

CARACTERIZACIÓN SÍSMICA DE LOS RESERVORIOS DE LA FM LAJAS EN EL ÁREA DE LINDERO ATRAVESADO, CUENCA NEUQUINA

Cecilia Zarpellón¹, Carolina Crovetto¹, Daniel Parra¹

1: Pan American Energy LLC, czarpellon@pan-energy.com, ccrovetto@pan-energy.com, dparra@pan-energy.com

Palabras clave: Cuenca Neuquina, Gr. Cuyo, Fm. Lajas, Inversión Sísmica

ABSTRACT

Seismic characterization of Lajas Fm reservoirs in the Lindero Atravesado field, Neuquina Basin. During 2015, a 3D seismic survey of 630 km² was recorded in Lindero Atravesado field in Neuquén basin. The objective of this seismic was to characterize the unconventional reservoirs of Grupo Cuyo, that had begun to develop rapidly since 2012. The seismic was designed with the objective of achieving a good structural and stratigraphic image. Likewise, the design contemplated having angles large enough to be able to characterize these deep reservoirs through seismic inversions and special attributes. This paper present, a description of the workflow performed and the results obtained for the Deterministic and Geostatistical Simultaneous Seismic Inversion made with this new seismic data. Both inversions showed very good correlation and adjustment with well data, and validate how it is possible from the seismic data to characterize the unconventional reservoirs of Lajas Fm at a depth of more than 4000 mbgl.

INTRODUCCIÓN

El Yacimiento Lindero Atravesado se encuentra ubicado en la Cuenca Neuquina a unos 30 km al noroeste de la ciudad de Neuquén. El mismo es operado por Pan American Energy en asociación con la compañía YPF. Desde sus comienzos en la década del 60 el desarrollo de este campo estuvo focalizado primero en la zona de Lindero Oriental con el desarrollo de petróleo y gas proveniente de las formaciones Quintuco y Sierras Blancas. A continuación, durante la década del 90, se desarrolló el gas proveniente de las formaciones Sierras Blancas y Lotena en la zona de Lindero Occidental (Martinez *et al.*, 2005; Pecuch *et al.*, 2005).

Años más tarde, a principios de 2012, comenzó el desarrollo de los reservorios no convencionales del Grupo Cuyo, formaciones Punta Rosada y Lajas. Este desarrollo se encuentra basado en el descubrimiento realizado en el año 2000 por el pozo LA.xp-89 que tuvo como objetivo principal las areniscas compactas de dichas formaciones (Figs. 1 y 2). El mismo registró una producción inicial de 250.000 m³/d de gas y lleva acumulado al día de hoy 8.3 bcf (Lamberghini *et al.*, 2017).

Para mejorar el entendimiento de estos reservorios y acompañar el desarrollo de los mismos,

se adquirió una nueva sísmica 3D de 630 km² durante el primer semestre del año 2015. La misma fue diseñada con el objetivo de lograr una mejor imagen estructural y estratigráfica en el Grupo Cuyo de lo que se tenía de la sísmica previamente registrada en los años 1999/2000 y 2001 que fuera enfocada a los reservorios más someros (Figs. 3 y 4). Asimismo, el diseño contempló que se tuvieran ángulos de incidencia lo suficientemente grandes como para poder caracterizar dichos reservorios profundos a través de inversiones sísmicas y atributos especiales (Zarpellón *et al.*, 2018).

En este trabajo se presenta una descripción del flujo de tareas y los resultados obtenidos para la Inversión Sísmica Simultánea Determinística y Geoestadística realizada en el Área de Lindero Atravesado (Filippova *et al.*, 2011). El mismo se inició en Diciembre de 2016 y llevó un total de 10 meses de ejecución.

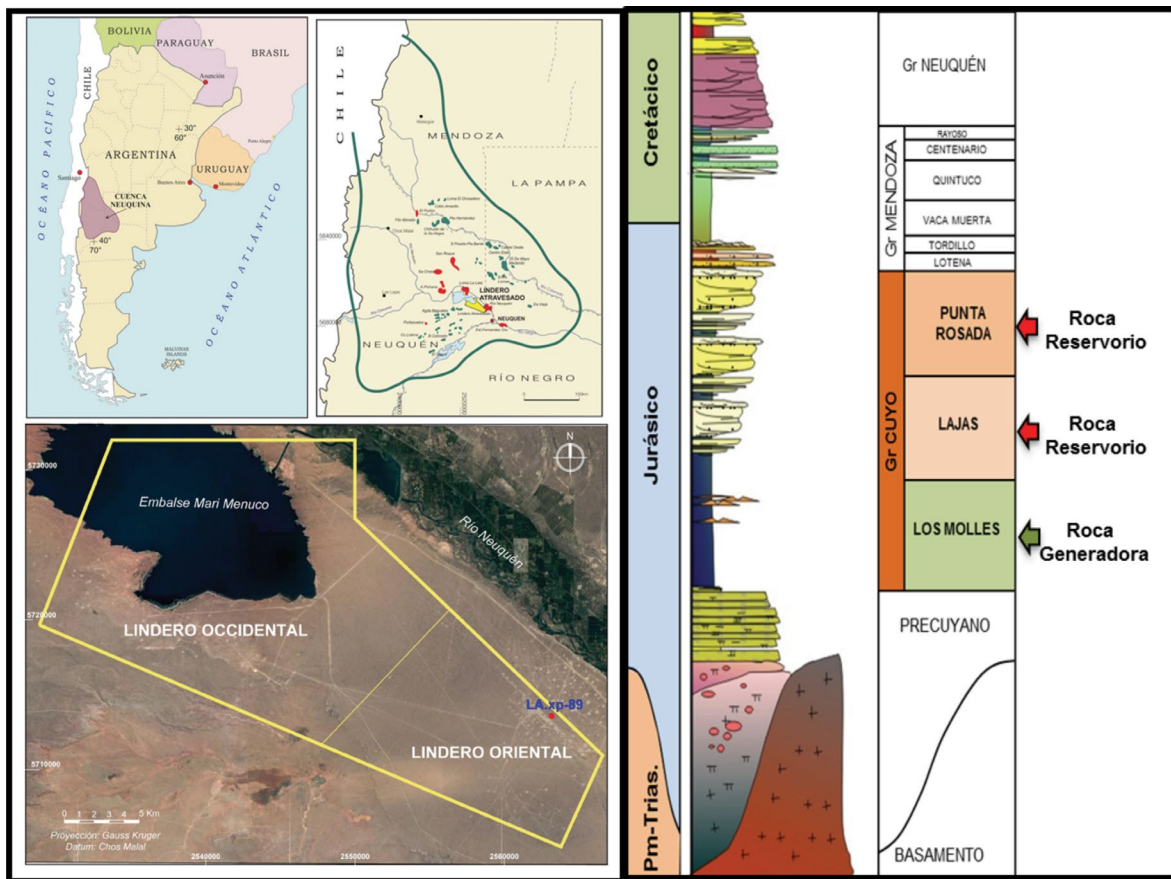


Figura 1. Ubicación Yacimiento Lindero Atravesado y pozo descubridor LA.xp-89 con objetivo formaciones Punta Rosada y Lajas.

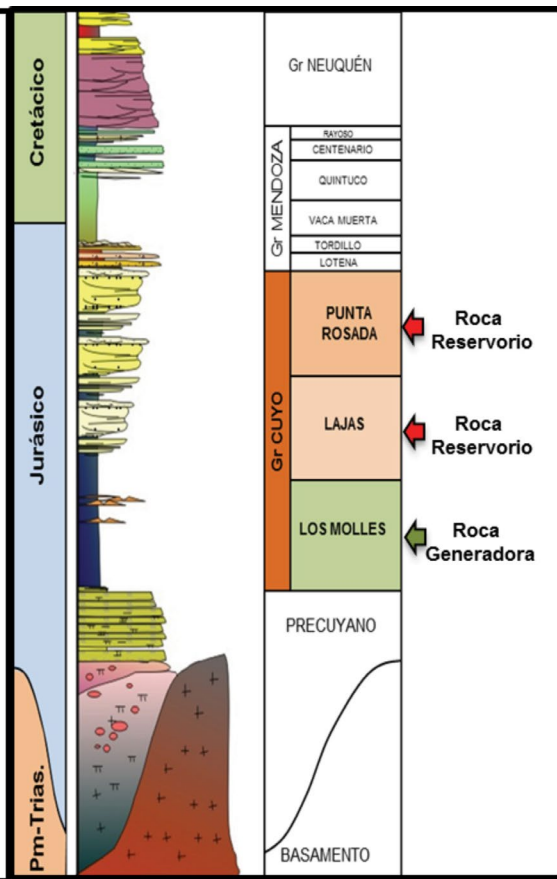


Figura 2. Posición de los reservorios no convencionales del Grupo Cuyo en la Columna estratigráfica extraída de Lamberghini *et al.*, 2017.

METODOLOGÍA

La inversión de datos sísmicos se ha convertido desde hace tiempo en una parte estándar del

Lindero Atravesado Sísmica 3D: Diseño de Adquisición		
Año de Registración	1999/2000 - 2001	2015
Fold (máximo offset)	55	225
Tamaño de la celda (m x m)	30 X 30	25 X 25
Intervalo entre líneas receptoras (m)	360	300
Intervalo entre RP's (m)	60	50
Canales por línea receptora	132	180
Canales por swath	1320	5400
Intervalo entre líneas fuente (m)	360	300
Intervalo entre VP's	60	50
Máximo Offset (m)	4976	6329
Mínimo Offset (m)	18	35
Densidad de puntos fuentes/km2	46	66.66

Figura 3. Comparación Diseños de Adquisiciones Sísmicas 3D en Lindero Atravesado

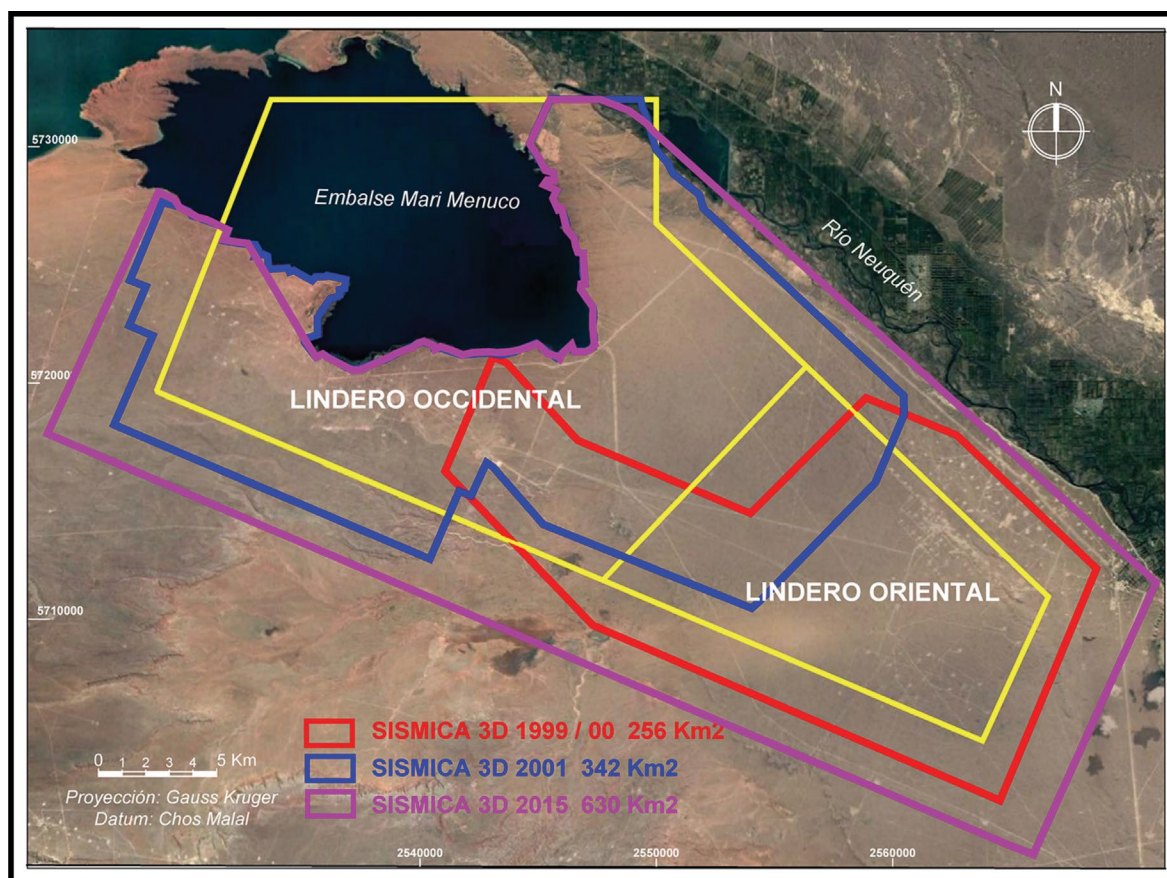


Figura 4. Cobertura Sísmicas 3D, campañas 1999/2000, 2001 y 2015 en el Área Lindero Atravesado

flujo de trabajo realizado para la caracterización cuantitativa de los reservorios convencionales (Vernengo *et al.*, 2014).

En este caso, a pesar de tratarse de reservorios no convencionales y de encontrarse a gran profundidad, más de 4000 mbbp, la metodología de trabajo aplicada es la misma que la utilizada para cualquier trabajo típico de inversión de traza sísmica (Wang *et al.*, 2015).

La Inversión Simultánea Determinística se realizó sobre el total del área registrada (630 km²) y se utilizaron 25 pozos de calibración; en el caso de la Inversión Simultánea Geoestadística, se hizo solamente sobre 150 km² correspondientes al área de desarrollo en el Yacimiento Lindero Oriental y se adicionaron al estudio 5 pozos para realizar dicha inversión (Fig. 5). Tanto la Inversión Simultánea Determinística como la Geoestadística fueron realizadas en dos ventanas de trabajo, una focalizada en la Fm. Punta Rosada y otra en la Fm. Lajas. Los datos sísmicos utilizados como entrada fueron los mismos para ambas inversiones. En este trabajo se mostrarán solo los resultados obtenidos para la Fm. Lajas (Fig. 6).

Existen perforados hasta la fecha 109 pozos a estos objetivos: 100 en el Yacimiento Lindero Oriental que incluyen el pozo descubridor LA.xp-89 y un pozo horizontal, y los 9 restantes en el Yacimiento Lindero Occidental (Fig. 7).

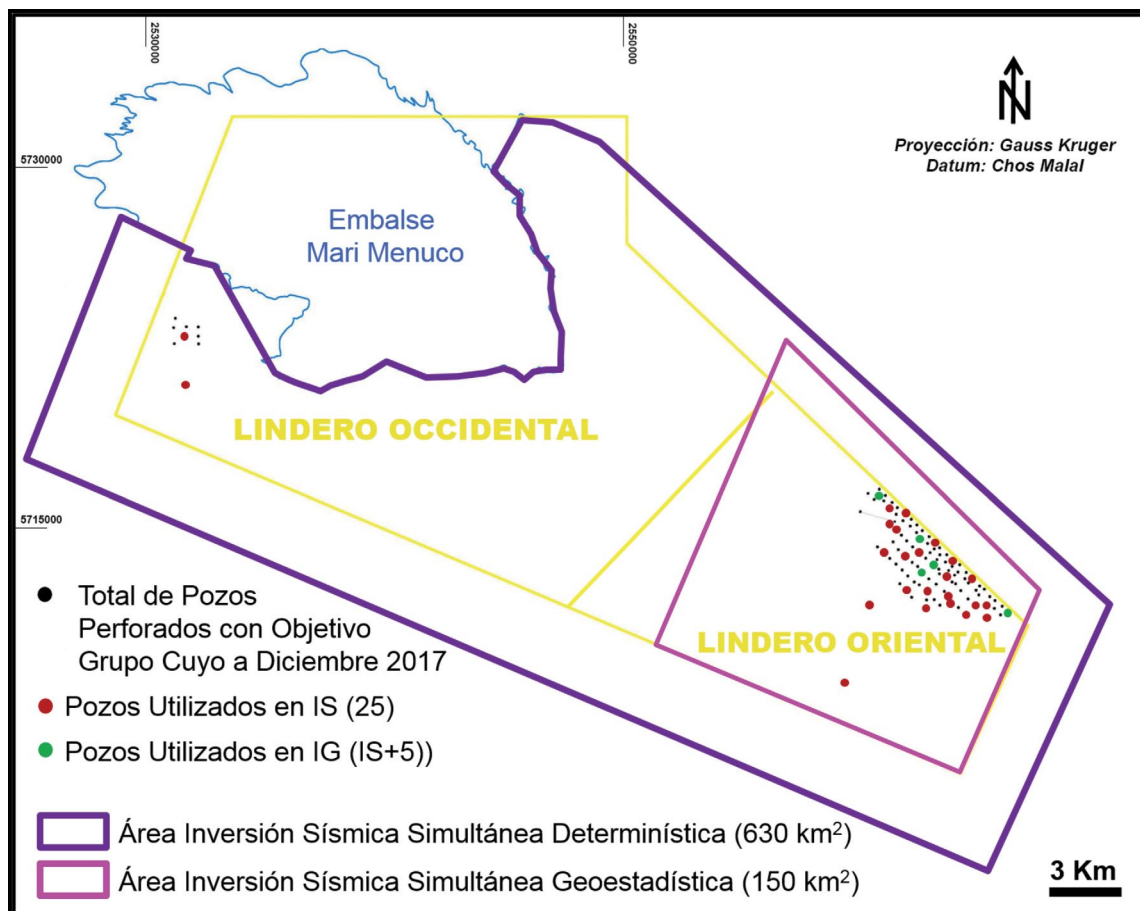


Figura 5. Áreas y pozos utilizados para la Inversión Sísmica Simultánea Determinística (IS) y Geoestadística (IG). Se indica también el total de pozos perforados a Diciembre de 2017 con objetivo al Grupo Cuyo.

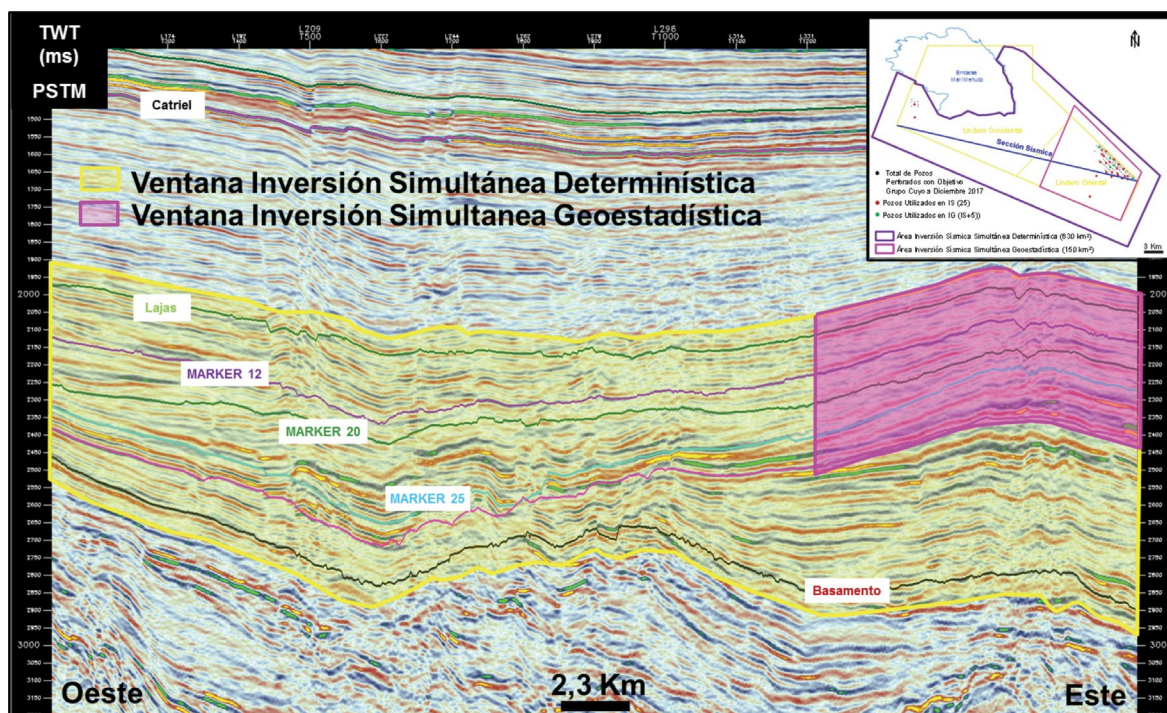


Figura 6. Sección Sísmica arbitraria de orientación Oeste-Este que muestra los horizontes regionales interpretados y las ventanas en tiempo utilizadas para la Inversión Sísmica Simultánea Determinística y Geoestadística para Fm Lajas.

Campaña de Perforación	Lindero Atravesado Oriental				Lindero Atravesado Occidental			
	Exploratorio	Estudio Avanzada	Desarrollo	Infill	Exploratorio	Estudio Avanzada	Desarrollo	Infill
2000	1							
2012		1						
2013		1	3					
2014	1	2	16		1			
2015			32		1			
2016			31					
2017			7	5			7	

Figura 7. Campaña de perforación Yacimiento Lindero Atravesado con objetivo a reservorios no convencionales del Grupo Cuyo, Formaciones Punta Rosada y Lajas.

La evaluación de estos reservorios muestra las siguientes características generales: son areniscas de baja porosidad, menores al 11% (5 a 11%), con permeabilidades del orden de los micro darcy (K: 0,001 a 0,1 md), y las saturaciones de agua se encuentran entre 35 y 50%.

Para el caso del Yacimiento Oriental se identifican entre 10 y 14 niveles productivos con un Net Pay que ronda entre 130 y 160 metros en el mejor de los casos, sin embargo, la mayor productividad de los pozos proviene de dos zonas que reciben el nombre de Maxi y Basal (Fig. 8).

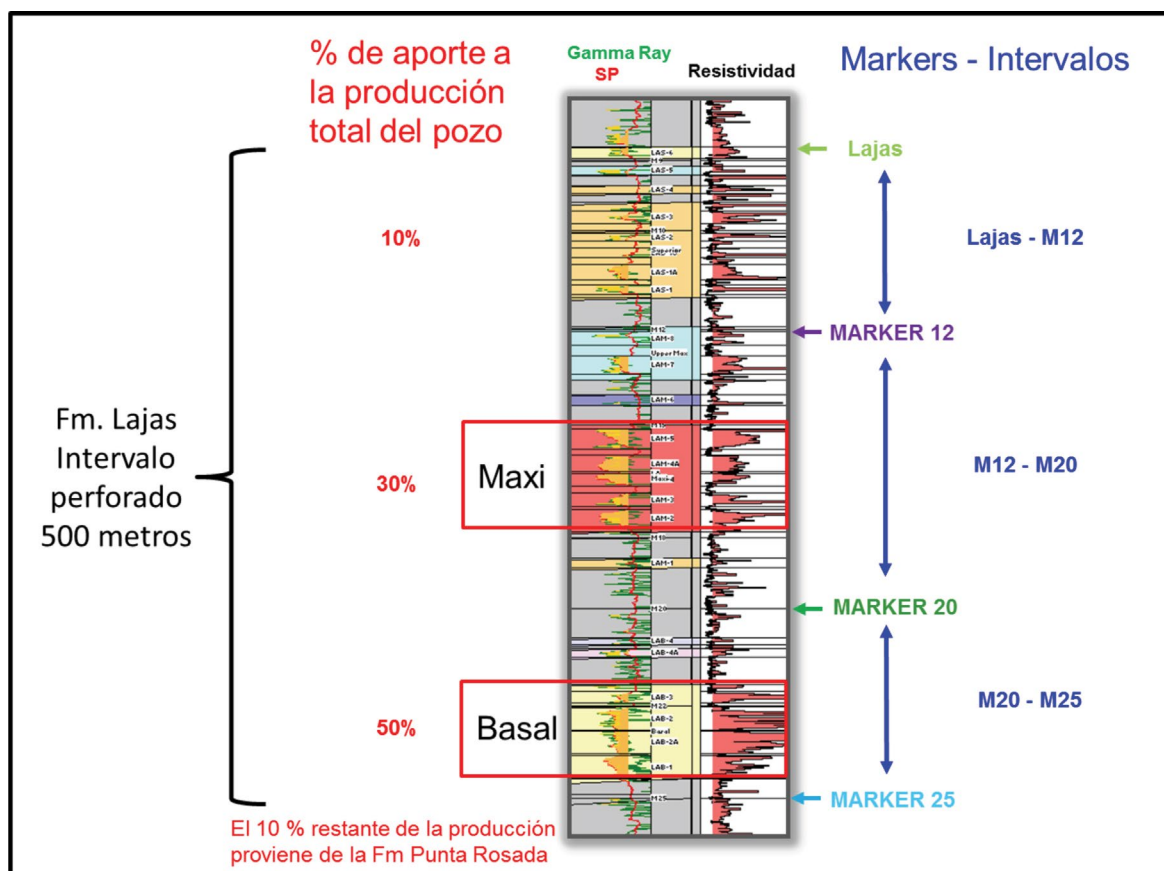


Figura 8. Perfil típico para la Fm Lajas en el Yacimiento Lindero Oriental – Markers e Intervalos definidos que se corresponden con la información sísmica.

Para el caso del Yacimiento Occidental se identifican entre 18 y 22 niveles productivos con un Net Pay que tiene alrededor de 210 metros (Fig. 9). Sin embargo las porosidades promedios de estos intervalos son inferiores a los encontrados en el Yacimiento Lindero Oriental.

Al momento de realizar la inversión sísmica solo 2 pozos exploratorios habían sido perforados en esta zona. Los 7 pozos de desarrollo fueron realizados coetáneos con la ejecución de la Inversión Simultánea Determinística (Fig. 7).

Las profundidades máximas de los objetivos difieren un poco entre los yacimientos de Oriental y Occidental siendo del orden de 4200 mbbp para el primero y de 4500 mbbp para el segundo.

Para la elección de los pozos a utilizar en la inversión sísmica se tuvo en cuenta que todos ellos hubieran sido perfilados con la misma herramienta para no introducir algún factor adicional al momento de realizar el control de calidad, edición y comparación entre ellos. Es importante mencionar que para los 30 pozos se contó dentro de la zona de interés (formaciones Punta Rosada y Lajas), con los registros: Sónico compresional, Sónico de ondas de corte y Densidad, como así también los perfiles básicos de calibre del pozo, rayos gama, inducción, densidad neutrón, curva de gas total, control geológico y resultados de PLTs, entre otros. Adicionalmente cuatro de ellos

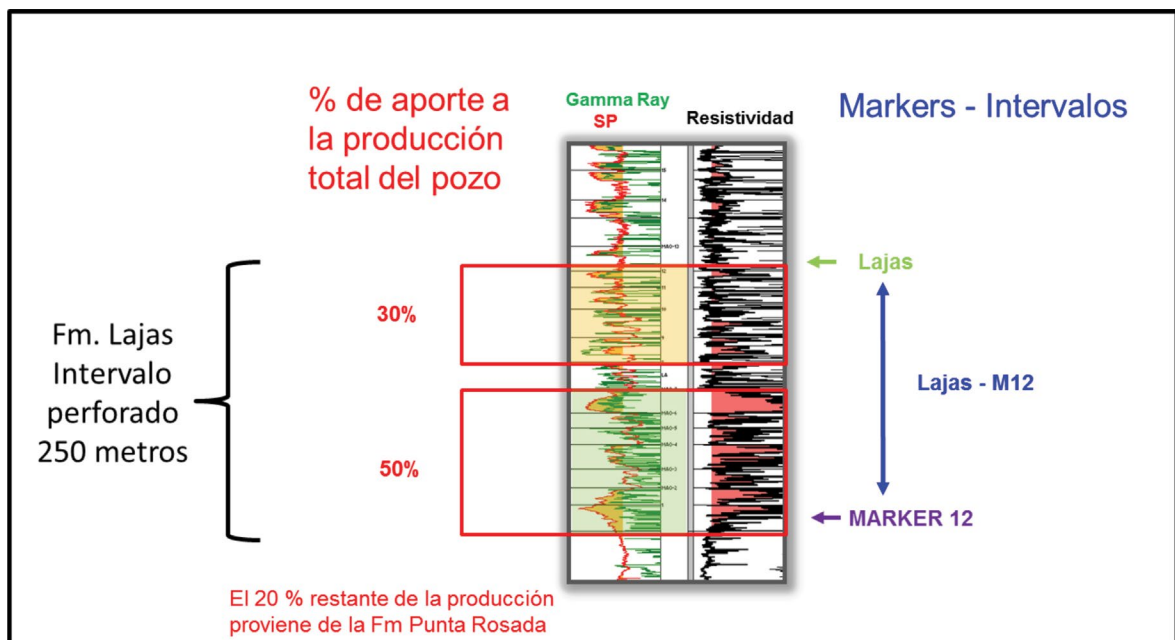


Figura 9. Perfil típico para la Fm Lajas en el Yacimiento Lindero Occidental – Markers e Intervalos definidos que se corresponden con la información sísmica.

contaban con información de testigos rotados, uno solo con información de corona y dos con información de sísmica de pozo.

Con respecto a la calidad de los registros, de los 30 pozos utilizados como dato de entrada en el estudio, 12 fueron perforados con lodo base agua y presentaron muy pobre calidad en los registros debido a las malas condiciones de las paredes del pozo, mientras que los 18 restantes, perforados con lodo base petróleo, presentan buenas condiciones y las ediciones aplicadas fueron menores. La correlación cruzada entre los registros fue utilizada como control de calidad de la información editada corroborando en todos los casos una reducción de la dispersión de valores anómalos. Dichos perfiles editados fueron utilizados tanto para la evaluación petrofísica como para el análisis de física de rocas.

Con el fin de tener un mejor amarre de la información de pozo a la sísmica, se editaron y crearon registros sintéticos en la zona somera por encima de la zona de interés usando para ello relaciones empíricas como Gardner y multi-regresiones obtenidas en función de la información disponible de seis pozos que estaban perfilados desde aproximadamente 800 metros correspondientes a la Fm. Centenario.

En los 30 pozos utilizados se aplicó el mismo flujo y criterio de trabajo, esto es desde la edición de registros hasta el estudio de física de rocas.

Luego de la evaluación petrofísica se definieron para la Fm. Lajas, las siguientes litofacies: Pay, Arena, Arena Arcillosa y Arcilla en base a los cortes de volúmenes litológicos, porosidad y saturación de fluido (Fig. 10).

Lindero Atravesado Definición de Litofacies		
PAY	VCL < 30% PHIE > 8% y SW < 45%	
Arena	VCL < 30%	
Arena Arcillosa	50% > VCL > 30%	
Arcilla	VCL > 50%	

Figura 10. Definición de Litofacies para la Fm Lajas.

A partir de los registros editados, Sónico compresional, Sónico de ondas de corte y Densidad, se calculan las diferentes relaciones y propiedades elásticas. A saber: Vp (Velocidad de la Onda P), Vs (Velocidad de Onda S), ZP (Impedancia Acústica o Impedancia P), ZS (Impedancia de la onda de Corte), Vp/Vs (Relación entre la velocidad de la onda P y la onda S), PR (Relación de Poisson), E (Módulo de Young), G (Módulo Shear o de Corte), LAMBDA (Módulo de Lamé), Lambda-Rho y Mu-Rho.

Utilizando todos los pozos se generan los gráficos cruzados que relacionan las diferentes propiedades elásticas con las litofacies, tanto para la Fm Lajas completa como así también para cada intervalo definido por separado, es decir: Lajas-M12, M12-M20 y M20-M25. Puede verse de las Figuras 11 y 12 que a pesar de las pobres condiciones petrofísicas de los reservorios no convencionales con los que se está trabajando, es posible discriminar las litofacies previamente definidas a través de las propiedades elásticas e identificar y separar las zonas Pay.

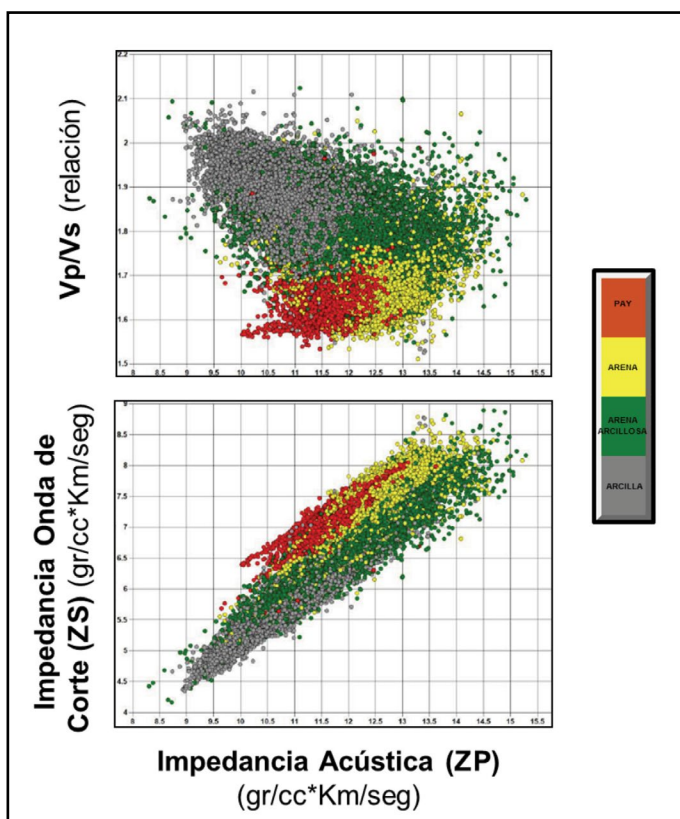


Figura 11. Gráficos cruzado de Propiedades Elásticas (ZP vs ZS y ZP vs Vp/Vs) para Fm Lajas utilizando todos los pozos intervinientes en la Inversión Sísmica.

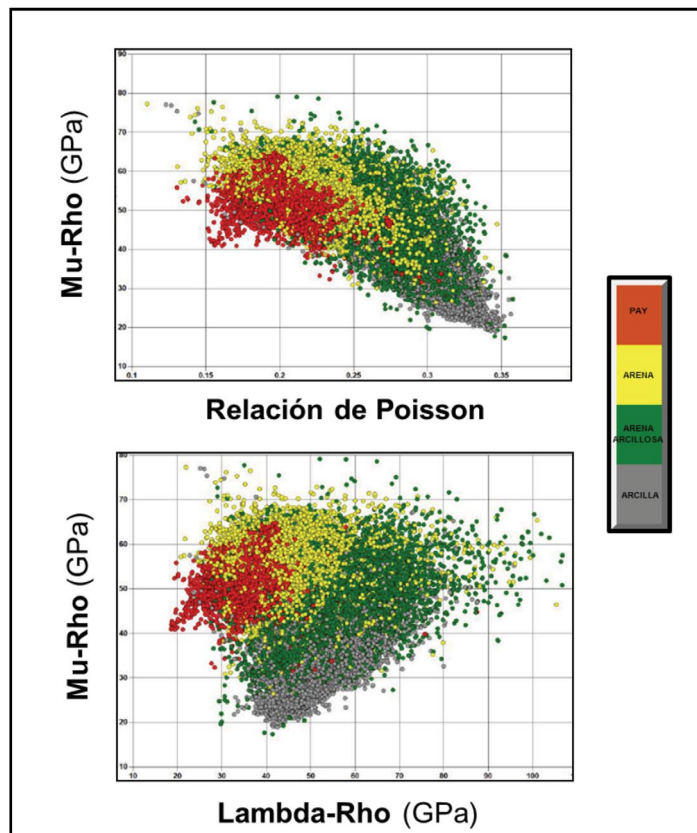


Figura 12. Gráficos cruzado de Lambda-Rho vs Mu-Rho y Relación de Poisson vs Mu-Rho) para Fm. Lajas utilizando todos los pozos intervinientes en la Inversión Sísmica.

Etapla 1: Inversión Sísmica Simultánea Determinística

La Inversión Sísmica Simultánea Determinística, utiliza múltiples cubos de sumas parciales por rango de ángulos de incidencia para estimar los volúmenes de Impedancia P (ZP), Impedancia S (ZS) y, en condiciones favorables, obtener una estimación de la Densidad. En nuestro caso, pese a contar con ángulos de más de 45° en el objetivo, debido a la falta de sensibilidad de la reflectividad respecto de la densidad, esta no pudo ser estimada.

Para la ejecución de este trabajo se dispuso de dos set de CRP gathers, cuya diferencia principal es que a uno de ellos se le aplicó una interpolación 5D previa a la migración Kirchhoff full pre-stack. Luego de la migración los mismos fueron acondicionados con el mismo postproceso con la única diferencia que a los CRP gathers migrados con interpolación 5D se le adicionó una Radón.

Ambos CRP gathers, estándar y con interpolación 5D fueron evaluados y comparados entre sí y previo a la inversión de datos sísmicos se decidió aplicar un acondicionamiento extra a los CRP gathers estándar.

Este acondicionamiento consistió primeramente en una atenuación de ruidos aleatorios y lineales. Luego mediante la utilización de las velocidades RMS provenientes de la PSTM y con la utilización de la ecuación de Dix, los Offset gathers acondicionados fueron transformados al

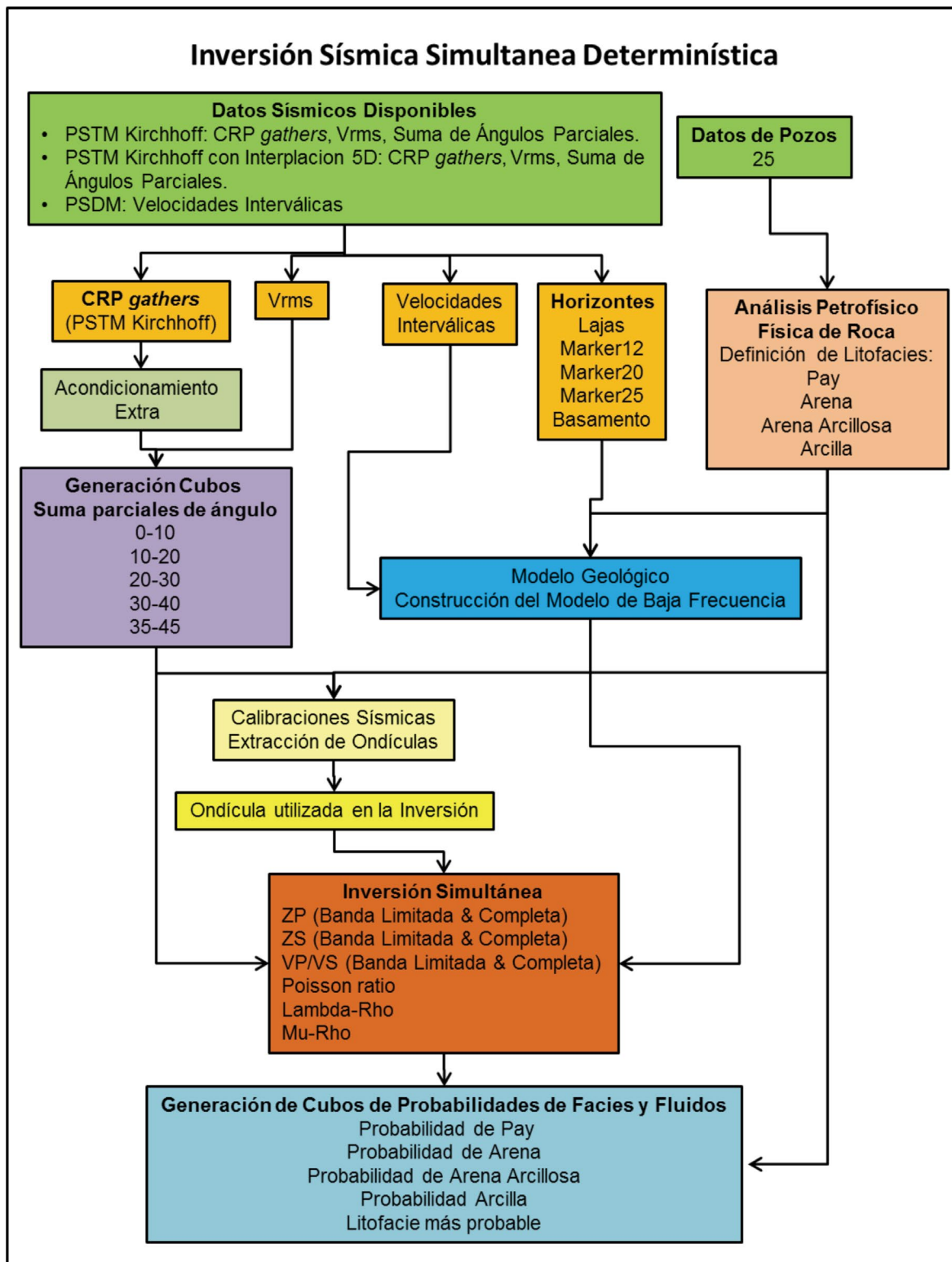


Figura 13. Esquema simplificado del Flujo de trabajo utilizado en la Inversión Sísmica Simultánea Determinística del Yacimiento Lindero Atravesado

dominio del ángulo. Allí en función de los ángulos que se observaron para el intervalo de interés se definieron los siguientes rangos de ángulos parciales 0° - 10° , 10° - 20° , 20° - 30° , 30° - 40° y 35° - 45° . A continuación se aplicó una atenuación de footprint y una compensación de amplitudes por variaciones laterales no relacionadas a respuestas geológicas (Zarpellón *et al.*, 2018).

Finalmente para cada uno de los pozos a utilizar en la inversión se generó el angle gather sintético y se analizó la cross correlación con cada uno de los tres set de datos, gathers estándar, gathers estándar con acondicionamiento extra y gathers con interpolación 5D. En todos los casos analizados, siempre el gather sintético mostraba una mejor correlación con gather estándar con acondicionamiento extra. De manera que fue este, el set de datos utilizados como dato de entrada para la inversión sísmica.

La Figura 13 muestra un esquema simplificado del flujo de trabajo utilizado en la Inversión Sísmica Simultánea Determinística del Yacimiento Lindero Atravesado.

El modelo de baja frecuencia fue construido a partir de los datos de pozo, siguiendo los horizontes e intervalos estratigráficos más importantes definidos para toda el área de estudio. Para guiar la interpolación se utilizaron las velocidades interválicas estimadas en la migración en profundidad previamente realizada (PSDM) (Fig. 14).

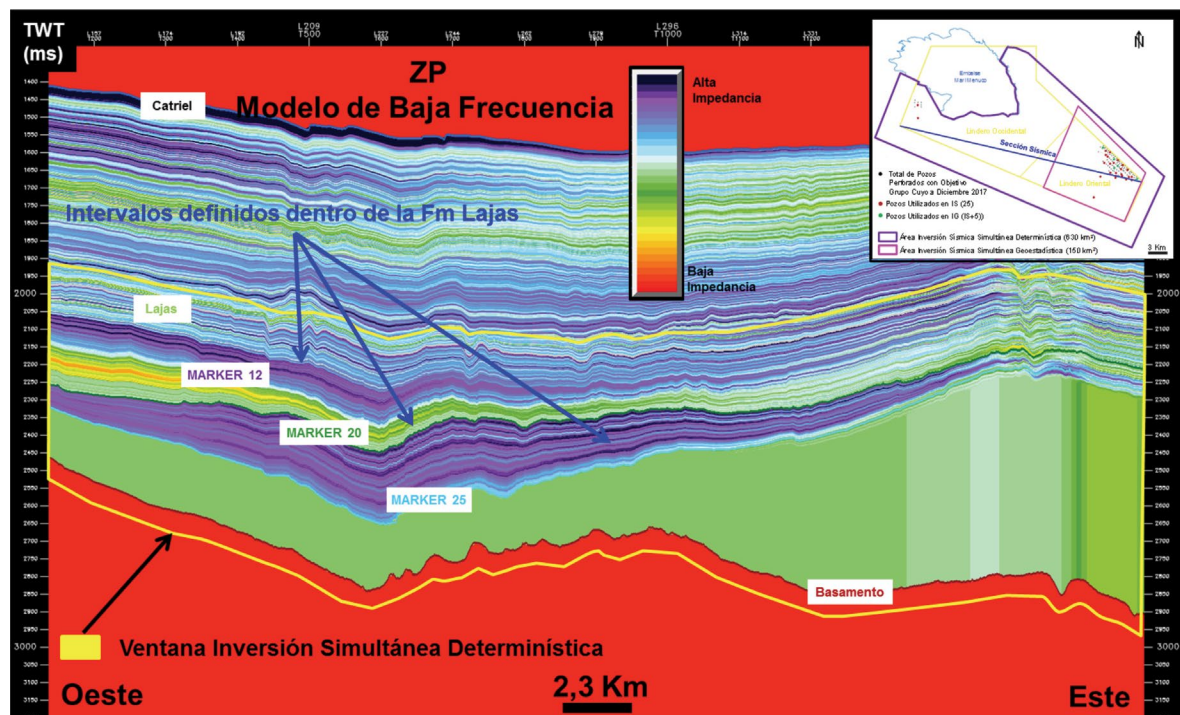


Figura 14. Modelo de baja Frecuencia utilizado en la Inversión Sísmica Simultánea Determinística del Yacimiento Lindero Atravesado

A partir de la Impedancia P (ZP) e Impedancia S (ZS), se calcularon la relación V_p/V_s y los volúmenes correspondientes a Poisson-ratio, Lambda-Rho y Mu-Rho.

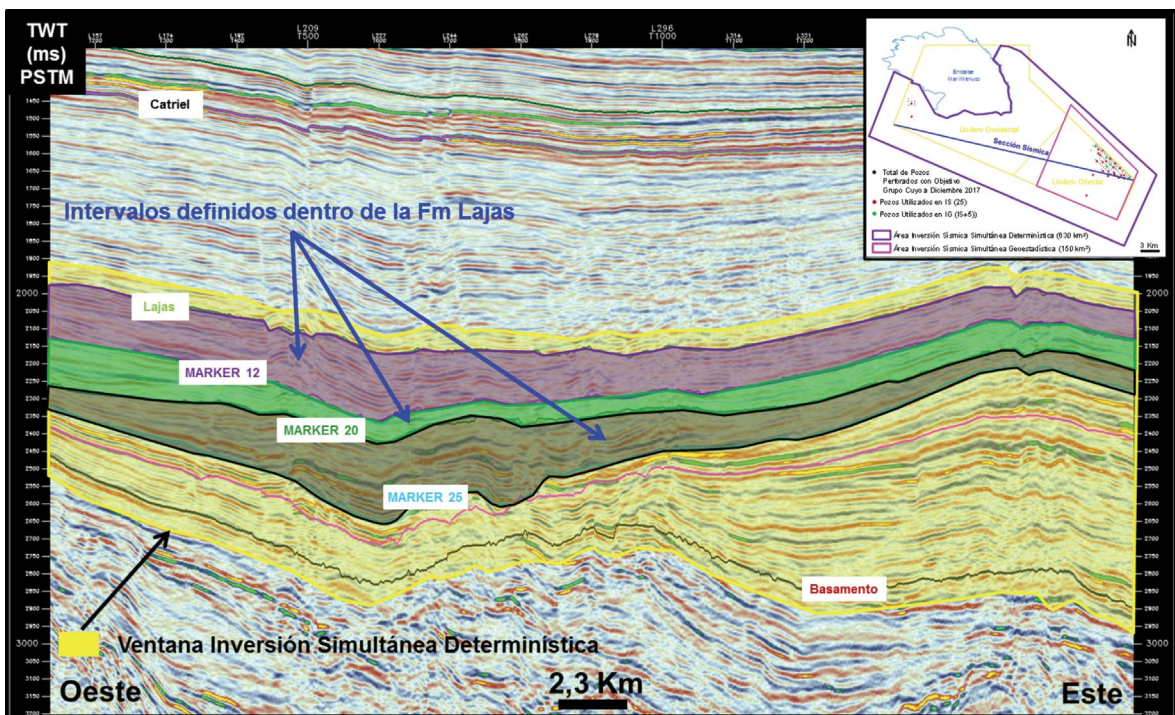


Figura 15. Sección Sísmica arbitraria de orientación Oeste-Este que muestra los intervalos estratigráficos definidos y utilizados en la Inversión Simultánea Determinística y Geoestadística para Fm Lajas.

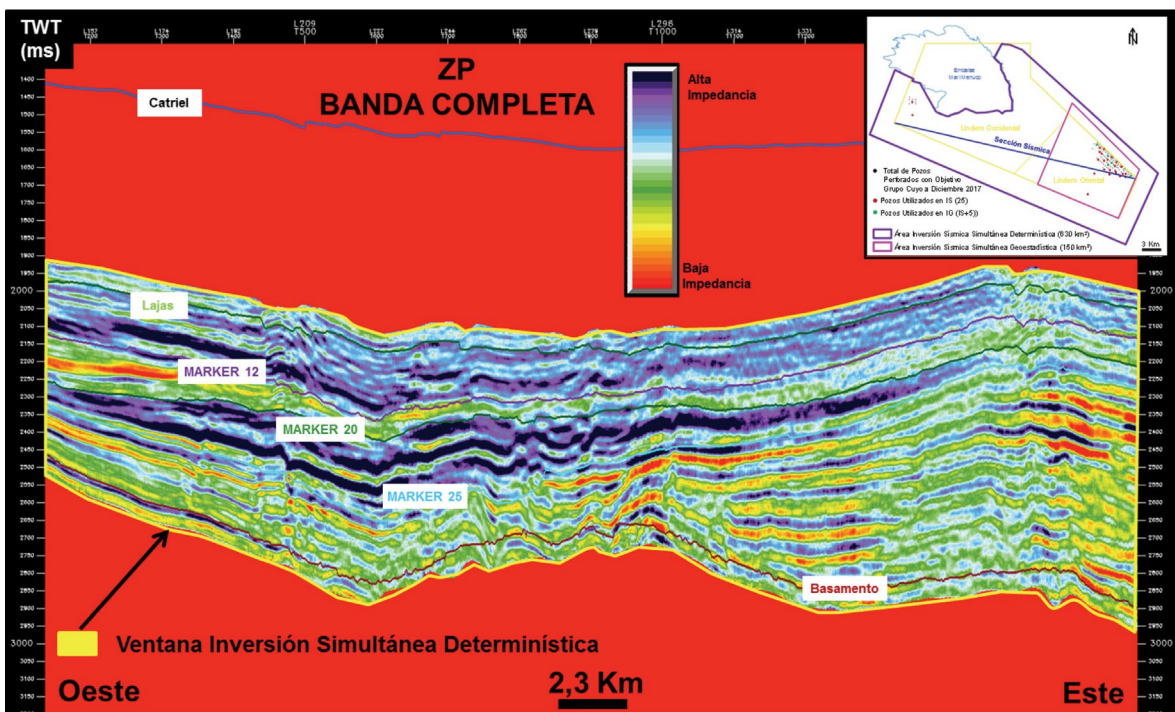


Figura 16. Impedancia P de Banda Completa para la Fm Lajas. Resultados de la Inversión Sísmica Simultánea Determinística.

Las Figuras 15, 16 y 17 muestran sobre la misma Sección Sísmica arbitraria de orientación Oeste-Este los intervalos estratigráficos definidos, la Impedancia P y V_p/V_s estimada con la Inversión Sísmica Simultánea Determinística.

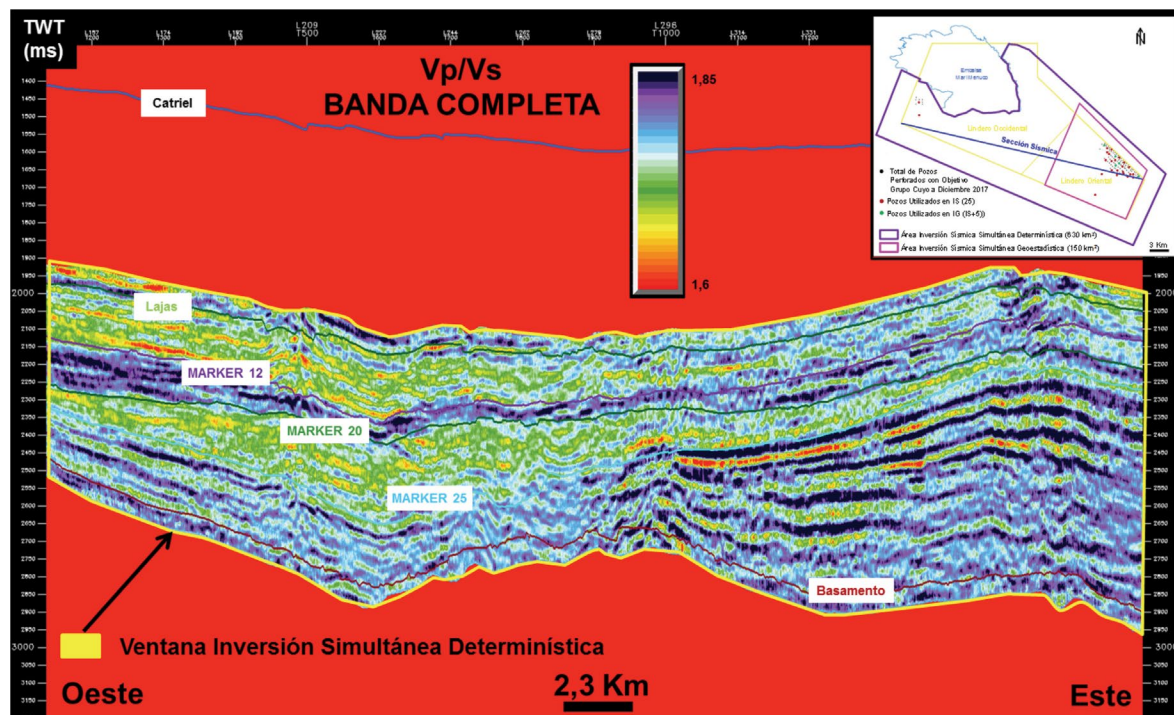


Figura 17. V_p/V_s de Banda Completa para la Fm Lajas. Resultados de la Inversión Sísmica Simultánea Determinística.

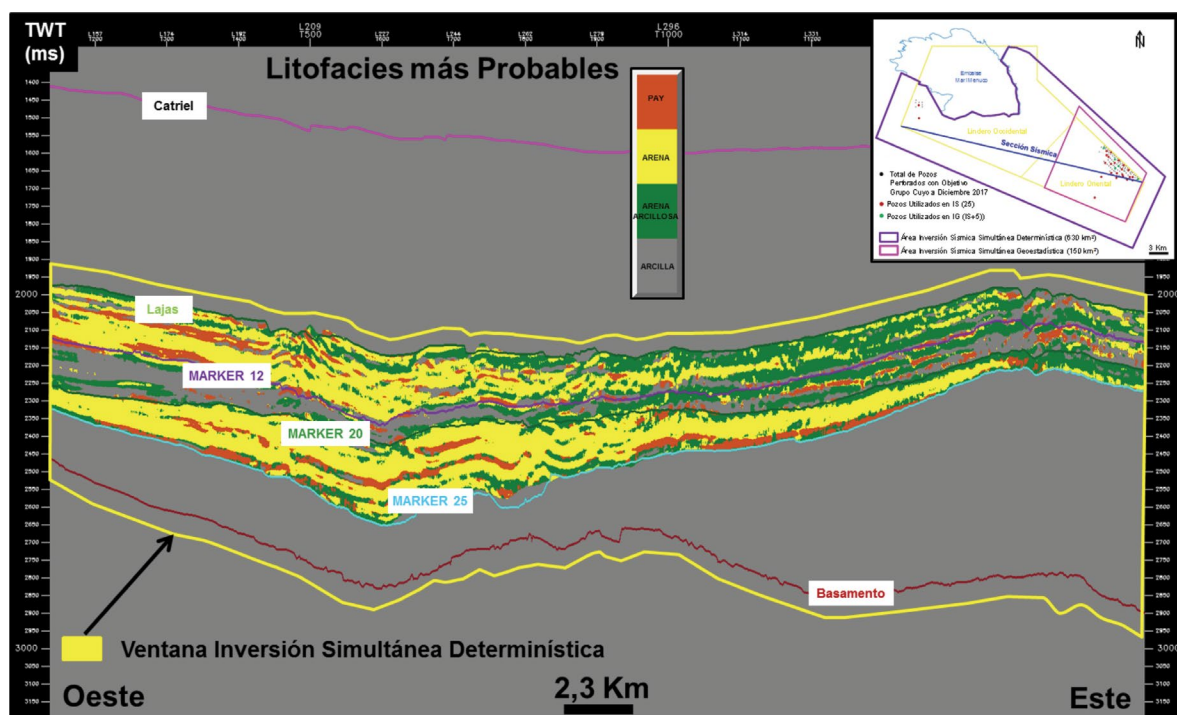


Figura 18. Litofacies más probables para la Fm Lajas. Resultados de la Inversión Sísmica Simultánea Determinística.

Adicionalmente se utilizaron los resultados de la Inversión Sísmica Simultánea Determinística en combinación con las litofacies previamente definidas con la información de pozos, y a partir de allí se generaron volúmenes de probabilidades para cada una de ellas.

Para calcular las probabilidades de las litologías se utilizaron funciones de densidad de probabilidad conjunta establecidas a partir de un modelo estadístico consistente con las relaciones que se definieron a partir de los datos de pozos (Fig. 11). De esta manera, los volúmenes de Impedancia P y V_p/V_s fueron utilizados para generar las litofacies más probables en cada uno de los intervalos definidos para la Fm Lajas. (Fig. 18 y 19).

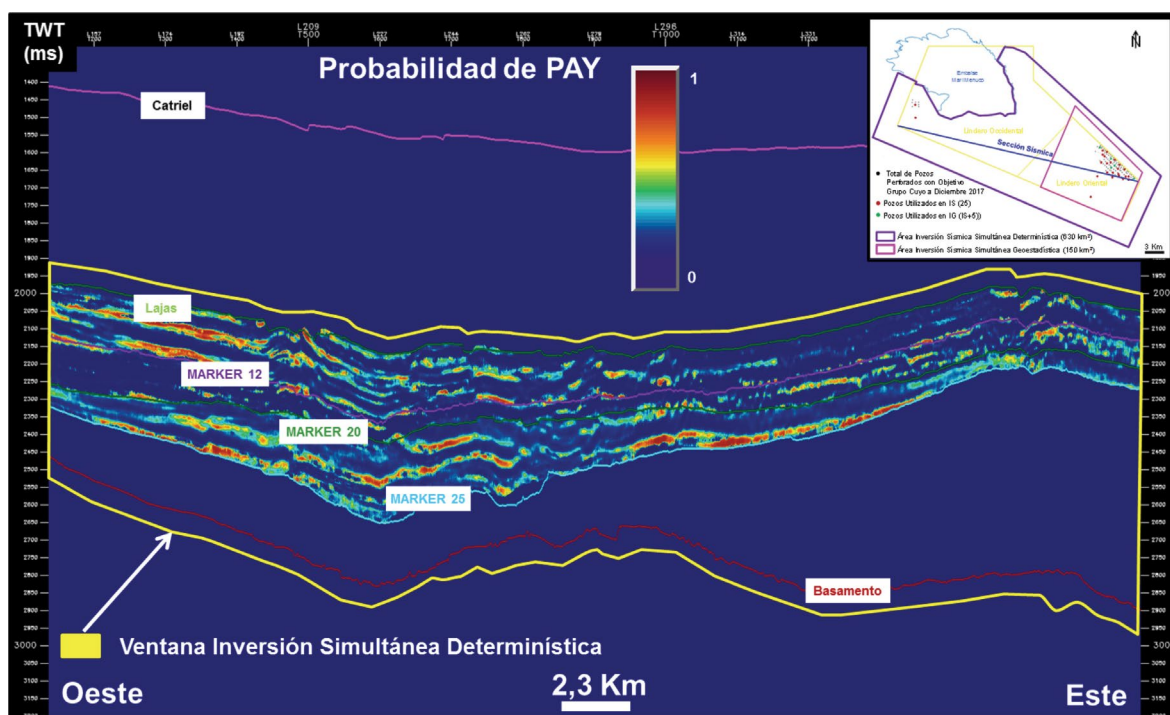


Figura 19. Probabilidad de Pay para la Fm Lajas. Resultados de la Inversión Sísmica Simultánea Determinística.

Etapla 2: Inversión Sísmica Simultánea Geoestadística

El trabajo se continuó con la realización de una Inversión Simultánea Geoestadística en la zona de desarrollo del Yacimiento Lindero Oriental a fin de satisfacer la necesidad de tener una mayor resolución vertical y espacial en asociación con la grilla de desarrollo establecida para el campo de 40 Acres (500 x 350 metros).

En la Figura 20 se muestra un esquema simplificado del flujo de trabajo utilizado en la Inversión Sísmica Simultánea Geoestadística del Yacimiento Lindero Oriental.

Cada intervalo definido dentro de Lajas: Lajas-M12, M12-M20 y M20-M25, fue dividido a su vez en microcapas cuyo espesor fue determinado en función de los datos disponibles de pozos;

el valor adoptado fue de 0.5 milisegundos que equivale a capas de espesores de aproximadamente entre 1 y 1.5 metros.

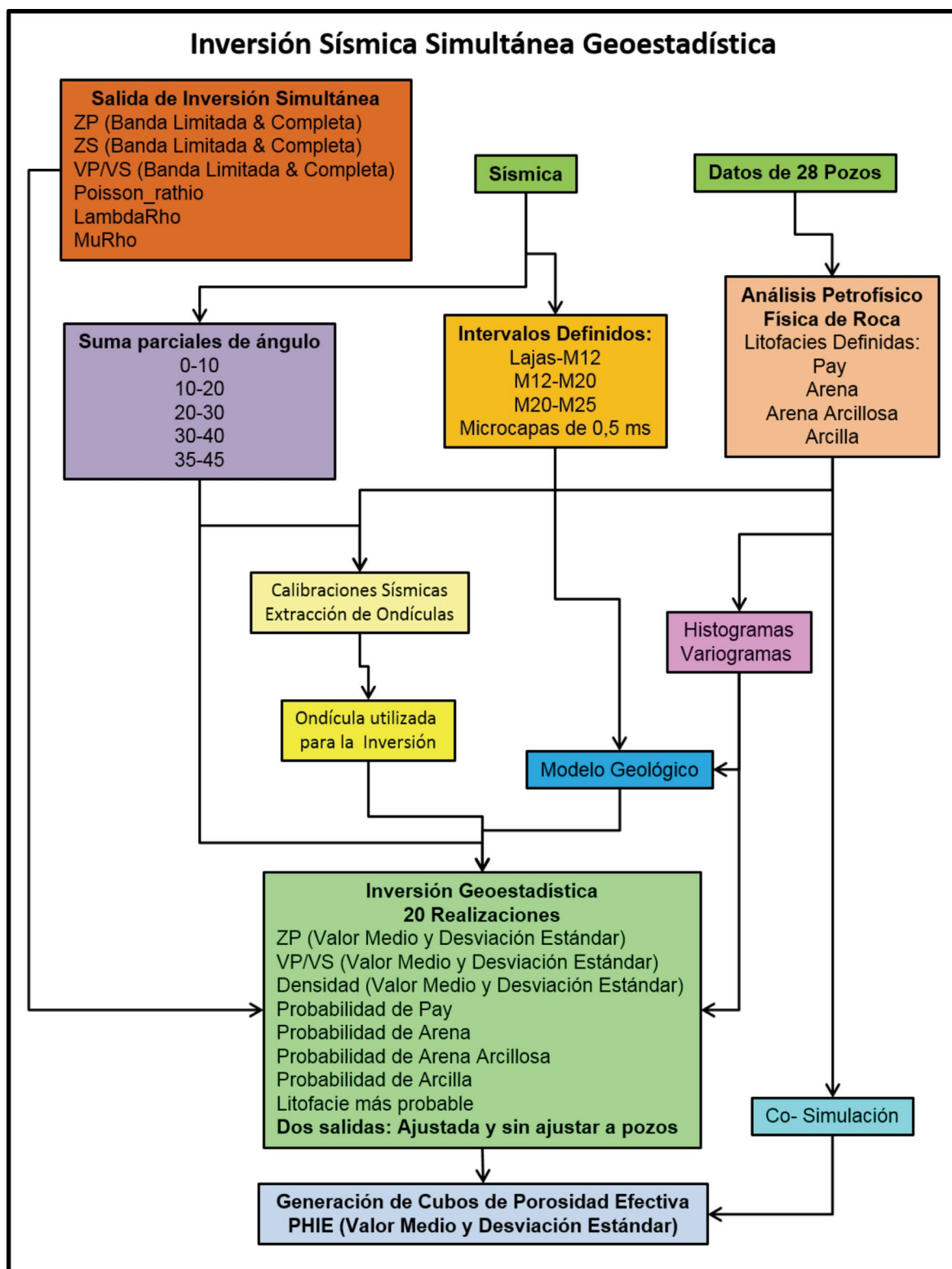


Figura 20. Esquema simplificado del Flujo de trabajo utilizado en la Inversión Sísmica Simultánea Geoestadística.

El rango de los variogramas utilizados, fue definido utilizando la información geológica disponible. Para esta inversión la longitud de los variogramas utilizados que generaron los mejores resultados rondaron entre 1000 – 1500 metros.

Se generaron dos salidas finales, una ajustada a pozos y otra no y en cada una se hicieron 20 realizaciones.

Para cada realización se obtuvieron los siguientes volúmenes: Impedancia P, Vp/Vs, Densidad y Litofacies igualmente probables. Asimismo, se generaron los correspondientes volúmenes de Impedancia P, Vp/Vs y Densidad como Valor Medio y su correspondiente Desviación Estándar. También fue generado el volumen de Litofacies más probable.

Adicionalmente, mediante el uso de co-simulaciones, fue posible estimar un cubo de porosidad efectiva promedio para el área de estudio, utilizando los volúmenes estimados de Z_p y V_p/V_s .

RESULTADOS

A continuación, se muestran algunos de los resultados obtenidos sobre una línea arbitraria paralela al límite del área en la zona del Yacimiento Oriental (Fig. 21). En la misma puede observarse el patrón estructural para la Fm Lajas en esta parte del bloque.

En ella aparecen sobreimpuestos los pozos existentes, indicando cuales de ellos han sido utilizados como dato de entrada en la Inversión Sísmica. Asimismo, se han agrupado de acuerdo con el pozo tipo definido para el Yacimiento Lindero Oriental, diferenciando los pozos que tienen una mayor producción asociada de aquellos que poseen una productividad menor.

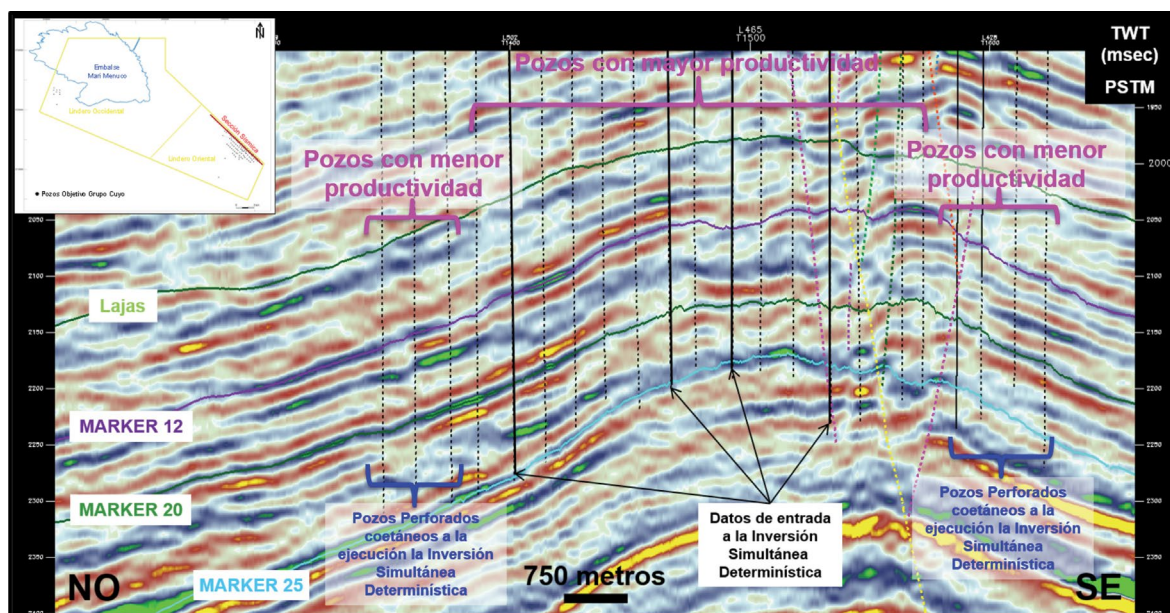


Figura 21. Sección Sísmica Arbitraria en la zona del Yacimiento Lindero Oriental (PSTM). Pozos perforados a Diciembre de 2017.

En líneas generales los resultados de la Inversión Simultánea Determinística tienen un muy buen ajuste con los datos de pozos no utilizados como datos de entrada a la misma.

En las Figuras 22 y 23 se muestra sobre la misma línea arbitraria de la Figura 21 los resultados de la Inversión Simultánea Determinística, información correspondiente al cubo de Facies más Probables y Probabilidad de Pay respectivamente.

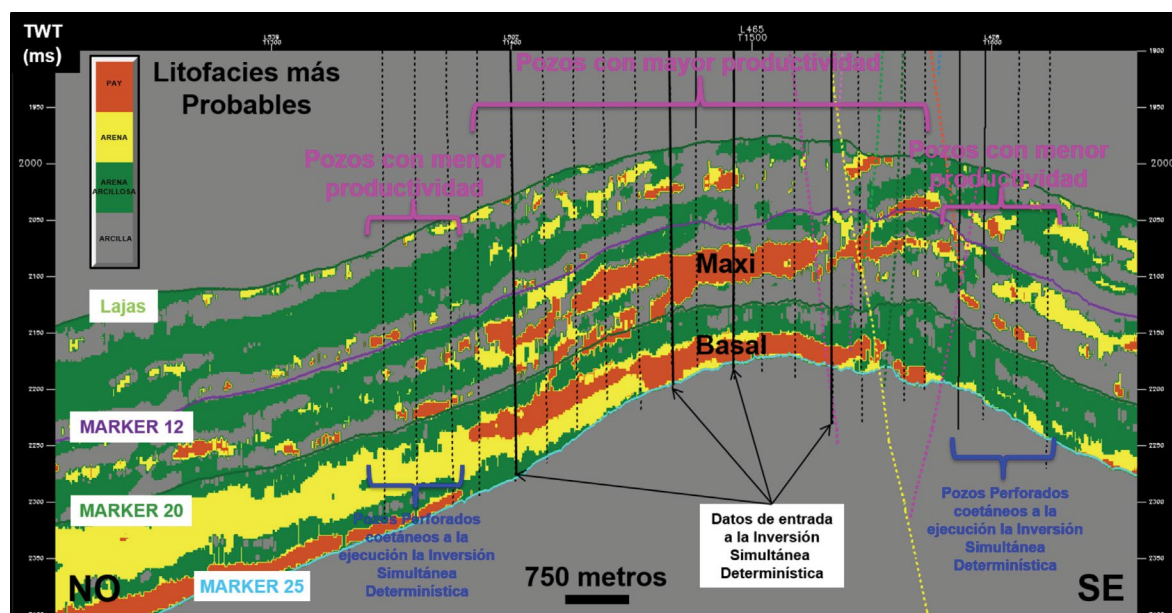


Figura 22. Litofacies más probables para la Fm Lajas. Resultados Inversión Sísmica Simultanea Determinística – Yacimiento Lindero Oriental.

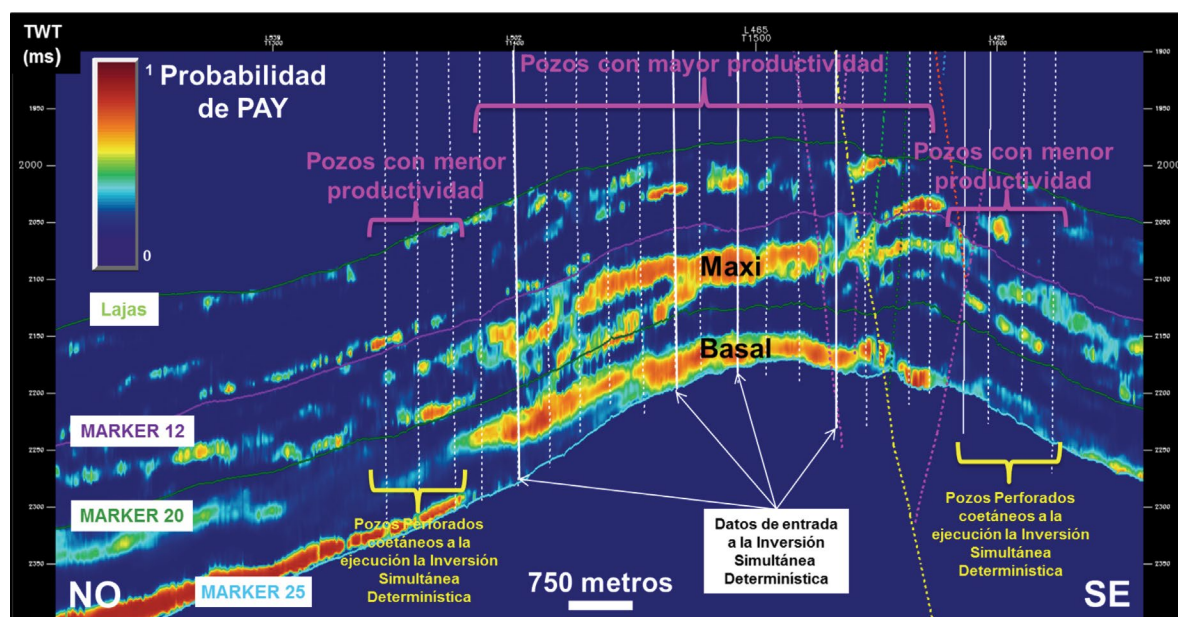


Figura 23. Probabilidad de Pay para la Fm Lajas. Resultados Inversión Sísmica Simultanea Determinística – Yacimiento Lindero Oriental.

En ellas puede verse el desarrollo de los reservorios Basal y Maxi en asociación con los pozos de mayor productividad y también la desaparición de las zonas de Pay hacia los extremos Noroeste y Sureste de la misma en coincidencia con la menor cota estructural. Es importante mencionar que las propuestas de estos pozos fueron anteriores al trabajo de la inversión y la perforación de los mismos fue coetánea con la ejecución de la misma.

Para la Inversión Simultánea Geoestadística se incorporó un pozo de cada una de estas zonas de menor productividad.

En las Figuras 24 y 25 puede verse en detalle los resultados de la Inversión Simultánea Geoestadística, información correspondiente al cubo de Facies más Probables y Porosidad efectiva promedio respectivamente.

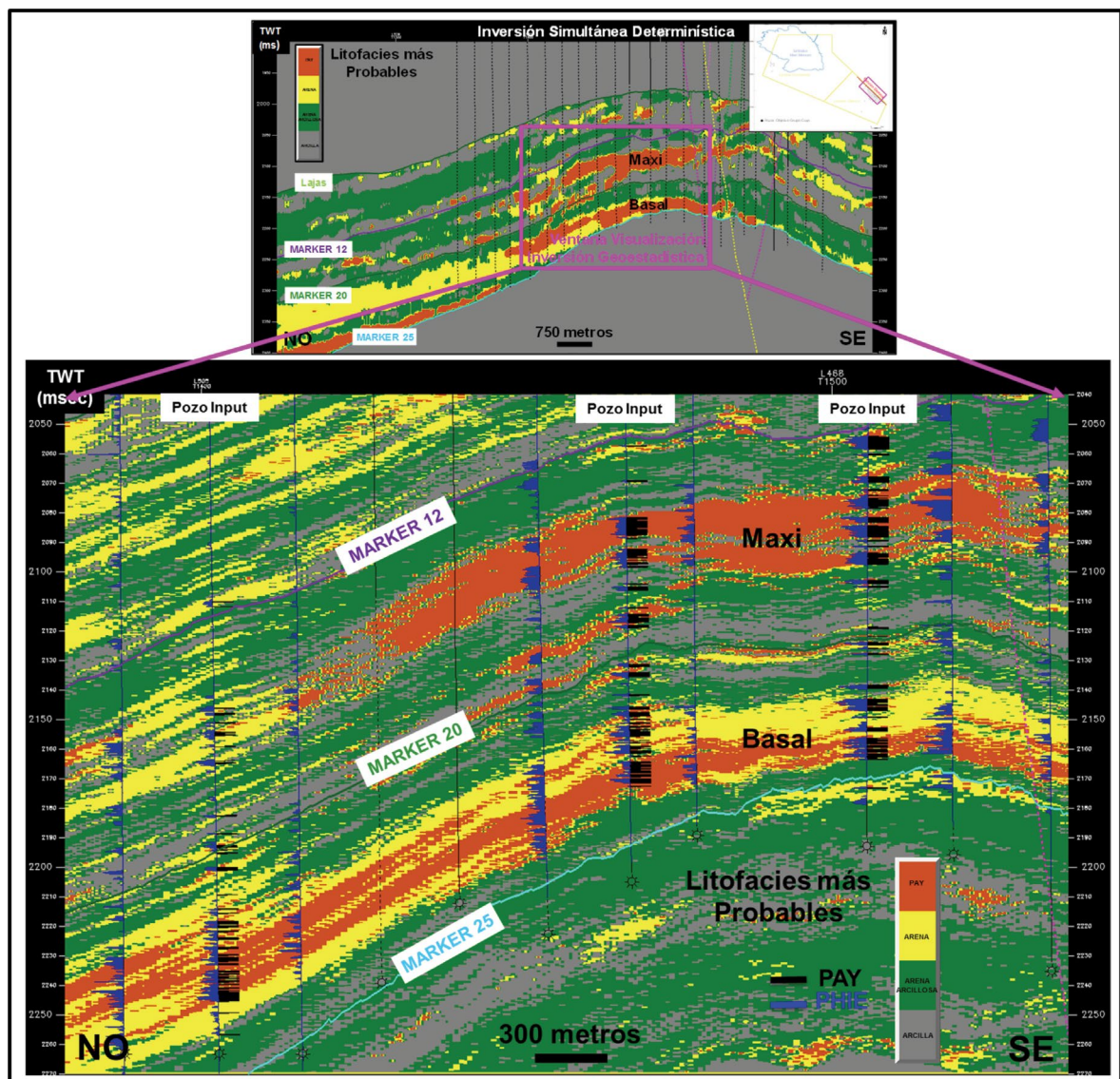


Figura 24. Probabilidad de Pay para la Fm Lajas. Resultados Inversión Sísmica Simultánea Geoestadística – Yacimiento Lindero Oriental

Sobre los tracks de pozos se muestran los perfiles de Porosidad Efectiva y de Pay calculado a partir de los datos de pozo, destacándose el buen ajuste del dato de los mismos con los resultados de la Inversión Geoestadística, no sólo en los pozos utilizados como dato de entrada sino también para el resto de los mismos.

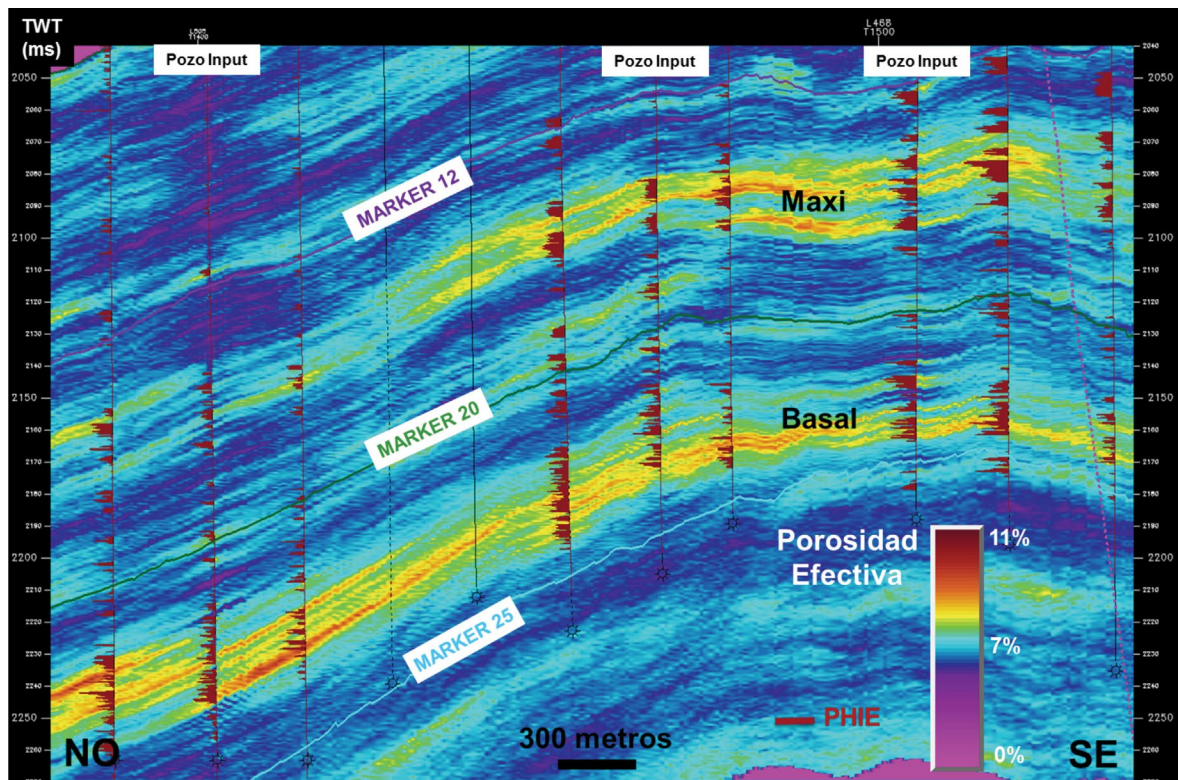


Figura 25. Porosidad Efectiva Promedio para la Fm Lajas. Resultados Inversión Sísmica Simultánea Geoestadística – Yacimiento Lindero Oriental.

CONCLUSIONES

En este trabajo se muestran los buenos resultados obtenidos para la Inversión Sísmica Simultánea Determinística y Geoestadística mediante el excelente ajuste con la gran cantidad de pozos disponibles para el área de estudio.

Asimismo, se observa que los resultados de la Inversión Simultánea y Geoestadística son consistentes entre sí y esta última provee una mejor definición de los objetivos.

Existen zonas próximas a algunas fallas en donde debido a la pobre calidad de la sísmica, por mayor presencia de ruido, el ajuste entre los datos invertidos y los datos de pozos es de inferior calidad.

Podemos concluir a partir del trabajo realizado y los resultados obtenidos que si se dispone de la información adecuada de datos de pozos y sísmica, es posible caracterizar los reservorios no

convencionales de la Fm. Lajas a profundidades mayores de 4000 metros.

Actualmente ambas inversiones están siendo empleadas con múltiples objetivos: caracterización de los reservorios en desarrollo de los yacimientos Lindero Atravesado Oriental y Occidental, reevaluación de pozos ya perforados, validación de pozos infill, análisis de zonas de avanzada y evaluación del potencial exploratorio de todo el bloque.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a YPF y a Pan American Energy LLC por autorizar la publicación de este trabajo. A Lucía Lamberghini, Ezequiel Alonso, Guillermo López Peze y Luis Vernengo por el acompañamiento en las tareas realizadas; a Juan Moirano por sus sugerencias y especialmente a Inna Tsybulkina y a Paola Fonseca por el compromiso demostrado.

REFERENCIAS CITADAS

- Filippova, K., A. Kozhenkov and A. Alabushin, 2011, "Seismic inversion techniques: choice and benefits", *First Break*, volume 29, May, 103-114.
- Lamberghini, L., D. Parra, E. Alonso, F. Sorenson, C. Espina, L. Viglione, D. Clem, and D. Ilk, 2017, "Performance Based Reservoir Characterization in a Tight Gas Reservoir System – Case Study from Lajas and Punta Rosada Formations in the Neuquén Basin, Argentina", *Unconventional Resources Technology Conference*, Austin, USA. URTeC: 2697509.
- Martínez E., D. LaSalle, y D. Pecuch, 2005, "Entrampamiento en el yacimiento Lindero Atravesado". En: Kozłowski, E., Vergani, G. & Boll, A. (Eds.): *Las Trampas de Hidrocarburos en las Cuencas Productivas de Argentina*. 6° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (IAPG): 317- 330. Mar del Plata.
- Pecuch, D, D. LaSalle, y Larriestra, C., 2005, "Modelo predictivo de propiedades petrofísicas basado en la integración no lineal de datos sísmicos y de pozo", 6° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Instituto Argentino del Petróleo y Gas, Mar del Plata.
- Vernengo, L., R. Czeplowodzki, E. Trincherro, A. Sabaté, I. Tsybulkina and F. Morillo, 2014, "Improvement of the reservoir characterization of fluvial sandstones with geostatistical inversion in Golfo San Jorge Basin", *The Leading Edge*, May, 508-518.
- Wang, H., H. Titchmarsh, K. Chesser, J. Zawila, S. Fluckiger, G. Hughes, P. Kerr, A. Hennes, M. Hofmann, 2015, "Maximizing Recoverable Reserves in Tight Reservoirs Using Geostatistical Inversion from 3-D Seismic: A Case Study From The Powder River Basin, USA", *Unconventional Resources Technology Conference*, San Antonio, USA. URTeC: 2153909, 345-355.
- Zarpellón, C., Crovetto, Carolina, 2018. *Estudios Sísmicos en el Área de Lindero Atravesado de la Cuenca Neuquina: Flujo de Trabajo Utilizado*. Conexplo, 2018. 10° Congreso de Exploración y Desarrollo de hidrocarburos, IAPG, Mendoza (este mismo congreso).