

□□□□□ □□□ □ □□

3 Aniversario

IMP

□□□□□ □□□ □ □□

IMP

□□□□□ □□□ □ □□

□□□□□ □□□ □ □□



DIRECTORIO

Dirección General

Doctor Gustavo Adolfo Chapela
Castañares

Dirección Ejecutiva de Exploración y Producción

Doctor Alfredo Arriola Torres

Dirección Ejecutiva de Proceso y Medio Ambiente

Maestro César Edmundo Figueroa
Gutiérrez

Dirección Ejecutiva de Ingeniería

Ingeniero Arturo Ricardo Rosales
González

Dirección Ejecutiva de Capacitación

Ingeniero Alejandro Villalobos Hiriart

Dirección Ejecutiva de Planeación y Desarrollo Institucional

Ingeniero Alfredo Rosas Arceo

Dirección Ejecutiva de Comercialización

Maestro José Luis Rodríguez Herrera

Dirección Ejecutiva de Investigación

Doctor Francisco Guzmán
López-Figueroa

Dirección Ejecutiva Técnica

Maestro Julián Castellanos Fernández

Dirección Ejecutiva de Administración y Finanzas

Licenciado Manuel López Bernal

Delegación Regional Zona Centro

Ingeniero Rodolfo del Rosal Díaz

Delegación Regional Zona Norte

Ingeniero Alberto Yáñez Esquina

Delegación Regional Zona Sur

Ingeniero Jesús Nolasco Martínez

Delegación Regional Zona Marina

Ingeniero José Antonio Torres y
Serrallonga

Contraloría Interna

Ingeniero Uriel Martínez Loredó

Coordinador de Asesores

Ingeniero Alfonso Ramírez Lavín

Coordinador General de la Edición:
Paulino Sabugal Fernández

Coordinador del Diseño Gráfico:
César Alberto del Valle Martínez

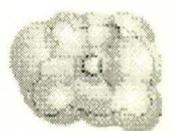
Diseñadores:
Angélica Mondragón Riverón
Efraín Pedraza Torres
Omar Montoya Hernández
Raúl Sánchez Lucio

Correctoras de Estilo:
Isabel Rueda Smithers
Virginia Careaga Covarrubias

Fotografía:
Francisco Juárez Melgarejo
Pedro Espindola Serrano
Rosendo Clemente Castro

La investigación en el Instituto Mexicano del Petróleo

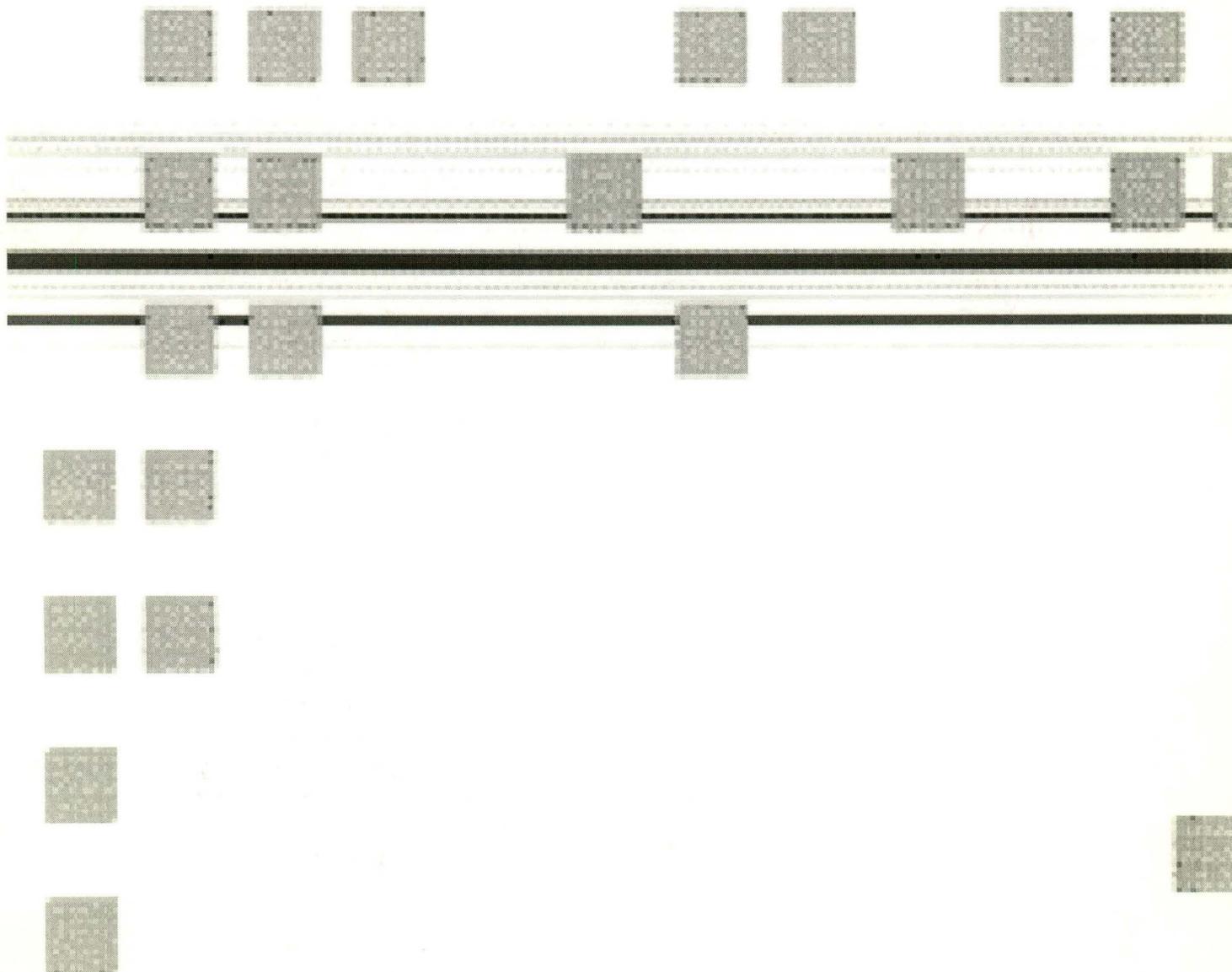
□□□□□ □□□ □ □□
□□□□□ □□□ □ □□



Entre los pasos exigidos por el crecimiento de Petróleos Mexicanos hay una inversión intangible que es imperioso realizar: destinar a la investigación científica, de ciencia pura y aplicada y a la formación de técnicos, un adecuado porcentaje de recursos financieros...

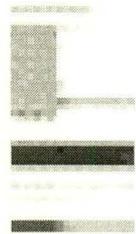
la acumulación de saber técnico no es menor en rango a la formación de capital

Jesús Reyes Heróles, primer informe como director general de Petróleos Mexicanos, 1965



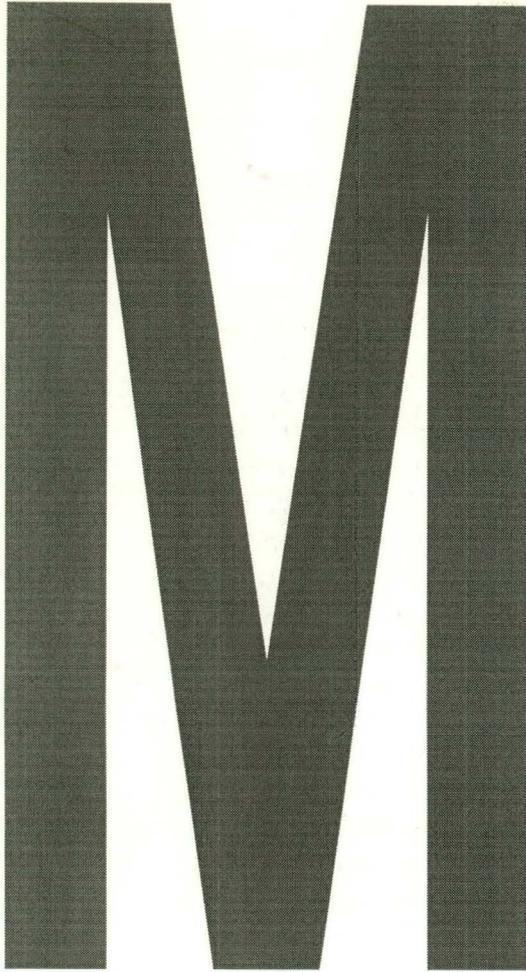


Índice general



	página
Mensaje del Director General	7
Introducción	8
El IMP hoy	10
La investigación en el IMP	26
Yacimientos Naturalmente Fracturados	34
Tratamiento de Crudo Maya	54
Simulación Molecular	70
<hr/>	
Biotecnología del Petróleo	86
Medio Ambiente y Seguridad	96
Ductos	106
Comités de evaluación	118
Glosario de términos	125
Índice de abreviaturas y siglas	128





Presentación

ENSAJE DEL DIRECTOR GENERAL

Es muy grato para mí presentar, por medio de las páginas de este libro, el esfuerzo que lleva a cabo el Instituto Mexicano del Petróleo en el campo de la investigación científica y tecnológica en nuestra área de competencia. Este esfuerzo forma parte del trabajo del instituto en favor de la industria petrolera nacional, al vincular la investigación con el desarrollo tecnológico, las soluciones y la capacitación.

La dinámica de la actividad económica y social, presente y futura del país, nos lleva a ofrecer a Petróleos Mexicanos soluciones integrales con alto valor agregado, sustentadas en tecnología de punta. Es nuestra contribución elevar su calidad, grado de competitividad y de respuesta a la demanda nacional de energéticos y productos derivados para el desarrollo del país.

La visión estratégica de la investigación en el instituto responde a dos premisas básicas: la primera, se fundamenta en el valor actual que posee el conocimiento como generador de nuevas tecnologías, acordes con la realidad de la industria petrolera nacional. La segunda, se construye a partir de una estrecha relación con Petróleos Mexicanos para sancionar —con criterios rigurosos por ambas partes— los programas y proyectos de investigación destinados a ampliar el horizonte tecnológico de esta industria.

Yacimientos Naturalmente Fracturados, Tratamiento de Crudo Maya, Simulación Molecular, Biotecnología del Petróleo, Medio Ambiente y Seguridad, y Ductos, son los programas con sus respectivos proyectos que constituyen el abanico de la investigación en el Instituto Mexicano del Petróleo. En ellos está depositado el esfuerzo y tesón de nuestros investigadores y especialistas para edificar una institución a la altura de las mejores del mundo.

Les doy la bienvenida a este recorrido que los conducirá a conocer una institución que está al servicio de la industria petrolera nacional y, por extensión, al servicio del pueblo de México.

Dr. Gustavo Adolfo Chapela Castañares



Introducción

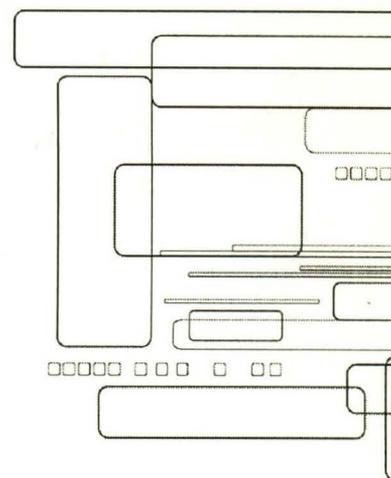
Actualmente, los recursos destinados a investigación y desarrollo tecnológico constituyen una inversión que tarde o temprano redundará en el desarrollo económico y la disminución de la dependencia tecnológica, en las naciones que han considerado prioritario apoyar programas dedicados a estos rubros del conocimiento.

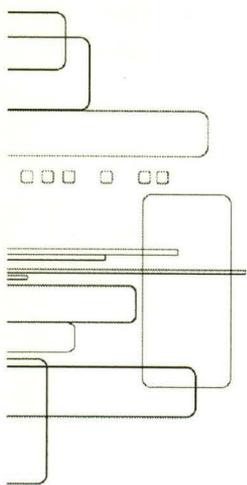
México no es ajeno a esta perspectiva y cuenta con el Instituto Mexicano del Petróleo —organismo público descentralizado del Gobierno Federal, sectorizado en la Secretaría de Energía— que es una importante plataforma para la investigación científica y el desarrollo tecnológico al servicio de las industrias petrolera, petroquímica básica, petroquímica derivada y química.

Desde su creación, el 23 de agosto de 1965, el IMP definió

como objetivos fundamentales crear programas de investigación científica básica y aplicada; formar investigadores; desarrollar tecnologías aplicables a la técnica petrolera, y capacitar personal en todos los niveles.

Hoy, 35 años después, el IMP se ha transformado en una institución moderna y competitiva que se propone asegurar el fortalecimiento de la investigación y el desarrollo tecnológico, con programas y proyectos de investigación de punta; mantener una sana capacidad de autofinanciamiento; orientar sus esfuerzos hacia soluciones con





servicios integrados a plena satisfacción de Petróleos Mexicanos, su cliente principal, y fortalecer sus competencias institucionales.

Es en este contexto que se pensó elaborar el libro que el lector tiene en sus manos para hacer del conocimiento de público no especializado, los esfuerzos que el instituto realiza en sus áreas de investigación científica.

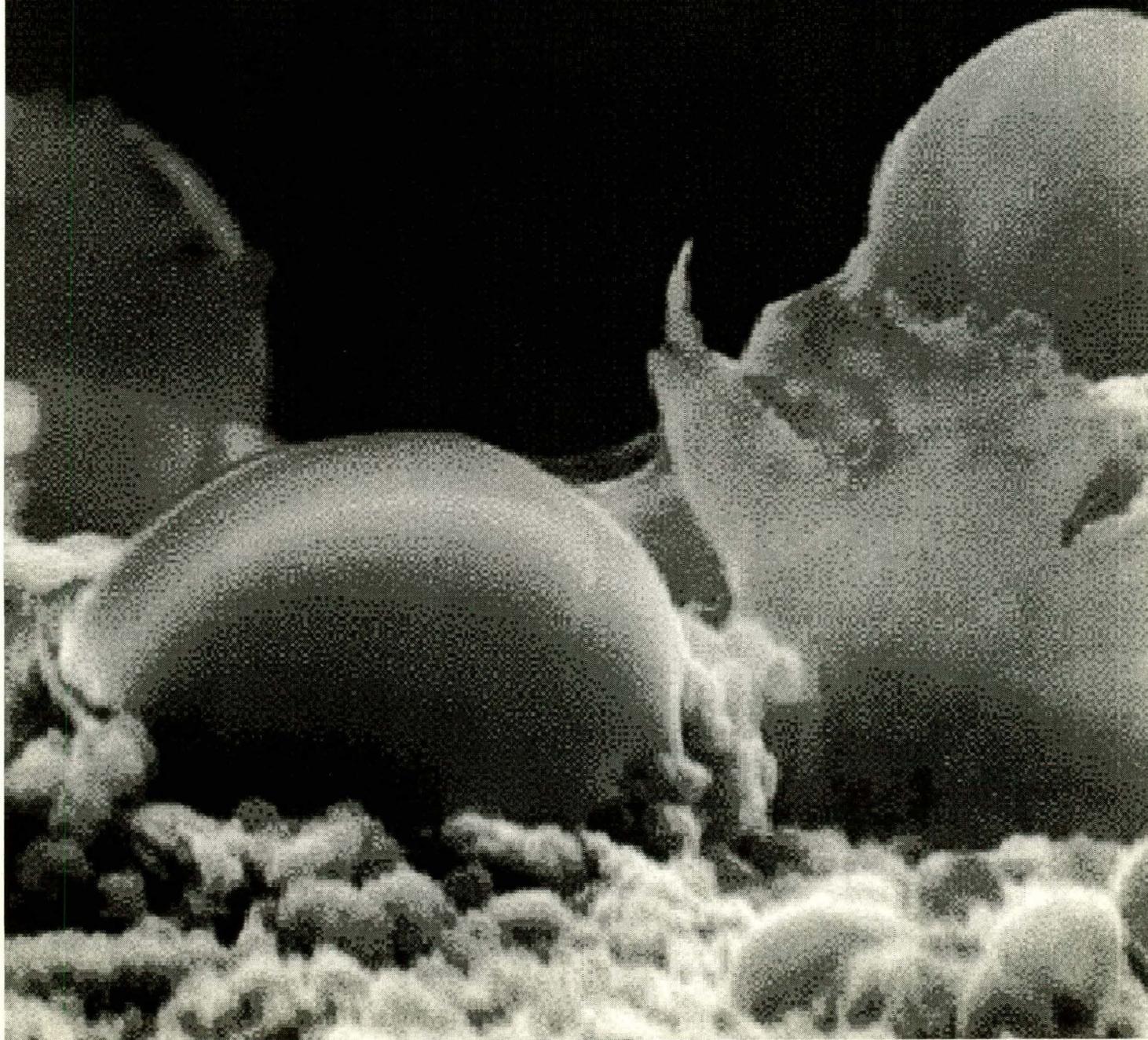
El libro se inicia con una presentación general, donde se expone qué es el IMP hoy y el por qué de su actual estructura, producto de una clara evolución histórica, una oportuna adecuación a las necesidades de Pemex y una actualización científico-tecnológica sin precedentes. Orientaciones sustentadas en el Plan Estratégico del Instituto Mexicano del Petróleo 1999-2003.

La parte sustantiva la constituye el apartado sobre la investigación en el IMP. Este apartado se divide en un capítulo inicial que describe, de manera introductoria, la nueva visión de la investigación en el instituto. Posteriormente se explica, en capítulos individuales, cada uno de sus programas de investigación que constituyen el cuerpo de esta actividad, desagregando las características de cada uno de ellos, y sus proyectos correspondientes.

Por último, el lector encontrará aquí los nombres de los investigadores que coordinan programas, encabezan proyectos e integran comités de evaluación; un glosario con los términos más usados en la investigación relacionada con la industria petrolera y un índice de abreviaturas y siglas, para facilitar la consulta rápida de la obra.



ductos



Este programa es estratégico tanto por su enfoque para la seguridad de los sistemas de transporte de combustible más usuales, como por su impacto en la prevención de daños al ambiente y en la reducción de costos de producción

A lo largo del territorio nacional, Pemex mantiene en operación un sistema de ductos terrestres de alrededor de 54 mil kilómetros por donde transporta petróleo crudo, gas natural, gas amargo, gas dulce, gasolinas, diesel y otros productos refinados. Cuenta, además, con dos mil kilómetros localizados en zonas submarinas. Cerca de la mitad de los ductos tienen más de 30 años en operación, y a pesar del constante mantenimiento, ocurren problemas provocados por la corrosión y fallas del material. Por tal motivo, el IMP y Pemex crearon un programa de investigación y desarrollo tecnológico para generar el conocimiento que contribuya a incrementar la integridad de los ductos existentes; además de desarrollar nuevas tecnologías para su inspección.

El Programa de Investigación en Ductos inició sus actividades en noviembre de 1999 y actualmente, además de investigar

Micrografía de la biopelícula formada en el interior de un ducto, mediante la cual se observa la formación de depósitos que promueven la corrosión.

problemas de corrosión, contempla proyectos de confiabilidad y análisis de riesgo, detección de fugas, diablos instrumentados para la inspección interna de ductos y análisis de integridad de materiales.

Asimismo, contempla la creación del Centro de Excelencia en Ductos (CED), con capacidad de investigación y desarrollo, servicio especializado, capacitación y entrenamiento enfocado a Pemex y a la industria petrolera internacional. El centro, resultado de una alianza entre la Universidad Nacional Autónoma de México, Battelle Memorial Institute y el IMP, trabajará en tecnología de alto valor agregado y proporcionará soporte técnico sólido para la integridad de ductos, calibración de equipo e instrumentos; certificación y pruebas de ductos, así como programas específicos de investigación y desarrollo.

Además, incorporará muchas de las características de las pruebas de ductos que se ofrecen en el mercado internacional, garantizando a clientes potenciales gran variedad de diámetros en ductos y ensayos de integridad en instalaciones industriales. Entre otras, también, el CED

MISIÓN

Crear conocimiento multidisciplinario de excelencia y formar recursos humanos altamente especializados, para brindar soluciones de ingeniería avanzada, orientadas a mejorar el rendimiento, seguridad y confiabilidad de la red de ductos de Pemex, con una amplia perspectiva de aplicación mundial

contará con capacidad para realizar evaluaciones en las siguientes áreas: uso de equipos instrumentados, integridad de ductos, monitoreo de protección catódica/corro-

sión, soldadura, medición y entrenamiento de personal.

El objetivo del programa es contribuir al incremento de la seguridad, la mejora de la competitividad, la protección del ambiente y la reducción de costos de operación y mantenimiento del sistema de ductos de Pemex,

VISIÓN

Ser una organización con fuerte posicionamiento internacional, que agrupe investigadores de altas capacidades multidisciplinarias, para dar soluciones a los grandes retos del transporte por ductos en Pemex y en otras empresas petroleras del mundo

m e d i a n t e la aplicación de servicios técnicos con alto contenido tecnológico y proyectos orientados al desarrollo de nuevas tecnologías aprovechando la infraestructura académica nacional.

Por sus características y su misión, las áreas de interés tecnológico para el programa de ductos son:

Corrosión

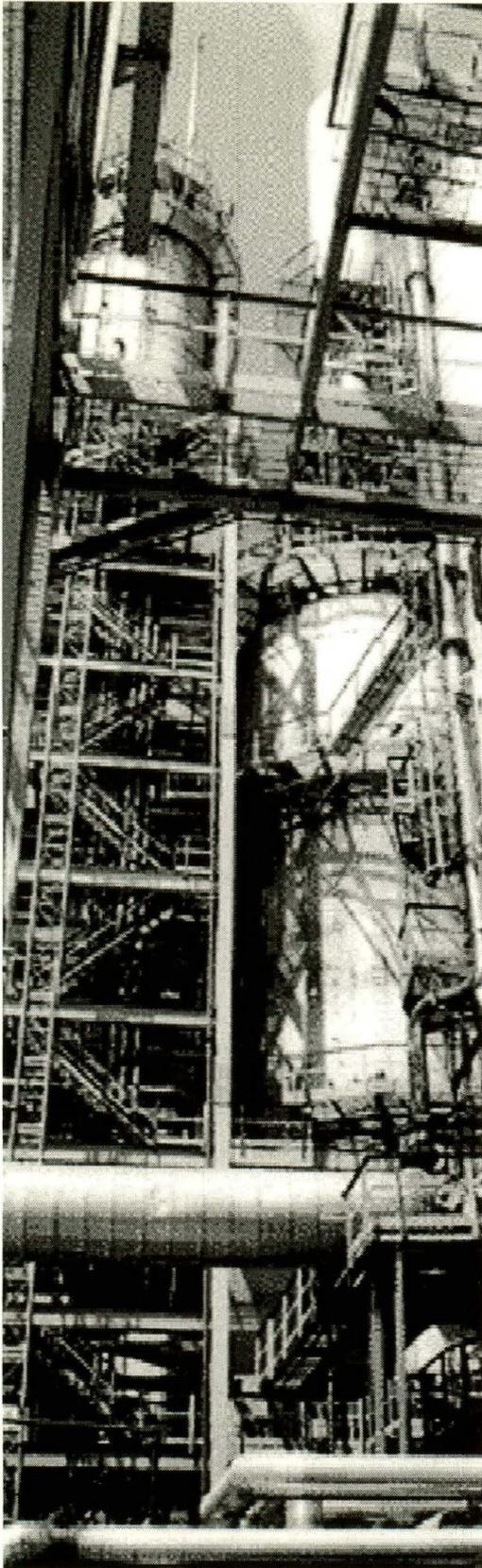
- ◆ Confiabilidad y análisis de riesgos.
- ◆ Detección de fugas.
- ◆ Análisis de integridad de materiales (mecánica de la fractura, nuevos materiales, análisis de esfuerzos, entre otros).

Creación del Centro de Excelencia en Ductos:

- ◆ Capacitación.
- ◆ Servicios de ingeniería.
- ◆ Certificación.
- ◆ Desarrollo tecnológico.

Para atacar los problemas de corrosión marina, microbiológica, atmosférica y de suelos, protección catódica, recubrimientos; evaluación de la integridad de materiales y análisis de accidentes; desarrollos tecnológicos para incrementar problemas de operación, mantenimiento y seguridad en ductos, el programa trabaja en diversos proyectos.





Los ductos están presentes en los diversos procesos de producción, transporte y transformación de hidrocarburos.

Proyectos en curso

Corrosión microbiológica en los ductos de Pemex

Líder: Dr. Manuel Guadalupe Amaya Malpica

Objetivo: Localizar, identificar y clasificar fenómenos de corrosión provocados por microorganismos en los ductos y encontrar soluciones para minimizar las pérdidas.

Beneficios: Realizar un estudio multidisciplinario para conocer los microorganismos y los procesos de corrosión en los ductos de Pemex. El estudio se basa en la instalación de una amplia red de estaciones de campo distribuidas en las zonas de mayor interés para la industria petrolera, así como en el análisis de la diversidad microbiológica detectada mediante técnicas convencionales apoyadas en métodos avanzados de ingeniería genética; de caracterización metalúrgica y de electroquímica de procesos y productos de corrosión, de sustancias inhibidoras de ésta y biocidas, y de nuevos recubrimientos y aleaciones con elementos tóxicos contra microorganismos.

Se obtendrán también conocimientos profundos del fenómeno de corrosión biológica y se identificarán los microorganismos específicos que provocan daño. Se contará con un mapa de biocorrosión, lo que permitirá una mejor selección y la optimación de productos anticorrosivos.

Estudio por corrosión asistida por CO₂ y H₂S

Líder: Dr. Rubén Durán Romero

Objetivo: Estudiar los fenómenos de corrosión acelerada por CO₂ y H₂S que se dan en nuevos desarrollos de aceros avanzados, para generar conocimientos científicos en las áreas de corrosión electroquímica y su interrelación con flujo de fluidos, metalurgia y aspectos mecánicos.

Beneficios: Mejorar criterios de selección para nuevas aleaciones en las líneas estratégicas de Pemex. Asimismo, crear un soporte científico y técnico de alto nivel para controlar la corrosión interna de ductos. Se incrementará la seguridad en la operación de las instalaciones de Pemex y se reducirá la probabilidad de derrames causados por corrosión y su impacto ambiental.

Medición de flujo multifásico usando métodos tomográficos

Líder: Dr. José Carlos Gamio Roffé

Objetivo: Investigar y desarrollar nuevas tecnologías de medición de flujo multifásico gas-aceite-agua, basadas en la aplicación de técnicas de tomografía de procesos, en particular tomografía de impedancia eléctrica.

Beneficios: La superación de la principal limitación de los medidores multifásicos actuales: su sensibilidad a los cambios del régimen de flujo. Esto extenderá el campo de aplicación de la medición multifásica a otras áreas y permitirá, por ejemplo, la instalación de



Fenómeno de corrosión en un ducto.



Proyectos FIES

Estudio de la adherencia de resinas y asfaltenos sobre superficies metálicas en instalaciones petroleras

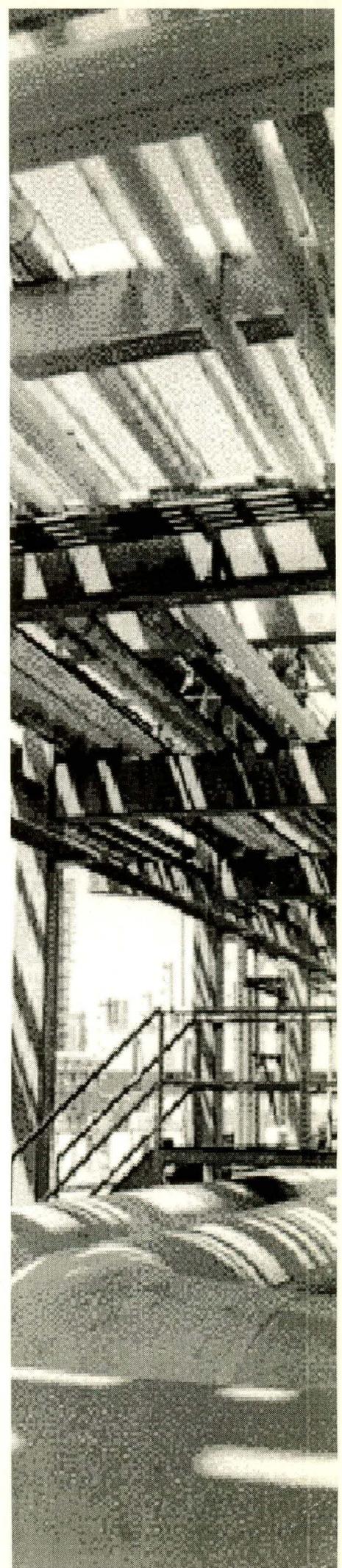
Objetivo: Estudiar el fenómeno de adherencia sobre superficies metálicas de algunos compuestos de tipo polar que se encuentran dentro del petróleo crudo (asfaltenos y resinas), en presencia de compuestos inorgánicos (minerales y agua), en condiciones dinámicas: flujo multifásico, alta presión y temperatura, así como de compuestos corrosivos. Este proyecto se elabora conjuntamente con el Instituto Politécnico Nacional y la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

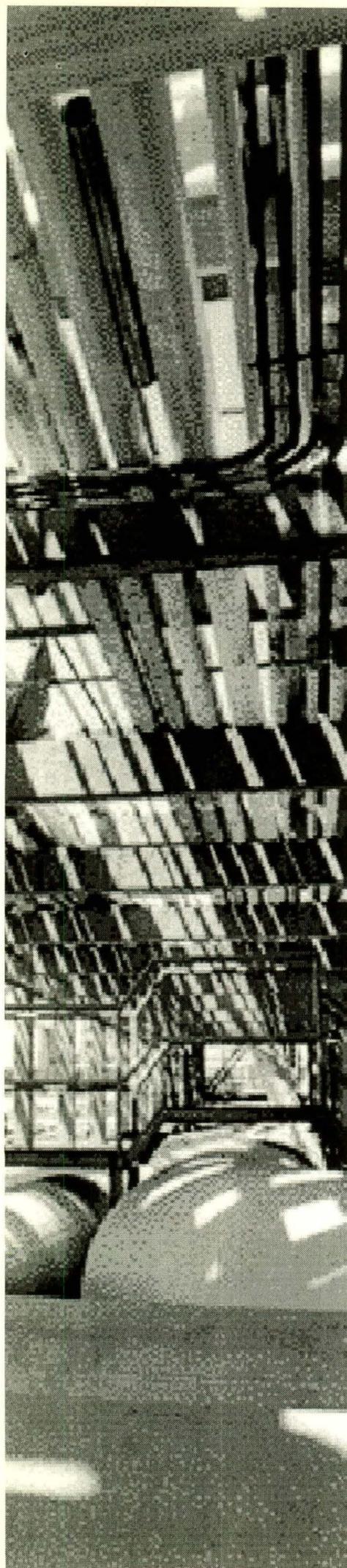
Sistema de detección y localización de fugas de hidrocarburos y disolventes orgánicos

Objetivo: Desarrollar sistemas de detección y localización de hidrocarburos y disolventes orgánicos competitivos técnica y económicamente en el ámbito internacional, así como transferir esta tecnología al sector productivo. Este proyecto se elabora conjuntamente con el Centro de Investigación Científica de Yucatán.

Desarrollo de un diablo geocáliber para ductos de 24" basado en ultrasonido

Objetivo: Desarrollar y construir un sistema inteligente basado en ultrasonido y alta resolución para la inspección interna de ductos de 24",





que determine un sistema de información geográfica, con los siguientes elementos: fallas geométricas de la tubería cien por ciento del perímetro, medición de presión, medición de temperatura, espesores del ducto y soldaduras. Este proyecto se elabora conjuntamente con la Universidad Nacional Autónoma de México.

Desarrollo y prueba de un método analítico para detección de fugas en ductos de transporte de hidrocarburos en fase líquida

Objetivo: Adecuar y calibrar un sistema automático propio que permita detectar y localizar, en tiempo real, fugas en ductos de transporte de hidrocarburos en fase líquida. Se desarrollará un programa de cómputo empleando datos de instrumentos de medición y algoritmos de diagnóstico, que una vez probado en campo, permita localizar y detectar las fugas. Este proyecto se elabora conjuntamente con la Universidad Nacional Autónoma de México.

Proyectos en preparación

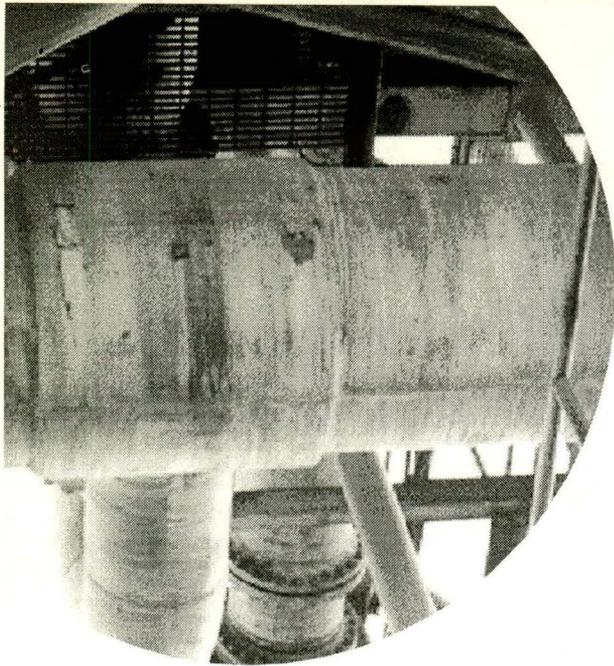
Electroquímica avanzada para monitoreo de corrosión en ductos enterrados y desempeño de recubrimientos a lo largo del gasoducto Cactus-San Fernando

Líder: Dr. Manuel Guadalupe Amaya Malpica.

Objetivo: Definir, con las técnicas electroquímicas de vanguardia, criterios de evaluación para correlacionar las pruebas tradicionalmente aplicadas a recubrimientos anticorrosivos en ductos enterrados, considerando también la agresividad del suelo. Al describir ésta, los

*Sistema de ductos en la
refinería de Minatitlán, Ver.*





Detalles de ductos
en plataformas marinas

resultados permitirán definir criterios de evaluación de nuevos desarrollos de recubrimientos anticorrosivos para controlar la corrosión externa de las tuberías enterradas.

Mecánica de la fractura avanzada para el análisis de cruces de ductos submarinos

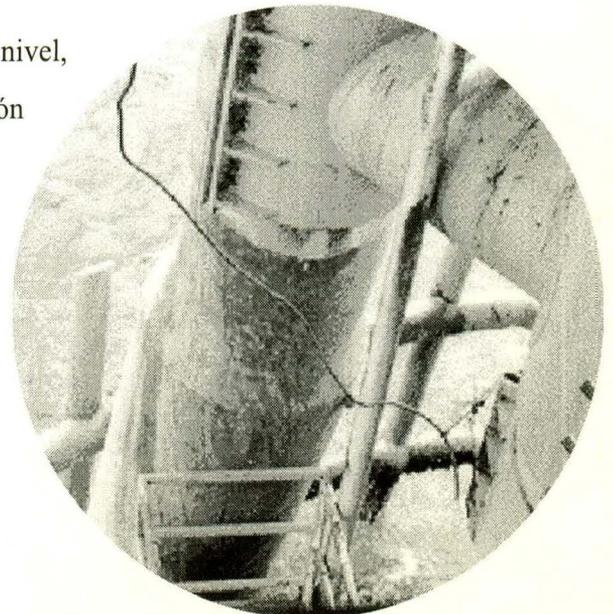
Líder: Dr. Oscar Antonio Flores Macías

Objetivo: Equipar un laboratorio de mecánica para fractura de vanguardia que incluya la mejor tecnología de cómputo para el análisis mecánico, mediante el estudio de elementos finitos; se trata de evaluar el comportamiento de ductos submarinos en intersecciones de alto riesgo, que contemplen condiciones de operación de cargas complejas (fuerzas hidrodinámicas y de flotación, condiciones reales de trabajo, entre otras), presencia de fisuras externas e internas y efectos de soldaduras.

El resultado permitirá al IMP contar con el mejor laboratorio en el país de mecánica de la fractura, y Pemex dispondrá de información técnica de alta calidad y confiabilidad para la toma de decisiones en la operación y mantenimiento de sus ductos submarinos.

Alcances

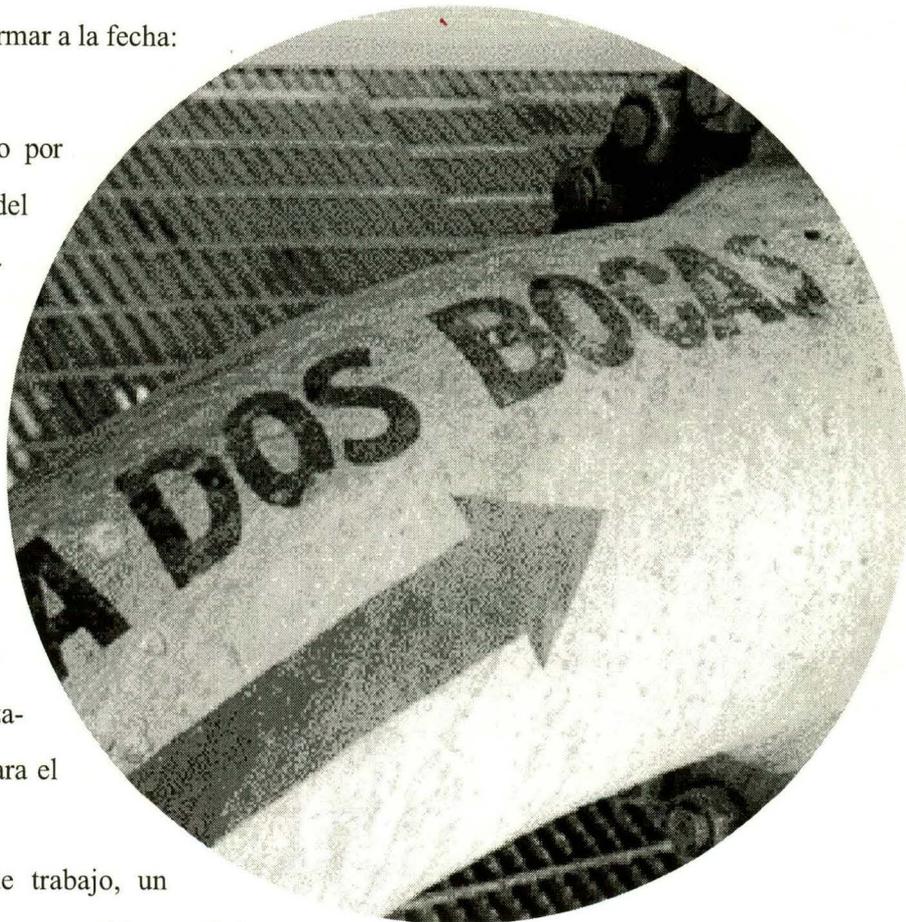
Realizar investigación de alto nivel, comprometida con la solución de problemas de la red nacional de ductos de Pemex, particularmente en



el campo de la corrosión. Favorecer la convergencia de los expertos del IMP y de otras instituciones en el desarrollo de proyectos de investigación dirigidos a producir conocimiento científico y tecnológico de alto nivel internacional.

El programa ha logrado conformar a la fecha:

- Un comité técnico integrado por reconocidos especialistas del IMP y del Comité Interorganismos de Ductos de Pemex, con un representante de cada subsidiaria.
- Un comité internacional de reconocidos expertos en su área.
- Un grupo de asesores externos altamente especializados en tópicos relevantes para el Programa de Ductos.
- Reunir, para su equipo de trabajo, un grupo de investigadores de reconocido prestigio, pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadores.



Ducto de salida de la plataforma Pol Alfa hacia Dos Bocas, Tab.

Número

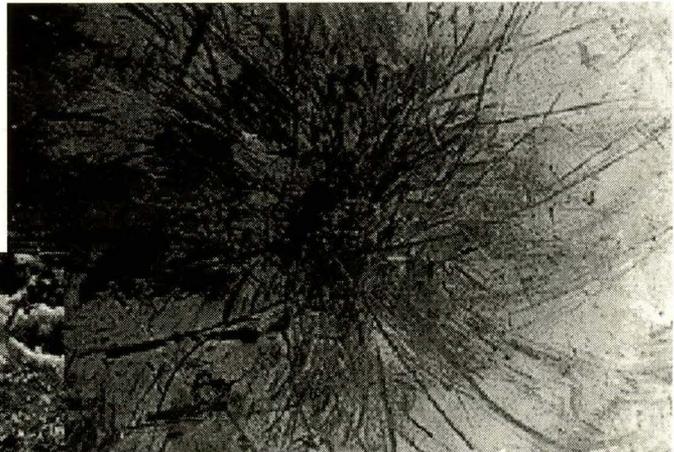
Categoría

4	Investigador Nacional nivel III
3	Investigador Nacional nivel II
5	Investigador Nacional nivel I
2	Candidato a Investigador Nacional.



Estrategia a futuro

- ❖ Formar un conjunto significativo de nuevos especialistas en el área de ductos con nivel doctorado.
- ❖ Fortalecer el equipamiento especializado en ductos y corrosión del IMP.
- ❖ Consolidar el equipamiento y puesta en operación del Centro de Excelencia en Ductos (CED).
- ❖ Crear una red nacional de ciencia e ingeniería especializada en corrosión al servicio de la industria petrolera.
- ❖ Continuar desarrollando programas de investigación con alto contenido tecnológico que incluyan tecnologías y métodos de punta, con el fin de brindar servicios de calidad a Pemex y a la industria petrolera mundial.
- ❖ Incrementar sustancialmente las publicaciones especializadas de riguroso arbitraje en los campos del saber inherentes a ductos, con el fin de posicionar al IMP en el ámbito mundial.



Micrografías de productos de corrosión formados en ductos, obtenidas con un microscopio electrónico de barrido.

