



## **SOBRE EL PROCESAMIENTO POST SUMA EN TIEMPO DE LAS LÍNEAS SÍSMICAS MARINAS ADQUIRIDAS EN 2009**

**Grisel Ariadna Ameijeiras Fernández, Alberto Domínguez Gómez, Edenia Camejo Cordero, Mericy Lastra Cunill y Raúl Gómez García.**

Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET) (DIGICUPET)

Calle 23 # 105 e/ O y P, Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.

Email: [grisel@digicupet.cu](mailto:grisel@digicupet.cu) [edenia@digicupet.cu](mailto:edenia@digicupet.cu) [mericy@digicupet.cu](mailto:mericy@digicupet.cu) [raúl@digicupet.cu](mailto:raúl@digicupet.cu) [alberto@digicupet.cu](mailto:alberto@digicupet.cu)

### **RESUMEN**

Este trabajo describe un procesamiento post suma 2D realizado en Digicupet a cuatro líneas sísmicas marinas adquiridas en 2009, con el objetivo de mejorar la imagen sísmica, con la que se pueda ulteriormente actualizar el modelo geológico del área, destacando sus características geológicas y la presencia de anomalías sísmicas asociadas a yacimientos de hidrocarburos.

Los datos sísmicos fueron adquiridos con un paso de muestreo de 2 ms y una longitud de registro de 9000 ms, y se grabaron en formato SEG-D en cartuchos 3590, con un levantamiento convencional 2D y recubrimiento 12000%. El software utilizado en el procesamiento fue el Geocluster.

En el desarrollo de este procesamiento se tuvo en cuenta las coordenadas de los receptores para la ubicación más exacta de los puntos CMP. Se realizaron los correspondientes pasos para la atenuación de las ondas múltiples. Se determinó aplicar una secuencia de migración posterior a la suma en tiempo que mejoró su resultado respecto a una secuencia estándar de migración. Se realizó una conversión de tiempo a profundidad y se obtuvo el atributo de fase instantánea como apoyo a la interpretación geológica del área.

Como resultado de este procesamiento se alcanzó un mejoramiento en la calidad de la imagen sísmica.

### **ABSTRACT**

This work describes a 2D post stacking processing carried out in Digicupet to four marine seismic lines acquired in 2009, with the objective to improve the seismic image and later on to update the geological model of the area, remarking its geologic features and the presence of seismic anomalies associated to hydrocarbons oilfields.

The seismic data were acquired with 2 ms of sampling rate and 9000 ms record length, being recorded on SEG-D format in 3590 cartridges, on a conventional 2D survey and 12000% fold. The software used in the processing was Geocluster.

This processing was carried out having in mind the receivers' coordinates for a more accurate location of the CMP and the corresponding steps for the attenuation of the multiple waves. It was determined to apply a time post stack migration that improved its result in relationship with a standard sequence of migration. It was carried out a conversion from time to depth and it was obtained the attribute of instantaneous phase as support to the geologic interpretation of the area. As a result of this processing it was obtained an improvement of the seismic image.

### **INTRODUCCIÓN**

En el centro de procesamiento de datos sísmicos fue realizado el procesamiento post suma 2D en cuatro líneas sísmicas que abarcan 62,78 km lineales con el fin de proveer una información complementaria que permita actualizar el modelo geológico del área perteneciente a la zona sur oriental de un bloque localizado aproximadamente a 10 km al norte del yacimiento Varadero, con el objetivo de mejorar la relación señal/ruido sobre todo en la región asociada a los cabalgamientos, así como la correlación de los horizontes y paquetes de reflexiones sísmicas que puedan asociarse a las rocas Cretácicas-Jurásicas que componen el reservorio principal en la Franja Septentrional Petrolera. Se emplearon las técnicas de procesamiento más recientes con que cuenta el centro y se determinó

aplicar una secuencia de migración después de la suma en tiempo, producto de las limitaciones de hardware con que se cuenta, la cual se describe posteriormente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos adquiridos se localizan en el Bloque N37 perteneciente a la Zona Económica Exclusiva y conforman un área de aproximadamente 2805 Km, de la cual solo se tomó una parte hacia el este de aproximadamente 62,78 Km, conformados por 4 líneas sísmicas que fueron limitadas en longitud de acuerdo a los objetivos del trabajo (Ver Figura., 1). Los datos sísmicos fueron adquiridos en cartuchos de cintas magnéticas 3590. El software de procesamiento utilizado es el Geocluster versión 3100, de CGG, utiliza un servidor de procesamiento con 4 procesadores, un servidor de software de entrada salida y tres terminales con pantallas dobles de 21 pulgadas.

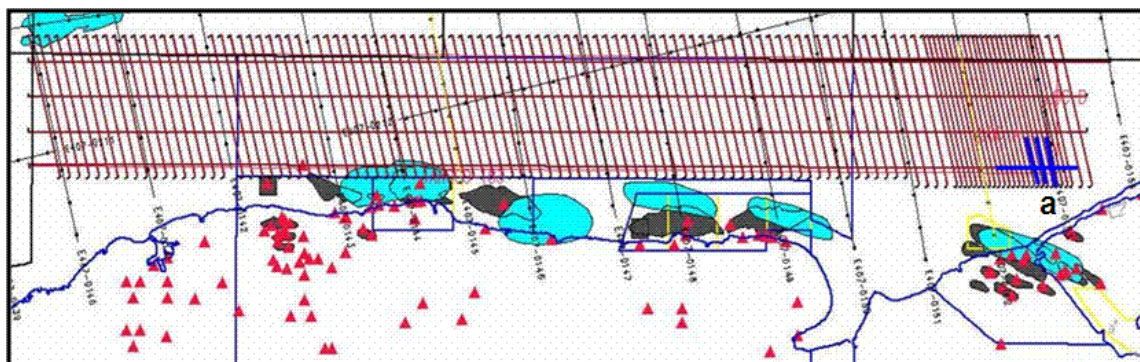


Figura. 1 Área total de los datos sísmicos adquiridos a) Líneas procesadas por Digicupet.

Parámetros del dato de adquisición.

Paso de muestreo.....2 ms  
Longitud de registración.....9000 ms  
Formato de grabación.....SEG D-8058  
Multiplicidad.....12000%

Parámetros de la fuente

Tipo de energía de la fuente....cañones de aire  
Número de fuentes.....1  
Intervalo entre puntos de excitación.....25.m  
Profundidad de la fuente.....7.m  
Volumen de la fuente.....4200 cu. In  
Presión.....2000 psi

Parámetros del cable

Cantidad de cables.....1  
Profundidad del cable.....9.m  
Número de canales.....480  
Distancia entre canales.....12.5.m  
Alejamiento mínimo.....145.m  
Alejamiento máximo.....6000.m

La calidad de la información sísmica es buena, se observa buena energía en el registro sísmico. El campo de ondas útiles, se ve alterado por ondas de hodógrafos lineales así como por el ruido del oleaje y también por la presencia de ondas múltiples, producidas por el fondo marino, cuya amplitud



es fuerte apantallando la información. Además se aprecian desde la superficie, la presencia de múltiples difracciones que hacen más complejo el cuadro de ondas.

En base a las características de los ruidos y de la información adquirida fue dirigido el procesamiento de los datos, tratando de atenuar lo más posible los ruidos de diferente naturaleza, sin afectar la información útil, con el propósito de obtener secciones sísmicas de calidad lo más cercana al medio geológico estudiado. (GGG, 2004b).

Como resultado final se obtuvo una migración post suma en tiempo así como se realizó la conversión de tiempo a profundidad y la obtención del atributo de fase instantánea como complemento para la interpretación.

La secuencia de procesamiento utilizada fue.

- Verificación del dato de campo y reformateo.
- Entrada y chequeo en el proceso de los datos de radionavegación.
- Actualización en los encabezamientos de las trazas sísmicas del dato de navegación.
- Compensación del retardo de la fuente y el cable.
- Remuestreo a 4ms.
- Edición de trazas malas y spike.
- Designatura/ procesamiento de la ondícula para su conversión a fase cero.
- Aplicación de filtro corte bajo para la atenuación del oleaje.
- Ordenamiento por punto medio común. (CMP.)
- Análisis de velocidades I, cada 100 CMP, y mute.
- Atenuación de las ondas múltiples, relativa a la superficie.
- Análisis de velocidades II, cada 50 CMP, y mute.
- Atenuación de las ondas múltiples, segundo paso.
- Corrección por divergencia esférica.
- Ajuste de amplitudes.
- Atenuación de las ondas múltiples, tercer paso
- Deconvolución predictiva.
- Análisis de velocidades III, cada 50 CMP, y mute.
- DMO (dip moveout) por planos de alejamiento.
- Migración 2D en el dominio F-K por planos de alejamiento.
- Demigración.
- Migración diferencia finita en el dominio FX (velocidad suavizada 80%).
- Mejoramiento de la coherencia.
- Filtro pasa banda.
- Ecuilización dinámica.
- Ajuste de la fase a cero.
- Conversión de tiempo a profundidad.
- Atributo de fase instantánea.

## RESULTADOS

- Se desarrolló un procesamiento 2D post suma con el software Geocluster.
- Se obtuvo como resultado final la conversión del dato migrado en tiempo a profundidad.
- Obtención del atributo de fase instantánea como apoyo a la interpretación geológica del área.

## DISCUSIÓN

Breve descripción de algunos pasos importantes de esta secuencia.

### Entrada y chequeo en el proceso de los datos de radionavegación.

- En esta etapa utilizando los ficheros SPS (Shell Processing Support), se verificó mediante un control de calidad los datos de la navegación, como chequeo de las fuentes, ploteo de las trazas de alejamientos cercanos, posición del cable en su movimiento. Se puede observar la desviación del cable al final de la línea producido por el viraje del barco y el comienzo de la recepción de las ondas sísmicas sin estar aun alineado el cable sobre la línea del perfil (Ver Figura. 2.).

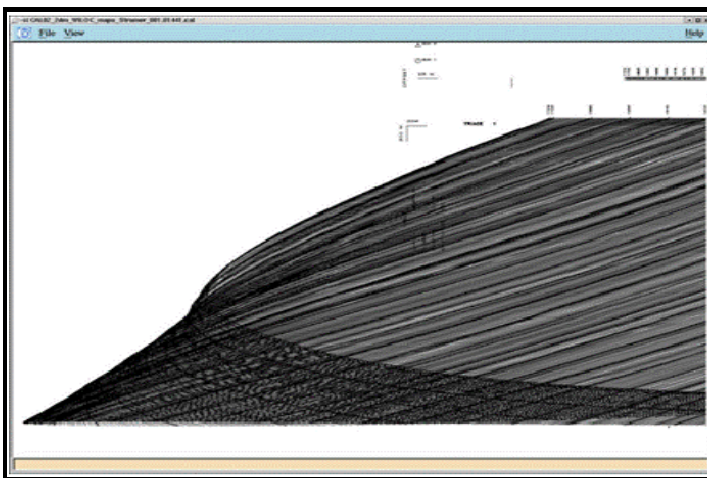


Figura. 2 Esquema de los puntos de tiros (PT) y los receptores obtenidos de los datos de radionavegación.

Se realizó un procesamiento en el cual se incluyeron en los encabezamientos de las trazas las coordenadas de los puntos de recepción teniendo en cuenta la influencia en las mismas en el viraje del barco en la adquisición, que hizo que las coordenadas CMP quedaran desplazadas de la línea teórica de las coordenadas de las fuentes. (Ver Figura. 3.).

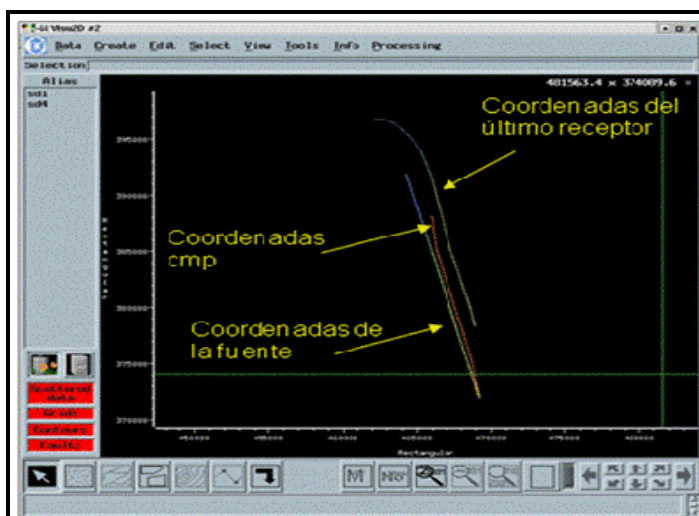


Figura. 3 Verificación de las coordenadas de la fuente, receptor más lejano y puntos CMP.





## Atenuación de las ondas múltiples.

Aspecto importante en el tratamiento de los ruidos, es la atenuación de la múltiple del fondo marino, la cual apantalla totalmente la información sísmica. (CGG, 2004a).

En este primer paso se utilizaron dos módulos, los cuales son módulos antimúltiples, que trabajan para la atenuación de la onda múltiple relativa a la superficie, uno crea el modelo de la múltiple y el otro la sustrae del dato sísmico.

En un segundo paso se utilizó un módulo de alta resolución, que atenúa la múltiple en el dominio radon en su variante parabólica, este calcula el modelo de las ondas primarias y los eventos múltiples y sustrae el modelo de la múltiple formado por pequeñas parábolas, de los datos de entrada, considerando solo los eventos primarios.

Para un tercer paso se utilizó una secuencia de trabajo DIMAT (atenuación de la múltiple difractada), en la cual las amplitudes mayores de un valor determinado y a partir de un tiempo dado, son atenuadas, estas características coincidirán con la onda múltiple que se quiere eliminar. (Ver Figura. 4.).

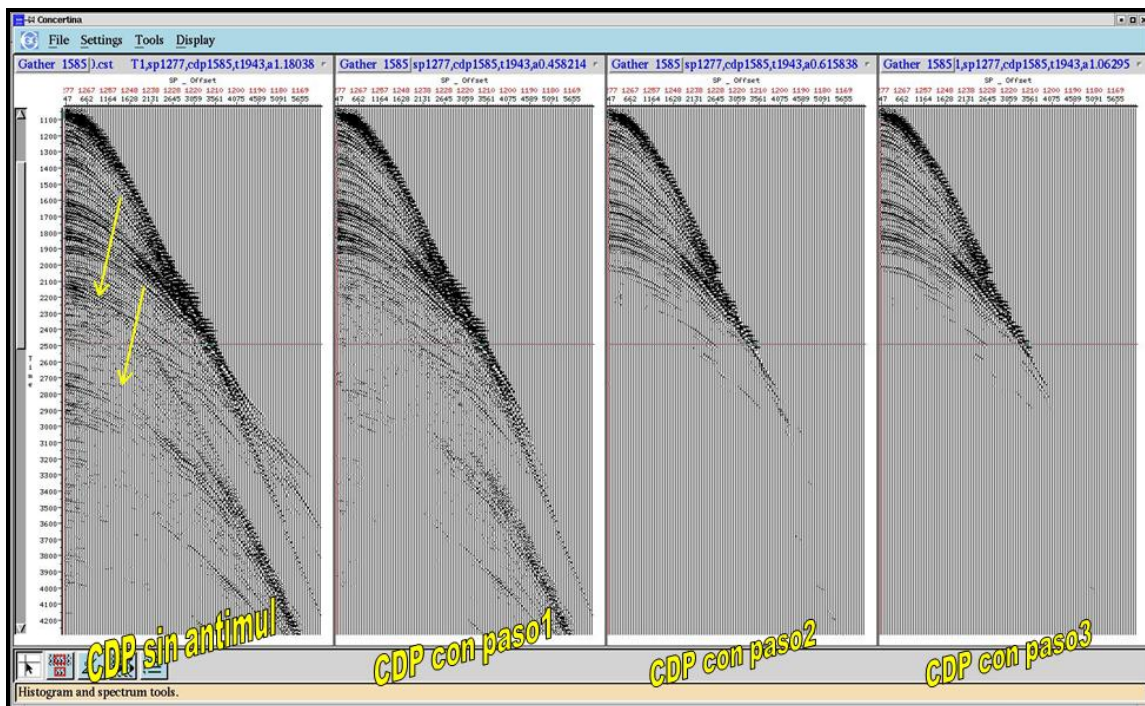


Figura.4 CMP antes y después del tratamiento de atenuación de las ondas múltiples.

## Metodología de la migración utilizada.

Después de la obtención del DMO por planos de alejamiento se pasó a migrar el dato.

El proceso de migración ubica a los horizontes sísmicos inclinados en la posición más cercana a la realidad geológica (los horizontes planos no sufren este efecto de corrimiento). Al producirse estos movimientos desde otros planos, se colapsa la energía dispersa, así la imagen sísmica quedará mejor definida.



Se realizó una migración en el dominio FK por planos de alejamiento con una velocidad constante de 1500 m/s. Este método introducido por Stolt hace uso de la Transformada 2D de Fourier, convirtiendo la sección de entrada a un dominio FK, donde es parcialmente migrada con un simple algoritmo. El objetivo de este paso fue el de utilizar los sismogramas parcialmente migrados en un posterior análisis de velocidad, después de eliminar el NMO (*Normal Move Out*, por sus siglas en inglés) con que fue migrado, obteniéndose un mejor ajuste de las velocidades. Posteriormente se sumó el dato con la última velocidad obtenida.

A continuación se demigró el dato sumado y se volvió a migrar con el algoritmo de diferencias finitas en el dominio espacio-frecuencia ( $x, f$ ), el cual da solución a la ecuación de la onda acústica. (Yilmaz O., 2001).

Estas migraciones se realizaron con la velocidad final suavizada a diferentes porcentos (70, 75, 80, 85, 90, 95, 100), obteniendo la mejor imagen migrada con la velocidad suavizada al 80 %. Se pudo observar una relación señal/ruido mayor y un menor efecto de bordes producido por la migración con esta metodología aplicada. (Ver Figura. 5.).

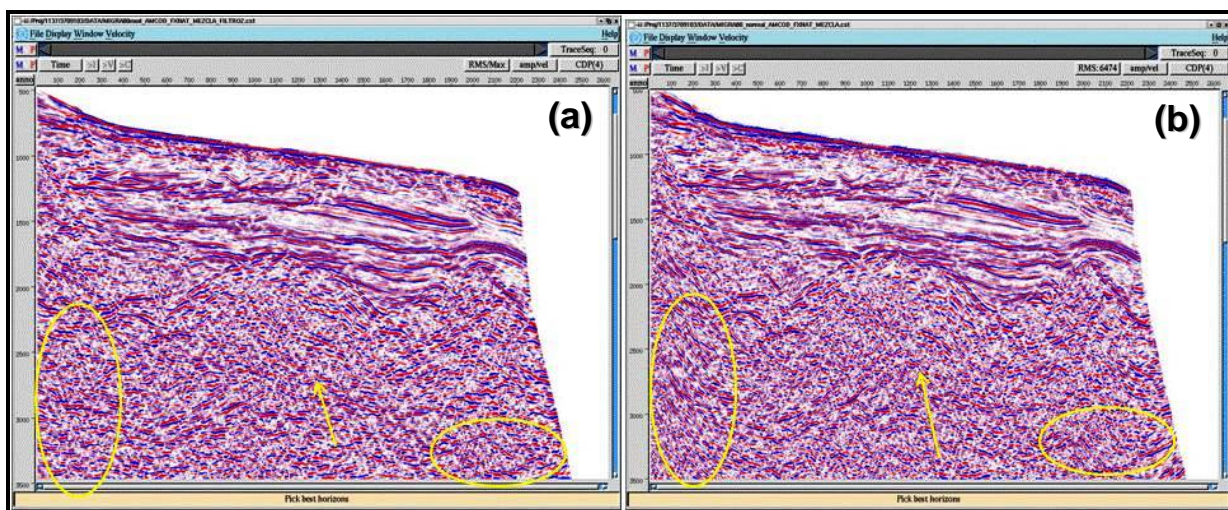


Figura. 5 Línea 103, comparación entre la metodología utilizada (a) y la migración estándar (b).

### Conversión de tiempo a profundidad del corte sísmico y obtención de atributo de fase instantánea.

Se realizó la conversión del resultado final en tiempo a profundidad a solicitud de los interpretadores con el objetivo de poder realizar la correlación entre estos datos y procesamientos contiguos cuyos resultados finales se encontraban en profundidad. (López M. y otros, 2011)

Para la conversión de los datos migrados de tiempo a profundidad, primeramente fueron llevadas las velocidades rms después de suavizadas a velocidades promedios.

Como segundo paso para la conversión de tiempo a profundidad se utilizó una función cuyo algoritmo se describe a continuación:

$$\text{PROFUND} \quad \frac{1}{2000} \times \int_0^{\text{TIEMPO}} V^{Dix}(t) \cdot dt$$

DONDE:

$$V^{Dix}(T) = \frac{d[t \cdot (V_{rms}(t))^2]}{dt}(T)$$

Se puede observar que al utilizar a la entrada de esta tarea el campo de velocidades promedio calculadas y la suma migrada en tiempo, se logró obtener la conversión del dato migrado en tiempo a profundidad. (Ver Figura. 6.).

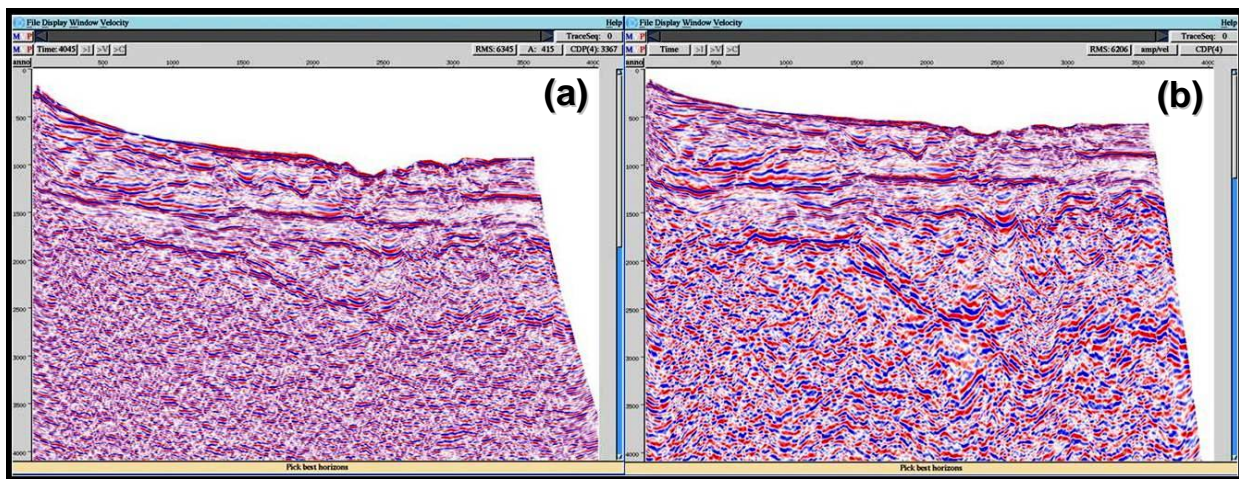


Figura. 6 Línea 122 con migración post suma (a) y la conversión a profundidad (b).

Debe señalarse que la conversión a profundidad no es la mejor opción a seguir para convertir el dato de tiempo a profundidad con eficiencia, debido al grado de variación lateral de la velocidad presente en el área. En zonas con poca variación lateral de velocidad la migración post suma en tiempo seguida por una transformación convencional de tiempo a profundidad es adecuada, mas cuando se incrementa la variación lateral de velocidad, otros procesos como la migración pre suma en tiempo (PSTM, por sus siglas en inglés) y en profundidad (PSDM por sus siglas en inglés) son necesarios para disminuir los errores de imagen y posicionamiento, no obstante por no tener en funcionamiento en el centro de procesamiento el equipamiento necesario para ello, solo se pudo realizar una migración post suma en tiempo.

Además como dato complementario y en apoyo a la interpretación se obtuvo el atributo de fase instantánea posterior a la suma, usando la transformada de Gilbert,

Este atributo identifica las secuencias estratigráficas y sus características. Se pueden delimitar mejor las distintas facies, definir secuencias interiores en la estructura, pudiendo dar más continuidad y seguimiento de los distintos eventos, (Veiga, 2008). (Ver Figura. 7.).



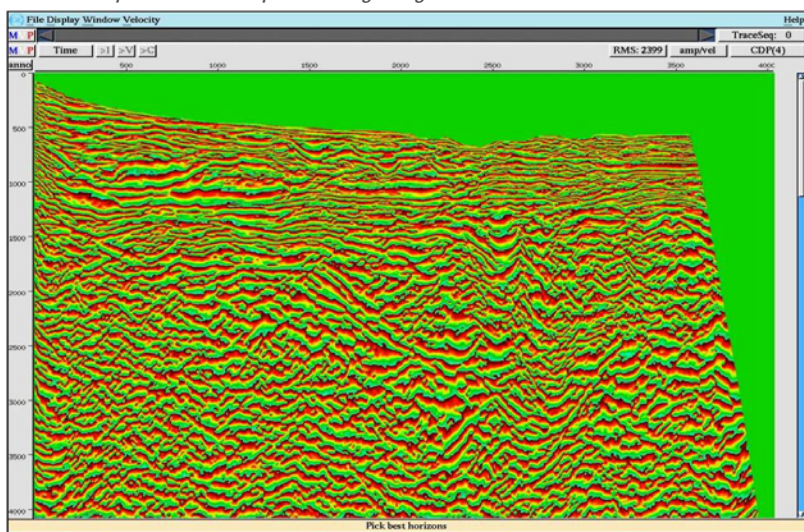


Figura. 7 Atributo sísmico de fase instantánea de la línea 122

## CONCLUSIONES

- El volumen sísmico procesado fue de 62.78 Km., para un total de 4 líneas sísmicas
- Se obtuvo una ubicación más exacta de los puntos CMP.
- La secuencia de migración utilizada mejoró el resultado respecto a la secuencia estándar de migración.
- Se realizó una conversión de tiempo a profundidad y la obtención del atributo de fase instantánea.
- Como resultado de este procesamiento se logró una buena calidad de la imagen migrada al mejorar la relación señal/ruido.

## BIBLIOGRAFÍA

- CGG, 2004a, Curso de Cefoga, Noise Attenuation.  
CGG, 2004b, Geocluster Seismic Processing Software, Release 3.1.  
Veiga C., 2008, Atributos sísmicos para la Búsqueda y Evaluación de las anomalías Gaso- Petrolíferas, Cuba.  
Yilmaz O, 2001, Seismic Data Analysis. Volume 1.  
López M. y otros, 2011, Proyecto 6015, etapa VI, tarea 1