
4 Conclusiones

Las ondas S están siendo aplicadas con mayor frecuencia en las diferentes etapas de Exploración y Producción con la finalidad de tener mayor asertividad en la búsqueda de nuevos prospectos exploratorios y en el desarrollo de los campos. El trabajo de tesis presenta las bases teóricas de la onda S y las diferentes metodologías para tener una mayor comprensión integral de las aplicaciones. En resumen se concluye:

Las bases teóricas son importantes para entender los conceptos como anisotropía, rotación de los sistemas, conversión de ondas entre otros, con este conocimiento teórico, nos permitirá ir solidificando el entendimiento de la sísmica multicomponentes tanto en adquisición, procesamiento e interpretación mejorando las metodologías

La utilización de las ondas S y ondas convertidas PSV, como complemento al empleo de ondas P, es cada día más frecuente en la exploración de subsuelo; esto es debido en parte a que se tiene una mejor comprensión de los fenómenos de propagación de las ondas S, en parte a que se ha probado el beneficio de combinar propiedades de ondas P con ondas S (V_p/V_s , V_p^2/V_s^2) y en parte debido a la capacidad de computo actual que permite manejar ágilmente volúmenes sísmicos robustos de ondas P, ondas convertidas y algunos de sus atributos.

En un medio elástico con diferentes velocidades de ondas P y S para cada capa y considerando las ondas convertidas, el equivalente del Punto de Reflejo Común en ondas P, es conocido como punto de conversión común (CCP) en ondas convertidas PSV. Este punto de reflexión es dependiente de la relación V_p/V_s y de la distancia de la fuente y el receptor, tiene un comportamiento asintótico con la profundidad y tiende a estar más cerca de los receptores.

La medición de las ondas S y ondas convertidas en pozos exploratorios mediante técnicas DSI es fundamental para derivar velocidades y junto con otros parámetros, los módulos elásticos (relación de Poisson, modulo de Young, modulo de compresibilidad, módulo de cizalla). Es importante también para estimar parámetros de anisotropía en el medio. Esta información es indispensable para el

procesamiento, interpretación y calibración de las ondas convertidas obtenidas en levantamientos superficiales y para discriminar tipos de litologías y tipos de fluidos en las rocas, entre otras aplicaciones.

La información obtenida mediante el VSP multicomponente es útil para correlacionar los datos de sísmica de superficie, mejorar la señal, suprimir el ruido durante el procesamiento de los datos sísmicos de superficie, mejorar la calidad de los nuevos levantamientos o los existentes y restaurar las amplitudes verdaderas en los datos procesados; además, puede ser útil para predecir a qué profundidad se encuentran los siguientes horizontes por debajo de la profundidad total.

La información obtenida mediante levantamientos sísmicos multicomponente en la superficie es sumamente valiosa para mejorar la imagen del subsuelo y estimar propiedades de las rocas sobre áreas considerables. Aunque los instrumentos de detección son especiales, sismodetectores de 3 ó 4 componentes, las técnicas de adquisición son muy similares a las usadas para sísmica de onda P.

Un aspecto que merece especial atención en adquisición sísmica multicomponente es el acoplamiento apropiado de los geófonos. Por lo tanto es muy importante asegurarse de su buen plantado. Así mismo, la orientación de los geófonos hacia una misma dirección, generalmente inline, ayuda significativamente al procesamiento en lugares en donde no se puede distinguir la llegada de las primeras llegadas.

Para el procesamiento de las ondas convertidas PSV se emplean flujos de trabajo similares a los usados para onda P; sin embargo, se han realizado algunas adaptaciones a los algoritmos y flujos de trabajo de acuerdo a la naturaleza de las ondas convertidas.

Hasta ahora no existe un estándar en cuanto a los programas y flujos de procesos de la información de ondas PSV multicomponente ya que la tecnología está en pleno desarrollo; sin embargo, un flujo de trabajo que ha dado buenos resultados es el siguiente: 1) rotación a componentes radial y transversal, 2) formación de gathers de puntos conversión común (CCP), 3) supresión del ground roll usando técnicas de modelado, 4) aplicación de ganancia consistente con la

superficie, 5) aplicación de deconvolución consistente con la superficie, 6) cálculo de correcciones estáticas a las estaciones receptoras 7) análisis de velocidades sobre la componente radial para obtención de velocidades de migración, 8) obtención de apilamiento bruto de onda convertida y 9) migración post o pre apilamiento (PSTM), en función de la complejidad de la estructura y del campo de velocidades.

Ante la presencia de anisotropía debido a fracturamiento o cambios laterales de facies, se realizan análisis de velocidad de migración en familias de punto de imagen común (CIP) selectos aplicando varios valores a parámetros tales como relación de velocidades verticales, relación de velocidades efectivas y parámetro de anisotropía de la onda S. El proceso se realiza en forma iterativa hasta aplanar o hacer simétricos los eventos de reflexión. Finalmente, el campo obtenido es utilizado para correr la PSTM.

Las principales aplicaciones de onda convertida se han enfocado a resolver problemas de imagen que las ondas P no habían resuelto ya sea bajo zonas saturadas con gas o en estructuras con fuerte echado, a discriminar litologías y/o fluidos, inversión conjunta PP-PS y más recientemente a la caracterización de heterogeneidades causadas por anisotropía en el fracturamiento natural de las rocas o en cambios laterales de facies.

Los resultados de la aplicación de sísmica multicomponente han reducido la incertidumbre y acotado mejor el riesgo exploratorio y de desarrollo con lo que las empresas que la emplean se han visto beneficiadas en sus indicadores de incorporación de reservas y producción de hidrocarburos.

En México existe un gran potencial para aplicar esta tecnología para resolver la problemática que todavía existe en la exploración y desarrollo de yacimientos heterogéneos, ya sea asociadas a rocas terrígenas (Cencas de Burgos, Veracruz y Chicontepec), pero principalmente a rocas carbonatadas fracturadas, que como se sabe es de donde proviene la principal producción de hidrocarburos del país.

Se considera muy importante para la industria formar especialistas en el desarrollo y aplicación de esta tecnología, por lo que las universidades y empresas nacionales deberían trabajar juntas para contar con ellos a la mayor brevedad.

Recomendaciones

Realizar estudios de factibilidad de ondas convertidas por medio de VSP, sísmica superficial 2D antes de hacer un levantamiento de sísmica de superficie. Esto también ayudará a obtener parámetros para el procesamiento de las ondas convertidas principalmente la relación V_p/V_s y conocimiento de condiciones de las capas someras para las estáticas.

Evitar aplicar operadores de ondas P a los datos de ondas S, el principio de éstos es el mismo pero con características diferentes.

Hasta que no se tenga estandarizado y entendido los problemas que pudieran pasar en la adquisición de los 3C se recomienda la interacción del personal de campo con el de diseño de adquisición, el de adquisición con el de procesamiento y el del procesamiento con el de interpretación, para resolver dudas o problemas inesperados que se vayan presentando, aplicando mejores prácticas a corto tiempo.

Con la adquisición de las ondas PSV se pueden obtener diferentes parámetros como V_p/V_s , amplitudes, módulos elásticos y/o constantes de Lamé, la integración de uno o varios de estos parámetros en la interpretación proporcionarán información más completa para caracterizar los yacimientos.

Informarse de los avances de las demás técnicas, para ver si se pueden extrapolar las aplicaciones o metodologías, como se ha visto en el desarrollo de esta técnica. Además de la técnica con la que se está familiarizado, por ejemplo la tendencia del desarrollo del procesamiento de los datos PSV es la migración a profundidad, donde se espera que varias etapas del procesamiento serán redundantes, como es el cálculo de gamma.

Elaborar una base de datos que contenga los valores V_p/V_s , módulos elásticos, constantes de Lamé, atenuación de onda PP, PS, SS, parámetros de anisotropía (orientación y porcentaje), para

considerarlos como análogos de cada uno de los métodos (Registros, VSP y sísmica de onda completa) durante cada una de etapas (modelado, adquisición, procesamiento e interpretación).