

# Nueva técnica de geomodelado 3D para yacimientos estructural y estratigráficamente complejos en campos del Golfo de México

*Diana Alejandra Arias Vázquez*

*Néstor Flores Mundo*

*Pemex*

*Abel Aco Palestina*

*Schlumberger*

Artículo recibido en 2019-evaluado-revisado-correcto y aceptado en 2021

## Resumen

La construcción de modelos estructural y estratigráficamente complejos es una tarea muy complicada usando técnicas convencionales de modelado —pilares—, debido a los múltiples problemas que se presentan durante su construcción. En algunos casos, este tipo de problemáticas fue resuelta con la intervención de especialistas de amplia experiencia técnica, pero en la mayoría de los casos, los modelos tuvieron que ser simplificados, sobre todo si el modelo involucra estructuras complejas. El yacimiento Yaxché-Cretácico es uno de los yacimientos con más alta complejidad en la Región Marina (Sur de México), debido a la presencia de cuerpos salinos, zonas discordantes, fallamiento intenso, entre otras estructuras presentes en el campo, que por tanto hacen del geomodelado de este yacimiento, uno de los principales desafíos para el equipo de caracterización de yacimientos en PEMEX. Tomando como base estos retos, este trabajo presenta los resultados del modelo del yacimiento Yaxché-Cretácico, aplicando una nueva metodología (*Depogrid*) que permite el modelado estructural para yacimientos complejos basada en el mapeo de las estructuras entre el “espacio geológico” y el “espacio depositacional”. La técnica utilizada involucró tres fases: (1) la construcción de la malla estructural tetraédrica. (2) la transformación mecánica de la malla, al denominado “*Depoespacio*”, mediante el proceso de retro-deformación que involucró el “aplanamiento” de las estructuras geológicas. Y (3) generación de la malla 3D “no estructurada”, que es considerada como regular y cartesiana, permitiendo un mejor manejo de las geometrías complejas; esta malla posteriormente es deformada nuevamente al “*Geoespacio*” hasta recuperar sus características estructurales y/o estratigráficas originales.

**Palabras clave:** Modelado estructural, *Depogrid*, geomodelado, geoespacio, depoespacio.

## New geomodelling technique for structurally complex scenarios in the Gulf of Mexico

### Abstract

The construction of the structural and stratigraphical models in extremely complex scenarios is a pending challenge within the conventional techniques of static modeling due to complications for its construction. Particularly, these challenges were overcome thanks to the intervention of specialist with extensive experience. The Yaxché-Cretácico reservoir in shallow waters in the Marine Region in the south of Mexico, almost entirely show a high complexity structural and stratigraphic scenario, thus its representation in a static model always represented one of the most important challenges for the reservoir characterization team of PEMEX. With these challenges in mind, we illustrate a new methodology that allowed the modeling of the one of the most complex (structurally & stratigraphically) reservoirs of the Marine Region in south of the Mexico (Yaxché-Cretácico). *Depogrid* model technique allowed to

generate a configuration (3D Grid) that is honoring the geology of the area (in structural complex scenarios) and at the same time is fully functional for reservoir simulation purposes.

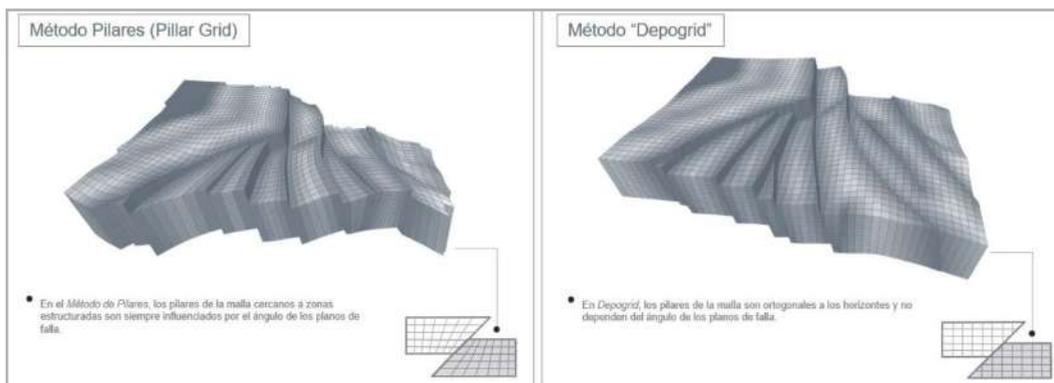
**Keywords:** Structural model, *Depogrid*, geomodelling, geospace, depospace.

## Introducción

Históricamente la generación de modelos estructurales tridimensionales que reflejen en detalle la complejidad de los yacimientos ha sido un reto muy importante, sobre todo si el modelo incluye estructuras como: fallamiento intenso, plegamiento complejo, intrusiones salinas, discordancias, entre otras particularidades geológicas). Concretamente con las técnicas convencionales de software para modelado geocelular, es difícil generar un solo modelo que incorpore tanto la complejidad geológica del yacimiento como una funcionalidad óptima en la etapa de simulación dinámica de yacimientos, (Levannier, et al. 2017).

Uno de los métodos más ampliamente utilizado para el modelado geocelular es el “método de pilares” (“pillar

gridding”), en la que las mallas están conformadas por celdas con índices lógicos ( $I, J, K$ ). Este método de modelado se ha aplicado en numerosos casos y junto con la experiencia técnica de los geocientistas e ingenieros de simulación dinámica de amplia experiencia, se han logrado resultados muy aceptables para la caracterización de yacimientos. Sin embargo, este método requiere normalmente la simplificación del sistema de fallamiento del modelo, sobre todo en áreas estructuralmente complejas, lo que resulta en un modelado geocelular final que no siempre refleja en detalle las características estructurales del yacimiento. El método de pilares tiene la particularidad de que las áreas cercanas a zonas estructuradas (cerca de los pilares) son influenciadas por el ángulo de los planos de falla, afectando en muchos casos la ortogonalidad de las celdas, **Figura 1**.



**Figura 1.** Comparativa entre un modelo construido con la técnica de Pilares (izquierda), donde se observa que las celdas cercanas a planos de falla (pilares) se ven afectados en su morfología y un modelo construido con la técnica de *Depogrid* (derecha), donde los pilares de la malla (celdas) son ortogonales a los horizontes del modelo.

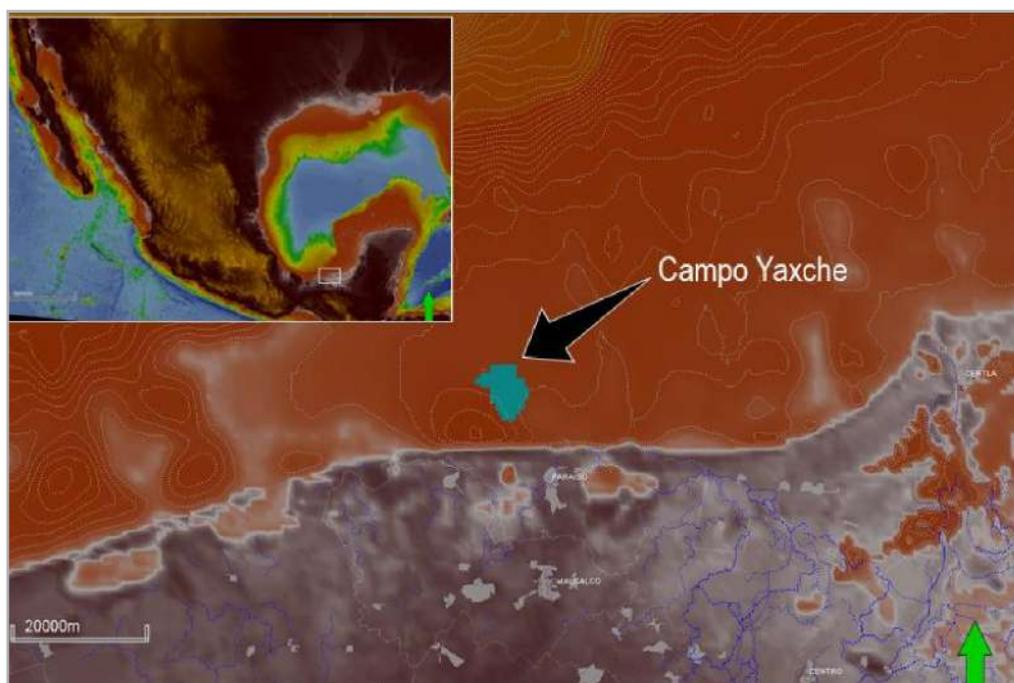
De este modo para que esta técnica funcione de manera óptima, se requiere en la mayoría de los casos, que los pilares de las distintas fallas que conforman un campo sean equidimensionales entre sí y que los planos de falla no sean de alto ángulo. Las desviaciones de estos requerimientos

terminan siempre impactando directamente tanto en la morfología de las celdas como en el cálculo de su transmisibilidad, lo que a la postre producirá errores en la simulación de yacimientos, (Ponting 1989; Wu y Parashkevov 2005; Sntoshini et al. 2018).

## Ubicación del área de estudio

En la década de los 90s se descubrió el campo Yaxché, que en uno de sus yacimientos presenta una de las complejidades estructural y estratigráficamente más importantes en la Región Marina en el Sur de México (yacimiento Yaxché-Cretácico).

Geográficamente el campo Yaxché se encuentra ubicado frente a las costas del Estado de Tabasco, y geológicamente se localiza en la plataforma continental del sur del Golfo de México, **Figura 2**.

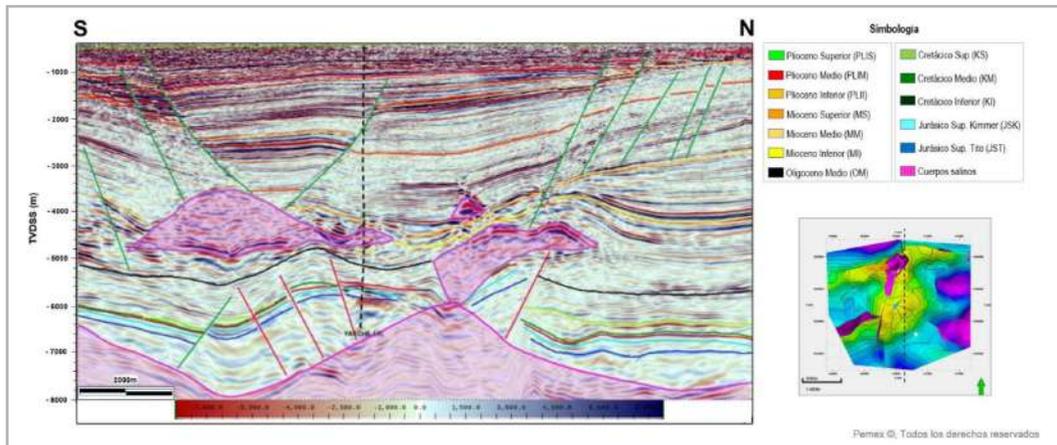


**Figura 2.** El campo Yaxché se localiza en la costa sur este de México, con un tirante de agua -27m, en el Proyecto de Explotación desarrollado por el Activo Integral de Tabasco - crudo ligero marino de Pemex.

De acuerdo con *Padilla y Sánchez, 2007*, la evolución tectónico-sedimentaria del área comenzó en el Jurásico medio, caracterizada por un lento proceso de subsidencia. Posteriormente durante el Jurásico y Cretácico un potente espesor de sedimentos carbonatados fue depositado a lo largo de una extensa planicie de plataforma somera que bordeaban la cuenca. El principal evento de deformación ocurrió al comienzo del Paleoceno, donde la Orogenia Laramidica deformó las rocas la parte oeste del Golfo de México, dando origen al plegamiento intenso del componente compresional (*Overthrusting*) que caracteriza las estructuras del área. Todos estos eventos favorecieron los yacimientos de petróleo más importantes del suroeste del Golfo de México. El informe público editado por la CNH 2011 menciona que el Campo Yaxché es uno de los campos

más importantes con que cuenta Pemex en la actualidad, (*Dictamen del Proyecto de Exploración Yaxché, CNH 2011*).

El yacimiento Yaxché-Cretácico está compuesto principalmente de carbonatos naturalmente fracturados, con presencia de cuerpos intrusivos de sal autóctona que provocaron el levantamiento de la parte central del campo, lo que a su vez favoreció un proceso de erosión selectivo de ciertas unidades estratigráficas. Todo esto aunado a la alta presencia de fallamiento lístrico de edad Cenozoica, **Figura 3**. Estas características entre otras particularidades geológicas hacen del geomodelado tridimensional de este campo, uno de los retos más importantes para los equipos de caracterización de yacimientos de Pemex.

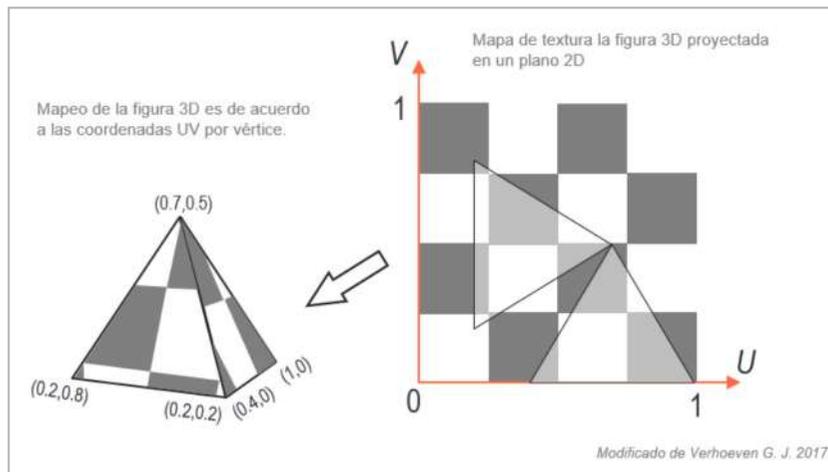


**Figura 3.** Sección sísmica N-S del Campo Yaxché, la estructura del campo se considera como una trampa combinada (estratigráfico-estructural) conformada por intrusiones salinas, zonas discordantes y un intenso fallamiento lístrico.

### Antecedentes del método

Abordando las limitantes del método clásico (pilares) para el modelado de yacimientos estratigráfico y estructuralmente complejos, se han desarrollado nuevas metodologías basadas en el mapeo UV de las estructuras en el llamado “espacio geológico (3D)” (geoespacio) y en el “espacio depositacional” (*depospace*), **Figura 4**.

Para el modelado de estructuras complejas, [Mallet \(2004, 2008\)](#) propone usar la técnica “*geochrone*”, la cual no se basa en la construcción de una malla estructurada, sino que más bien analiza la deformación de las estructuras entre los llamados “espacio depositacional” y el “espacio geológico 3D”. El principio fundamental de este tipo de modelado está basado en la técnica de mapeo (U, V, W) (del inglés *Unwrap-Vertices*), que consiste en desplegar las superficies de un modelo tridimensional (3D) en un plano bidimensional (2D), **Figura 4**.



**Figura 4.** Mapeo UV de una figura 3D -pirámide- (derecha) y su proyección en un plano UV (derecha). El mapeo UV es el proceso de proyectar una imagen 3D en plano de dos dimensiones.

## Metodología para la construcción de modelos complejos

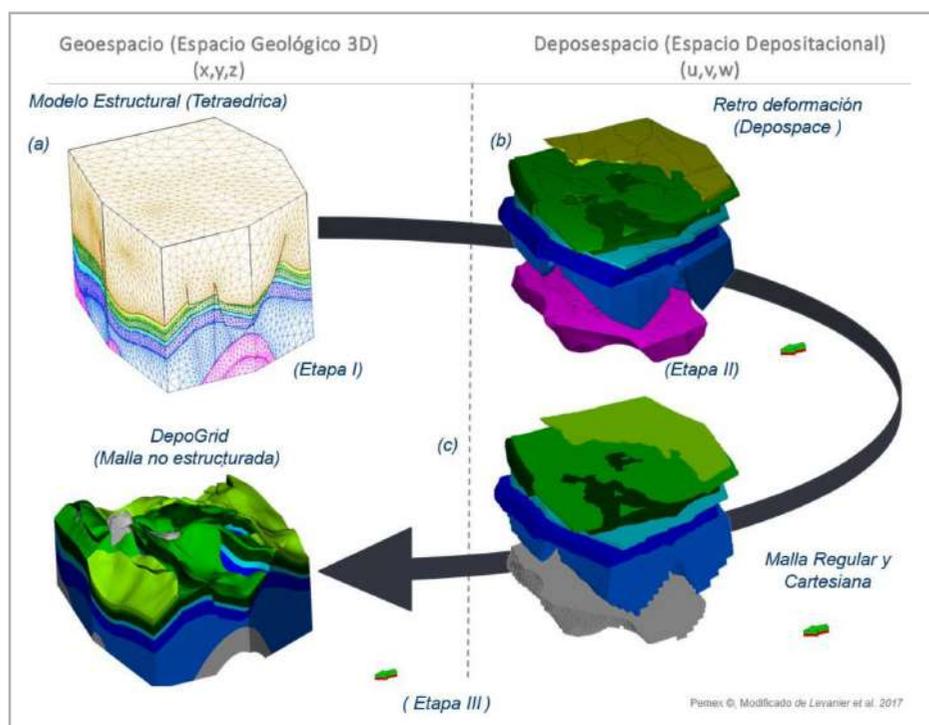
La metodología para el modelado de estructuras complejas (*Depogrid*) se compone de tres fases principales:

(I) La primera fase consiste en la construcción del modelo estructural con base a unidades de celda tetraédricas (*Souche et al. 2013*); la conformación de esta malla tetraédrica o poliédrica- permite tener un mejor ajuste a las características estratigráfico-estructurales de un yacimiento. **Figura 5a.**

(II) En la segunda etapa se da una transformación mecánica de las estructuras o retrodeformación, pasando del “geoespacio 3D” al llamado “depospacio”. Este mecanismo de retrodeformación implica el aplanamiento de las estructuras (Método “*geocrone*”) (*Mallet, 2004*), mediante una solución de elementos finitos. *Souche et al. 2015*, menciona que esta técnica basada en el mapeo UV, minimiza las deformaciones entre el espacio depositacional y el espacio geológico. Es importante mencionar que el

espacio producido en el “depospacio”, es un “espacio computacional”, y este no corresponde a un balanceo de secciones o reconstrucción estructural. Sin embargo, en muchos casos el espacio depositacional resultante de este método, es considerado como una buena aproximación a la paleo-geometría de la estructura (*Levannier et al. 2017*), **Figura 5b.**

(III) En la última fase, una malla no estructurada tridimensional es generada en el “geoespacio”, en este espacio la malla se considera como regular y cartesiana, permitiendo un mejor manejo de las geometrías complejas (estructuras multi-Z, fallamiento intenso, zonas erosivas, intrusiones salinas, entre otras), **Figura 5c.** Aquí es donde se definen las complejidades estructurales del yacimiento en términos de celdas y también donde se definirán que celdas serán “estructuradas” y que celdas serán “no estructuradas” (celdas cortadas por planos de falla). Finalmente, durante esta misma etapa la malla es nuevamente deformada al “geoespacio 3D” hasta recuperar todas sus características geológicas originales (estructurales y estratigráficas). **Figura 5c.**



**Figura 5.** Descripción de la metodología para la construcción de modelos complejos (*Depogrid*) sobre el yacimiento Yaché-Cretácico. El flujo en general consta de tres etapas: (I) Construcción de la malla tetraédrica. (II) Retrodeformación de las estructuras al espacio depositacional (aplanamiento de las estructuras). (III) Generación de una malla regular y cartesiana en el geoespacio. Malla que posteriormente es nuevamente deformada en el espacio geológico, retornando a sus características estructurales y estratigráficas originales.

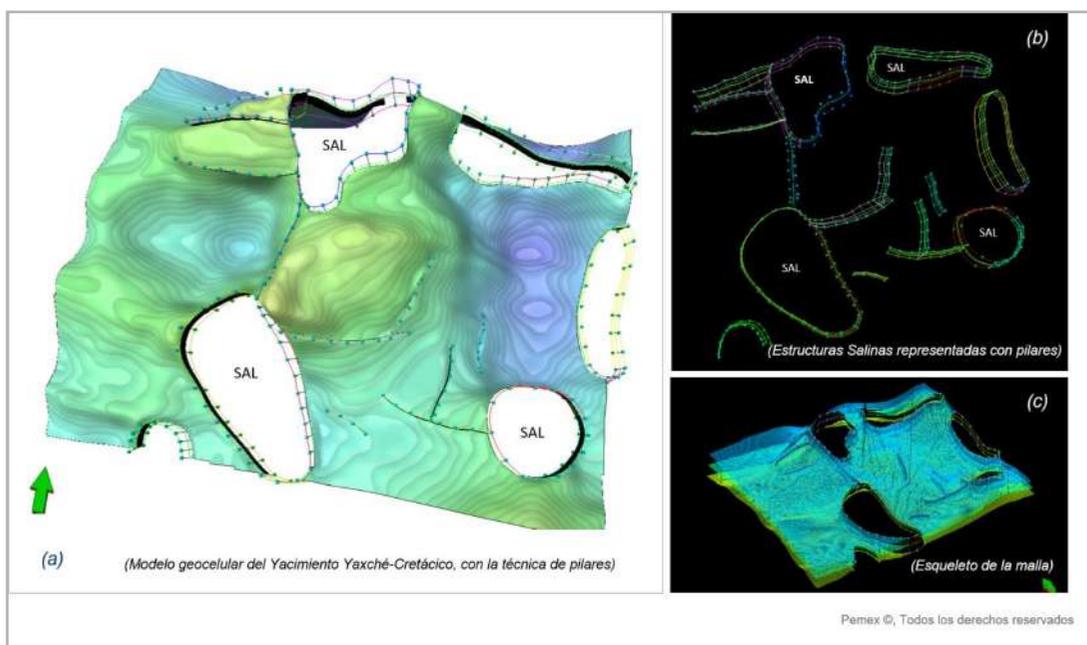
Una descripción detallada del concepto de espacio depositacional o “depoespacio” así como del procedimiento de construcción de la malla tetraédrica (VBM), métodos utilizados durante las fases de construcción de esta técnica de modelado son ampliamente descritos en *Souche L. et al. 2014 y Souche L. et al. 2015*.

## Construcción del modelo geocelular del yacimiento Yaxché-Cretácico

### Modelado geocelular con el método de pilares

Para la generación de la modelo estructural del yacimiento Yaxché-Cretácico con la técnica de pilares, tomando

en cuenta la complejidad del campo, solamente se consideraron modelar dos horizontes: Cretácico Inferior (Ki) y Jurásico Superior Titoniano (JST) —cima y base de yacimiento— y 10 fallas; además debido a la alta presencia de cuerpos discordantes (acuñamientos) no se consideró realizar una división de las distintas unidades estratigráficas que conforman el Cretácico, (los ejercicios preliminares hicieron evidentes varios errores de ortogonalidad en la malla relacionado con este tipo de estructuras), **Figura 6a**.



**Figura 6.** Modelo de celdas del campo Yaxché-Cretácico generado con el método de pilares, donde se hace evidente la simplificación del campo debido a la complejidad de las estructuras (a). El manejo de pilares de falla en forma circular, para “simular” los espacios producidos por las intrusiones salinas del yacimiento (b). Esta configuración permitió un esqueleto de la malla sin deformaciones (c), lo que a la postre posibilitó un nivel aceptable durante la etapa de simulación de yacimientos.

Por otro lado, las estructuras asociadas a cuerpos salinos se modelaron a partir de pilares de fallas en forma “circular”, tomando como base los polígonos de interpretación asociados a la sal para la cima y base del yacimiento. Esta solución permitió crear “los espacios” característicos asociados a presencia de cuerpos intrusivos de sal que afectaron al yacimiento, **Figura 6b**.

Además de estas dificultades para el modelado estructural del yacimiento, otra problemática que se encontró es que la zona fue afectada por distintos eventos tectónicos de distinta edad, lo que provocó una variedad de tamaños para las fallas del campo, además de sus interacciones entre si (fallas truncadas) lo que comprometía aún más la geometría de las celdas del modelo.

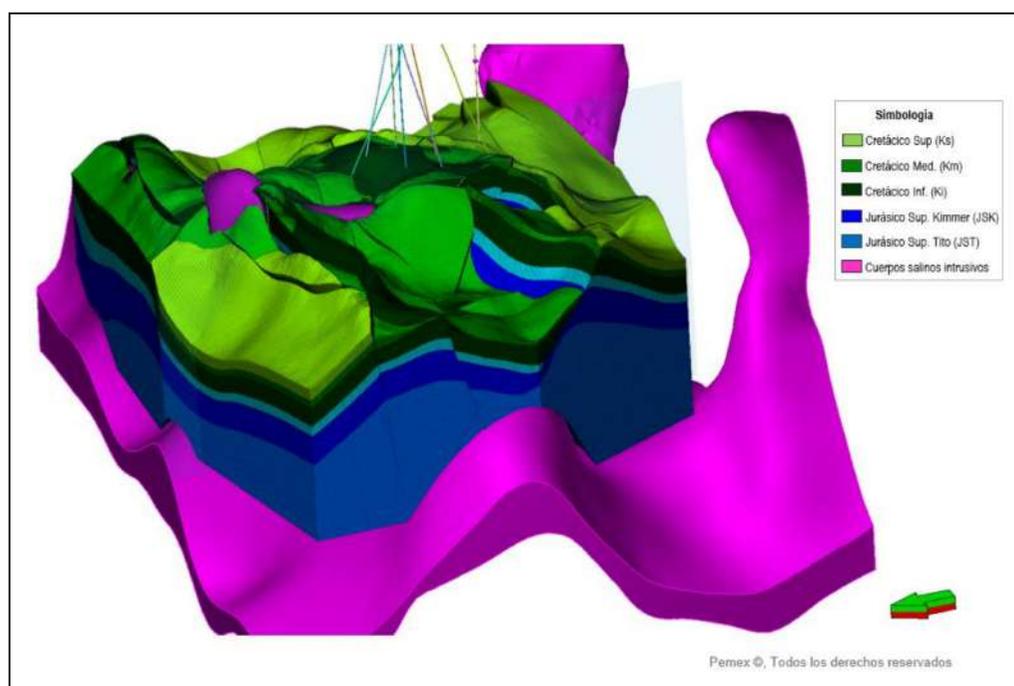
El conjunto de estos impedimentos no permitió la generación de un modelo estructural con el método de pilares, que honrara de manera fehaciente las características estructural y estratigráfica del área, concluyendo en un modelo muy simplificado del yacimiento. Aunque el resultado del modelado fue aceptable tanto en términos de modelado estático como dinámico, **Figura 6c**, siempre quedó una incertidumbre relacionada a la estructura geológica del campo, asociada a las limitaciones de la técnica de modelado con pilares, así como una importante área de oportunidad para el mejoramiento de la malla estructural.

#### Modelo geocelular con el método de modelado para estructuras complejas, (*depogrid*)

Para la generación del modelo del yacimiento Yaxché-Cretácico con el método de geomodelado para estructuras

complejas (*Depogrid*) se consideraron los siguientes horizontes estratigráficos: Cretácico Superior (Ks), Cretácico Medio (Km), Cretácico Inferior (Ki), Jurásico Superior Kimmer (JSK), Jurásico Superior Tito (JST), y dos horizontes que representan el cuerpo salino intrusivo (Cima y Base de Sal). Adicionalmente se integraron al modelo un total de 70 fallas de distintas longitudes y con diversos buzamientos, **Figura 7**.

Es importante mencionar que para esta nueva etapa de modelado se consideró una fase de reinterpretación sísmica de las estructuras, (horizontes, fallas y estructuras salinas), sobre un volumen sísmico reprocesado que permitió un mejoramiento de la imagen.



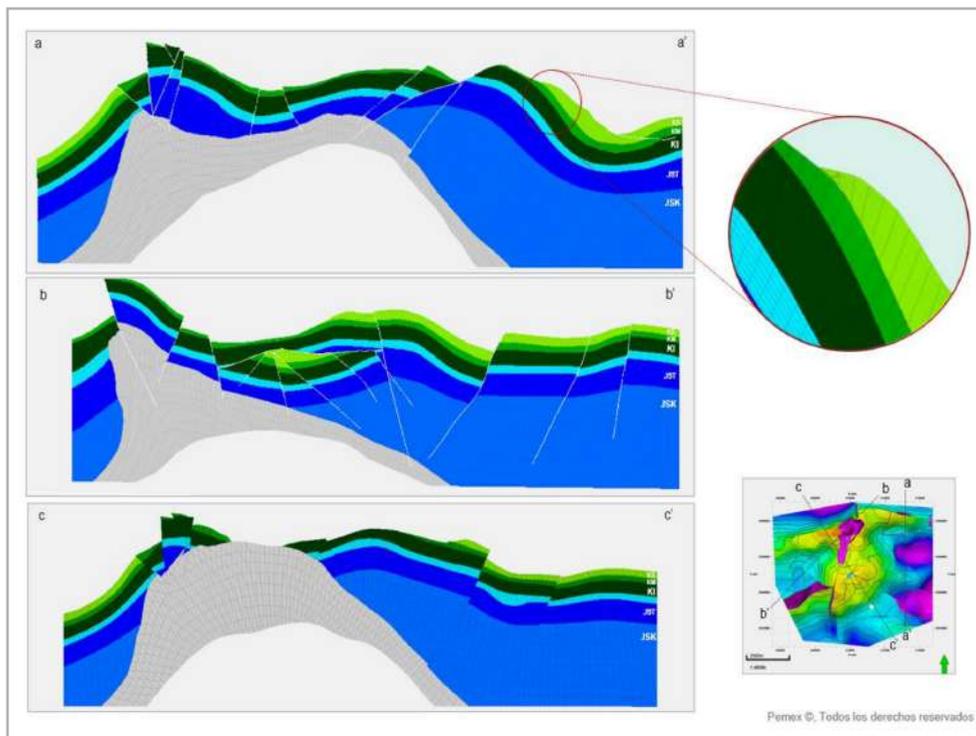
**Figura 7.** Modelo de celdas del campo Yaxché-Cretácico generado con el método de modelado para estructuras complejas (*Depogrid*). El modelo incluyó una alta complejidad tanto estructural como estratigráfica, que incluyeron zonas deformadas por intrusión salina, zonas afectadas por procesos erosivos y áreas con intenso fallamiento.

En la parte central del campo todas las secuencias estratigráficas están deformadas e intrusionadas por un cuerpo salino. De la misma forma toda la secuencia estratigráfica desde el Jurásico Superior hasta el Cretácico se encuentra afectado por un intenso fallamiento Mesozoico

y Cenozoico. La conjunción del levantamiento debido a la intrusión salina y el intenso fallamiento provocaron un marcado proceso erosivo que afectó de manera selectiva a ciertas unidades estratigráficas principalmente Cretácicas, **Figura 7**.

De acuerdo con las complejas características geológicas del campo mencionadas, se determinó modelar cada unidad estratigráfica como secuencias independientes para que conservaran sus características estratigráfico - estructurales, mientras que para las secuencias afectadas por procesos erosivos e intensamente deformadas por

la intrusión salina, se decidió agregar las secuencias estratigráficas complementarias, (horizonte erosionado), para que el algoritmo reconociera las zonas donde se habían erosionado por completo dichas unidades estratigráficas, **Figuras 7 y 8**.



**Figura 8.** Secciones transversales a lo largo del modelo de celdas para el yacimiento Yaxché - Cretácico. (a) Sección N-S al este del campo (ver mapa), en esta imagen se muestra un detalle de las terminaciones (acuñamientos) de las celdas entre el Cretácico Superior (Ks) y el Cretácico Medio (Km). (b) Sección NE-SW que muestra la zona más intensamente afectada por el cuerpo salino (en gris). (c) Sección NW-SE que muestra la zona de más levantamiento provocado por la intrusión salina (en gris).

Para el proceso de retrodeformación (depospace) o aplanamiento de las estructuras se realizó un cálculo de tipo “mecánico” y de manera adicional para mejorar los resultados del modelado, el algoritmo permitió integrar de manera “sintética” las zonas de sub y sobre carga, tomando en cuenta que por cuestiones de simplicidad solo se decidió modelar el yacimiento Cretácico.

La resolución final del modelo para el yacimiento Yaxché – Cretácico fue de celdas de 50X50m con un total de 200 capas para la secuencia estratigráfica del Jurásico al Cretácico y 10 capas para el cuerpo salino (para mantener la conformancia), resultando en un total de 2.5 millones de celdas para el modelo completo.

Es importante mencionar que la alta calidad de los datos de interpretación sísmica que se usaron como dato de entrada (fallas y horizontes provenientes de interpretación sísmica), fueron clave para el éxito del modelado del yacimiento Yaxché – Cretácico con esta técnica.

## Conclusiones

El método de construcción para modelos estructuralmente complejos permitió resolver un pendiente importante en cuanto a la estructura del yacimiento Yaxché – Cretácico, logró obtener un modelo realista que honra las características estratigráfico – estructurales mostradas en el campo.

Además de este importante avance en la caracterización estructural del campo se deducen las siguientes conclusiones particulares:

- El resultado final del modelo geocelular excedió las expectativas originalmente planteadas al inicio de la prueba de esta nueva herramienta.
- Se concluye de manera indudable que la calidad de los datos de entrada (interpretaciones sísmico – estructurales en la imagen sísmica) son uno de los factores de mayor importancia en la construcción del modelo geocelular con esta técnica.
- El tiempo de construcción entre las principales técnicas de modelado analizadas en este estudio (pilares vs *Depogrid*) demuestra que ambas son equivalentes en términos generales y por lo tanto la principal ventaja de la técnica de *Depogrid* es el alto detalle estructural y estratigráfico que puede imprimir al resultado final de los modelos geocelulares, en especial en yacimientos con presencia de cuerpos salinos, zonas erosivas o de intenso fallamiento complejo.
- La malla resultante comprobó además su total funcionalidad para la simulación dinámica de yacimientos en simuladores de alto rendimiento.

## Agradecimientos

Al equipo de Caracterización de Yacimientos de la Coordinación de Geociencias del Activo de Producción Litoral de Tabasco de Pemex.

Al Activo de Producción Litoral de Tabasco de Pemex, que nos proporcionó las facilidades para presentar el trabajo.

Al personal de Schlumberger por su apoyo en la implementación y asesoramiento de este flujo en la Coordinación de Geociencias del Activo de Producción Litoral de Tabasco de Pemex.

## Bibliografía

Comisión Nacional de Hidrocarburos. 2011. *Dictamen del Proyecto de Explotación Yaxche*. México: CNH.

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/109188/Yaxche.pdf> (descargado el 1 mayo de 2020).

Levannier, A. y Schneider, S. 2014. *Depospace Modeling on Structural Grids: Why and How? News Click: Your Customized SIS Newsletter* 1Q15. Schlumberger.

Levannier, A., Chabbert, A., Neumaier, M. et al. 2017. Geological Modeling in Structurally Complex Settings Using a Depositional Space and Cut-Cell Unstructured Grids. Artículo presentado en SPE Middle East Oil & Gas Show and Conference, Manama, Baréin, marzo 6-9. SPE-183960-MS. <https://doi.org/10.2118/183960-MS>.

Mallet, J. L. 2004. Space-Time Mathematical Framework for Sedimentary Geology. *Mathematical Geology* **36**: 1-32. <https://doi.org/10.1023/B:MATG.0000016228.75495.7c>.

Padilla y Sanchez, J. R. 2007. Evolución Geológica del Sureste Mexicano Desde el Mesozoico al Presente en el Contexto Regional del Golfo de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* **59** (1): 19-42. <https://doi.org/10.18268/bsgm2007v59n1a3>.

Pointing, D. K. 1989. Corner Point Geometry in Reservoir Simulation. Conference Proceedings, ECMOR I: 1<sup>st</sup> European Conference on the Mathematics of Oil Recovery, Cambridge, RU, julio 14-16.

Santoshini, S., Harris, S., Kashem, A. et al. 2018. Depogrid: Next Generation Unstructured Grids for Accurate Reservoir Modeling and Simulation. Artículo presentado en SPE Russian Petroleum Technology Conference, Moscú, Rusia, octubre 15-17. SPE-191615-18RPTC-MS. <https://doi.org/10.2118/191615-18RPTC-MS>.

Schlumberger. 2021. Petrel: Modeling and Simulation with Depogrid,

<https://www.software.slb.com/videos/modeling-and-simulation-with-depogrid>.

Souche, L., Lepage, F. e Iskenova, G. 2013. Volume Base Modeling: Automated Construction of Complex Structural Models. Conference Proceedings, 75<sup>th</sup> EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE Europec, Londres, RU, junio 10-13. <http://dx.doi.org/10.3997/2214-4609.20130037>

Souche, L., Iskenova, G., Lepage, F. et al. 2014. Construction of Structural and Stratigraphic Consistent Structural Models Using the Volume-Base Modelling Technology: Applications to an Australian Dataset. Artículo presentado en International Petroleum Technology Conference, Kuala

Lumpur, Malasia, diciembre 10-12. IPTC-18216-MS. <https://doi.org/10.2523/IPTC-18216-MS>.

Souche, L., Lepage, F., Laverne, T. et al. 2015. Depositional Space: Construction and Applications to Facies and Petrophysical Property Simulations. Artículo presentado en International Petroleum Technology Conference, Doha, Catar, diciembre 6-9. IPTC-18339-MS. <https://doi.org/10.2523/IPTC-18339-MS>.

Verhoeven, G. J. y Missinne S. J. 2017. Unfolding Leonardo da Vinci's Globe (AD 1504) to Reveal its Historical World Map. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. IV-2/W2. 26<sup>th</sup> International CIPA Symposium 2017, Ottawa, Canadá, agosto 28-septiembre 01.

Wu, X.-H. y Parashkevov, R. R. 2005. Effect of Grid Deviation on Flow Solutions. *SPE J.* **14** (01): 67-77. SPE-92868-MS. <https://doi.org/10.2118/92868-MS>.

## Semblanza de los autores

### Diana Alejandra Arias Vázquez

Ingeniero Geólogo egresado del Instituto Politécnico Nacional. Con 15 años de experiencia en la industria petrolera, durante dos años se desempeñó como Geólogo analista en el registro de hidrocarburos.

Ingresó a Pemex Exploración y Producción en julio del 2009, se ha desempeñado en el área de caracterización inicial de yacimientos en actividades de modelado geológico, distribución de propiedades y cálculo de volúmenes en el Activo de Producción Litoral Tabasco de la RMSO. Actualmente se encuentra laborando en el área de modelado estático en la Gerencia de Planes de Explotación CERMESO de la Subdirección Técnica de Exploración y Producción.

### Néstor Flores Mundo

Ingeniero Geólogo egresado de la Universidad Autónoma de Guerrero. Con 19 años de experiencia en la industria petrolera, durante seis años se desempeñó como Geólogo analista en el registro de hidrocarburos. Un año como académico en áreas de caracterización de yacimientos, producción de pozos, diseño y seguimiento de intervenciones a pozos. Ingresó a Pemex Exploración y Producción en marzo del 2009, se ha desempeñado como Ingeniero de Geociencias en el Activo de producción Litoral de Tabasco, Tsimin-Xux realizando actividades de modelado geológico estructural, distribución de propiedades y cálculo de reserva. Actualmente se desempeña como geólogo de seguimiento geológico en el Activo de Producción Litoral Tabasco.

### Abel Aco Palestina

Ingeniero Geólogo egresado del Instituto Politécnico Nacional con Maestría en Ciencias, especializado en Estratigrafía de Secuencias por el CICESE. Cuenta con 18 años de experiencia en la industria petrolera, se desempeñó como Geólogo analista en Petrografía y Micropaleontología para el Instituto Mexicano del Petróleo (2000-2003). Durante seis años se desempeñó como Geólogo de Campo, Geólogo de prospectos y caracterización de yacimientos para Pemex Exploración y Producción Región Norte (2006-2012) y actualmente en Schlumberger como consultor técnico especialista en desarrollo de oportunidades para modelado estructural y geofísica especializada para la caracterización de yacimientos.