=99 0-9 >0 ≤ 999999	LLAVE INCORRECTA	SUBNOREG	REG CORROSION
2	FECHA INSPECCIÓN	---	INDICA LA FECHA EN QUE FUE INSPECCIONADO EL DUCTO	DATE	8	DATE(8) = DD/MM/AA DD = DIA MM = MES AA = AÑO	DATO INCORRECTO	SUBFECHA	REG CORROSION
3	REGIÓN	---	REGIÓN DONDE SE ENCUENTRA LOCALIZADO EL DUCTO	CHAR	20	CHAR(20) = A-Z	DATO FUERA DE RANGO	SUBREGION	REG CORROSION
4	DISTANCIA	---	DISTANCIA REGISTRADA POR LA HERRAMIENTA DE INSPECCIÓN	NUM (PUNTO FLOTANTE)	10	NUM(9) = NNNNNN.NN 0-9 > 0 ≤ 9999999.99	DATO FUERA DE RANGO	SUBDISTANCIA	REG CORROSION
5	DIAM_NOM_["]	---	DIÁMETRO EXTERNO NOMINAL EN PULGADAS	NUM (ENTERO)	2	NUM(2) = NN 0-9 4 ≤ 48	DATO FUERA DE RANGO	SUBDIAM NOM	REG CORROSION
6	PORC_CORROSION	---	PORCENTAJE DE CORROSIÓN	NUM (ENTERO)	3	NUM(3)=NNN 0-9 > 0 ≤ 100	DATO FUERA DE RANGO	SUBCORROSION	REG CORROSION
7	F_DISEÑO	---	FACTOR DE DISEÑO	NUM (PUNTO FLOTANTE)	5	NUM(5)=N.NNN 0-9 >0 ≤ 1	DATO FUERA DE RANGO	SUBFDISEÑO	REG CORROSION
8	SYMS [LB/PULG <sup>2</sup> ]	---	ESFUERZO MÍNIMO DE FLUENCIA	NUM (ENTERO)	5	NUM(5)=NNNNN 0-9 25000 ≤ 80000	DATO FUERA DE RANGO	SUBSYMS	REG CORROSION

9	EBP_MM	---	SEÑALA EL ESPESOR DE REFERENCIA EN LA LOCALIDAD DE LA CORROSIÓN	NUM (ENTERO)	5	NUM(5) = NNNNN 0 - 9 > 0 ≤ 99999	DATO FUERA DE RANGO	SUBESP	REG CORROSION
10	ESP_REM_MM	---	SEÑALA EL ESPESOR REMANENTE DETECTADO EN EL PUNTO MAS PROFUNDO DE LA CORROSIÓN	NUM (ENTERO)	5	NUM(5) = NNNNN 0 - 9 > 0 ≤ 99999	DATO FUERA DE RANGO	SUBESPREM	REG CORROSION
11	PRO_DEF	---	INDICA LA PROFUNDIDAD DE CORROSIÓN	NUM (ENTERO)	5	NUM(5) = NNN.NN 0 - 9 > 0 ≤ 99999	DATO FUERA DE RANGO	SUBPRODEF	REG CORROSION
12	LONG_DEF	---	INDICA LA LONGITUD DEL DEFECTO	NUM (ENTERO)	5	NUM(5) = NNNNN 0 - 9 > 0 ≤ 99999	DATO FUERA DE RANGO	SUBLONG DEF	REG CORROSION
13	CORROSION_TIPO	---	INDICA EL TIPO DE CORROSIÓN	CHAR	3	CHAR(3) = A-Z	DATO INCORRECTO	SUBCORROSION TIPO	REG CORROSION
14	TRAMPA_ENVIO_RECIBO	---	LUGAR DONDE INICIÓ Y TÉRMINO LA INSPECCIÓN DE DUCTOS	CHAR	30	CHAR(30) = A-Z	DATO INCORRECTO	SUBTRAMPA	REG CORROSION

## II.7.2 Diccionario de datos para Cálculo de PMOP

Sec	Nombre	Llave	Descripción	Tipo	Long	Validación	Mensaje	Subrutina	Tabla
1	No_REG	PRIM	IDENTIFICA EL NÚMERO O CLAVE DEL REGISTRO	NUM (ENTERO)	4	NUM(12) = DDMMAA DD<=31. MM<=12. AA<=99 0-9 >0 ≤ 999999	LLAVE INCORRECTA	SUBNOREG	CALCULO PMOP
2	F_INSPEC	---	INDICA LA FECHA EN QUE FUE INSPECCIONADO EL DUCTO	DATE	8	DATE(8) = DD/MM/AA DD = DIA MM = MES AA = AÑO	DATO INCORRECTO	SUBFECHA	CALCULO PMOP
3	REGION	---	REGIÓN DONDE SE ENCUENTRA LOCALIZADO EL DUCTO	CHAR	20	CHAR(20) = A-Z	DATO FUERA DE RANGO	SUBREGION	CALCULO PMOP
4	DIST_LOC	---	DISTANCIA REGISTRADA POR LA HERRAMIENTA DE INSPECCIÓN	NUM (PUNTO FLOTANTE)	9	NUM(9) = NNN 0-9 >0 ≤999999999	DATO FUERA DE RANGO	SUBDIST	CALCULO PMOP
5	PMOP	---	INDICA EL VALOR DE PRESIÓN MÁXIMA PERMISIBLE EN UN DUCTO	NUM (PUNTO FLOTANTE)	7	NUM(7) = NNN 0-9 >0 ≤9999999	DATO FUERA DE RANGO	SUBPMOP	CALCULO PMOP
6	DBE_STATUS	---	INDICA EL ESTADO EN QUE SE ENCUENTRA EL DUCTO	NUM (PUNTO FLOTANTE)	18	CHAR(18) = A-Z	DATO INCORRECTO	SUBDBE	CALCULO PMOP

## II.7.3 Diccionario de Datos para Entradas Criterio Comercial

Sec	Nombre	Llave	descripción	Tipo	Long	Validación	Mensaje	Subrutina
1	DIÁMETRO DE LA TUBERÍA ["]	—	SEÑALA EL DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA	NUM (ENTERO)	2	NUM(2) = NN 0 - 9 >0, ≤99	DATO INCORRECTO	SUBDIAMTUB
2	ESPESOR DE LA TUBERÍA ["]	—	SEÑALA EL ESPESOR DE LA PARED DE LA TUBERÍA	NUM (ENTERO)	2	NUM(2) = NN 0 - 9 >0, ≤99	DATO INCORRECTO	SUBESPOTUB
3	PRESIÓN DE DISEÑO (LB/PULG <sup>2</sup> )	—	PRESIÓN MÁXIMA SOPORTADA POR EL DUCTO	NUM (ENTERO)	4	NUM(4) = NNNN 0 - 9 >0, ≤9999	DATO FUERA DE RANGO	SUBPDISEÑO
4	DISTANCIA	—	DISTANCIA REGISTRADA POR LA HERRAMIENTA DE INSPECCIÓN	NUM (PUNTO FLOTANTE)	10	NUM(9) = NNNNNN.NN 0 - 9 > 0 ≤99999999.99	DATO FUERA DE RANGO	SUBDISTANCIA
5	% DE CORROSIÓN	—	PORCENTAJE DE CORROSIÓN	NUM (ENTERO)	3	NUM(3) = NNN 0 - 9 >0, ≤100	DATO FUERA DE RANGO	SUBCORROSION
6	LONGITUD DE CORROSIÓN ["]	—	LONGITUD DE LA CORROSIÓN	NUM (PUNTO FLOTANTE)	5	NUM(5) = NN.NNN 0 - 9 >0, ≤99.999	DATO FUERA DE RANGO	SUBLONGDEF
7	PROFUNDIDAD DE CORROSIÓN ["]	—	PROFUNDIDAD DE LA CORROSIÓN	NUM (PUNTO FLOTANTE)	5	NUM(5) = NN.NNN 0 - 9 >0, ≤47.999	DATO FUERA DE RANGO	SUBPRODEF
8	PMOP (LB/PULG <sup>2</sup> )	—	PRESIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN PERMISIBLE	NUM (PUNTO FLOTANTE)	7	NUM(7) = NNNN.NNN 0 - 9 >0, ≤9999.999	DATO INCORRECTO	SUBPMOP

II.7.4 Diccionario de Datos para Salidas Criterio Comercial

Sec	Nombre	Llave	descripción	Tipo	Long	Validación	Mensaje	Subrutina
1	LPERMITIDA	—	INDICA LA LONGITUD DE CORROSIÓN PERMITIDA	NUM (ENTERO)	2	NUM(5) = NN 0-9 >0, \$99999	DATO INCORRECTO	SUBLPERMITIDA
2	UBI_DIST	—	INDICA EN QUE DISTANCIA SE DEBE APLICAR LA PMOP	NUM (ENTERO)	9	NUM(7) = NN 0-9 >0, \$9999999	DATO INCORRECTO	SUBDIST
3	PMOP	—	PRESIÓN MÁXIMA SOPORTADA POR EL DUCTO	NUM (ENTERO)	7	NUM(7) = NNNN 0-9 >0, \$9999999	DATO FUERA DE RANGO	SUBPMOP
4	Obs_STATUS	—	INDICA EL ESTADO EN QUE SE ENCUENTRA EL DUCTO	NUM (PUNTO FLOTANTE)	18	CHAR(18) = A-Z	DATO FUERA DE RANGO	SUBObs

II.7.5 Diccionario de Datos para Entradas Criterio PEMEX

Sec	Nombre	Llave	descripción	Tipo	Long	Validación	Mensaje	Subrutina
1	NO. DE ESPECIFICACIÓN	—	INDICA EL NO. DE ESP. DEL FACTOR DE EFICIENCIA	CHAR	8	CHAR(8) = A-Z, 0-9	DATO INCORRECTO	SUBNOESPECIFICACION
2	CLABE DE TUBERÍA	—	INDICA LA CLABE DE TUB. DEL FACTOR DE EFICIENCIA	CHAR	42	CHAR(42) = A-Z, 0-9	DATO INCORRECTO	SUBCLABETUBERIA

ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

3	FACTOR E	—	INDICA EL FACTOR E DEL FACTOR DE EFICIENCIA	NUM (PUNTO FLOTANTE)	4	NUM(4) = N.NNN 0 - 9 >0, ≤1	DATO INCORRECTO	SUBFACTORE
4	GRADO	—	INDICA EL GRADO DE LA RESISTENCIA MÍNIMA A LA CEDENCIA	CHAR	3	CHAR(2) = A-Z , 0-9	DATO INCORRECTO	SUBGRADO
5	ESPECIFICACIÓN	—	INDICA LA ESP. DE LA RESISTENCIA MÍNIMA A LA CEDENCIA	NUM (PUNTO FLOTANTE)	11	NUM(5) = NN.NNN 0 - 9 >0 ≤99.999	DATO INCORRECTO	SUBESPECIFICACION
6	RMEC (LB/PULG <sup>2</sup> )	—	INDICA LA RMEC DE LA RESISTENCIA MÍNIMA A LA CEDENCIA	NUM (PUNTO FLOTANTE)	5	NUM(5) = NNNNN 0 - 9 >0 ≤80000	DATO INCORRECTO	SUBRMEC
7	DIÁMETRO NOMINAL	—	INDICA EL DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA	NUM (PUNTO FLOTANTE)	2	NUM(2) = NN 0 - 9 >3, ≤48	DATO INCORRECTO	SUBDIAMNOM
8	DISTANCIA	—	DISTANCIA REGISTRADA POR LA HERRAMIENTA DE INSPECCIÓN	NUM (PUNTO FLOTANTE)	10	NUM(9) = NNNNNN.NN 0 - 9 > 0 ≤99999999.99	DATO FUERA DE RANGO	SUBDISTANCIA
9	PROFUNDIDAD (MM)	—	INDICA LA PROFUNDIDAD DEL DEFECTO	NUM (PUNTO FLOTANTE)	5	NUM(2) = NN 0 - 9 >0 ≤48	DATO FUERA DE RANGO	SUBPROFUNDIDAD
10	LONGITUD DE CORROSIÓN (MM)	—	INDICA LA LONGITUD DE LA CORROSIÓN	NUM (PUNTO FLOTANTE)	5	NUM(5) = NN.NNN 0 - 9 >0 ≤99.999	DATO FUERA DE RANGO	SUBLONGCORROSION
11	ESPESOR DE PARED LOCAL EN LA CERCANÍA DEL DEFECTO	—	INDICA EL ESPESOR DE PARED LOCAL MAS CERCANO A LA CORROSIÓN	NUM (PUNTO FLOTANTE)	5	NUM(5) = NN.NNN 0 - 9 >0 ≤48	DATO FUERA DE RANGO	SUBESPLOCAL

12	ESPESOR DE PARED DE REFERENCIA	—	INDICA EL ESPESOR DE REFERENCIA	NUM (PUNTO FLOTANTE)	5	NUM(5) = NN.NNN 0 - 9 >0, ≤99.999	DATO FUERA DE RANGO	SUBESPREFERENCIA
----	--------------------------------	---	---------------------------------	----------------------	---	---	---------------------	------------------

## II.7.6 Diccionario de Datos para Salidas Criterio PEMEX

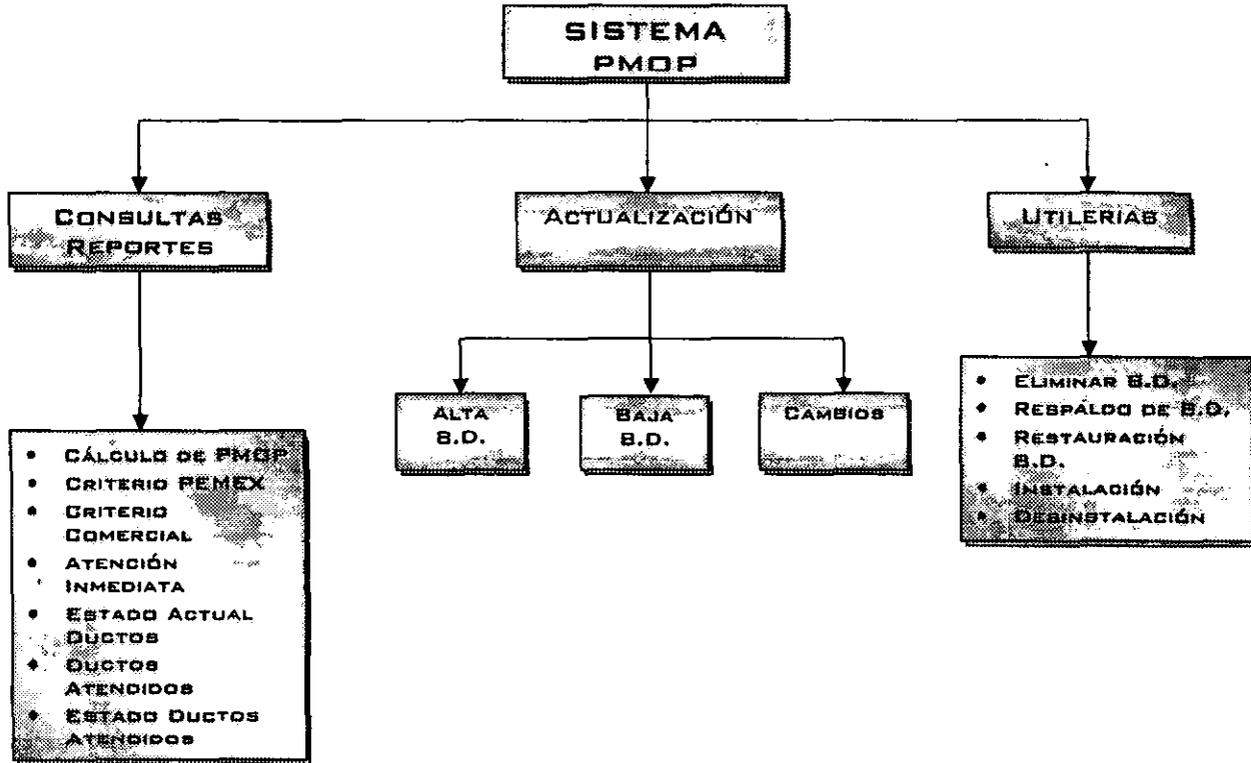
Sec	Nombre	Llave	descripción	Tipo	Long	Validación	Mensaje	Subrutina
1	PDIBEÑO	—	INDICA LA LONGITUD DE CORROSIÓN PERMITIDA	NUM (ENTERO)	2	NUM(5) = NN 0 - 9 >0, ≤99999	DATO INCORRECTO	SUBPMOP
2	LPERMITIDA	—	INDICA EN QUE DISTANCIA SE DEBE APLICAR LA PMOP	NUM (ENTERO)	2	NUM(7) = NN 0 - 9 >0, ≤9999999	DATO INCORRECTO	SUBLPERMITIDA
3	COE_PMOP	—	COEFICIENTE DE PMOP	NUM (ENTERO)	4	NUM(7) = NNNN 0 - 9 >0, ≤9999999	DATO FUERA DE RANGO	SUBCOEPMOP
4	PMOP	—	PRESIÓN MÁXIMA SOPORTADA POR EL DUCTO	NUM (ENTERO)	4	NUM(7) = NNNN 0 - 9 >0, ≤9999999	DATO FUERA DE RANGO	SUBPMOP
5	UBI_DIST	—	INDICA EN QUE DISTANCIA SE DEBE APLICAR LA PMOP	NUM (ENTERO)	7	NUM(7) = NN 0 - 9 >0, ≤9999999	DATO INCORRECTO	SUBDIST
6	OBS_STATUS	—	INDICA EL ESTADO EN QUE SE ENCUENTRA EL DUCTO	NUM (PUNTO FLOTANTE)	10	CHAR(14) = A-Z	DATO FUERA DE RANGO	SUBDISTANCIA

## II.8 Descripción de Programas

Séc	Nombre	Descripción	Entradas	Salidas	Restricciones	Mensaje	Obsvs.
1	Base de Datos	Contiene: Datos RegCorrosión CálculoPMOP  Cálculo PMOP: PEMEX Comercial	RegCorrosion.mdb				Base de Datos con Registros de Corrosión en Ductos
2	P_MP	Presenta el Menú Principal	<ul style="list-style-type: none"> <li>RegCorrosion.mdb</li> <li>T_Regecorrosion (W/R)</li> <li>Parámetros Ducto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consultas</li> <li>Reportes</li> <li>Act_BD</li> </ul>	Llave No-Reg es única		
2	P_CPMOP	Consulta a través de la Base de Datos por medio del campo: Pore_Corrosión	Pore_Corrosión	T_Rcorrosion (W/R)	Para realizar una consulta primero debe insertar un valor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dato Incorrecto</li> <li>Inserte un valor entre 0 - 100</li> </ul>	Programa de Consultas por % de Corrosión
3	P_PMOP	Presentación de los Resultados de la PMOP en pantalla de forma gráfica y numérica	T_RCorrosion (W/R)	<ul style="list-style-type: none"> <li>T_PMOP</li> <li>Obs_Status</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Llave No-Reg es única</li> <li>PMOP&lt;=PDiseño</li> </ul>		Presentación de los Resultados
4	P_Criterio	Calcula la Presión Máxima de Operación Permitida (PMOP) en un ducto de acuerdo al criterio	Parámetros Ducto				Menú Secundario

6	P_PEMEX	Calcula la PMOP por el Criterio PEMEX	Parámetros Ducto	PMOP Obs_Status	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sólo valores numéricos</li> <li>PMOP&lt;=PDiseño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dato Incorrecto</li> <li>Solo insertar valores numéricos</li> <li>Sin Problema</li> <li>Crítico</li> <li>Severo</li> <li>Acción Inmediata</li> </ul>	Obtención del cálculo de la PMOP
7	P_Comercial	Calcula la PMOP por el Criterio Comercial	Parámetros Ducto	PMOP Obs_Status	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sólo valores numéricos</li> <li>PMOP&lt;=PDiseño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dato Incorrecto</li> <li>Solo insertar valores numéricos</li> <li>Sin Problema</li> <li>Crítico</li> <li>Severo</li> <li>Acción Inmediata</li> </ul>	Obtención del cálculo de la PMOP
9	P_Alta	Presenta Actualización de la Base de Datos	RegCorrosion.mdb	Act_ T_RCorrosion		<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta efectuada</li> <li>Ya existe BD ¿Desea reemplazar s/n?</li> </ul>	
9	P_Baja	Presenta Baja de la Base de Datos	RegCorrosion.mdb	Act_ T_RCorrosion		<ul style="list-style-type: none"> <li>Baja efectuada</li> <li>No existe BD</li> <li>Confirma Baja de la BD s/n</li> </ul>	
8	P_Cambios	Presenta Actualización de Cambios en Registros de Corrosión	T_RCorrosion	Act_ T_RCorrosion	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para realizar un cambio debe ingresar el No-Reg.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambios efectuados.</li> <li>No existe registro.</li> <li>Confirma cambio s/n.</li> <li>Otro cambio s/n.</li> </ul>	

II.9 Módulos del Sistema PMOP



## II.10 DISEÑO DE PANTALLAS

En la etapa de Diseño de Pantallas se muestra toda la interfaz gráfica del sistema el cual permite tener interacción con el usuario para que éste pueda navegar a través de él. En la Fig. II.10.1 se muestra la presentación del sistema.



Fig. II.10.1 Presentación del Sistema Informático PMOP

La Fig.II.10.2 muestra el menú principal del sistema donde permite al usuario elegir la opción de realizar consultas de una base de datos o cálculos para determinar la presión máxima de operación permisible (PMOP).

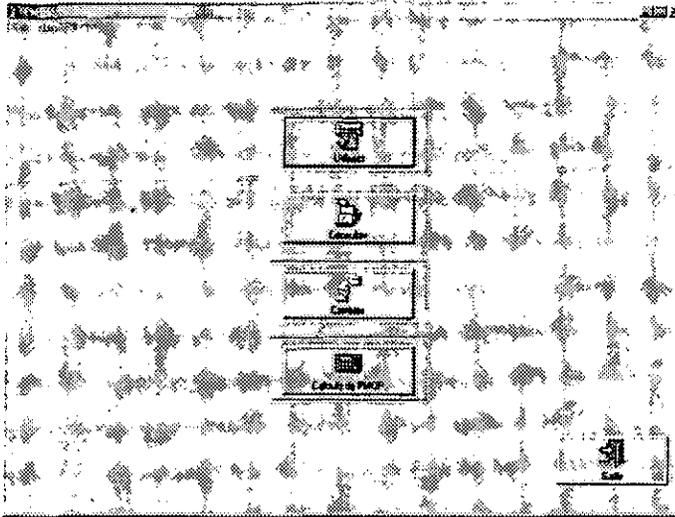


Fig. II.10.2 Menú Principal del Sistema Informático PMOP

La Fig.II.10.3 muestra la pantalla que permitirá realizar las consultas a través del % de corrosión de la base de datos que contiene los registros de ductos. De acuerdo al resultado de la consulta podrá calcularse la presión máxima de operación permisible para esos registros de ductos.

No. Ducto	Fecha de Operación	Densidad (lb/ft³)	Diam. Int. (in)	S. Corrosión	T. Diseño	SPMS (Inch)
301011	05/07/71 Pasa Rica	47.23	12	10	0.833	5.8
301012	05/07/71 Pasa Rica	7.82	2	20	1	5.8
301013	05/07/71 Pasa Rica	8.25	2	25	0.833	5.8
301014	05/07/71 Pasa Rica	8.47	2	30	1	5.8
301015	05/07/71 Pasa Rica	10.23	2	38	0.833	5.8
301016	05/07/71 Pasa Rica	24.52	2	48	1	5.8
301017	05/07/71 Pasa Rica	31.48	2	60	0.833	5.8
301018	05/07/71 Pasa Rica	32.40	2	27	1	5.8
301019	05/07/71 Pasa Rica	41.25	2	58	0.833	5.8
301020	05/07/71 Pasa Rica	52.12	2	71	0.833	5.8
301021	05/07/71 Pasa Rica	58.28	2	81	1	5.8
301022	05/07/71 Pasa Rica	65.05	2	92	1	5.8
301023	05/07/71 Pasa Rica	92.12	2	42	1	5.8
301024	05/07/71 Pasa Rica	83.9	2	41	0.833	5.8
301025	05/07/71 Pasa Rica	62.23	2	14	0.833	5.8
301026	05/07/71 V. S. San Diego	32.25	2	25	0.833	5.8
301027	05/07/71 V. S. San Diego	53.1	2	29	0.833	5.8

Fig. II.10.3 Consultas por Corrosión

La Fig.II.10.4 muestra un estadístico del estado actual (condiciones actuales de las tuberías) en que se encuentran los ductos de la región y año indicados.

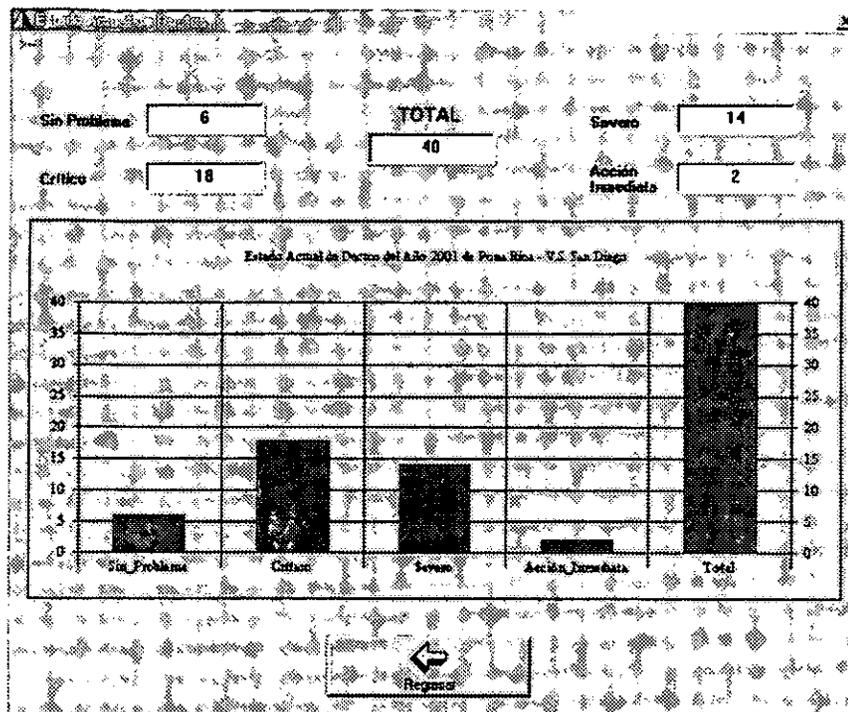


Fig. II.10.4 Estado Actual de Ductos

La Fig.II.10.5 muestra la pantalla que contendrá los resultados del cálculo de la presión máxima de los registros de ductos que fueron consultados en una tabla además de graficar dichos resultados. También permite la impresión de los resultados obtenidos y la creación de reportes para aquellos ductos que requieran reemplazo.

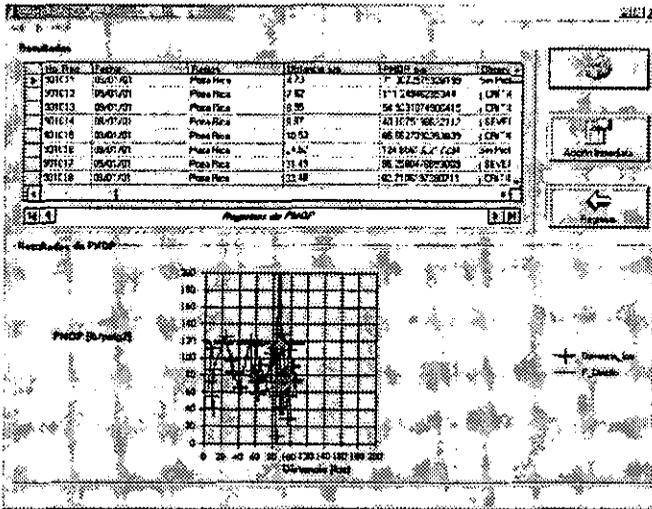


Fig. II.10.5 Evaluación de las Corrosiones (Pérdida de Material) en los Ductos

La Fig.II.10.6 muestra la pantalla donde el usuario podrá realizar cambios en los para aquellos ductos que han sido atendidos, además de un estadístico de cuantos ductos han sido atendidos y cuantos no lo han sido.

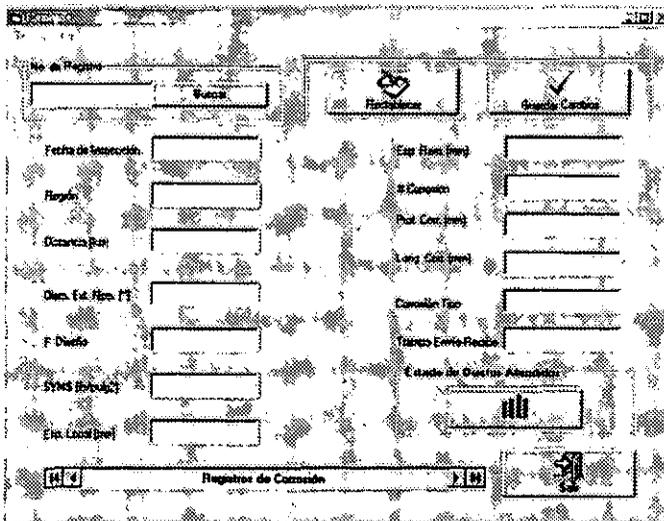


Fig. II.10.6 Actualización de Registros

La Fig.II.10.7 muestra en la pantalla un menú donde el usuario podrá realizar cálculos sobre la presión máxima de operación permisible, donde podrá elegir el criterio que más le convenga.

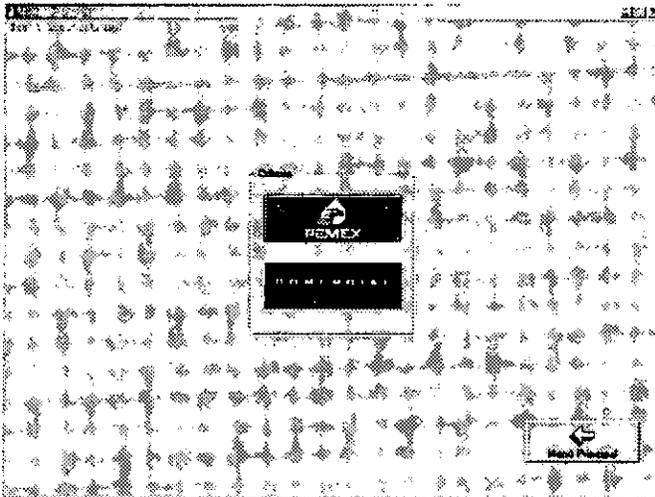


Fig. II.10.7 Menú de los Criterios de Cálculos de PMOP

La Fig.II.10.8 muestra la pantalla donde el usuario podrá realizar cálculos sobre la presión máxima de operación permisible, de acuerdo al criterio de PEMEX.

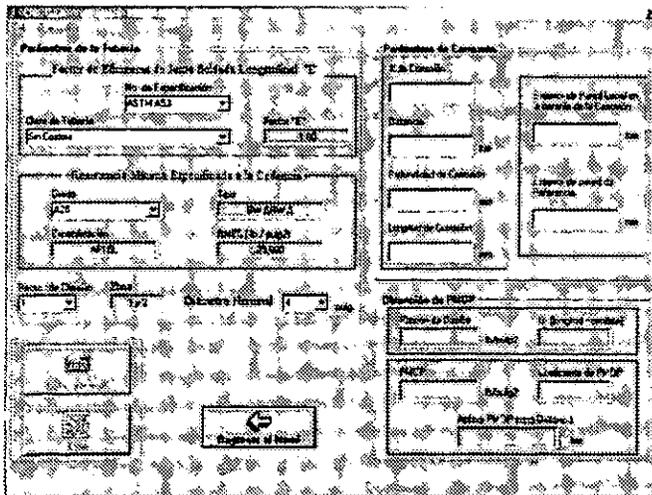


Fig. II.10.8 Cálculo de PMOP por Criterio PEMEX

La Fig.II.10.9 muestra la pantalla donde el usuario podrá realizar cálculos sobre la presión máxima de operación permisible, de acuerdo al criterio Comercial.

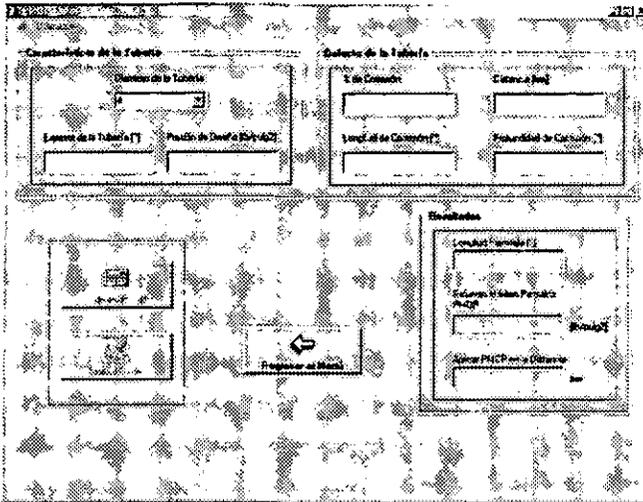


Fig. II.10.9 Cálculo de PMOP por Criterio COMERCIAL

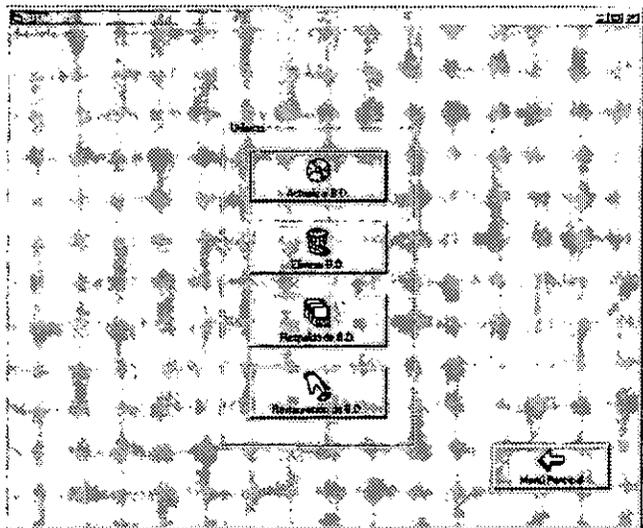


Fig. II.10.10 Cálculo de PMOP por Criterio COMERCIAL

La Fig.II.10.10 muestra la pantalla en el que el usuario podrá realizar la actualización de la base de datos, su eliminación, respaldo o restauración de la misma.

**CAPÍTULO III**

Implementación del Sistema



CAPÍTULO III

# Capítulo III

## III.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PARA LA CREACIÓN DEL SISTEMA

Existen diferentes tipos de lenguajes de programación. A principios de los ordenadores los programas eran de tipo *secuencial o de procedimientos* (también llamados lenguajes procedurales), dichos programas arrancan, leen los datos que necesita, realiza los cálculos e imprime o guarda en el disco los resultados. Cuando un programa secuencial está ejecutándose no necesita ninguna intervención del usuario. Actualmente continúan empleándose en gran parte los programas de este tipo, pero el avance tecnológico de hoy ha puesto de novedad otros tipos de lenguajes de programación "*los programas interactivos y los orientados a eventos*".

Los programas *interactivos* requieren de la intervención o participación del usuario en tiempo de ejecución, ya sea para suministrar datos o para indicar al programa lo que debe hacer por medio de menús. Los programas interactivos limitan y orientan la acción del usuario. Un ejemplo de programa interactivo podría ser *Microsoft Internet Explorer*.

Los programas *orientados a eventos* son los programas característicos de *Windows*, como lo son *Netscape*, *Word*, *Excel* y *PowerPoint*. Cuando uno de estos programas ha arrancado, lo que hace es quedar a la espera de las acciones del usuario, por ejemplo: el usuario indica si quiere abrir y modificar un fichero existente, o bien comenzar a crear un fichero desde el principio. La mayor parte de su tiempo de estos programas pasan esperando las acciones del usuario (eventos) y respondiendo a ellas. Este tipo de programas necesitan de tipo especial de programación: *la programación orientada a eventos*, esta llega a ser un poco más complicada que la programación secuencial y la interactiva, pero *Visual Basic* ha hecho de la programación orientada a eventos una forma sencilla y agradable de utilizar.

## III.2 DIFERENCIAS ENTRE PROGRAMACIÓN PROCEDURAL Y PROGRAMACIÓN BAJO WINDOWS

El funcionamiento de *Windows* incluye tres conceptos fundamentales: ventanas, eventos y mensajes.

---

Una ventana es una región rectangular con sus propios límites. Windows contiene diversos tipos de ventanas por ejemplo: una ventana explorador, una ventana de documento dentro de su programa de proceso de textos como Microsoft Word o un cuadro de diálogo que surge para Aceptar o Cancelar una aplicación, hasta un botón de comando es una ventana; por mencionar los ejemplos más comunes, pero ciertamente hay otros muchos tipos de ventanas.

El sistema operativo Microsoft Windows se encarga de administrar todas estas ventanas controlando continuamente cada una de estas ventanas para percibir si existen signos de actividad o eventos. Los eventos pueden producirse por medio de las acciones del usuario, por ejemplo: hacer clic con el *mouse* (ratón) o presionar una tecla, mediante programación o incluso como resultado de acciones de otras ventanas.

Al producirse un evento se envía un mensaje al sistema operativo. El sistema procesa el mensaje y lo transmite a las demás ventanas. Entonces, cada ventana puede realizar la acción apropiada, basándose en sus propias instrucciones para tratar ese mensaje en particular, por ejemplo: volverse a dibujar una ventana cuando otra ventana la ha dejado al descubierto.

El tratar de manejar todas las combinaciones posibles de ventanas, eventos y mensajes que controla Microsoft Windows podría ser una tarea interminable. Favorablemente, Visual Basic evita tener que tratar con todas estas combinaciones permitiendo crear rápidamente eficientes aplicaciones sin tener que tratar detalles innecesarios.

En aplicaciones por procedimientos, la aplicación es la que se encarga de controlar qué partes de código y en qué secuencia deben ejecutarse, comenzando desde la primera línea de código siguiendo una ruta predefinida a través de la aplicación, solicitando a los procedimientos según se requieran.

En una aplicación controlada por eventos no se sigue una ruta predeterminada; sino que se ejecutan diferentes secciones de código como respuesta a los eventos. Los eventos pueden originarse por acciones del usuario, por mensajes del sistema o de otras aplicaciones, o incluso por la propia aplicación. La secuencia de estos eventos determina la secuencia en la que se ejecuta el código, por lo que la ruta a través del código de la aplicación es diferente cada vez que se ejecuta el programa. A continuación se muestran algunas diferencias en la siguiente tabla de la programación a eventos con la programación procedural y orientada a objetos:

**Diferencias de la programación a Eventos con Procedural y POO**

TAREAS	Programación Orientada a Eventos	Programación Procedural	Programación Orientada a Objetos
Intervención del usuario	SI	NO	SI
Interactividad	SI	NO	SI
Relación de forma directa con la interfaz gráfica de Windows	SI	NO	NO
Desarrollo de aplicaciones complejas de forma rápida y sencilla	SI	NO	NO
Sigue una secuencia predefinida	NO	SI	NO
Herencia y Polimorfismo	NO	NO	SI
En espera de la acción del usuario	SI	NO	SI
Mayor rapidez en la obtención de datos	NO	NO	SI

**III.3 ¿PORQUÉ SE ELIGIÓ VISUAL BASIC PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA?**

Debido a las numerosas ventajas que los lenguajes orientados a eventos como Microsoft Visual Basic ofrecen para el desarrollo de aplicaciones además de que se cuenta con la experiencia y conocimiento en este lenguaje de programación se tomó la decisión de realizar el sistema informático PMOP en dicho lenguaje.

**III.4 ¿QUÉ ES VISUAL BASIC?**

La palabra "Basic" hace referencia al lenguaje de programación BASIC (Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code), la palabra "Visual" hace referencia al procedimiento que se utiliza para crear la interfaz gráfica de usuario (GUI). En vez de escribir numerosas líneas de código para describir la apariencia y la ubicación de los

elementos de la interfaz, simplemente se arrastran y colocan objetos prefabricados dentro de la región de trabajo (ventana) de la pantalla. A partir de Basic, Visual Basic ha evolucionado y contiene múltiples instrucciones, funciones y palabras clave, dentro de las cuales están relacionadas directamente con la interfaz gráfica de Windows.

Visual Basic es uno de los lenguajes de programación más populares, debido a la facilidad y sencillez con la que se pueden desarrollar aplicaciones desde muy simples hasta muy complejas en tan poco tiempo en comparación con lo que llega a costar programar en otros lenguajes de programación como lo es Visual C++, Java, Delphi, que requieren de un conocimiento mucho más profundo para realizar aplicaciones.

Visual Basic está diseñado a la realización de programas para *Windows*, permitiendo integrar todos los elementos de este ambiente informático: ventanas, botones, cajas de diálogo y de texto, botones de opción y de selección, barras de desplazamiento, gráficos, menús, realmente todos los elementos de interacción con el usuario que dispone *Windows* pueden ser programados sencillamente en Visual Basic.

Al igual que otros lenguajes de programación Visual Basic es un programa *basado en objetos*, aunque no *orientado a objetos*. La diferencia radica en que Visual Basic utiliza *objetos con propiedades y métodos*, pero carece de los mecanismos de *herencia y polimorfismo* propios de los verdaderos lenguajes orientados a objetos como *Java* y *C++*.

A continuación se muestran algunas características de lo que ofrece el lenguaje de programación Visual Basic.

- Sus características para acceso a datos permiten crear bases de datos para formatos de las bases de datos más conocidas, incluyendo Microsoft SQL.
- Las tecnologías ActiveX son controles fáciles de utilizar porque permiten emplear funciones provenientes de otras aplicaciones que aumentan la capacidad de interactividad ya sea con el usuario, para cálculos o representación de datos, por ejemplo: el procesador de textos Microsoft Word, la hoja de cálculo Microsoft Excel y otras aplicaciones Windows.
- Sus capacidades de Internet pueden facilitar el acceso a documentos y aplicaciones a través de la Internet desde una aplicación.
- Cuando un programa o aplicación es terminada puede convertirse en un archivo .exe que utiliza una biblioteca de vínculos dinámicos (DLL) de tiempo de ejecución que puede ser distribuida.

### III.4.1 DEFINICIÓN DE UN PROYECTO EN VISUAL BASIC.

Para comenzar una aplicación en Visual Basic se trabaja con proyectos. Un *proyecto* es una colección de archivos que se usan para generar una aplicación.

Al crearse un proyecto pueden agregarse nuevos formularios (ventanas), emplear o modificar formularios creados en proyectos anteriores, además de controles y objetos de otras aplicaciones que también pueden compartirse entre proyectos.

Al terminarse de acoplar todos los componentes de un proyecto y escribir el código, puede compilarse el proyecto para crear un archivo ejecutable.

### III.4.2 COMPONENTES DE UN PROYECTO.

Al desarrollarse una aplicación se trabaja con un archivo de proyecto para administrar todos los diferentes archivos que crea, el se compone de lo siguiente:

- Un archivo de proyecto que realiza el seguimiento de todos los componentes (.vbp)
- Un archivo para cada formulario (.frm).
- Un archivo de datos binario para cada formulario que contenga datos sobre propiedades de controles del formulario (.frx). Estos archivos no se pueden modificar y los genera automáticamente cualquier archivo .frm que tenga propiedades en formato binario, como Picture o Icon.
- Opcionalmente, un archivo para cada módulo de clase (.cls).
- Opcionalmente, un archivo para cada módulo estándar (.bas).
- Opcionalmente, uno o más archivos con controles ActiveX (.ocx).
- Opcionalmente, un único archivo de recursos (.res).

El **archivo de proyecto** es una lista de todos los archivos y objetos asociados con el proyecto, así como información sobre las opciones de entorno establecidas. Esta información se actualiza cada vez que guarda el proyecto. Todos los archivos y objetos también se pueden compartir con otros proyectos.

Cuando ha completado todos los archivos del proyecto puede convertir el proyecto en un archivo ejecutable (.exe): desde el menú **Archivo** se selecciona el comando **Generar proyecto.exe**.

#### **III.4.2.1 Formularios**

Un formulario es una ventana de Windows de cualquier aplicación. Pueden crearse tantas ventanas como se quiera en un proyecto, pero deben tener un nombre distinto. Los módulos de formularios contienen en su nombre de archivo la extensión (.frm), éstos pueden tener descripciones en forma de texto del formulario y sus controles, incluyendo los valores de sus propiedades. También pueden contener declaraciones a nivel de formulario de constantes, variables y procedimientos externos, procedimientos de evento y procedimientos generales.

#### **III.4.2.2 Módulos de clase**

Los módulos de clase contienen en su nombre de archivo la extensión (.cls) son similares a los módulos de formulario, excepto en que no tiene interfaz de usuario visible. Puede usar módulos de clase para crear sus propios objetos, incluyendo código para métodos y propiedades.

#### **III.4.2.3 Módulos estándar**

Un módulo es un archivo Visual Basic donde escribimos parte del código de nuestro programa, y digo parte, porque puede haber código en el formulario también.

Las rutinas incluidas dentro de los módulos pueden ser ejecutadas desde los formularios de la aplicación.

Los módulos estándar (extensión de nombre de archivo .bas) pueden contener declaraciones públicas o a nivel de módulo de tipos, constantes, variables, procedimientos externos y procedimientos públicos.

#### **III.4.2.4 Archivos de Recursos**

Los archivos de recursos (extensión de nombre de archivo .res) contienen mapas de bits, cadenas de texto y otros datos que puede modificar sin volver a modificar el código.

#### **III.4.2.5 Controles Active X**

Los controles ActiveX (extensión de nombre de archivo .ocx) son controles opcionales que se pueden agregar al cuadro de herramientas y se pueden usar en formularios. Existen controles ActiveX adicionales disponibles en diversas fuentes. También puede crear sus propios controles mediante las ediciones Profesional y Empresarial de Visual Basic.

#### **III.4.2.6 Controles estándar.**

Los controles estándar los proporciona Visual Basic. Los controles estándar, como CommandButton (botón de comando) o Frame (marco), siempre están incluidos en el cuadro de herramientas, al contrario de lo que ocurre con los controles ActiveX y los objetos insertables, que se pueden agregar y quitar del cuadro de herramientas.

### **III.5 RECURSOS DISPONIBLES PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA**

Para el desarrollo del sistema informático PMOP se contó de los siguientes recursos de Hardware y Software:

#### **III.5.1 Recursos de Hardware**

- Pentium 233 Mhz
- Memoria de 32 Mb de Ram
- Monitor SVGA Color de 14"
- Floppy de 3 ½ de alta densidad
- Disco duro de 1.2 Gb
- CDROM de 24X
- Tarjeta de video de 1 Mb
- Impresora Láser

#### **III.5.2 Recursos de Software**

- Sistema Operativo Microsoft Windows95
- Microsoft Excel 97
- Microsoft Access 97
- Microsoft Visual Basic 6 Empresarial

### III.6 PRUEBAS PARCIALES

En esta fase se realiza la construcción del sistema informático PMOP, así como la generación de datos de prueba de los módulos y su ejecución.

Durante el proceso de desarrollo del sistema se realizaron pruebas por módulos del Sistema PMOP para observar si realmente el sistema operaba de acuerdo a los parámetros o especificaciones que los usuarios esperan que haga. El sistema estuvo en experimentación alimentándolo primeramente con datos ficticios y posteriormente se alimentó con datos reales, los resultados correspondientes a los datos de entrada fueron examinados para verificar si el sistema cumplía con lo que se deseaba.

Las pruebas de ejecución del Módulo de Consulta en el campo de % de Corrosión sufrió errores de no haberse encontrado la variable de "Porc\_Corrosión" que indica los valores porcentuales de corrosión existente en los ductos. Al haberse encontrado las fallas del programa y habiéndose resuelto dichas fallas el programa del módulo de Consulta se ejecutó y dio acceso a la entrada de datos correspondientes del proceso de consulta. Al ejecutarse dicho módulo se probó con datos tanto con datos ficticios como reales, permitiendo dar las consultas deseadas.

Después de la alimentación de datos en el módulo de Consultas se procedió a la prueba del Módulo de Cálculo de PMOP, donde se presentaron errores de cálculo y graficación de los resultados. Se observó que el programa de dicho módulo no reconocía algunas variables, además de no estar bien enunciadas las fórmulas y por lo tanto no se obtenía el resultado correcto. Habiéndose encontrado los errores de cálculo para la obtención de la PMOP, el módulo permitía dar los cálculos correctos para lograr la graficación correcta.

Enseguida se procedió con los módulos de Criterio PEMEX y Criterio Comercial que presentaron errores al igual que los módulos anteriores de reconocimiento de variables y de no estar bien enunciadas la fórmulas, pero dichos problemas fueron encontrados y solucionados obteniéndose los resultados deseados.

Luego de haberse hecho pruebas por cada módulo se continuó con la unificación de todos los módulos probándose la conjunción de todos ellos, el cual llevo a presentar errores de entrada en algunos módulos por no ser reconocidos cuando se les invocaba, pero dichos problemas fueron resueltos ubicando de manera correcta la invocación de los mismos.

Por último las rutinas encargadas de la impresión presentó errores de no mandar a imprimir los reportes, esto fue debido al especificar mal comandos no relacionales con la

ejecución de impresión, después de resolverse los problemas en dichas rutinas, el sistema permitía la impresión de reportes que se le pidieran.

Al concluirse todas las pruebas en todos los módulos del sistema, los resultados fueron satisfactorios, no puede decirse que este sistema esta exento de errores, ya que estos pueden presentarse probablemente cuando el sistema sea puesto en marcha o durante un cierto tiempo que se este trabajando con el. Pero durante el proceso de las pruebas en el sistema se concluye que si cumple y satisface las necesidades del usuario.

Las secciones de código que se desarrollaron en Microsoft Visual Basic del Sistema Informático PMOP han sido basados en procedimientos usuales de programación como el invocar funciones o procedimientos para el ahorro de código.

### **III.7 PRUEBAS EN PARALELO**

En esta fase, los casos de prueba fueron determinados conjuntamente con la programación del sistema, se llevó a cabo la generación de datos de prueba y a la realización de pruebas para la aprobación.

La estrategia a seguir para desarrollar las pruebas fue Bottom-Up que consiste en la observación del sistema desde sus cimientos hasta su punto final, lo que facilitó que los módulos fueran probados individualmente. Posteriormente se conjuntaron dichos módulos en subsistemas para comprobar los resultados obtenidos.

Finalmente se utilizó el sistema durante un periodo de quince días junto con el procedimiento anterior, para que, en caso de ser necesario, se indicarán las modificaciones que debían efectuarse.

Se continuó trabajando con las pruebas del sistema ahora con información real analizándose cada caso detalladamente.

### **III.8 RESULTADOS OBTENIDOS**

El periodo de pruebas del sistema informático PMOP cumplió con todas las exigencias del usuario lográndose los resultados requeridos. El sistema ahora forma parte del área de Geofísica de Exploración y Producción del Instituto Mexicano del Petróleo donde se ha puesto en funcionamiento.

---

### **III.9 RECURSOS RECOMENDABLES PARA EL SISTEMA**

Para que el sistema informático PMOP pueda ser instalado se requiere de los siguientes recursos de Hardware y Software:

#### **III.9.1 Recursos de Hardware**

- Pentium 233 Mhz en adelante
- Memoria de 32 Mb de Ram en adelante
- Monitor SVGA Color de 14" en adelante
- Floppy de 3 ½ de alta densidad
- Disco duro de 1.2 Gb en adelante
- CDROM de 24X en adelante
- Tarjeta de video de 1 Mb en adelante
- Impresora Láser, de inyección de tinta o punto de matriz

#### **III.9.2 Recursos de Software**

- Sistema Operativo Microsoft Windows95, Windows 98 o Windows ME
- Microsoft Excel 97
- Microsoft Access 97

### **III.10 CAPACITACIÓN DEL USUARIO**

La capacitación se llevó a cabo en sesiones donde se explicó el funcionamiento del Sistema informático PMOP, el cual comprende:

- Consultas, obtención de resultados de .PMOP, graficación de dichos resultados e impresión de los mismos.
- Uso de las Utilerías del sistema que comprende: Alta de la base de datos, su eliminación, restauración y respaldo.
- Obtención del Cálculo de PMOP por Criterio PEMEX
- Obtención del Cálculo de PMOP por Criterio Comercial

La segunda fase se realizó con el entrenamiento del personal (usuarios) con base al manual del usuario (ver Apéndice A).

---

### **III.11 LIBERACIÓN DEL SISTEMA PMOP**

Después de haberse concluido la capacitación de los usuarios y de que el personal responsable estuvo de acuerdo con el funcionamiento del sistema, se llevó a cabo la liberación del Sistema PMOP.

Se entregó el disco de instalación y la documentación para el usuario (manual de operación), y el análisis del mismo para su mantenimiento.

### **III.12 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA PMOP**

Generalmente la actividad de mantenimiento es bastante imprevisto, ya que se necesita de un periodo de observación del comportamiento del sistema en operación real, para determinar si se requiere corregir algún error, optimizar algún proceso, incluir alguna función no prevista por el usuario, o bien prevenir algunas futuras cargas mayores de trabajo.

Con el fin de realizar de la manera más adecuada las actividades de mantenimiento del sistema en cualquiera de sus variedades (correctivo y preventivo) se considera como una tarea fundamental e indispensable, mantener actualizadas las especificaciones conforme ocurran las modificaciones en el sistema a cualquier nivel, es decir, si la modificación implica cambios en el análisis, éstos deben ser efectuados reflejándose también en sus niveles de mayor detalle.

Frecuentemente la urgencia de realizar alguna modificación en los sistemas, provoca que estas actividades queden relegadas, sin embargo es importante mantener actualizadas las especificaciones, ya que además de ser la base documental de soporte para comprender el funcionamiento y la anatomía del sistema, sirven incluso como base para modificaciones posteriores.

*DICE A*

**MANUAL DEL  
USUARIO**



# Manual del Usuario

Con el propósito de facilitar el manejo del sistema, en este punto se definirán las acciones que el usuario debe aprender para utilizar dicho sistema.

## **Cursor**

Para introducir algún dato el cursor estará representado por el carácter "|", que se encontrará parpadeando en la pantalla, el cual indica la posición del mismo donde se encuentra ubicado el usuario para la captura de información.

## **Barra Iluminada**

Aparecerá en los menús de selección indicando al usuario oprima la tecla <ENTER> o un clic del mouse para la aceptación de la operación deseada a ejecutar.

## **Selección de Opciones dentro del Menú**

Para seleccionar una opción dentro de los menús mostrados en pantalla, puede utilizarse la tecla de Tabulación o teclas de Flechas para recorrer todas las opciones del menú hasta llegar a la operación deseada y oprimir la tecla <ENTER>, o simplemente el utilizar el mouse y posicionarse en la opción que se desee haciendo un clic en el botón izquierdo del mismo para poder ejecutar la operación.

## **Teclas**

A continuación se mencionan las teclas más importantes dentro del sistema y su función:

### **<ENTER> O <RETURN>**

sirve para introducir o aceptar información al sistema, por lo que debe ser oprimida después de una selección o entrada de algún dato.

### **<FLECHA ARRIBA>, <FLECHA ABAJO>, <FLECHA IZQUIERDA> Y <FLECHA DERECHA>**

Permiten el desplazamiento vertical u horizontal de la barra iluminada o cursor en la pantalla, por ejemplo: En los menús y campos de captura.

### **<ESC>**

Permite salir de cualquier menú, pantalla o programa.

**Observación:**

En los campos de inserción de datos en el sistema la validación sólo permite insertar valores numéricos con punto decimal.

**Acceso al sistema**

Para ejecutar el sistema debe posicionarse en el Botón Inicio de la barra de tareas de Windows, seleccionar Programas y elegir Sistema PMOP, lo que permitirá la ejecución del sistema desplegando la pantalla que se muestra en la Figura 1.

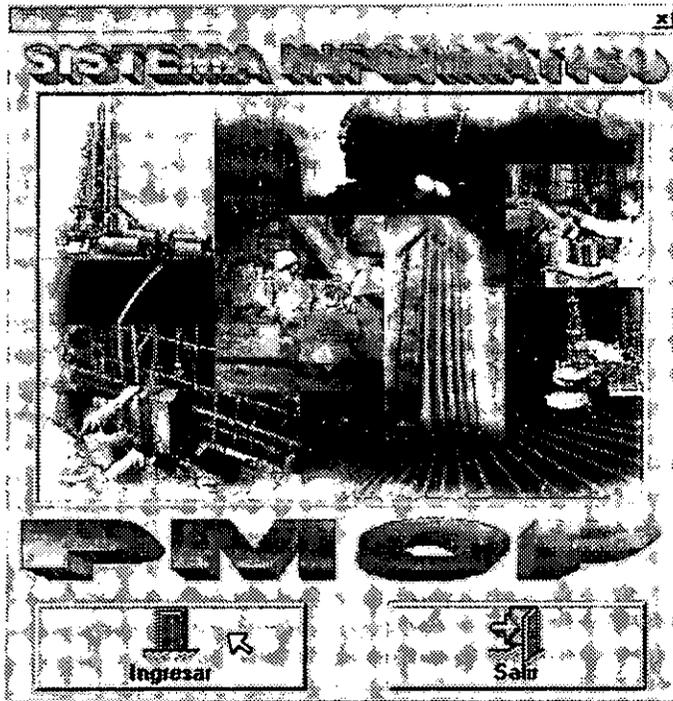


Figura 1

Para ingresar al sistema debe posicionarse en el Botón Ingresar de la ventana, oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse desplegando la pantalla que se muestra en la Figura 2. Si desea salirse del sistema colóquese en el botón Salir y oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse y podrá salir del sistema.

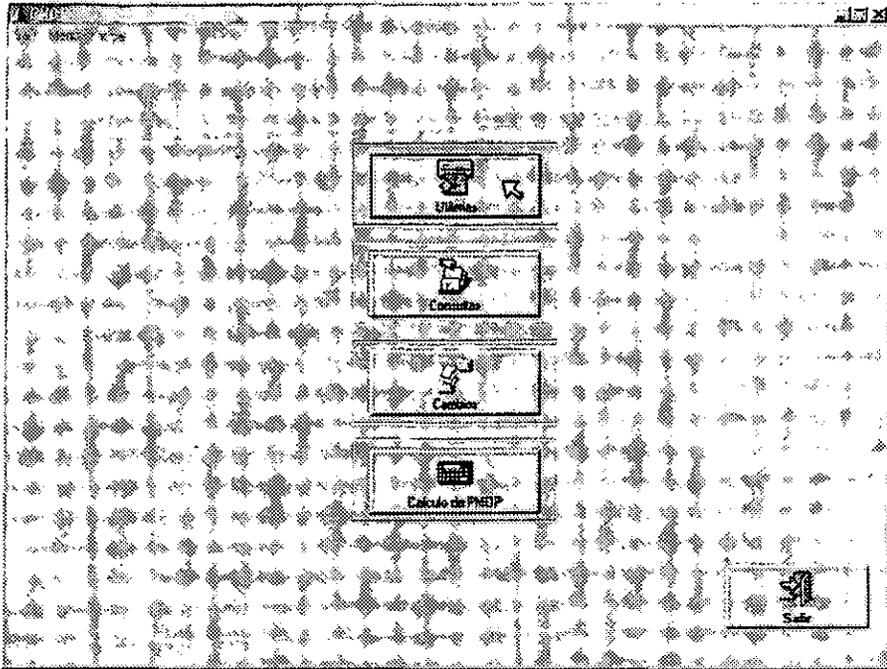


Figura 2

Para realizar una actualización o alta de la base de datos, su eliminación, respaldo o restauración seleccione el Botón **Utilerías** oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse que desplegará la pantalla que se muestra en la **Figura 3**. También puede acceder a esta ventana colocándose en la opción **Menú Principal** que se encuentra en la parte superior izquierda de la ventana y seleccione en el menú **Utilerías**.

Si desea salirse del sistema colóquese en el botón **Salir** y oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse y podrá salir del sistema.

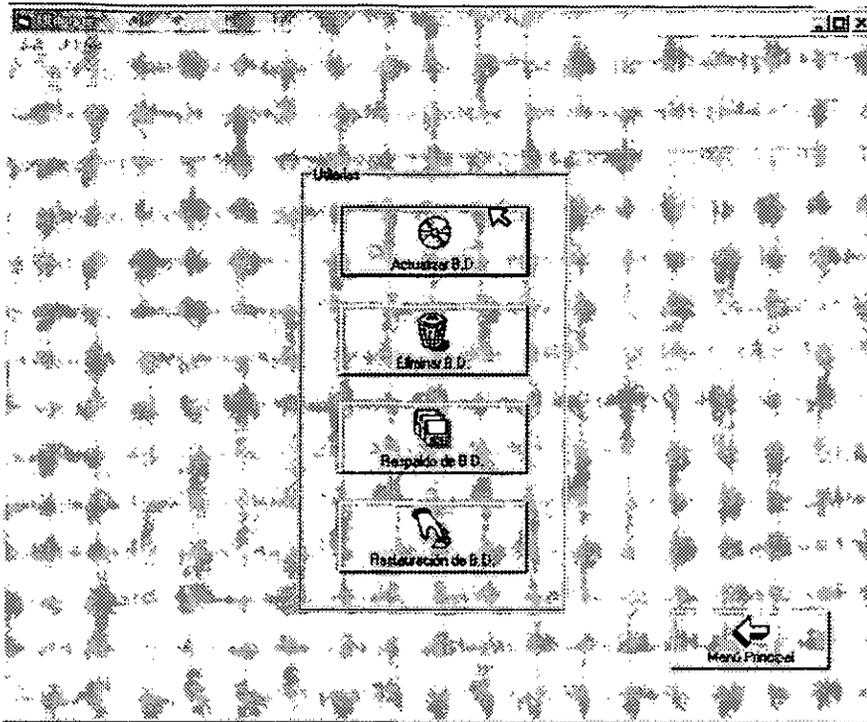


Figura 3

La Figura 3 muestra la pantalla en el que podrá realizar la actualización de la base de datos, su eliminación, respaldo o restauración de la misma.

Oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse en la aplicación que desee. También puede realizar las aplicaciones colocándose en la opción menú **Utilerías** que se encuentra en la parte superior izquierda de la ventana.

Si desea salirse del sistema colóquese en el botón **Regresar** y oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse y podrá regresar al **Menú principal**.

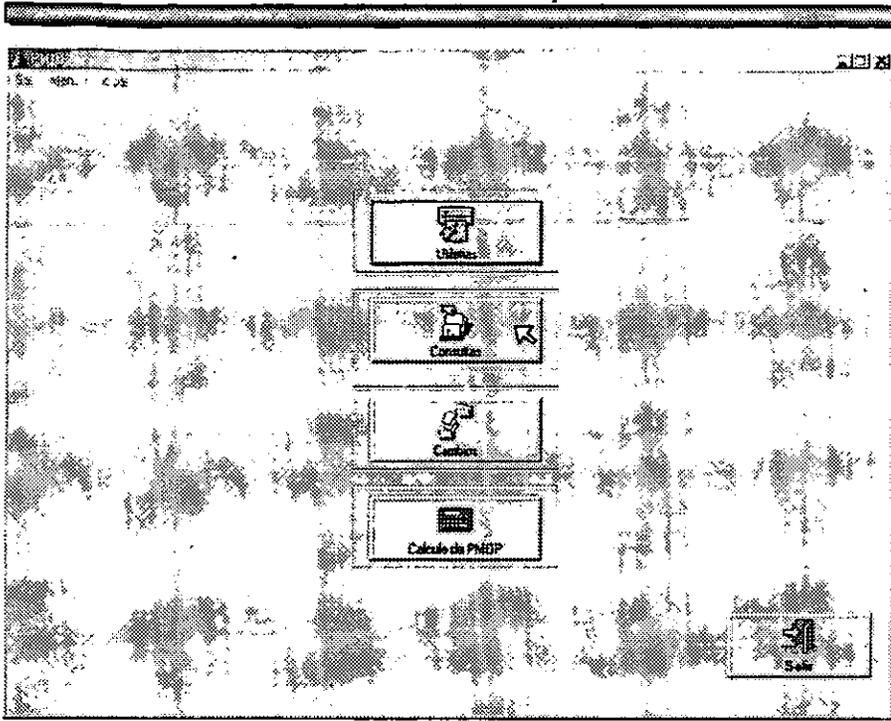


Figura 4

Para realizar una evaluación de los registros de ductos con presencia de corrosión en la base de datos, seleccione el Botón **Consultas** oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse que desplegará la pantalla que se muestra en la **Figura 4**. También puede acceder a esta ventana colocándose en la opción **Menú Principal** que se encuentra en la parte superior izquierda de la ventana y seleccione en el menú **Consultas**.

Si desea salirse del sistema colóquese en el botón **Salir** y oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse y podrá salir del sistema.

Resultados de la Consulta

Reg. Reg.	Fecha Inspeccion	Region	Condicion Reg.	Diam. Ex. T	Corrosion	F. Ductos	PMOP (R./Ano)
901011	09/01/01	Poza Rica	4.73	12	10	0.833	5.0
901012	09/01/01	Poza Rica	7.62	12	30	1	5.0
901013	09/01/01	Poza Rica	8.89	12	25	0.833	5.0
901014	09/01/01	Poza Rica	9.97	12	50	1	5.0
901015	09/01/01	Poza Rica	10.63	12	39	0.833	5.0
901016	09/01/01	Poza Rica	24.52	12	16	1	5.0
901017	09/01/01	Poza Rica	31.49	12	60	0.833	5.0
901018	09/01/01	Poza Rica	33.48	12	27	1	5.0
901019	09/01/01	Poza Rica	41.25	12	59	0.833	5.0
9010110	09/01/01	Poza Rica	53.74	12	71	0.833	5.0
9010111	09/01/01	Poza Rica	58.25	12	41	1	5.0
9010112	09/01/01	Poza Rica	58.89	12	23	1	5.0
9010113	09/01/01	Poza Rica	58.33	12	42	1	5.0
9010114	09/01/01	Poza Rica	59.9	12	41	0.833	5.0
9010115	09/01/01	Poza Rica	60.23	12	14	0.833	5.0
9010131	09/01/01	V. S. San Diego	92.75	12	75	0.833	5.0
9010132	09/01/01	V. S. San Diego	93.1	12	39	0.833	5.0

Registros de Ductos

Figura 5

Para realizar una evaluación de los registros de ductos con presencia de corrosión en la base de datos, seleccione el Botón **Calcula PMOP** oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse desplegando la pantalla que se muestra en la **Figura 5**. si desea hacer consultas inserte el valor porcentual en el cuadro de texto **% de Corrosión** y haga clic u oprima la tecla <ENTER> en los botones: <, >, =, <= y >=. También puede acceder a estas operaciones anteriores colocándose en los menús de **Consultas** y **PMOP** que se encuentran en la parte superior izquierda de la ventana .

En el botón **Estado de Ductos** podrá realizar un estadístico de las condiciones en que se encuentran los ductos de acuerdo al año y región existentes como se muestra en la **Figura 6**.

Si desea de salir de esta ventana seleccione el Botón **Menú Principal** o elija en la parte superior izquierda la opción **Salir**, el cual lo regresará al **Menú Principal**.

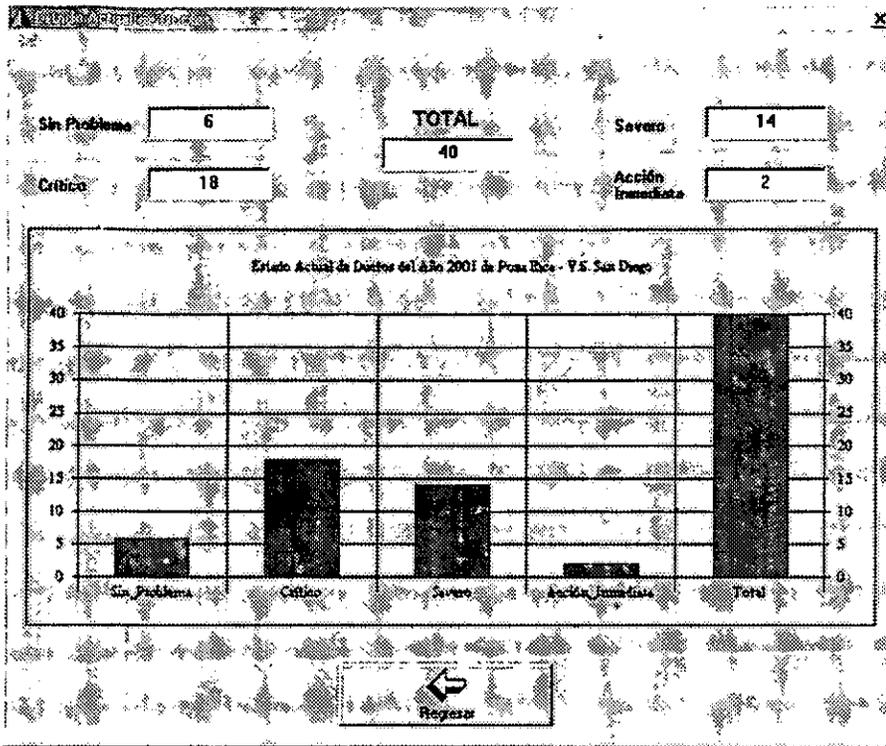


Figura 6

Puede observarse en la **Figura 6** los resultados de el estado actual en que se encuentran los ductos obteniéndose su gráfica correspondiente. Esta gráfica representa un estadístico de la condiciones en que se encuentran los ductos de referente al lugar y al año en que se inspeccionaron dichas tuberías.

Para salir de esta ventana y volver a la pantalla anterior de Consultas colocándose en el Botón **Regresar** y oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse, lo cual lo regresará a la ventana anterior para que pueda realizar otras consultas a evaluar o salir del sistema.

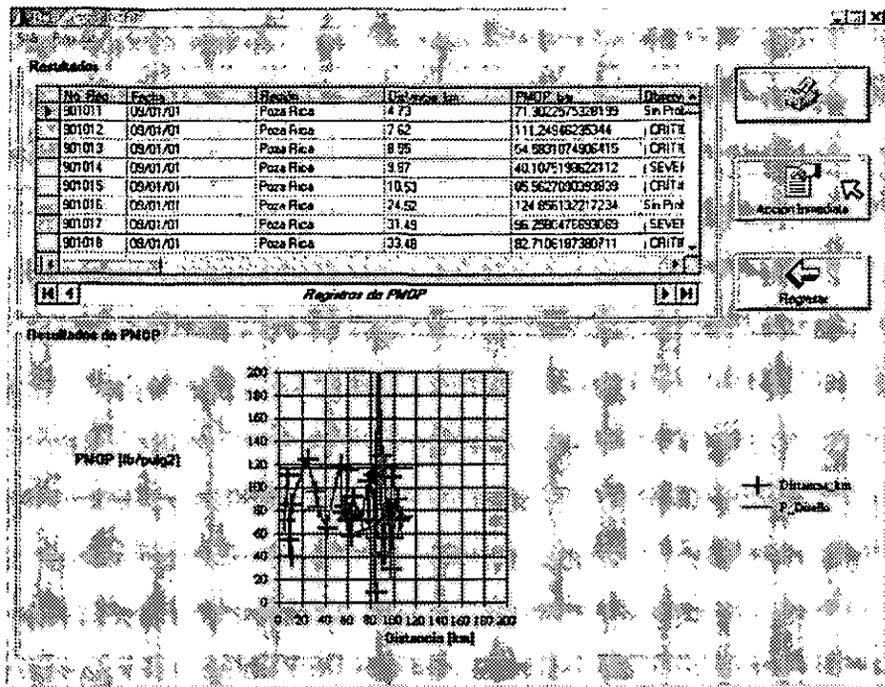


Figura 7

Puede observarse en la **Figura 7** los resultados obtenidos para los registros seleccionados obteniéndose su gráfica correspondiente. Si desea una impresión de los resultados seleccione el Botón de la **Impresora** oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse. Para realizar los reportes para aquellos ductos con **Acción Inmediata** (registros de ductos que requieren ser reemplazados) seleccione el Botón **Acción Inmediata** oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse para que puedan ser generados. También puede acceder a estas opciones colocándose en el menú **Reporte** que se encuentra en la parte superior izquierda de la ventana.

Para salir de esta ventana y volver a la pantalla anterior de Consultas colóquese en el Botón **Regresar** y oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse, lo cual lo regresará a la ventana anterior para que pueda realizar otras consultas a evaluar o salir del sistema.

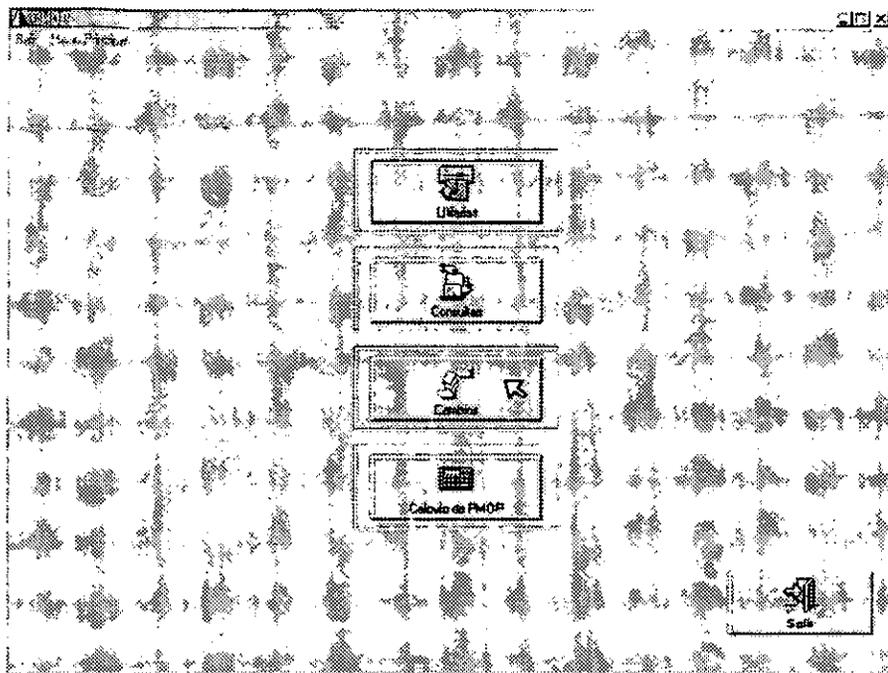


Figura 8

En la opción Cambios que se muestra en la **Figura 8**, puede realizar modificaciones a registros que tengan en su observación "Acción Inmediata" para establecer que esos registros de ductos que representan reemplazo de tubería han sido atendidos.

Oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse y se desplegará la pantalla que se muestra en la **Figura 9**. También puede acceder a esta opción colocándose en la parte superior derecha en la opción **Menú Principal** que se encuentra en la parte superior izquierda de la ventana y seleccione en el menú **Cambios**.

Figura 9

En la Figura 9 se muestra la pantalla donde puede realizar las modificaciones a registros que tengan en su observación "Acción Inmediata", estableciendo y actualizando en la base de datos que esos registros de ductos que representan reemplazo de tubería han sido atendidos.

En el botón de Estado de Ductos Atendidos podrá generar un estadístico de cuantos ductos han sido atendidos y cuantos no lo han sido.

Para realizar una actualización inserte en el cuadro de texto el número de registro, oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse en el botón **Buscar** y se desplegará en la pantalla los datos del registro del ducto referente, para realizar el cambio del registro referente oprima la tecla **Restablecer**; para guardar dichos cambios oprima la tecla **Guardar Cambios**. También puede realizar una búsqueda de registro en la parte superior derecha en la opción menú **Buscar** que se encuentra en la parte superior izquierda de la ventana.

Para salir de esta ventana y volver a la pantalla anterior de Consultas colóquese en el Botón **Regresar** y oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse.

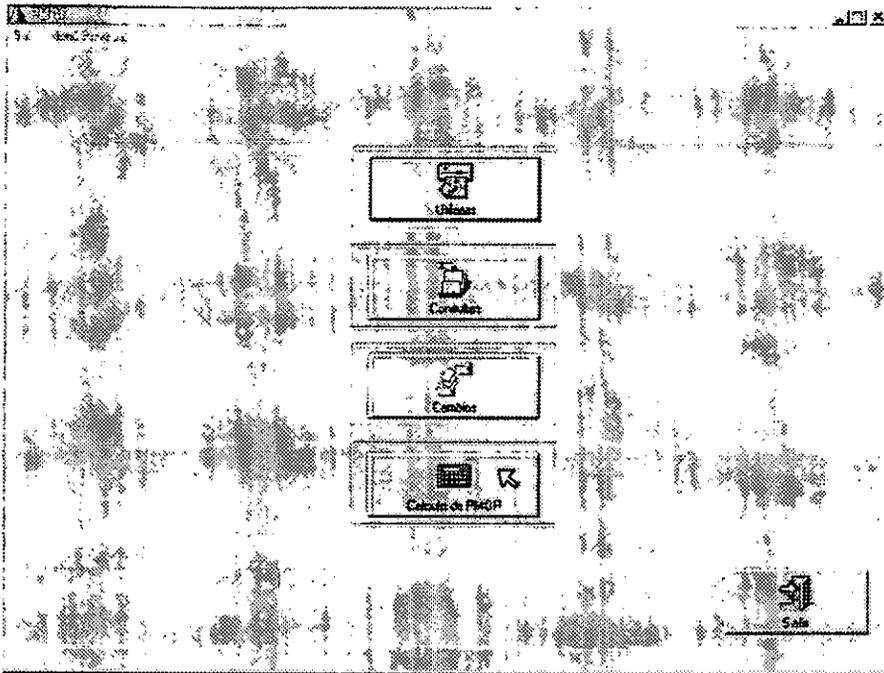


Figura 10

En la opción Cálculo de PMOP puede realizar cálculos para obtener la presión máxima de operación permisible en un ducto (PMOP) de acuerdo al criterio que elija como se muestra en la **Figura 10**. Colóquese en el Botón **Cálculo de PMOP**, oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse y se desplegará la pantalla que se muestra en la **Figura 11**. También puede acceder a esta opción colocándose en la parte superior derecha en la opción **Menú Principal** que se encuentra en la parte superior izquierda de la ventana y seleccione en el menú **Calcular PMOP**.

Para salir de esta ventana y volver a la pantalla anterior de Consultas colóquese en el Botón **Salir** y oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse.

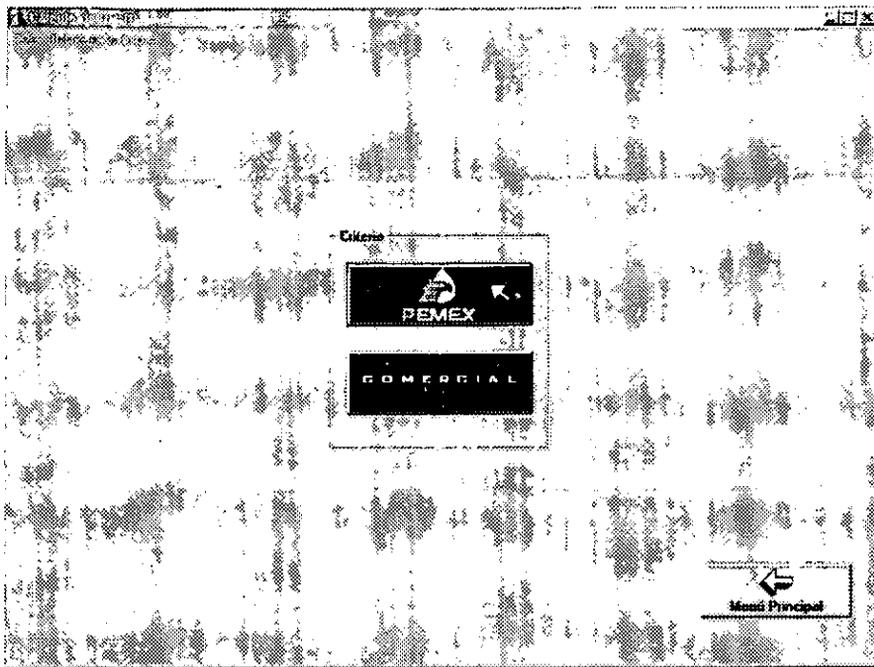


Figura 11

La **Figura 11** indica el menú de elección de criterio para el cálculo de la presión máxima de operación permitida en un ducto. Si desea hacer un cálculo por criterio PEMEX oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse en el Botón PEMEX que desplegará la pantalla que se muestra en la **Figura 12**. También puede acceder a esta opción colocándose en el menú Selección de Criterio que se encuentra en la parte superior izquierda de la ventana y seleccione en el menú PEMEX.

Si desea de salir de esta ventana seleccione el Botón **Menú Principal** o elija en la parte superior izquierda la opción Salir, el cual lo regresará al Menú Principal.

**Parámetros de la Tubería**

Factor de Eficiencia de Junta Soldada Longitudinal:

No. de Especificación:

Caso de Tubería:

**Resistencia Mínima Especificada a la Corrosión**

Grado:  Tipo:

Especificación:  PNEC (lb/pulg<sup>2</sup>):

Factor de Diseño:  Zona:  Diámetro Nominal:  pulg.

**Parámetros de Corrosión**

% de Corrosión:

Diferencia:  mm

Profundidad de Corrosión:  mm

Longitud de Corrosión:  mm

Espesor de Pared Local en la Base de la Corrosión:  mm

Espesor de Pared de Referencia:  mm

**Obtención de PMOP**

Presión de Diseño:  kg/cm<sup>2</sup> G (longitud soldada)

PMOP:  kg/cm<sup>2</sup> Coeficiente de PMOP:

Aplicar PMOP en la tubería:

Regresar al Inicio

Figura 12

Puede observarse en la **Figura 12** la ventana correspondiente al cálculo de la PMOP por criterio PEMEX. En la parte superior izquierda “**Parámetros de la Tubería**” se especifican las características de la tubería que puede elegir como el tipo de soldadura “**Factor de Eficiencia de Junta Soldada Longitudinal**”, resistencia mínima del ducto “**Resistencia Mínima Especificada**”, **Factor de Diseño** que especifica el tipo de zona en que se encuentra el ducto y **Diámetro Nominal** que es el diámetro exterior de la tubería.

En la parte superior derecha “**Parámetros de Corrosión**” se insertan los valores de las características de corrosión (defecto en la tubería).

Para realizar un cálculo de PMOP seleccione presione el Botón **Calcular PMOP** con la tecla <ENTER> o con un clic del mouse, donde se obtendrán los resultados como se muestra en la **Figura 12**. También puede obtener la PMOP colocándose en el menú **Operación** que se encuentra en la parte superior izquierda de la ventana y seleccione en el menú **Calcular PMOP**.

Los resultados serán desplegados en la parte inferior derecha "Obtención de PMOP" donde se obtendrá la presión de diseño, la longitud permitida, la presión máxima de operación permisible en un ducto "PMOP" y su coeficiente.

Si quisiera hacer otro cálculo tiene que limpiar las casillas de **Parámetros de Corrosión** y de **Obtención de PMOP** presionando en el Botón **Limpiar**, el cual dejará vacías las casillas para un nuevo cálculo. También puede limpiar las casillas colocándose en el menú **Operación** que se encuentra en la parte superior izquierda de la ventana y seleccione en el menú **Limpiar**.

Si desea de salir de esta ventana seleccione el Botón **Regresar al Menú** o elija en la parte superior izquierda la opción **Salir**, el cual lo regresará a la ventana anterior para selección de Criterio para calcular la PMOP.

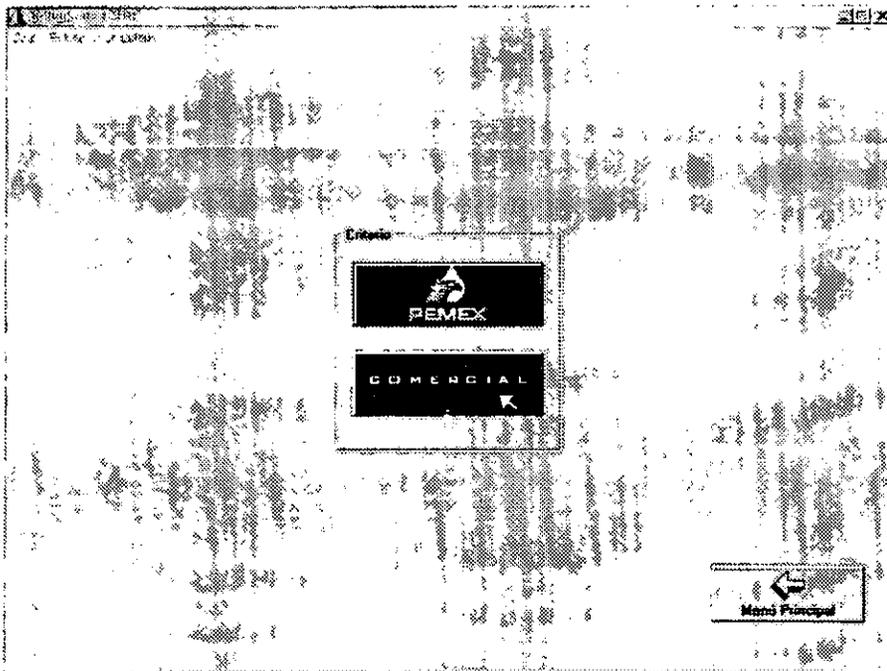


Figura 13

Si desea hacer un cálculo por criterio Comercial oprima la tecla <ENTER> o con un clic del mouse en el Botón Comercial que desplegará la pantalla que se muestra en la Figura 14. También puede acceder a esta opción colocándose en el menú Selección de Criterio que se encuentra en la parte superior izquierda de la ventana y seleccione en el menú Comercial.

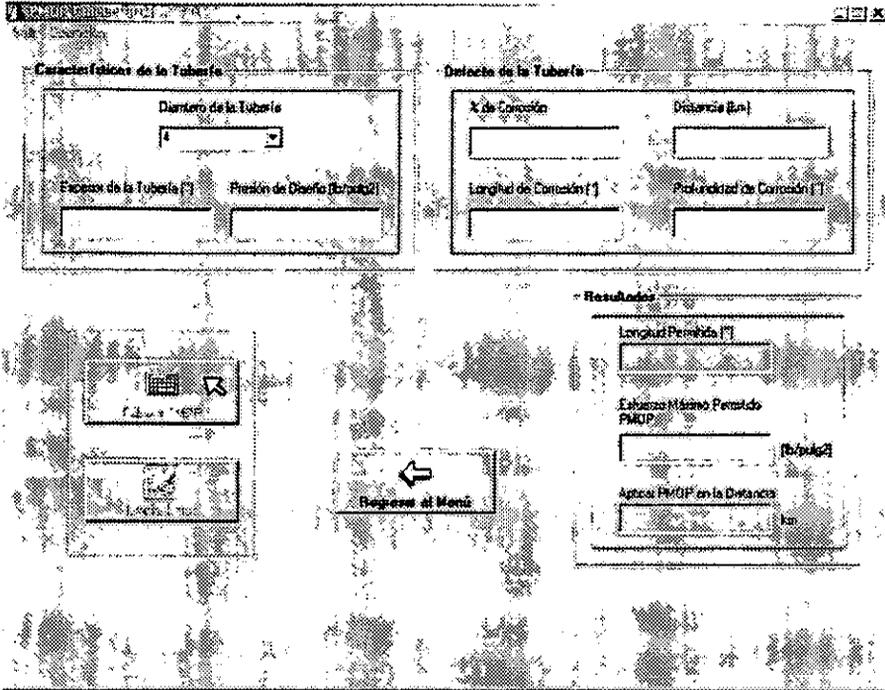


Figura 14

En la Figura 14 se puede observar la ventana correspondiente al cálculo de la PMOP por criterio Comercial. En la parte superior izquierda "Características de la Tubería" se especifican los parámetros del ducto como: "Diámetro Nominal" que es el diámetro interior de la tubería, "Espesor de la Tubería", que indica el grosor de la pared del ducto y "Presión de Diseño" que especifica la presión máxima que puede ser soportada por el ducto por manufactura.

En la parte superior derecha "Defecto de la Tubería" se insertan los valores de las características de corrosión.

Para realizar un cálculo de PMOP seleccione presione el Botón **Calcular PMOP** con la tecla <ENTER> o con un clic del mouse, donde se obtendrán los resultados como se muestra en la **Figura 14**. También puede obtener la PMOP colocándose en el menú **Operación** que se encuentra en la parte superior izquierda de la ventana y seleccione en el menú **Calcular PMOP**.

Los resultados serán desplegados en la parte inferior derecha "**Resultados**" donde se obtendrá la presión de diseño, la longitud permitida, la presión máxima de operación permisible en un ducto "**PMOP**" y su coeficiente.

Si quisiera hacer otro cálculo tiene que limpiar las casillas de **Parámetros de Corrosión** y de **Obtención de PMOP** presionando en el Botón **Limpiar**, el cual dejará vacías las casillas para un nuevo cálculo. También puede limpiar las casillas colocándose en el menú **Operación** que se encuentra en la parte superior izquierda de la ventana y seleccione en el menú **Limpiar**.

Para salir de esta ventana seleccione el Botón **Regresar al Menú** o elija en la parte superior izquierda la opción **Salir**, el cual lo regresará a la ventana anterior para selección de **Criterio** para calcular la PMOP.

## CONCLUSIONES

Al término del desarrollo de este trabajo se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- En el desarrollo de un sistema el seguir paso a paso una metodología de análisis y diseño para su elaboración puede observarse que el trabajo se agiliza y simplifica obteniéndose buenos resultados.
  - Las asignaturas impartidas en la carrera de Ingeniería en Computación en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón de la UNAM como: "Programación Estructurada" e "Ingeniería de Programación", son materias que forman los cimientos de la programación; "Bases de Datos", que muestra los pasos de cómo se conforma una base de datos tanto relacional como no relacional; "Temas Especiales de Computación" que es la aplicación de la metodología ENALIM enseñada en esta materia; así como "Sistemas de información", sólo por mencionar algunas, permitieron el desarrollo de este trabajo que posee todas las características de un sistema, desde el análisis, desarrollo, implementación, liberación y mantenimiento de un sistema informático.
  - El sistema informático PMOP pasó satisfactoriamente el periodo de pruebas cubriendo todas las necesidades del usuario obteniéndose los resultados deseados, en el cual, dicho sistema se encuentra ahora en marcha en el área de Geofísica de Exploración y Producción del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).
  - El trabajo realizado servirá como una guía para el análisis y diseño en el desarrollo de sistemas sustentados en esta nueva metodología.
  - En un futuro este sistema formará parte de un sistema integral del área de Geofísica de Exploración y Producción del IMP que con lleva el análisis de riesgo donde podrá observarse que tanto afectará el impacto de un accidente originado por el fenómeno de corrosión en una cierta región y que estará conformado por un sistema de posicionamiento geográfico donde podrá visualizarse en un mapa dicha región.
  - El presente trabajo representa una pequeña contribución como parte de una gran solución a la gran problemática de corrosión existente en los ductos de Petróleos Mexicanos (PEMEX).
-

## **BIBLIOGRAFÍA**

- VISUAL BASIC AND DATABASES  
Lou Tylee, 1999  
Kidware
  - MANUAL DE VISUAL BASIC 5  
Gary Cornell  
Osborne McGraw Hill
  - Microsoft Visual Basic 6.0  
Ing. Marvin Cardoza
  - Apuntes; Temas Selectos de Computación; Israel Juárez Ortega  
  
Apuntes; Programación Estructurada y Sistemas de Información; Lilia Enciso  
García  
  
Apuntes; Estructura de Datos y Base de Datos; Roberto Blanco  
  
Apuntes; Ingeniería de Programación; Gabriela Hernández
  - [www.lawebdelprogramador.com](http://www.lawebdelprogramador.com)
  - Artículo Programando el DataReport  
Harvey Triana, 1999
  - [www.pemex.com](http://www.pemex.com)
  - [www.imp.mx](http://www.imp.mx)
  - DISEÑO ESTRUCTURADO DE ALGORITMOS  
Agosto / 97 - Febrero / 98  
Lic. Ma. de Lourdes Hernandez Martinez
  - CORROSION  
Douglas Colt  
1988
  - PIPELINES AND CORROSION  
Henry L. Jameson  
1992
-