

## Actualización del modelo estático de los yacimientos del nivel estratigráfico MER-I de la formación Merecure en el domo sur del campo San Joaquín, Área Mayor de Anaco. Estado Anzoátegui. Venezuela

*Update of the static model of reservoirs of MER-I stratigraphic level in "Merecure" formation located in the south dome of "San Joaquín" field, "Area Mayor de Anaco", Anzoategui state, Venezuela*

*Atualização do modelo estático das jazidas do nível estratigráfico MER-I da formação "Merecure" no domo sur do campo "San Joaquín", Área Maior de Anaco. Estado Anzoategui, Venezuela*

Eusmaglys Maita V.<sup>1</sup> Berenice Sandoval<sup>2</sup> Ángel Basanta<sup>3</sup>

Recibido: 18-11-13; Aprobado: 28-2-14

RESUMEN	ABSTRACT	RESUMO
<p>La actualización del modelo estático se realizó debido a que de acuerdo a los datos del Libro de Reservas 2011 el yacimiento MER-I JMN 76 presenta reservas remanentes negativas en gas y líquido, lo cual es físicamente imposible, es por ello que se empleó una metodología que estuvo referida a la búsqueda y selección de información para la correlación de los pozos, la elaboración de secciones estratigráficas y estructurales, la interpretación petrofísica, la actualización del mapa isópaco-estructural y la estimación de reservas, utilizando el método volumétrico. Con la correlación y elaboración de las secciones estratigráficas se determinó la presencia de la arena MER-I en toda el área, así como la continuidad lateral y la comunicación vertical con la arena MER-H en 9 pozos, por lo que se realizó la unificación de ambas; de las secciones estructurales determinó la presencia de sello estructural originado por la falla presente en la zona; en la evaluación petrofísica realizada se determinaron porosidades promedio de 9 y 11%, permeabilidad de 31 y 67mD, saturación de 25 y 21% y volumen de arcilla de 8 y 14%; para los yacimientos MER-HI JMN 92 y MER-HI JMN 76, respectivamente. Finalmente se realizó la estimación de GCOES y las reservas de hidrocarburos, obteniéndose el resultado de 27267 MMPCN; de igual modo se produjo un aumento del 67% en las reservas remanentes de condensado, así mismo se estimaron las reservas para el prospecto probable MER-HI AG-301, resultando un GCOES equivalente a 10009 MMPCN.</p> <p><b>Palabras clave:</b> Área Mayor de Anaco, Campo San Joaquín, Domo Sur, Formación Merecure, Modelo estático.</p>	<p><i>The update of the static model was made because according to the Book of Reserves 2011, the reservoir MER-I JMN 76 has negative remaining reserves in gas and liquid, which is physically impossible, which is why was made a methodology that was referred to the search and selection of information for correlation of wells, the development of stratigraphic and structural sections, petrophysical interpretation, as well as the update of isopach-structural map and reserve estimation using the volumetric method. With the correlation and build-up of the stratigraphic sections was determined the presence of sand in the whole area, and the lateral continuity as well, while their vertical communication with sand MER-H in 9 wells, so that the unification of both was performed, structural sections determined the presence of structural seals from fault present in the area; in the petrophysical evaluation were established an average porosities of 9% and 11%, 31 and 67 mD permeability, saturation of 25% and 21% and a clay volume of 8% and 14%, and finally the estimation of the GCOES and hydrocarbon reserves was performed, obtaining results of 27267 million standard cubic feet, likewise there was an increase of 67% in the remaining reserves of condensate, also were estimated reserves for probable prospect MER-HI AG-301, Resulting GCOES equivalent to 10009 MMPCN</i></p> <p><b>Keywords:</b> Major Area of Anaco, Merecure Formation, San Joaquín Field, South Dome, Static reservoir model.</p>	<p><i>A atualização do modelo estático realizou-se como de acordo aos dados do Livro de Reservas 2011 a jazida MER-I JMN 76 apresenta reservas remanescentes negativas em gás e líquido, o qual é fisicamente impossível, é por isso que se empregou uma metodologia que esteve referida à busca e seleção de informação para a correlação dos poços, a elaboração de seções estratigráficas e estruturais, a interpretação petrofísica, a atualização do mapa isópaco-estrutural e a estimativa de reservas, utilizando o método volumétrico. Com a correlação e elaboração das seções estratigráficas determinou-se a presença da areia MER-I em toda a área, bem como a continuidade lateral e a comunicação vertical com a areia MER-H em 9 poços, pelo que se realizou a unificação de ambas; das seções estruturais determinou a presença de selo estrutural originado pela falha presente à zona; na avaliação petrofísica realizada determinaram-se porosidades média de 9 e 11%, permeabilidade de 31 e 67mD, saturação de 25 e 21% e volume de argila de 8 e 14%; para as jazidas MER-HI JMN 92 e MER-HI JMN 76, respectivamente. Finalmente realizou-se a estimativa de GCOES e as reservas de hidrocarbonetos, obtendo-se o resultado de 27267 MMPCN; de igual modo produziu-se um aumento de 67% nas reservas remanescentes de condensado, assim mesmo se estimaram as reservas para o prospecto provável MER-HI AG-301, resultando um GCOES equivalente a 10009 MMPCN.</i></p> <p><b>Palavras-chave:</b> Área Maior de Anaco, Campo San Joaquín, Domo Sur, Formação Merecure, Modelo estático.</p>

<sup>1</sup>Ing°Geó°, Libre ejercicio, e-mail: eusmaglys@hotmail.com

<sup>2</sup>Geó°, MSc., Profesora Asistente (UDO), e-mail: beresandoval@hotmail.com

<sup>3</sup>Ing°Geó°, PDVSA Gas, Anaco, e-mail: basantaae@pdvsa.com

## INTRODUCCIÓN

La caracterización de yacimientos tiene como objeto conocer la extensión, volumen y potencial de producción de los yacimientos, a fin de desarrollar futuros planes de explotación rentables que permitan obtener un mayor recobro de hidrocarburos para poder satisfacer las necesidades crecientes que se generan en el país. En el Distrito Anaco de PDVSA Gas se encuentran en ejecución varios proyectos de esta índole, con el objeto de actualizar la información oficial de los principales campos productivos del área, que permitan incrementar las reservas y obtener planes de explotación acordes con los nuevos hallazgos. Tomando en cuenta lo anterior, surgió como objetivo principal la actualización del modelo estático de los yacimientos contenidos en el nivel estratigráfico MER-I, de la Formación Merecure en el Domo Sur del Campo San Joaquín, con la finalidad de generar una nueva caracterización geológica que permitiera una redefinición más precisa de las reservas presentes en éstos.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Distrito Gas Anaco opera en dos grandes áreas ubicadas en las cercanías de la ciudad de Anaco en el estado Anzoátegui, el Área

Mayor de Anaco (A.M.A) y el Área Mayor de Oficina (A.M.O). El Área Mayor de Anaco está constituida por los campos: Santa Rosa, San Joaquín, El Roble, Guarío, Santa Ana y El Toco. Es importante resaltar que los yacimientos pertenecientes a estos campos producen principalmente gas y condensado. El principal objetivo es realizar una revisión geológica para validar el modelo estático del yacimiento y resolver la incertidumbre, de que el yacimiento tenga o no reservas negativas de gas, además de validar y comprobar la información disponible y corregirla si es necesario para ajustarla a un nuevo modelo estático que se pretenda desarrollar. Debido a la importancia que representa este yacimiento para la industria, se plantea la necesidad de aplicar una revisión del modelo estático con el fin de evaluar el volumen del mismo y sus reservas, para así elaborar planes de explotación que permitan la mayor recuperación de hidrocarburos posibles en un futuro.

## METODOLOGÍA

Para dar inicio al desarrollo de cualquier proyecto, es necesario recopilar toda la información bibliográfica vinculada al tema de interés, en este sentido, durante esta etapa del proyecto se consultaron tesis de grado,

informes técnicos y trabajos previos referentes al tema de tesis, esto con la finalidad de conocer las características del yacimiento, campo y formación. Se consultaron los mapas oficiales del yacimiento, mapa base e isópaco-estructural. Se recopiló toda la información por cada pozo que penetró el horizonte, revisando para ello los registros de los mismos, ya sea para correlacionar, hacer secciones estructurales y estratigráficas o para la respectiva evaluación petrofísica. Finalmente, se realizó la estimación de reservas de los hidrocarburos presentes en la zona. (Figura 1)

## RESULTADOS

### Correlación geológica

A partir de esta correlación se actualizó y se realizaron cambios en las profundidades de los topes oficiales de algunos pozos que penetraron la arena MER-I; es importante destacar que durante la realización de esta actividad se encontraron pozos (JMN-164, JMN-130, JMN-139, JMN-177, JMN-183, JMN-122, JMN-115, JMN-121, JMN-117 y JMN-144), que presentaban comunicación vertical (coalescencia) con la arena MER-H, es por ello que surge la necesidad de unificar ambas arenas, para obtener como resultado MER-HI.

### Continuidad lateral de la arena

Seguidamente se construyeron

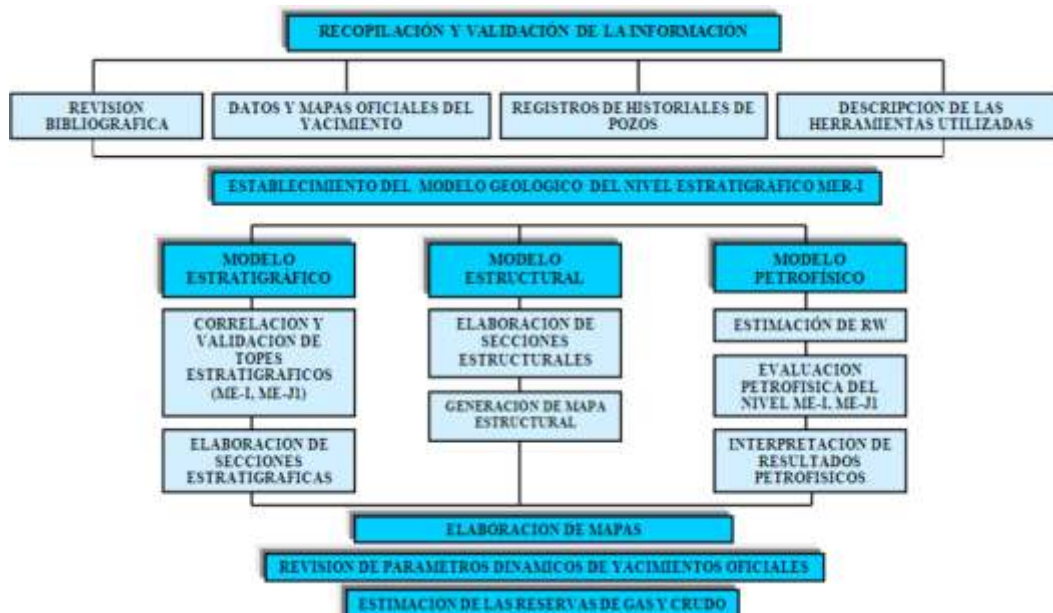


Figura 1. Flujograma de la metodología aplicada.

cuatro (4) secciones estratigráficas, dos (2) de ellas con dirección suroeste-N noreste (A-A' y B-B') y las dos (2) siguientes con direcciones noroeste-sureste (C-C' y D-D'), que permitieron determinar la continuidad lateral de la arena y la extensión de la misma, usándose como datum estratigráfico el tope del nivel MER-A, por ser un marcador representativo a lo largo de toda la zona, determinándose la presencia de areniscas tipo canal y tipo barra cuyos espesores van desde los 25 hasta los 80 pies, ubicándose las zonas con mayor espesor hacia el noroeste y sureste del yacimiento. (Figura 2).

**Estructura del área**

La elaboración del modelo estructural, tuvo como objetivo mostrar las diferentes profundidades de la estructura, a través de mapas estructurales referidos a topes de las arena, permitiendo así definir la orientación y geometría de los elementos estructurales del área en estudio. Dichas secciones muestran las profundidades y deformaciones sufridas por los estratos, posterior a su deposición. Se elaboraron cuatro (4) secciones estructurales en dos direcciones, dos (2) de ellas (1-1' y 2-2') en dirección SO-NE paralelas a los contornos estructurales, mientras que las dos (2) restantes (3-3' y 4-4') se realizaron en dirección NO-SE perpendiculares a los contornos estructurales, corroborándose con las mismas la estructura anticlinal (llamada operativamente domo) de la zona. (Figura 3). Es importante acotar que el Domo de San Joaquín se encuentra limitado por fallas, las cuales son principalmente fallas normales de elevado ángulo. En el caso del Domo Sur que es donde se ubican los yacimientos en estudio, se aprecia una falla normal con un salto vertical aproximado de 150 pies.

**Propiedades petrofísicas**

La resistividad de agua de formación (Rw) utilizada fue la que se reporta como oficial para el Campo San

Joaquín, cuyo valor es 0,12 ohm-m. Los valores *Cut Off* o parámetros de calidad de la roca establecidos en el nivel MER-I, para considerarlo como arena neta, se muestran en la tabla I.

De igual forma los valores de promedios ponderados obtenidos arrojaron los siguientes resultados. el yacimiento MER-HI JMN-92 presenta valores de porosidad ( $\Phi$ ) 9 %, permeabilidad (K) 35mD, saturación de agua ( $S_w$ ) 22 % y volumen de arcilla (Vsh), de 8 %. En el caso del yacimiento MER-HI JMN-76, la porosidad es de 11%, la permeabilidad, de 67mD, la saturación de agua 21% y un Vsh de 14 %.

**Mapa isópaco-estructural**

El mapa isópaco-estructural fue elaborado, a partir del mapa estructural y el de arena neta previamente realizados. Este mapa es el producto final de la actualización y unificación propuesta, producto de la coalescencia de cuatro (4) pozos en los yacimientos MER-H JMN-157, MER-I JMN-157 y MER-I JMN-92, el cual tentativamente se le nombró MER-HI JMN-92 y de los yacimientos MER-H JMN 75 y MER-I JMN-76 para obtener el yacimiento unificado MER-HI JMN 76, el cual fue propuesto por la comunicación vertical de cinco (5) pozos en la zona. Con el resultado obtenido se pudo calcular el área y el volumen, necesarios para el cálculo de las reservas del yacimiento. Las figuras 4 y 5 muestran los mapas oficiales, mientras que en la figura 6 se aprecia el resultado final, una vez realizada la unificación.

**Cálculo de reservas**

Para el yacimiento unificado MER-HI JMN 92 el área está representada por 3.478 acres y el volumen por 126.911 acres-pies, mientras que el yacimiento unificado MER-HI JMN 76 mostró un área de 2.940 acres y un volumen de 117.153 acres-pies. En ambos yacimientos ocurrió una disminución en el área como consecuencia de la unificación de los niveles

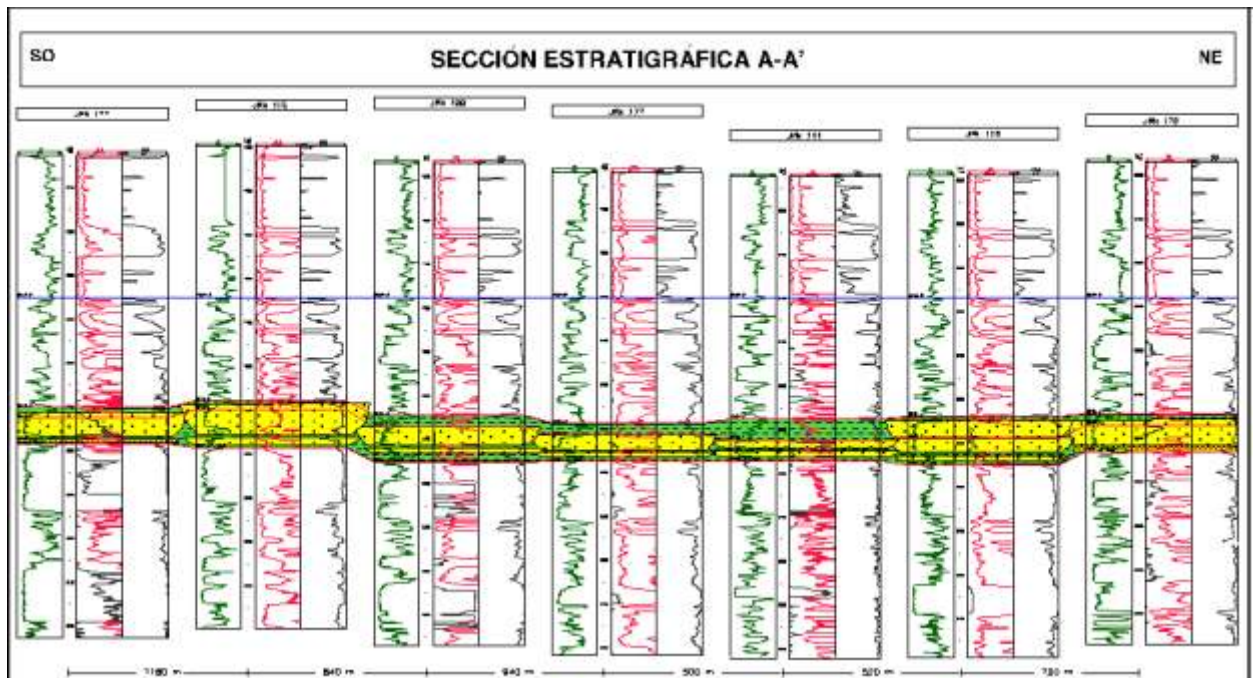


Figura 2. Sección estratigráfica A-A.

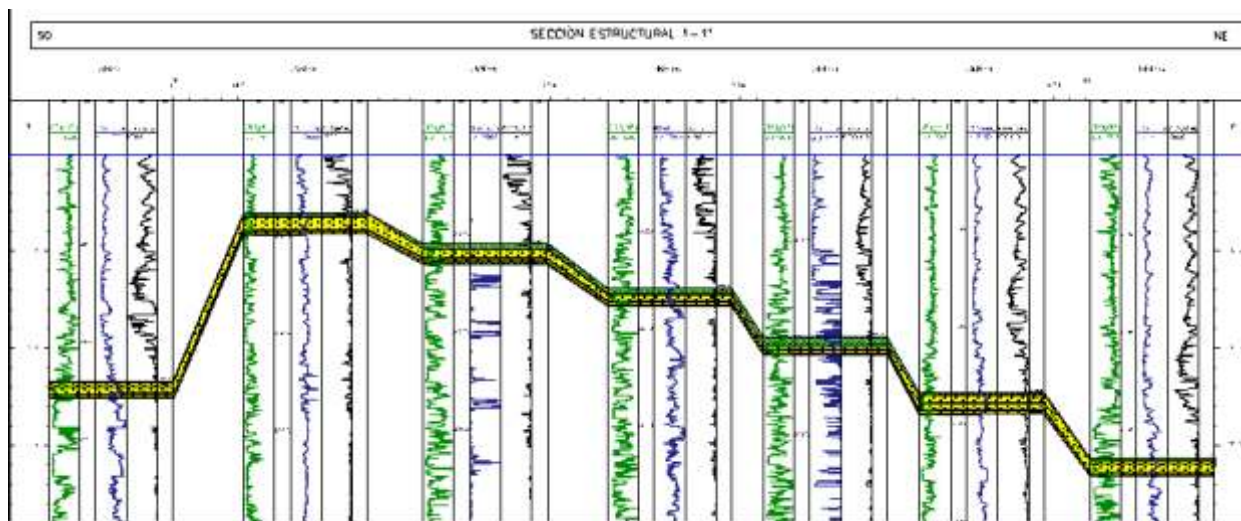


Figura 3. Sección estructural 1-1'.

Tabla I. Valores *cut off* establecidos para el Campo San Joaquín.

VALORES CUTOFF	
Swi	0,12
Sw ≤ 0,45	Hidrocarburo
0,45 < Sw < 0,55	Hidrocarburo con alta Sw
Sw ≥ 0,55	Agua

estratigráficos MER-H y MER-I, mientras que el volumen en el caso del primer yacimiento mantuvo valores similares y para el segundo yacimiento, se apreció el aumento del mismo con respecto al oficial, pasando de 71.505 acres-pies a 117.153.

Los resultados obtenidos referidos al cálculo de GCOES y las reservas remanentes se muestran en las tablas II, III, IV y V.

En la tabla VI se presentan las reservas remanentes de gas, actualizadas y las oficiales. La particularidad de las mismas es que son valores negativos. En este trabajo

se encontraron ciertas irregularidades en cuanto a la carga de producción acumulada para algunos de los pozos completados en el mismo. Iniciándose en 1.953 con la completación en conjunto (*commingle*) entre los yacimientos que oficialmente se conocen como MER-I JMN 76 y MER-J1L JMN 76 en el pozo JMN 76 (pozo descubridor), luego para 1970 se decidió considerarlos como independientes y acreditársele el 50% de su producción acumulada a cada uno, manteniéndose los valores similares hasta 1982, lo que aumenta la incertidumbre en la misma. En definitiva, el trabajo en conjunto del estudio estático y dinámico propició el aumento de la volumetría del yacimiento y la disminución de la producción acreditada, resultando un aumento de las reservas remanentes en un 76% (60984 MMPCN), pero ésto no fue suficiente para que pasaran a ser positivas, lo que hace plantearse principalmente dos hipótesis; la primera, que el mismo presenta una comunicación vertical con otras arenas aún no determinadas, y la segunda, que existe aún más producción cargada que no pudo ser corregida por el alcance del estudio.

La tabla VII presenta los resultados referidos a los cálculos de GCOES, GOES y COES del prospecto MER-HI AG-301, mientras que la tabla VIII muestra las reservas recuperables de Gas y Condensado del mismo.

## CONCLUSIONES

1. La revisión de la correlación permitió establecer la continuidad lateral de las arenas MER-H y MER-I a lo largo de toda la extensión de los yacimientos en estudio, JMN-157, JMN-92 y JMN-76.
2. Se determinó la comunicación vertical (coalescencia) de la arena MER-H con la arena MER-I en 9 pozos y de acuerdo a ello se unificaron, proponiendo el nombre de yacimientos unificados MER-HI JMN-92 y MER-HI JMN-76.
3. La estructura está representada por una un anticlinal asimétrico (domo) que se encuentra paralelo al Corrimiento de Anaco.
4. El yacimiento MER-HI JMN-92 presenta valores de porosidad ( $\Phi$ ) de 9 %, permeabilidad (K) de 35mD, saturación de agua de (Sw) de 22% y volumen de arcilla (Vsh) de 8%. En el caso del yacimiento MER-HI JMN-76, la porosidad es de 11%, la permeabilidad de 67mD, la saturación de agua 21% y un Vsh de 14%.
5. El GCOES del yacimiento unificado MER-HI JMN-92 es de 27267 MMPCN, aumentando el GOES a un 28%, que representa 30074 MMPCN y disminuyéndose el COES un 38%, representando 4.619 MBN.
6. Para el yacimiento MER-HI JMN 76, se produjo un aumento del 67% en las reservas remanentes de condensado, representando 255 MBN, mientras que las remanentes de gas aumentaron un 76% equivalente a 60984 MMPCN.

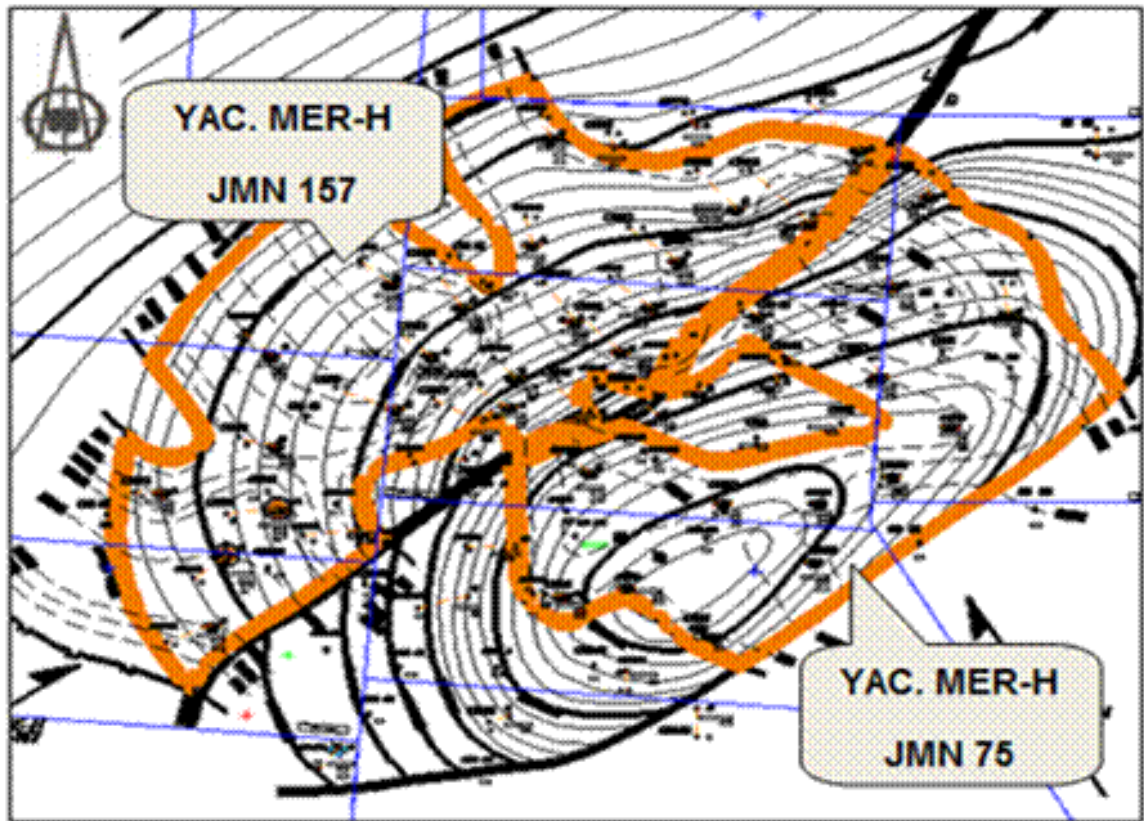


Figura 4. Mapa Isópaco - Estructural Yacimientos Oficiales MER-H JMN 157 y JMN 75.

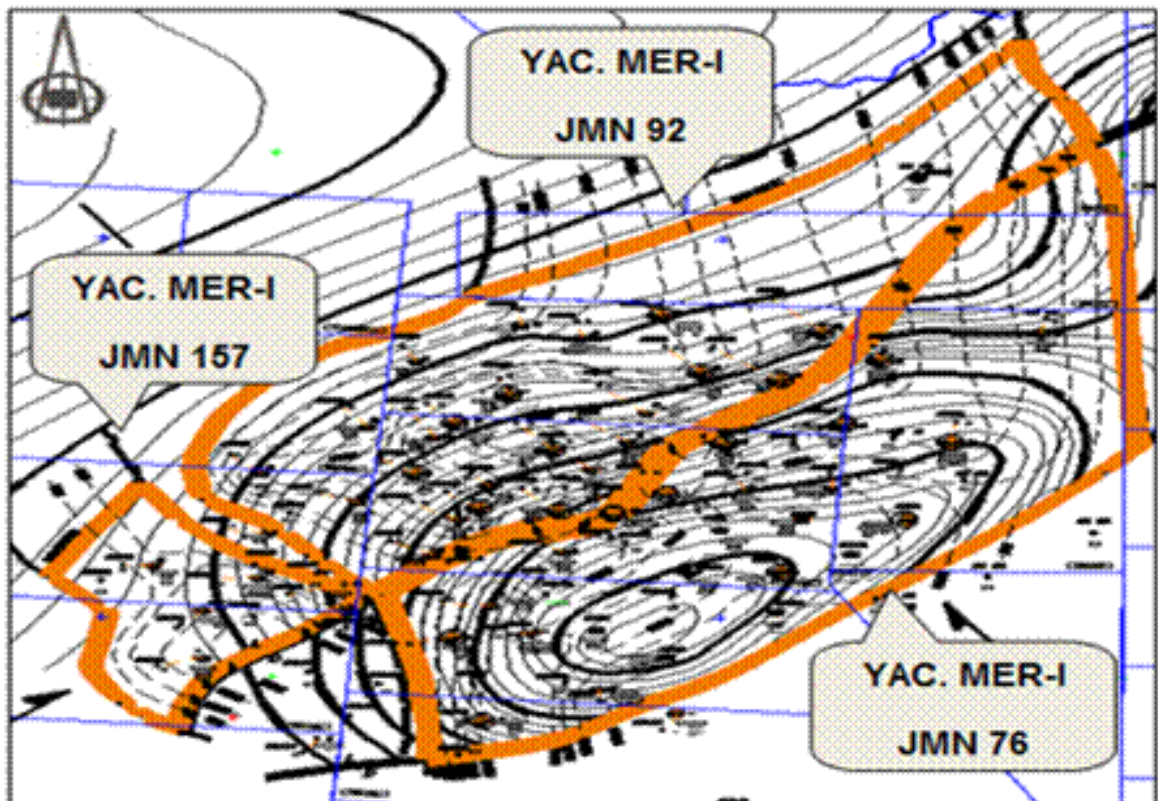


Figura 5. Mapa Isópaco-Estructural Yacimientos Oficiales MER-I JMN 157, JMN 92 y JMN 76.

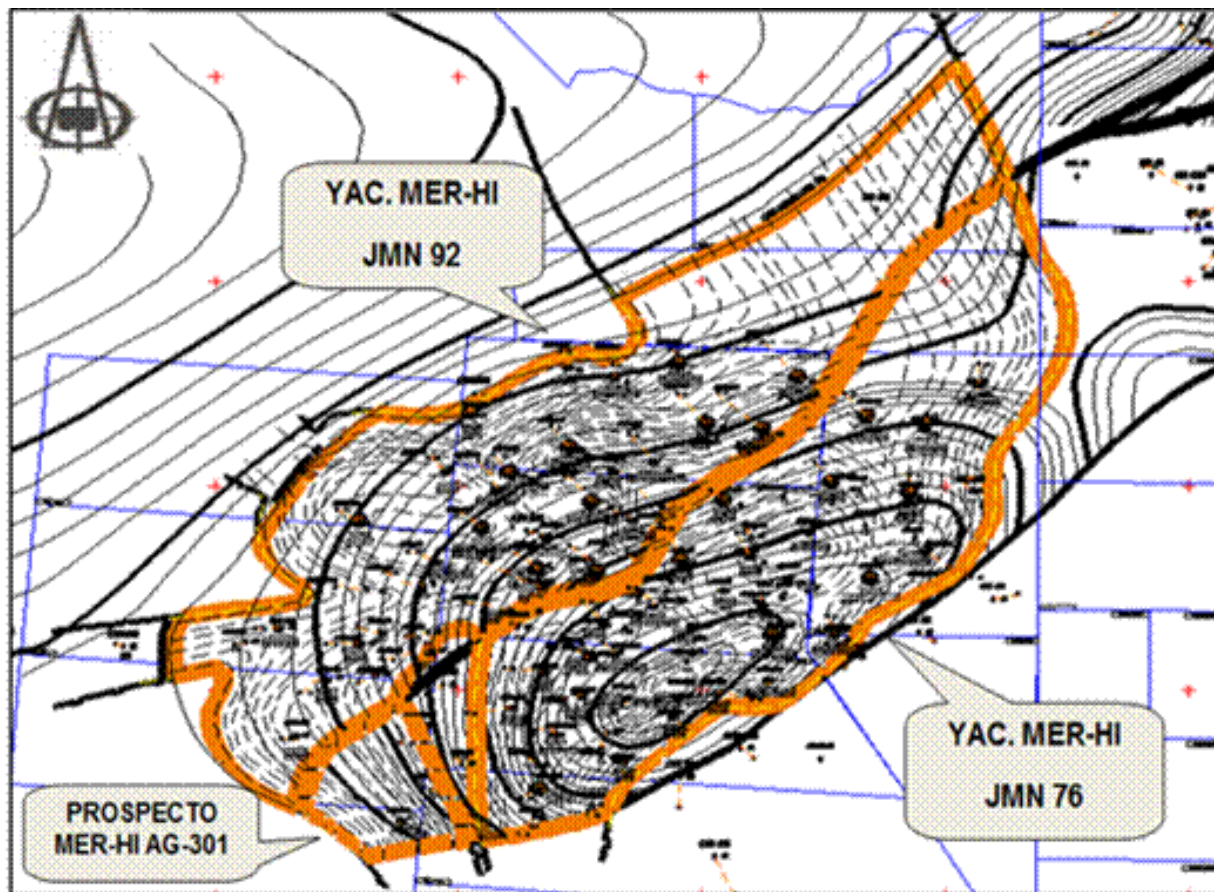


Figura 6. Mapa Isópaco-Estructural Actualizado yacimiento MER-HI JMN 76 y MER-HI JMN- 92.

Tabla II. Resultados de GCOES yacimiento unificado MER-HI JMN 92.

YACIMIENTO	GCOES Oficial (MMPCN)	GCOES Actualizado (MMPCN)
MER- JMN 92	117368	144634

Tabla IV. Resultados de GCOES yacimiento unificado MER-HI JMN 76.

YACIMIENTO	GCOES Oficial (MMPCN)	GCOES Actualizado (MMPCN)
MER-JMN 76	77695	144590

Tabla V. Resultados de las Reservas del yacimiento unificado MER-HI JMN 76.

Reservas	Oficiales	Actualizadas
Recuperables de Gas (MMPCN)	65.244	126.227
Recuperables de Condensado (MBN)	2.604	2.859

Tabla VII. Resultados del GCOES, GOES Y COES calculados al prospecto MER-HI AG-301.

PROSPECTO	GCOES (MMPCN)	GOES (MMPCN)	COES (MBN)
MER-HI AG 301	10.009	9.729	374

Tabla III. Resultados de las Reservas de Gas y Condesado yacimiento MER-HI JMN 92.

Reservas	Oficiales	Actualizadas
Recuperables de Gas (MMPCN)	108.775	138.849
Recuperables de Condensado (MBN)	12.124	7.505
Remanentes de Gas (MMPCN)	40.405	93.689
Remanentes de Condensado (MBN)	1.512	761

Tabla VI. Reservas Remanentes del yacimiento Unificado MER-HI JMN 76.

Reservas	Oficiales	Actualizadas
Remanentes de Gas (MMPCN)	-80.767	-19.783
Remanentes de Condensado (MBN)	382	637

Tabla VIII. Reservas Recuperables de Gas y Condensado, prospecto MER-HI AG-301.

Recuperables de Gas (MMPCN)	8.756
Recuperables de Condensado (MBN)	198

**REFERENCIAS**

CEPET-PDVSA (Centro de Formación y Adiestramiento de Petróleos de Venezuela y sus Filiales) (1991). *Manual de reservas*. Corpoven. Caracas.  
 PDVSAGAS (2011). *Libro de reservas*.