

MEJORAMIENTO DE LA IMAGEN SISMICA CON HERRAMIENTAS DE PROCESAMIENTO ACTUAL (2005), A PARTIR DE DATOS REGISTRADOS Y PROCESADOS EN 1996

José Luis Capuano ⁽¹⁾

1. Pan American Energy LLC, Jcapuano@pan-energy.com

Keywords: fxdecon, tomografia, transformada Radon, cross spread

Abstract

The intention of this paper is to show step by step the improvements of the seismic image, how each process works, and compare the new image with the image obtained with the tools available in 1996. The processing was approached with two fundamental purposes, one of structural character, the other of stratigraphic character, one linked to each other. From the stratigraphic view, processes keeping relative amplitudes were applied, such as the surface consistent, for deconvolution and gain. To remove noise, FXDECON in cross spread domain was applied, (for random noise), and was filtered into transform random domain (for coherent noise). In this last case, a noise model was obtained by Radon transform, which was used later to subtract from the original data. In this way, any artifact that the transform could make, is minimized, avoiding seismic data be damaged.

As regards the structural issue, much attention was given to static correction and velocities. The first one was calculated by tomography, getting a very good and confident solution for long period statics; while velocities were picked one each 500 mts. Prestack migration contributed a lot to improve the structural image, as the relative amplitudes were very good balanced.

In conclusion, we can say that with the improvements of processing tool from a seismic data from 1996, which helped to interpretation, but left some doubt; we can get a better image, and in this way to improve with much certainty the wells location.

Los datos sísmicos con los que se trabajo fueron adquiridos en una registracion 3d realizada en el año 1996, el procesamiento al que fue sometido el dato en aquel entonces consistió básicamente de:

Recuperación de ganancia.

Deconvolucion consistente en superficie.

Estáticas por refracción.

Estáticas residuales (consistente en superficie, 2 pasadas).

Trim (estáticas residuales consistente en CDP)

Ganancia (compensación de amplitudes relativas)

DMO.

Migración fx (post stack) Fig. (1).

El nuevo procesamiento consto de:

Recuperación de ganancia.

Deconvolucion consistente en superficie.

Estáticas por Tomografía.

Estáticas residuales (consistente en superficie-2 pasadas-).

Trim (estáticas residuales consistente en CDP)

Ganancia consistente en superficie.

Remoción de ruido aleatorio (fxdecon en el dominio cross spread).

Remoción de ruido ordenado (en el dominio de la transformada Radon).

Migración preestack (kirchoff).

} Procesos modernos adicionales

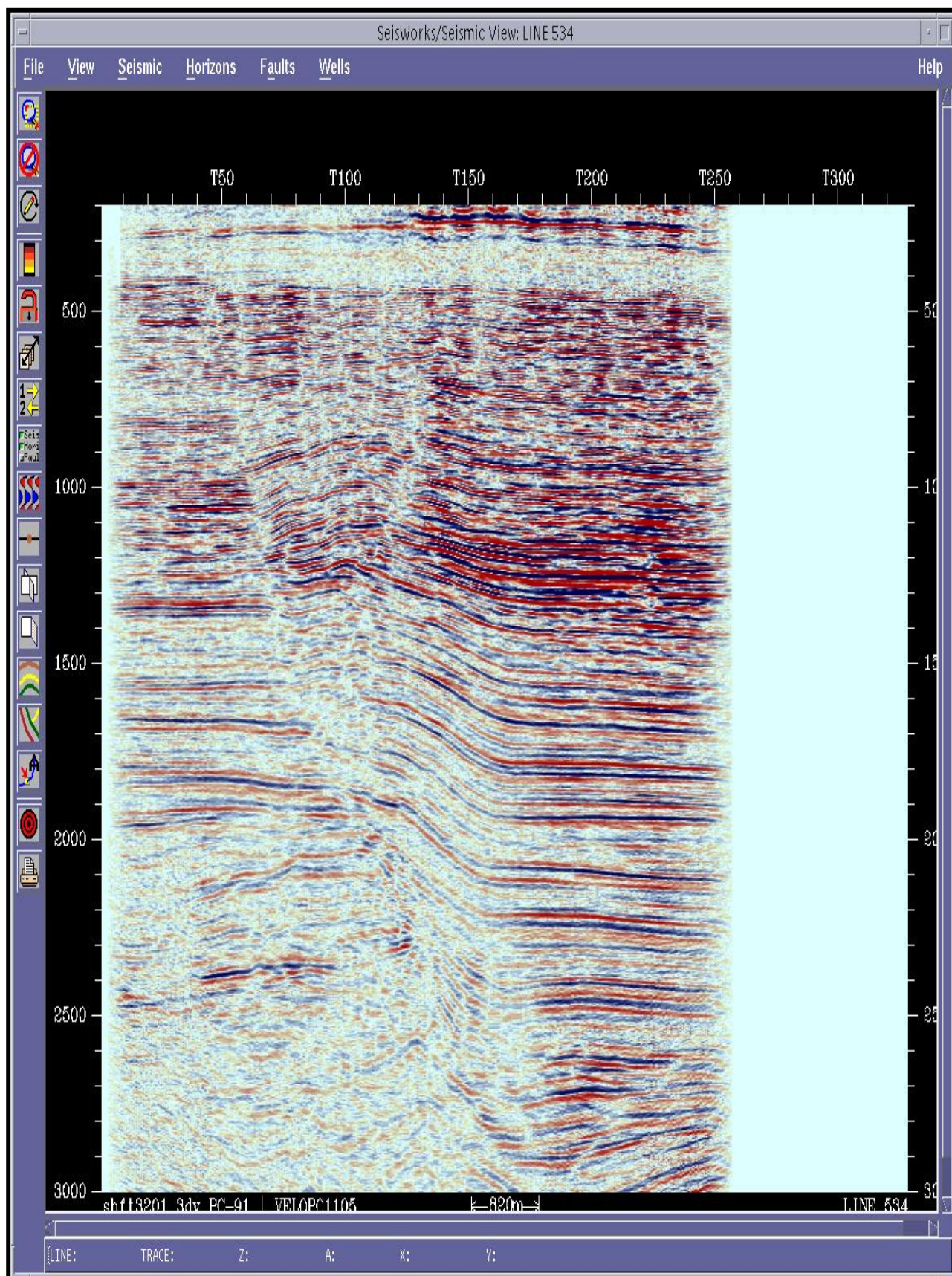


Fig (1) Migración fx post stk.

A continuación mostraremos los resultados de los procesos aplicados.

El primer proceso aplicado fue la recuperación de ganancia. Este proceso tiene la función de recuperar las amplitudes perdidas por la onda esférica a medida que viaja en el interior de la tierra.

Los procesos de absorción más importantes son la divergencia esférica, y la atenuación inelástica (perdida de energía por fricción).

La primera de debe a que la onda acústica viaja como un frente esférico que va aumentando su superficie a medida que el tiempo transcurre, así la energía inicial se debe repartir sobre una superficie mayor, por lo tanto la energía en cada punto del frente esférico será cada vez menor.

La segunda es debido que las partículas que se mueven por efecto de la onda acústica, generan fricción entre ellas y por lo tanto una pérdida de energía en forma de calor .

El segundo proceso aplicado son las correcciones estáticas. El método sísmico esta basado en un modelo de capas planas y velocidad constante en cada una de las capas.

Desafortunadamente, esto no se cumple ni en superficie ni en profundidad. Es así que es necesario aplicar correcciones para que nuestro modelo se ajuste a la realidad geológica. Lamentablemente, debido a que la superficie esta expuesta a la meteorización, tenemos fuertes variaciones de espesor y velocidad. Por otro lado, las variaciones topográficas también tienen fuerte influencia. Las correcciones estáticas serán las encargadas de corregir estos defectos, que son muy inconvenientes para nuestro trabajo, especialmente en nuestro país.

Para nuestro nuevo proceso se aplico una recuperación de ganancia del tipo tv2 (geometric spreading) (proceso que mantiene amplitudes relativas), con una velocidad rms picada cada 2 km. y se aplicaron las correcciones estáticas por elevación y por tomografía, habiéndose picado todos los registros del área. Las siguientes figuras muestran un cdp corregido por nmo con una velocidad regional, la figura 2 sin estáticas, la 3 con estáticas por elevación y la 4 con estáticas por tomografía.

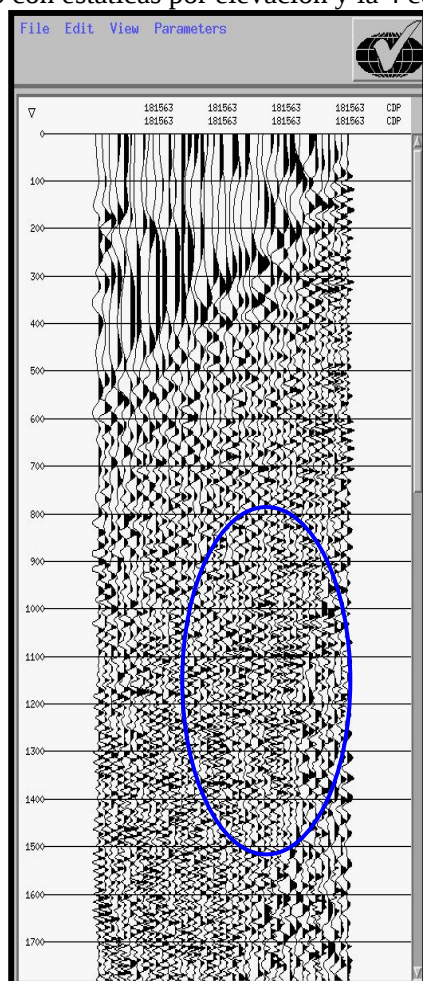


Fig2 CDP sin estáticas

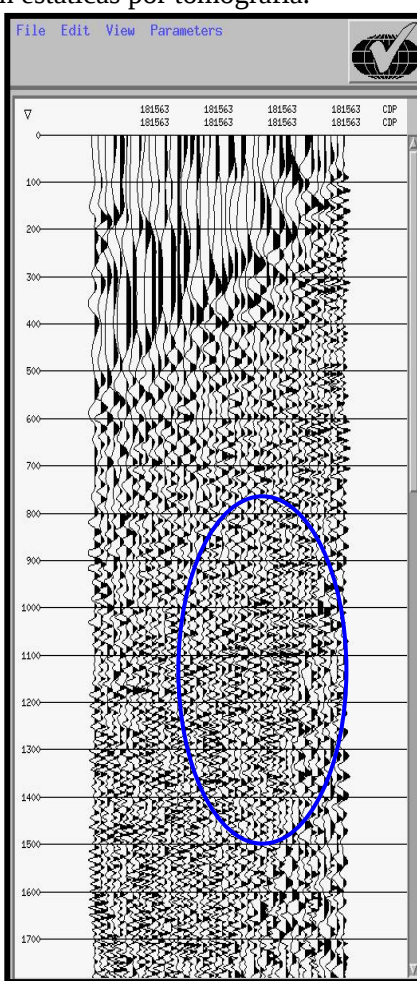


Fig. 3 Estáticas por elevación

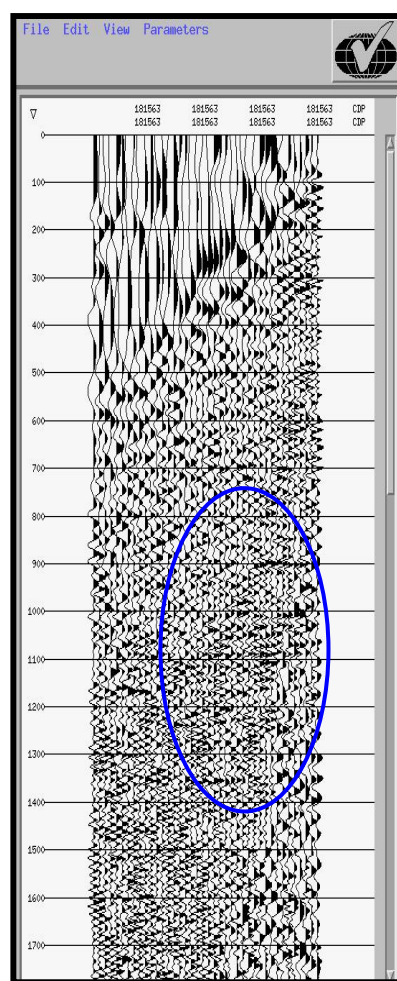


Fig. 4 Estáticas por tomografía

Se observa entre 900 y 1400 ms la mejora entre las distintas imágenes, el dato con elevación respecto del dato crudo es apenas mejor, mientras se aprecian mayores diferencias entre elevación y tomografía. Vemos como la tomografía alinea los eventos horizontales, los cuales sumaran en fase mejorando el stack.

Veamos los stack con estáticas por elevación y por tomografía.

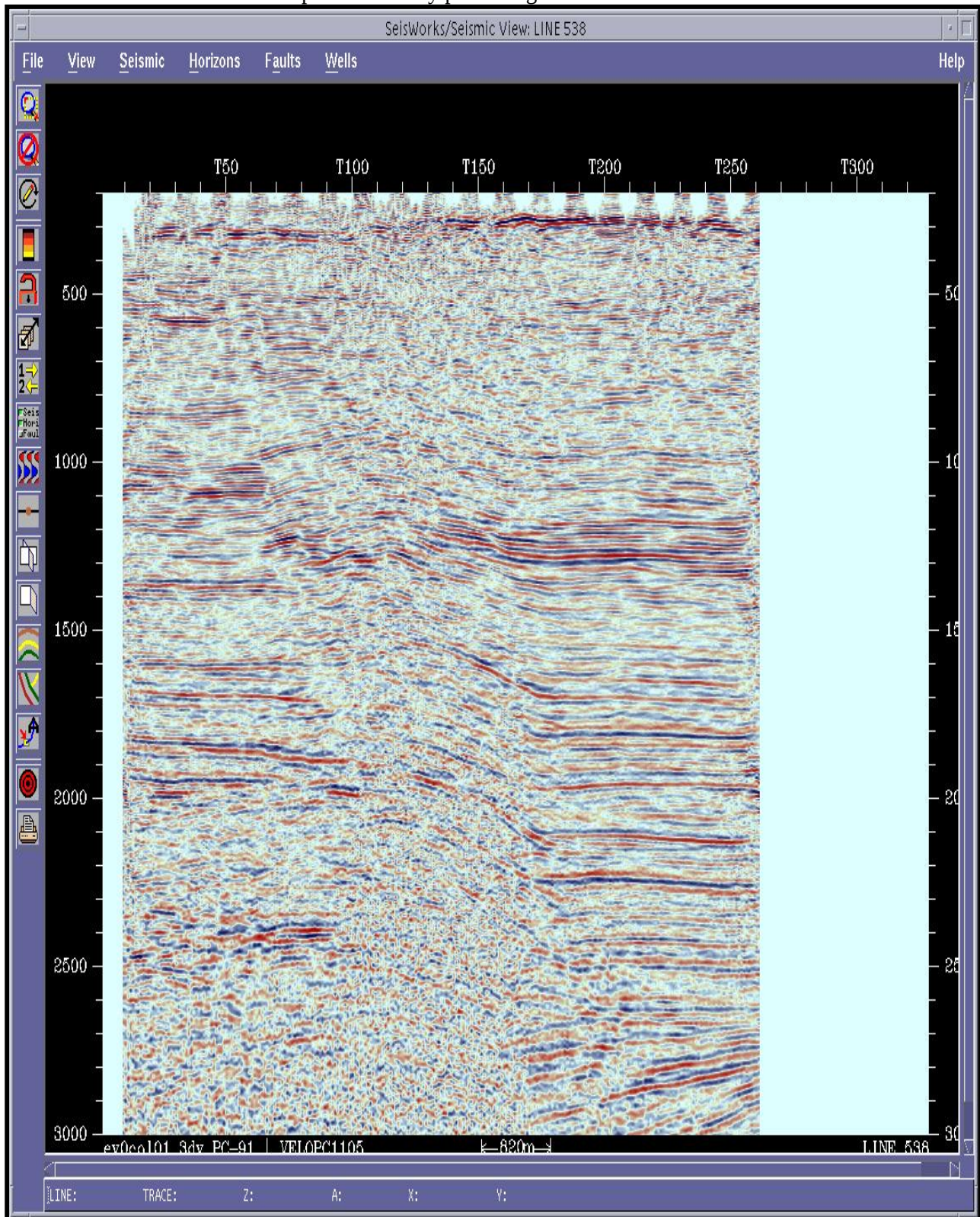


Fig. (5) Stk con estáticas por elevación

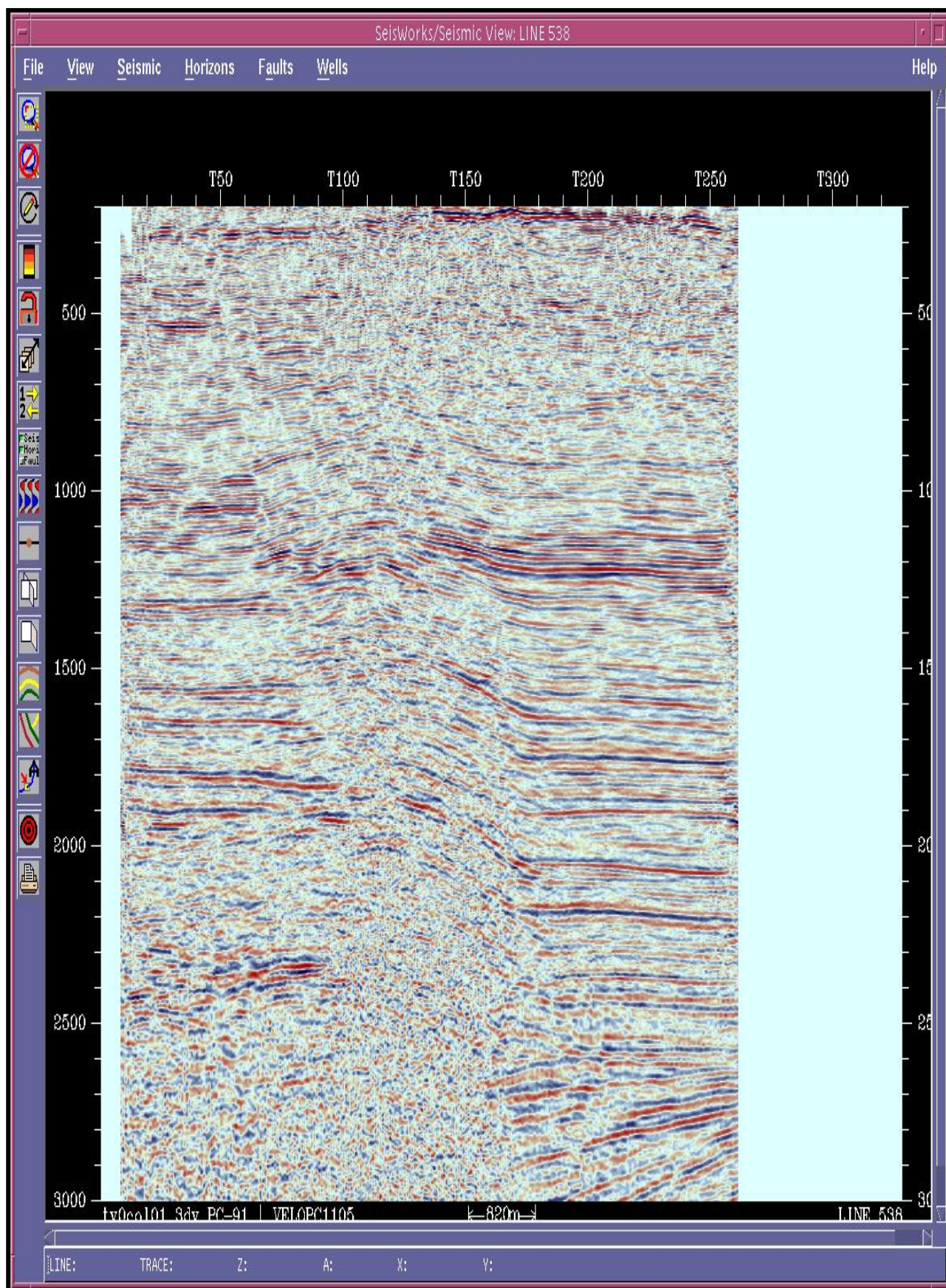


Fig. (6) stack con estáticas por tomografía

Aquí, vemos el primer beneficio sobre nuestro dato, observándose la mejora en la definición de la imagen. Los paquetes sedimentarios obtienen continuidad y la estructura se resalta debido a la mejor definición de las fallas.

Luego se le aplicó un filtro para atenuar la onda aérea y una conversión a fase mínima, ya que sería la entrada teóricamente más apropiada para la deconvolución. La onda aérea fue atenuada levemente mientras que la conversión a fase mínima prácticamente no altera al stack.

Se probó la deconvolución con el dato de entrada en fase mínima y en su fase original (fase mixta).

Los resultados prácticos obtenidos fueron muy similares, sin ventajas entre uno y otro. Para la deconvolución se usó la entrada en fase mínima.

Recordemos que el proceso de deconvolución es aquel que nos permite mejorar la resolución vertical, es decir, mejorar el contenido de frecuencia de nuestro dato, para poder discriminar mejor los reflectores, cuanto más frecuencia tenga el dato, capas más delgadas podrán ser diferenciadas.

La deconvolución usó un algoritmo consistente en superficie, con un operador diseñado con tres ventanas de tiempos (300ms-900ms), (700ms-1610ms), (2000ms-2500ms) y longitud de operador de 120 ms, con blanqueo del 1 %. Las figuras 7 y 8 muestran el stk con y sin deconvolución (con estáticas por tomografía).

Ya con la deconvolución definida se corrieron dos estáticas residuales consistentes en superficie, previo picado de velocidades.

Volviendo al concepto de estáticas explicado anteriormente, hay que decir que después de haber aplicado una corrección estática, siempre quedan lugares para ajustar, (recordemos que la capa superficial de la tierra al estar alterada por la erosión tiene características muy variable tanto en espesor como velocidad). Para corregir estos defectos, se calcularon valores residuales de estáticas.

En la primera corrida de estáticas residuales el máx. shift obtenido fue de 16 ms, mientras que en la segunda fue de 4 ms. El mayor mejoramiento se obtuvo con la primera residual y con el primer ajuste de velocidades. La figura (9) muestra el stack con la segunda residual aplicada y dos ajustes de velocidades.

Al comparar las figuras (8) y (9) se vuelve apreciar un efecto de mejoría en la imagen, especialmente entre la traza 50 y 150, donde el cono de falla está mejor definido.

Con el fin de darle una mejora en la continuidad, y haciendo todos los controles de calidad para evitar un artefacto, se corrió una estática consistente en cdp con una ventana grande, de 2000ms, cuyo máximo shift producido fue de 4 ms, un valor que no puede dañar ninguna estructura, logrando una leve mejora en la continuidad de los horizontes.

Luego, se calcularon los escalares para la ganancia consistente en superficie, la cual nos asegura la no alteración de amplitudes relativas, punto importantísimo para estudios estratigráficos. La ganancia consistente en superficie es aquella que trata de compensar la pérdida de amplitud por efecto de la superficie. Pensemos en los receptores y vibradores (emisores), pueden estar en terrenos duros, arenosos, arcillosos, mallines, etc., también pueden estar posicionados incorrectamente, por lo tanto cada uno de ellos atenuará mi señal de distinta manera, esa atenuación es la que queremos compensar aplicando la ganancia consistente en superficie.

Se usó una ventana de 300ms a 2500 ms, la fig (10), muestra el mejoramiento que aportan ambos procesos. Ya que no se presentan los stks de cada uno de los procesos, les puedo decir que tanto el TRIM como la ganancia consistente en superficie aportaron mejoría por igual, el trim en continuidad, y la ganancia en balance de amplitudes.

Hasta este punto los procesos aplicados en el año 96 son casi los mismos que los aplicados en el 2005.

A partir de aquí, se aplicaron procesos modernos que como veremos ayudaron mucho al mejoramiento de la imagen.

Se trabajó sobre el cdp gather con el fin de limpiar los ruidos aleatorios y los ordenados. Es muy común pensar y escuchar que el filtro suma se encarga de atenuar esta clase de ruido, y eso es verdad si estos no son demasiado importantes.

Veamos como trabajaron los procesos a nivel cdp gather. El proceso aplicado es una deconvolución FX pero en el dominio cross spread.

La deconvolución FX es un proceso que remueve ruido aleatorio. Se puede aplicar en distintos dominios, cdp gather, stack, cross spread, etc.

La Fig. (11) muestra el gather con todas las estáticas aplicadas, deconvolución, ganancia y NMO. La Fig. (12) muestra el resultado del cross spread.

Vemos como al removerse el ruido entre 300 ms y 3400 ms, la señal sísmica aparece claramente.

Como control de calidad, para verificar que este proceso no remueve señal, se hizo la diferencia entre los gathers, Fig (13), en donde solo apreciamos ruido aleatorio.

El mismo efecto se da a nivel stack, quedando de manifiesto que la cantidad de ruido no podía eliminarse solo por la suma. La Fig. (14) muestra el stack con cross spread, la cual debe compararse con la Fig. (10). Aquí observamos la mejoría de la imagen, donde el ruido aleatorio de back ground ha sido atenuado, las fallas quedan mejor definidas, y los horizontes mas continuos.

Para asegurarnos que no hemos removido señal, tenemos la Fig. (15) con el stack diferencia, La cual nos provee un buen control de calidad.

El próximo paso de atenuación de ruido coherente se realizo mediante la transformada Radon.

Que es una transformada?, bien, pensemos que nuestro registro sísmico, o nuestro cdp gather esta formado por señal (definida por hipérbolas) y por un ruido ordenado definido por rectas (para este caso en particular) y todo esta mezclado, es decir mi señal sísmica se ve deteriorada por el ruido, en este dominio(el dominio del cdp).

Existen procesos matemáticos que me permiten ver al registro sísmico (hipérbolas y rectas) en otro dominio o espacio, allí las hipérbolas que representan la señal se verán de otra manera, y las rectas también, pero representando exactamente el mismo fenómeno físico, y lo más importante es que estarán separadas una de otra, sin mezclarse, de esta manera podremos diferenciar bien el dato del ruido, una vez separados se filtra y se aplica el proceso matemático inverso, y así obtenemos la señal limpia de ruido o el ruido puro, según la necesidad. Dicho proceso matemático se llama transformada ya que transforma información de un dominio a otro.

Veámoslo de otra manera. Supongamos que en una habitación tenemos 2 parlantes, con dos músicas diferentes y el mismo volumen, así las músicas estarán mezcladas y no las podremos diferenciar. Ahora, tomemos esos parlantes y llevémoslo a dos habitaciones separadas, es ahí donde podremos diferenciar las distintas musicas. Muy bien, el trabajo de llevar los parlantes a un lugar (dominio) diferente , lo hace la transformada, luego elijo la música que quiero (filtro) y regreso a la habitación original con la música que elegí , (transformada inversa). Existen distintos tipos de transformadas, Radon, Fourier, etc.

En nuestro procesamiento se aplico la transformada, y se filtro en el dominio de la transformada .

En dicho dominio el ruido quedo muy bien diferenciado de la señal, y desde ahí filtramos la señal y nos quedamos con el ruido.

De esta manera, generamos un modelo de ruido que será usado para sustraerlo al dato original. Esto se hace para evitar que la transformada genere un artefacto en el dato original.

Este trabajo se hace a nivel gather. La Fig. (16) muestra un gather sin filtrar, la 17 filtrado y la 18 el modelo de ruido usado. Las diferencia se ven claramente, los ruidos alineados con diversas pendiente que enmascaraban la señal, han sido atenuados, estos se ven la Fig. (18). La Fig. (19), muestra el resultado de este proceso a nivel stack. Comparemos esta con la Fig. (14). En la Fig. (20) vemos el ruido que estamos removiendo a nivel stack, donde no se observa remoción de señal.

Aquí nuevamente vemos que el filtro suma no alcanza para atenuar apropiadamente este tipo de ruido. La mejora es sustancial, tanto en la presencia del carácter estratigráfico del dato como en la característica estructural del mismo, nuevamente las fallas quedaron aun mejor definidas y los horizontes más continuos. Este fue nuestro ultimo proceso antes de sumar.

Después de suma, se realizo un post proceso para mejorar la frecuencia, a través de un spectral balance (para mejorar resolución vertical), un 3D FXY, para eliminar ruidos aleatorios y un filtrado de frecuencia variable en tiempo. (Típico post proceso convencional) Fig. (21). Aquí podemos decir que obtuvimos el mejor stack antes de migración, este se uso para una migración poststack, (fx) mostrada en la Fig.(22).

El proceso de migración sísmica ubica a los horizontes sísmicos inclinados en la posición más cercana a la realidad geológica (los horizontes planos no sufren este efecto de corrimiento). Si no existiera la migración, una falla geológica que esta en una cierta posición, tendría su imagen sísmica en una posición diferente, sabiendo lo que esto significa para una perforación. Al producirse estos movimientos, estamos colapsando energía dispersa, así la imagen sísmica queda mejor definida , más nítida, etc.

En la Fig (22) vemos como se mueven los horizontes a su posición más correcta respecto de la realidad geológica, aparecen horizontes que antes no estaban bien definidos, debido a que la migración los movió desde otros planos, y las fallas se ven mejor definidas. Lo importante, y esta es una de las razones de este

paper, es la comparación con el procesamiento de 1996. Las diferencias son abismales, y claramente visibles, comparar con Fig. (1).

Para finalizar, y como migración definitiva, se corrió una migración prestack en tiempo (Kirchoff).

Esta migración tiene la ventaja de manejar muy bien las variaciones de velocidades laterales, pudiendo poner a cada evento sísmico en su correcta posición, sin ser interferido destructivamente por otro, y a su vez tiene un buen manejo de amplitudes relativas, haciéndola ideal para estudios estratigráficos.

Veamos la Fig. (23).

Comparando con la Fig. (21), vemos una mejor definición estructural y mejor definición en frecuencias.

Esta última se debe a que después de la migración, antes de sumar se aplicó un spectral balance, pero la mejora estructural está ligada totalmente a la migración prestack.

Para terminar, nos queda comparar la Fig. (1) con la Fig. (23). Aquí se muestra la diferente calidad del producto final obtenido a partir de un procesamiento viejo y uno nuevo, sobre una sola línea, pero esta característica se aprecia sobre todo en el cubo sísmico. Hemos mostrado el mejoramiento paso a paso en una secuencia de procesamiento.

La mejora que hemos obtenido es muy buena, fallas mejor definidas, horizontes mejor diferenciados, continuos y balanceados en amplitud, son todos elementos que le aportarán al interprete una herramienta fundamental para un mejor estudio del área.

Agradecimientos:

A la Gerencia de Panamerican Energy.

A Raul Czeplowodski (Panamerican Energy).

A Adolfo Lugones (Veritas Geoservices).

A Veritas Geoservices.

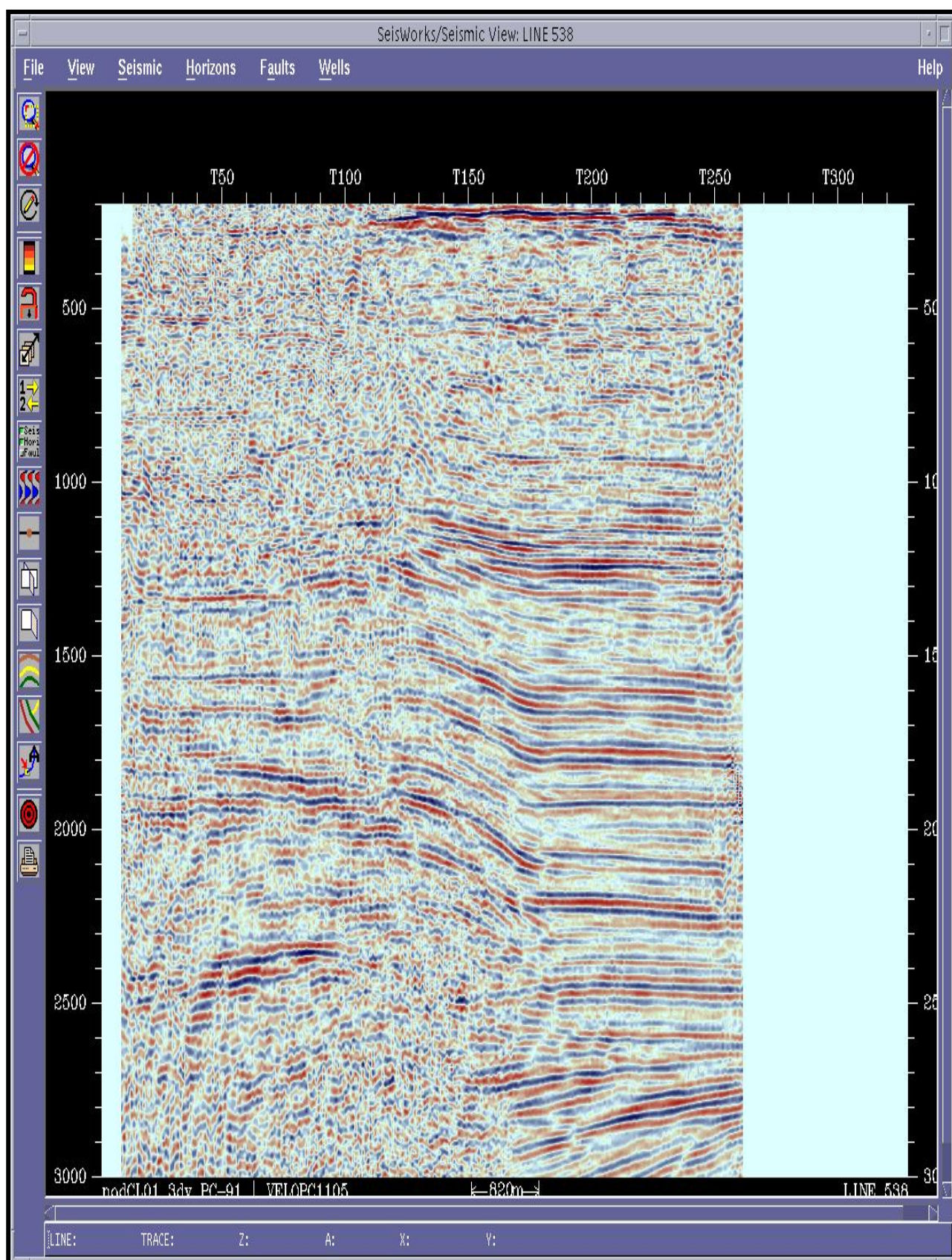


Fig. (7) Stack sin deconvolucion

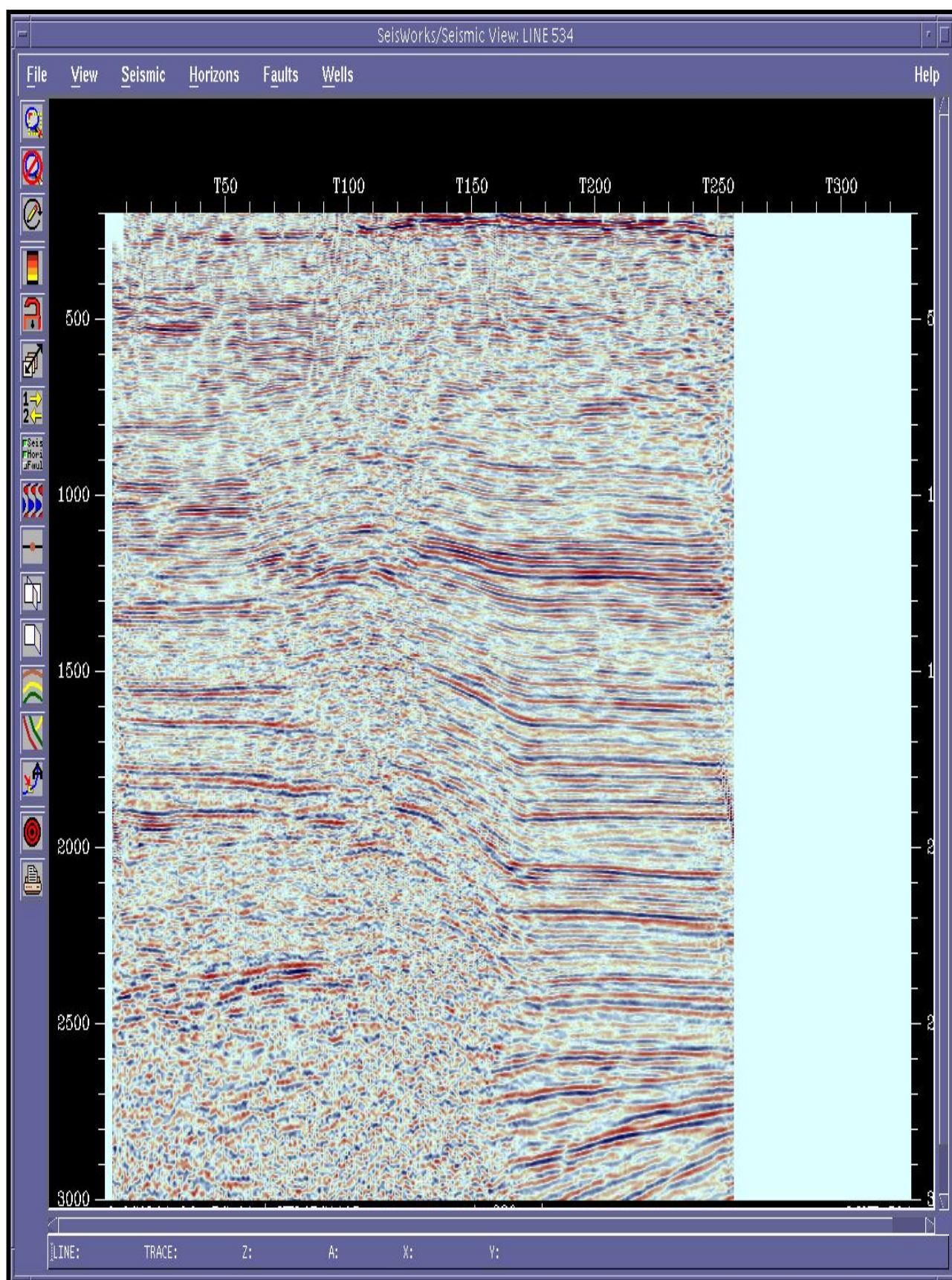


Fig. (8) Stack con deconvolucion (3 ventanas)

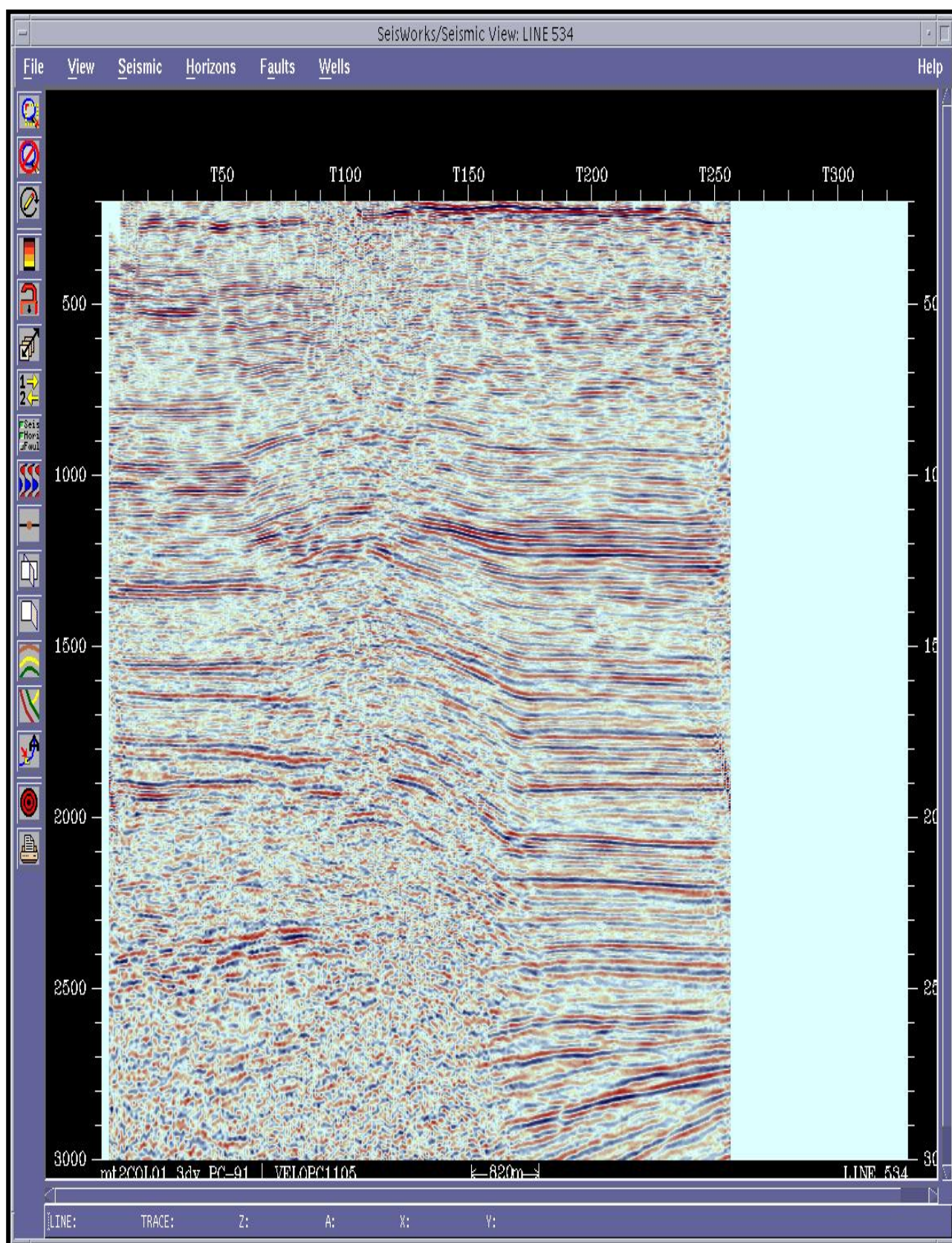


Fig. (9) stack con segundas residuales

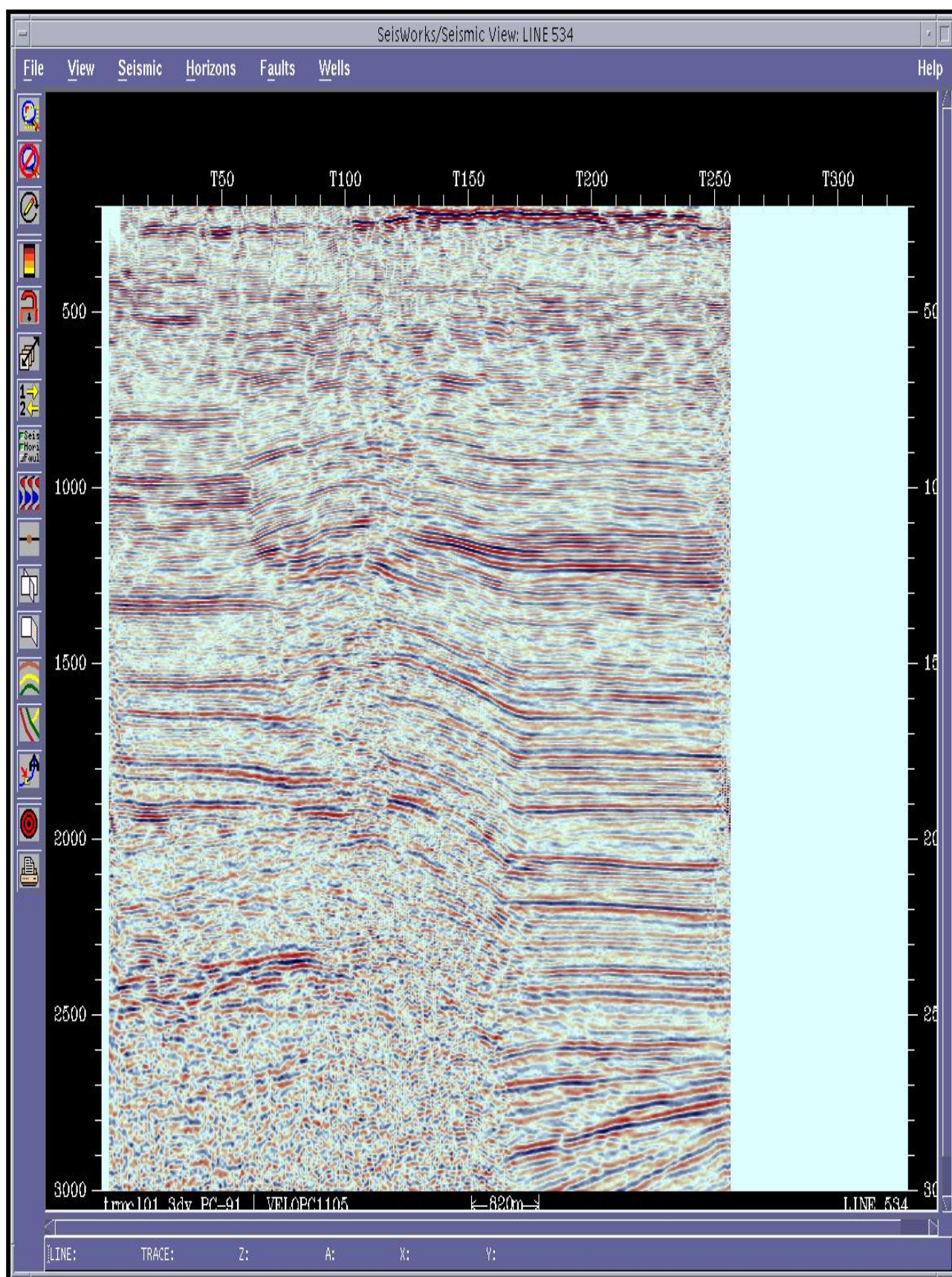


Fig. (10) stack con Trim y ganancia consistente en superficie

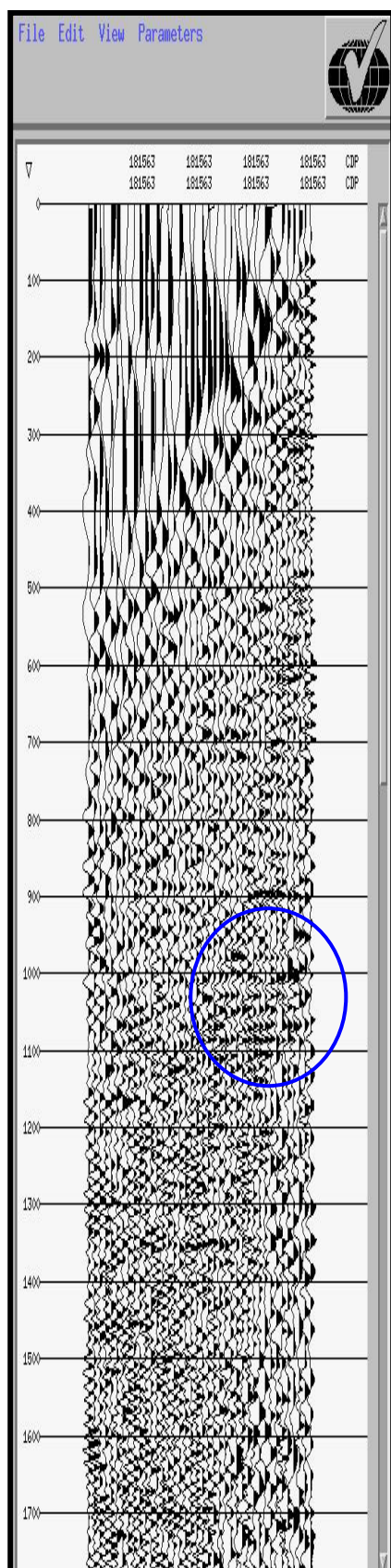


Fig. (11) CDP con nmo, decon y estáticas aplicadas

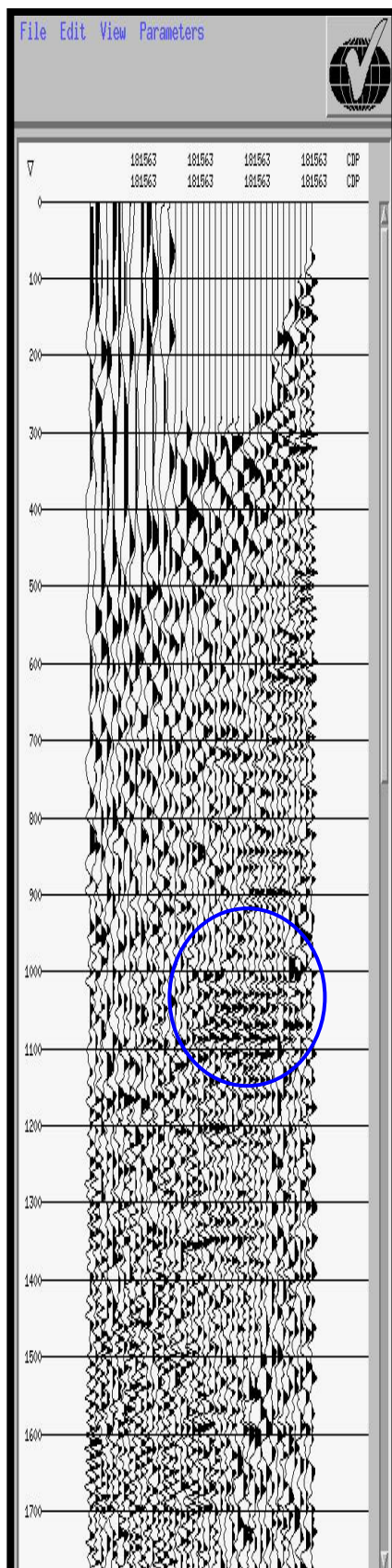


Fig. (12) CDP con nmo, decon, estáticas y cross

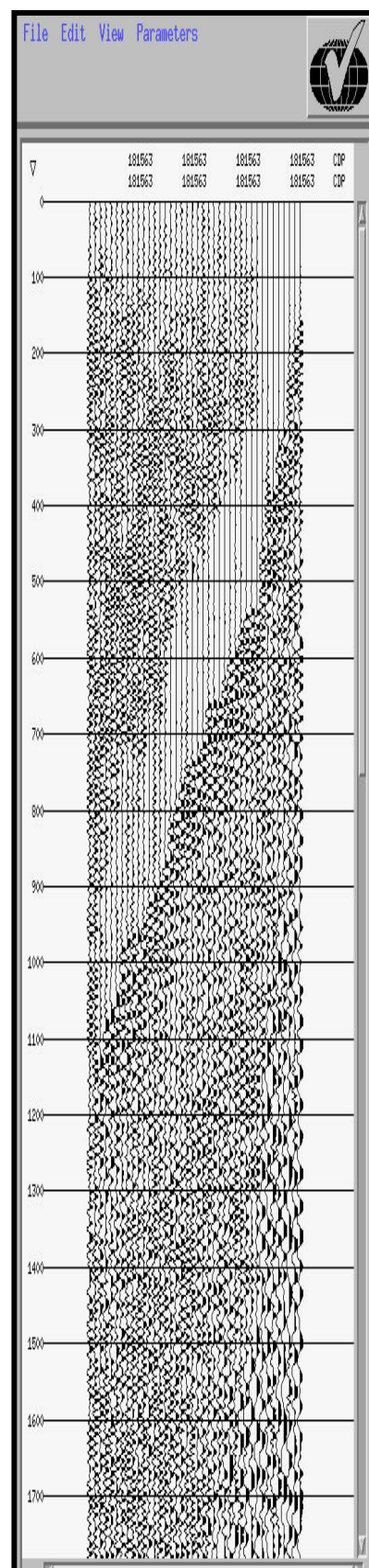


Fig. (13) ruido removido por el cross spread (con mute)

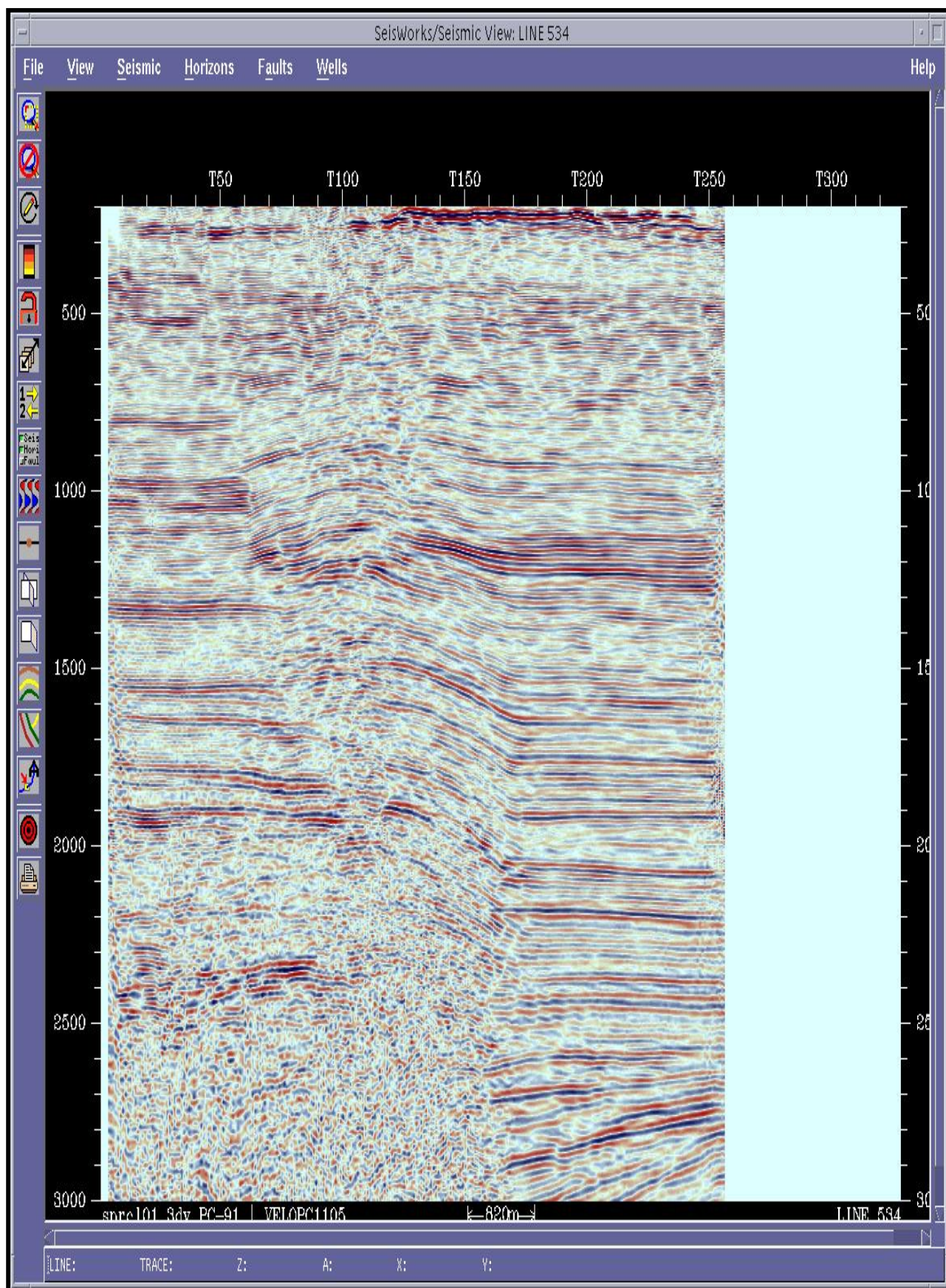


Fig (14) stack con croos spread

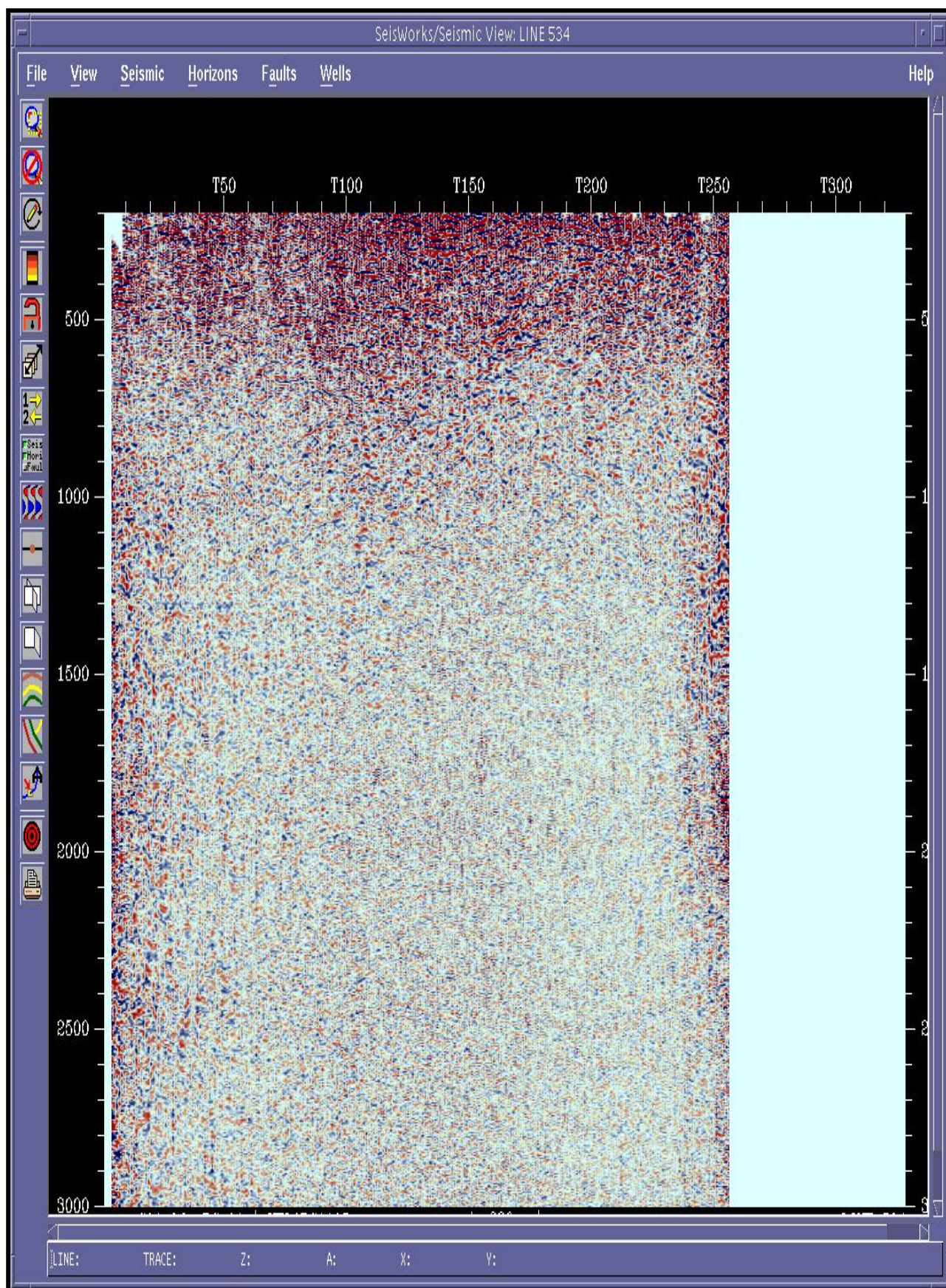


Fig. (15) stack de ruido removido desde el croos spread

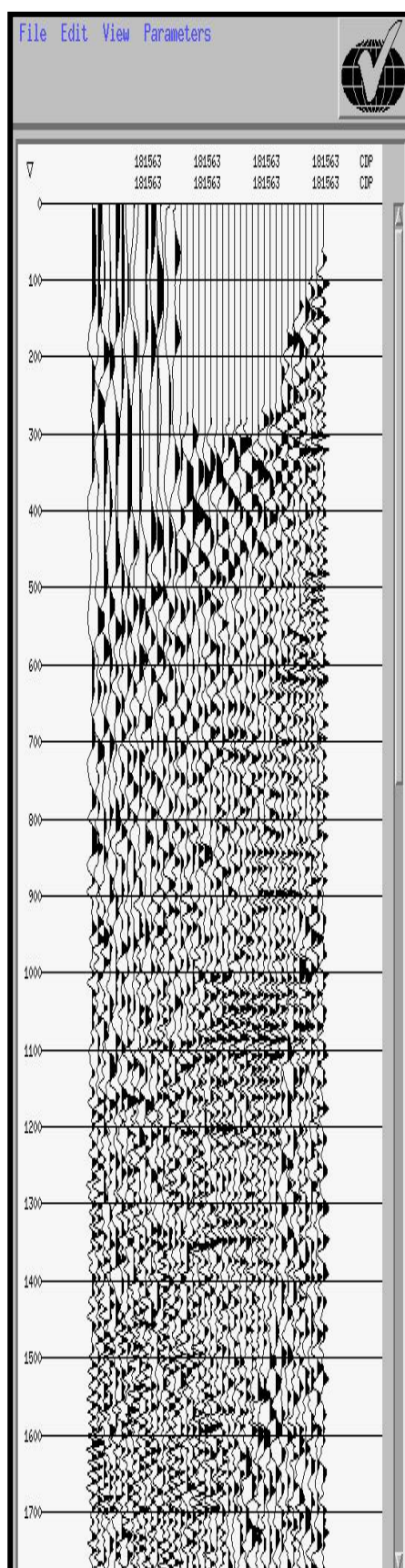


Fig. (16) Gather sin

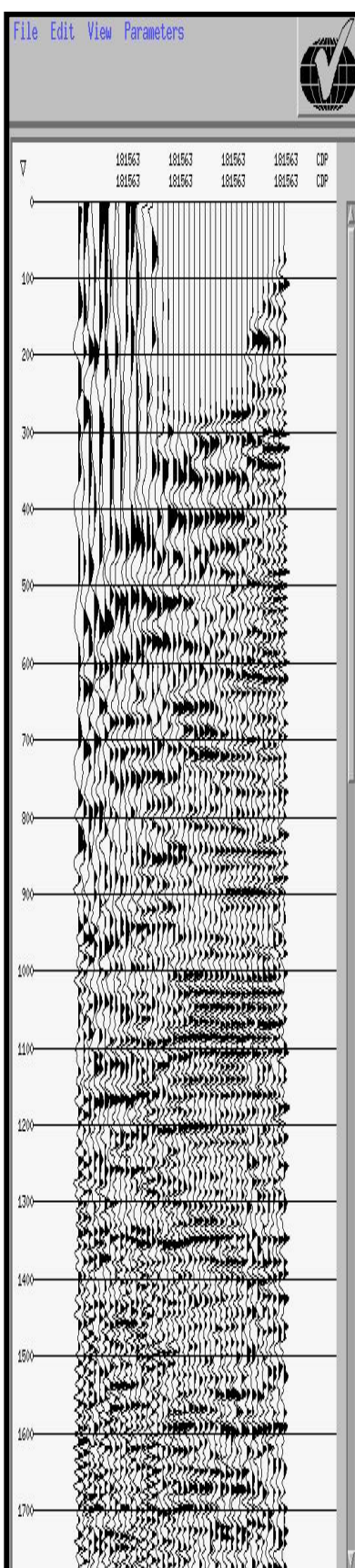


Fig. (17) Gather Filtrado

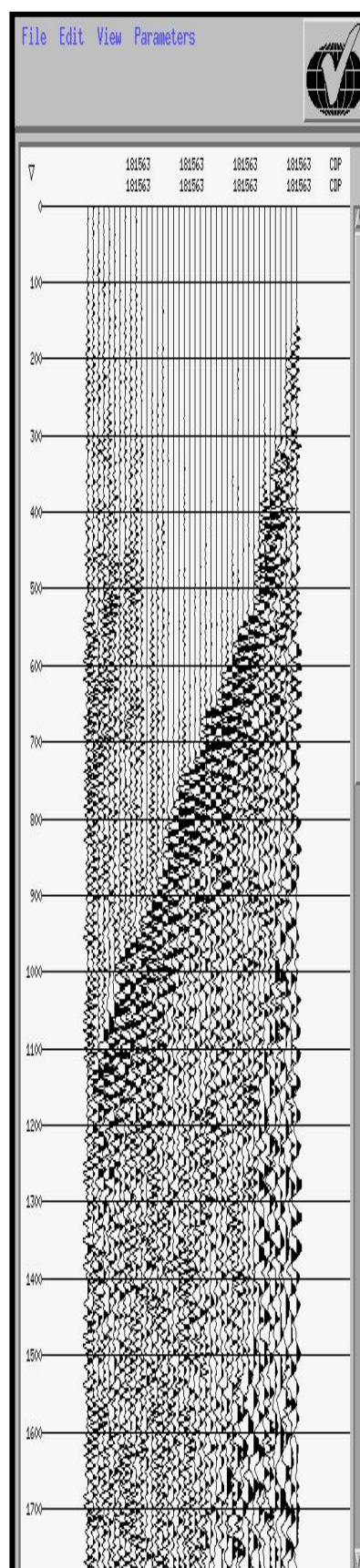


Fig. (18) Ruido obtenido desde

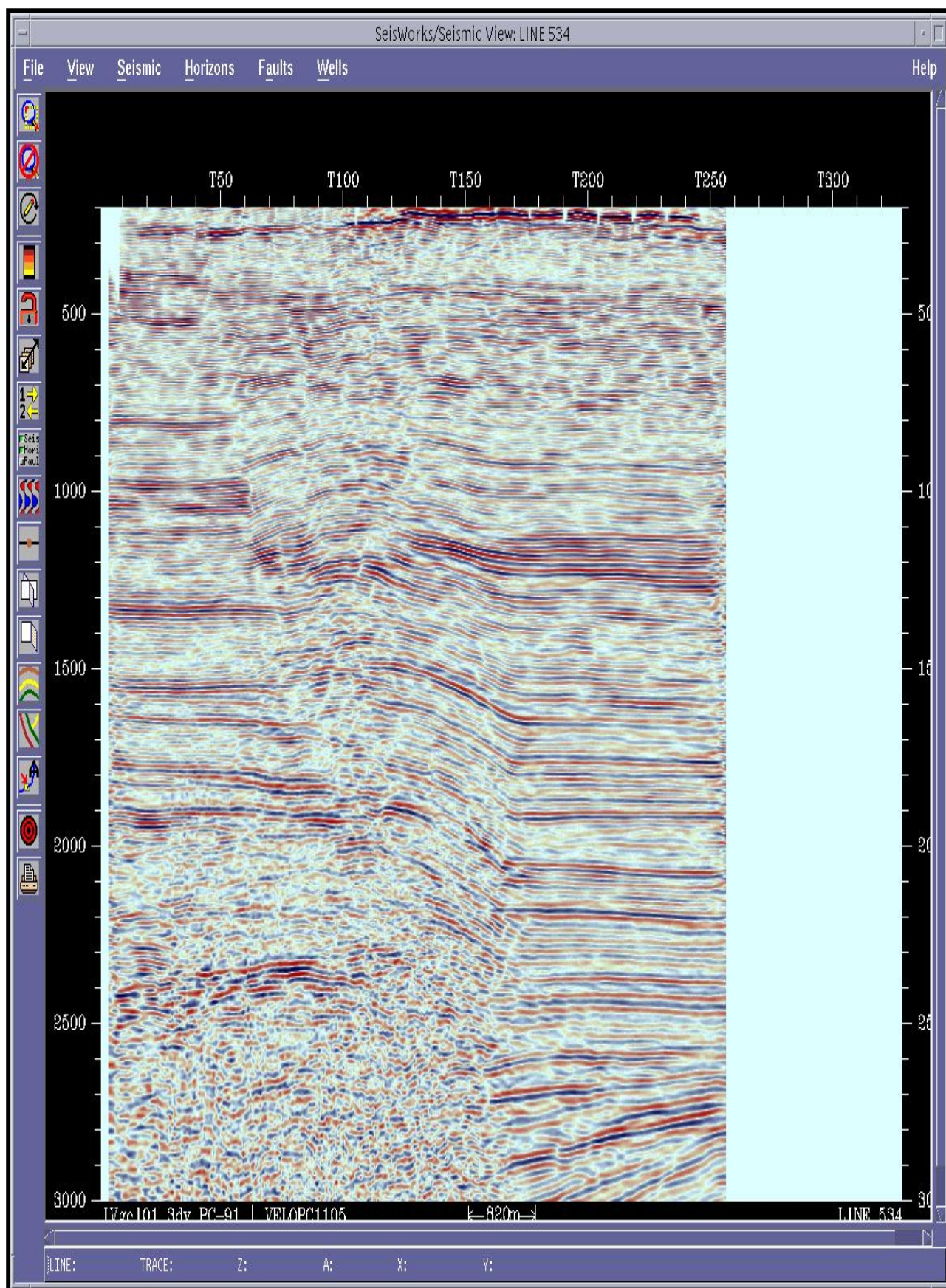


Fig. (19) stack filtrado con Transformada Radon

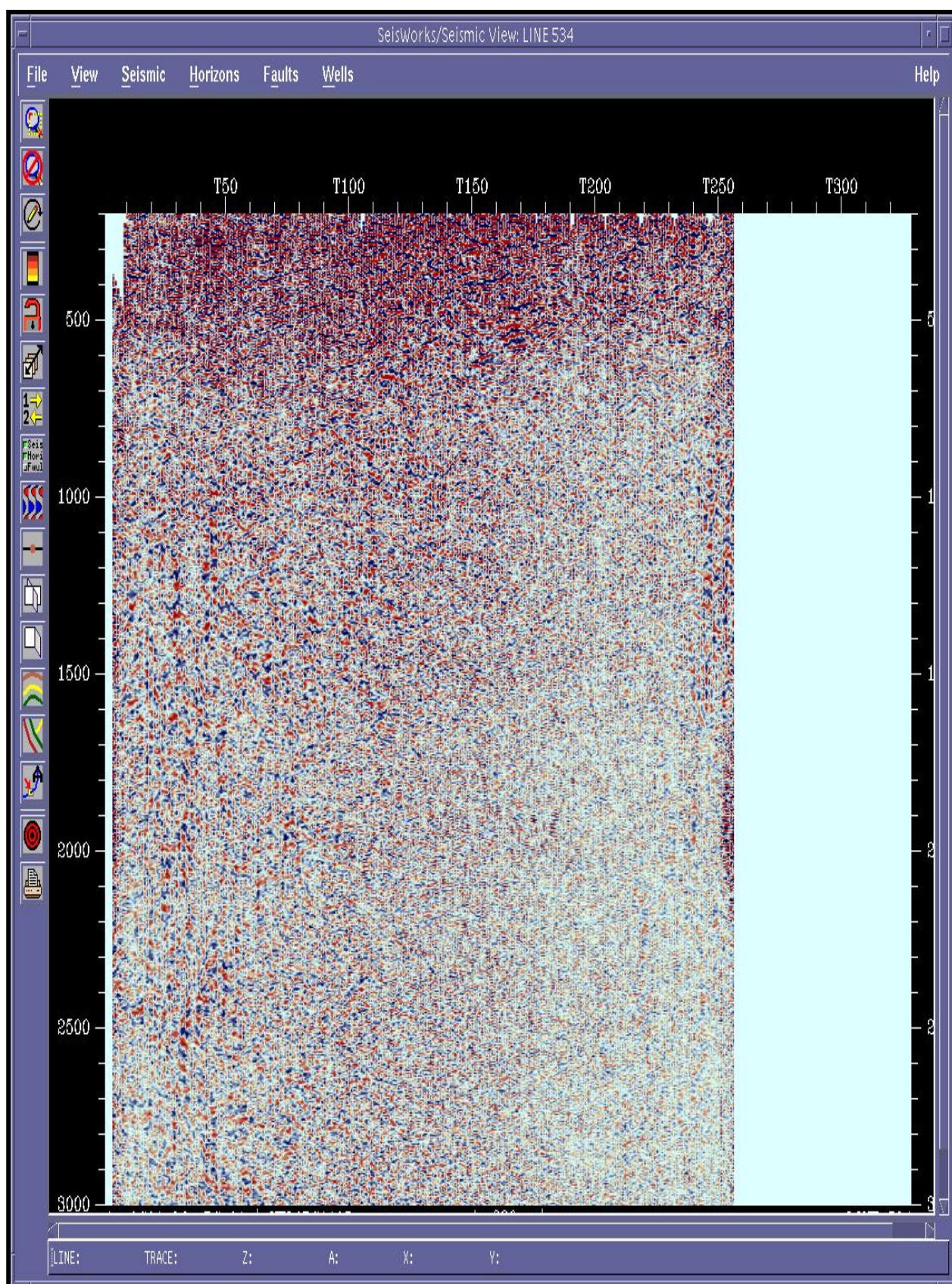


Fig. (20) stack de ruido desde transformada Radon

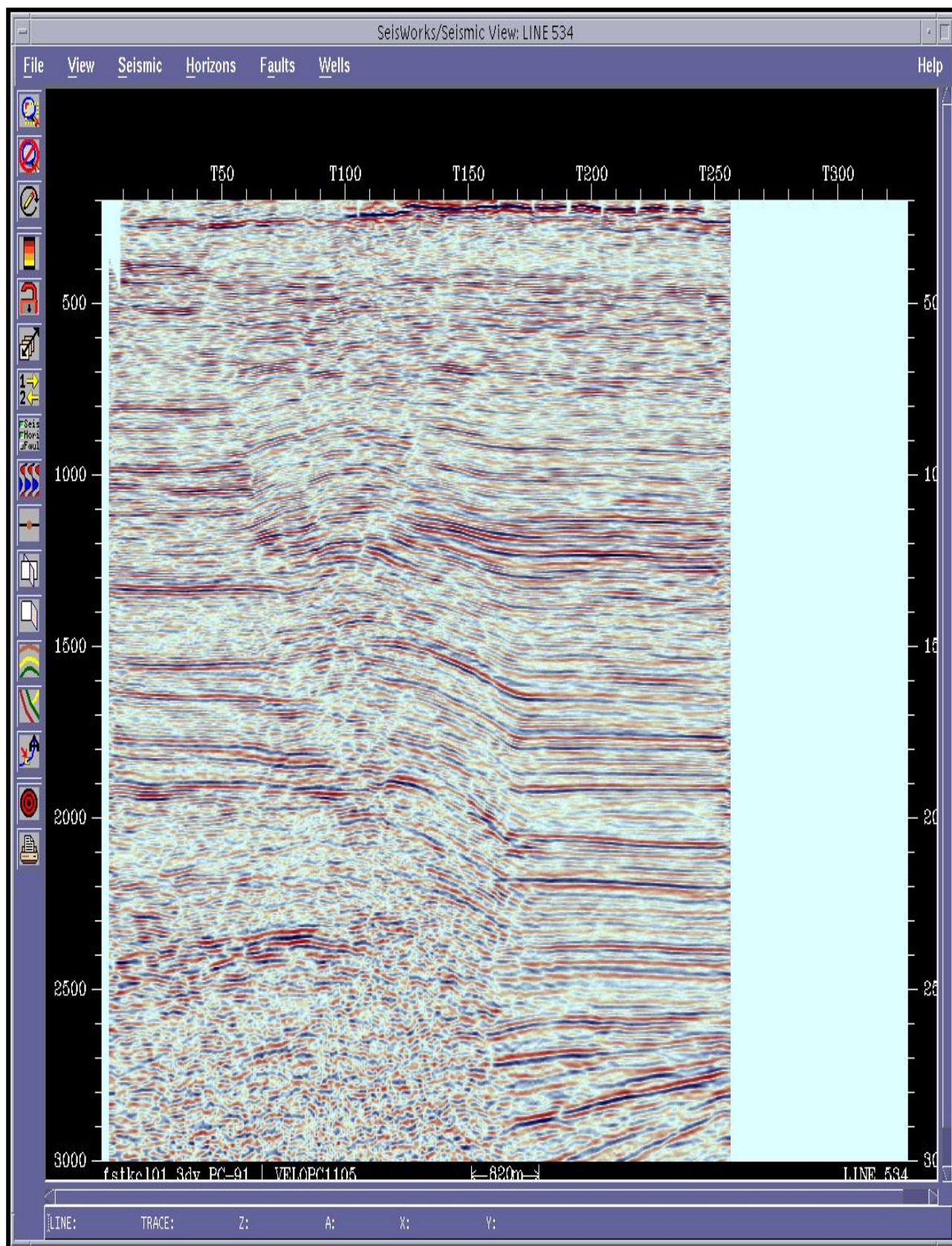


Fig. (21) stack final

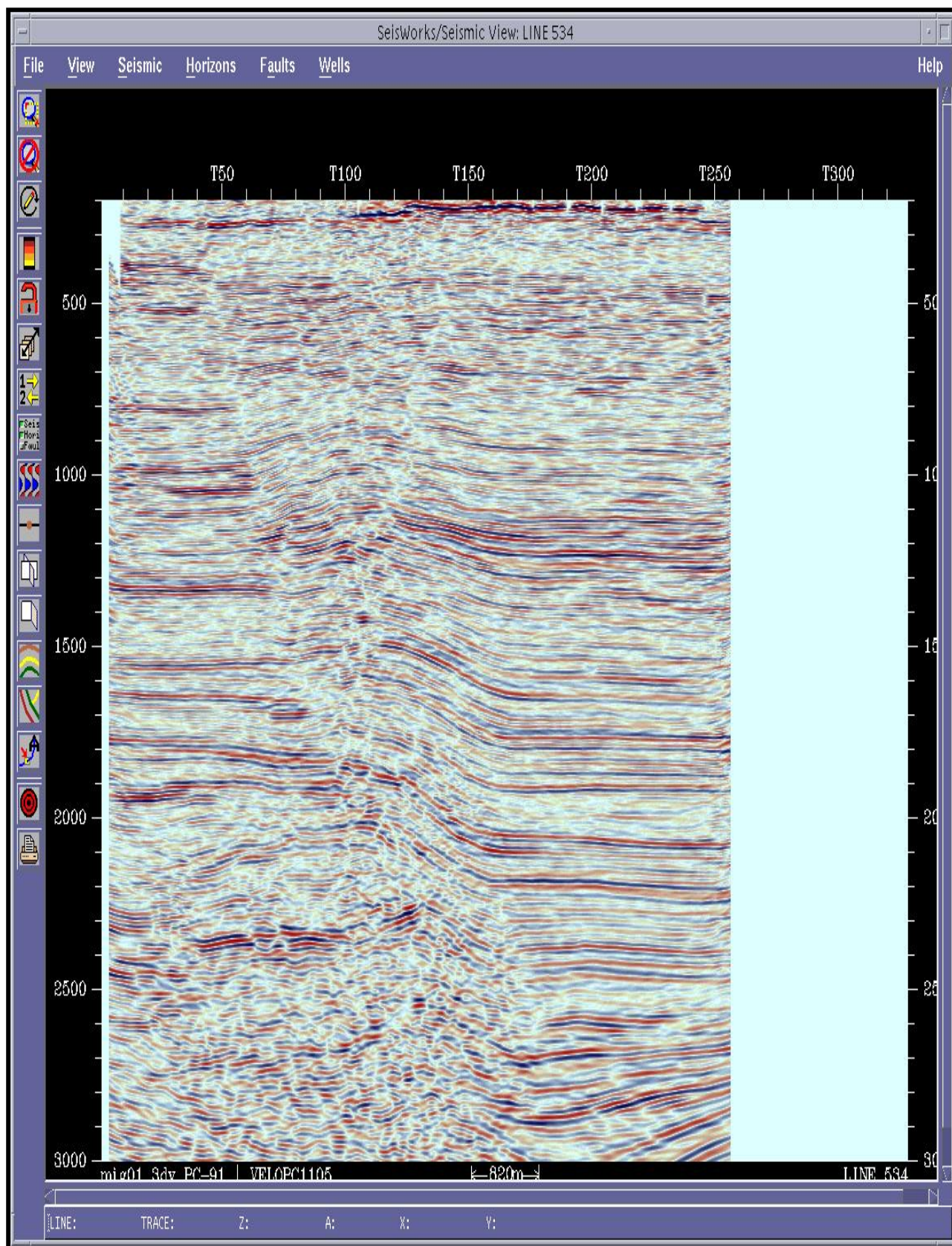


Fig (22) migration post stack

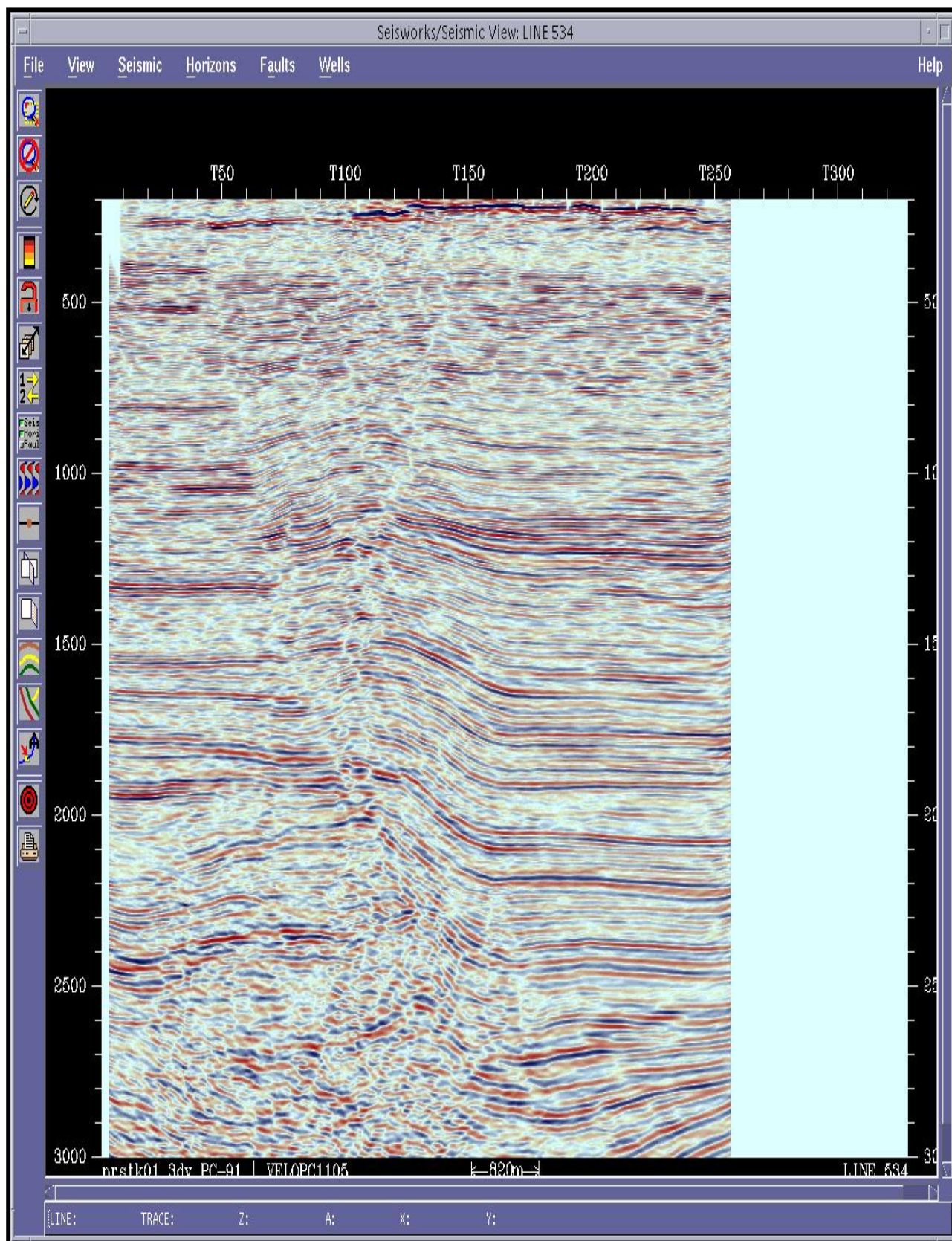


Fig. (23) Migración prestack