

**PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE  
TRANSPORTE NACIONAL - PROVIAS NACIONAL**

**CONSORCIO QUILLABAMBA**

ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA CONSTRUCCION Y MEJORAMIENTO DE LA  
CARRETERA CUSCO – QUILLABAMBA TRAMO ALFAMAYO – CHAULLAY –  
QUILLABAMBA

**INVESTIGACIONES GEOFISICAS EN EL DESLIZAMIENTO  
DEL Km 131+380 m  
INFORME**

***Geoplor S.R.L.***

Setiembre 2008

**ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA CONSTRUCCION Y MEJORAMIENTO DE LA  
CARRETERA CUSCO – QUILLABAMBA TRAMO ALFAMAYO – CHAULLAY -  
QUILLABAMBA  
INVESTIGACIONES GEOFISICAS EN EL DESLIZAMIENTO  
DEL Km 131+380 m  
INFORME**

## **INTRODUCCION**

El CONSORCIO QUILLABAMBA solicitó la ejecución de un programa de investigaciones geofísicas que se llevaría a cabo en el deslizamiento del Km 131 + 380 m, aproximadamente a 10 km de Quillabamba, Departamento del Cusco, con el fin de evaluar la estructura del subsuelo para que sirva para la elaboración del diseño de obras de contención.

Los trabajos de campo fueron hechos el 18 de Agosto del 2008, habiéndose obtenido los registros sísmicos, cuya muestra se da en el ANEXO 1.

El volumen de las investigaciones es mostrado en el Cuadro 1.

### **CUADRO 1. VOLUMEN DE LOS TRABAJOS EFECTUADOS**

<b>Nombre de la Sección</b>	<b>Longitud, m</b>	<b>UBICACIÓN, Km + m</b>
LS-1	240	131+380
LS-2	240	131+380
Total, m	480	

Las longitudes de las secciones sísmicas, corresponden a las distancias medidas con los cables geofísicos que siguen el relieve del terreno. En consecuencia son mayores que las longitudes reducidas a la horizontal.

La sección geosísmica LS-1 fue orientada, aproximadamente, a lo largo del eje del deslizamiento y la sección geosísmica LS-2, se levantó a lo largo de la carretera, transversal a la primera línea, tal como es mostrado en la Lámina GF 01, de ubicación de líneas sísmicas. El Consorcio estuvo a cargo de la demarcación y levantamiento topográficos de los perfiles.

## 1.0 OBJETIVOS Y GENERALIDADES DE LOS TRABAJOS

El objetivo principal de las investigaciones geofísicas ha sido determinar el corte del subsuelo en la zona del deslizamiento. Como fines específicos fueron planteados los siguientes:

- ◆ Diferenciación de los depósitos no consolidados según el grado de compactación.
- ◆ Determinación de la base de los depósitos sueltos, particularmente de los que se encuentran afectados por el deslizamiento.
- ◆ Diferenciación del macizo rocoso según su grado de conservación

La profundidad de investigación ha llegado hasta 50 m –60 m.

En la obtención de los sismogramas ha sido utilizado un sismógrafo INTERSEIS, de 48 canales de registro y de 24 bits de resolución, compuesto por tres módulos telemétricos IM2416 de 16 canales cada uno, uno de los cuales es mostrado en la Foto 1. Completan el sistema una computadora portátil, geófonos verticales, cables sísmicos, cables de sincronización con la explosión.



Foto 1. Módulo Telemétrico IM2416

## 2.0 METODOLOGIA USADA

Se ha empleado como método de investigación el denominado perfilaje de refracción sísmica. La separación entre receptores contiguos ha sido de 5 m, medidos según el relieve del terreno.

En las líneas sísmicas fueron obtenidos sismogramas correspondientes a 5 puntos de origen de las ondas, por cada tendido de geófonos o sensores.

Como fuente de las ondas elásticas fueron usadas explosiones de dinamita.

### ***La Refracción Sísmica***

Las ondas elásticas se propagan siguiendo las mismas leyes de la óptica, cuando un rayo luminoso atraviesa medios transparentes de diferente densidad. Se produce así, refracciones y reflexiones de los rayos de las ondas elásticas que se profundizan y regresan a la superficie.

De ello se vale la prospección sísmica para que, desde la superficie, mediante un conveniente sistema de medición de los tiempos de llegada de las ondas a determinados puntos del terreno, se logre determinar la estructura del subsuelo, diferenciando las capas de acuerdo a los valores de la velocidad de propagación de las ondas elásticas.

La etapa inicial del procesamiento de los datos, consiste en demarcar en los sismogramas "las primeras llegadas" de las ondas a los receptores, determinándose el tiempo transcurrido desde el momento de la explosión. Con estos datos y tomando en cuenta la distribución de los geófonos se elabora el gráfico Tiempo – Distancia de cada perfil. El gráfico tiempo - distancia de cada perfil es denominado Hodógrafo. Los Hodógrafos del presente trabajo se dan en el Anexo 2.

Los hodógrafos sirven de base para la interpretación, que consiste en determinar la secuencia de las capas del subsuelo en función de las velocidades de las ondas elásticas. Las secciones así obtenidas son las llamadas **secciones sísmicas** y los límites de separación entre medios de distinta velocidad son llamados **límites geosísmicos**. Para que el método sea efectivo, es necesario que las capas presenten velocidades mayores a mayor profundidad.

Hay diversos métodos de interpretación y también hay varios paquetes de programas especializados en la resolución de la tarea de obtener las secciones geosísmicas o secciones de velocidades de las ondas elásticas. En el presente trabajo hemos usado el Programa [SeisOpt@2D](#) desarrollado por OPTIM DLL

Una vez obtenida la sección geosísmica, puede darse una interpretación geológica a la sección, con el apoyo de la información ya disponible.

Los rangos típicos de variación de las velocidades de ondas longitudinales,  $V_p$ , de algunas rocas y medios se dan en el Cuadro 2.

**CUADRO 2**  
**VELOCIDAD DE LAS ONDAS ELASTICAS LONGITUDINALES EN**  
**DIFERENTES MEDIOS Y ROCAS**

<b>MEDIO O ROCA</b>	<b><math>V_p</math>, m/s</b>
Aire (en función de su temperatura, presión y viento)	310-360
Suelo Vegetal	100-500
Grava, cascajo, arena secos	100-600
Grava arcillosa seca	300-900
Arena húmeda	200-1800
Depósitos aluviales	500-2010
Arcilla	1200-2800
Agua (en función de su temperatura y salinidad)	1430-1590
Arenisca friable	1500-2500
Arenisca compacta	1800-4000
Esquisto arcilloso	2700-4800
Caliza, dolomita compacta	3000-6000
Marga	2000-3500
Hielo	3100-4200
Sal de roca	4200-5500
Granito	4000-5700
Diorita	5950-6500
Granodiorita	5700-6400
Rocas metamórficas	4500-6800
Anfibolita	6500-7200

*Los valores de  $V_p$  correspondientes a rocas ígneas y metamórficas disminuyen de acuerdo a la disminución de la calidad de la roca*

### 3.0 RESULTADOS

Los resultados del perfilaje sísmico de refracción han sido expresados en las secciones geosísmicas de las Láminas GF-02 y GF-03, que ilustran el presente informe. En estas, el subsuelo se ha diferenciado según las velocidades de las ondas elásticas longitudinales  $V_p$ , mediante una escala de colores.

Han sido demarcados dos límites, el superior por la velocidad de 1200 -1400 m/s, y el inferior por la velocidad de los 3500 m/s.

Con los límites mencionados el subsuelo ha sido dividido en la siguiente secuencia de capas principales:

- Capa superior, con velocidades de las ondas longitudinales,  $V_p$ , bajas, entre 500 y 1500 m/s, que estaría constituida por depósitos sueltos, con baja densidad y baja compactación, de alta permeabilidad. La gran parte de esta capa conforma el cuerpo del deslizamiento activo.
- Capa intermedia, con velocidades de 2000 m/s a 3200 m/s. Estaría constituida por rocas muy fracturadas y alteradas, con permeabilidad de mediana a alta. La parte superior de esta capa podría estar constituida por depósitos sueltos compactos. Esta capa podría servir de sustento a obras de contención si estas se insertan lo suficiente dentro de esta capa.
- La capa inferior, con velocidades  $V_p$  entre 3800 y 6000 m/s, que correspondería a rocas relativamente conservadas.

De los dos límites mencionados arriba, el de mayor importancia para el Proyecto es el límite superior, que determina la base de los depósitos de muy alta permeabilidad y de baja compactación, que estarían sometidas al deslizamiento activo.

#### Sección Geosísmica LS-1

En la Lámina GF-02 se presenta esta sección geosísmica.

La capa de baja velocidad de las ondas elásticas  $V_p$ , de muy alta permeabilidad y muy baja compactación, presenta espesores que varían a lo largo de la sección entre los 15 y los 22 m. El mayor grosor de esta capa constituye el cuerpo del deslizamiento.

La capa intermedia o basamento muy fracturado y alterado presenta espesores de 82 m al inicio de la sección, disminuyendo hasta 40 m en el cruce con la línea LS-2, en la carretera.

El techo del basamento relativamente conservado presenta un relieve sub horizontal desde el inicio de la sección, en la progresiva -190m hasta la progresiva -85 m y a partir de donde es sub paralelo a la pendiente del terreno.

### Sección Geosísmica LS-2

En la Lámina GF-03 se presenta esta sección.

La capa superior, de baja velocidad  $V_p$ , compuesta por depósitos sueltos, presenta espesores desde 10 m a 18 m en la mayor parte de la línea. En el cruce con la Línea LS-1, en el centro de la misma, presenta 16 m.

La capa intermedia o basamento muy fracturado y alterado presenta espesores de 32 m a 50 m.

## 4.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el sector estudiado se presenta la siguiente secuencia de las capas: **La superior** con velocidades  $V_p$ , de 500 hasta 1200 – 1400 m/s, constituida por depósitos sueltos, principalmente, de muy alta permeabilidad y de baja compactación, que estaría conformando el cuerpo del deslizamiento. **La intermedia**, con velocidades entre 2000 y 3200 m/s, que estaría constituida por rocas muy alteradas y fracturadas, con permeabilidad de mediana a alta. Aunque la parte superior de esta capa puede estar constituido por depósitos sueltos compactos, podría servir para la sustentación de las obras de contención. **La inferior**, con velocidades mayores que 3800 m/s, constituido por basamento rocoso relativamente conservado. En la gran parte de las zonas estudiadas se encuentra situado a profundidades grandes que hacen inviable que las obras de contención de los deslizamientos la alcancen.
  - Los espesores de la capa de baja velocidad y de muy alta permeabilidad, que se encuentra bajo deslizamiento, a lo largo del eje del deslizamiento varía entre los 15 y 22 m de de espesor.
  - El diseño y construcción de un sistema de drenaje de las aguas de manantiales y de las lluvias en el sector de deslizamiento, aparte de las obras de contención, mejorará ostensiblemente el control de este fenómeno en la carretera.
-

**PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE  
TRANSPORTE NACIONAL - PROVIAS NACIONAL**

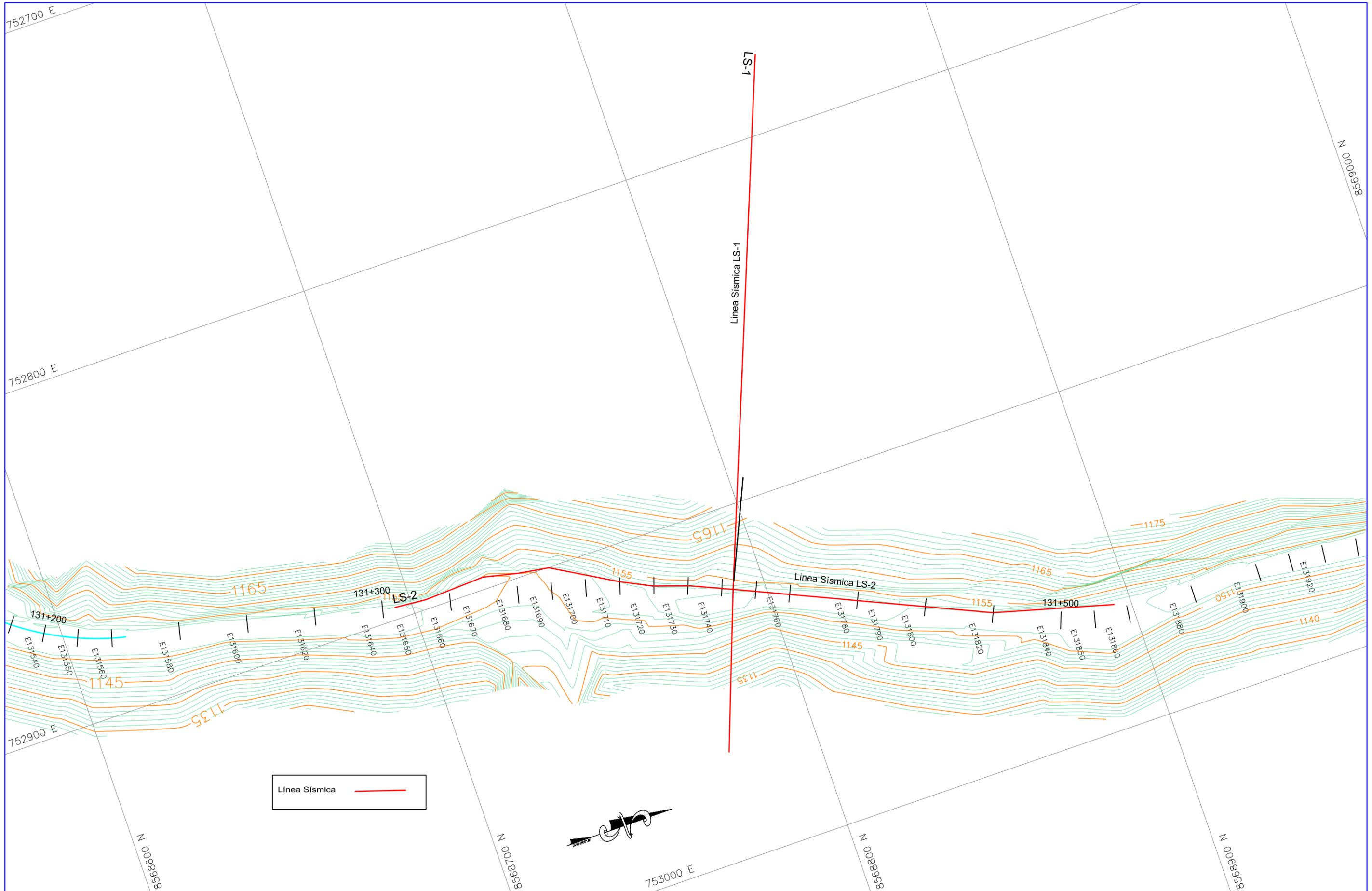
**CONSORCIO QUILLABAMBA**

ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA CONSTRUCCION Y MEJORAMIENTO DE LA  
CARRETERA CUSCO – QUILLABAMBA TRAMO ALFAMAYO – CHAULLAY –  
QUILLABAMBA

**INVESTIGACIONES GEOFISICAS EN EL DESLIZAMIENTO  
DEL Km 131+380 m  
INFORME  
PLANOS Y SECCIONES**

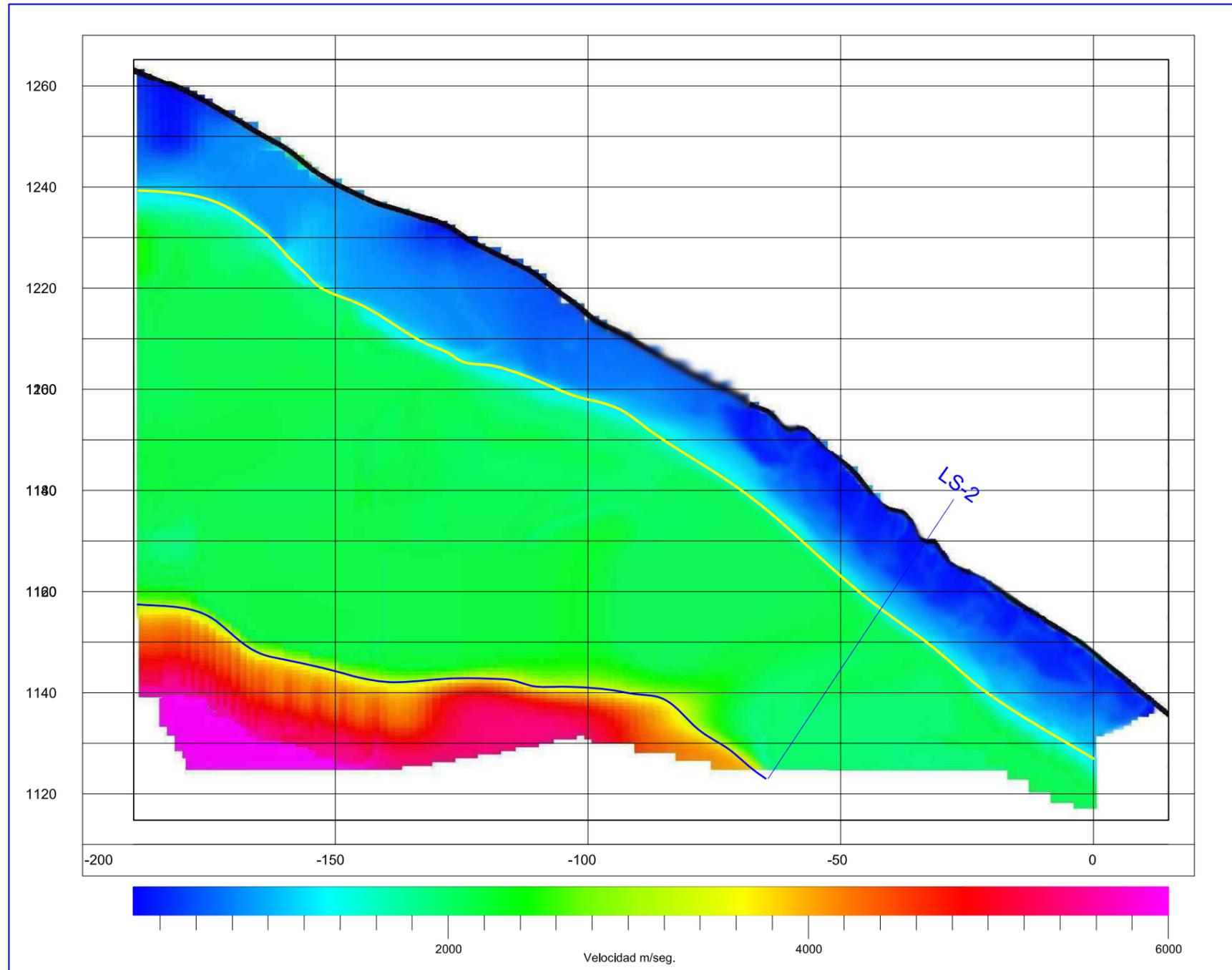
**Geoplos S.R.L.**

Setiembre 2008



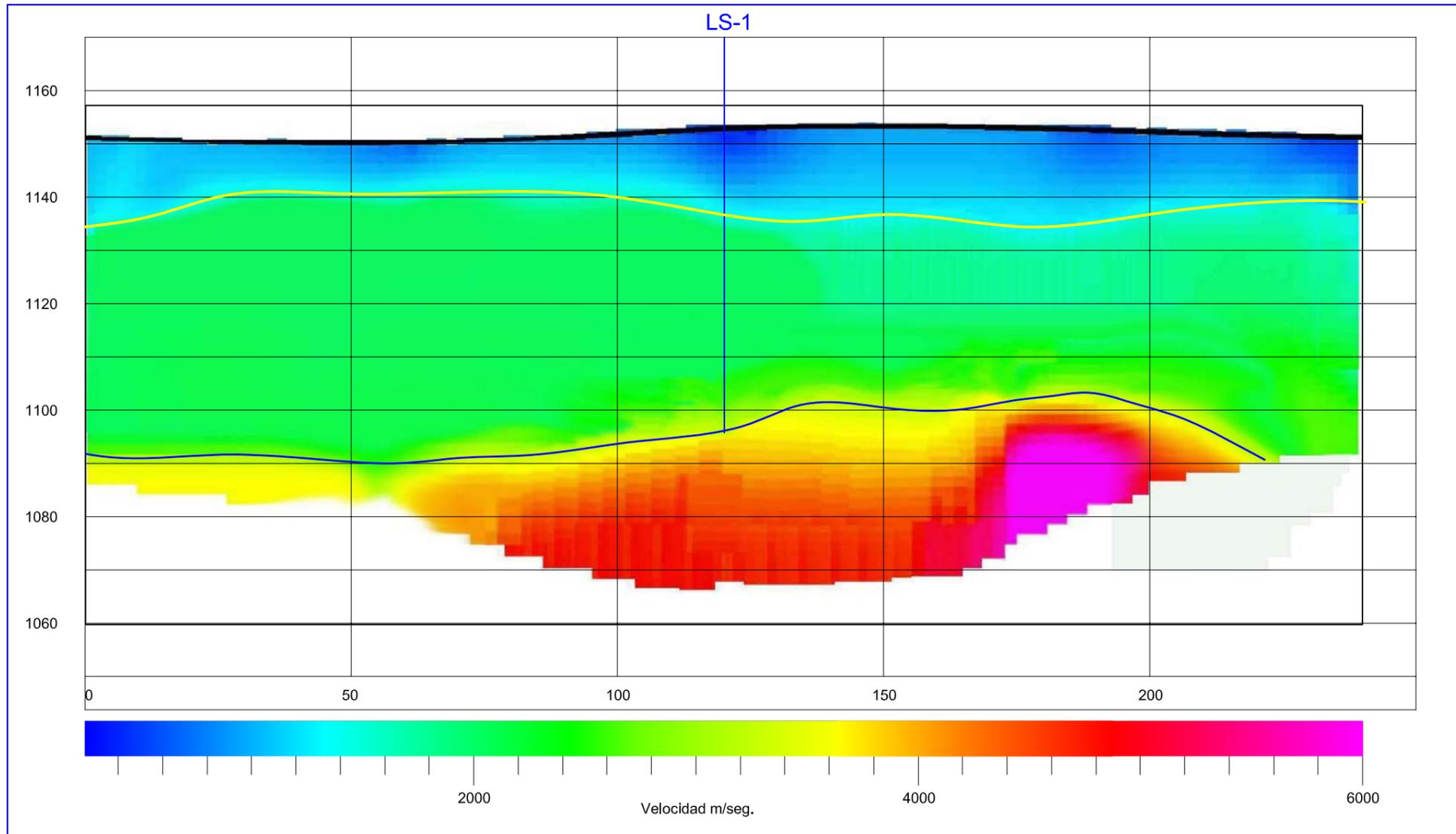
Línea Sísmica

## SECCION GEOSISMICA LS-1



SIMBOLOS	
Base de los depósitos bajo deslizamiento, con Vp de 0.5 a 1.4 Km/s	—
Base del basamento rocoso muy alterado y fracturado, con Vp de 2.0 a 3.5 Km/s y techo del basamento rocoso relativamente conservado	—

## SECCION GEOSISMICA LS-2



SIMBOLOS	
Base de los depósitos bajo deslizamiento, con Vp de 0.5 a 1.4 Km/s	—
Base del basamento rocoso muy alterado y fracturado, con Vp de 2.0 a 3.5 Km/s y techo del basamento rocoso relativamente conservado	—

**PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE  
TRANSPORTE NACIONAL - PROVIAS NACIONAL**

**CONSORCIO QUILLABAMBA**

ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA CONSTRUCCION Y MEJORAMIENTO DE LA  
CARRETERA CUSCO – QUILLABAMBA TRAMO ALFAMAYO – CHAULLAY –  
QUILLABAMBA

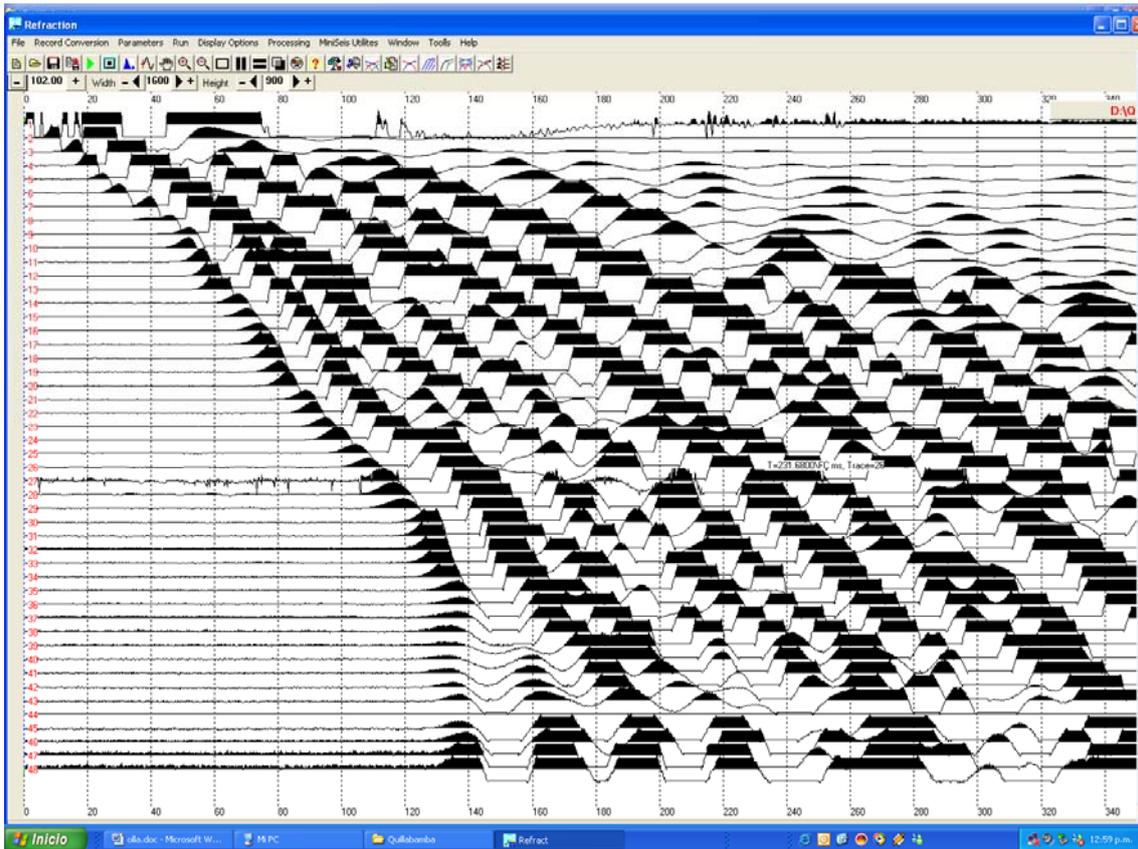
**INVESTIGACIONES GEOFISICAS EN EL DESLIZAMIENTO  
DEL Km 131+380 m  
INFORME**

ANEXO 1. Muestra de sismogramas obtenidos

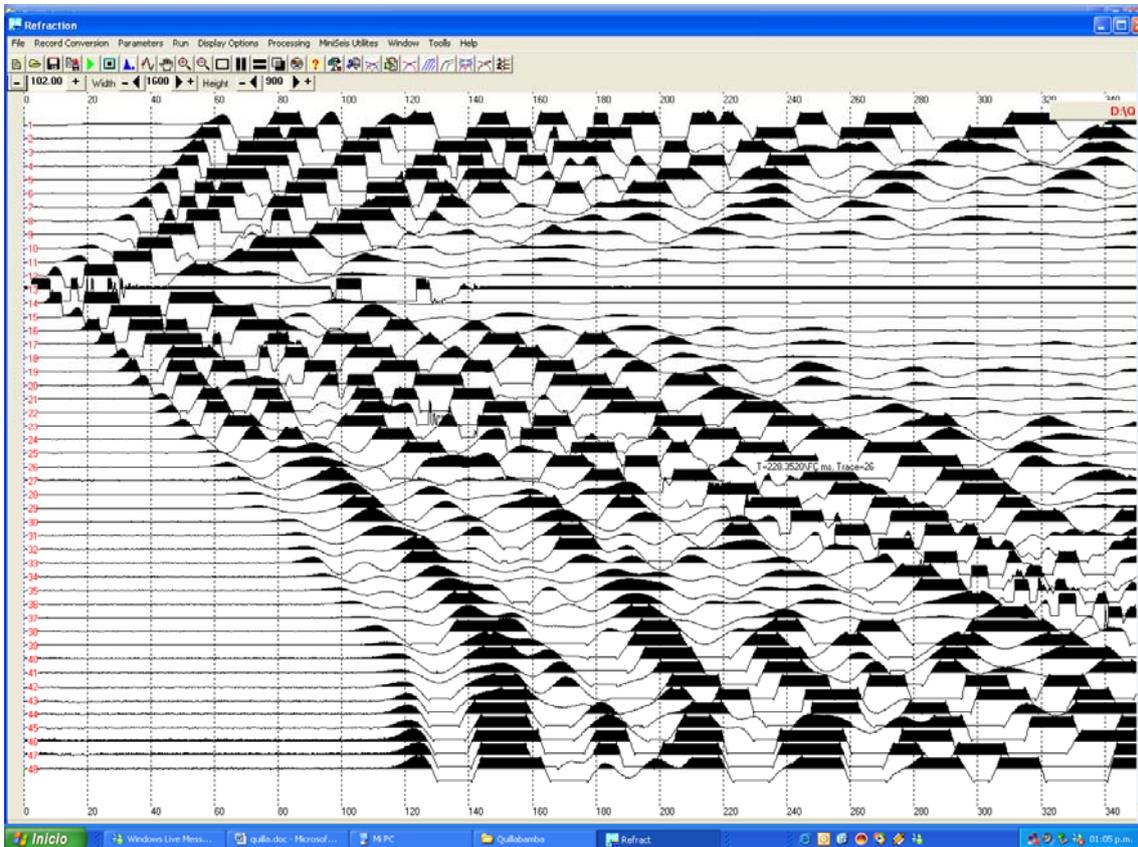
**Geoplos S.R.L.**

Setiembre 2008

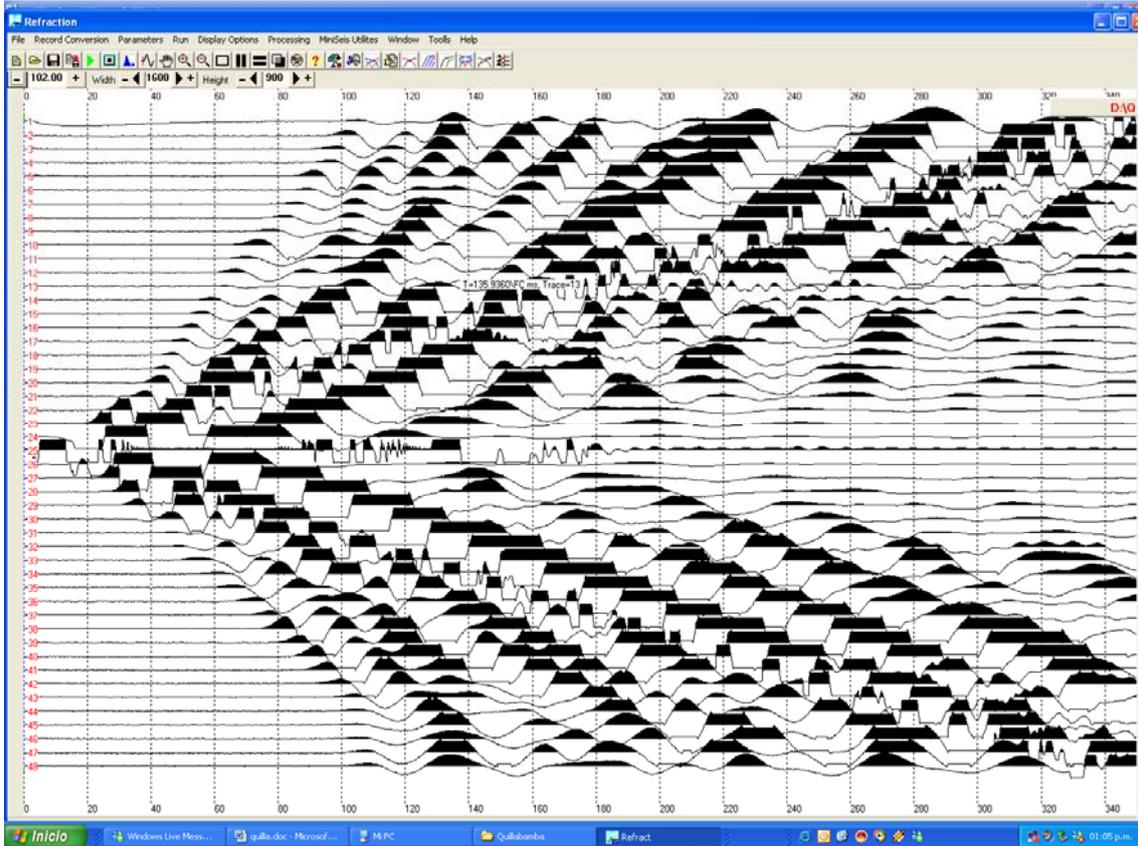
File 02



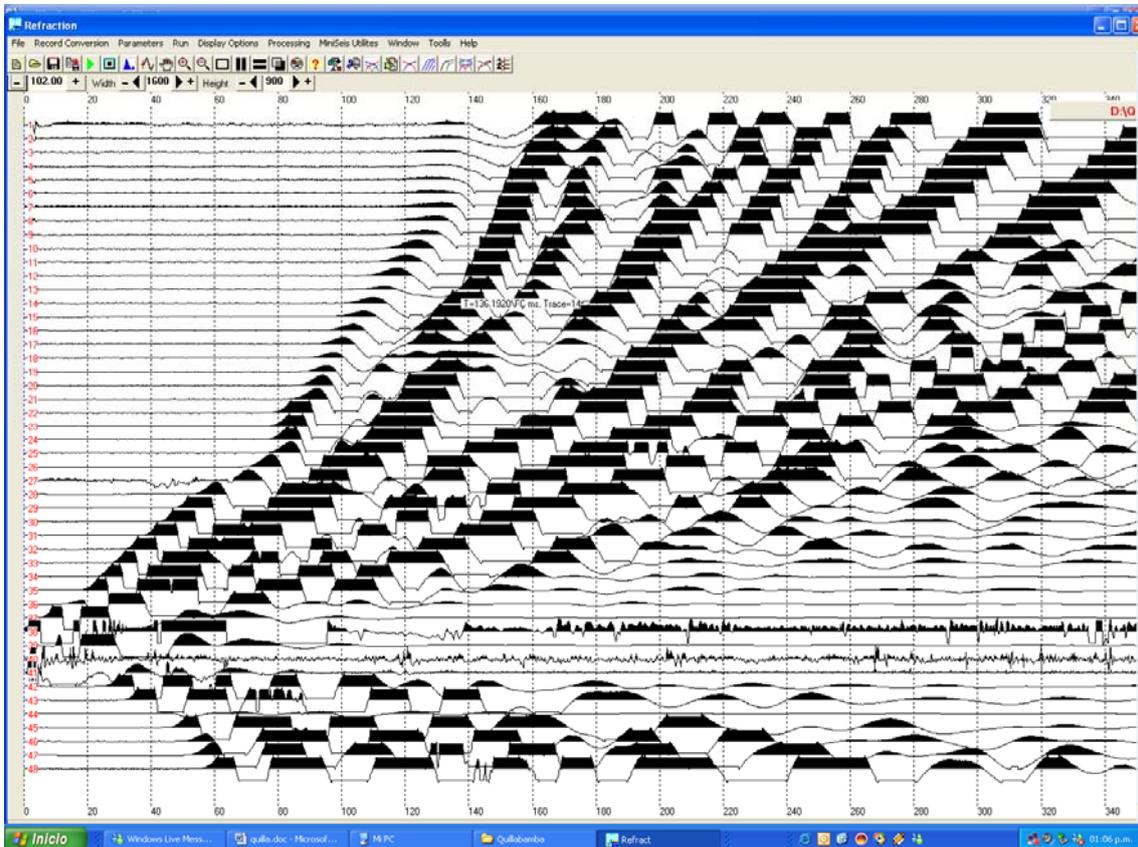
File 03



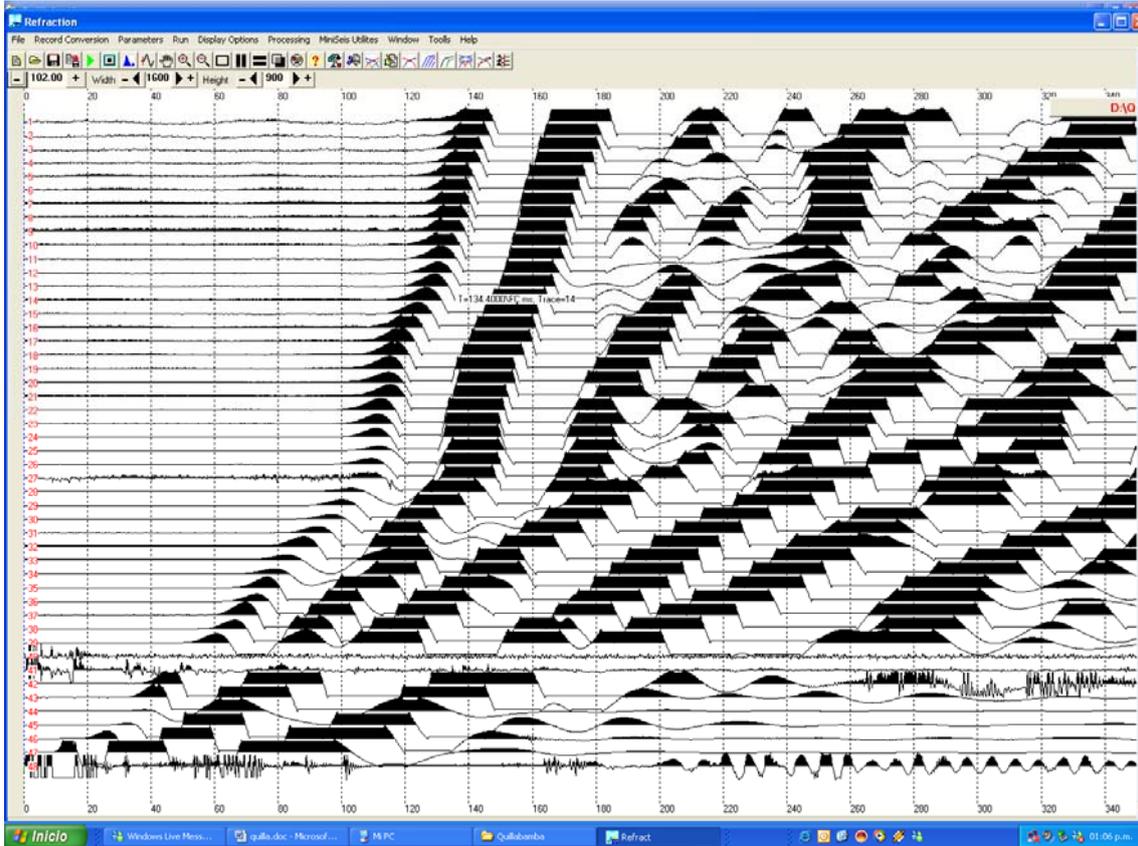
File 04



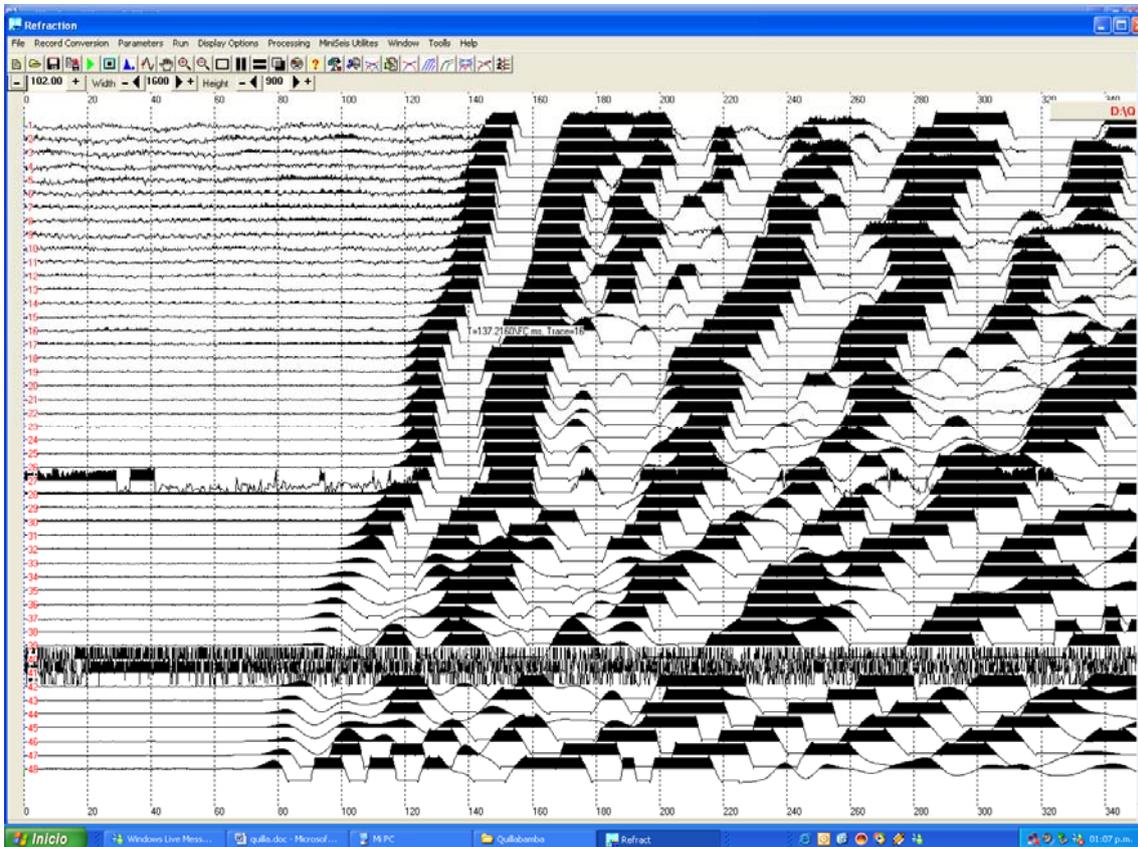
File 05



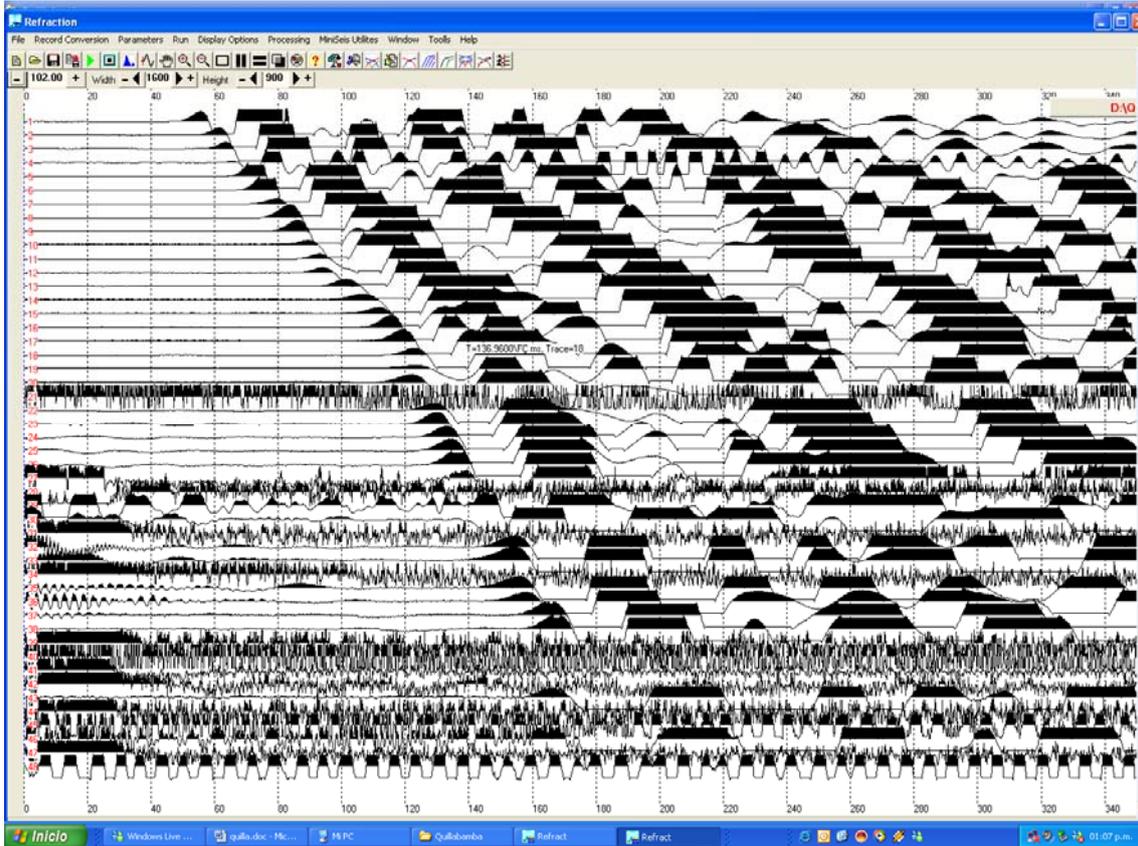
File 06



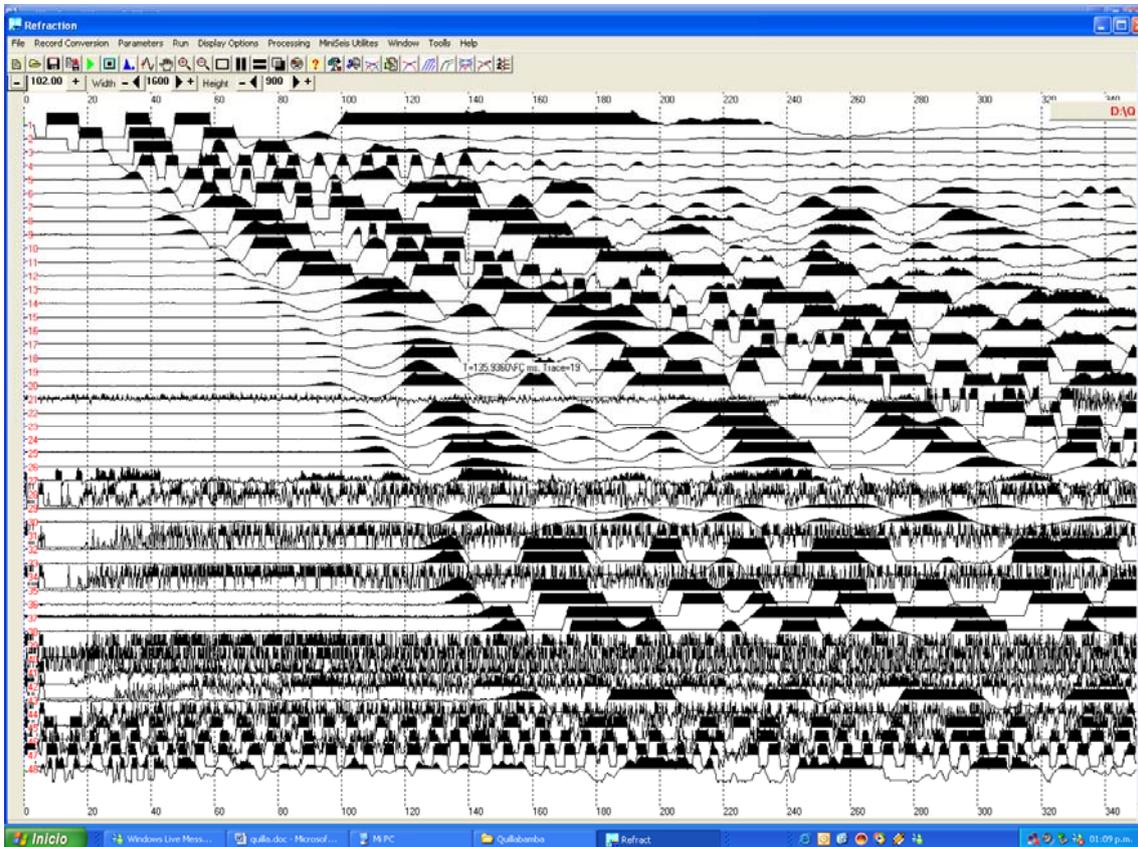
File 07



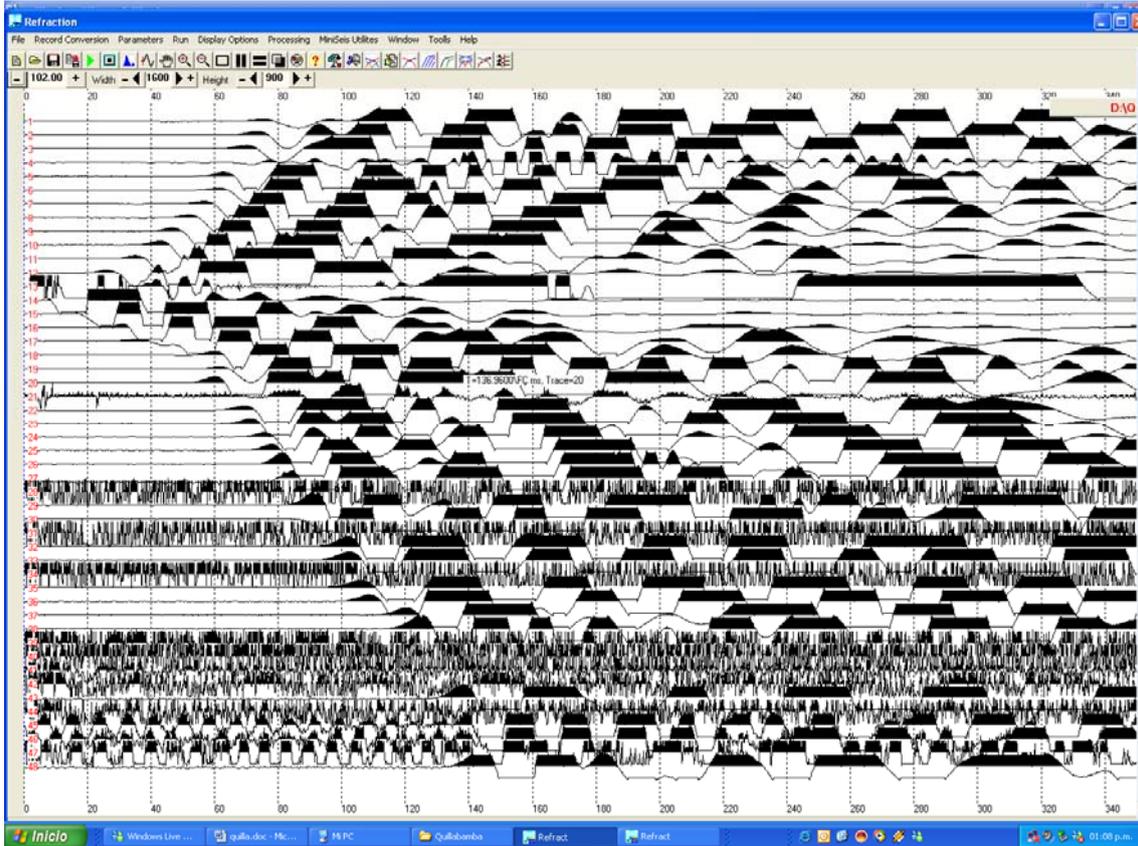
# File 09



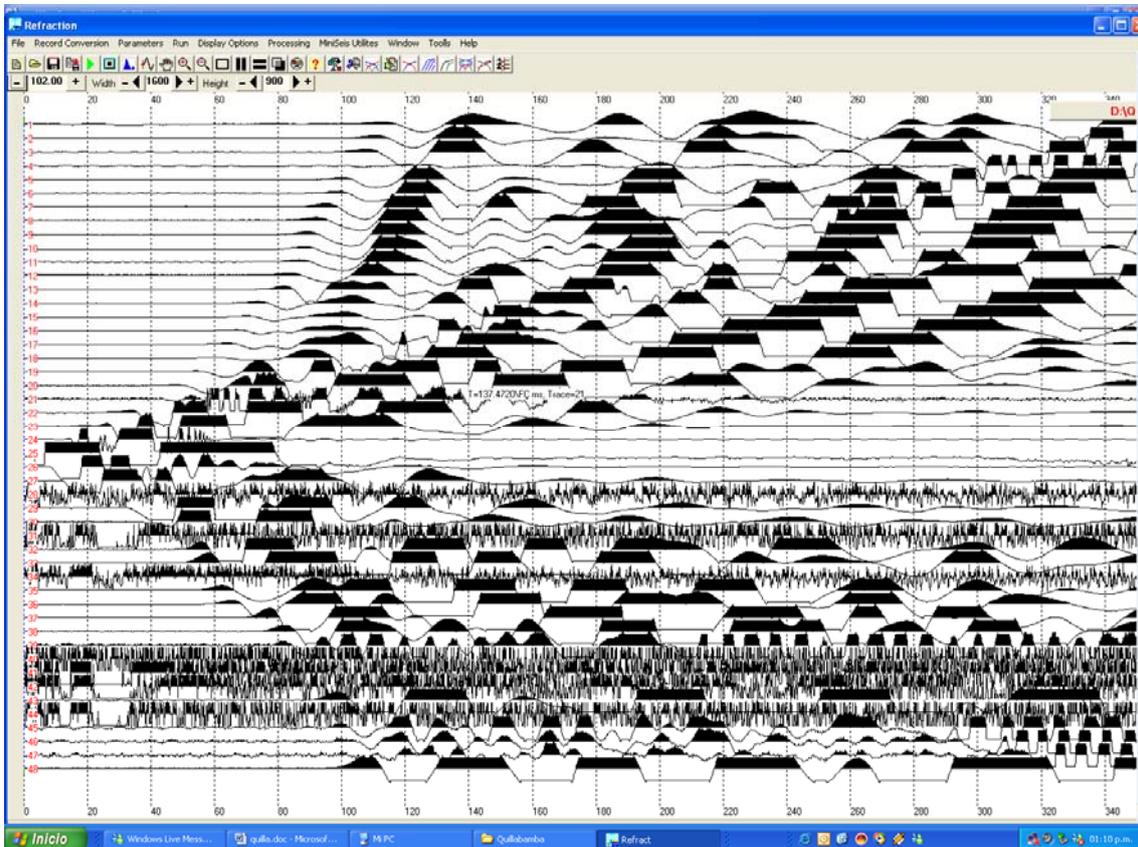
# File 10



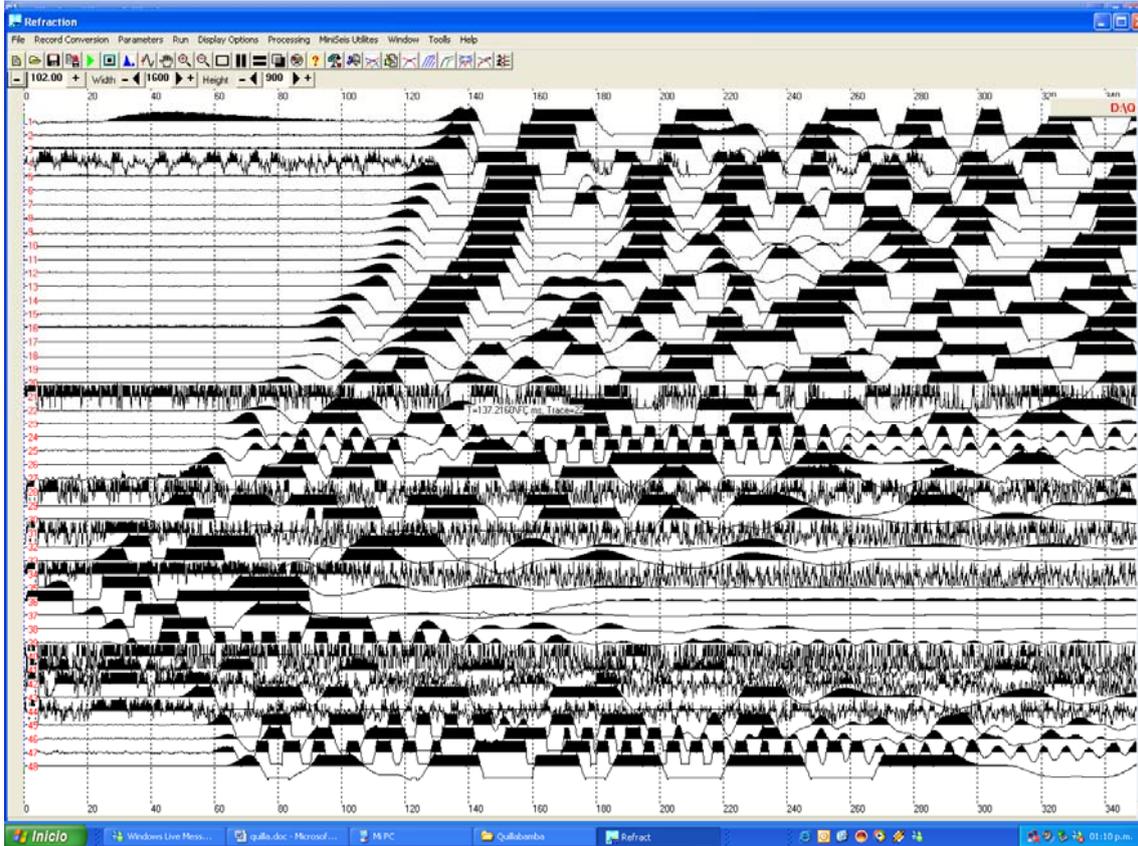
File 11



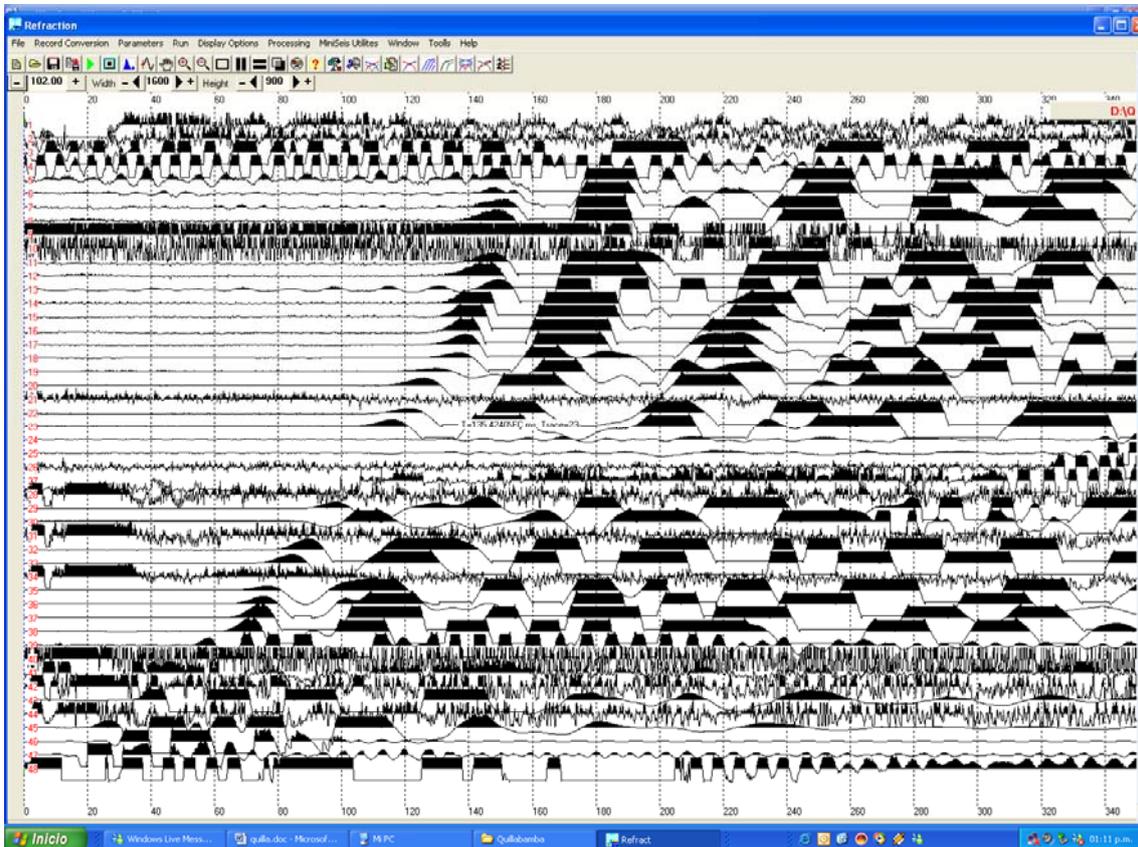
File 12



File 13



File 14



**PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE  
TRANSPORTE NACIONAL - PROVIAS NACIONAL**

**CONSORCIO QUILLABAMBA**

ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA CONSTRUCCION Y MEJORAMIENTO DE LA  
CARRETERA CUSCO – QUILLABAMBA TRAMO ALFAMAYO – CHAULLAY –  
QUILLABAMBA

**INVESTIGACIONES GEOFISICAS EN EL DESLIZAMIENTO  
DEL Km 131+380 m  
INFORME**

ANEXO2. Hodógrafos

**Geoplos S.R.L.**

Setiembre 2008

# HODOGRAFO LS-1 Km 131

