

# Consortios para el Desarrollo Tecnológico e innovación de Pemex

**Dr. Pedro Silva López**  
Subdirección de Gestión de Recursos Técnicos



## Introducción



Estrategia de Recuperación Mejorada en PEP



Proyectos integrales con el Fondo Sectorial CONACYT-SENER-  
HIDROCARBUROS



Conclusiones

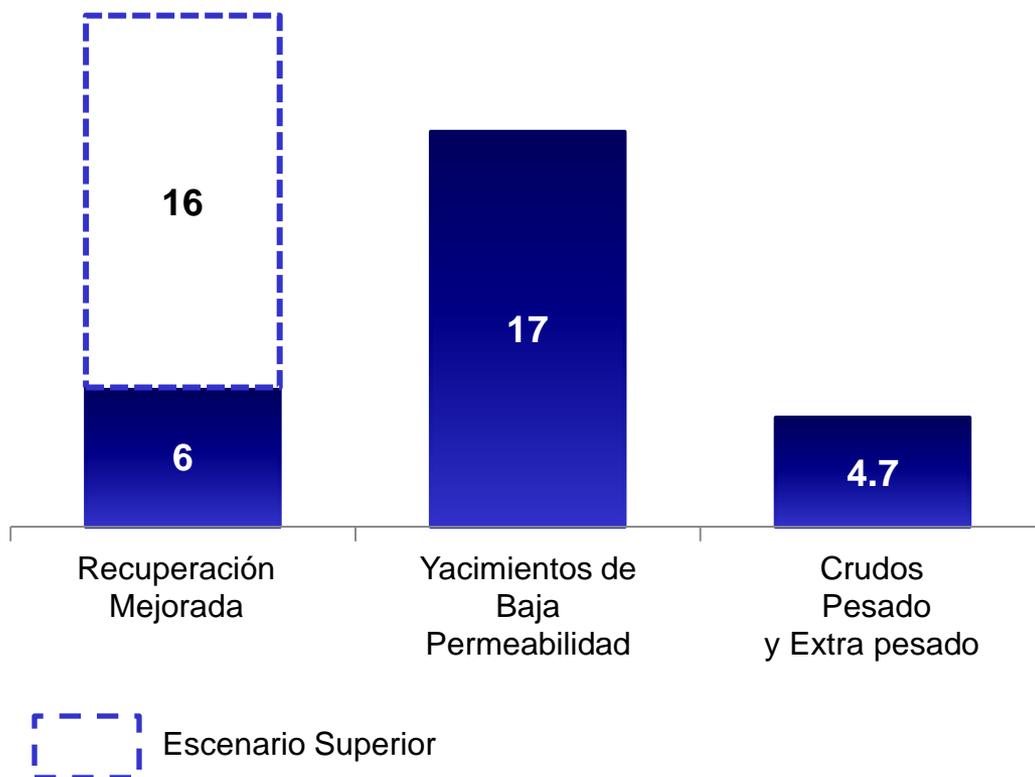
- El Programa Estratégico Tecnológico de PEMEX 2010-2025 contempla entre sus principales retos "Incrementar las reservas de hidrocarburos para asegurar la sustentabilidad de Largo Plazo de la empresa" y "Sostener e incrementar la producción de hidrocarburos para atender los requerimientos energéticos del país".
- Define dentro de sus áreas tecnológicas estratégicas la "Recuperación secundaria y mejorada en yacimientos fracturados y areno-arcillosos" las cuales tienen una serie de necesidades tecnológicas asociadas.
- El Programa de Ejecución de Pemex Exploración y Producción 2011-2025 contempla entre los objetivos estratégicos el disminuir la declinación de la producción y aumentar el factor de recuperación de aceite en sus yacimientos. La aplicación de tecnologías de recuperación mejorada contribuirán al logro de tales objetivos.

- En el contexto internacional, la recuperación mejorada se aplica con sustento técnico desde los años 60, habiendo adquirido impulso con el alza en los precios del petróleo. En PEP los esfuerzos iniciaron formalmente en 2010, aunque hubo esfuerzos aislados previamente, por lo que nuestra experiencia es limitada.
- Existen aún retos en el contexto nacional e internacional en la aplicación de procesos de recuperación mejorada a yacimientos naturalmente fracturados: El 90% de aceite de México proviene de este tipo de yacimientos
- Los proyectos aquí presentados son de carácter integral y su solución tecnológica deberá ser conceptualizada como “un traje a la medida” para cada campo.

- Los trabajos asociados a los proyectos de recuperación mejorada que aquí se presentan requieren de la ejecución de tareas diversas:
  - ✓ Pruebas de laboratorio
  - ✓ Modelado numérico
  - ✓ Diseño de pilotos
  - ✓ Adecuación de infraestructura de campo
  - ✓ Adecuación de pozos inyectoros y observadores
  - ✓ Monitoreo y evaluación de pruebas piloto, entre otros
- Por lo que la integración de instituciones y compañías nacionales, así como compañías y tecnólogos extranjeros, hace de estos proyectos un medio conveniente para fomentar el desarrollo tecnológico y la actividad industrial en México.

- Introducción
- Estrategia de Recuperación Mejorada en PEP**
- Proyectos integrales con el Fondo Sectorial CONACYT-SENER-HIDROCARBUROS
- Conclusiones

## Volumen asociado 3P, mmmbpce

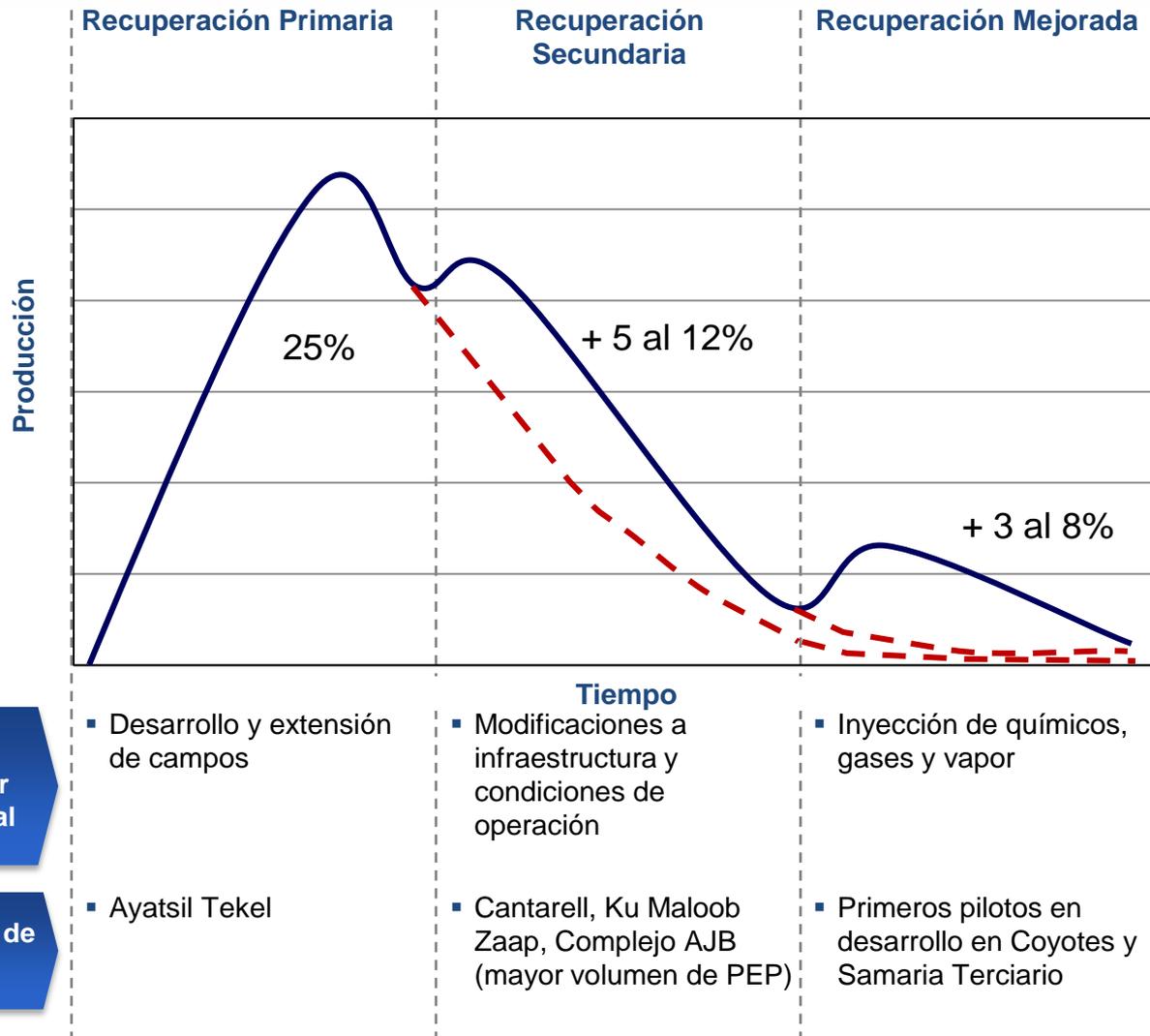


- De acuerdo a las proyecciones de producción, el factor de recuperación por explotación primaria se estima alcanzar un valor promedio de 25%
- Los recursos asociados a Recuperación Mejorada podrían representar un incremento potencial del factor de recuperación (FR) del 3% al 8%
- Por esto, PEMEX comenzó a implementar en 2010 una Estrategia de Recuperación Mejorada a nivel PEP

Notas: Valores basados en reservas 3P remanentes para yacimientos de baja permeabilidad y crudos pesados y extra pesados; recursos prospectivos para aguas profundas. Reservas potenciales para RSec/RMej basadas en volúmenes originales 3P y factores de recuperación promedio de la industria.

Fuente: Fichas técnicas de PEMEX, Informe anual de Recuperación Secundaria y Mejorada en México – Pemex 2008

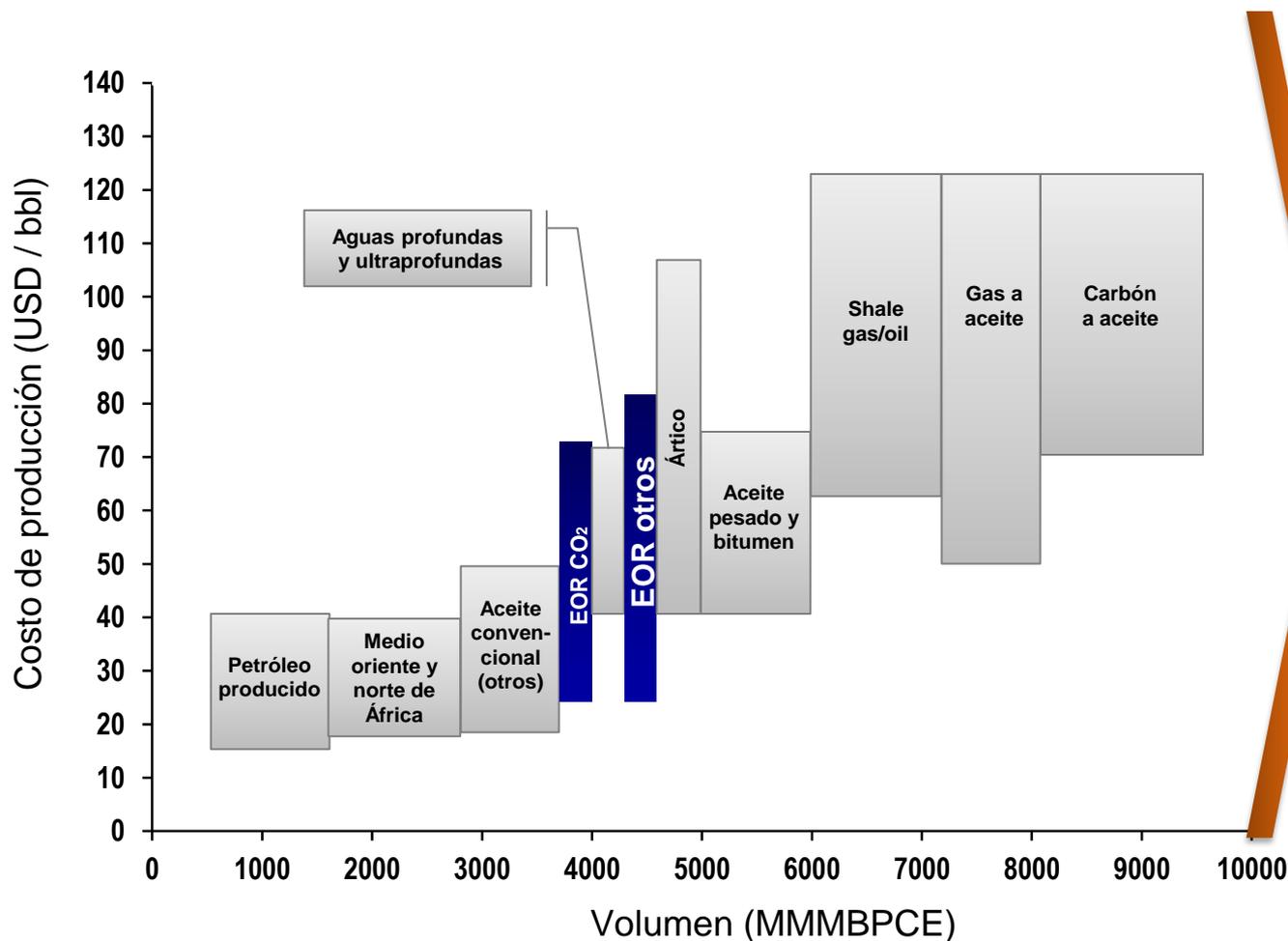
Ilustrativo



Actividades para incremento de Factor de Recuperación final

Ejemplos de campos de PEP

## Recursos disponibles a nivel mundial



- Las tecnologías de recuperación mejorada tienen costos de producción mayores a los del aceite producido tradicionalmente
- Ante recursos financieros limitados, Pemex ha dirigido las inversiones históricamente a la explotación primaria de aceite por procesos de menor costo

### ¿Por qué debe PEP incursionar en Recuperación Mejorada?

- Contribuirá con el cumplimiento de sus metas en reposición de reservas (2P hacia 1P)
- Las tecnologías de Recuperación Mejorada darán producción sostenida en el mediano y largo plazo

#### Impacto en esquemas de explotación

- Incremento potencial en factores de recuperación de grandes campos de PEP
- Primera producción de los proyectos asociados en 5 a 9 años

#### Costo de oportunidad

- Grandes volúmenes de aceite remanente bajo esquemas de explotación actuales en los campos maduros
- Explotación de yacimientos de alta complejidad (crudos extrapesados y yacimientos de baja permeabilidad)

#### Escala de los recursos

- Las reservas asociadas a la Recuperación Mejorada pueden ser de gran magnitud y apoyarían la plataforma de producción en el largo plazo

No exhaustivo

■ En desarrollo / producción    
 ■ Pruebas piloto    
 ■ Investigación y desarrollo

		bp	CNPC	Chevron	ConocoPhillips	Eni	ExxonMobil	OXY	Shell	StatoilHydro	TOTAL	PEMEX
Métodos térmicos	Vapor / agua caliente	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Calentamiento eléctrico	■					■		■		■	■
	Combustión in situ	■	■	■			■	■	■		■	■
Inyección de gases Miscibles	Gas hidrocarburo	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Dióxido de carbono	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■
	Nitrógeno	■					■	■			■	■
Métodos químicos	Polímeros / surfactantes	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Microbial	■	■	■			■		■	■	■	■

- Los métodos de Recuperación Mejorada se aplican con sustento técnico desde los 1950's, adquiriendo impulso con cada incremento en el precio del aceite
- Existen más de 350 proyectos de Recuperación Mejorada en el mundo, siendo atribuible a ellos el 2.2% de la producción global

## Proyectos y tecnologías

### Recuperación Secundaria

- Se identificaron y jerarquizaron 51 oportunidades (22% del Volumen Original de Aceite: VOA)
- 30 son prioritarias y se desarrollarán en 2012
- Tecnologías maduras

### Recuperación Mejorada

- Enfoque en los 19 campos de mayor volumen (60% de VOA)
- Desarrollo inicial de 11 pilotos para establecer elementos básicos de implementación
- Considera campos complejos y maduros
- Desarrollo o adquisición de tecnologías requeridas

## Organización

- Creación de grupos en Activos en recuperación mejorada:
  - Estudios, diseño y ejecución de pilotos
  - Planeación, ejecución y seguimiento de proyectos a escala de campo
  - Gestión de conocimiento

## Procesos

- Desarrollo de proyectos y asignación de recursos para:
  - Mitigar la incertidumbre asociada a proyectos de Recuperación Mejorada
  - Asegurar los recursos para ejecución de pilotos y estudios
  - Desarrollo de tecnologías asociadas

## Visión 2020

*“Consolidar e intensificar proyectos de RSec y ser la empresa líder en RMej para yacimientos naturalmente fracturados”*

## Competencias

- Desarrollo a través de vehículos prácticos y académicos.
- Capacitación de personal para tripular el número y características de estudios, pilotos y proyectos estimados para la siguiente década: **25 Maestrías y 20 Doctorados** en el periodo 2010-2015.

## Campos prioritarios, análogos y tecnología a probar

19 campos prioritarios



- Se tienen definidos los campos y las tecnologías de Recuperación Mejorada que aplican para cada uno de ellos.

- Introducción
- Estrategia de Recuperación Mejorada en PEP
- Proyectos integrales con el Fondo Sectorial CONACYT-SENER-HIDROCARBUROS**
- Conclusiones

### Objetivo:

- Asimilación y adaptación de tecnologías entre instituciones de educación superior o centros de investigación mexicanos, empresas mexicanas y tecnólogos

### Proyectos de Recuperación Mejorada, Pruebas piloto:

1. Inyección de aire, campo San Ramón.
2. Inyección de aire, Tamaulipas-Constituciones.
3. Inyección de vapor, campo Ébano-Pánuco-Cacalilao.
4. Inyección de químicos (ASP), campo Poza Rica.
5. Inyección de hidrocatalizadores heterogéneos y homogéneos, en el campo Ayatsil.
6. Determinación de la saturación de aceite remanente en el casquete de gas y la zona invadida por agua en yacimientos naturalmente fracturados: Campo Akal.

## Información General



### Ubicación

Se localiza en la porción terrestre del estado de Tabasco de la Cuenca Salina, a unos 55 km. al oriente del Puerto de Coatzacoalcos.

### Información general:

Fecha de descubrimiento: **1967**

Yacimiento (formación, tipo de roca, yacimiento y fluido):

**Terciario, areniscas, aceite negro ligero**

Área (km<sup>2</sup>): **10.3**

Profundidad (m): **2,600 – 3,400**

Densidad del aceite (°API): **35**

### Producción de Aceite:

Actual (bpd): **7,500**

Volumen original (mmb): **476**

Fr actual (%): **17.7**

## Solicitud Específica

- Caracterizar en laboratorio, diseñar y ejecutar una prueba piloto de inyección de aire en formaciones de arenas conteniendo aceite de 26-32 ° API con el propósito de demostrar el potencial de esta tecnología para incrementar el factor de recuperación de aceite en este tipo de yacimientos.

## Descripción de la Tecnología

- El procedimiento consiste en inyectar aire a la formación a través de pozos verticales, provocar la oxidación del aceite y crear un frente de combustión que mejora la calidad del hidrocarburo y lo desplaza hacia los pozos productores.

## Mecanismos principales de Recuperación

- Adicionar energía al yacimiento
- Mejorar las características del aceite

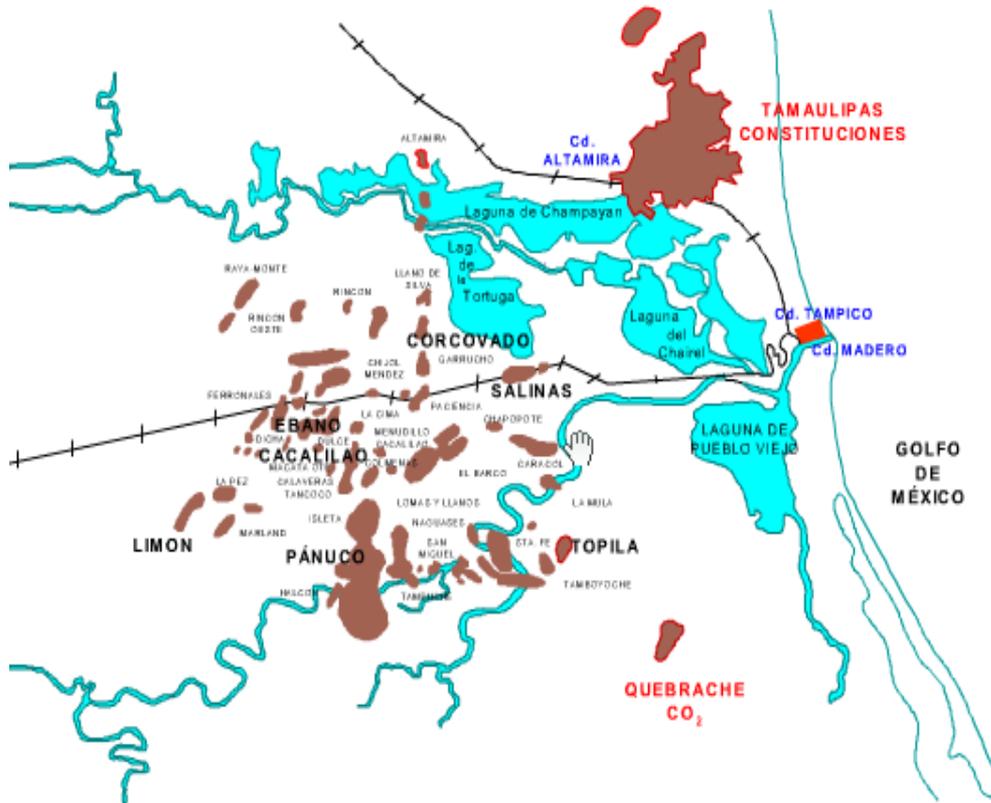
## Impacto del Proyecto

- El impacto de esta tecnología en PEP para el caso de la Región Sur de PEP podría alcanzar un volumen adicional de aceite del orden de 500 MMb.

## Entregables

- Tecnología asimilada mediante el desarrollo de la Prueba Piloto
- Desarrollo de simuladores que representen el proceso
- Transferencia del conocimiento
- Desarrollo del talento técnico

## Información General



### Ubicación:

Región Sur del Edo. de Tamaulipas

### Información general:

Fecha de descubrimiento: **1951**

Yacimiento (formación, tipo de roca, yacimiento y fluido):

**Cretácico y Jurásico, calizas y dolomias, aceite negro**

Área (km<sup>2</sup>): **60**

Profundidad (m): **1,980**

Densidad del aceite (°API): **18**

### Producción de Aceite:

Actual (bpd): **8,000**

Volumen original (mmb): **2,608**

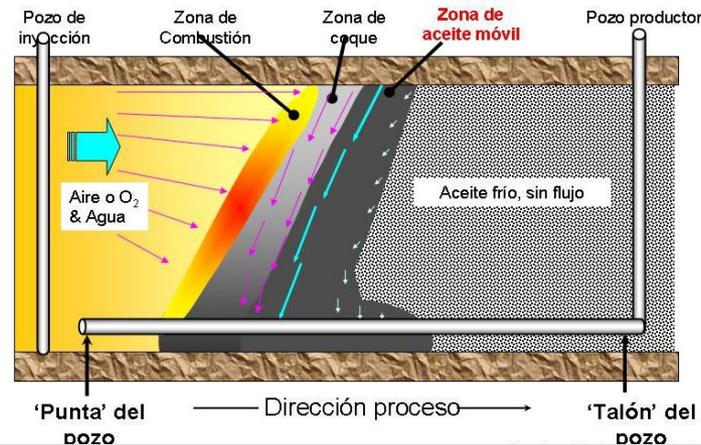
Fr actual (%): **9.8 – 18.8**

## Solicitud específica

- Diseño e implantación de una prueba piloto de inyección de aire en un pozo vertical y producción en dos pozos horizontales en el campo Tamaulipas – Constituciones.
- Probar con resultados de campo la viabilidad de esta tecnología para su aplicación en la explotación de aceite pesado en yacimientos del norte del país y en la Región Sur en áreas ya sea del Terciario o bien del Neógeno.

## Descripción de la tecnología

- Inyección de aire en pozos verticales para provocar combustión espontánea in situ, generar calor en la formación productora y desplazar el aceite hacia pozos horizontales.



## **Mecanismos principales de Recuperación**

- Reducción de la viscosidad del aceite
- Mayor contacto con las áreas a drenar

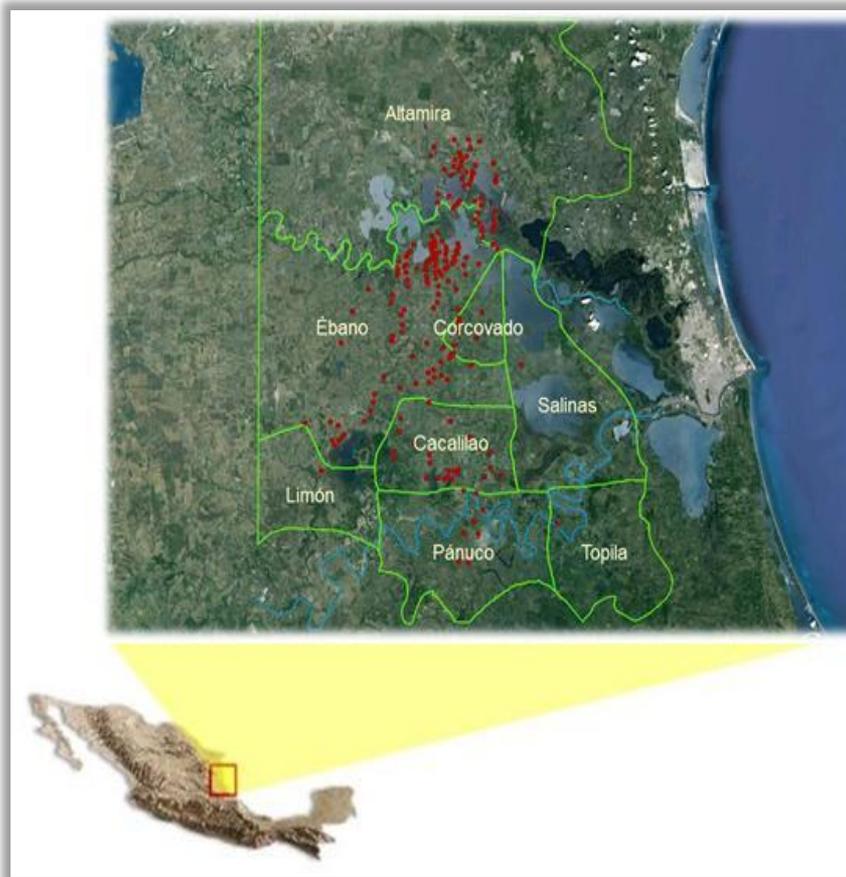
## **Impacto del Proyecto**

- Si el proyecto piloto es exitoso el impacto se estima en incrementar las reservas en un volumen del orden de 150 mm de barriles

## **Entregables**

- Tecnología asimilada mediante el desarrollo de la Prueba Piloto
- Transferencia del conocimiento
- Adopción de simuladores que representan el proceso
- Desarrollo del talento técnico

## Información General



### Ubicación:

El sector Ébano - Pánuco - Cacalilao

### Información general:

Fecha de descubrimiento: **1908**

Yacimiento (formación, tipo de roca, yacimiento y fluido):

**Cretácico superior, calizas fracturadas, aceite negro**

Área (km<sup>2</sup>): **255**

Profundidad (m): **450-700**

Densidad del aceite (°API): **10-13**

### Producción de Aceite:

Actual (bpd): **10,000**

Volumen original (mmb): **9,645**

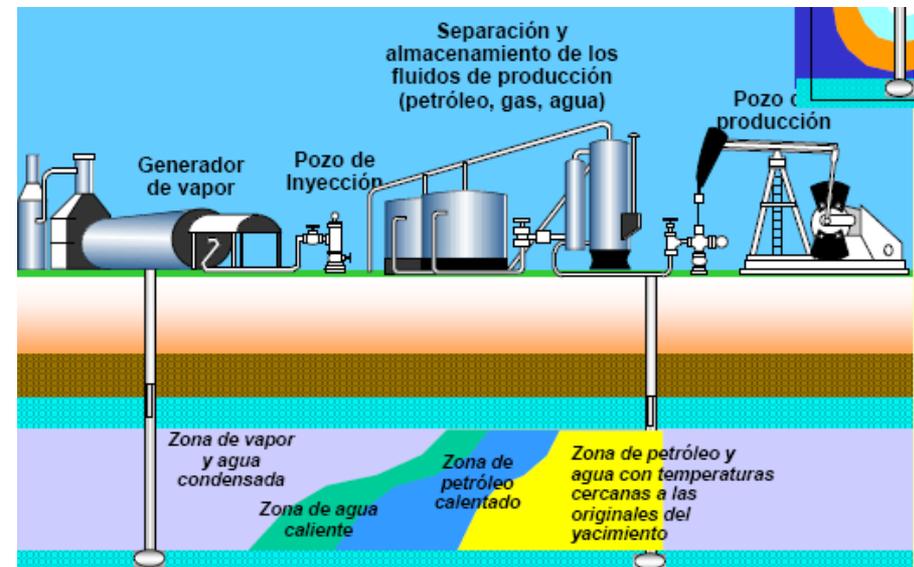
Fr actual (%): **10.5**

## Solicitud específica

- Caracterizar en laboratorio, diseñar y ejecutar una prueba piloto de inyección de vapor en formaciones carbonatadas conteniendo aceite de 10-13 ° API con el objetivo específico de demostrar la capacidad de esta tecnología para incrementar el factor de recuperación de aceite en estas formaciones.

## Descripción de la tecnología

- El procedimiento consiste en la inyección de vapor a la formación a través de pozos verticales, incluyendo inyección continua y discontinua (huff and puff) para reducir la viscosidad del aceite y desplazarlo hacia pozos productores.



## Mecanismos principales de Recuperación

- Disminución de la viscosidad del aceite

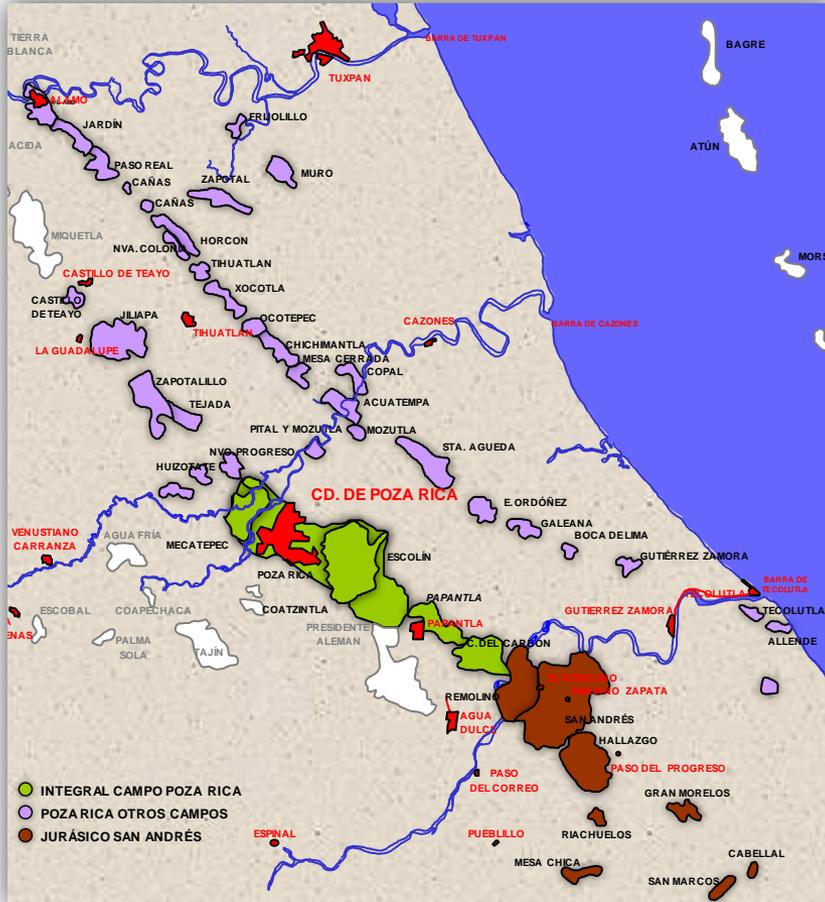
## Impacto del proyecto

- El impacto de esta tecnología en PEP para el caso de la Región Norte de PEP podría alcanzar un volumen adicional de aceite del orden de 1,000 MMb.

## Entregables

- Tecnología asimilada mediante el desarrollo de la Prueba Piloto
- Adaptación de simuladores que representan el proceso
- Transferencia del conocimiento
- Bases para masificar la tecnología
- Desarrollo del talento técnico

## Información General



## Ubicación

Se localiza en la planicie costera del Golfo de México en la porción norte del estado de Veracruz, geológicamente está ubicado en la porción Sur-Centro-Oriental de la provincia Geológica Tampico-Misantla.

## Información general:

Fecha de descubrimiento: **1930**

Yacimiento (formación, tipo de roca, yacimiento y fluido):

**Tamabra, calizas, aceite negro**

Área (km<sup>2</sup>): **120**

Profundidad (m): **2,800**

Densidad del aceite (°API): **29-31**

## Producción de Aceite:

Actual (bpd): **11,200**

Volumen original (mmb): **4,810**

Fr actual (%): **29.4**

## Solicitud específica

- Caracterizar en laboratorio, diseñar y ejecutar una prueba piloto de inyección de químicos en formaciones carbonatadas que contienen aceite de 30-32 ° API, para probar el potencial de esta tecnología e incrementar el factor de recuperación de aceite en formaciones carbonatadas

## Descripción de la tecnología

- Inyectar productos químicos al yacimiento como álcalis, surfactantes y polímeros con la finalidad de alterar las propiedades del sistema roca fluido y mejorar el flujo del aceite hacia los pozos productores

## Mecanismos Principales de Recuperación

- Cambio de las propiedades de la roca, principalmente mojabilidad y tensión interfacial
- Mayor contacto del aceite remanente en el yacimiento

## Impacto del proyecto

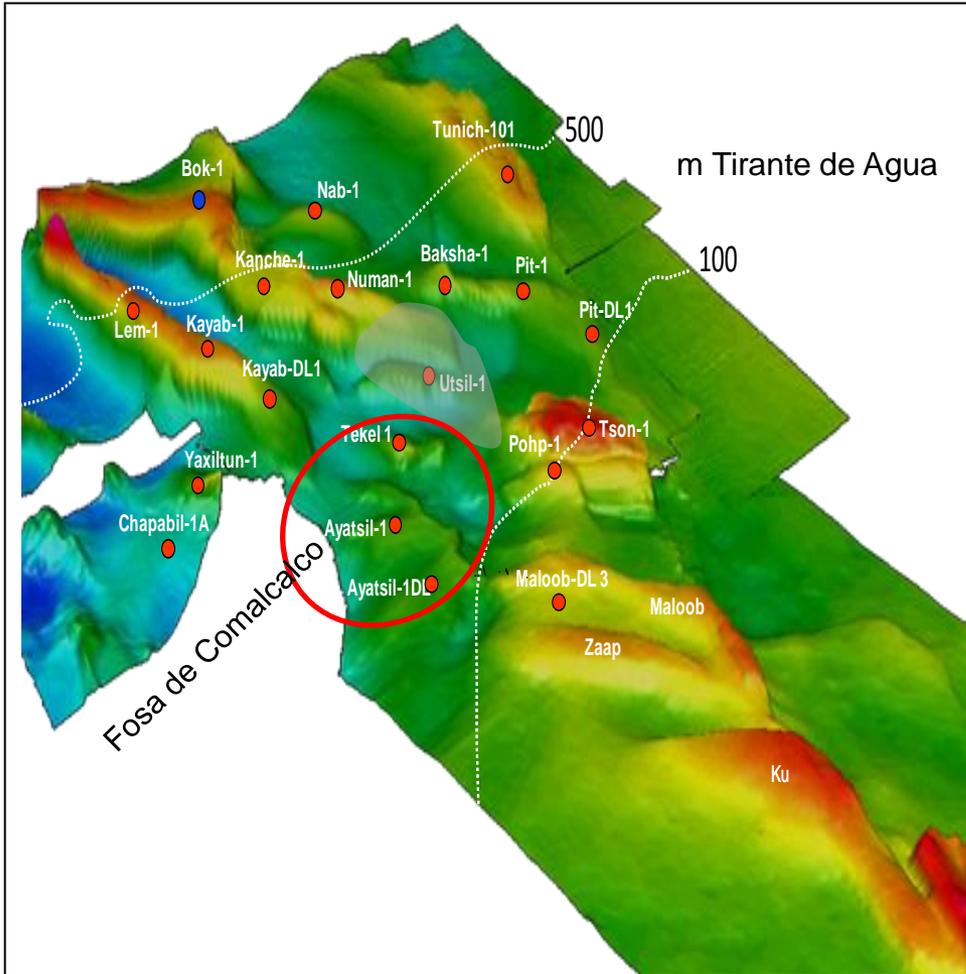
- El impacto de esta tecnología en PEP para el caso de la Región Norte de PEP podría alcanzar un volumen adicional de aceite del orden de 450 MMb.

## Entregables

- Desarrollo de químicos específicos para el campo
- Tecnología asimilada mediante el desarrollo de la Prueba Piloto
- Adaptación de simuladores que representen el proceso
- Desarrollo de talento técnico
- Transferencia del conocimiento

# Proyecto 5: Proceso de recuperación mejorada con la tecnología de inyección de hidrocatalizadores heterogéneos y homogéneos con aplicación mediante prueba piloto en el campo Ayatsil (1/3)

## Información General



### Ubicación

Se localiza en las aguas territoriales del Golfo de México, aproximadamente a 130 kilómetros al Noroeste de Ciudad del Carmen, Campeche.

### Información general:

Fecha de descubrimiento: **2006**

Yacimiento (formación, tipo de roca, yacimiento y fluido):

**Cretácico superior, brechas, aceite extrapesado**

Área (km<sup>2</sup>): **74**

Profundidad (m): **3,800 – 4,235**

Densidad del aceite (°API): **10.5**

### Producción de Aceite:

Actual (bpd): **En delimitación**

Volumen original (mmb): **2,184**

Fr actual (%): **En delimitación**

### **Solicitud específica**

- Desarrollar un producto compuesto por agentes químicos multifuncionales para modificar las propiedades físicas del crudo pesado y extra pesado, diseñar y ejecutar una prueba piloto para verificar en campo sus beneficios.

### **Descripción de la tecnología**

- Inyectar un producto químico multifuncional que podrá expulsar aceite entrampado en la matriz de los yacimientos naturalmente fracturados, que son medios de baja conductividad comparados con la permeabilidad de fracturas y vóculos.

### Mecanismos principales de Recuperación

- Reducción de la viscosidad del aceite para incrementar la movilidad del aceite y los gastos de producción.
- Interacciones moleculares (craqueo) a nivel de yacimiento

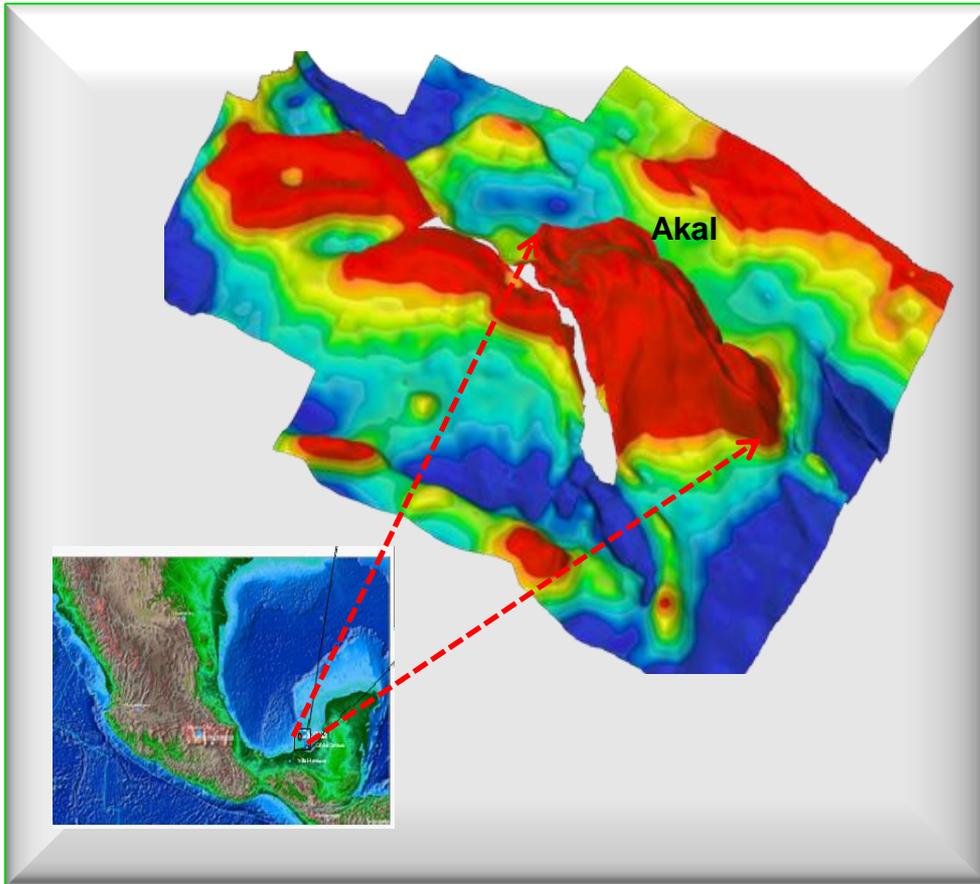
### Impacto del proyecto

- Campos de la Región Marina Noreste que podrían ser impactados con esta tecnología son Maloob, Zaap y los nuevos campos de Campeche Oriente, de los cuales Ayatsil y Tekel iniciarán su desarrollo a finales del 2013. El volumen original de aceite de todos estos campos se estima en 30 MMMB, un volumen similar al del campo Akal.

### Entregables

- Desarrollo de un producto compuesto por agentes químicos multifuncionales
- Tecnología desarrollada mediante la ejecución de la Prueba Piloto
- Transferencia de conocimiento
- Desarrollo de Talento Técnico

## Información General



### Ubicación:

El campo Akal se encuentra a 87 kilómetros de Ciudad del Carmen, Campeche

### Información general:

Fecha de descubrimiento: **1979**

Yacimiento (formación, tipo de roca, yacimiento y fluido):

**Cretácico y Jurásico, brechas, aceite negro**

Área (km<sup>2</sup>): **122**

Profundidad (m): **2,330**

Densidad del aceite (°API): **22**

### Producción de Aceite:

Actual (bpd): **245,000**

Volumen original (mmb): **30,434**

Fr actual (%): **41.6**

## Solicitud específica

- Caracterizar la saturación de aceite remanente en las zonas invadidas por gas y por agua en yacimientos naturalmente fracturados, particularmente en el campo Akal del complejo Cantarell, con el propósito de:
  - Estimar el volumen de aceite remanente que podría ser incorporado como reserva a través de la aplicación exitosa de procesos de recuperación mejorada.
  - Evaluar el desempeño de procesos de recuperación mejorada

## Impacto del Proyecto

- Se podrá reducir la incertidumbre de la estimación del volumen de aceite potencialmente extraíble por procesos de recuperación mejorada en yacimientos naturalmente fracturados. Así mismo, se podrá contar con una tecnología para evaluar el desempeño de los procesos de recuperación mejorada.

## Entregables

- Metodología desarrollada para evaluar con mayor precisión reservas remanentes en yacimientos fracturados con posibilidades de ser recuperados por procesos de Recuperación Mejorada
- Transferencia de conocimiento

- Introducción
- Estrategia de Recuperación Mejorada en PEP
- Proyectos integrales con el Fondo Sectorial CONACYT-SENER-HIDROCARBUROS

**Conclusiones**

- La implementación de procesos de Recuperación Mejorada es estratégica para Pemex: podrían lograrse incrementos potenciales del factor de recuperación del 3 al 8%, con un volumen de reservas 3P estimado hasta de 16 MMMbpce en los próximos 25 años.
- Los recursos provenientes del Fondo Sectorial CONACYT – SENER – Hidrocarburos, permiten establecer las bases para la viabilidad e implementación de dichos procesos, porque apalancan la realización de las Prueba Piloto. La realización de dichas pruebas, es la fase más crítica para decidir sobre las inversiones requeridas para la masificación de las tecnologías.
- La decisión del Comité del Fondo Sectorial de establecer proyectos integrales, garantiza la vinculación entre Pemex, instituciones de investigación y educativas, y la iniciativa privada para fortalecer el desarrollo y asimilación de tecnologías que permitirán encontrar las soluciones óptimas a los grandes retos que enfrenta la industria petrolera nacional.
- Pemex ve con beneplácito, el enorme valor y soporte que representa la operación de Fondo Sectorial para apuntalar sus estrategias tecnológicas y espera que dichos fondos se consoliden con mayores recursos en el futuro.

# Consortios para el Desarrollo Tecnológico e innovación en Pemex

**Dr. Pedro Silva López**  
Subdirección de Gestión de Recursos Técnicos

**Gracias por su atención**