

Índice de oportunidad: una oportunidad para jerarquizar áreas prospectivas en yacimientos maduros

Opportunity index: an alternative to prioritize prospective areas in mature reservoir

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15642856>

Recibido: 2025-01-21 Aceptado: 2025-03-07

Bastardo González, Jeoriannys del Jesús¹

Correo: bastardojd@pdvsa.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-5458-8632>

Resumen

Los yacimientos maduros, son aquellos que han sobrepasado su pico de producción, y a su vez se relaciona con un futuro poco prometedor y un bajo potencial. Esta declinación de la producción esta generalmente asociado a la madurez del yacimiento, existen otras variables que considerar, entre ellas, agotamiento de la presión, relación agua-petróleo, antigüedad de los datos existentes, así como las instalaciones y finalmente la rentabilidad económica. En este tipo de yacimientos es difícil jerarquizar las áreas prospectivas, es por eso, que la metodología del índice de oportunidad plantea la posibilidad de esta jerarquización con data existente, reduciendo los costos drásticamente. En el caso de estudio se logró identificar estas zonas y se modificó el plan de explotación. Como conclusión se obtuvo que la mayoría de los pozos de los yacimientos en estudio se ubican en el rango aceptable-malo y solo el 8% presenta un índice de oportunidad aceptable.

Palabras clave: índice de oportunidad, petrofísica, presiones, prospectividad.

Abstract

Mature reservoirs are those that have exceeded their peak of production, and in turn are related to an unpromising future and low potential. This decline in production is generally associated with the maturity of the reservoir, there are other variables to consider, including pressure depletion, water-oil ratio, old existing data, as well as facilities and economic profitability. In this type of reservoirs, it is difficult to prioritize the prospective areas, which is why the opportunity index methodology presents the possibility to build this hierarchy using existing data, reducing costs drastically. In the case of study, it was possible to identify these areas and modify the exploitation plan. In conclusion the majority of wells from the reservoirs under study are in the acceptable-bad range and only 8% present an acceptable opportunity index.

Keywords: opportunity index, petrophysics, pressures, prospectivity

¹Dra. en Gerencia Empresarial. MSc. Caracterización y Explotación de Yacimientos. Ingeniero en Petróleo. Especialista en Geología Petrolera. Petrozamora-Lagunillas, Zulia, Venezuela.

Introducción

Al evaluar yacimientos maduros, entendemos que normalmente permanecen al margen del plan de explotación, dejando la adquisición de datos nuevos, es por esto que, al momento de tomar decisiones relevantes respecto a los mismos, el tema financiero cobra mayor valor, debido a que los costos se incrementan al establecer la necesidad de información nueva para retomar la explotación de estos yacimientos. De igual manera, se han dejado yacimientos altamente complejos, fuera de los planes de explotación de un campo, debido al descubrimiento de otros yacimientos cuyas características hacen más fácil la recuperación de producción, y los primeros quedan mal clasificados como marginales.

En este escenario, la interrogante sería ¿es posible evaluar oportunidades nuevas con la data existente?

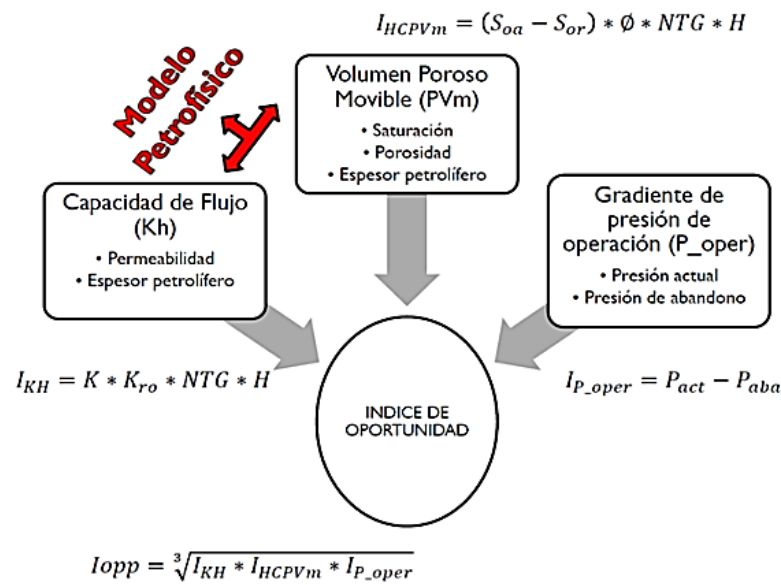
1. Fundamentos teóricos

El índice de oportunidad es un método inteligente para jerarquizar áreas prospectivas, debido a que permite identificar áreas de alto potencial de producción, reduciendo drásticamente los recursos requeridos y la incertidumbre para definir estas áreas. Dicho índice, es calculado a partir de las propiedades de la roca y los fluidos, así como, incluye un factor determinante, como lo es la presión de operación.

Al determinar las áreas prospectivas a través de la metodología del índice de oportunidad, se reduce drásticamente los recursos necesarios y la incertidumbre para definir estas zonas, siendo una herramienta práctica para apoyar el plan de desarrollo del yacimiento.

Según Molina y Rincón (2009), el potencial de producción de un área es calculado basado en las propiedades de la roca y el fluido, combinado con la capacidad energética asociada principalmente a la presión del yacimiento. Los parámetros anteriormente mencionados son combinados y normalizados, para generar un “índice de oportunidad” con valores entre 0 y 1, capaz de identificar zonas de gran potencial. En la figura 1 se evidencian las variables involucradas en la determinación del índice de oportunidad.

Figura 1: Variables involucradas en la determinación del Índice de Oportunidad



Fuente: Bastardo (2021)

Donde,

I_{opp} = Indicie de oportunidad (fracción)

I_{KH} = Índice de capacidad de flujo del petróleo (fracción)

I_{HCPVm} = índice del volumen poroso movable (fracción)

I_{P_oper} = Índice de presión de operación (fracción)

La proporción que ocupa cada índice dentro de la determinación del índice de productividad se puede evidenciar en la matriz planteada en la tabla 1.

Los coeficientes que tienen mayor peso al definir el grado de certidumbre son los asociados a propiedades de la roca y el fluido, es decir, que al momento de aplicar esta metodología debe existir un Modelo Petrofísico robusto. Una vez que estos coeficientes son generados, las ecuaciones son construidas y leídas en un simulador numérico, y se puede verificar el potencial de cada una de las áreas evaluadas. Un criterio para iniciar el análisis de resultados del índice de oportunidad, se visualiza en la tabla 2.

Tabla 1: Matriz de evaluación del peso de los coeficientes para definir el grado de incertidumbre

Definición del grado de incertidumbre		Rango de 0 a 1, donde: 0=malo y 10=excelente	peso del coeficiente
KH	1 Existencia de núcleos con análisis especiales y convencionales para toda la columna estratigráfica (porosidad, permeabilidad absoluta, presión capilar, permeabilidad relativa, propiedades eléctrica entre otros)	6	0,4
	2 Información de registro de permeabilidad y espesor de roca de todo el yacimiento	8	
	3 Incorporación en el modelo de información de correlación de núcleos y registros	8	
	4 Definición de de cut off para discriminar ANP	9	
	5 Existencia de data de la relación KH derivada de la interpretación de análisis de pruebas de pozos	7	
HCP/m	1 Definición y calibración de núcleos y registros de valores de porosidad	8	0,35
	2 Definición de de cut off para discriminar ANP	6	
	3 Definición de valores de Sw y Sg, de acuerdo a su aplicación	5	
	4 Definición de contactos originales de los fluidos en sitio	7	
	5 Existencia y validación de un modelo estático en 3D	7	
P_oper	1 Existencia de una base de datos con suficiente data de presión en el yacimiento tales como presiones estáticas, build ups y que hayan sido validados ploteados y procesados	4	0,25
	2 Existencia organizada de una data de producción de pozos (petróleo, agua y gas)	7	
	3 Acoplamiento y correspondencia entre las presiones y comportamiento de producción de los pozos para determinar el grado de complejidad del yacimiento	5	
	4 Correspondencia entre la presión y producción con la historia de eventos en el yacimiento para determinar consistencia de la data	4	
	5 Documentación de los resultados de análisis de la historia de presión y producción	4	
		95	1

Fuente: Molina y Rincón (2009)

Tabla 2: Clasificación del Índice de oportunidad

Iopp	Clasificación
0-0,2	Malo
0,2-0,4	Regular
0,4-0,6	Aceptable
0,6-0,8	Bueno
0,8-1	Excelente

Fuente: Molina y Rincón (2009)

2. Metodología

En el campo costanero Bolívar, los yacimientos de edad Eoceno, se caracterizan por tener alta complejidad estructural, poca data y baja producción por lo cual no son incluidos en los planes de explotación de los campos por el alto grado de incertidumbre que representa. Los yacimientos en estudio contaban con datos disponibles pero dispersos, no existía un modelo petrofísico establecido, y por ende las áreas prospectivas eran desconocidas, es por ello que la metodología

a utilizar implica el desarrollo del modelo petrofísico para luego determinar las áreas prospectivas a través del índice oportunidad. En la figura 2 se puede observar el diagrama de flujo de la metodología a utilizar.

Figura 2: Esquema de la Investigación



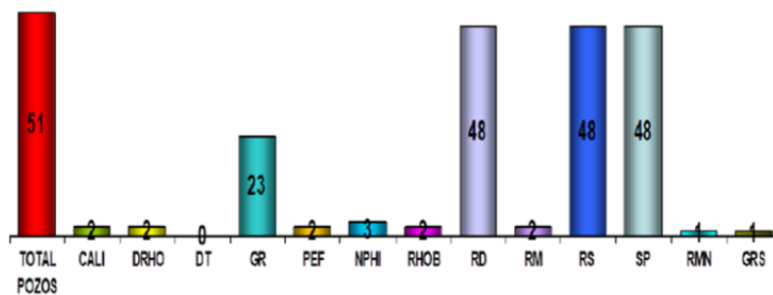
Fuente: Bastardo (2021)

3. Resultados

3.1. Inventario de los datos

Registros. Se validó la disponibilidad de registros corridos por pozo de los que se encuentran actualmente completados en el yacimiento, lo cuales se pueden evidenciar en la figura 3.

Figura 3: Inventarios de registros disponibles en el yacimiento



Fuente: Bastardo (2021)

Núcleos. Se realizó una revisión de los pozos completados en el yacimiento de estudio a los cuales se le había tomado núcleos y se validó análisis disponibles. De acuerdo a la revisión se determinó que existen 9 pozos en los yacimientos, que poseen toma de núcleos, sin embargo, solo 4 de ellos poseen análisis. Estos datos se observan en la tabla 3.

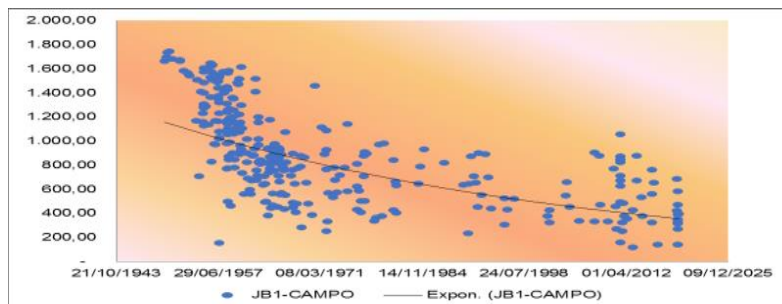
Tabla 3: inventario de núcleos en el área

N°	POZO	INTERVALO	DESCRIPCION LITOLÓGICA	FORMACION	EDAD	ϕ	K	So	Sw	Gravedad Específica
1	JB1-0001	2330'-3140'	X	MISOA	EOCENO					
2	JB1-0002	3273'-3842'	X	MISOA	EOCENO	X	X	X	X	X
3	JB1-0003	2859'-3353'	X	MISOA	EOCENO					
		3401'-3506'	X	MISOA	EOCENO					
		3600'-3754'	X	MISOA	EOCENO	X	X	X	X	X
4	JB1-0004	2922'-3454'	X	MISOA	EOCENO	X	X	X	X	
5	JB1-0005		X	MISOA	EOCENO					
6	JB1-0007	2627'-3400'	X	MISOA	EOCENO					
7	JB1-0008	3653'-3659'	X	MISOA	EOCENO					
8	JB1-0044	5488'-6100'	X	MISOA	EOCENO					
9	JB1-0048	3016'-3426'	X	MISOA	EOCENO	X	X	X	X	

Fuente: Bastardo (2021)

Datos de presión. Se realizó una revisión de la data de presión existente, y se incluyó data de presiones obtenidas a partir de niveles estáticos de las diferentes entradas de taladros de subsuelo. Los datos recopilados se observan en la figura 4.

Figura 4: Presiones tomadas en el yacimiento JB1-CAMPO a lo largo de su vida productiva



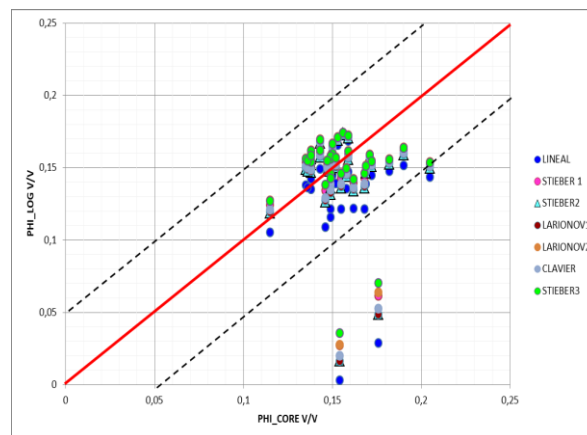
Fuente: Bastardo (2021)

3.2. Modelos petrofísicos

Modelo de arcillosidad y porosidad. De acuerdo a la metodología planteada, en ausencia de análisis de difracción de rayos X, se seleccionó como modelo de volumen de arcilla, aquel que permita la mejor correlación con los análisis de núcleos referidos, específicamente a la porosidad.

El método que presento mejor correlación en cuanto a los valores de porosidad, es el generado con el método de volumen de arcilla de Stieber 3, por lo que se establece, que este es el método a utilizar para los yacimientos en estudio. Dicha comparación se observa en la figura 5.

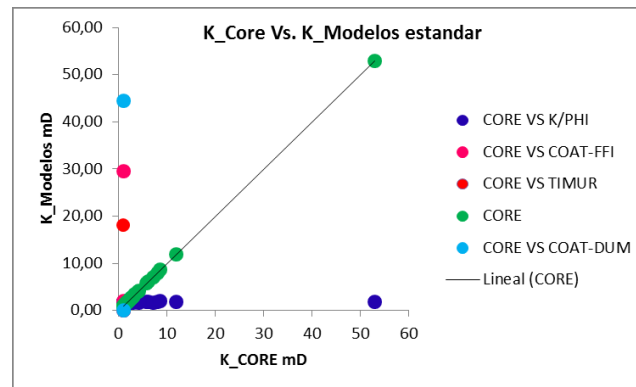
Figura 5. Porosidad del núcleo Vs porosidad del registro



Fuente: Bastardo (2021)

Modelo de permeabilidad. Se logró establecer, una relación entre la porosidad y la permeabilidad obtenida del pozo JB1-0048 (pozo clave de la investigación), observándose que a medida que incrementa la porosidad, incrementa la Permeabilidad. De igual forma, la permeabilidad promedio a lo largo de ambos yacimientos, no supera 2 md, lo que permite establecer una abundante laminaridad. Estos resultados validan los obtenidos por el registro de resonancia magnética corrido al pozo JB1-0051, ubicado en el área Norte. Los resultados se observan en la figura 6.

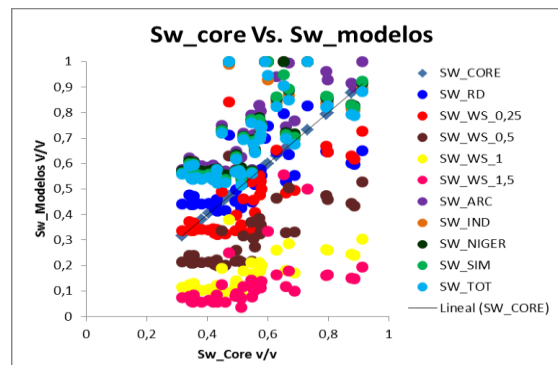
Figura 6. K núcleo Vs. K modelos



Fuente. Bastardo (2021)

Modelo de saturación. Se generaron las curvas de Saturación de agua, para cada uno de los modelos estándar, y se compararon con la generada a partir de datos de núcleo. Se observa que los valores que presentan mejor correlación son: el modelo generado a partir de datos de núcleos y el modelo de Waxman-smits utilizando un valor de Q_v de 0.25. los resultados se observan en la figura 7.

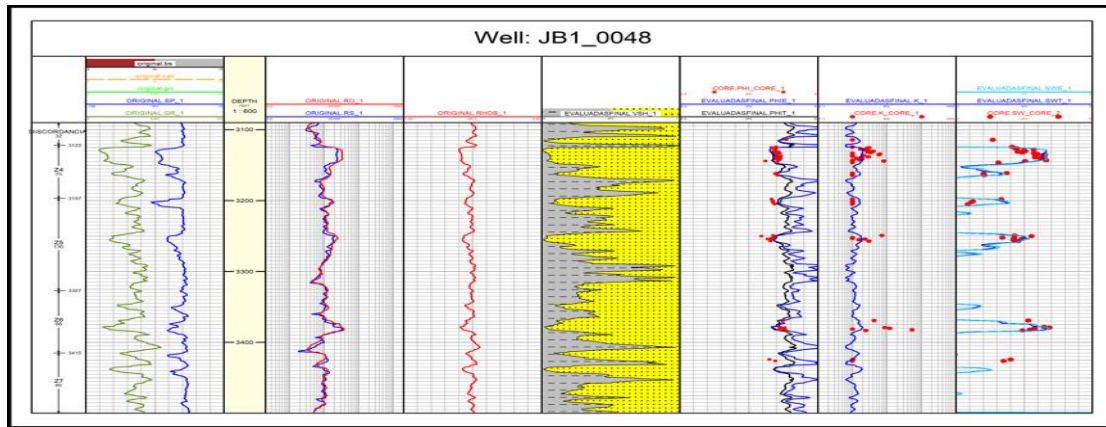
Figura 7. Sw Núcleo Vs. Sw Modelos



Fuente. Bastardo (2021)

Luego de establecer los modelos para los yacimientos, se generó la evaluación petrofísica final en el pozo clave y se comparó con los análisis de núcleos. Esta comparación se evidencia en la figura 8.

Figura 8. Modelos Petrofísicos establecidos y su correspondencia con los valores de Núcleos



Fuente. Bastardo (2021)

Evaluación de pozos y mapas de isopropiedades. Se obtuvo sumarios petrofísicos por unidad estratigráfica, sin embargo, para efectos del objetivo de la investigación, se utilizó el promedio general por pozo, los sumarios discretizados por unidad, con su respectiva sabana petrofísica. El ejemplo de los sumarios generados se observa en la tabla 4.

Tabla 4. Sumario Petrofísico por pozo

POZO	AT	AN	ANP	VSH	PHIE	SWE	K
JB1-0001	53,50	53,50	38,00	18,73	15,13	64,90	1,79
JB1-0002	115,00	115,00	63,00	14,37	16,19	65,10	1,92
JB1-0003	65,60	65,60	57,60	16,64	15,64	38,24	1,82
JB1-0004	140,00	73,00	55,00	15,38	13,58	54,52	1,60
JB1-0005	210,00	96,00	37,00	15,50	13,08	72,83	1,61
JB1-0006							
JB1-0007	81,50	79,50	70,00	16,40	15,12	51,18	1,86
JB1-0008	33,50	27,50	18,00	17,80	14,50	59,77	1,63
JB1-0009	38,50	25,50	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
JB1-0010							
JB1-0011	30,50	22,50	14,00	15,32	14,00	64,12	1,75
JB1-0012	61,00	50,00	45,50	17,80	14,18	56,80	1,66
JB1-0013	128,00	128,00	128,00	13,89	13,63	38,65	2,02
JB1-0014	541,00	33,60	26,40	17,43	11,90	50,27	1,43
JB1-0015	192,00	14,40	12,00	15,20	11,35	48,70	1,37
JB1-0016	714,00	57,00	37,00	15,70	12,14	74,92	1,41
JB1-0017	220,50	196,00	158,50	21,38	17,15	35,43	1,38
JB1-0018	102,75	1,75	1,75	16,90	11,10	82,63	1,35
JB1-0019	142,00	142,00	16,48	16,48	14,00	38,33	1,10
JB1-0020	196,50	193,70	158,50	16,16	15,68	54,25	1,26

Fuente. Bastardo (2021)

3.3 Índice de oportunidad yacimiento de edad eoceno

Para la elaboración de los mapas para determinar el índice de oportunidad se utilizó la aplicación OFM.

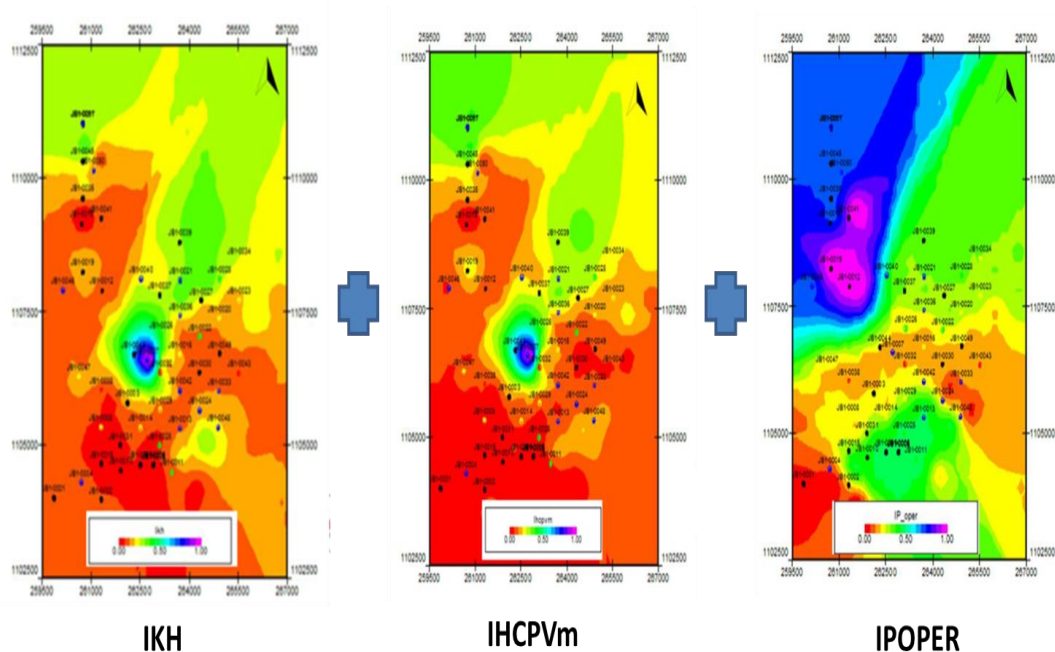
Índice de capacidad de flujo IKH. Las mejores propiedades se observan en la parte central del yacimiento.

Índice de Almacenamiento o Volumen Poroso Movable IHCPVm. Referente al volumen poroso que tiene la capacidad de almacenar fluido, se mantiene que el mejor comportamiento esta al centro del yacimiento.

Índice de presión de operación IPOPER. Hacia el norte se mantiene un rango de 500-600 lpc, mientras que hacia el sur se pueden encontrar presiones de 235 lpc.

El mapa de los índices de oportunidad se evidencia en la figura 9.

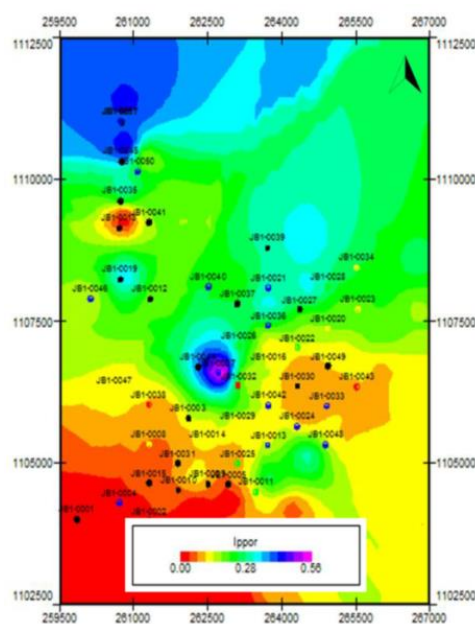
Figura 9. Mapas de índices IKH, IHCPVm, IPOPER



Fuente. Bastardo (2021)

Índice de oportunidad. El índice de oportunidad relaciona los tres índices calculados previamente y permite jerarquizar, las áreas donde existen las mejores oportunidades. En la figura 10 se observan los resultados, evidenciándose que aun cuando existan propiedades de roca excelentes, la presión de operación influye de manera determinante en la productividad de los pozos.

Figura 10. Mapa de índice de oportunidad



Fuente. Bastardo (2021)

3.4. Análisis y discusión de los resultados

De acuerdo al resultado y utilizando la clasificación mencionada tenemos que del 100% de la población en estudio, solo un 8% es aceptable, un 23% regular y un 69 % malo, por lo cual de establecer un plan de explotación de los yacimientos debería estar dirigido principalmente a las zonas donde se muestra un índice de oportunidad aceptable. Gráficamente, el resultado se observa en la Figura 11.

Figura 11. Porcentaje de pozos por categoría según la clasificación del Índice de Oportunidad



Fuente: Bastardo (2021)

Consideraciones finales

- Los yacimientos en estudio presentan datos muy antiguos, de baja resolución, y se encuentran dispersos a nivel de bases de datos corporativos.
- La presión actual de los yacimientos se ubica en 400 lpc para el área Campo y 600 lpc para el área Norte.
- La mejor capacidad de flujo y el mejor almacenamiento se observan al Norte al centro-Noreste del yacimiento.
- La presión de operación más alta se observa al norte donde están en el rango de 500-600 lpc, mientras que para el sur llega a ubicarse en valores menores a los 300 lpc.
- El índice de oportunidad para los pozos de los yacimientos en estudio se ubica en el rango aceptable-malo, donde la mayor población de pozos se encuentra en esta última categoría, solo el 8% presenta un índice de oportunidad aceptable.

Referencias

- Avendaño, J. (2015). *Análisis de los Modelos Petrofísicos para Formaciones Clásticas*. (Trabajo Especial de grado). Instituto Politécnico Nacional. México.
- Bastardo, J. (2021). *Determinar áreas prospectivas a través de la metodología del índice de oportunidad en yacimientos de edad eoceno del campo Bachaquero Tierra*. EM Petrozamora. UVH. Venezuela.
- Molina, A. y Rincón, A. (2009). *Explotation Plan Desing Based On Opportunity Index Analysis In Numerical Simulations Models*. [Versión Electrónica]. SPE 122915.
- Pérez, A. et al. (2019). *Implementación optimizada del índice de oportunidad del yacimiento (ROI) en campos maduros* [Versión Electrónica]. Universidad Autónoma de México.

Para citar este artículo (APA):

- Bastardo, J. (2025). Índice de oportunidad: Una oportunidad para jerarquizar áreas prospectivas en yacimientos maduros. *PetroRenova Indexed, Revista Científica de la Energía*. Vol.1, núm. 1. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15642856>

Declaración de conflicto de interés y originalidad

Conforme a lo estipulado en el *Código de ética y buenas prácticas* publicado en ***PetroRenova Indexed, Revista Científica de la Energía***, el autor **Bastardo González, Jeoriannys del Jesús** declara al Comité Editorial que no tiene situaciones que representen conflicto de interés real, potencial o evidente, de carácter académico, financiero, intelectual o con derechos de propiedad intelectual relacionados con el contenido del artículo: ***Índice de oportunidad: una oportunidad para jerarquizar áreas prospectivas en yacimientos maduros***, en relación con su publicación. De igual manera, declara que el trabajo es original, no ha sido publicado parcial ni totalmente en otro medio de difusión, no se utilizaron ideas, formulaciones, citas o ilustraciones diversas, extraídas de distintas fuentes, sin mencionar de forma clara y estricta su origen y sin ser referenciadas debidamente en la bibliografía correspondiente. Consiente que el Comité Editorial aplique cualquier sistema de detección de plagio para verificar su originalidad.