



JUAN M. VINUEZA MORENO

Ingeniero Civil



**HIDROMIRA - CARCHI S.A.  
TULCÁN - ECUADOR**

**PROYECTO  
ESTACIÓN HIDROELÉCTRICA HIDROMIRA  
VÍA DE ACCESO LITA – CENTRAL RÍO BABOSO**

**INFORME ESTUDIO MECANICA DE SUELOS  
PARA EL DISEÑO DEL PUENTE SOBRE EL RÍO MIRA**

**ING. JUAN MANUEL VINUEZA / A&O CONSULTORES ASOCIADOS Cía. Ltda.**

**Octubre / 2008**

## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2. ALCANCE Y OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
<b>3. CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DE LA ZONA .....</b>	<b>4</b>
<b>4. ESTRUCTURAS PROYECTADAS.....</b>	<b>4</b>
<b>5. TRABAJOS REALIZADOS .....</b>	<b>4</b>
<b>5.1 Trabajos de campo.....</b>	<b>4</b>
<b>5.2 Trabajos de Laboratorio .....</b>	<b>5</b>
<b>5.3 Trabajos de Oficina.....</b>	<b>5</b>
<b>6. GEOLOGÍA DEL SITIO DE IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>5</b>
<b>6.1 Geomorfología .....</b>	<b>5</b>
<b>7. ESTUDIO DE SÍSMICA DE REFRACCIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>7.1 Principio Físico del método .....</b>	<b>6</b>
<b>7.2 Equipo utilizado .....</b>	<b>6</b>
<b>7.3 Metodología de Campo.....</b>	<b>7</b>
<b>7.4 Interpretación de Resultados de Sísmica de Refracción.....</b>	<b>7</b>
<b>7.5 Análisis de Resultados de Sísmica de Refracción.....</b>	<b>8</b>
<b>8. PERFORACIONES MECÁNICAS Y PROSPECCIÓN DIRECTA.....</b>	<b>10</b>
<b>8.1 Perfiles y Características Geotécnicas.....</b>	<b>10</b>
<b>8.2. Propiedades Geomecánicas .....</b>	<b>11</b>
<b>9. CAPACIDAD DE CARGA .....</b>	<b>11</b>
<b>9.1 Capacidad de Carga en Roca .....</b>	<b>11</b>
<b>9.2 Capacidad de Carga a partir de resultados de sísmica de refracción .....</b>	<b>12</b>
<b>10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>13</b>
<b>10.1. Conclusiones .....</b>	<b>13</b>
<b>10.2. Recomendaciones .....</b>	<b>15</b>
<b>11. OBSERVACIONES .....</b>	<b>16</b>

## ANEXOS:

Anexo N° 1: Esquema de Ubicación de Sondeos

Anexo N° 2: Fotografías

Anexo N° 3: Perfil Estratigráfico, Geología Encontrada

Anexo N° 4: Geofísica (Sismica de Refracción)

Dromocronas e Interpretacion

Perfiles 1 y 2

Sismogramas

Datos y Calculos correspondientes a cada perfil

Anexo N° 5: Registros de Perforación

Anexo N° 6: Capacidad de Carga

Anexo N° 7: Ensayos de Laboratorio

## **1. INTRODUCCIÓN**

El ingeniero Juan Manuel Vinueza Moreno, se encuentra realizando los estudios de Ingeniería, previos a la construcción del puente sobre el río Mira, localizado en la parroquia Lita, Provincia de Carchi, el mismo que forma parte del proyecto hidroeléctrico HIDROMIRA – CARCHI que lleva a cabo la empresa Hidromira Carchi S.A.

Por esta razón ha contratado con la empresa A&O Consultores Asociados Cía. Ltda. la realización de los estudios de cimentaciones del sitio donde se tiene previsto implantar los nuevos puentes.

## **2. ALCANCE Y OBJETIVOS**

El alcance del presente trabajo es realizar el estudio de cimentaciones para la estructura del puente, determinando la capacidad de carga de cada margen. Los objetivos específicos del estudio son los objetivos:

- Realizar un estudio geológico de la zona del puente, para determinar las características de los materiales en las márgenes del río y su cauce.
- Realizar un estudio geofísico de sísmica de refracción, para determinar las velocidades de transmisión de ondas de los estratos que se encuentran en las márgenes del río y determinar con la información geológica, los espesores de los posibles estratos.
- Determinar el perfil estratigráfico del subsuelo del proyecto, por medio de la clasificación de los materiales encontrados y recuperados durante la ejecución de sondeos mecánicos.
- Conocer las características del subsuelo de fundación, por medio de toma de muestras y ensayos de laboratorio.
- Recomendar el tipo de cimentación, capacidad de carga admisible y su cota de desplante más adecuada para cada estribo.

### 3. CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DE LA ZONA

De acuerdo al Código Ecuatoriano de la Construcción, el proyecto de construcción en estudio se encuentra ubicado en la Zona Sísmica IV, que nos da un valor del factor  $Z=0.40$ .

El valor de Z de cada zona representa la aceleración máxima efectiva en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.

### 4. ESTRUCTURAS PROYECTADAS

Se proyecta construir un puente de 45 m de longitud aproximadamente, de estructura metálica mediante vigas de alma llena y tablero de hormigón armado. Este puente se apoyará sobre dos estribos, ubicados en cada una de sus márgenes.

### 5. TRABAJOS REALIZADOS

Para cumplir con el alcance y objetivos planteados, fue necesario realizar los siguientes trabajos.

#### 5.1 Trabajos de campo

Se realizó un reconocimiento Geológico de los sectores estudiados, mediante visualización de campo, prestando especial atención a las formaciones presentes en cada una de las márgenes y el origen de sus materiales. Este trabajo fue realizado por un geólogo especialista, quien reportó las características encontradas.

También en campo se llevó a cabo la campaña de sísmica de refracción, la misma que consistió en la realización de 2 líneas sísmicas de 60 metros de longitud, L1 en la margen izquierda y L2 en la margen derecha, con una separación de 5m entre geófonos.

Con el fin de observar directamente las características del subsuelo del terreno, se realizó una (1) perforación a "rotación-percusión" a partir del perfil actual del terreno, dicha perforación se encuentra en la Margen Izquierda del proyecto. (ANEXO 1)

SONDEO	UBICACIÓN	ABSCISA (m)	COTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)
P-1	Margen Izquierdo	0+070,314	487,00	12,0

## **5.2 Trabajos de Laboratorio**

Las muestras obtenidas en campo, fueron clasificadas, etiquetadas y llevadas a laboratorio para realizar un ensayo de compresión simple, necesario para la determinación de la calidad de la roca como sustancia. El ensayo fue ejecutado sobre una probeta obtenida a partir de la recuperación de campo y se aplicó la norma ASTM C39. (ANEXO 7)

## **5.3 Trabajos de Oficina**

- Elaboración de informe geológico
- Procesamiento e interpretación de los datos de campo de sismica de refracción, necesarios para la elaboración de los perfiles geofísicos.
- Informe Técnico, con la localización de las investigaciones, información de campo, procesada e interpretada en forma de perfiles, análisis de los resultados, conclusiones y recomendaciones para la cimentación.

## **6. GEOLOGÍA DEL SITIO DE IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO**

En el lugar se encuentran tanto en la margen derecha como en la izquierda grandes afloramientos de roca andesito-basáltica de color gris verdosa, bien consistente, la misma que es visible por decenas de metros, debido a que en esta época del año el nivel de las aguas de los ríos es bajo, lo que permite observar la constitución del cauce de los ríos. En el Anexo 2 las fotografías 1 y 2 corresponden al talud Margen Derecha aguas abajo y aguas arriba respectivamente, mientras que las fotografías 3 y 4 se refieren al talud Margen Derecha tanto aguas arriba como abajo, en donde se puede observar la confluencia del río Mira con el Lita.

De las observaciones de campo se evidencia que el sustrato esta constituido de andesitas basálticas las mismas que en el contexto geológico regional corresponden a una de las facies de la Unidad Natividad, la misma que consiste en una secuencia variable tectonizada de areniscas, limonitas y cherts y lavas intercaladas, la geoquímica de las lavas muestran una afinidad muy cercana con las lavas de la Unidad Río Cala lo cual sugiere su origen marino con sedimentos turbidíticos.

### **6.1 Geomorfología**

Los sectores estudiados están caracterizados por superficies irregulares, con la presencia de

valles en V, lo que indica que el curso de los ríos son bastante jóvenes, interrumpidas por algunas planicies pequeñas, generalmente muy cercanas al curso de los ríos. Existe la presencia de llanuras aluviales, especialmente en el Río Baboso, de pendiente baja compuesta principalmente por materiales y cantos rodados provenientes de las partes altas. El río Mira en la mayor parte de su curso corre sobre un encañonado o garganta profunda, lo que dificulta la formación de llanuras aluviales. *(ANEXO 3) GEOLOGIA ENCONTRADA*

## **7. ESTUDIO DE SÍSMICA DE REFRACCIÓN**

### **7.1 Principio Físico del método**

El método de Sísmica de Refracción se lo utiliza para determinar los contactos sean éstos horizontales, inclinados, ondulados o verticales; entre los diferentes estratos geológicos que presentan velocidades sísmicas diferentes. Dichos estratos varían en sus propiedades físicas debido a su textura y compactación, dando como consecuencia un cambio en la velocidad sísmica de los materiales, posibilitando de esta manera la determinación de dichos contactos, siempre que se produzca el fenómeno de la refracción, que constituye el principio físico del método.

El método se basa en la generación de las ondas sísmicas, mediante la explosión de una pequeña carga colocada a una profundidad entre 0.50 y 0.80 m y en la medida de los tiempos que emplean las ondas en llegar a pequeños receptores conocidos como geófonos convenientemente distribuidos en la superficie del terreno.

Representando los tiempos  $t$ , empleados por las ondas refractadas para llegar a los geófonos vs. la distancia a la que se encuentran los mismos con respecto al punto de disparo, se obtiene una curva tiempo-distancia conocida como DROMOCRONA, que constituye la base de la interpretación.

### **7.2 Equipo utilizado**

El equipo utilizado para la realización de los sondeos de sísmica de refracción son los siguientes:

- Un sismógrafo GEOMETRICS SMARTSEIS de 12 canales y 12 geófonos
- Cable de geófonos y geófonos verticales de 14 Hz.
- Equipo complementario y materiales

### 7.3 Metodología de Campo

El trabajo de campo se lo efectuó a lo largo de dos (2) ejes o perfiles previamente seleccionados, los que se encontraban ubicados en las márgenes izquierda y derecha respectivamente, mediante la utilización de un perfilaje sísmico continuo. (ANEXO 1)

La separación entre explosiones y el primero y último geófonos fue de 3 m para todos los casos.

La campaña de investigación geofísica, mediante sísmica de refracción, se resume así:

#### PUENTE SOBRE RÍO MIRA

Perfil #	Longitud (m)	Separación entre geófonos	Localización
1	55	5	Margen Izquierda
2	55	5	Margen Derecha

Total investigado ciento diez metros (110 m), distribuidos en dos (2) perfiles.

### 7.4 Interpretación de Resultados de Sísmica de Refracción

Luego de obtenidos los sismogramas, se procedió a la interpretación, la misma que consta de dos fases:

#### Primera fase:

- Determinación de las primeras llegadas de las ondas refractadas a partir de los sismogramas.
- Elaboración de los respectivos gráficos tiempos-distancia (dromocronas).
- Correlación entre dromocronas.

#### Segunda fase:

- Cálculo de velocidades de las diferentes capas utilizando el método ABEM y plus-minus (más-menos) y software SeisImager.

- Cálculo y determinación de las profundidades de los diferentes estratos mediante el método del tiempo de retardo.

## **7.5 Análisis de Resultados de Sísmica de Refracción**

El análisis de los resultados obtenidos, se efectuó elaborando una correlación de los diferentes puntos de disparo investigados con este método, y la correlación efectuada con los datos geológicos de campo. *(ANEXO 4)*

### **PERFILES L - 1 y L - 2**

El Perfil L - 1 se encuentra localizado en la margen izquierda, perpendicular al río, mientras que el Perfil L - 2 está en la margen derecha en forma paralela al río. Sus resultados se pueden resumir de la siguiente manera:

Una primera capa caracterizada por una velocidad de 334 m/s a 718 m/s, correspondiente a un estrato subhorizontal, que correspondería en la margen izquierda al suelo de cobertura y capa vegetal, mientras que en la margen derecha sería parte de la capa meteorizada, con profundidades entre 2.1 m y 5.77 m.

Un segundo medio que presenta una velocidad entre 1912 m/s y 2429 m/s correspondiente a los afloramientos de rocas andesito-basálticas presentes en el sector, debiéndose tomar en cuenta que en la margen izquierda las características de esta roca podrían corresponder a un nivel de fracturamiento o meteorización mucho más fuerte que en la margen derecha.

### **DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ELÁSTICOS A PARTIR DE LA SÍSMICA DE REFRACCIÓN**

Los estratos detectados mediante la investigación sísmica, pueden caracterizarse por sus parámetros elásticos y sus espesores, a fin de tener un modelo elástico del subsuelo en el sector investigado.

Para la determinación de dichos parámetros se utilizan las siguientes expresiones, las mismas que se relacionan con las velocidades sísmicas de los materiales detectados:

$$E_{\text{din}} = (1+\mu) (1-2\mu) \rho V_p^2 / (1-\mu) 10 g$$

$$E_{\text{est}} = 0.97 (E_{\text{din}} / E_{\text{din max}})^{0.141} E_{\text{din}}$$

$$E_{\text{din max}} = 1300000 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_{\text{def}} = 0.045 E_{\text{est}} + 70$$

Donde:

- $E_{\text{din}}$  = módulo de elasticidad dinámico
- $E_{\text{din max}}$  = módulo de elasticidad máximo
- $E_{\text{est}}$  = módulo de elasticidad estático
- $E_{\text{def}}$  = módulo de deformación
- $\rho$  = peso unitario (ton/m<sup>3</sup>)
- $\mu$  = relación de Poisson
- $V_p$  = velocidad de la onda longitudinal (m/s)
- $g$  = gravedad (9.80 m/s<sup>2</sup>)

Asumiendo el valor correspondiente de la relación de Poisson ( $\mu$ ) y calculando para cada margen, por presentar cambios en las velocidades, se tiene:

### MARGEN IZQUIERDA L-1

Profundidad (m)	Vp (m/s)	$\mu$	$\rho$ (T/m <sup>3</sup> )	g (m/s <sup>2</sup> )	E <sub>din</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>din max</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>est</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>def</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
0-2,5	334,00	0,35	1,60	9,80	1134,82	1300000,00	407,74	88,35
2,5-18	1912,00	0,25	2,70	9,80	83932,90	1300000,00	55323,85	2559,57

### MARGEN DERECHA L-2

Profundidad (m)	Vp (m/s)	$\mu$	$\rho$ (T/m <sup>3</sup> )	g (m/s <sup>2</sup> )	E <sub>din</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>din max</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>est</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>def</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
0-2,5	623,00	0,35	1,60	9,80	3948,31	1300000,00	1691,26	146,11
2,5-18	2714,00	0,25	2,70	9,80	169112,66	1300000,00	123042,37	5606,91

## 8. PERFORACIONES MECÁNICAS Y PROSPECCIÓN DIRECTA

Con el fin de obtener información directa de los estratos debajo de la cimentación se realizó una (1) perforación a rotación-percusión hasta 12m de profundidad medida a partir del perfil actual del terreno y localizada en la margen izquierda del puente.

La profundidad de la perforación se indica en la tabla a continuación:

**TABLA 1:** Ubicación de los Sondeos

SONDEO	UBICACIÓN	ABSCISA (m)	COTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)
P-1	Margen Izquierdo	0+070,314	487,00	12,0

La perforación se llevó a cabo utilizando una máquina perforadora Acker, motor a diesel de 20 HP, montada sobre patines.

Adicionalmente para la investigación se utilizó equipo de bombeo, tubería de perforación y revestimiento, muestreadores tipo cuchara partida y doble barril con brocas para los estratos rocosos o aluviales, y herramienta menor.

Las muestras recuperadas en el muestreador de doble barril fueron identificadas y clasificadas en sitio por el Ingeniero Jefe de Campo, mediante el método de Clasificación Manual Visual propuesto por el SUCS. En campo se recuperó un testigo de roca y se determinó el valor RQD del macizo, el cual es bastante elevado y nos indica una fracturación baja del mismo.

### 8.1 Perfiles y Características Geotécnicas

De acuerdo a los materiales encontrados durante la investigación en campo y los resultados de las pruebas de laboratorio, permiten definir el perfil estratigráfico del subsuelo y sus respectivas características.

#### Sondeo P – 1, Margen Izquierdo

El sondeo P-1 realizado en la margen izquierda del río presenta desde el inicio de la investigación y hasta los 5.0m. de profundidad un material aluvial con matriz variable entre limo arenoso y limo – arcilloso, no plástico, muy húmedo de color café oscuro. A continuación desde los 2.0m y hasta los 12.0m. de profundidad donde termina el sondeo, se encontró roca dura, color gris, con tamaños de recuperación variables entre 5 y 45 cm de longitud.

No se detectó nivel freático.

La información total del sondeo se puede ver en el registro de perforación de la margen izquierda que se encuentra en el *ANEXO 3* del presente informe.

## **8.2. Propiedades Geomecánicas**

Se determinó las propiedades geomecánicas de la roca en la margen izquierda, y obtuvo los siguientes resultados:

Peso Unitario:	$\gamma = 2.73 \text{ t/m}^3$
Angulo de fricción interna:	$\phi = 0^\circ$ (asumido)
Cohesión:	$c = 500 \text{ Kg/cm}^2$

## **9. CAPACIDAD DE CARGA**

Para la determinación de la capacidad de carga en cada una de las márgenes, se utilizó dos metodologías, las mismas que conceptualmente son deferentes, pero con la única finalidad de tener parámetros de comparación en los resultados, debido a que únicamente se realizó mediciones directas en las margen izquierda, mientras que en la margen derecha únicamente se realizó prospecciones de sísmica de refracción.

### **9.1 Capacidad de Carga en Roca**

Se aplica la ecuación de Terzaghi para la determinación de la capacidad última sobre una roca.

El procedimiento usado es el siguiente:

- 1.- Se determina la cohesión de la roca en función de la prueba de compresión simple. El valor obtenido de dividir la resistencia máxima del ensayo de compresión simple para dos es la cohesión.
- 2.- Con el valor de la cohesión y los factores de capacidad de carga, se calcula la capacidad de carga última del material.

3.- La capacidad de carga última se convierte en admisible al usar un factor de seguridad y un factor de corrección por el valor RQD.

$$Q_{ult} = c N_c$$

## 9.2 Capacidad de Carga a partir de resultados de sísmica de refracción

Con la información obtenida de los sondeos de sísmica de refracción, se determinaron parámetros elásticos que se muestran a continuación:

### MARGEN IZQUIERDA L-1

Profundidad (m)	Vp (m/s)	$\mu$	$\rho$ (T/m <sup>3</sup> )	g (m/s <sup>2</sup> )	Edin (kg/cm <sup>2</sup> )	Edin max (kg/cm <sup>2</sup> )	Eest (kg/cm <sup>2</sup> )	Edef (kg/cm <sup>2</sup> )
0-2,5	334,00	0,35	1,60	9,80	1134,82	1300000,00	407,74	88,35
2,5-18	1912,00	0,25	2,70	9,80	83932,90	1300000,00	55323,85	2559,57

### MARGEN DERECHA L-2

Profundidad (m)	Vp (m/s)	$\mu$	$\rho$ (T/m <sup>3</sup> )	g (m/s <sup>2</sup> )	Edin (kg/cm <sup>2</sup> )	Edin max (kg/cm <sup>2</sup> )	Eest (kg/cm <sup>2</sup> )	Edef (kg/cm <sup>2</sup> )
0-2,5	623,00	0,35	1,60	9,80	3948,31	1300000,00	1691,26	146,11
2,5-18	2714,00	0,25	2,70	9,80	169112,66	1300000,00	123042,37	5606,91

Con los parámetros elásticos, se determinó capacidad de carga mediante la siguiente ecuación:

$$q_{adm} = \frac{S E}{B (1 - \mu^2) C_d} F_d$$

Donde:

Q adm = capacidad admisible del suelo

S = asentamiento permisible

E = módulo de elasticidad

B = ancho de la zapata

U = módulo de Poisson

Cd = factor de forma y rigidez

Fd = factor de profundidad

Luego de realizados los análisis se determina que el suelo tiene capacidad suficiente para cimentar los estribos superficialmente.

En el *ANEXO 6* se adjunta el análisis del cálculo de capacidad de carga, tanto por teoría de falla como a partir de sísmica de refracción.

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 10.1. Conclusiones

1. Se realizó una investigación geológica para determinar las características geológicas de los estratos de la zona de estudio. En el lugar se encuentran tanto en la margen derecha como en la izquierda grandes afloramientos de roca andesito-basáltica de color gris verdosa, bien consistente, la misma que es visible por decenas de metros.
2. Se realizaron dos (2) líneas de sísmica de refracción, para la determinación de las velocidades de transmisión de onda en los estratos de cada una de las márgenes. Las líneas ejecutadas, fueron de 55m de longitud, con una separación de 5m entre geófonos y ubicados de acuerdo a la siguiente información:

Perfil #	Longitud (m)	Separación entre geófonos (m)	Localización
L-1	55	5	Margen Izquierda
L-2	55	5	Margen Derecha

3. De los sondeos de sísmica de refracción, se obtuvieron los resultados de velocidades de ondas de compresión y el posterior cálculo de parámetros elásticos que se muestran en las tablas a continuación:

**MARGEN IZQUIERDA**

L-1

Profundidad (m)	Vp (m/s)	$\mu$	$\rho$ (T/m <sup>3</sup> )	g (m/s <sup>2</sup> )	Edin (kg/cm <sup>2</sup> )	Edin max (kg/cm <sup>2</sup> )	Eest (kg/cm <sup>2</sup> )	Edef (kg/cm <sup>2</sup> )
0-2,5	334,00	0,35	1,60	9,80	1134,82	1300000,00	407,74	88,35
2,5-18	1912,00	0,25	2,70	9,80	83932,90	1300000,00	55323,85	2559,57

**MARGEN DERECHA**

L-2

Profundidad (m)	Vp (m/s)	$\mu$	$\rho$ (T/m <sup>3</sup> )	g (m/s <sup>2</sup> )	Edin (kg/cm <sup>2</sup> )	Edin max (kg/cm <sup>2</sup> )	Eest (kg/cm <sup>2</sup> )	Edef (kg/cm <sup>2</sup> )
0-2,5	623,00	0,35	1,60	9,80	3948,31	1300000,00	1691,26	146,11
2,5-18	2714,00	0,25	2,70	9,80	169112,66	1300000,00	123042,37	5606,91

- Las velocidades encontradas en el segundo estrato de ambas márgenes son elevadas, lo que significa que es un material rocoso competente.
- Debido a que no se tuvo acceso a la margen derecha con el equipo de perforación, únicamente se realizó una perforación mecánica a roto - percusión, en la margen izquierda, de acuerdo a la siguiente información:

SONDEO	UBICACIÓN	ABSCISA (m)	COTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)
P-1	Margen Izquierdo	0+070,314	487,00	12,0

- Durante la investigación geotécnica en la margen izquierda, se detectó un material aluvial con matriz que varía entre limo arenoso limo arcilloso, hasta los cinco (5m) de profundidad y luego hasta la profundidad de sondeo, una roca poco fracturada, muy dura, color gris, con un valor de RQD mayor de 50%.
- De acuerdo al tipo de material y a los resultados obtenidos en campo, laboratorio y oficina se puede concluir que le suelo tiene capacidad suficiente para cimentar los estribos superficialmente.

## 10.2. Recomendaciones

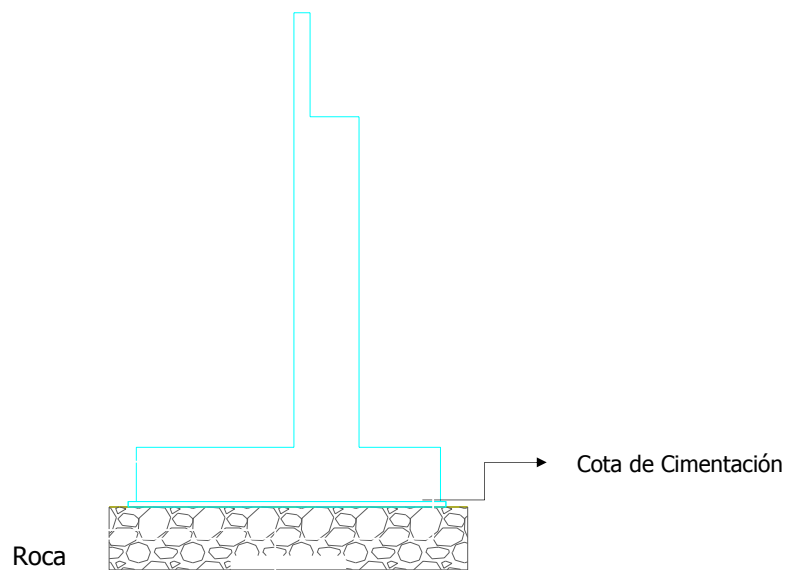
En función de los resultados obtenidos del presente estudio, y del proyecto estructural del puente, se recomienda cimentar la estructura tomando en cuenta los siguientes parámetros:

### MARGEN IZQUIERDA

<b>Tipo de cimentación:</b>	Cimentación directa mediante una zapata o estribo
<b>Cota de cimentación:</b>	$\leq 478.00$ msnm
<b>Capacidad de carga admisible:</b>	$q_{adm} \leq 32$ t/m <sup>2</sup>

### MARGEN DERECHA

<b>Tipo de cimentación:</b>	Cimentación directa mediante una zapata o estribo
<b>Cota de cimentación:</b>	$\leq 480.00$ msnm
<b>Capacidad de carga admisible:</b>	$q_{adm} \leq 30$ t/m <sup>2</sup>



**Figura No1.-** Esquema de cimentación Márgenes izquierda y derecha

- Debido a que por razones de accesibilidad no se pudo realizar perforaciones mecánicas en ambos márgenes, se recomienda verificar durante la construcción, que se cimente sobre la roca y no sobre el suelo de cobertura.
- Es importante tomar las precauciones necesarias al momento de realizar la excavación en la roca, para no fracturar la zona que soportará la carga del estribo.
- Se deberán realizar perforaciones en la roca, para realizar un "chicoteado" con varilla de al menos 25cm de diámetro, para asegurar la estructura a la roca.
- Si en la cota de cimentación se encontrara material aluvial suelto, se recomienda construir una dado de hormigón ciclópeo, para aglutinar las partículas.
- Se recomienda diseñar protecciones de gaviones sobre los estribos, para evitar que las zapatas queden visibles desde la superficie y estén protegidas con el ambiente.
- Si durante la construcción se encuentran características diferentes a las expuestas en el presente informe, se deberá contactar con el consultor de inmediato.

## **11. OBSERVACIONES**

El informe presentado, ha sido elaborado en base al estudio de campo, los ensayos de laboratorio y trabajo de oficina. Los resultados expuestos son los necesarios para que el ingeniero estructural continúe con los diseños del puente sobre el río Mira.

En caso de tener alguna inquietud respecto al presente informe, no dude en contactarnos que estaremos gustosos de atenderle.

Quito, octubre del 2008

Atentamente,

ING. DIEGO AGUIRRE BURNEO  
**A&O CONSULTORES ASOCIADOS CIA. LTDA.**



JUAN M. VINUEZA MORENO  
Ingeniero Civil



# ANEXOS

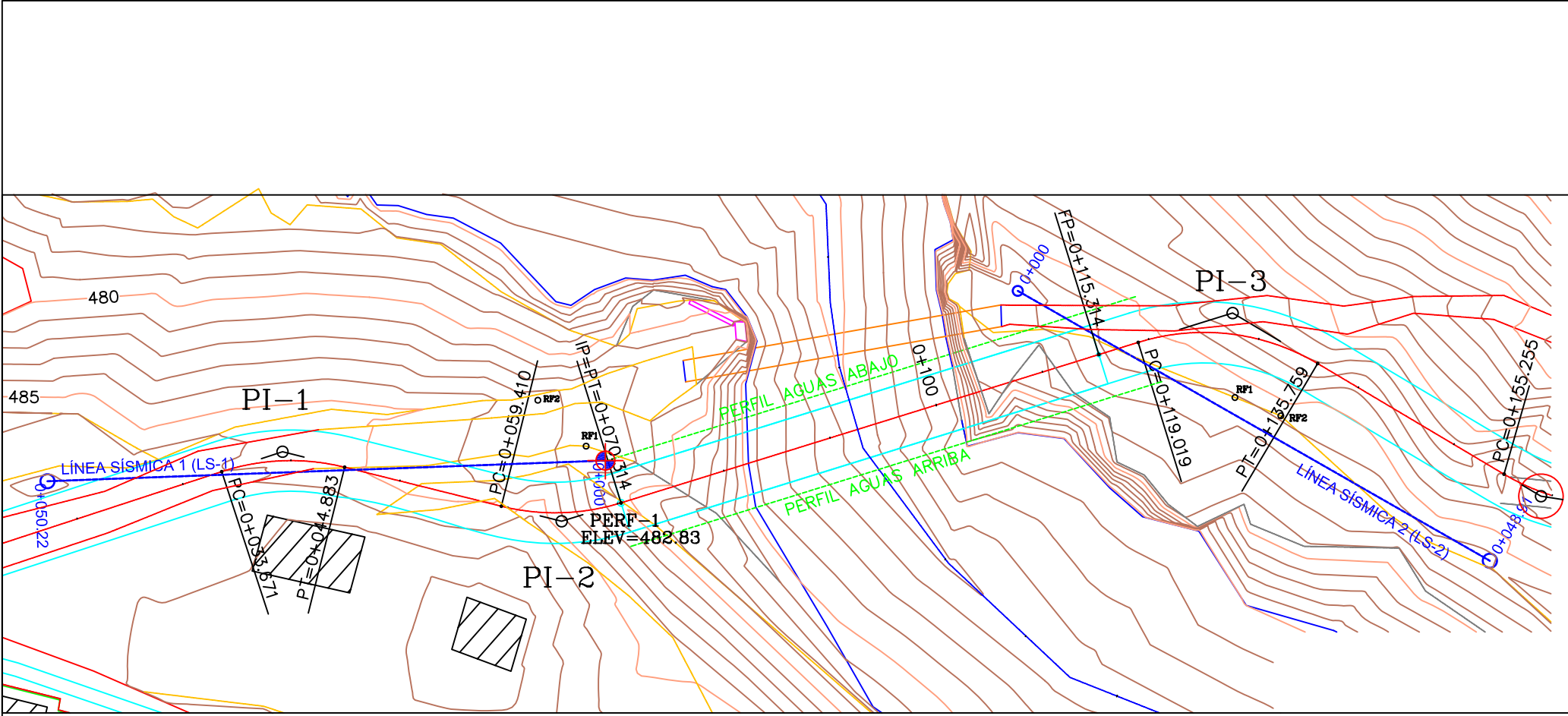


JUAN M. VINUEZA MORENO  
Ingeniero Civil



# Anexo 1

## Esquema de Ubicación de Sondeos



<b>PUENTE SOBRE EL RIO MIRA</b> CARRETERA LA BUCANA - COMUNIDAD EL BABOSO		HIDROMIRA-CARCHI S.A.	
CONTIENE: _____  ESQUEMA DE UBICACIÓN DE SONDEOS	DIRECTOR PROYECTO: _____  ING. DIEGO AGUIRRE BURNEO A&O CONSULTORES	ESCALA: SIN ESCALA	
		DIBUJO: _____	FECHA: OCTUBRE 2008



JUAN M. VINUEZA MORENO  
Ingeniero Civil



# Anexo 2

## Fotografías



**Foto1.-** Vista NE aguas abajo del puente, afloramiento de rocas andesita-basálticas, Puente sobre el Río Mira.



**Foto 2.-** Vista NE aguas arriba del puente, afloramiento de rocas andesita-basálticas. Puente sobre el Río Mira.



**Foto 3.-** Vista SW, aguas arriba del puente, afloramiento de rocas andesita-basálticas. Puente sobre el Río Mira.



**Foto 4.-** Vista SW aguas abajo del puente, afloramiento de rocas andesita-basálticas, al fondo se observa la unión con el río Lita. Puente sobre el Río Mira.



**Foto 5.-** Realización de la prospección sísmica en campo, Línea Sísmica 1 (LS-1).  
Margen Izquierda



**Foto 6.-** Realización de la prospección sísmica en campo, Línea Sísmica 2 (LS-2).  
Margen Derecha



JUAN M. VINUEZA MORENO  
Ingeniero Civil



# Anexo 3

## Perfil Estratigráfico, Geología Encontrada



N 10097300

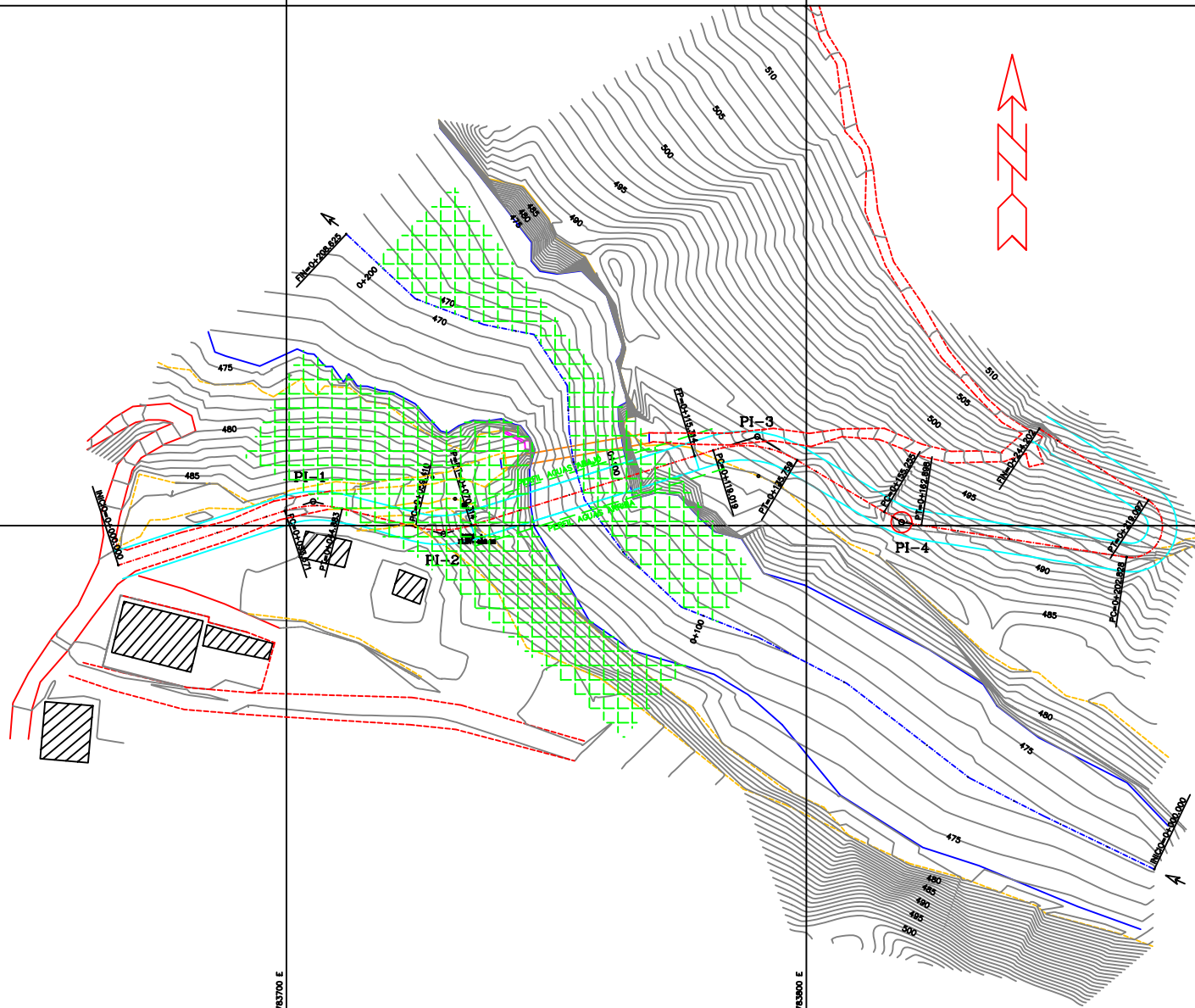
N 10097200

N 10097100

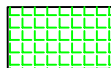
783700 E

783800 E

783900 E



### LEYENDA



Rocas Andesíticas Basálticas

## PUENTE SOBRE EL RIO MIRA

CARRETERA LA BUCANA – COMUNIDAD EL BABOSO

HIDROMIRA-CARCHI S.A.

CONTIENE: \_\_\_\_\_

DIRECTOR PROYECTO: \_\_\_\_\_

GEOLOGÍA ENCONTRADA

ING. DIEGO AGUIRRE BURNEO  
A&O CONSULTORES

ESCALA:

SIN ESCALA

DIBUJO:

FECHA:

OCTUBRE 2008





JUAN M. VINUEZA MORENO  
Ingeniero Civil

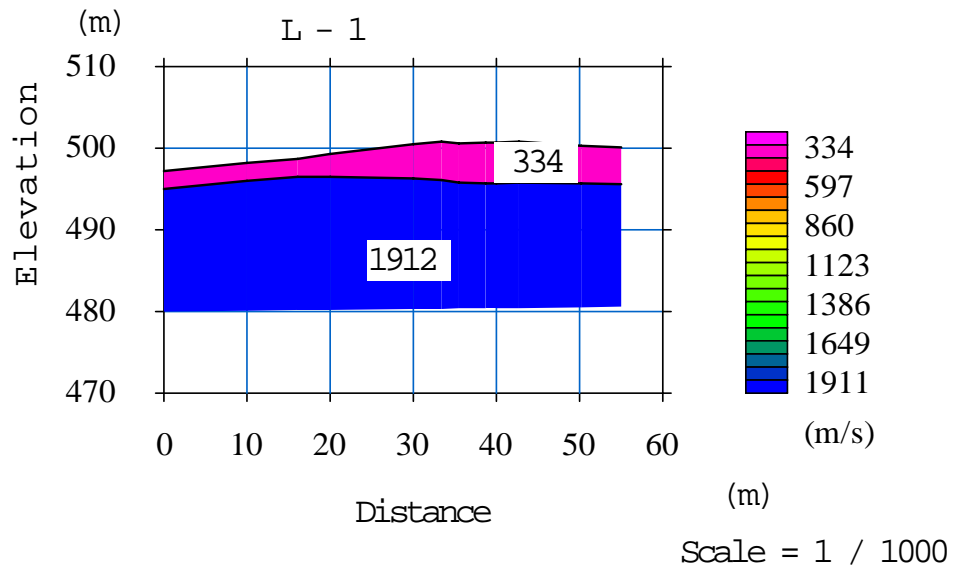
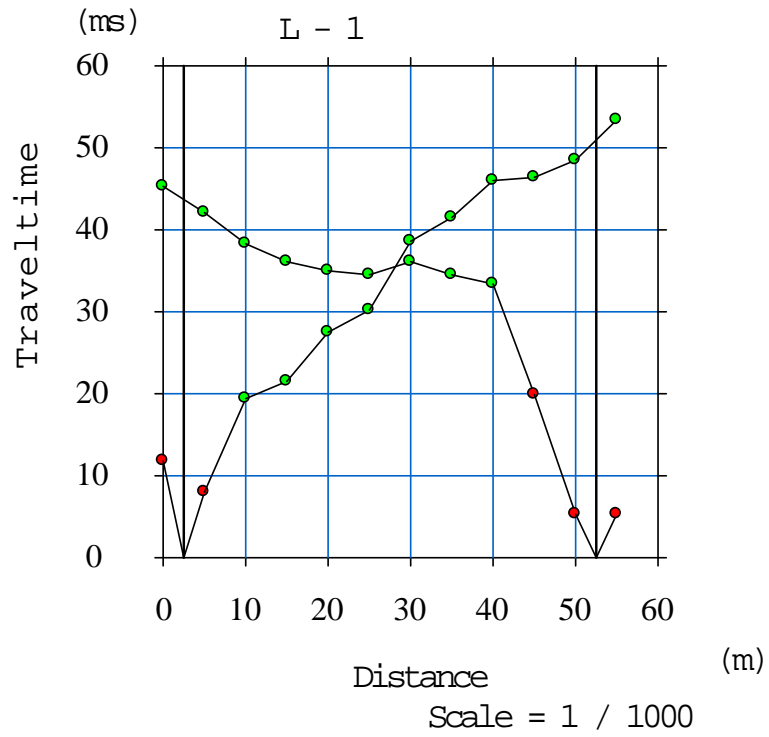


## Anexo 4

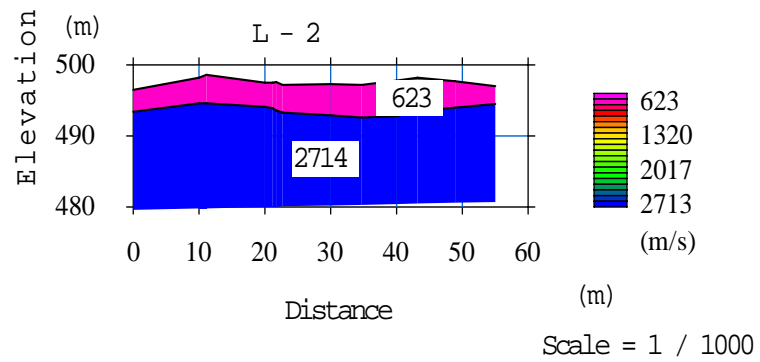
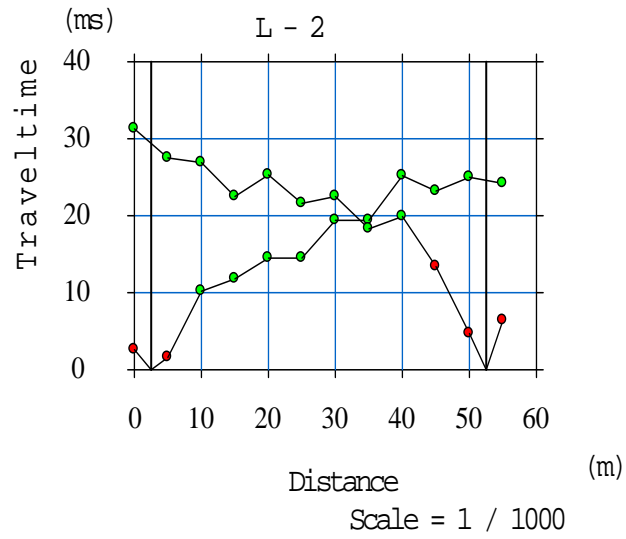
### GEOFISICA (Sísmica de Refracción)

- Dromocronas e Interpretación
- Perfiles 1 y 2
- Sismogramas
- Datos y Cálculos de Sísmica de cada perfil

# RIO MIRA



# RIO MIRA





JUAN M. VINUEZA MORENO  
Ingeniero Civil





# Anexo 5

## Registros de Perforación



### REGISTRO DE PERFORACIÓN

PROYECTO: PUENTE SOBRE EL RIO MIRA	PROFUNDIDAD: 0.00 - 12.00 m	COORDENADAS UTM:	X: 10097200	FECHA INCIO: 08-Oct-08	SOLICITA: HIDROMIRA - CARCHI
SONDEO N° : P-1 MARGEN IZQUIERDO	UBICACIÓN: Carretera Est. La Bocana - Comunidad Baboso		Y: 783737.309	FECHA FINAL: 08-Oct-08	
ABSCISA:			cota: 482.83		PAGINA 1 DE 1

PROFUNDIDAD (m)	LONG. TRAMO (m)	COTA (m.s.n.m.)	NIVEL FREÁTICO	REVESTIMIENTO	COLUMNA	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	HUMEDAD (%)	GRANULOMETRÍA			LÍMITES		SUCS	N° Golpes SPT/m				σ <sub>com</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	% RECUPERACIÓN	ROD	FOTOGRAFÍAS DE TESTIGOS
									GRAVA	ARENA	FINOS	L.L.	I.P.		15	15	15	N					
1.00	1.0	481.83				Material aluvial con piedra, suelo vegetal con piedras en matriz limo arcillosa																 Foto 1.- Caja de recuperación de muestras para ROD	
2.00	1.0	480.83				Material aluvial con piedra en matriz de un limo arcilloso																	
3.00	1.0	479.83				Material aluvial en matriz de limo arenoso																	
4.00	1.0	478.83				Matriz aluvial en matriz de limo arenoso																	
5.00	1.0	477.83				Material aluvial con piedra																	
6.00	1.0	476.83				Roca gris muy dura recuperación alta, avance de la perforación lento															50%	 Foto 2.- Testigos sobre los cuales se talló la muestra para realizar la compresión simple	
7.00	2.0	475.83				Roca color gris muy dura, se rompe, recuperacion media															50%		
8.00		474.83																					
9.00	2.0	473.83				Roca color gris, muy dura, alta recuperación avance lento																	
10.00		472.83																					
11.00	2.0	471.83				Roca color gris, muy dura, alta recuperación avance lento																	
12.00		470.83																					

OBSERVACIONES:

MNC: Muestra no Conseguida  
 SPT: Ensayo de Penetración Estándar



JUAN M. VINUEZA MORENO  
Ingeniero Civil



# Anexo 6

## Capacidad de Carga

## DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA EN ROCA



**OBRA :** Puente sobre Río Mira  
**LOCALIZACIÓN :** Puente sobre Río Mira, Vía de acceso Lita - Central Río Baboso  
**DESCRIPCIÓN :** Núcleo de roca

**RQD<sub>campo</sub> =** 50%  
**FS =** 6

**SONDEO N°:** P-1  
**PROF:** 6,0 m

### ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

#### MEDIDAS DE LA MUESTRA

Diámetro de la muestra :	4.72 cm	$A_m =$	17.50 cm <sup>2</sup>
Altura de la muestra :	9.53 cm	$V_m =$	166.75 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra :	455.01 gr	$\gamma_m =$	2.73 T/m <sup>3</sup>

Tiempo transcurrido (min)		Carga (kg)
0		0
-		18172

$\sigma_{max} =$  18.172.00 kg  
 $q =$  1.038.55 kg/cm<sup>2</sup>  
 $q =$  **101.88 MPa**

### COHESIÓN $c$

$c = q / 2$   
 $c =$  **50.94 MPa**

### PRESIÓN DE HUNDIMIENTO

$q_{ult} = c \cdot N_c$  ( $\phi=0$ )  
 $q_{ult} =$  **290.36 MPa**

### CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

$q_{adm} = \frac{q_{ult} \times RQD^2}{FS}$   
 $q_{adm} =$  **18.15 MPa**

Nota :  
 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>  
 1 Kg = 9.81 N

## DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA EN ROCA MEDIANTE SISMICA DE REFRACCION



OBRA : Puente sobre Río Mira  
 LOCALIZACIÓN : Puente sobre Río Mira, Vía de acceso Lita - Central Río Baboso  
 DESCRIPCIÓN :

RQD<sub>campo</sub> = 50%  
 FS = 4

### DETERMINACION CAPACIDAD DE CARGA

$$q = \frac{S E}{B (1 - \mu^2) Cd} Fd$$

S = Asentamiento  
 E = Módulo de deformación  
 B = Base del cimientto.  
 $\mu$  = relación de Poisson.  
 Fd = factor de profundidad (1+0.33 Df/B)  
 Cd = factor de forma y rigidez

### MARGEN IZQUIERDA L-1

Profundidad (m)	Vp (m/s)	$\mu$	$\rho$ (T/m3)	g (m/s <sup>2</sup> )	Edin (kg/cm <sup>2</sup> )	Edin max (kg/cm <sup>2</sup> )	Eest (kg/cm <sup>2</sup> )	Edef (kg/cm <sup>2</sup> )
0-2,5	334.00	0.35	1.60	9.80	1134.82	1300000.00	407.74	88.35
2,5-18	1912.00	0.25	2.70	9.80	83932.90	1300000.00	55323.85	2559.57

S (cm)	Edef (kg/cm <sup>2</sup> )	B (cm)	$\mu$	Df (cm)	Fd	Cd	qadm (kg/cm <sup>2</sup> )
2.50	2559.57	555.00	0.35	172.00	1.10	2.00	7.24

### MARGEN DERECHA L-2

Profundidad (m)	Vp (m/s)	$\mu$	$\rho$ (T/m3)	g (m/s <sup>2</sup> )	Edin (kg/cm <sup>2</sup> )	Edin max (kg/cm <sup>2</sup> )	Eest (kg/cm <sup>2</sup> )	Edef (kg/cm <sup>2</sup> )
0-2,5	623.00	0.35	1.60	9.80	3948.31	1300000.00	1691.26	146.11
2,5-18	2714.00	0.25	2.70	9.80	169112.66	1300000.00	123042.37	5606.91

S (cm)	Edef (kg/cm <sup>2</sup> )	B (cm)	$\mu$	Df (cm)	Fd	Cd	qadm (kg/cm <sup>2</sup> )
2.50	5606.91	430.00	0.35	312.00	1.24	2.00	23.02

Nota :  
 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>  
 1 Kg = 9.81 N



JUAN M. VINUEZA MORENO  
Ingeniero Civil



# Anexo 7

## Ensayos de Laboratorio