

INFORME FINAL

ENSAYOS GEOFÍSICOS POR LOS MÉTODOS DE MASW Y MAM PARA EL ÁREA DE EMPLAZAMIENTO DEL PUENTE QUILCA

Solicitado por:

ALPHA CONSULT

Av. Pablo Carrquiry 467 - San Isidro

Lima – Perú

Telefax:(51 1) 224-3315 anexo 212

Preparado por:

ZER GEOSYSTEM PERU S.A.C.

Jr. Los Chasquis 2164, Los Olivos

Lima 39 – Perú

Telefax: (511) 651-1850

Abril, 2010

TABLA DE CONTENIDO

1.0 GENERALIDADES	4
1.1 Antecedentes	4
1.2 Objetivo del Estudio.....	4
1.3 Ubicación del Área de Estudio.....	4
2.0 FUNDAMENTOS DE LOS ENSAYOS MASW Y MAM.....	5
3.0 EQUIPO E INSTRUMENTOS UTILIZADOS	6
4.0 PROCEDIMIENTO DE LOS TRABAJOS DE CAMPO	6
5.0 PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	7
5.1 Procesamiento de los Sondajes MASW	7
5.2 Procesamiento de los Sondajes MAM	10
6.0 CONCLUSIONES	14
7.0 REFERENCIAS	16

TABLAS

- Tabla 1** : Relación de Ensayos Geofísicos – Sondajes MASW
Tabla 2 : Relación de Ensayos Geofísicos – Sondajes MAM
Tabla 3 : Coordenadas UTM – Sondajes MASW - MAM
Tabla 4 : Resumen de los Ensayos de Ondas S - MASW
Tabla 5 : Resumen de los Sondajes de Velocidades de Ondas S - MAM

LISTA DE ANEXOS

ANEXO

- ANEXO 1** : Ensayos Geofísicos – Sondaje MASW.
ANEXO 1.1 : Registros de Ondas Sísmicas – Ensayo MASW
ANEXO 1.2 : Curvas de Dispersión - MASW
ANEXO 1.3 : Modelo Unidimensional de Ondas de Corte -MASW
ANEXO 2 : Ensayos Geofísicos – Ensayo MAM.
ANEXO 2.1 : Registros de Ondas Sísmicas – Ensayo MAM
ANEXO 2.2 : Curvas de Dispersión - MAM
ANEXO 2.3 : Modelo Unidimensional de Ondas de Corte -MAM
ANEXO 3 : Panel Fotográfico
ANEXO 3.1 : Fotografías – Geofísica – Sondaje MASW.
ANEXO 3.2 : Fotografías – Geofísica – Ensayo MAM.

PLANOS

- Plano P-01** : Plano de Ubicación del área de estudio.
Plano P-02 : Plano de Ubicación de Exploración Geofísica.

1.0 GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La compañía ALPHA CONSULT solicitó a la empresa ZER GEOSYSTEM PERÚ S.A.C., la investigación del subsuelo a cimentar de los pilares del puente Quilca. Conforme a la propuesta técnica económica del presente proyecto se comprometió a realizar los ensayos geofísicos MASW y MAM en la ubicación de los pilares del puente Quilca. La mencionada estructura se encuentra ubicada el distrito de Quilca, entre las provincias de Camaná e Islay, departamento de Arequipa.

Esta investigación consistió en la exploración del subsuelo por el método indirecto, a través de los estudios geofísicos (MASW y MAM), básicamente para conocer las características de los materiales que conforman los cimientos de los pilares del puente en estudio como se muestra en el plano de exploración geofísica.

Luego de la aprobación de la propuesta técnico-económica y la planificación de los trabajos de exploración geofísica, se dio inicio a los trabajos de campo como ejecución del presente estudio, cuyo contenido se describe a continuación.

1.2 Objetivo del Estudio

El objetivo del estudio es determinar el perfil sísmico unidimensional de ondas de corte (Vs), en base al cual se inferirá la compacidad y potencia de los diferentes materiales que componen el subsuelo de cimentación del puente Quilca.

1.3 Ubicación del Área de Estudio

El área de estudio se encuentra ubicado en el distrito de Quilca, provincia de Camaná e Islay, departamento de Arequipa. El puente Quilca se encuentra emplazado entre los kilómetros 31+340 y 31+360 en el tramo Desvío Quilca Matarani de la carretera Camaná-Desvío Quilca Matarani-Ilo-Tacna donde el área de trabajo se encuentra a una altitud media de 2 m.s.n.m., como se muestra en el Plano P-01, enmarcada por las siguientes coordenadas locales:

Área de Estudio del Puente Quilca	775100 E	8149540 N
	775450 E	8149540 N
	775450 E	8149840 N
	775100 E	8149840 N

El área de estudio ha sido explorada mediante líneas geofísicas de sondajes MASW y MAM, convenientemente distribuidos en función de la ubicación de los pilares de la estructura del puente de acuerdo a los requerimientos del solicitante.

Las líneas geofísicas de los sondajes MASW alcanzaron una longitud de 300 m. sobre la superficie del terreno y las líneas geofísicas de sondajes MAM alcanzan 520 m. sobre la superficie del terreno. Las Tablas 1 y 2 indican la longitud de cada línea y el total realizado. La distribución de las líneas de exploración ejecutadas se muestra en el Plano P-02.

2.0 FUNDAMENTOS DE LOS ENSAYOS MASW Y MAM

Los ensayos de medición de ondas superficiales en arreglos multicanales (MASW y MAM) consisten en generar ondas vibratorias en la superficie del terreno y registrar a distancias variables el arribo de las ondas de corte (Ondas S), con las cuales se determinan los cambios de velocidades a lo largo de los contactos. Para realizar el servicio solicitado, con el alcance indicado en los objetivos, se realizaron las siguientes actividades:

- **Ensayos MASW y MAM**

El Ensayo MASW o Análisis de Ondas Superficiales en Arreglo Multicanal es un método de exploración geofísica que permite determinar la estratigrafía del subsuelo bajo un punto en forma indirecta, basándose en el cambio de las propiedades dinámicas de los materiales que la conforman. Este método consiste en la interpretación de las ondas superficiales (Ondas Rayleigh) de un registro en arreglo multicanal, generadas por una fuente de energía impulsiva en puntos localizados a distancias predeterminadas a lo largo de un eje sobre la superficie del terreno, obteniéndose el perfil de velocidades de ondas de corte (V_s) para el punto central de dicha línea.

Por su parte, el ensayo MAM o Análisis de Microtrepidaciones en Arreglos Multicanales, consiste en monitorear las vibraciones ambientales en arreglos predeterminados y mediante el análisis de dispersión de éstas determinar el perfil de velocidades de ondas S. La combinación de los métodos MASW y MAM, permiten obtener perfiles de ondas S hasta profundidades promedio de 60 a 100 m.

En ambos métodos, la interpretación de los registros consiste en obtener de ellos una curva de dispersión (un trazado de la velocidad de fase de las ondas superficiales versus la frecuencia), filtrándose solamente las ondas superficiales, ya que son estas ondas las que predominan en el grupo de ondas, poseyendo alrededor del 70% de la energía del tren de ondas. Además, la velocidad de fase de estas ondas tiene un valor que varía entre el 90% al 95% del valor de la velocidad de propagación de las ondas S (V_s). Luego mediante un procedimiento de cálculo inverso iterativo (método de inversión) y a partir de la curva de dispersión calculada se obtiene el perfil sísmico del terreno en función de V_s para cada punto de estudio.

Esta técnica se ha venido utilizando con bastante frecuencia en la exploración geotécnica como un método indirecto para la cimentación de puentes, presas de tierra, presas de relaves y pads de lixiviación, obteniéndose buenas correlaciones con los perfiles estratigráficos del suelo en los casos donde se han realizado perforaciones diamantinas, así como con los resultados de los ensayos SPT, por lo que tiene una buena confiabilidad y constituye una alternativa económica.

3.0 EQUIPO E INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Para realizar los ensayos MASW y MAM se contó con un equipo de prospección geofísica ES-3000, desarrollada por la empresa GEOMETRICS, el cual tiene las siguientes características:

- a) 12 canales de entrada, cada uno tiene un convertidor A/D individual con resolución 24 bit y alta velocidad de muestreo.
- b) 13 Sensores o geófonos de 4.5 Hz de frecuencia, los cuales permiten registrar las vibraciones ambientales del terreno producidas por fuentes naturales o artificiales y el arribo de las ondas P y ondas S generadas por las fuentes de energía.
- c) Computadora portátil, Lap Top con procesador Intel Core Duo.
- d) Un cable de conectores de geófonos de 180 m.
- e) Radios de comunicación y accesorios varios.

Los registros de las ondas sísmicas obtenidas en cada una de las líneas de exploración pueden ser procesados en el campo en forma preliminar y en forma definitiva en el gabinete, utilizando para ello programas de cómputo que permiten obtener las velocidades de propagación de las ondas P y S así como el perfil sísmico del terreno.

4.0 PROCEDIMIENTO DE LOS TRABAJOS DE CAMPO

En los ensayos de campo que se realizaron se define el punto central y dirección del eje de la línea geofísica, luego se procede a instalar los geófonos y los cables de conexión al equipo de adquisición de datos.

Se ejecutaron 03 sondajes MASW de 53 m y 03 sondajes MASW de 47 m de longitud, con una separación de 03 m entre geófonos, haciendo un total de 300 m. También se ejecutaron 03 sondajes MAM de 100 m, 02 sondajes MAM de 80 m y 01 sondaje MAM 60 m. de longitud con una separación de 10, 08 m y 06 m respectivamente, haciendo un total de 520 m. La fuente de energía utilizada para generar las ondas sísmicas, en el caso del ensayo MASW, fue una comba de 25 lbs. el cual se golpea sobre un plato metálico generándose las ondas de corte en el terreno. Para el caso del ensayo MAM se registra las ondas sísmicas debido a la vibración ambiental, dichas ondas sísmicas se registradas a lo largo de

los sensores o geófonos instalados sobre la superficie del terreno a estudiar para luego ser almacenados mediante el software correspondiente y su posterior procesamiento.

5.0 PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN

5.1 Procesamiento de los Sondajes MASW

Los registros de las ondas sísmicas de los ensayos de ondas MASW se presentan en el Anexo 1.1, las curvas de dispersión del sondaje MASW se presentan en el Anexo 1.2. Esta información se utilizó para la interpretación de los modelos unidimensionales de velocidades de ondas de corte que se presenta en el Anexo 1.3, y cuya descripción se presenta a continuación.

Sondaje – MASW-01

Este sondaje corresponde al ensayo MASW 01, el cual se encuentra conformado por la línea sísmica denominada Sondaje 01, de 53 m de longitud, ubicado en el pilar N° 1 en la margen derecha del río Quilca. La interpretación de este ensayo generó un sondaje de velocidades de ondas S con resultados confiables hasta una profundidad de 25 m en el punto central de la línea, el cual muestra la presencia de tres estratos sísmicos.

El primer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 105 m/s y 215 m/s, hasta una profundidad de 7.0 m. Estratigráficamente está conformado por un material aluvial suelto.

El segundo estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 240 m/s a 260 m/s, con un espesor de 8.6 m. Dichas velocidades corresponderían a un suelo conformado por un material aluvial medianamente suelto.

El tercer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) incrementándose con la profundidad de 270 m/s a 310 m/s. Dichas velocidades corresponderían a un suelo conformado por un material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto.

Este sondaje se muestra en la Figura 01 del Anexo 1.3.

Sondaje – MASW-02

Este sondaje corresponde al ensayo MASW 02, el cual se encuentra conformado por la línea sísmica denominada Sondaje 02, de 53 m de longitud, ubicado en el pilar N° 2 en la margen derecha del río de Quilca. La interpretación de este ensayo genera un sondaje de velocidades de ondas S con resultados confiables hasta una profundidad de 20 m en el punto central de la línea, el cual muestra la presencia de tres estratos sísmicos.

El primer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 90 m/s y 220 m/s, hasta una profundidad de 5.1 m. Estratigráficamente está conformado por un material aluvial suelto.

El segundo estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 275 m/s a 310 m/s. con un espesor de 5.9 m. Estos valores de velocidad corresponderían a un suelo conformado por material aluvial medianamente suelto.

El tercer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) incrementándose con la profundidad de 350 m/s a 375 m/s. Dichas velocidades corresponderían a un suelo conformado por el material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto.

Este sondaje se muestra en la Figura 02 del Anexo 1.3

Sondaje – MASW-03

Este sondaje corresponde al ensayo MASW 03, el cual se encuentra conformado por la línea sísmica denominada Sondaje 03, de 53 m de longitud, ubicado en el pilar N° 3 en la margen derecha del río Quilca. La interpretación de este ensayo genera un sondaje de velocidades de ondas S con resultados confiables hasta una profundidad de 25 m en el punto central de la línea, el cual muestra la presencia de tres estratos sísmicos.

El primer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 90 m/s y 120 m/s, hasta una profundidad de 2.3 m. Estratigráficamente está conformado por un material aluvial suelto.

El segundo estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 145 m/s a 175 m/s, con un espesor de 8.7 m. Estos valores de velocidades corresponderían a un material aluvial medianamente suelto.

El tercer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) incrementándose con la profundidad de 200 m/s a 245 m/s. Dichas velocidades corresponderían a un suelo conformado por el material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto.

Este sondaje se muestra en la Figura 03 del Anexo 1.3.

Sondaje – MASW-04

Este sondaje corresponde al ensayo MASW 04, el cual se encuentra conformado por la línea sísmica denominada Sondaje 04, de 47 m de longitud, ubicado entre el pilar N° 4 y N° 5 en la margen izquierda del río Quilca. La interpretación de este ensayo genera un sondaje de velocidades de ondas S con resultados confiables hasta una profundidad de 25 m en el punto central de la línea, el cual muestra la presencia de tres estratos sísmicos.

El primer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 115 m/s y 125 m/s, hasta una profundidad de 3.0 m. Estratigráficamente está conformado por un material aluvial suelto.

El segundo estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 165 m/s a 180 m/s, con un espesor de 8.0 m. Estos valores de velocidad corresponderían a un material aluvial medianamente suelto.

El tercer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) incrementándose con la profundidad de 195 m/s a 250 m/s. Dichas velocidades corresponderían a un suelo conformado de material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto.

Este sondaje se muestra en la Figura 04 del Anexo 1.3.

Sondaje – MASW-05

Este sondaje corresponde al ensayo MASW 05, el cual se encuentra conformado por la línea sísmica denominada Sondaje 05, de 47 m de longitud, ubicado en el pilar N° 5 en la margen izquierda del río de Quilca. La interpretación de este ensayo genera un sondaje de velocidades de ondas S con resultados confiables hasta una profundidad de 25 m en el punto central de la línea, el cual muestra la presencia de cuatro estratos sísmicos.

El primer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 95 m/s y 100 m/s, hasta una profundidad de 2.0 m. Estratigráficamente está conformado por un material aluvial suelto.

El segundo estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 130 m/s a 200 m/s. con un espesor de 9.0 m. Estos valores de velocidad corresponderían a un material aluvial medianamente suelto.

El tercer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) incrementándose con la profundidad de 225 m/s a 275 m/s. con un espesor de 11.3 m. Dichas velocidades corresponderían a un suelo conformado por un material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto.

El cuarto estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) incrementándose con la profundidad de 325 m/s a más. Dichas velocidades corresponderían a un suelo conformado de material aluvial medianamente compacto.

Este sondaje se muestra en la Figura 05 del Anexo 1.3.

Sondaje – MASW-06

Este sondaje corresponde al ensayo MASW 06, el cual se encuentra conformado por la línea sísmica denominada Sondaje 06, de 47 m de longitud, ubicado entre el pilar N° 5 y N° 6 de la margen izquierda del río Quilca, La interpretación de este ensayo genera un sondaje de velocidades de ondas S con resultados confiables hasta una profundidad de 25 m en el punto central de la línea, el cual muestra la presencia de tres estratos sísmicos.

El primer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 85 m/s y 90 m/s, hasta una profundidad de 2.0 m. Estratigráficamente está conformado por un material aluvial suelto.

El segundo estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 145 m/s a 190 m/s. con un espesor de 7.1 m. Estos valores de velocidad corresponderían a un material aluvial medianamente suelto.

El tercer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) incrementándose con la profundidad de 225 m/s a 280 m/s. Dichas velocidades corresponderían a un suelo conformado por el material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto.

Este sondaje se muestra en la Figura 06 del Anexo 1.3

5.2 Procesamiento de los Sondajes MAM

Los registros de las ondas sísmicas de los ensayos de ondas MAM (Análisis de Microtrepidaciones en Arreglo Multicanal), se presentan en el Anexo 2.1, las curvas de dispersión del sondaje MAM se presentan en el Anexo 2.2. Esta información se utilizó para la interpretación de los modelos unidimensionales de velocidades de ondas de corte que se presenta en el Anexo 2.3, y cuya descripción se presenta a continuación.

MAM - 01

La línea sísmica denominada MAM-01, de 100 m de longitud, se ubicó en el pilar N° 1 del puente Quilca, en la margen derecha de río Quilca. La interpretación de este ensayo genera un sondaje de velocidades de ondas S con resultados confiables hasta una profundidad de 60 m en el punto central de la línea, el cual muestra la presencia de tres estratos sísmicos.

El primer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 130 m/s y 270 m/s, hasta una profundidad de 14.8 m. Estratigráficamente está conformado por un material aluvial suelto a medianamente suelto.

El segundo estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 245 m/s a 320 m/s, con un espesor promedio de 29.2 m. Estos valores de velocidad corresponderían a un material aluvial suelto a medianamente suelto.

El tercer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) incrementándose con la profundidad de 350 m/s a 390 m/s. Dichas velocidades corresponderían a un suelo conformado por material aluvial medianamente compacto.

Este sondaje se muestra en la Figura 01 del Anexo 2.3.

MAM -02

Este sondaje corresponde a un ensayo MAM de 100 m de longitud, ubicado en el pilar N° 2 en la margen derecha del río de Quilca. La interpretación de este ensayo genera un sondaje de velocidades de ondas S con resultados confiables hasta una profundidad de 60 m en el punto central de la línea, el cual muestra la presencia de tres estratos sísmicos.

El primer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 160 m/s y 270 m/s, hasta una profundidad de 12.3 m. Estratigráficamente está conformado por un material aluvial suelto a medianamente suelto.

El segundo estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 300 m/s a 325 m/s, hasta un espesor de 17.7 m. Estos valores de velocidad corresponderían a un material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto.

El tercer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) incrementándose con la profundidad de 360 m/s a 380 m/s. Dichas velocidad corresponderían a un suelo conformado por el material aluvial medianamente compacto

Este sondaje se muestra en la Figura 02 del Anexo 2.3.

MAM - 03

Este sondaje corresponde a un ensayo MAM de 100 m de longitud ubicado en la margen derecha del río Quilca. La interpretación de estos ensayos genera un sondaje de velocidades de ondas S con resultados confiables hasta una profundidad de 60 m en el punto central de la línea, el cual muestra la presencia de tres estratos sísmicos.

El primer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 130 m/s y 170 m/s, hasta una profundidad de 10.0 m. Estratigráficamente está conformado por un material aluvial suelto a medianamente suelto.

El segundo estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 200 m/s a 210 m/s, con un espesor de 12.8 m. Estos valores de velocidad corresponderían a un material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto.

El tercer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (Vs) incrementándose con la profundidad de 250 m/s a 300 m/s. Dichas velocidad corresponderían a un suelo conformado por el material aluvial medianamente compacto.

Este sondaje se muestra en la Figura 03 del Anexo 2.3.

MAM - 04

Este sondaje corresponde a un ensayo MAM de 80 m de longitud, ubicado entre el pilar N° 4 y N° 5 en la margen izquierda del río Quilca. La interpretación de estos ensayos genera un sondaje de velocidades de ondas S con resultados confiables hasta una profundidad de 60 m en el punto central de la línea, el cual muestra la presencia de tres estratos sísmicos.

El primer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (Vs) entre 115 m/s y 150 m/s, hasta una profundidad de 10.0 m. Estratigráficamente está conformado por un material aluvial suelto a medianamente suelto.

El segundo estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (Vs) entre 210 m/s a 220 m/s con un espesor de 14.0 m. Estos valores de velocidad corresponderían a un material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto.

El tercer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (Vs) incrementándose con la profundidad de 250 m/s a 360 m/s. Dichas velocidades corresponderían a un suelo conformado por un material aluvial medianamente compacto.

Este sondaje se muestra en la Figura 04 del Anexo 2.3.

MAM - 05

Este sondaje corresponde a un ensayo MAM, de 80 m de longitud, ubicado en el pilar N° 5 en la margen izquierda del río de Quilca. La interpretación de estos ensayos genera un sondaje de velocidades de ondas S con resultados confiables hasta una profundidad de 60 m en el punto central de la línea, el cual muestra la presencia de tres estratos sísmicos.

El primer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (Vs) entre 115 m/s y 165 m/s, hasta una profundidad de 10.0 m. Estratigráficamente está conformado por un material aluvial suelto a medianamente suelto.

El segundo estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (Vs) entre 200 m/s a 275 m/s, con un espesor de 14.0 m. Estos valores de velocidad corresponderían a un material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto.

El tercer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (Vs) incrementándose con la profundidad de 310 m/s a 345 m/s. Dichas velocidades corresponderían a un suelo conformado por un material aluvial medianamente compacto.

Este sondaje se muestra en la Figura 05 del Anexo 2.3.

MAM - 06

Este sondaje corresponde a un ensayo MAM, de 60 m de longitud, ubicado entre el pilar N° 5 y N° 6 de la margen izquierda del río Quilca. La interpretación de estos ensayos genera un sondaje de velocidades de ondas S con resultados confiables hasta una profundidad de 60 m en el punto central de la línea, el cual muestra la presencia de tres estratos sísmicos.

El primer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 105 m/s y 150 m/s, hasta una profundidad de 8.6 m. Estratigráficamente está conformado por un material aluvial suelto a medianamente suelto.

El segundo estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 205 m/s a 275 m/s, con un espesor de 17.0 m. Estos valores de velocidad corresponderían a un material aluvial medianamente suelto

El Tercer estrato presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) incrementándose con la profundidad de 290 m/s a 350 m/s. Dichas velocidades corresponderían a un suelo conformado por el material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto.

Este sondaje se muestra en la Figura 06 del Anexo 2.3.

6.0 CONCLUSIONES

- Las líneas geofísicas han sido ubicadas estratégicamente de acuerdo a los objetivos del estudio, conocer la estratigrafía del terreno donde serán ubicados los pilares del puente (Sondajes 01, 02, 03 y 05) y a lo largo del eje del Puente (Sondajes 04 y 06) con el fin de obtener los perfiles unidimensionales de ondas de corte y poder inferir la compacidad del subsuelo hasta una profundidad de 60 m.
- Las profundidades de exploración que se alcanzaron con los sondajes MASW y la combinación de los sondajes MASW y MAM fueron en promedio de 20 m. y 60 m. respectivamente, dichas profundidades sirvieron para determinar de manera indirecta la potencia y/o espesores de los diferentes estratos en cada uno de los sondajes realizados.
- Para el caso de los sondajes MASW correspondiente a la margen derecha del río Quilca y de acuerdo a los resultados obtenidos, como se muestra en el Anexo 1.3, se puede definir tres estratos, para el primer estrato las velocidades de ondas S, varían en promedio, entre 95 m/s a 185 m/s, correspondiendo un material aluvial suelto, estas velocidades son características para suelos arenosos y/o gravosos, para el segundo estrato tenemos velocidades que varían, en promedio, de 220 m/s a 250 m/s el cual corresponderían a un material aluvial medianamente suelto y para el tercer estrato tenemos velocidades, en promedio, de 270 m/s y aumentan con la profundidad, estas velocidades corresponderían a un material aluvial medianamente compacto. Similarmente para el caso de los sondajes MASW correspondiente a la margen izquierda del río y de acuerdo a los resultados obtenidos, como se muestra en el Anexo 1.3, se puede definir tres estratos, para el primer estrato las velocidades de ondas S, varían en promedio, entre 95 m/s a 105 m/s correspondiendo un material aluvial suelto, estas velocidades son características para suelos arenosos y/o gravosos, para el segundo estrato tenemos velocidades que varían, en promedio, de 145 m/s a 205 m/s que corresponderían a un material aluvial medianamente suelto, para el tercer estrato tenemos velocidades de 210 m/s y aumentan con la profundidad, estas velocidades corresponderían a un material aluvial medianamente compacto. Los espesores de los estratos mencionados anteriormente (de acuerdo al anexo 1.3) muestran concordancia tanto en el margen derecho y margen izquierdo.
- En los sondajes MASW realizados en ambas márgenes del río, se complementó con los sondajes MAM, obteniéndose perfiles unidimensionales como se muestra en el Anexo 2.3, en dichos perfiles lograron definir estratos a mayor profundidad de investigación llegando a los 60 m, describiendo en total 03 estratos. Definiendo para el primer estrato un rango de velocidades, en promedio, de 125 m/s a 195 m/s correspondiente a un material aluvial suelto, para el segundo estrato tenemos un rango, en promedio, de 225 m/s a 270 m/s corresponderían a un material aluvial

medianamente suelto y para el tercer estrato tenemos velocidades de los 300 m/s que aumentan con la profundidad. Estas velocidades afirman la confiabilidad de los ensayos geofísicos ya que en los sondajes MASW la velocidad de ondas de corte (V_s) a los 25 m. es muy similar a la velocidad de ondas de corte (V_s) en el sondaje MAM a los 25 m.

- De acuerdo a los resultados obtenidos en los perfiles unidimensionales del estribo izquierdo, podemos observar que los espesores de los estratos varían respecto a los resultados en los perfiles unidimensionales del estribo derecho, dichos resultados son consecuentes con la obtención de la data, el respectivo procesamiento y las condiciones de terreno reflejándose en las medidas de las velocidades de ondas de corte del ensayo MASW y el ensayo MAM.
- Los ensayos MASW y MAM son ensayos para un análisis indirecto que tiene un grado de aproximación aceptable, sin embargo requieren de algunas verificaciones mediante perforaciones para determinar su grado de precisión.
- Como parte del estudio geotécnico para la cimentación del Puente Quilca que comunicará los pueblos de Quilca y Matarani, surge la necesidad de conocer las características de la estratigrafía a mayor profundidad del área en estudio, se realizó ensayos de exploración geofísica, el MASW y MAM mediante los cuales se consiguió el objetivo principal del presente proyecto.

7.0 REFERENCIAS

Astier, J., L. (1975), “Geofísica Aplicada a la Hidrogeología”, PARANINFO, Madrid, España.

Ayashi, K (2003), “Data Acquisition and Analysis of Active and Passive Surface Wave Methods”. Short Course - SAGEEP 2003.

CISMID (1991), “Memorias del Seminario Taller de Dinámica de Suelos”. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Figuerola, J., C. (1974), “Tratado de Geofísica Aplicada”, LITOPRINT, Madrid.

Lankston, R. W., “High Resolution Refraction Data Acquisition and Interpretation”, Geo-Compu-Graph, Inc., U.S.A.

Miller, R. D., Pullan, S.E., Waldner, J. S., Haeni, F. P., (1986), “Field comparison of shallow seismic sources”, Geophysics, Vol. 51, N° 11, Pag. 2067 – 2092, U.S.A.

Park, C., Miller, R. y Xía, J. 1999, “Multichannel analysis of surface waves”. Geophysics. Vol. 64. N° 3. p: 800-808.

Park., C.B., R. D. Miller, and J. Xia, Julian M.(1999), Multichannel Analysis of Surface Waves to Map Bedrock, Kansas Geological Survey, Lawrence, Kansas, U.S.

Park, C., Miller, R., Xia, J., & Ivanov, J. 2001^a. “Seismic characterization of geotechnical sites by Multichannel Analysis of Surfaces Waves (MASW) method”. Tenth International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering (SDEE), Philadelphia.

Redpath, B., B. (1973), “Seismic Refraction Exploration for Engineering Site Investigations”, Explosive Excavation Research Laboratory Livermore, California, U.S.A.

U. S. Army Corps of Engineers, (1995), “Geophysical Exploration for Engineering and Environmental Investigations”, Engineer Manual 1110-1-1802, Washington, U. S. A.

Underwood, D.; Hayashi, K. (2006), Surface Wave data Acquisition and Field Methods, Geometrics Inc, U.S.

TABLAS

Tablas

Tabla 1: Relación de sondajes geofísicos – Sondajes MASW

Zona	Sondaje	Longitud (m)	Ubicación	Tipo de Onda
Área de emplazamiento de un puente – Camaná Desvío Quilca	Sondaje MASW 01	53	Pilar 01	Onda S
	Sondaje MASW 02	53	Pilar 02	Onda S
	Sondaje MASW 03	53	Pilar 03	Onda S
	Sondaje MASW 04	47	Entre el Pilar 04 - 05	Onda S
	Sondaje MASW 05	47	Pilar 05	Onda S
	Sondaje MASW 06	47	Entre el Pilar 05 - 06	Onda S
	Total	300		

Tabla 2: Relación de sondajes geofísicos – Sondajes MAM

Zona	Sondaje	Longitud (m)	Ubicación	Tipo de Onda
Área de emplazamiento de un puente – Camaná Desvío Quilca	Sondaje MAM 01	100	Pilar 01	Onda S
	Sondaje MAM 02	100	Pilar 02	Onda S
	Sondaje MAM 03	100	Pilar 03	Onda S
	Sondaje MAM 04	80	Entre el Pilar 04 - 05	Onda S
	Sondaje MAM 05	80	Pilar 05	Onda S
	Sondaje MAM 06	60	Entre el Pilar 05 – 06	Onda S
	Total	520		

*Tablas***Tabla 3: Coordenadas UTM – Sondajes MASW - MAM**

Sondaje	Este (m)	Norte (m)	Cota (m)
MASW 01	775223.10	8149762.14	1.50
MASW 02	775253.08	8149727.69	1.45
MASW 03	775277.33	8149699.17	1.50
MASW 04	775322.97	8149651.72	1.50
MASW 05	775338.96	8149644.80	2.00
MASW 06	775348.01	8149624.57	1.50
MAM 01	775225.40	8149759.24	1.50
MAM 02	775255.11	8149729.27	1.45
MAM 03	775276.52	8149702.05	1.50
MAM 04	775324.97	8149649.29	1.50
MAM 05	775334.94	8149641.57	2.00
MAM 06	775347.29	8149621.67	1.50

Tablas

Tabla 4: Resumen de los Sondajes de Velocidades de Ondas S – MASW

Línea	Tendida	Estrato	V _s	Espesor	Descripción
			(m/s)	(m)	
01	Sondaje 01	1	105 – 215	7.0	Material aluvial suelto
		2	240 – 260	8.6	Material aluvial medianamente suelto
		3	270 – 310	-	Material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto.
02	Sondaje 02	1	90 – 220	5.1	Material aluvial suelto
		2	275 – 310	5.9	Material aluvial medianamente suelto
		3	350 – 375	-	Material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto.
03	Sondaje 03	1	90 – 120	2.3	Material aluvial suelto
		2	145 – 175	8.7	Material aluvial medianamente suelto
		3	200 – 245	-	Material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto
04	Sondaje 04	1	115 – 125	3.0	Material aluvial suelto
		2	165 – 180	8.0	Material aluvial medianamente suelto
		3	195 – 250	-	Material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto
05	Sondaje 05	1	95 – 100	2.0	Material aluvial suelto
		2	130 – 200	9.0	Material aluvial medianamente suelto
		3	225 – 275	11.3	Material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto
		4	325 <	-	Material aluvial medianamente compacto
06	Sondaje 06	1	85 – 90	2.0	Material aluvial suelto
		2	145 – 190	7.1	Material aluvial medianamente suelto
		3	225 – 280	-	Material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto

Tablas

Tabla 5: Resumen de los Sondajes de Velocidades de Ondas S - MAM

Línea	Tendida	Estrato	V _s	Espesor	Descripción
			(m/s)	(m)	
01	Sondaje 01	1	130 – 270	14.8	Material aluvial suelto a medianamente suelto
		2	245 – 320	29.2	Material aluvial medianamente suelto a medianamente suelto
		3	350 – 390	-	Material aluvial medianamente compacto
02	Sondaje 02	1	160 – 270	12.3	Material aluvial suelto a medianamente suelto
		2	300 – 325	17.7	Material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto
		3	360 – 380	-	Material aluvial medianamente compacto
03	Sondaje 03	1	130 – 170	10.0	Material aluvial suelto a medianamente suelto
		2	200 – 210	12.8	Material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto
		3	250 – 300	-	Material aluvial medianamente compacto
04	Sondaje 04	1	115 – 150	10.0	Material aluvial suelto a medianamente suelto
		2	210 – 220	14.0	Material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto
		3	250 – 360	-	Material aluvial medianamente compacto
05	Sondaje 05	1	115 – 165	10.0	Material aluvial suelto a medianamente suelto
		2	200 – 275	14.0	Material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto
		3	310 – 345	-	Material aluvial medianamente compacto
06	Sondaje 06	1	105 – 150	8.6	Material aluvial suelto a medianamente suelto
		2	205 – 275	17.0	Material aluvial medianamente suelto
		3	290 – 350	-	Material aluvial medianamente suelto a medianamente compacto

ANEXOS

Anexo 1
Ensayos Geofísicos
Sondaje MASW

Anexo 1.1
Registros de Ondas Sísmicas
Sondaje MASW

ENSAYO MASW

REGISTROS SÍSMICOS

Proyecto: Estudio Geofísico por los métodos MASW y MAM para el área de emplazamiento del puente Quilca

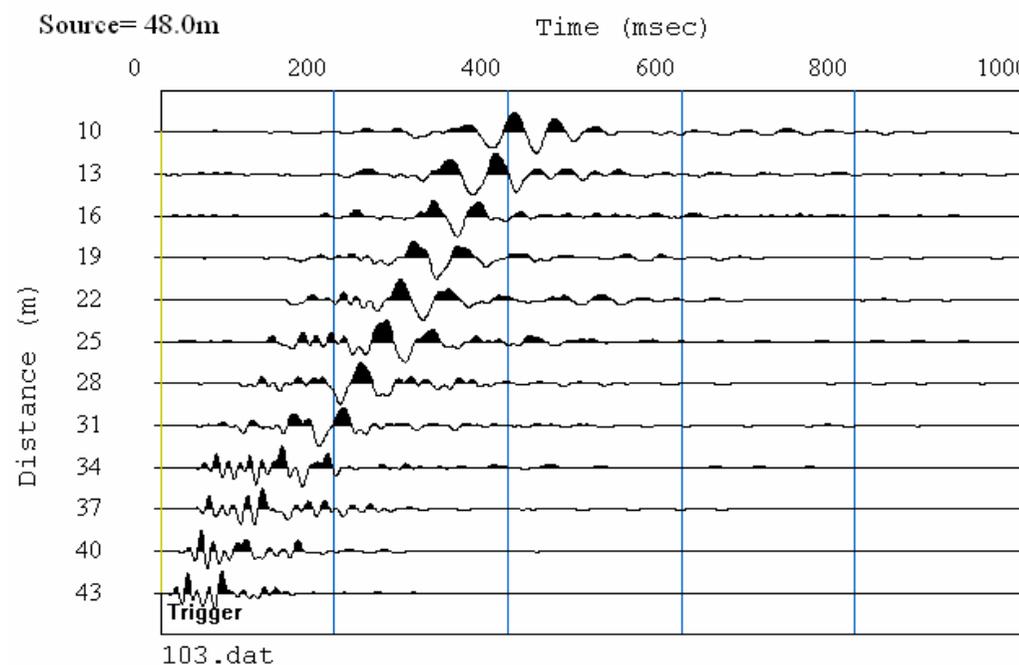
Lugar: Camaná - Arequipa

Línea: S – 01

Registro: 103

Shot: 03

Fecha: Abril, 2010



ENSAYO MASW

REGISTROS SÍSMICOS

Proyecto: Estudio Geofísico por los métodos MASW y MAM para el área de emplazamiento del puente Quilca

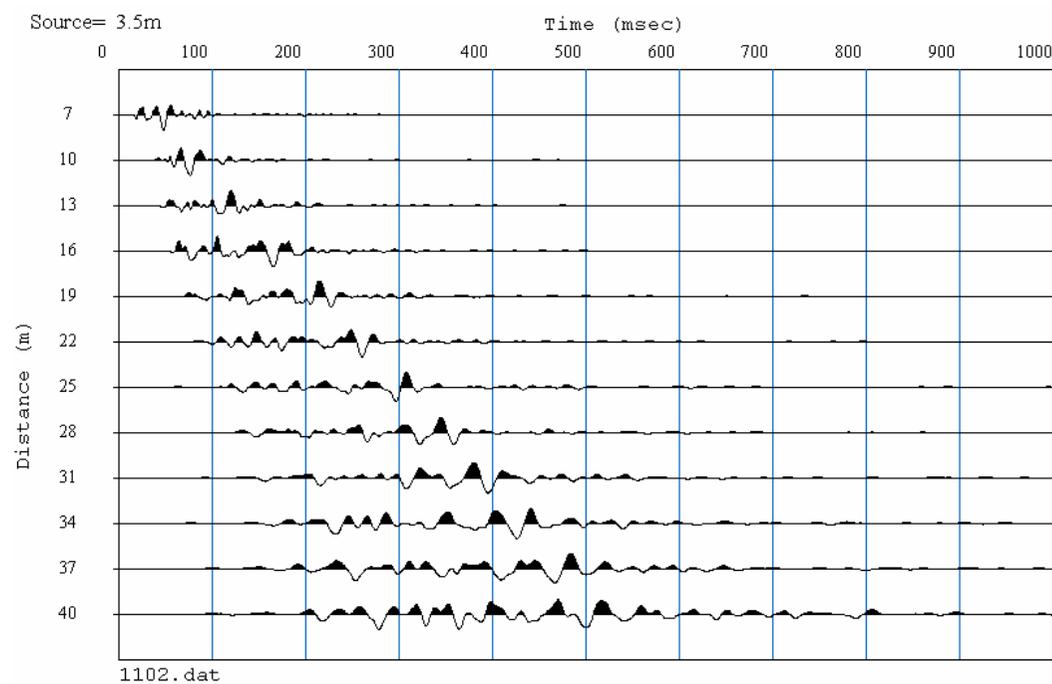
Lugar: Camaná - Arequipa

Línea: S – 05

Registro: 1102

Shot: 02

Fecha: Abril, 2010



Anexo 1.2
Curvas de Dispersión
MASW

ENSAYO MASW

CURVA DE DISPERSIÓN

Proyecto: Estudio Geofísico por los métodos MASW y MAM para el área de emplazamiento del puente Quilca

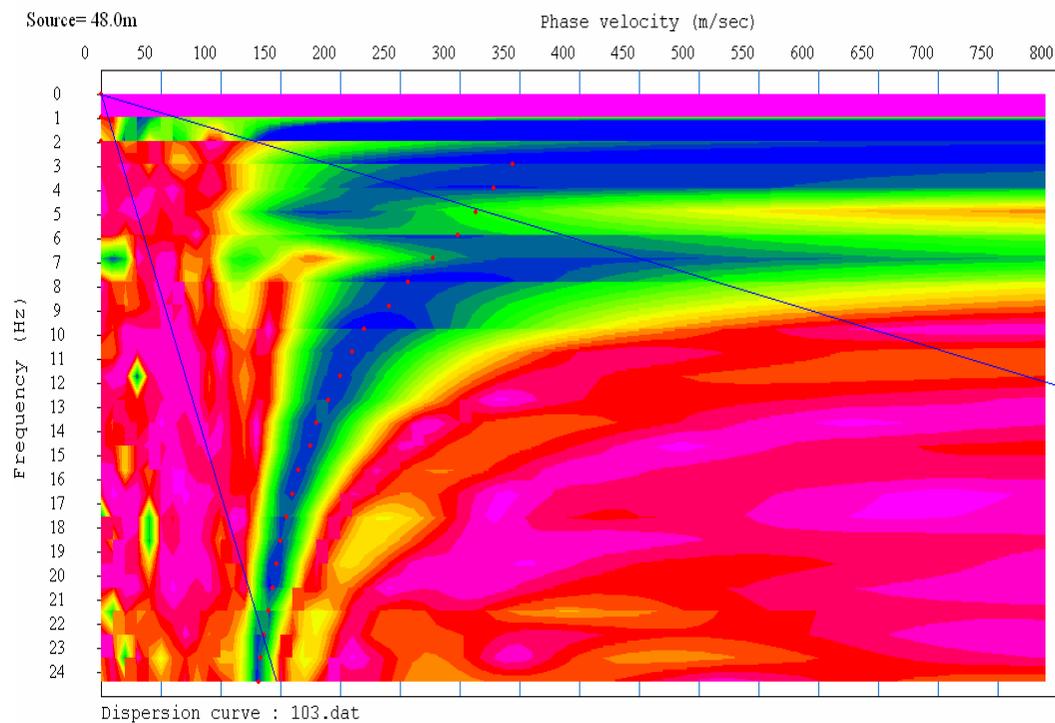
Lugar: Camaná - Arequipa

Línea: S – 01

Registro: 103

Shot: 03

Fecha: Abril, 2010



ENSAYO MASW

CURVA DE DISPERSIÓN

Proyecto: Estudio Geofísico por los métodos MASW y MAM para el área de emplazamiento del puente Quilca

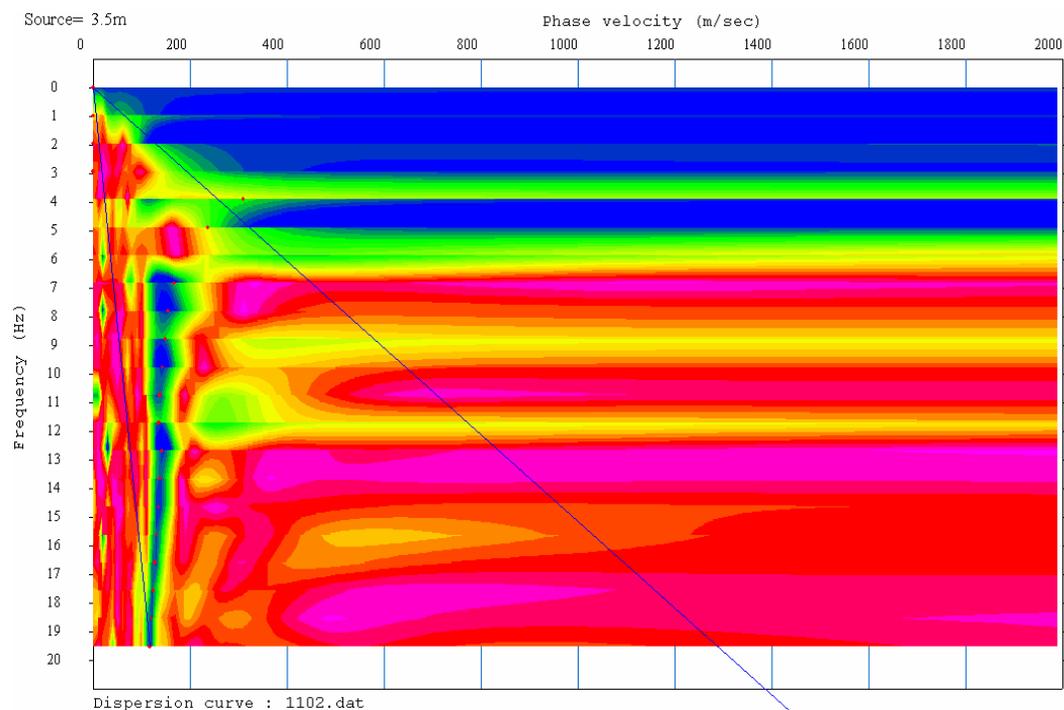
Lugar: Camaná - Arequipa

Línea: S – 05

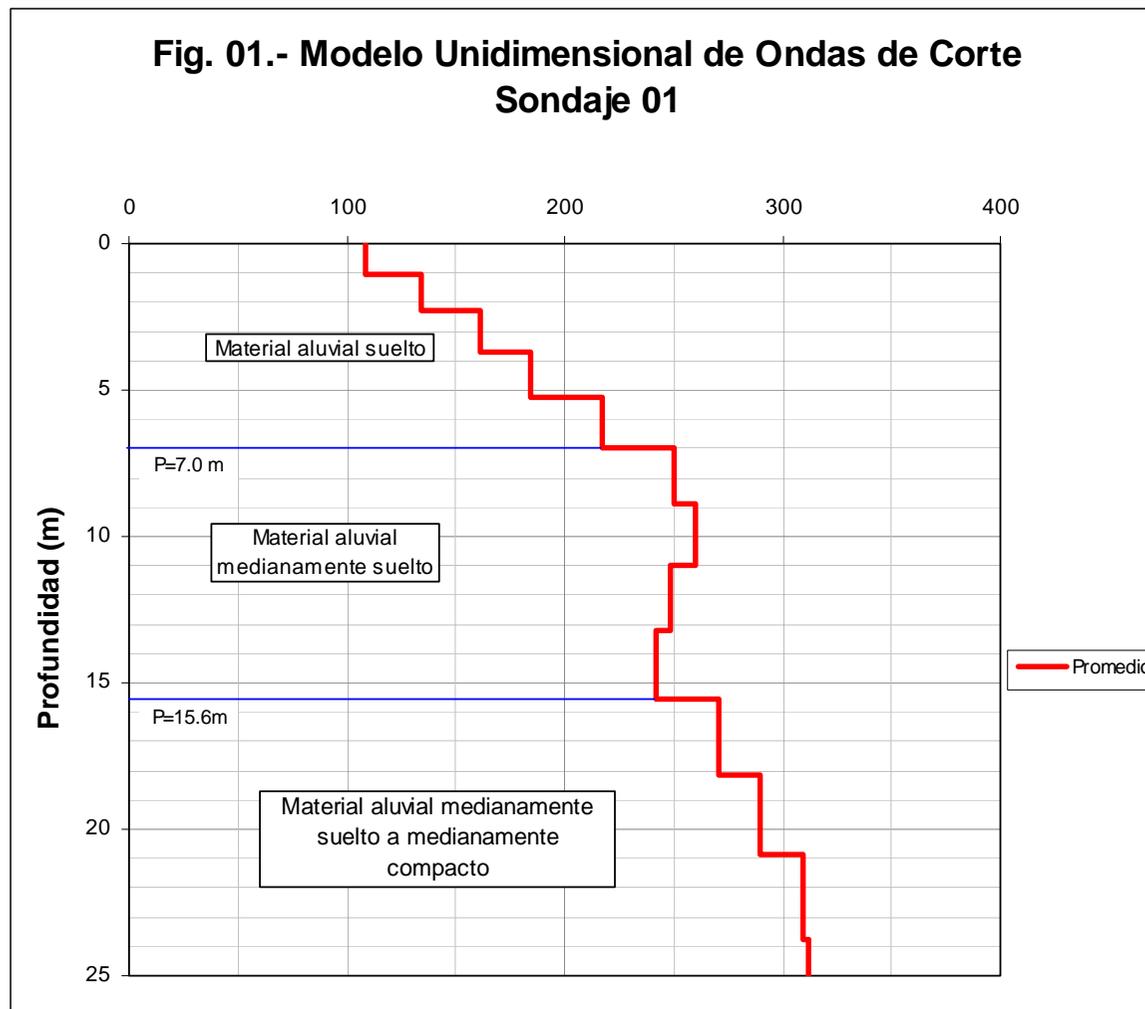
Registro: 1102

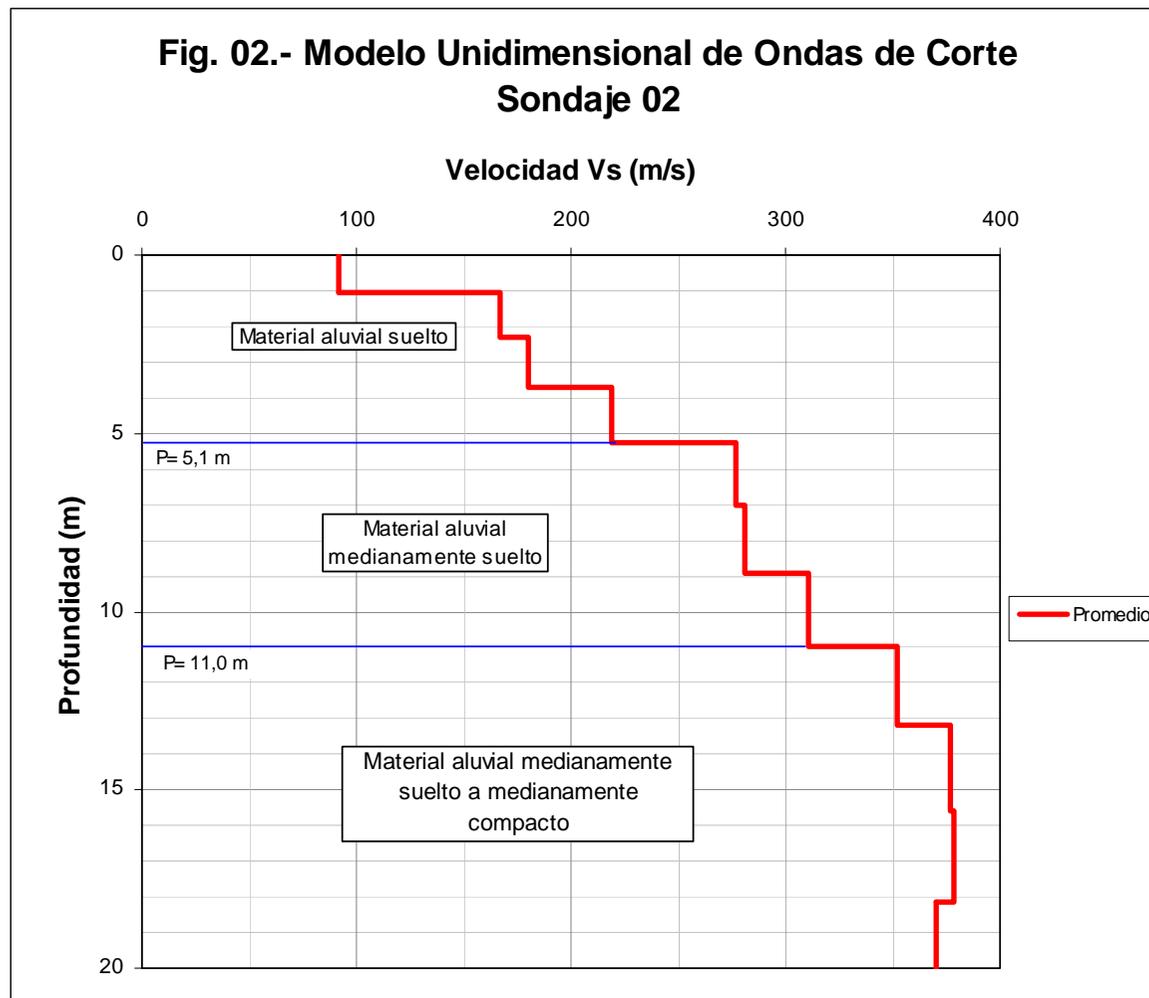
Shot: 02

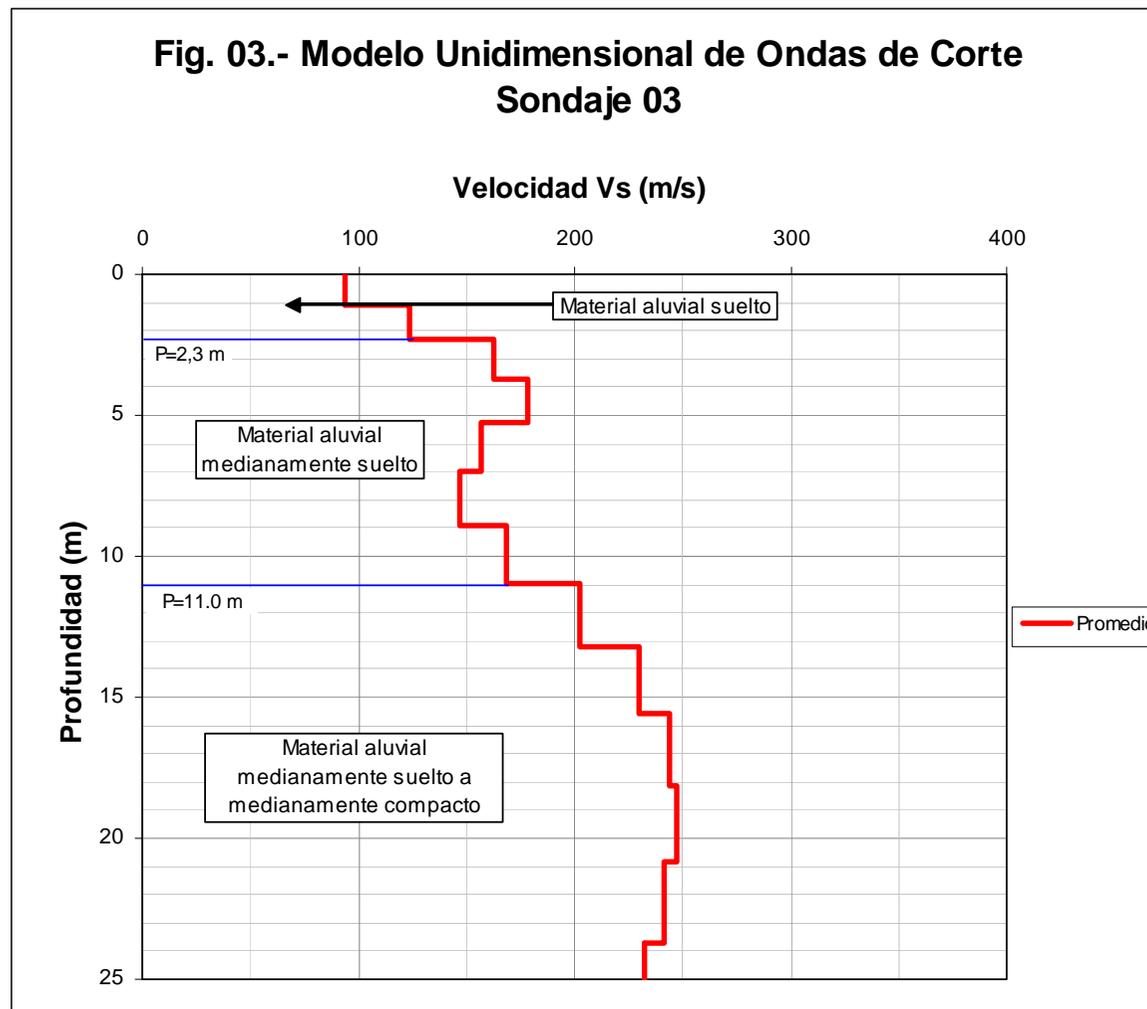
Fecha: Abril, 2010

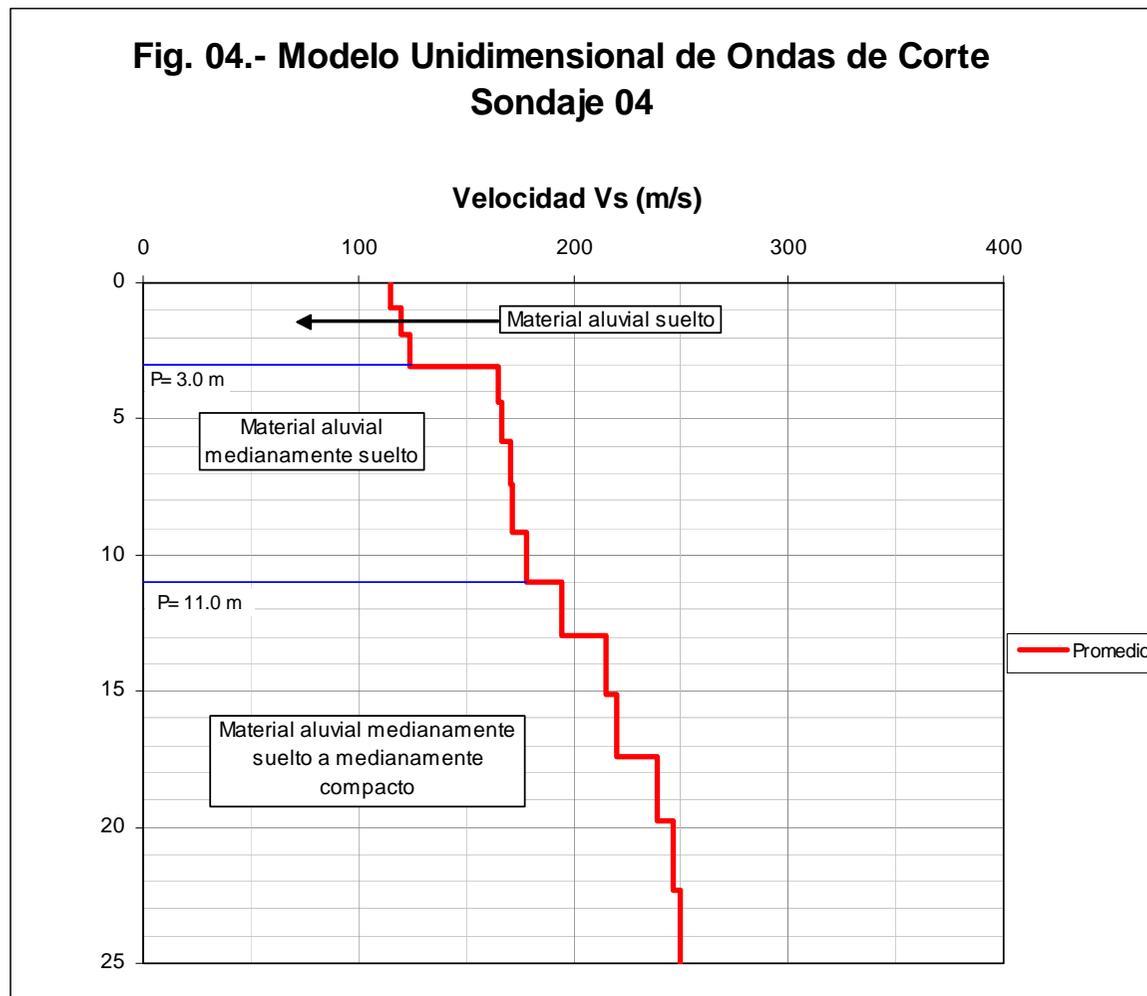


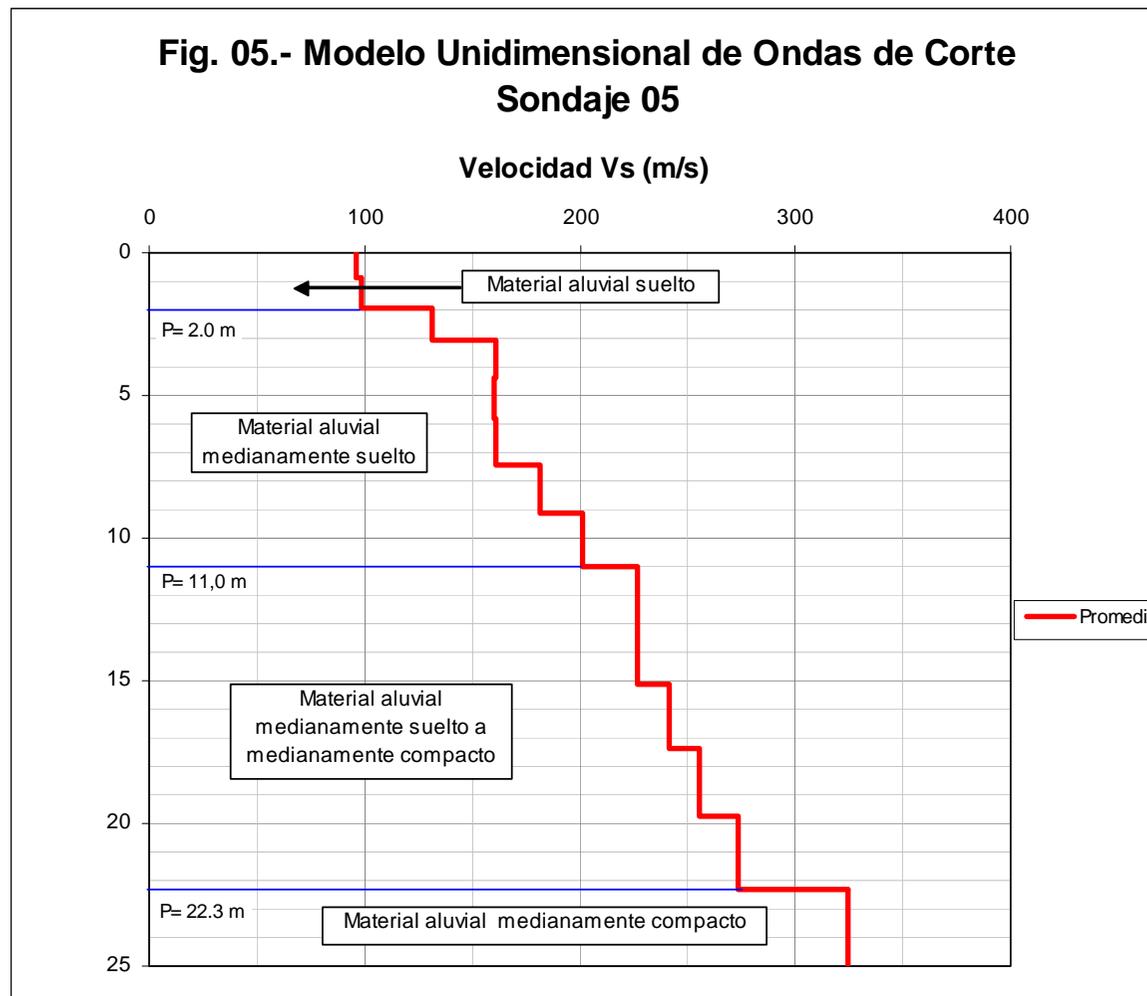
Anexo 1.3
Modelo Unidimensional de Ondas
de Corte - MASW

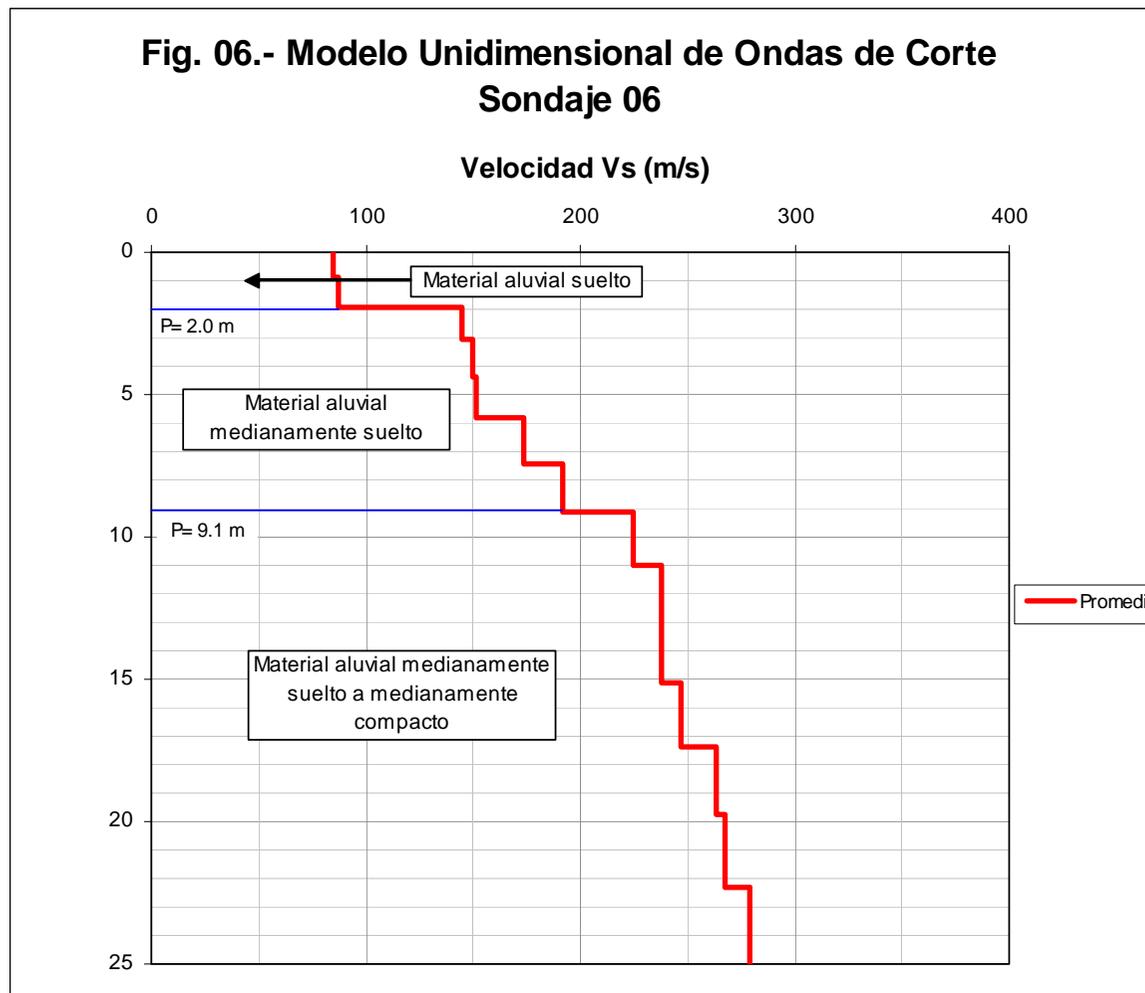












Anexo 2
Ensayos Geofísicos
Sondaje - MAM

Anexo 2.1
Registros de Ondas Sísmicas
Sondaje MAM

ENSAYO MAM

REGISTROS SÍSMICOS

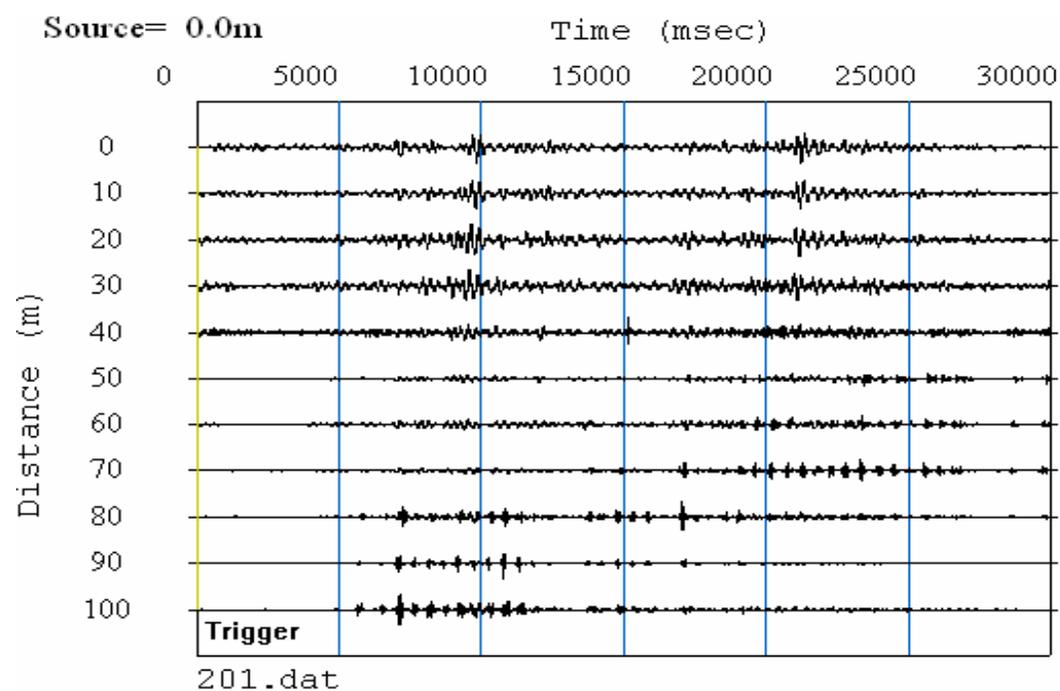
Proyecto: Estudio Geofísico por los métodos MASW y MAM para el área de emplazamiento del puente Quilca

Lugar: Camaná - Arequipa

Línea: MAM – 01

Registro: 201

Fecha: Abril, 2010



ENSAYO MAM

REGISTROS SÍSMICOS

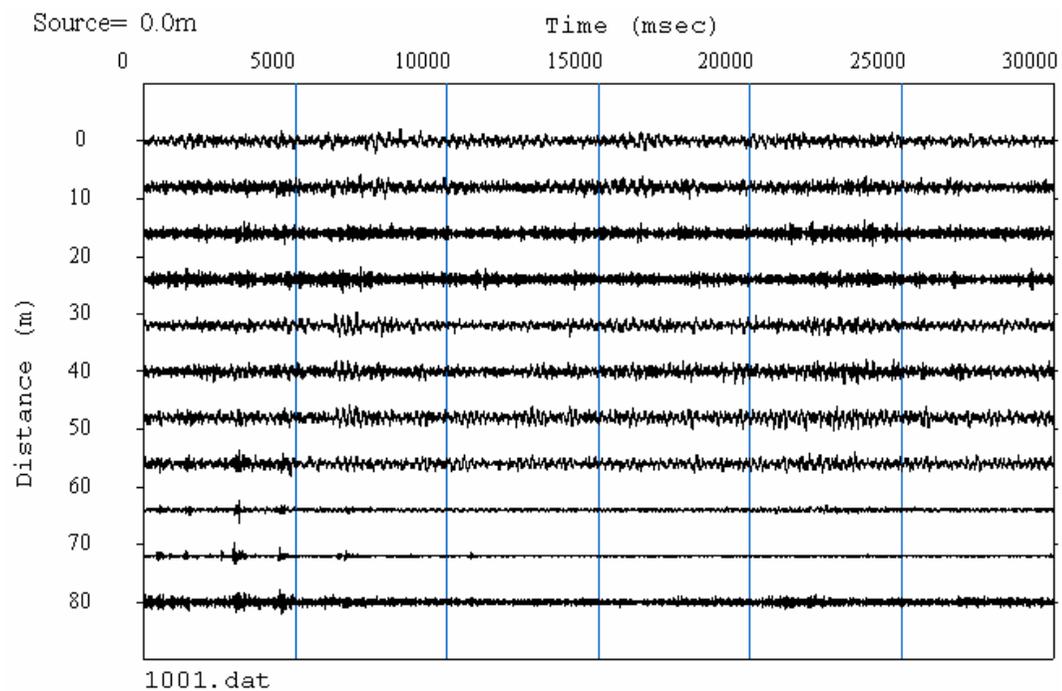
Proyecto: Estudio Geofísico por los métodos MASW y MAM para el área de emplazamiento del puente Quilca

Lugar: Camaná - Arequipa

Línea: MAM – 05

Registro: 1001

Fecha: Abril, 2010



Anexo 2.2
Curvas de Dispersión
MAM

ENSAYO MAM

CURVA DE DISPERSIÓN

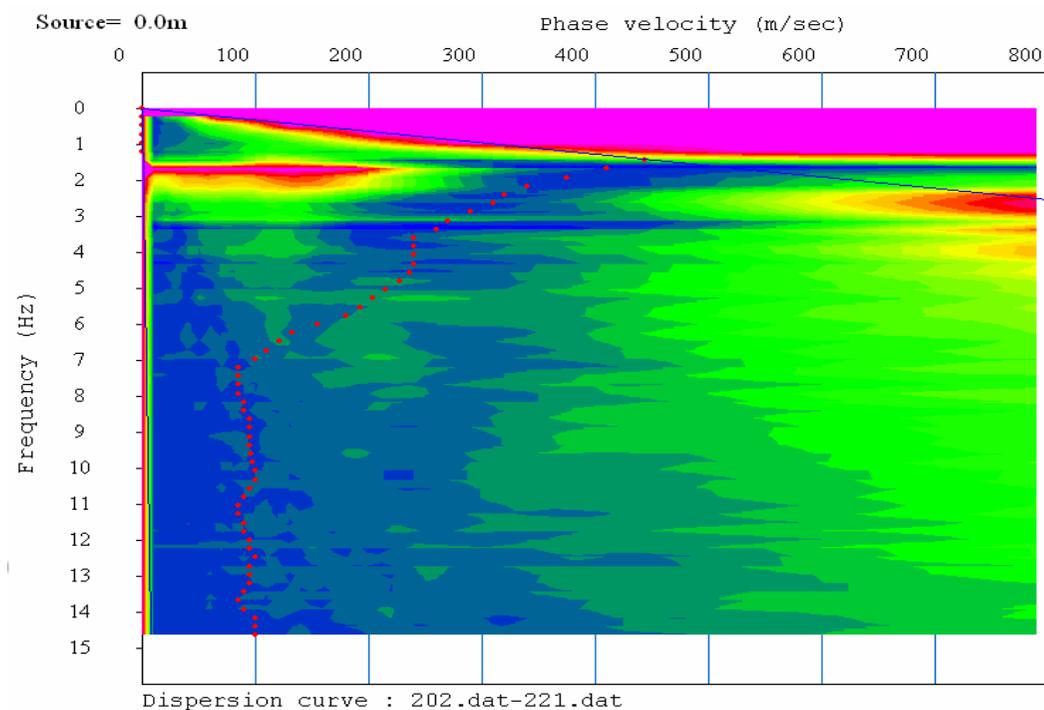
Proyecto: Estudio Geofísico por los métodos MASW y MAM para el área de emplazamiento del puente Quilca

Lugar: Camaná - Arequipa

Línea: M – 01

Registro: 202 - 221

Fecha: Abril, 2010



ENSAYO MAM

CURVA DE DISPERSIÓN

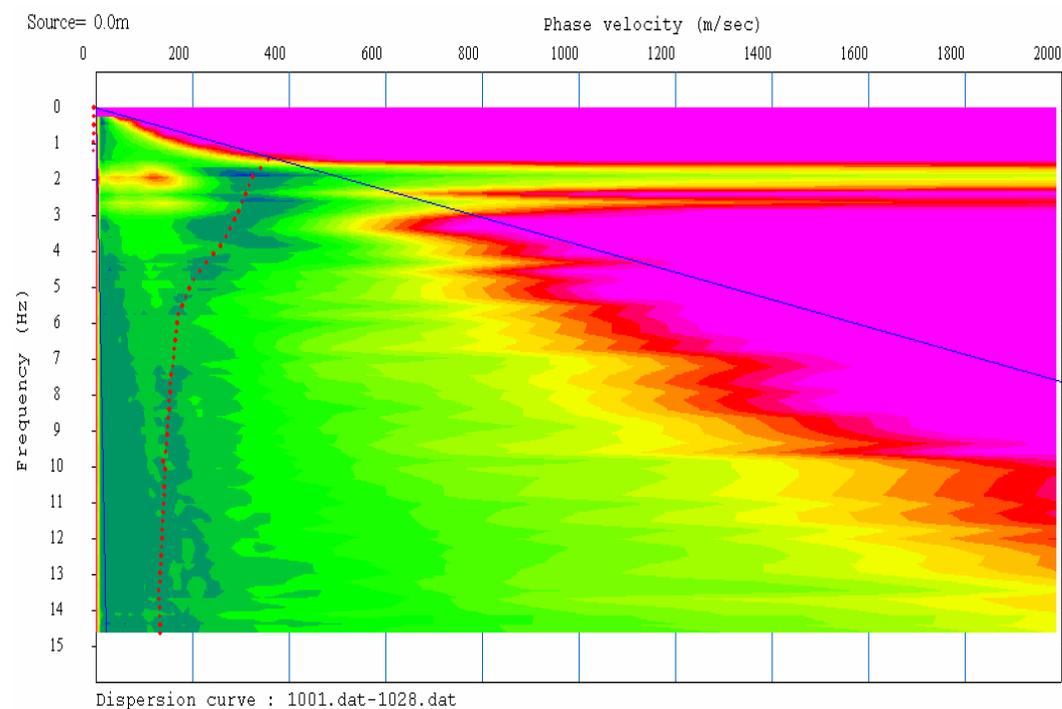
Proyecto: Estudio Geofísico por los métodos MASW y MAM para el área de emplazamiento del puente Quilca

Lugar: Camaná - Arequipa

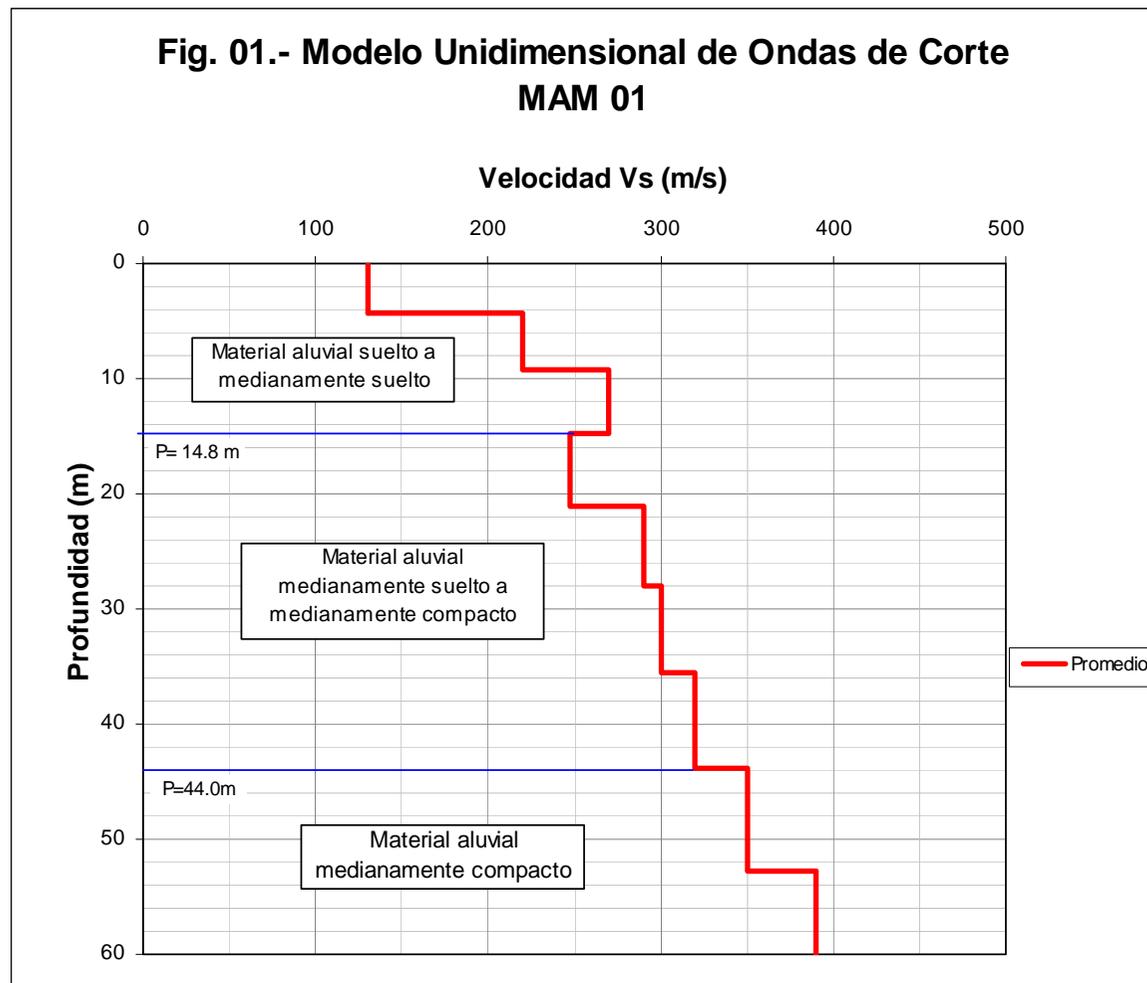
Línea: M – 05

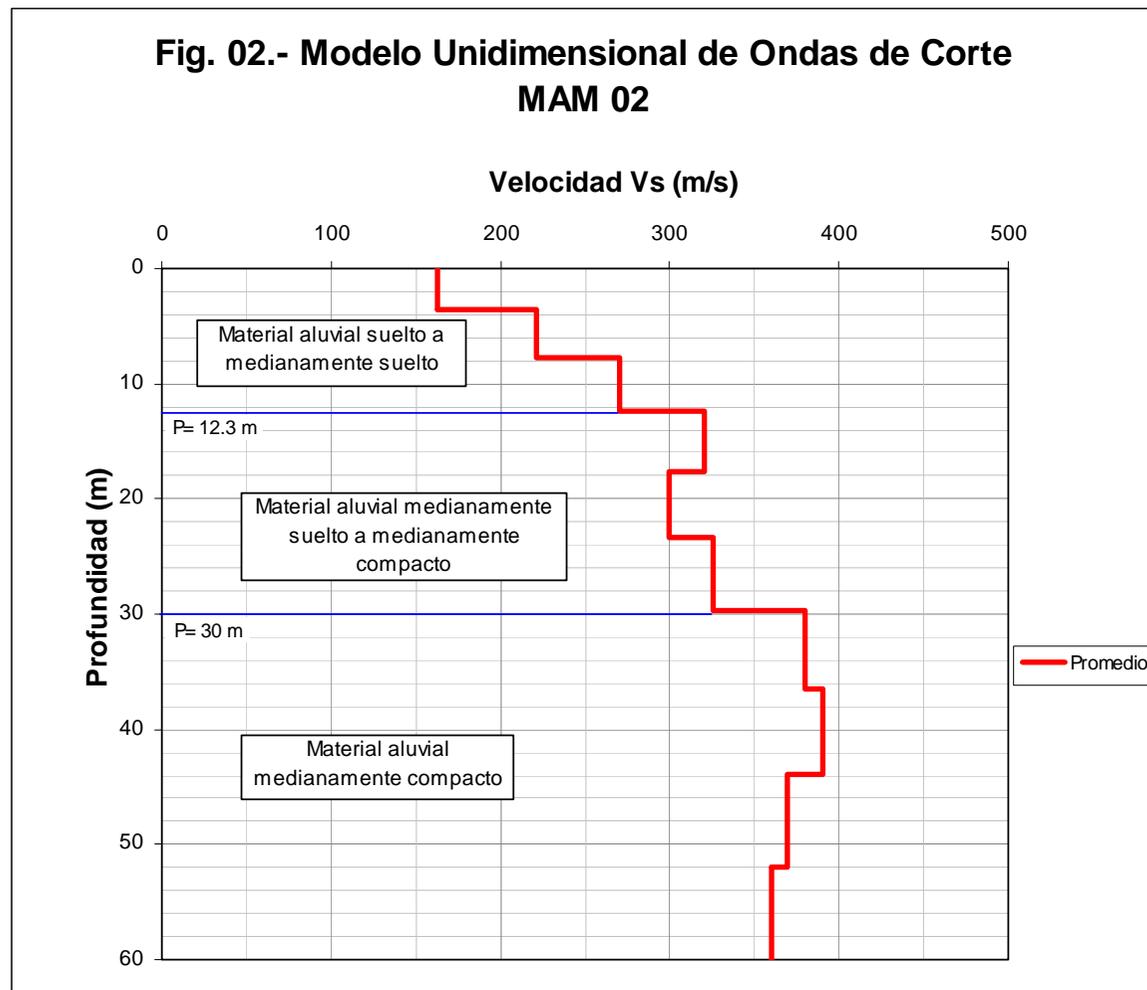
Registro: 1001 - 13028

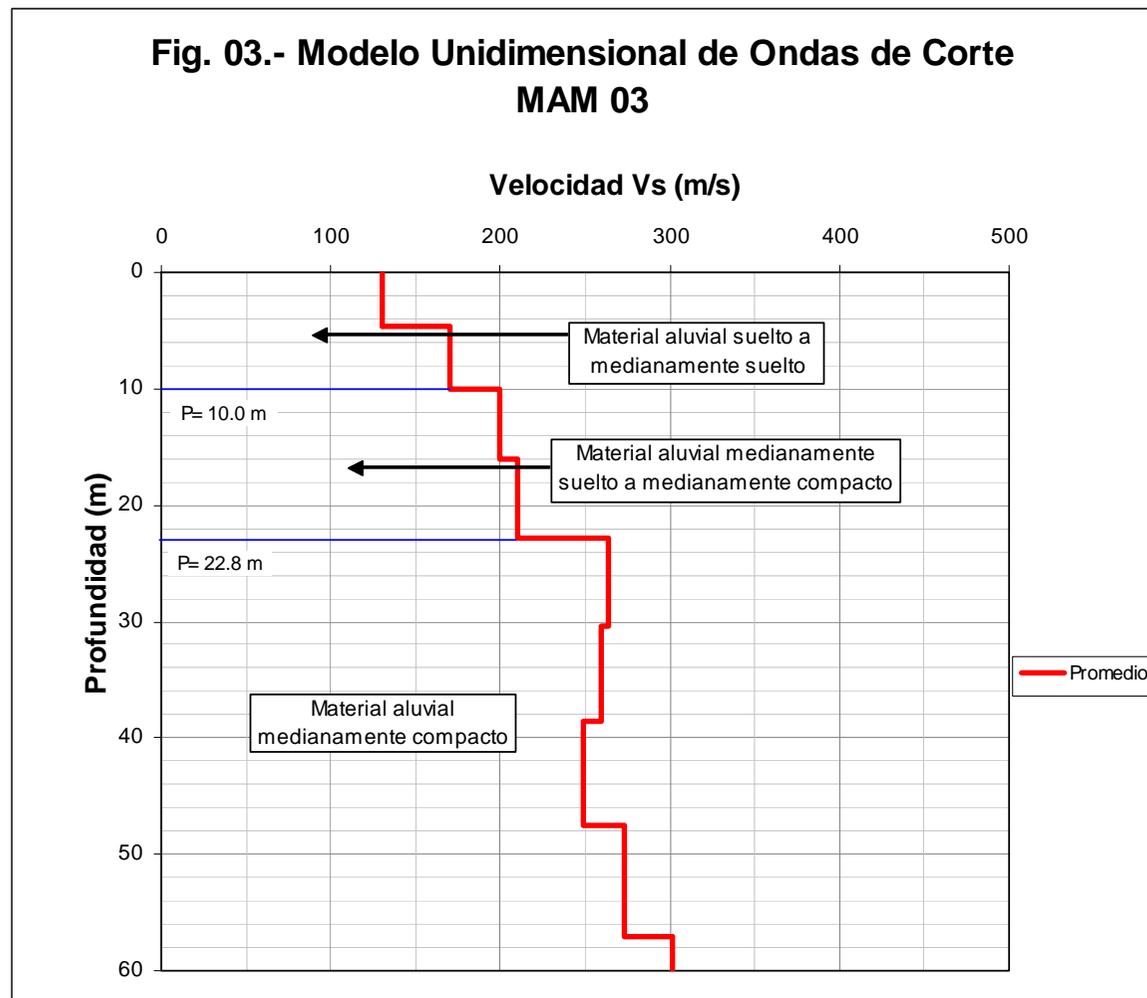
Fecha: Abril, 2010

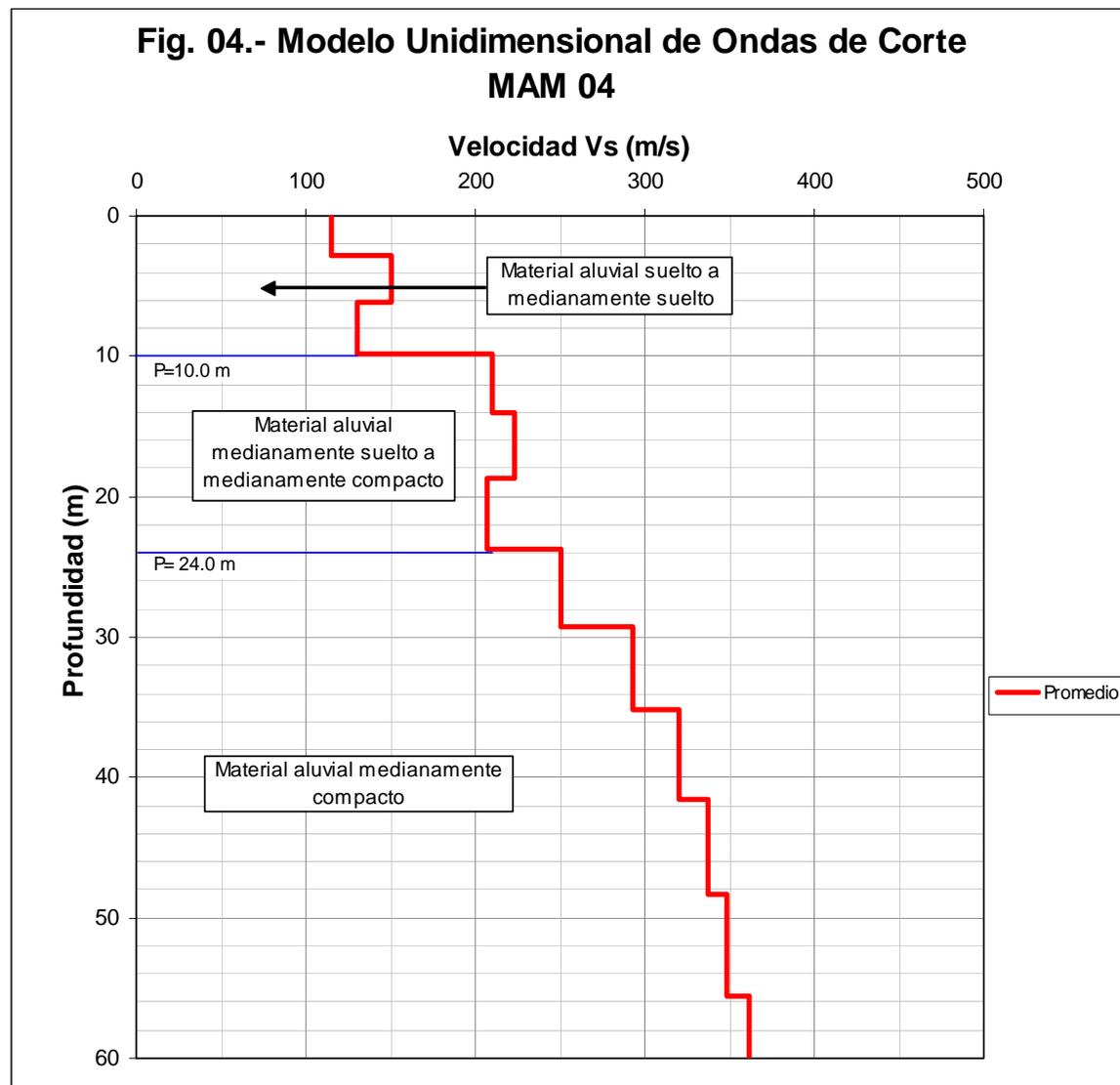


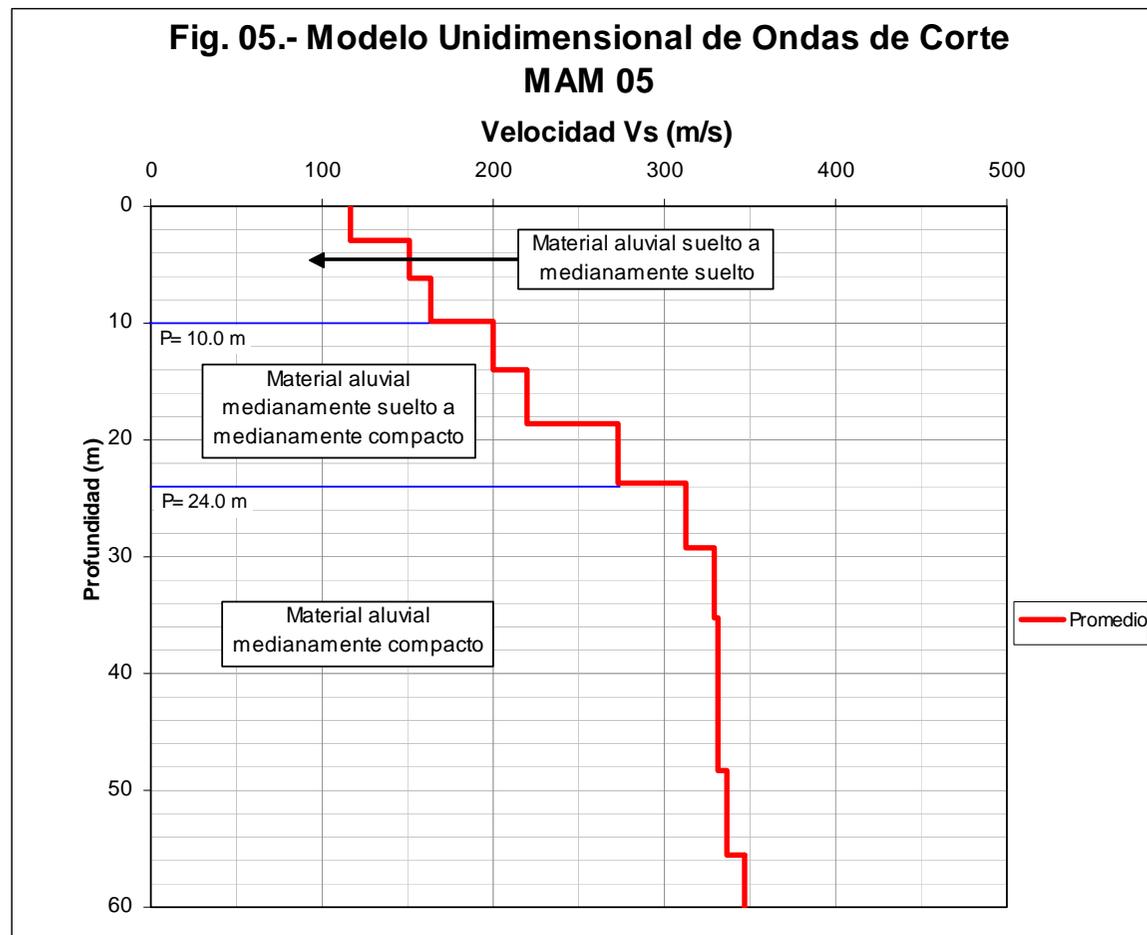
Anexo 2.3
Modelo Unidimensional de Ondas de
Corte - MAM

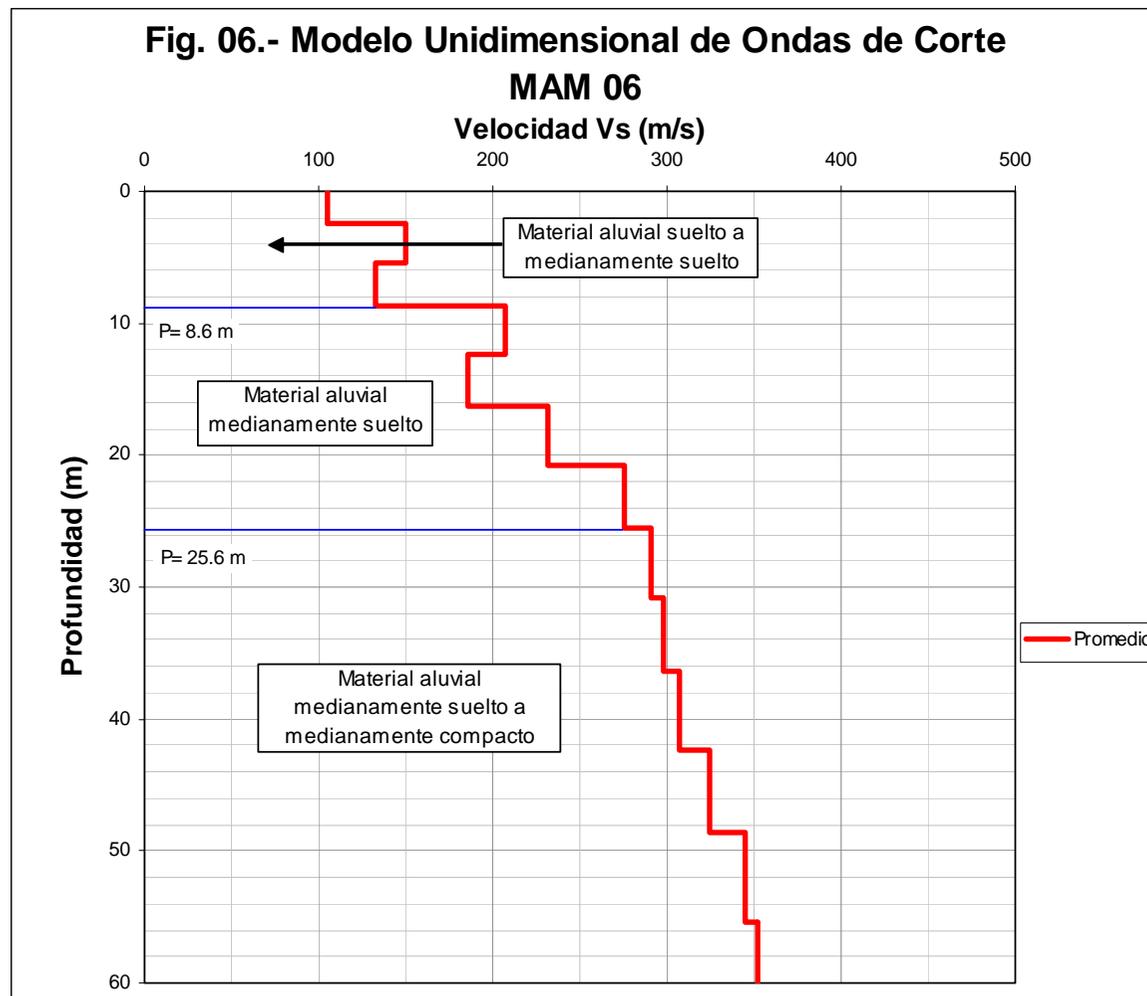












Anexo 3
Panel Fotográfico

Anexo 3.1
Fotografías – Geofísica
Sondaje MASW

GEOFÍSICA – MASW



Fotografía 1: Se observa el tendido del Sondaje-01, ubicado en el margen derecho del río Quilca



Fotografía 2: Se observa el tendido del Sondaje-02, ubicado en el margen derecho del río Quilca.



Fotografía 3: Se observa el tendido del cable de refracción sísmica y los geófonos para el Sondaje-03, ubicado en el margen derecho del río Quilca.



Fotografía 4: Se observa el tendido del cable de refracción sísmica y los geófonos para el Sondaje-04, ubicado en el margen izquierdo del río Quilca.



Fotografía 5: Se observa el shot-04 del sondaje 06 ubicado en el margen derecho del río Quilca.

Anexo 3.2
Fotografías – Geofísica
Sondaje MAM

GEOFÍSICA – MAM



Fotografía 1: Se observa el tendido del cable de refracción sísmica y la colocación de los geófonos, Sondaje-01, ubicado en el margen derecho del río Quilca.



Fotografía 2: Se observa el tendido del Sondaje-01, ubicado en el margen derecho del río Quilca.



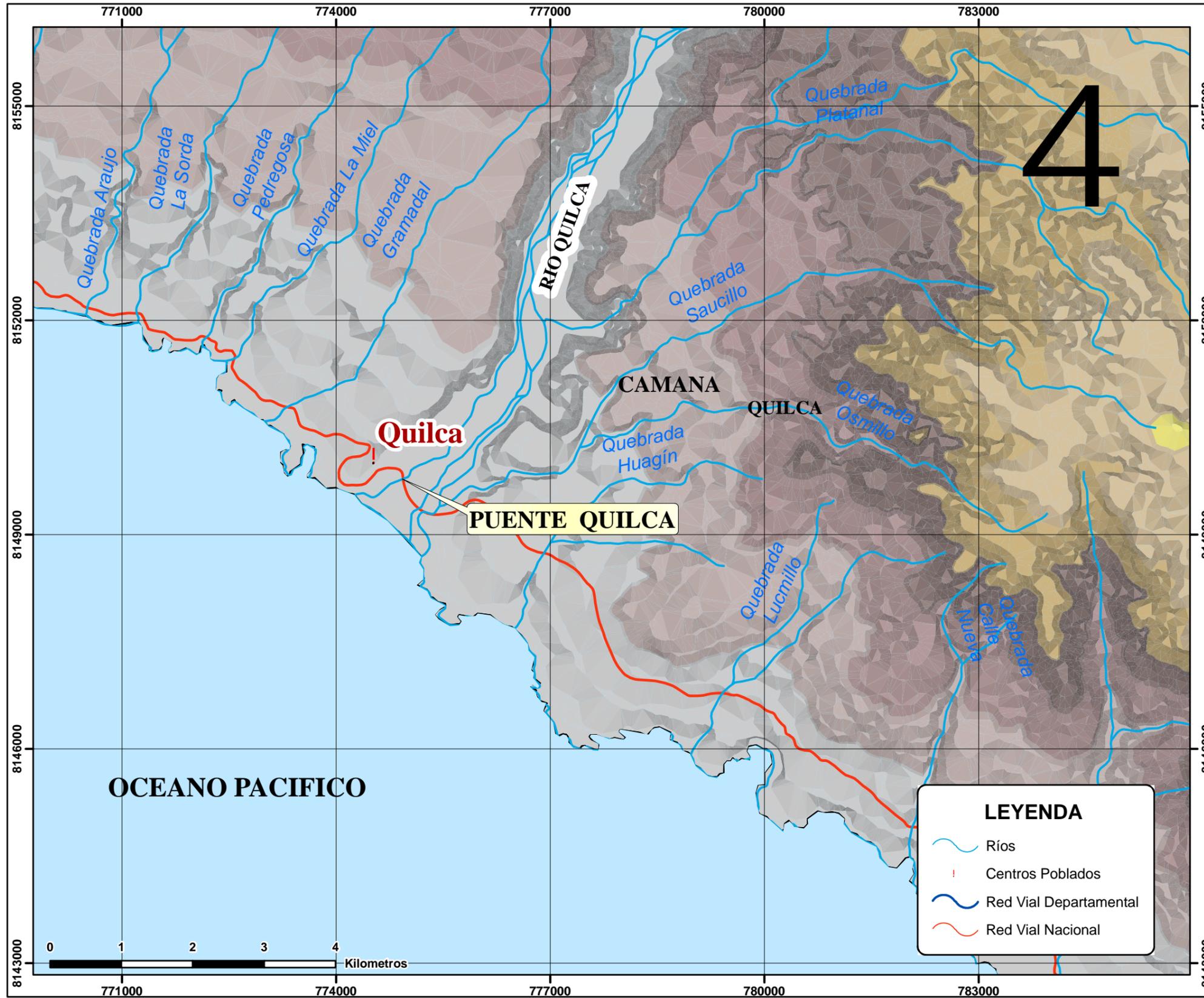
Fotografía 3: Se observa el tendido del Sondaje-03, ubicado en el margen derecho del río Quilca.



Fotografía 4: Se observa el tendido del Sondaje-06, ubicado en el margen izquierdo del río Quilca.

PLANOS

Este plano es emitido y preparado por ZER Geosystem Perú S.A.C. y es para uso exclusivo del cliente, cuyo nombre aparece en el membrete y solo deberá utilizarse para el proyecto motivo del contrato, otros usos solamente serán permitidos bajo permisos escritos por parte del poseedor de los derechos de propiedad intelectual ZER Geosystem Perú S.A.C.



PLANO DE UBICACIÓN
Escala: 1 / 60,000



PLANO DE LOCALIZACIÓN
Escala: 1 / 3'000,000



MAPA DE UBICACIÓN
Escala: 1 / 20'000,000

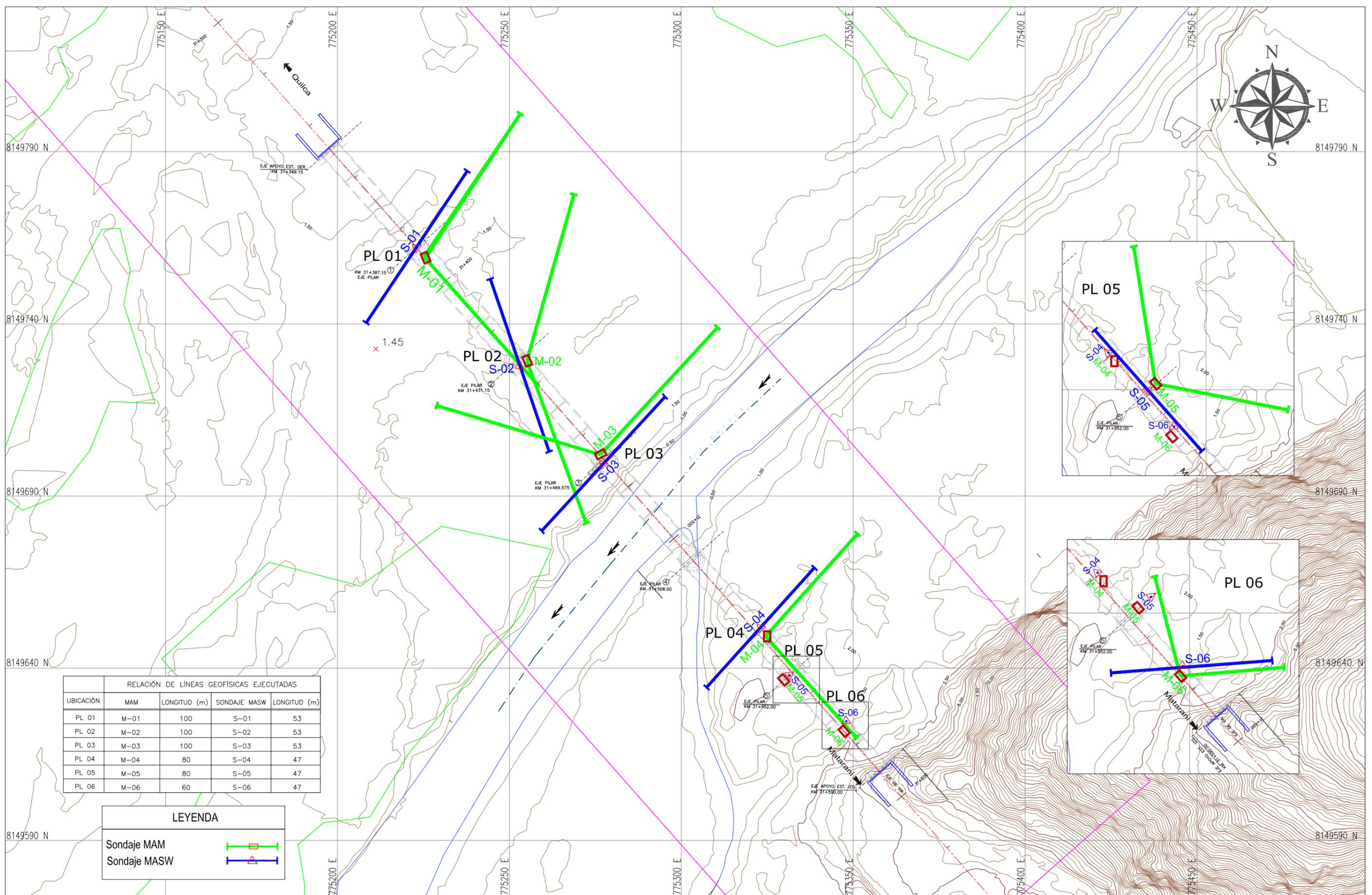
REV. N°	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJO	REVISIÓN	APROBACIÓN
0	ABR / 10	EMITIDO PARA REVISIÓN	H.V.CH	Ing. Roberth Aguilar	Dr. Zenón Aguilar



PROYECTO: PUENTE QUILCA
PAIS: PERÚ
DEPARTAMENTO: AREQUIPA
PROVINCIA: CAMANÁ
DISTRITO: QUILCA

ESTUDIO GEOFÍSICO POR LOS MÉTODOS DE MASW Y MAM EN EL ÁREA DE EMPLAZAMIENTO DE UN PUNTE - CAMANÁ DESVÍO QUILCA - MATARANI
UBICACIÓN DEL PROYECTO

PLANO N°
P - 01



RELACIÓN DE LÍNEAS GEOFÍSICAS EJECUTADAS				
UBICACIÓN	MAM	LONGITUD (m)	SONDAJE MASW	LONGITUD (m)
PL 01	M-01	100	S-01	53
PL 02	M-02	100	S-02	53
PL 03	M-03	100	S-03	53
PL 04	M-04	80	S-04	47
PL 05	M-05	80	S-05	47
PL 06	M-06	60	S-06	47

LEYENDA

Sondaje MAM 

Sondaje MASW 

REV. N°	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJO	DISEÑO	REVISIÓN	APROBACIÓN
A	ABR/09	EMITIDO PARA REVISIÓN	H.V.CH	Ing. Miguel Diaz	Msc. Ing. Roberth Aguilar	Dr. Ing. Zenón Aguilar



ZER
Geosystem Perú S.A.C.
INGENIERIA GEOTECNICA

CLIENTE:



PROYECTO: PUENTE QUILCA
PAIS: PERÚ
DEPARTAMENTO: AREQUIPA
PROVINCIA: CAMANA
DISTRITO: QUILCA

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO GEOFÍSICO POR LOS MÉTODOS DE MASW Y MAM EN EL ÁREA DE EMPLAZAMIENTO DEL PUENTE QUILCA

TÍTULO DEL PLANO: PLANO DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

ESCALA: 1:1000

CODIGO TRABAJO: ZER-2010-004

PLANO: P-02