

## **Modelo geológico-estructural del yacimiento VEN1 del noroeste del lago de Maracaibo**

María A. Pirela-Medina  
Robert Ramírez-Hernández

### **Resumen**

Este trabajo tuvo el propósito de elaborar el modelo estructural del yacimiento VEN1 para establecer la geometría y la arquitectura del mismo y crear mapas estructurales -de los horizontes que delimitan la acumulación de hidrocarburos y de las unidades de importancia geológica-, con el fin de detectar nuevas zonas de explotación. La metodología seguida se basó en la revisión de la información del yacimiento mediante el análisis documental y el análisis de contenido, la información de datos de 34 nuevos pozos y la utilización del paquete computarizado Rockwell 16. Se definió la estructura del yacimiento como anticlinal, mostrando un ligero buzamiento en sentido NO-SE y pocos rasgos estructurales de gran extensión, a excepción de dos fallas principales ubicadas en las zonas noreste y sur. Se concluye que la mejor zona para la acumulación importante de hidrocarburos se ubica en las zonas noroeste y suroeste del yacimiento.

**Palabras clave:** exploración de hidrocarburos; yacimiento VEN1; lago de Maracaibo; modelo estructural.

## **Geological-structural model of the VEN1 deposit of the northwest of the lake of Maracaibo**

### **Abstract**

This work aimed to elaborate the structural model of the VEN1 deposit to establish the geometry and the architecture of the same and to create structural maps -of the horizons that delimit the accumulation of hydrocarbons and the units of geological importance- in order to detect new exploitation areas. The methodology followed was based on the review of the reservoir information through document analysis and content analysis, data information from 34 new wells and the use of the Rockwell 16 computerized package. The structure of the reservoir was defined as anticlinal, showing a slight NW-SE dip and few structural features of great extent, except for two main faults located in the Northeast and South. It is concluded that the best area for the important accumulation of hydrocarbons is located in the northwest and southwest of the reservoir.

**Keywords:** exploration of hydrocarbons; VEN1 oil deposit; lake of Maracaibo; structural model.

## **1. INTRODUCCIÓN**

A fin de aprovechar al máximo la acumulación de hidrocarburos y alcanzar las metas y la exigencia del mercado de la industria petrolera se busca disminuir el nivel de incertidumbre de las características geológicas de dichos yacimientos mediante una constante elaboración de modelos estáticos que permitan la aplicación de sucesivos planes de explotaciones. Bajo esta perspectiva, el modelado de un yacimiento es el paso final en el proceso de la caracterización de yacimientos, el cual consiste en la construcción de modelos geológicos múltiples de alta resolución, el escalamiento y la realización de las simulaciones del flujo.

El modelo geológico constituye un compendio de las características y propiedades estáticas de un yacimiento. Consta de modelos más detallados, de acuerdo con las diversas disciplinas de la geología, es decir, un modelo geológico consta de otros tres modelos: el estructural, el sedimentario-estratigráfico y el litológico. Uno de los objetivos del modelo geológico es determinar la heterogeneidad del yacimiento e identificar su influencia en las propiedades petrofísicas de las rocas y en las características que tendrá el flujo de fluidos al momento de la producción de hidrocarburos.

En ese orden de ideas, específicamente el modelo geológico estructural está relacionado con los esfuerzos y deformación que determinan el tipo y orientaciones de la estructura que forma el yacimiento; se refiere en concreto a la definición de la estructura geológica y límites que presenta el yacimiento, es decir, la arquitectura o esqueleto que lo conforma.

La importancia de la elaboración de un modelo geológico estructural radica en que permite la descripción exacta de los yacimientos, establecer la geometría y la arquitectura del yacimiento, crear mapas estructurales (superficies) de los diferentes horizontes que delimitan la acumulación de hidrocarburos (tope y base) y de las unidades de importancia geológica y, de esta forma, detectar nuevas zonas de explotación; aspectos que constituyen el objetivo de este trabajo.

La geología estructural en el complejo de las disciplinas geológicas es muy importante (Belousov 1979). Sin un conocimiento correcto de la morfología de las formas estructurales es imposible efectuar un levantamiento geológico, ya que el geólogo casi siempre se ve obligado a restablecer el aspecto completo de las formas estructurales, basándose en las observaciones fragmentarias de afloramientos aislados.

La realización del presente estudio parte de la necesidad de incrementar la capacidad de explotación de yacimiento VEN1. La unidad de explotación del lago de Maracaibo tiene como objetivo primordial la caracterización de los

yacimientos pertenecientes al campo para generar planes de explotación que permitan incrementar el factor de recobro.

El yacimiento *VEN1*, de edad Eoceno (Fm. Misoa), *está ubicado en el área noroeste del lago de Maracaibo*. Contiene un petróleo original en sitio (POES) de más de un millón de barriles, con un factor de recobro total estimado en 24,7 %.

Hoy día no se cuenta con actualizaciones sobre el modelo geológico estructural del yacimiento *VEN1 del área noroeste del lago de Maracaibo*, lo que imposibilita el reconocimiento de los rasgos estructurales del mismo que aporten conocimientos sobre el área y sirva como una herramienta para los planes futuros de explotación. La empresa EXGEO (2005) presenta la clasificación e inventario de los mapas oficiales realizados en B6-B9 para áreas pertenecientes al noroeste del lago de Maracaibo; específicamente para la unidad *VEN1* muestra los mapas oficiales, tanto isópaco como estructural, sin las actualizaciones con los datos de los pozos desde el año 2005 a la actualidad.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la obtención de la data utilizada en esta investigación se hizo uso del análisis documental y el análisis de contenido. El primero fue empleado para la compilación de información técnica referida a los aspectos teóricos a desarrollar en el contenido de la investigación y se basó en la documentación bibliográfica; por su parte, el análisis de contenido se usó para recabar información puntualizada (datos y características) que se localizan dentro de informes, carpetas y reportes generados, programas, software, tanto de actividades operacionales como de bases de datos electrónicas pertenecientes a la empresa. La investigación fue desarrollada bajo un enfoque documental y un análisis cualitativo de la información obtenida de observaciones en el área de estudio. El esquema mostrado en la Figura 1 describe la metodología empleada para la investigación.

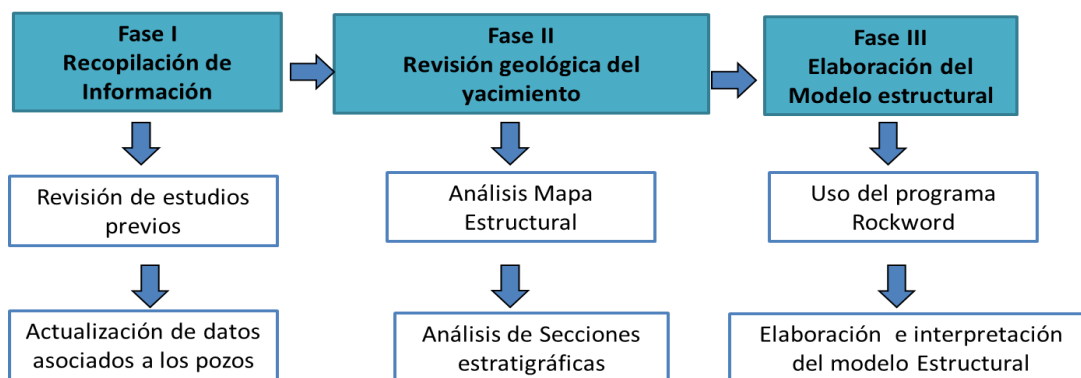


Figura 1. Metodología de la investigación.

## **Fase I. Recopilación de información**

### *Revisión de estudios previos*

La empresa EXGEO (2005) finalizó el estudio integrado de las áreas del noroeste del lago de Maracaibo y elaboró un modelo estratigráfico grueso de los miembros inferiores de la formación Misoa (de Juana et al. 1980) de edad Eoceno. Incertidumbres con respecto al modelo geológico conllevaron a realizar un proyecto para la revisión del mismo, a fin de generar confianza en la interpretación, para luego utilizarlo en el modelo de simulación.

Los objetivos primarios de la evaluación geológica fueron: la revisión de la información sedimentológica disponible (núcleos, muestra de canal y estudios previos), con la finalidad de definir patrón estratigráfico para las correlaciones; la correlación estratigráfica de los pozos del área que penetraron las arenas B inferior de la formación Misoa, para generar el modelo estratigráfico del área; la evaluación de los controles diagenéticos sobre la calidad del yacimiento y la integración de la información estratigráfica y estructural (interpretación de fallas en pozos, secciones estructurales, generación de mapas de trabajo para validar integración geológica) (Lazarde et al. 2000).

Este trabajo fue plenamente integrado con la evaluación geofísica, petrofísica y de ingeniería. La interpretación en conjunto de los datos de geología y sísmicos fue especialmente importante para resolver los controles estructurales y estratigráficos sobre la distribución del petróleo. Se requerían detalles sobre las capas de los intervalos productores para las simulaciones de los yacimientos.

De la misma forma, Chacín (2011) presentó el modelo petrofísico para el yacimiento XX1 (formación Misoa) del campo Tía Juana Lago, para definir y proponer nuevas localizaciones donde se encuentren las mejores propiedades petrofísicas, minimizando la incertidumbre y aumentando el porcentaje de éxito volumétrico de estos trabajos. Debido al grado de madurez del yacimiento y a la no disponibilidad de un modelo petrofísico confiable, se decidió desarrollar esta investigación que permita la estimación de las propiedades, un incremento en la certidumbre de perforación y los logros en materia de productividad. Para realizar el modelo petrofísico se utilizó la información de análisis de núcleos de los pozos LL-0773 y LL-0848, así como análisis físico-químicos de agua de formación provenientes de primeros pozos completados en el yacimiento.

Mediante el escalamiento núcleo-perfil se pudieron establecer los modelos petrofísicos para el modelo de arcillosidad ( $V_{sh}$ ), porosidad ( $\Phi$ ) a través de

la generación del perfil sintético de densidad, permeabilidad (K) y saturación de agua (Sw), ajustados a la condiciones del reservorio. También se elaboraron los mapas de isopropiedades, de capacidad de almacenamiento y eficiencia de flujo del yacimiento; todo esto para visualizar la distribución de las mismas a lo largo del yacimiento y establecer las zonas de mejor calidad para un futuro plan de recuperación de reservas remanentes y explotación óptima del yacimiento en estudio.

#### *Actualización y validación de los datos asociados a los pozos*

En esta etapa se actualizaron los datos asociados a los 34 pozos pertenecientes al yacimiento; se realizó la migración de toda la data recopilada (coordenadas UTM de los pozos, desviaciones, topes estratigráficos, profundidades, entre otros) al paquete computarizado Rockwell 16. Finalizada la búsqueda se procedió a la validación de la información. En la Tabla 1 se muestran los datos de los 34 pozos que representan el yacimiento VEN1; se especifican topes y bases de cada pozo, incluyendo la elevación de la mesa rotaria. La totalidad de los pozos pertenece a las arena B7 de la formación Misoa.

Tabla 1. Pozos pertenecientes al yacimiento VEN1

N°	UWI	LAYER NAME	TOPE	BASE	ESTADO	ELEV MR	TOPES-MR	BASE-MR	COORDENADAS	
									NORTE	ESTE
1	005 1LL 418 0	B-7	5 332	5 603	Oficial MEM	19	5 313	5 584	231 338	1 127 922
2	005 1LL 451 0	B-7	5 072	5 350	Oficial MEM	19	5 053	5 331	231 094	1 129 986
3	005 1LL 457 0	B-7	5 092	5 325	Oficial MEM	19	5 073	5 306	230 024	1 128 812
4	005 1LL 464 0	B-7	4 900	5 153	Oficial MEM	19	4 881	5 134	229 666	1 129 294
5	005 1LL 563 0	B-7	4 780	5 034	Oficial MEM	19	4 761	5 015	229 540	1 130 326
6	005 1LL 565 0	B-7	5 008	5 272	Oficial MEM	19	4 989	5 253	230 498	1 129 916
7	005 1LL 694 0	B-7	4 880	5 128	Oficial MEM	19	4 861	5 109	229 559	1 127 708
8	005 1LL 703 0	B-7	5 096	5 299	Oficial MEM	19	5 077	5 280	230 404	1 125 714
9	005 1LL 717 0	B-7	5 175	5 400	Oficial MEM	19	5 156	5 381	230 788	1 127 503
10	005 1LL 718 0	B-7	5 164	5 406	Oficial MEM	19	5 145	5 387	231 023	1 125 445
11	005 1LL 721 0	B-7	5 457	5 717	Oficial MEM	19	5 438	5 698	230 196	1 124 818
12	005 1LL 756 0	B-7	5 320	5 547	Oficial	19	5 301	5 528	232 067	1 125 442

								MEM					
13	005	1LL	768	0	B-7	4 608	4 860	Oficial MEM	19	4 589	4 841	229 072	1 129 226
14	005	1LL	795	0	B-7	5 246	5 496	Oficial MEM	19	5 227	5 477	229 837	1 125 298
15	005	1LL	968	0	B-7	5 640	5 858	Oficial MEM	19	5 621	5 839	233 030	1 123 932
16	005	1LL	1033	0	B-7	5 270	5 513	Oficial MEM	19	5 251	5 494	230 859	1 128 130
17	005	1LL	1168	0	B-7	5 143	5 382	Oficial MEM	21	5 122	5 361	229 201	1 125 572
18	005	1LL	1247	0	B-7	5 348	5 615	Oficial MEM	21	5 327	5 594	231 702	1 127 441
19	005	1LL	1257	0	B-7	5 176	5 435	Oficial MEM	21	5 155	5 414	230 859	1 129 433
20	005	1LL	1336	0	B-7	5 261	5 493	Oficial MEM	31	5 230	5 462	229 563	1 125 092
21	005	1LL	1370	0	B-7	5 587	5 660	Oficial MEM	31	5 556	5 629	231 261	1 124 129
22	005	1LL	1605	0	B-7	5 270	5 370	Oficial MEM	33	5 237	5 337	230 923	1 128 754
23	005	1LL	1611	0	B-7	5 717	5 902	Oficial MEM	33	5 684	5 869	233 372	1 123 451
24	005	1LL	1862	0	B-7	5 382	5 600	Oficial MEM	33	5 349	5 567	231 577	1 128 473
25	005	1LL	1863	0	B-7	5 084	5 350	Oficial MEM	33	5 051	5 317	230 243	1 129 367
26	005	1LL	1874	0	B-7	5 298	5 536	Oficial MEM	33	5 265	5 503	231 992	1 126 166
27	005	1LL	2705	0	B-7	5 690	5 896	Oficial MEM	33	5 657	5 863	233 646	1 123 997
28	005	1LL	2934	0	B-7	5 422	5 650	Oficial MEM	33	5 389	5 617	232 351	1 125 685
29	005	1LL	2941	0	B-7	5 650	5 924	Oficial MEM	33	5 617	5 891	232 596	1 123 620
30	005	1LL	2954	0	B-7	5 098	5 378	Oficial MEM	33	5 065	5 345	230 811	1 126 025
31	005	1LL	3120	0	B-7	5 069	5 400	Oficial MEM	33	5 036	5 367	230 008	1 125 799
32	005	1LL	3188	0	B-7	5 010	5 340	Oficial MEM	33	4 977	5 307	230 182	1 126 865
33	005	1LL	3554	Y	B-7	5 570	5 899	Oficial MEM	38	5 532	5 861	230 883	1 127 896
34	005	1TJ	262	0	B-7	4 783	4 966	Oficial MEM	19	4 764	4 947	229 834	1 130 816

## Fase 2. Revisión geológica del yacimiento

En esta etapa y sobre la base de la información geológica recabada del yacimiento VEN1 se muestra el mapa estructural del yacimiento, así como también de dos secciones estratigráficas.

### *Análisis del mapa estructural*

Definir la estructura del yacimiento corresponde a la etapa inicial de la modelación estructural del yacimiento, de manera que los resultados obtenidos del modelo puedan ser comparados con el mapa estructural oficial. La Figura 2 muestra el mapa estructural del yacimiento VEN1.

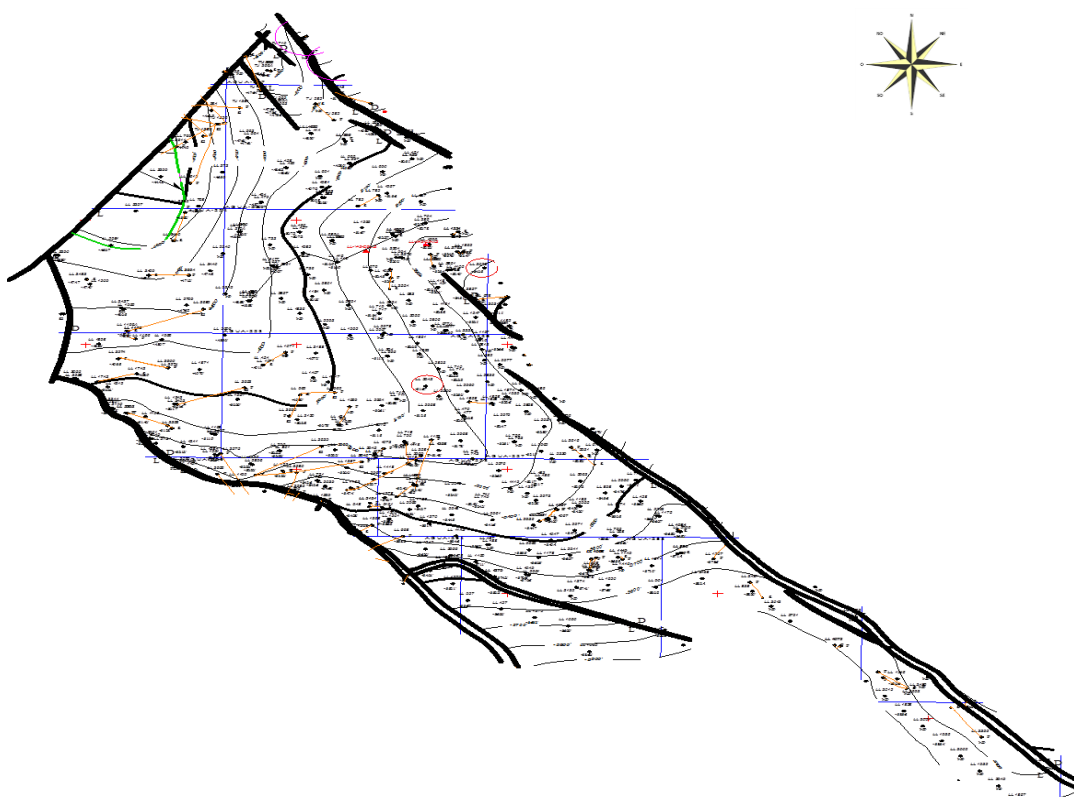


Figura 2. Mapa estructural del yacimiento VEN1.

En sentido general, las curvas estructurales que definen el tope del yacimiento tienden a ser suaves, mostrando un buzamiento que aumenta ligeramente en el mismo sentido NO-SE; va desde una profundidad de 4500' al extremo norte, hasta 5900' en el extremo sureste del yacimiento. Las estructuras que controlan el yacimiento son mucho más evidentes en el mapa estructural. Dos fallas de gran extensión (con dirección NO-SE) delimitan el yacimiento al suroeste y noreste, mientras que el límite noroeste está definido por una falla casi perpendicular (dirección SO-NE). Por último, el límite sureste está definido por la curva estructural de - 5900'.



Además de los rasgos estructurales ya descritos, dentro del yacimiento destaca la falla ubicada al sur, la cual es oblicua a las fallas principales y presenta un salto de 180', aproximadamente.

En la zona norte, las fallas de corta extensión forman un pequeño horst o alto estructural, el cual puede relacionarse con el comportamiento en "echelon" de la falla que bordea el noreste del yacimiento.

Desde un punto de vista general, el yacimiento se encuentra poco afectado por elementos estructurales, con las claras excepciones del alto estructural al norte y la falla con 200 pies de salto ubicado al sur, la cual podría tener un comportamiento sellante, ya que el salto de falla es mucho mayor que los espesores en esta zona.

#### *Análisis de secciones estratigráficas*

Las secciones estratigráficas y estructurales se realizaron mediante la función *X section* del software *Geography Discovery*, procedimiento que se hizo, en primer lugar, seleccionando los pozos deseados en cada sección.

### **Fase III: Elaboración del modelo geológico**

En esta fase se incluyeron dentro del programa Rockwell 16 el total de 34 pozos asociados al yacimiento, coordenadas, profundidades del tope a la base, así como también la litología. Se compararon los mapas oficiales junto a un modelo tridimensional del tope del yacimiento. Finalmente, se interpretaron los resultados obtenidos de la elaboración del modelo.

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1. Unidades geológicas para el modelo estructural**

Para la realización del modelo estructural se tomaron los datos de los 34 pozos perforados, los cuales se encuentran asociados al yacimiento VEN1 del área noroeste del lago de Maracaibo. Se consideró como tope el miembro Santa Bárbara, perteneciente a la formación La Rosa, la discordancia del Eoceno y las arenas B (formación Misoa) como base B-7, tal como se refleja en la Figura 3.

Descripción Litológica	Litología	Unidades Geológica	Formación	Edad
Lutitas gruesas marinas con intercalaciones locales de arenas		Lutitas La Rosa	La Rosa	Mioceno
Arena basal con intercalaciones de arcillas laminares		Santa Barbara	la Rosa	
Gruesas capas de lutitas frecuentemente limolítica y carbonacea intercaladas con		Arena B1 - B6	Misoa	Eoceno
Areniscas masivas de grano fino con intercalaciones de lutitas				

Legenda:

Descripción	Simbología
Discordancia del Mioceno	

Figura 3. Unidades geológicas seleccionadas para el modelo estructural.

### 3.2. Mapa base de isolíneas

La información registrada de los pozos 34 pozos que conformaron el estudio permitió crear la base de datos a través de la herramienta Rockwell 16, en la cual se introdujeron todas las variables descritas en la Tabla 1. En la primera fase fue necesario asignar el nombre por pozo, su coordenada, su profundidad y elevación, para luego actualizar las unidades en la que se reflejaran los datos bajo el sistema inglés. Así mismo se cargaron los intervalos de profundidad de cada una de las unidades geológicas para configurar el mapa base estructural del yacimiento VEN1 (Figura 4), donde se muestra la distribución de los pozos y sus contornos.

Según los análisis obtenidos del yacimiento, al observar detalladamente el mapa base de contornos se hace evidente la existencia de una variabilidad de espesores en toda el área analizada.

En el mismo pueden distinguirse dos comportamientos claramente diferenciados: las curvas tienden a ser paralelas y relativamente frecuentes en las zonas ubicadas en el extremo sur del área en estudio, mientras que en el área norte estas tienden a ser más espaciadas y a poseer morfologías más suaves y "concéntricas".

El comportamiento de las curvas de isolíneas viene dado, en primer lugar, por la influencia de la falla ubicada al sur, lo cual puede estar cortando, de manera relativamente brusca, la continuidad de esta arena; mientras que, por otra parte, este tipo de depósitos tiende a acuñarse a los bordes del yacimiento. Los límites norte, este y oeste poseen mayores espesores que al sur.

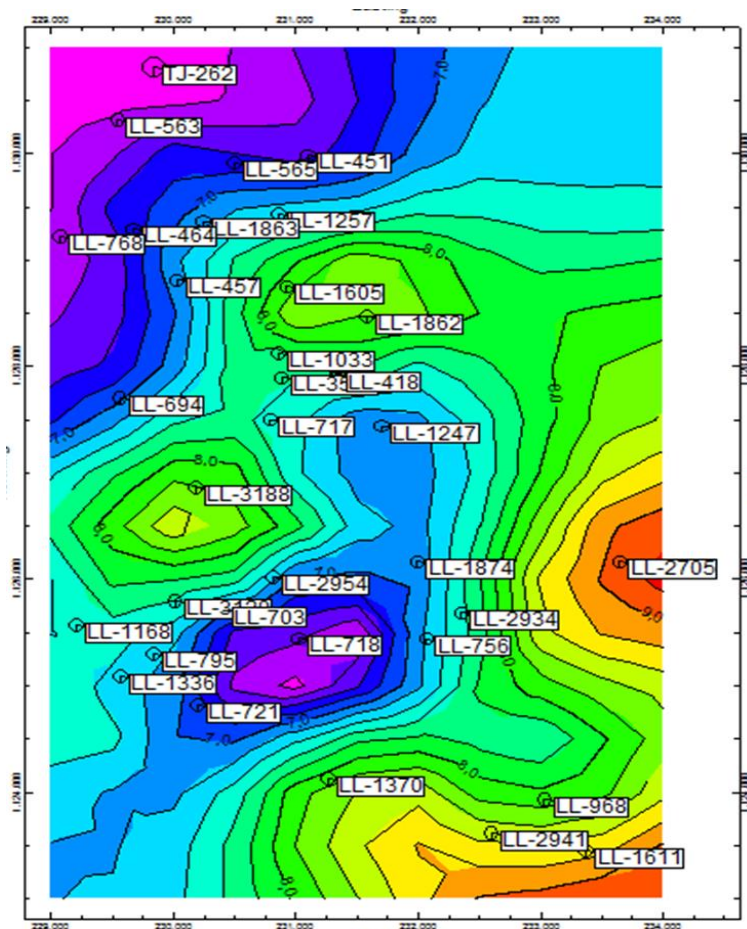


Figura 4. Mapa base de isótopos, base del yacimiento generado por el programa Rockwell 16.

Por otra parte, en la zona central del yacimiento tienen menores espesores, con la clara excepción de una zona, ubicada al noreste del yacimiento, que se caracteriza por presentar curvas de isótopos concéntricas y con mayor espaciado, lo que implica un aumento en los espesores.

Este espesor, relativamente anómalo en la zona, pudiera tener su origen en dos causas: la primera, una mayor subsidencia local, lo que permitió que existiera un mayor espacio de acomodación, dando como resultado mayor espesor de sedimentos; o por otra parte, pudiera ser indicio de una falla, que permitiera la repetición de este estrato.

De acuerdo con lo reflejado en el mapa base de isótopos conforme a los espesores, las zonas más prospectivas se encuentran al noroeste y hacia el suroeste del mismo; esto puede estar asociado a la composición y propiedades de las arenas, lo cual permite una mayor acumulación de material orgánico.

### 3.3. Modelo tridimensional del tope del yacimiento

A partir de lo anteriormente descrito se procedió a digitalizar los mapas estructurales e isópaco, con el fin de generar un modelo 3D del tope en el cual se puedan apreciar las características físicas del yacimiento, específicamente su buzamiento, el cambio de pendientes, así como el salto de falla. En las Figuras 5 y 6 se observa un modelo basado en los datos estructurales, topes y mapa estructural.

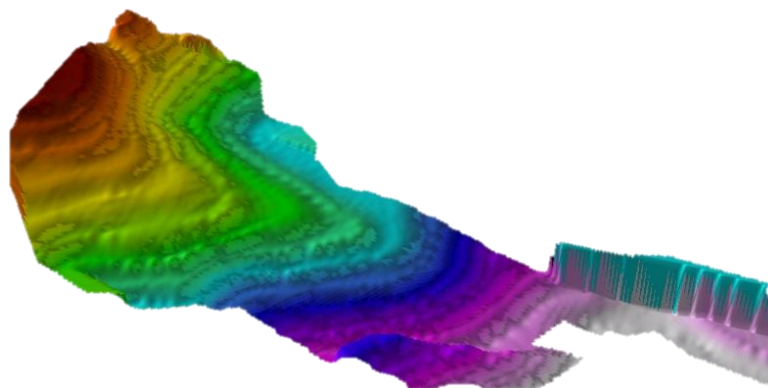


Figura 5. Vista del tope estructural del yacimiento (norte: línea verde).

En la Figura 6 es más evidente el cambio brusco de la superficie, correspondiente al salto producido por la falla (círculo rojo).

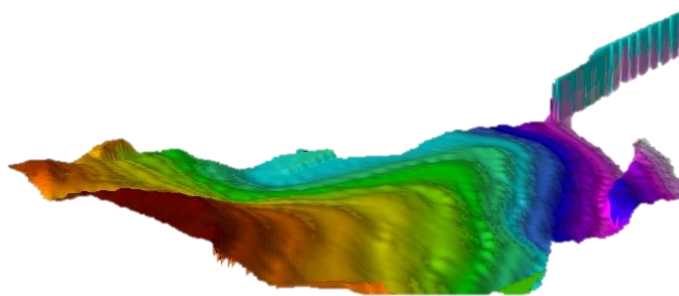


Figura 6. Vista 2 del tope estructural del yacimiento (norte: línea verde).

El buzamiento general del yacimiento es de bajo grado, en dirección SE, lo cual permite una buena segregación gravitacional del hidrocarburo, así como un buen seguimiento de las facies y electrofacies a lo largo de todas las arenas presentes.

### 3.4. Modelo estructural

Para obtener mayor precisión en cuanto a la interpretación de las unidades geológicas se generó, a través de Rockwell 16, un modelo estructural en tres dimensiones del yacimiento, el cual se muestra en la Figura 7.

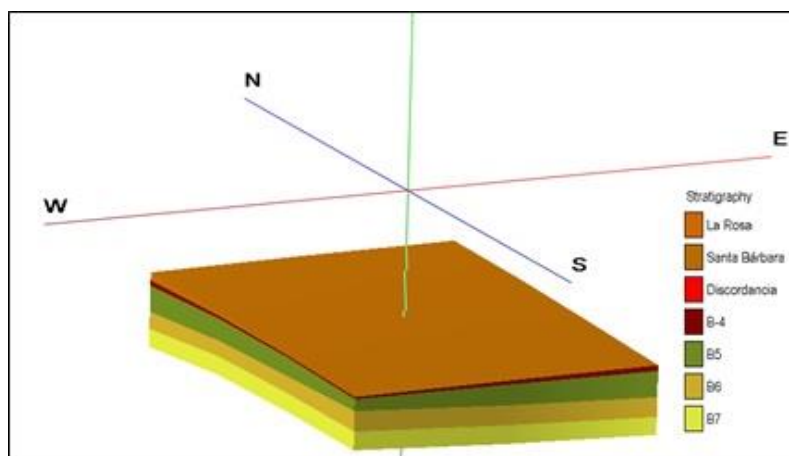


Figura 7. Vista principal del modelo estructural.

La vista reflejada por el modelo indica claramente las características físicas del yacimiento; se muestra la litología de cada formación, además de la discordancia presente a lo largo del yacimiento. Se observa un acuñaamiento en sentido suroeste; las variaciones mayores se dan en los bordes del yacimiento, los cuales están influenciados por las fallas que lo delimitan (mapa estructural).

En la siguiente vista (Figura 8) se evidencia que el yacimiento constituye un anticlinal con buzamiento al noroeste-sureste, con ligera inclinación. Sin embargo, a pesar de ello las características del yacimiento permiten la acumulación de hidrocarburos y la producción del mismo.

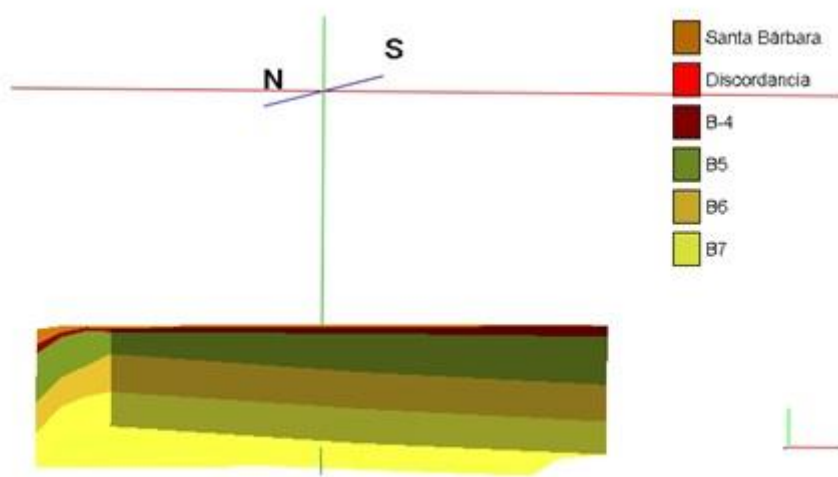


Figura 8. Vista 2 del modelo estructural.

Una vez elaborado el modelo estructural, el cual concuerda con la revisión de los mapas oficiales del yacimiento, la interpretación de las características físicas y la revisión documental de la producción del mismo, se puede inferir

que la mejor zona de importancia geológica es en sentido noroeste-sureste, específicamente en la zona central del yacimiento, representada por los pozos LL 2954/703/795/1336/1168/721, los cuales han sido explotados y producen petróleo de 23 Api, aproximadamente.

#### 4. CONCLUSIONES

- El modelo estructural mostró la geometría del yacimiento, la cual está representada por un anticlinal con un ligero buzamiento en sentido NO-SE. Se percibió un acuñamiento en dirección sur. La interpretación, con base en el modelo estructural, permitió identificar los pozos LL 2954/703/795/1336/1168/721. Estos cuentan con las mejores condiciones para el aprovechamiento de hidrocarburos, lo cual fue interpretado de manera geológica y con revisión de producción. Se destacó que la mejor zona se encuentra en sentido noroeste-sureste del yacimiento.

#### 5. REFERENCIAS

- BELOUSOV, V. V. 1979: *Geología estructural*. Vol. 2. Mir, Moscú.
- CHACÍN, A. 2011: Modelo petrofísico para el yacimiento B-5-X.09, formación Misoa del campo Tía Juana Lago. Disponible en: [http://tesis.luz.edu.ve/tde\\_arquivos/99/TDE-2012-04-30T08:10:44Z-2900/Publico/chacin\\_delgado\\_angel\\_alberto.pdf](http://tesis.luz.edu.ve/tde_arquivos/99/TDE-2012-04-30T08:10:44Z-2900/Publico/chacin_delgado_angel_alberto.pdf)
- DE JUANA, C. G., DE AROZENA, J. M. I., & CADILLAT, X. P. 1980: *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas* (Vol. 2). Foninves.
- EXGEO, C. P. 2005: Actualización y revisión del modelo estático y dinámico y plan para el desarrollo del yacimiento LL-05. Maracaibo, Edo Zulia.
- LAZARDE, H., RIVAS, J. I., BRACHO, M., GONZALEZ, M., MOODY, J., RODRIGUEZ, G & PUCHE, E. J. 2000: Caracterización Geológica de las Arenas B-6, Formación Misoa en el Noreste de Tia Juana, Lago de Maracaibo. En: *7th Simposio Bolivariano-Exploracion Petrolera en las Cuencas Subandinas*. Septiembre 2000

**Maria A. Pirela-Medina**, [pirelamariaalicia@gmail.com](mailto:pirelamariaalicia@gmail.com)

Máster en Prospección y Exploración de Yacimientos Gaso-petrolíferos.  
Universidad Rafael María Baralt. Departamento de Ingeniería.  
Cabimas, Estado de Zulia, Venezuela.

**Robert Ramírez-Hernández**, [robertrh@upr.edu.cu](mailto:robertrh@upr.edu.cu)

Profesor Auxiliar. Máster en Ciencias  
Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Técnicas,  
Universidad de Pinar del Río, Cuba.