

Evaluación geológica del yacimiento LJA TP 1 del campo Tropical, para la formulación de las prognosis de nuevas localizaciones de acuerdo al plan de desarrollo 2014-2026. Cuenca oriental de Venezuela, estado Monagas

Geological evaluation of LJA TP 1 deposit from “Tropical” field in order to formulate prognosis of new locations in accordance with the development plan 2014-2026. Eastern basin of Venezuela, Monagas state

Análise geológica da jazida LJA TP 1 do campo “Tropical”, para a formulação das predições de novas localizações de acordo ao plano de desenvolvimento 2014-2026. Bacia oriental de Venezuela, estado Monagas

Clara Álvarez¹ Luis González² Berenice Sandoval³

Recibido: 5-12-13; Aprobado: 28-2-14

RESUMEN

El campo Tropical, se encuentra en el oriente de Venezuela, al norte del estado Monagas y es actualmente operado por la empresa mixta PDVSA-Petroquiquire, S. A. La estructura del Campo Tropical es un anticlinal alargado de orientación SO-NE, dividido en bloques estructurales de distintos tamaños y limitado lateralmente, por un corrimiento y un retrocorrimiento, los cuales definen los límites del reservorio. Este campo en el cual han sido perforados 8 pozos; posee un sólo yacimiento, LJA TP 1, constituido por las formaciones Los Jabillos, Caratas, San Juan y San Antonio. Mediante este estudio se efectuó la evaluación de las características geológicas-estructurales del yacimiento con el fin de proponer nuevas localizaciones, cumpliendo los criterios de la estrategia de perforación, planteada para el Plan de explotación de las reservas probadas no desarrolladas en el campo. Se visualizaron 9 localizaciones que luego de haber pasado por una jerarquización de riesgos en la que se evaluaron aspectos como distancia a fallas y sus saltos verticales, certidumbre de los límites laterales del reservorio y calidad de los reflectores sísmicos, resultó el siguiente orden de menor a mayor nivel de riesgo: TP-9, TP-13, TP-17, TP-15, TP-10, TP-12, TP-16, TP-11 y TP-14.

Palabras clave: Desarrollo, estrategia, localización, reservas, yacimiento.

ABSTRACT

“Tropical” field is located in Venezuela, at the north of the Monagas state and is currently operated by PDVSA-Petroquiquire, S. A. joint venture. The structure of “Tropical” field is an elongated anticline guidance SW-NE, divided into structural blocks of different sizes and limited laterally, by a landslide and a backthrust, which define the limits of the reservoir. This field which has been drilled 8 wells; it has a single deposit, LJA TP 1, consisting of “Los Jabillos”, “Caratas”, “San Juan” and “San Antonio” formations. Through this study was conducted the evaluation of geological and structural features of the reservoir in order to propose new locations, meet the criteria of the strategy of drilling, raised for the Plan of exploitation of the proved undeveloped reserves in the field. It has been visualized 9 locations that after having passed through a hierarchy of risks where was evaluated aspects such as distance to failures and their vertical jumps, certainty of the lateral limits of the reservoir and quality of the seismic reflectors, was the next order from lowest to highest level of risk: TP-9, TP-13, TP-17, TP-15, TP-10, TP-12, TP-16, TP-11 and TP-14.

Keywords: Development, strategy, location, reserves, reservoir.

RESUMO

O campo “Tropical” encontra-se no oriente de Venezuela, ao norte do estado Monagas e é atualmente operado pela empresa mista PDVSA-Petroquiquire, S. A. A estrutura do campo “Tropical” é um anticlinal alongado de orientação SO-NE, dividido em blocos estruturais de diferentes tamanhos e limitado lateralmente, por um corrimiento e um retrocorrimiento, os quais definem os limites do depósito. Este campo no qual têm sido perfurados 8 poços; possui um só depósito, LJA TP 1, constituído pelas formações “Los Jabillos”, “Caratas”, “San Juan” e “San Antonio”. Mediante este estudo foi realizada a avaliação das características geológico-estruturais do jazida com o fim de propor novas localizações, cumprindo os critérios da estratégia de perfuração, proposta para o Plano de exploração das reservas provadas não desenvolvidas no campo. Visualizaram-se 9 localizações que depois de ter passado por uma hierarquização de riscos na que se avaliaram aspectos como distância a falhas e seus saltos verticais, certeza dos limites laterais do depósito e qualidade dos refletores sísmicos, resultou a seguinte ordem de menor a maior nível de risco: TP-9, TP-13, TP-17, TP-15, TP-10, TP-12, TP-16, TP-11 y TP-14.

Palavras-chave: Desenvolvimento, estratégia, jazida, localização, reservas.

¹Ing°Geó°, libre ejercicio, e-mail: c.alvarez.geo@gmail.com

²Ing°Geó°, MSc. PDVSA-Petroquiquire, S. A. email: gonzalezles@petroquiquire.pdvsa.com

³Geó°, MSc. Profesora Asistente (UDO), e-mail: beresandoval@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El campo Tropical, junto a los campos Quiriquire, Quiriquire Profundo y San Luis conforman al Bloque Quiriquire. Este bloque posee un área de 840 kilómetros cuadrados y geográficamente se ubica en el norte del estado Monagas, en la subcuenca de Maturín. Figura 1.

La estructura consiste en un anticlinal simétrico, de rumbo suroeste-noreste, producto de un esquema tectónico regional compresivo. El campo Tropical se encuentra comprendido por las formaciones Areo, Los Jabillos, Caratas, Vidoño, San Juan y San Antonio; adicionalmente, la columna estratigráfica perforada por los pozos, incluye las formaciones que se encuentran a menor profundidad, Mesa, Quiriquire (equivalente de Las Piedras) y Carapita con la eventual presencia del Miembro Chapapotal.

Longitudinalmente, la estructura, se encuentra afectada por varias fallas normales, con una componente transcurrente, las cuales cortan de manera transversal toda la estructura; estas fallas son atribuidas a efectos de reacomodo en la dirección de menor esfuerzo geomecánico.

Diversos análisis han observado en las pruebas PVT Presión-Volumen

Temperatura y de producción inicial tomadas en los 7 pozos existentes (TP-1X, TP-2XST, TP-3XST, TP-4, TP-5, TP-6, TP-7) definen un comportamiento típico de un yacimiento con gradación composicional con profundidad. Otra característica de importancia en este yacimiento, es la comunicación lateral de los fluidos a través de fallas no sellantes, que permiten la yuxtaposición de las arenas de distintas formaciones, lo que ocasiona que los diferentes tipos de hidrocarburos se encuentren a determinados rangos de profundidades, más que a un determinado intervalo estratigráfico en particular. En cuanto a los mecanismos de desplazamiento de los fluidos, el comportamiento de la curva de presiones a través del tiempo indica que existe un mecanismo de empuje combinado en el cual participan la expansión de la capa de gas (mecanismo predominante), gas en solución, además de la expansión de la roca y reducción del volumen poroso.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para definir la ubicación de las nuevas localizaciones se consideraron las siguientes premisas:

Estrategia de perforación: considerando la distribución de los fluidos en el yacimiento, los

mecanismos de empuje y el tipo de hidrocarburo deseado, en este caso crudo mediano; para el Plan de Explotación 2014-2026, se ha planteado ubicar las nuevas localizaciones, que tendrán como objetivo desarrollar el área probada del Campo Tropical (Figura 2), en la zona limitada por los contactos condensado petróleo original (CCPO) y por el contacto petróleo mediano pesado (CPMP) conocida como anillo o pierna de petróleo, teniendo como objetivo geológico, la Formación San Juan. Figura 3, para así aprovechar la energía que aporta la capa de gas, como mecanismo que tiene mayor influencia en la producción.

Espaciamiento legal entre pozos: el espaciamiento mínimo entre pozos permitido por el Ministerio del Poder Popular para el Petróleo y Minería (MPPPM) en el caso particular del Campo Tropical es de 1.000 metros. Tomando en consideración las dimensiones del área probada, (8.060 metros de largo por 2.733 metros de ancho) aunado al hecho de que ya existen 7 pozos en producción y lo contemplado en la estrategia de perforación; el área disponible para nuevas localizaciones es de antemano limitada. En virtud de lo anterior, se dificulta el desarrollo de reservas bajo dicho espaciamiento por lo que será permitido ubicar

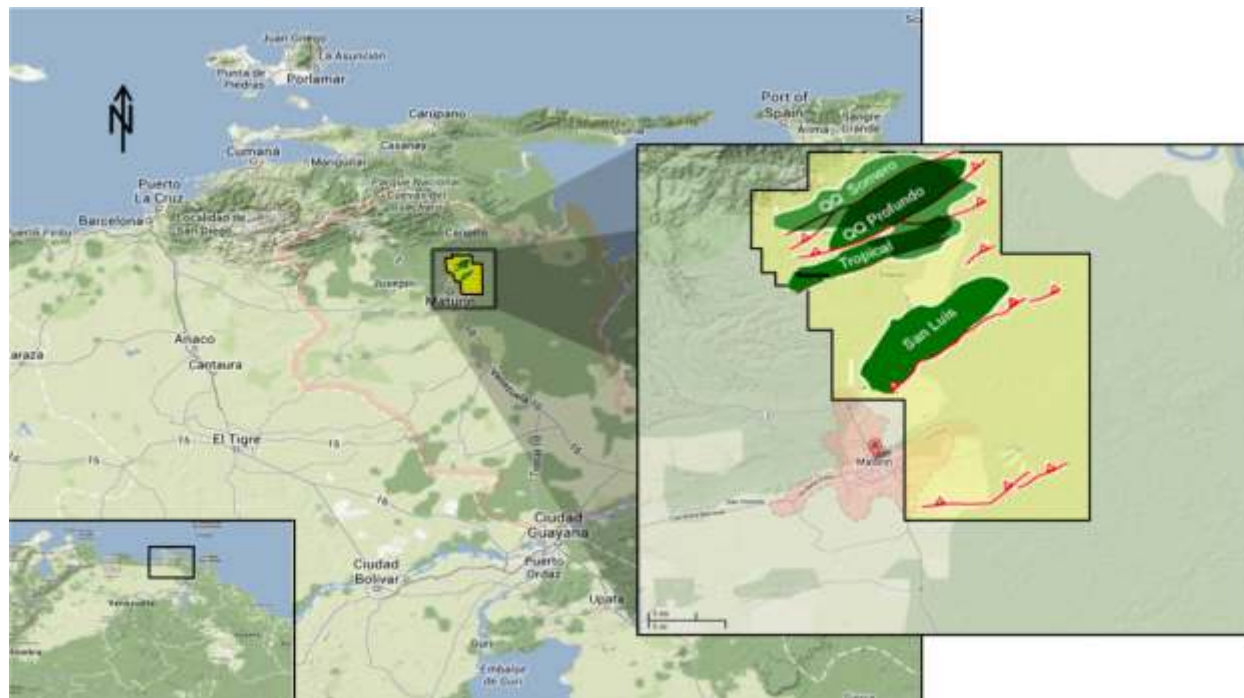


Figura.1 Ubicación geográfica del campo Tropical.

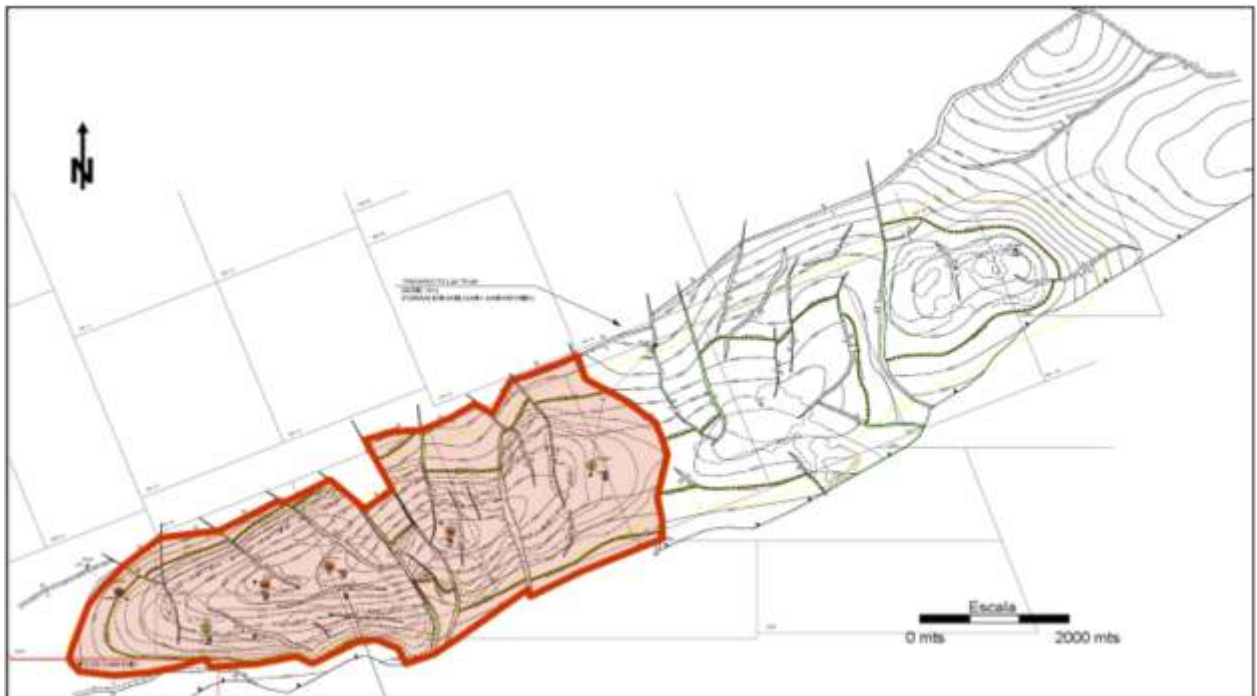


Figura 2. Mapa Isópaco-estructural al tope de la Formación San Juan destaca en rojo el bloque probado.

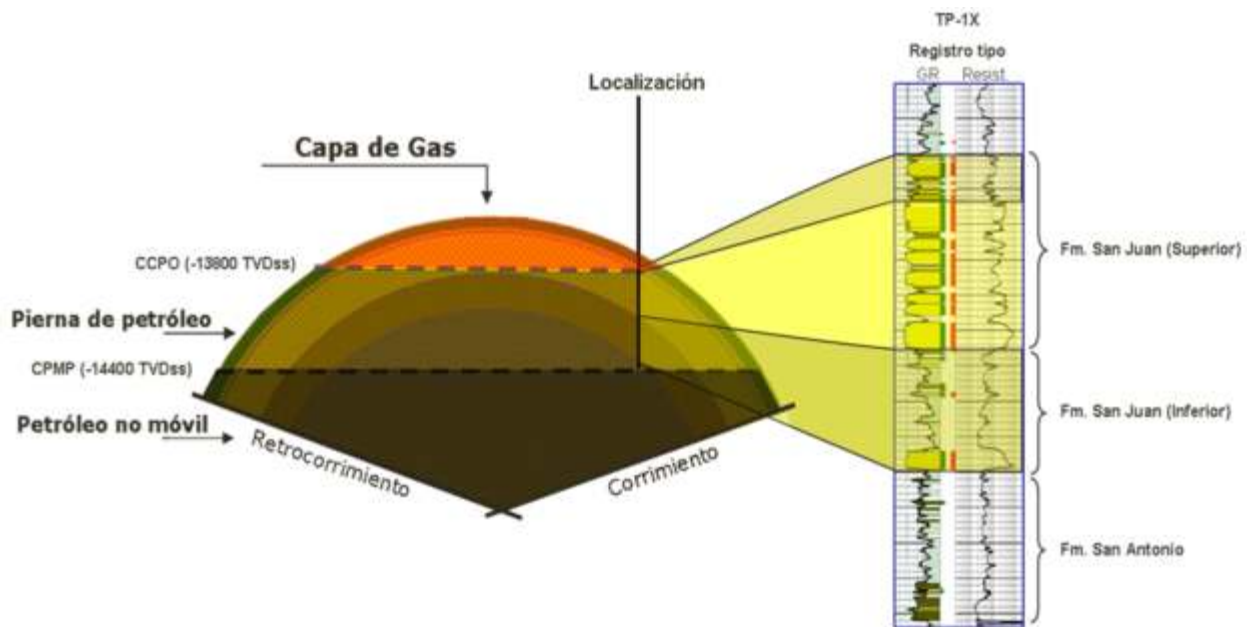


Figura 3. Corte esquemático transversal del yacimiento LJA TP 1.

localizaciones con un espaciamiento incluso menor a 1.000 metros entre sí y con respecto a los pozos productores, pudiendo reducir esta distancia de manera que quepan al menos 8 pozos, siempre que la estrategia de perforación y la evaluación sísmico estructural así lo permitan.

Evaluación sísmico-estructural: entendiéndose que longitudinalmente la estructura anticlinal se encuentra deformada por fallas normales con componente transcurrente las cuales, por su salto vertical pudiesen comprometer el espesor de la formación de interés, además de la complicación operacional que implican este tipo de estructuras, se ubicaron las localizaciones

lo más distante posible a las fallas en procura de sortear este riesgo y mantener una secuencia estratigráfica normal. Los reflectores sísmicos en estos puntos deben ser, en lo posible, continuos y de alta amplitud lo cual es indicativo de preservación de los espesores formacionales y de carga de fluidos.

Reservas disponibles: De acuerdo al volumen de reservas no desarrolladas de 73,137 MMBN de crudo mediano y 175 MMPCN de gas asociado, se han evaluado escenarios dentro del Modelo de Simulación Numérica de Yacimientos, partiendo de un esquema de explotación por agotamiento natural, a fin de estimar la cantidad de pozos óptima para maximizar el

factor de recobro de estas reservas, obteniendo como resultado que este número es de 8 pozos; por lo tanto, se procurará la búsqueda de al menos 8 localizaciones aunque también estará permitido evaluar números adicionales de localizaciones siempre que sean viables desde el punto de vista estático para que posteriormente una evaluación dinámica y económica permitan determinar la factibilidad de su perforación. También es importante señalar que para efecto de la ubicación de las nuevas localizaciones, no son consideradas las propiedades petrofísicas de la roca reservorio, sino más bien, como ya hemos dicho, la búsqueda estará enfocada a aquellas zonas de menor riesgo geológico-estructural donde se preserve, principalmente el espesor de la roca reservorio.

ESTIMACIÓN DE TOPES FORMACIONALES Y ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS

Se estimaron las profundidades en que se interceptarían las formaciones y estructuras geológicas bajo una trayectoria vertical, descrita desde superficie hasta la coordenada en fondo siguiendo la interpretación del cubo sísmico *PSDM enhanced_shifted_ft_10* realizada para el Modelo Estructural de 2011. Teniendo en cuenta que la resolución sísmica vertical del cubo sísmico, es de 200 pies, lo cual disminuye la certeza en la profundidad de los topes marcados, se construyeron las secciones estratigráficas a fin de ajustarlos, estableciendo la relación con los topes encontrados por los otros pozos del área.

En este caso particular debido a la naturaleza estructural anticlinal del campo y a que se tratará de pozos verticales dirigidos hacia los flancos, los estratos serán perforadas en buzamiento aparente por cuanto su espesor será mayor al de los espesores registrados por la mayoría de los pozos anteriores, TP-1X, TP-4, TP-5, TP-3XST, los cuales se perforaron en el eje axial de la estructura.

También fueron construidas las

secciones estructurales con el propósito visualizar la relación entre la profundidad estructural de la localización y de los pozos vecinos y verificar si con el ajuste realizado a los espesores estratigráficos no se viese alterado la profundidad del bloque estructural que la contiene.

Jerarquización de riesgos: seleccionadas las coordenadas definitivas para las nuevas localizaciones, logrando sortear las fallas de gran desplazamiento y aquellas que como ya hemos dicho, impliquen mayores riesgos estructurales y que por tanto pudiesen afectar el alcance del objetivo geológico y el proceso de perforación; el riesgo no es del todo eliminado debido a la naturaleza de estructural del campo, en este sentido, las fallas vecinas a las localizaciones así como sus saltos verticales fueron identificados. Considerando además necesario establecer una clasificación de acuerdo al riesgo estructural asociado a cada localización, tomando además en cuenta la calidad de los reflectores sísmicos, la distancia los pozos más cercanos, jerarquizando estos criterios de acuerdo al siguiente orden descendente:

Distancia a las fallas: la distancia a las fallas es la variable de mayor influencia podría tener en el éxito de una perforación puesto a que se trata de fallas normales que por tanto, podrían omitir la formación reservorio; desde el punto de vista operacional estas fallas están asociadas a pérdidas de fluido de perforación, *drilling break* y acumulación de los esfuerzos geomecánicos que afectan la dirección del hoyo, este sentido, mientras mayor sea la distancia a fallas estos riesgos se verán atenuados.

Salto de las fallas: si el bloque estructural donde se encuentre la localización es pequeño y el salto de las fallas es muy grande, se corre el riesgo de perder la zona de interés y ubicar el pozo fuera de la estructura buscada. Si el bloque es grande este riesgo disminuye aunque el salto de las fallas sea alto.

Calidad de los reflectores sísmicos: reflectores sísmicos continuos y

paralelos, son indicativos de la preservación de las formaciones geológicas mientras que la alta amplitud es característico de zonas con carga de fluidos. Sin embargo, es importante considerar que las formaciones cretácicas presentan reflectores sísmicos con picos de baja amplitud por lo que esta cualidad no será tan determinante como las dos consideraciones anteriores.

Certidumbre de los límites laterales del yacimiento: la incertidumbre de la posición del corrimiento y el retrocorrimiento del anticlinal los cuales delimitan lateralmente la estructura pueden poner en riesgo el objetivo en fondo de la localización. Según nuevas interpretaciones que se han realizado en estudios posteriores al Modelo Estructural 2011 (el cual dio una visión más optimista de los límites de la estructura), el límite norte identificado como un retrocorrimiento, representa un nivel de incertidumbre menor que el límite sur (corrimiento). Si bien el presente trabajo está basado en el Modelo Estructural 2011, ambas conclusiones son cualitativas y por tanto validas hasta que puedan ser refutadas con los resultados de la perforación de nuevos pozos en este sentido este criterio de evaluación, como riesgo, representa una jerarquía menor.

Distancia a los pozos: la distancia a los pozos es el último punto a evaluar y el que menor relevancia tiene en esta jerarquización ya que dicha distancia, está referida a la forma en que pueda afectar un nuevo pozo el radio de drenaje de uno ya existente. Aunque fue un punto considerado en la selección de los las localizaciones definitivas, en esta instancia es un tema que no está relacionado al riesgo geológico-estructural. Sin embargo las localizaciones que resulten de bajo riesgo estructural y que además se encuentren a una distancia igual o mayor a 1.000 metros serán las mejores puntuadas.

RESULTADOS

Se encontraron 9 localizaciones en el área probada del campo Tropical. En el mapa Isópaco-Estructural al tope de la Formación San Juan se

visualiza la ubicación de sus puntos de drenaje. Figura 4.

Las coordenadas UTM de estas localizaciones, al Datum PSAD 56, La Canoa, Huso 20N se indican en la tabla I.

RIESGOS GEOLÓGICO-ESTRUCTURALES ASOCIADOS A LAS LOCALIZACIONES PROPUESTAS

La experiencia de 7 pozos en el área probada, ha permitido establecer una tendencia en cuanto al comportamiento de la columna estratigráfica ante el proceso de perforación, el resultado ha sido un mejor entendimiento de la manera en que su avance pudiese verse afectado por eventos operacionales ayudando en la toma de decisiones. Las localizaciones propuestas se encuentran distribuidas en esta misma área, en este sentido, las condiciones geológico-operacionales que han caracterizado a los anteriores pozos serán similares a las que pudiesen encontrar las nuevas localizaciones; la mayor incertidumbre geológica, corresponderá a la zona yacimiento, ya que la trayectoria se encuentra dirigida hacia los flancos del anticlinal, cuyos buzamientos son aproximados y no se han definido con exactitud los límites del yacimiento, además del riesgo que puedan representar las fallas que se encuentre cerca o atraviesen la trayectoria de las localizaciones; en este sentido cada localización tendrá un nivel de riesgo en particular.

Los resultados muestran que TP-9 es la localización de menor riesgo estructural presenta y que por su posición se ubica a más de 1.000 metros de su pozo más vecino, TP-3XST. Como punto negativo esta localización se encuentra en el flanco sur donde la incertidumbre del límite del yacimiento es mayor pero como ya hemos explicado este riesgo no ha sido comprobado.

Posteriormente se encuentran las localizaciones TP-13 Y TP-17 ambas se encuentran en el flanco norte, la primera posee un riesgo menor que la segunda debido a que una de las fallas vecinas a la localización TP-17 posee un salto vertical mayor a 150 pies. Le siguen las localizaciones TP-15, TP-10 y TP-12 las cuales tienen similitudes en cuanto a la distancia a sus fallas vecinas, que oscila entre 150 y 400 metros y poseen menor incertidumbre del límite del yacimiento (flanco norte); estas localizaciones difieren en cuando al salto vertical de sus fallas más cercanas, calidad de los reflectores sísmicos y la distancia a los pozos vecinos lo cual les ha dado ese orden.

TP-16 es la localización más compleja del flanco norte, ya que se encuentra en un bloque de pequeñas dimensiones, levantado entre dos fallas de importantes desplazamientos verticales, la calidad de sus reflectores sísmicos es mediana y se encuentra a 850 metros del pozo TP-5.

Seguidamente se encuentra la

localización TP-11 la cual atraviesa dos fallas; una en la base de la Formación Carapita y la otra al ingresar al anticlinal. Por otra parte su distancia al pozo más cercano TP-1X es de 1.015 metros. Esta localización encuentra cerca de una falla principal de 1200 pies de salto vertical; sin embargo, esta falla se encuentra a más de 400 metros de distancia lo cual disminuye el riesgo.

La localización de más riesgo es la localización TP-14 ya que intersecta una falla en la Formación Caratas, lo cual significa un riesgo importante ya que atravesar una zona de falla (aunque su salto vertical no sea importante) agravaría sustancialmente el régimen de pérdidas de circulación característico de la formación Caratas; esto aunado al hecho de que esta localización se encuentra en el flanco de mayor incertidumbre, la calidad de sus reflectores sísmicos es baja y la distancia a sus pozos vecinos TP-1X y TP-4 es de 856 y 683 metros respectivamente.

CONCLUSIONES

Se encontraron 9 localizaciones cuya perforación es factible desde un punto de vista sísmico-estructural.

Debido a las dimensiones del yacimiento y la posición del CCPO; solo 3 localizaciones cumplen con el espaciamiento legal entre pozos, establecido para el campo Tropical (1.000 metros), estas son loc. TP-9, loc. TP-10 y loc. TP-11.

La evaluación de criterios estáticos definidos por la complejidad estructural del campo, y la normativa de espaciamiento permitieron jerarquizar el riesgo de las localizaciones propuestas; de menor a mayor riesgo la jerarquización es la siguiente: TP-9, TP-13, TP-17, TP-15, TP-10, TP-12, TP-16, TP-11 y TP-14.

REFERENCIAS

- Ministerio de Energía y Petróleo (MENPET) (2005). *Definiciones y normas de las reservas de hidrocarburos*. Caracas. Venezuela, pp. 5-11.
- Petroquiriquire (2011). *Estudio integrado de yacimiento para el campo Tropical*. Maturín. Venezuela, pp. 26-156.
- Vicuña, B. 2009. *Prognosis geológica de perforación para un pozo de desarrollo en el campo Tropical, estado Monagas, Venezuela*. Petroquiriquire, S. A., Maturín. Venezuela, pp. 80-102.

Tabla I. Coordenadas UTM de las localizaciones propuestas.

| Localización | Este | Norte |
|--------------|------------|--------------|
| TP-9 | 479.782,83 | 1.098.182,81 |
| TP-10 | 479.384,73 | 1.099.140,90 |
| TP-11 | 477.720,87 | 1.097.113,00 |
| TP-12 | 476.968,55 | 1.098.374,77 |
| TP-13 | 475.280,62 | 1.097.705,90 |
| TP-14 | 476.447,63 | 1.096.954,05 |
| TP-15 | 479.089,86 | 1.097.844,20 |
| TP-16 | 477.960,15 | 1.098.855,68 |
| TP-17 | 476.135,58 | 1.098.172,30 |

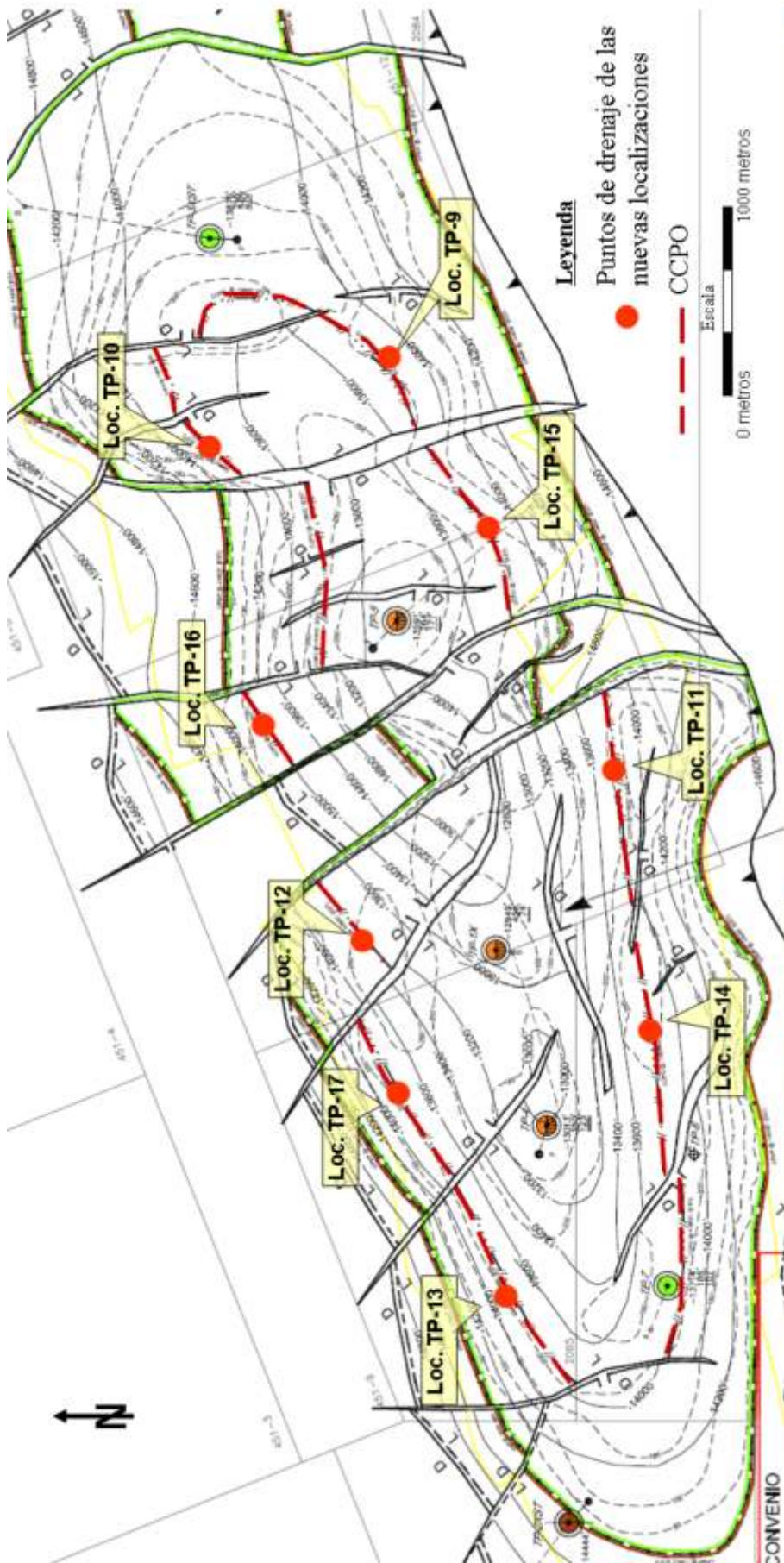


Figura 4. Mapa Isópaco-Estructural al tope de la Formación San Juan y puntos de drenaje de las nuevas localizaciones.