



**EL LORO HUASTECO**  
**Órgano de Divulgación Científica y Tecnológica del**  
**Instituto Tecnológico Superior de Pánuco**

**Memorias CMI-Pánuco 2020 Congreso Multidisciplinario Interinstitucional**

---

## **Análisis de domos salinos en las cuencas salinas del istmo**

Juan Jesús Pérez Arteaga  
Elizabeth Pérez Arteaga  
Francisco de Jesús Villaverde Pérez  
Email autor corresponsal:  
Área de participación:

*Instituto Tecnológico Superior de Pánuco*  
*Instituto Tecnológico Superior de Pánuco*  
*Instituto Tecnológico Superior de Pánuco*  
*juan.perez@itspanuco.edu.mx*  
*Ingeniería Petrolera*

### **RESUMEN**

“La exploración petrolera en cuencas salinas constituye un gran reto tecnológico debido a diversos factores: la visualización y evaluación de prospectos exploratorios y las complicaciones operativas relacionadas con su perforación (García, L., 1983)”. La sal tiene características físicas particulares, como son su baja o prácticamente nula permeabilidad, baja densidad y alta conductividad térmica; la cual contrasta drásticamente con la conductividad del resto de las rocas sedimentarias; esta gran diferencia puede alterar el régimen térmico de ciertos intervalos de la columna sedimentaria, sobre todo; si se toma en cuenta que por motivos de diferencia de densidades y los esfuerzos tectónicos locales y regionales la sal no permanece en su posición estratigráfica normal, pero el estudio de las características de las grandes masas de sal, llevó a algunos investigadores a idear otros usos para las estructuras salinas, tales como lugares de confinamiento de compuestos especiales, como hidrocarburos y otros productos industriales.

**Palabras claves:** cuenca, permeabilidad, perforación, densidad, domos.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente existen aproximadamente 2000 cavernas en uso en el mundo, con más de 1000 en los Estados Unidos y 12 en México, PEMEX proyecto utilizar cavernas salinas para almacenar petróleo crudo en sus instalaciones de Tuzandepetl, Veracruz, con la finalidad de disponer de aceite crudo para abastecer las refinerías cuando hay mal tiempo (huracanes, tormentas, etc.) o para almacenar hidrocarburos cuando los buques-tanques llegan retrasados de las empresas que compran crudo.

“Los domos salinos son cuerpos intrusivos de sal que penetran a través de grandes espesores de roca sedimentaria superyacentes. Se distingue de otras deformaciones geológicas que involucran a la sal, por la forma burdamente circular o elíptica que tienen en sección horizontal y por tener dimensiones horizontales del mismo orden de magnitud, en la Cuenca Salina del Istmo se cuenta con gran cantidad de domos y estructuras salinas, a las cuales se les puede dar diferentes usos (García, L., *Domos salinos del Sureste de México, volumen XXXV.num 1. 1983*)”.

## ANTECEDENTES

El concepto de confinamiento de residuos peligrosos en estructuras salinas surge en Alemania hace más de una década, como una solución a los problemas de contaminación producida por los residuos industriales, hasta finales de los años cincuenta, las principales zonas petroleras se localizaron al oriente del estado de Tabasco, en el actual sector operativo Ciudad Pemex, que comprende parte de los municipios de Macuspana, Jonuta y Centla. Por otro lado, la exploración al margen derecho del Río Tonalá, al poniente de La Chontalpa, permitió el descubrimiento de los yacimientos Cinco Presidentes, Sánchez Magallanes, Ogarrio y La Central; su ubicación se muestra en la figura 1, así como la de las regiones identificadas con mayor potencial de contener hidrocarburos líquidos y gaseosos en la parte continental de la Cuenca Salina del Istmo.



Figura 1. Regiones identificadas con mayor potencial de hidrocarburos en la parte continental de la Cuenca Salina del Istmo (PEMEX, 2005).

## METODOLOGÍA

Perforar sal es una nueva barrera en el plano tecnológico, pero con nuevos equipamientos PEMEX pretende empezar a revertir la caída en la producción, los retos, costos y riesgos de extraer hidrocarburos en yacimientos salinos aún son elevados

*¿Qué llevo a Pemex a este paradigma?*

El uso de nuevas técnicas permitió identificar debajo de estructuras salinas acumulaciones de hidrocarburos que representan recursos prospectivos estimados en cinco mil 537 millones de barriles de petróleo crudo equivalente (mmbpce), reveló Delliany Castro Espinosa, especialista en Ingeniería de Yacimientos en Pemex Exploración y Producción (PEP).

Estas estructuras subsalinas se encuentran en profundidades cercanas a los 6 mil metros, de ahí su complejidad técnica y económica, así como del manejo de los tirantes de agua, el dominio salino se localiza en la porción noroccidental del golfo (Figura 2)

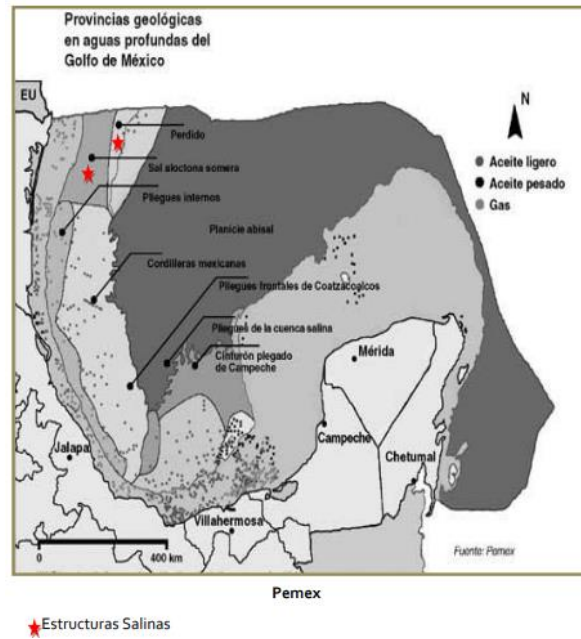


Figura 2.-Ubicación de Domos Salinos

“Los domos (figura 3) se encuentran en áreas en las que existen depósitos evaporíticos que contienen grandes espesores de sal, la cual fluye de las áreas circundantes hacia el domo. La sal, siendo relativamente plástica se deforma intensamente por el flujo (Griem.W. ,2020)”. Este resulta, al parecer del hecho de que la sal es de menor densidad que los sedimentos que la cubren, y cuando la columna de tales sedimentos tiene un espesor de 4,000 o 5,000 metros, por ejemplo, ejerce una presión suficiente para generar flujo.” Si en el fondo marino sobre el que la sal se depositó existen irregularidades, como colinas sepultadas, la carga de las rocas suprayacentes genera una componente que tiende a desplazar la sal hacia arriba, introduciéndola poco a poco entre las capas que la cubren. Si, además, existen fracturas y/o fallas, esto favorece y facilita el ascenso de la sal (López C et al, 1990)”.

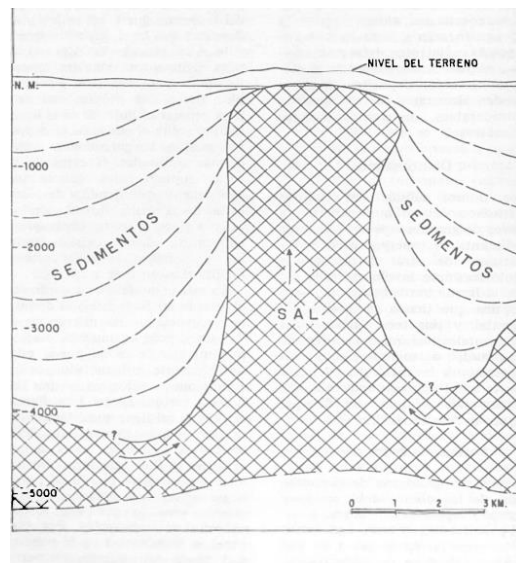


Figura 3.-Domo de sal típico

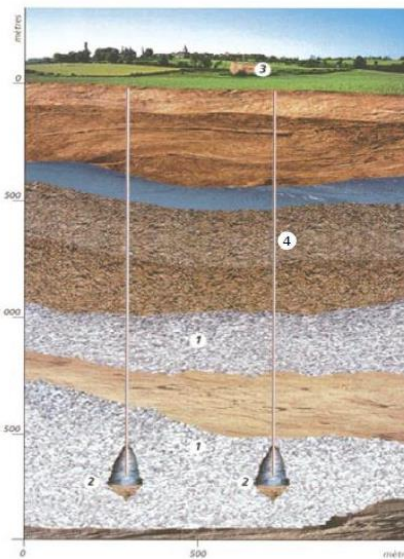


Figura 4: Disposición de almacenamiento Caverna salina

“En muchos casos el movimiento de la sal puede estar notablemente influenciado por las condiciones geológicas y por las fuerzas tectónicas del área (figura 4). Al parecer la sal tiene que estar cubierta por cuando menos unos 3000 mts. de sobrecarga antes de que se inicie el flujo que forma los domos, la sal puede tener un incremento en la plasticidad causado por el incremento de la temperatura de la roca con la profundidad demostrando experimentalmente una marcada disminución en la resistencia de la sal a la deformación, a medida que aumenta la temperatura, la cavidad se excava por lixiviación (*Pemex, Construcción de un Salinoducto de 20” y 28 km. De Domos Salinos Tuzandepetl, Exploración y Producción 2008*)”. Esto consiste en disolver la sal con agua y extraer la salmuera por un sólo pozo que después sirve para la inyección- extracción del gas.

## CARACTERISTICAS

Las cavidades salinas tienen 3 características propias:

1. Una capacidad útil relativamente baja (30 a 60 millones m<sup>3</sup>/cavidad)
2. Un gasto de extracción alto (1 a 3 millones m<sup>3</sup>/día que permite ciclos completos en uno a dos meses).

3. La flexibilidad de pasar muy rápidamente (en menos de una hora) de inyección a extracción. Es decir, tienen una gran capacidad para las alteraciones cíclicas, permitiendo altos regímenes de inyección y extracción.

## DISEÑO DE LAS CAVIDADES SALINAS

Los parámetros principales a tener en cuenta para el desarrollo del almacenamiento en cavidades salinas son:

- La formación salina debe exhibir unos valores apropiados de extensión, espesor y profundidad.
- La excavación de la cavidad sólo es posible si el contenido de insolubles es inferior al 20%. Verificar la ausencia de sales muy solubles tales como la sal de magnesio o la sal de potasio que podrían generar formaciones de cavidad muy irregulares.
- Disponer de un abundante suministro de agua ligeramente salina; hacen falta de 7 a 9 m<sup>3</sup> de agua para extraer por lixiviación 1m<sup>3</sup> de sal.
- Ha de protegerse y conservarse la estabilidad mecánica de la cavidad. Esto significa que la presión nunca ha de descender de un umbral especificado, que depende de la presión litostática en el macizo, es decir, de la profundidad de ésta y de las características mecánicas de la sal. Además, las cavidades han de estar emplazadas guardando una distancia especificada entre ellas.
- La presión máxima es proporcional a la profundidad; el criterio e fijación de esta presión es evitar la formación de fracturas en el techo de la cavidad y en la parte inferior del entubado cementado.

“La aportación del marco estructural del Campo Cuichapa-Istmo mediante el trazado el horizonte sísmico correspondiente al Jurásico-Cretácico se interpretó en este reflector por contrastes entre paquetes sísmicos (Sánchez R.,2019.,p.69)” ya que en este estudio los pozos solo llegaron a perforar el Mioceno y en algunos casos el tope del Oligeno, (figura 5).

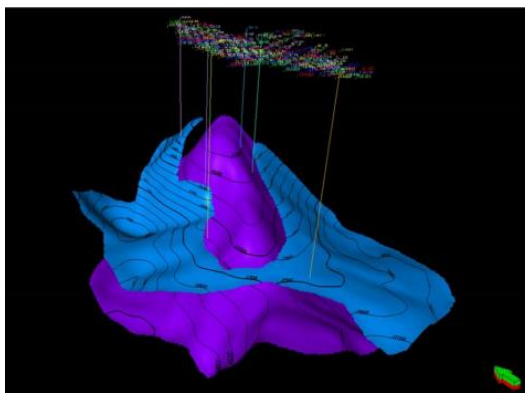


Figura 5.- Superficie I en profundidad del tope del Jurásico-Cretácico (azul) y domo salino (morado) (flecha en verde: Norte geográfico)

La sísmica correspondía a una intrusión en forma de cresta, con el magnético formo un valle (Figura 6). Se plantea que el desfase lateral entre la respuesta de la sísmica y el dato magnético se debió a que:

- a) La señal sísmica es alterada por el efecto de la sal;
- b) Aunque asumimos que el efecto diamagnético de la sal contrasto con la débil señal magnética de los sedimentos generando una respuesta geológica, la Superficie II no necesariamente debe modelar la presencia del domo salino.

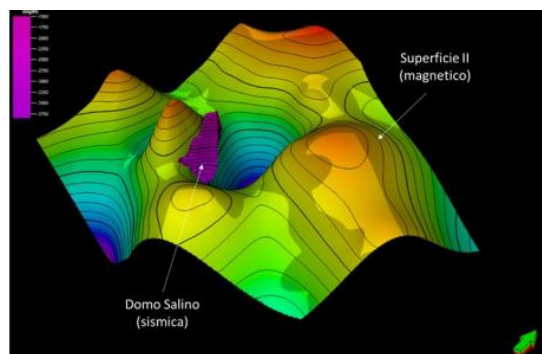


Figura 6.- Vista 3D del domo salino interpretado por sísmica y la superficie II de los datos magnéticos (flecha en verde: Norte geográfico)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se consideraron de gran valor geológico para el Campo Cuichapa, ampliando la visión acerca de la extensión de las estructuras, los posibles aportes sedimentarios y sus litologías, anexando información valiosa a los campos vecinos que solo

cuentan con sísmica 2D. La integración de varios métodos geofísicos permitió definir la geometría de un Basamento Calcáreo. (Figura 7).

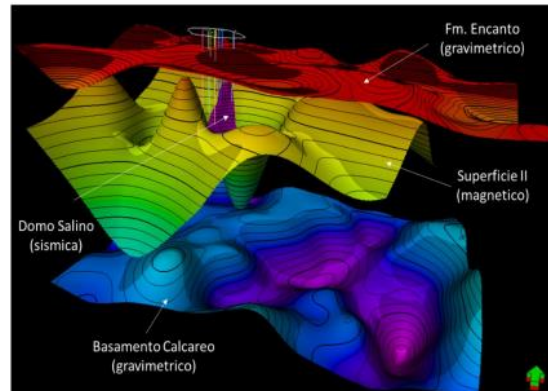


Figura 7.- Vista 3D de las principales estructuras del Campo Cuichapa- Cuenca Salina del Istmo (Polígono en blanco: Campo Cuichapa)

En muchos domos de la región del Golfo de México, existe un tipo diferente de falla asociada con estructuras salinas que puede proveer nuevas y grandes reservas de aceite y gas (Azulara, D, [2019]. La propuesta de ampliar el área de estudio hacia campos vecinos para analizar las estructuras, delimitar la extensión de los cuerpos salinos, la magnitud de los anticlinales y sinclinales para evaluar sistemas de almacenamiento en domos salinos complementaria la investigación.

## CONCLUSIONES

Una sección de los yacimientos en el Golfo de México se relaciona con trampas de formaciones salinas, es importante considerar la opción de atravesar dichas formaciones, si bien es cierto que la interpretación geofísica se torna problemática en los domos salinos, no se debe de olvidar que se cuenta con la tecnología adecuada para hacerle frente a este problema , la Sísmica 3D puede ser una alternativa muy viable para el análisis de las dificultades que implica atravesar las formaciones salinas que nos permita aprovechar el potencial de muchos yacimientos como almacenes de hidrocarburos mediante los domos salinos.

## LITERATURA CITADA

*Baraniuk, C.. (2015). Por qué Estados Unidos guarda 700 millones de barriles de petróleo en unas cavernas. BBC News, (500), p. 1,*

*Benavides, L. (1983). Domos Salinos del Sureste de México. Exploración y Desarrollo de Recursos, (25), pp.1-35,*

Griem W. (10 de Mayo del 2020). Formación de depósitos de sal. Chile. Geovirtual  
Recuperado de <https://www.geovirtual2.cl/depos/saldomo01.htm#domo>

Villaseñor, P. (2010). EL Diapirismo Salino “Temprano” Como Primer Evento  
Generador Importante De Trampas Estructurales/ Estratigráficas De Hidrocarburos En  
Algunos Campos Naturalmente Fracturados Del Sureste De México, Y Su Posible  
Análogo En Superficie. *Geología del Petróleo*, (30), GP-5,