

4. PROPIEDADES DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS.

Para la determinación in situ las propiedades elasto-dinámicas y verificación de la geometría del depósito de aluvión en el cauce y de la Formación Tlayécac en el cauce y las laderas, se realizó un Estudio Geofísico constituido de seis Tendidos de Sísmica de Refracción (TSR), un sondeo con técnica de Sísmica “Down-Hole” (TSDH), y dos sondeos eléctricos verticales (SEV), para corroboración y apoyo a la interpretación geofísica. En la figura 15 se muestra la localización de los estudios.

De los seis tendidos de sísmica de refracción (TSR), cuatro permitieron determinar las propiedades de deformabilidad del aluvión y las rocas de la Fm. Tlayécac, es decir, determinar el módulo de Young (E)¹¹ y el de corte (G), correspondientes a módulos tangentes de la rama inicial de la relación esfuerzo – deformación de los suelos, así como verificar los contactos entre los geomateriales aluviales con la roca (compacta, no consolidada, no cementada) de la Formación Tlayécac; mientras que los otros dos TSR permitieron conocer con mayor precisión las velocidades de onda de la roca de la Fm. Tlayécac e identificar la profundidad de la zona mas descomprimida en cada una de las márgenes. Tres tendidos fueron transversales según la dirección del río y se efectuaron de manera que no hubiera influencia de la cortina, una parte estaba ya construida pero a la vez que estuviesen lo suficientemente cerca para ser representativos de la zona de la pantalla impermeable.

En adición, se ejecutó en el barreno AL-6, un estudio geosísmico con la Técnica de Sísmica de “Down-Hole” (TSDH), de 21 m de profundidad, atravesando el depósito superficial de aluvión y penetrando en la roca parcialmente consolidada de la Fm. Tlayécac. Mediante el TSDH se realizaron mediciones de onda P

¹¹ Teoría de la Elasticidad. Leyes de refracción fundamentadas por Fermat y Huygens.

(longitudinal o compresional) y de onda S (cortante), utilizando un geófono de tres componentes que se introdujo en el barreno haciendo lecturas a cada metro desde la superficie hasta alcanzar el fondo del barreno. A partir de las mediciones efectuadas, se evaluaron los parámetros elasto-dinámicos (relación de Poisson, módulo de cortante y módulo de Young o Elástico).

4.1 ESTUDIOS GEOFÍSICOS.

La exploración con los métodos de sísmica de refracción y sondeos eléctricos verticales que requirieron el tendido de líneas de 44 m a 90 m de longitud sobre la superficie del terreno se vio limitada por las excavaciones y el avance de la construcción de la cortina de mampostería que impidió realizar la exploración en la zona misma del desplante, recurriendo a efectuar esta exploración en las zonas adyacentes a la cortina y a las excavaciones.

Exploración geofísica con 6 TRS, 2 SEV y 1 down-hole

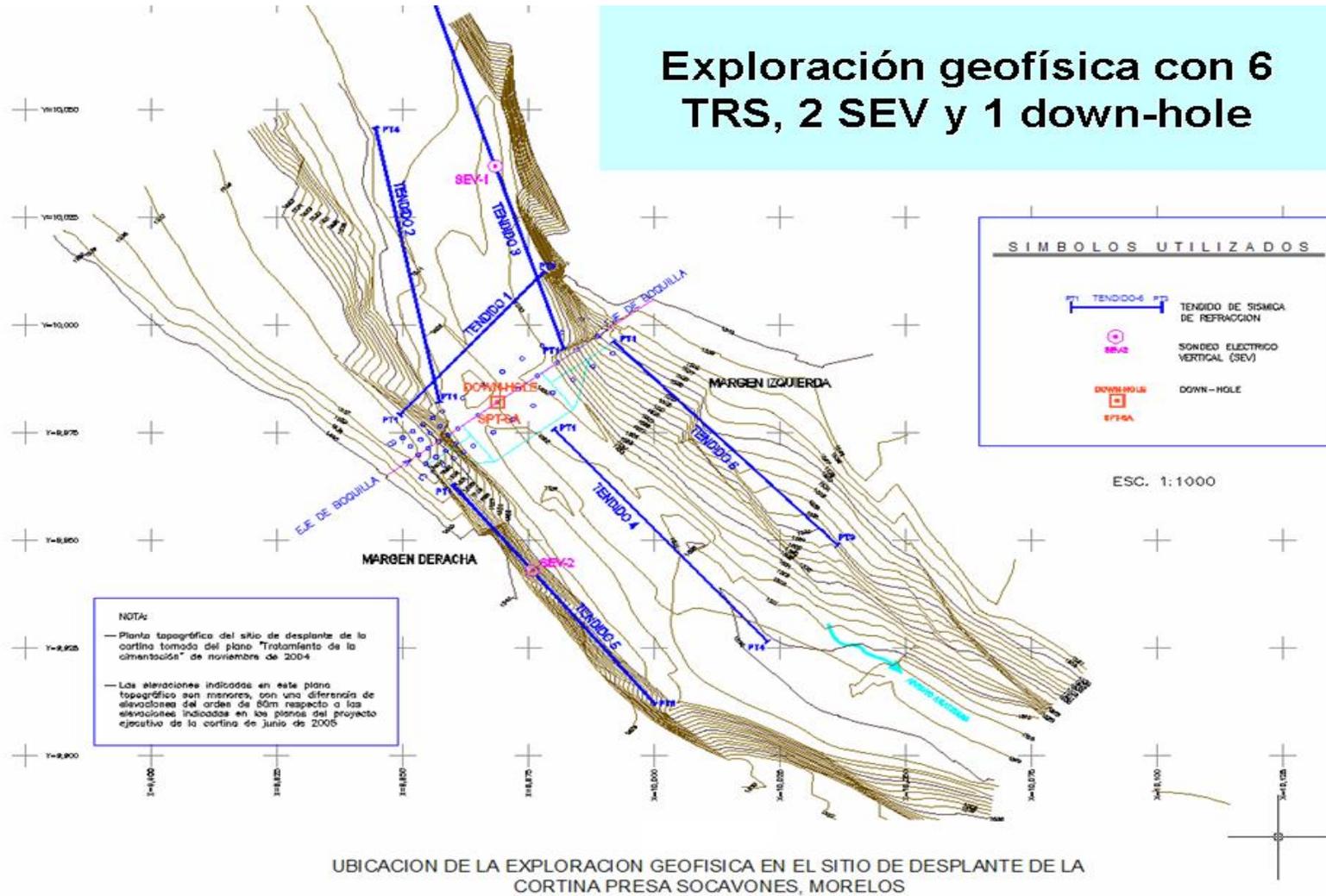


Figura 15. Localización de los TRS, Down-Hole y SEV del estudio de Geofísica

Como fuente de energía, tanto en los 6 TSR como en el TSDH, se utilizó el golpe de un marro de 12 libras de masa sobre una placa metálica y la señal emitida por el impacto fue registrada por un sismógrafo de 12 canales acoplado al dispositivo mencionado.

En el caso del TSDH (“Down-Hole”) del barreno AL-6 una vez terminado el muestreo, se equipó con un tubo de PVC de .06 m de diámetro interior, en tramos acoplados con uniones roscadas y con un tapón al fondo. El espacio anular entre la pared del barreno y la pared exterior del tubo de PVC se rellenó con una vaina formada por una mezcla fraguante de agua-bentonita-cemento y el tubo de PVC fue llenado con agua, reteniendo ésta sin pérdidas. En el barreno se introdujo el geófono triaxial que recibía la señal de arriba de las ondas longitudinales y transversales, las cuales se generaron en un punto de tiro ubicado en la superficie del terreno y distante de 1.5 m del brocal del barreno, se realizaron 21 lecturas de velocidad de propagación de onda longitudinal y transversal en intervalos a cada metro de profundidad dentro del barreno exploratorio (AL-6) con el método de Down-Hole (lecturas de la superficie hacia el fondo del barreno) ubicado en el eje de la cortina

En los siguientes párrafos, se describen los trabajos de exploración geofísica efectuados en el sitio, así como los resultados obtenidos. En las siguientes fotografías se muestran las actividades efectuadas durante la medición de los parámetros con los métodos geofísicos.

Exploración geofísica con 6 TRS, 2 SEV y 1 down-hole



Fotografía 3. Medición de propiedades de deformación y verificación de estratigrafía con métodos de exploración geofísica: TRS, Down-Hole y SEV, en la P.A. Socavones

Exploración geofísica con 6 TRS y 2 SEV



Fotografía 4. Medición de propiedades mecánicas y verificación de estratigrafía con métodos de exploración geofísica: TRS, Down-Hole y SEV, en la P.A. Socavones

Exploración geofísica con 6 TRS y 2 SEV



Fotografía 5. Medición de propiedades mecánicas y verificación de estratigrafía con métodos de exploración geofísica: TRS, Down-Hole y SEV, en la P.A. Socavones

El Método del Down-Hole permitió realizar mediciones de los tiempos de propagación de las ondas longitudinal y de cortante a cada metro de profundidad del subsuelo, tanto en los materiales aluviales como en los materiales brechoides.



Fotografía 6. Posición del Sondeo (AL-6) en donde se realizó el Down-hole

El trabajo de campo se efectuó colocando una sonda constituida por un geófono triaxial en el interior del tubo de PVC de .06 m con el que se equipó el barreno SM-AL-6, ubicado hacia la porción central del sitio de la cortina, desplazándola a cada metro de profundidad hasta alcanzar la profundidad máxima de 21 m. Por cada posición de la sonda colocada en el interior del barreno, se generaron impulsos

sísmicos en la superficie del terreno mediante el golpe de un marro sobre una placa metálica colocada sobre el terreno a la distancia de 1.75 m del centro del brocal del barreno para la generación de las ondas longitudinal y transversal; en ambos casos, tanto la placa como el marro fueron sincronizados con el sismógrafo que registró los diferentes tiempos de arribo de las ondas longitudinales y transversales.

En gabinete se efectuaron las lecturas de los tiempos de arribo de las ondas longitudinales y transversales a partir de las señales registradas en el sismógrafo y grabadas en una computadora portátil. Los tiempos de arribo fueron corregidos en su componente vertical para cada intervalo de medición y con esta información se generó la curva dromos (gráfica tiempo-profundidad) que permitió obtener las velocidades sísmicas a las diferentes profundidades. Con las velocidades obtenidas y utilizando los valores de densidad de los materiales atravesados por el barreno, se calcularon los parámetros elástico-dinámicos cuyos valores a continuación se describen.

En el Cuadro 2, se presentan los valores de velocidad evaluados para el sitio donde se efectuó el estudio de Down-Hole correspondiente con el Sondeo (AL-6) para los diferentes intervalos de profundidad, así como los parámetros sismoelásticos correspondientes obtenidos a partir de las velocidades y de la densidad o peso volumétrico natural estimado de cada uno de los estratos muestreados del subsuelo. En la figura 16 se muestra en una escala apropiada la variación gráfica correspondiente a cada uno de los parámetros elástico-dinámicos que fueron obtenidos a lo largo del barreno.

Exploración geofísica con técnica de prospección Sísmica de Down-hole de 1577 a 1552 msnm

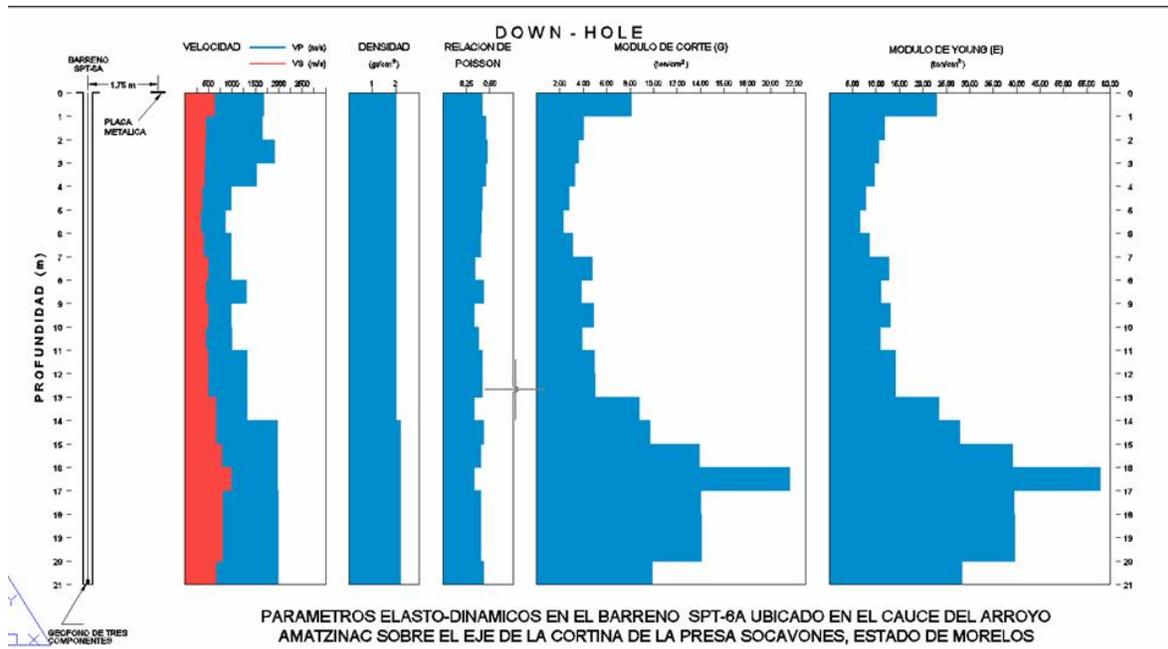


Figura 16. Propiedades mecánicas del subsuelo bajo la cortina P.A. Socavones

El Down-Hole alcanzó una profundidad de prospección de 21 m y se aprecia una alternancia en los valores de las velocidades de onda con la profundidad a todo lo largo del sondeo. Los resultados de los parámetros elástico-dinámicos se obtuvieron a partir de los valores de densidad estimados para los diferentes paquetes de materiales definidos en el subsuelo, los cuales fueron de 2.0 g/cm^3 para el material aluvial detectado hasta 14 m de profundidad y de 2.2 g/cm^3 para la roca brechoide detectada entre 14 y 21 m de profundidad, tal como se muestra en los valores de el cuadro 2. En forma particular se lograron observar tres diferentes comportamientos geosísmicos a diferentes intervalos de profundidad asociados con las velocidades obtenidas a lo largo de todo el barreno.

PROFUNDIDAD	VELOCIDADES SISMICAS		DENSIDAD γ (g/cm ³)	MODULO DE POISSON μ	MODULO DE CORTE G (t/cm ²)	MODULO DE YOUNG E (t/cm ²)
	Vp (m/s)	Vs (m/s)				
1	1680	630	2.00	0.4182	8.0882	22.9412
2	1643	444	2.00	0.4605	4.0254	11.7583
3	1910	420	2.00	0.4746	3.5960	10.6053
4	1528	403	2.00	0.4627	3.3034	9.6638
5	984	368	2.00	0.4188	2.7613	7.8353
6	861	336	2.00	0.4103	2.2968	6.4783
7	982	388	2.00	0.4075	3.0688	8.6387
8	984	483	2.00	0.3418	4.7485	12.7434
9	1302	435	2.00	0.4373	3.8520	11.0728
10	989	489	2.00	0.3383	4.8781	13.0566
11	991	438	2.00	0.3785	3.9129	10.7878
12	1315	493	2.00	0.4183	4.9481	14.0358
13	1318	494	2.00	0.4183	4.9723	14.1041
14	1320	656	2.00	0.3362	8.7672	23.4285
15	1968	657	2.20	0.4372	9.6947	27.8656
16	1973	788	2.20	0.4051	13.9202	39.1185
17	1977	983	2.20	0.3359	21.6508	57.8459
18	1980	791	2.20	0.4050	14.0363	39.4413
19	1982	792	2.20	0.4049	14.0771	39.5551
20	1984	793	2.20	0.4049	14.1108	39.6491
21	1986	663	2.20	0.4373	9.8545	28.3283

1 t/cm² = 1,000 kg/cm² = 100,000 kN/m² = 100 N/mm² = 100 MPa = 100 MN/m² (asumiendo que la aceleración de la gravedad fuese de 10 m/s²)

Cuadro 2. Propiedades mecánicas elásticas del subsuelo en el Sondeo AL-6

El primer comportamiento se observa en los materiales localizados desde la parte superficial y aproximadamente hasta los 4 m de profundidad, donde los valores de velocidad obtenidos presentan un intervalo de 1528 a 1910 m/s para la onda

longitudinal y de 403 a 630 m/s para la de corte, estos valores corresponden con el paquete de material aluvial superficial y posiblemente fueron influenciados por la losa de concreto que cubre esta zona. Para este intervalo se consideraron en el cálculo de los parámetros elástico dinámicos un valor de densidad de 19.62 kN/m^3 (2 g/cm^3), obteniendo valores para el módulo de Young $E = 966$ a 2294 Mpa (MN/m^2), mientras que para el módulo de Corte se obtuvieron valores de $G = 330$ a 809 Mpa , para una relación de Poisson de 0.42 a 0.47.

Un segundo comportamiento se observa en el intervalo de 5 a 14 m de profundidad, con una disminución en los valores de velocidad obtenidos tanto para la velocidad de onda longitudinal (V_p) como para la velocidad de onda de corte (V_s) que varían de 861 a 1320 m/s y de 336 a 656 m/s, respectivamente, observando en forma general una zona de menores valores entre los 5 y 11 m de profundidad. Los materiales perforados en toda esta zona corresponden con el paquete de materiales aluviales. Para este tramo el intervalo de valores obtenidos para los módulos, considerando el mismo valor de densidad de 19.62 kN/m^3 (2g/cm^3) fueron de $E = 648$ a 2343 MPa (MN/m^2) para el módulo de Young, mientras que para el módulo de Corte fueron de $G = 230$ a 877 MPa y con una relación de Poisson de 0.34 a 0.44.

El tercer comportamiento geosísmico corresponde con el tramo ubicado entre los 15 y 21 m de profundidad, en el cual se obtuvieron los valores de velocidad mas altos en todo el terreno, dichos valores varían de 1968 a 1986 m/s para la onda longitudinal y de 657 a 983 m/s para la de corte; Estas velocidades se asocian posiblemente con la presencia de la roca de la Fm. Tlayécac, a la cual se le asignó un valor de densidad de 21.58 kN/m^3 (2.2g/cm^3) mediante el que se obtuvo un intervalo de valores para el Módulo de Young (E) de 2787 a 5785 MPa, para el Módulo de Corte (G) de 970 a 2165 MPa y una relación de Poisson de 0.34 a 0.44.

En la segunda etapa del estudio se efectuaron seis tendidos sísmicos de refracción para conocer las características de compacidad de los diferentes

materiales del subsuelo, sobre el que se desplantó la cortina, detectar los espesores de los mismos y tratar de definir el contacto entre los materiales aluviales y la roca de la Fm. Tlayécac.

Las longitudes de los tendidos fueron de 44 m para el tendido 1, 85 m para el tendido 3 y 65 m para los tendidos 2, 4, 5 y 6; estas longitudes y la posición de los puntos de tiro permitieron explorar en forma indirecta el subsuelo hasta una profundidad mínima de 15 m bajo el tendido 1 y máxima de 30 m en el caso del tendido 3; en los tendidos restantes la profundidad de prospección vario entre 20 y 25 m.

Debido a las excavaciones y a la construcción existente de la cortina de mampostería, fue necesario ubicar los tendidos sísmicos de tal forma que tuvieran continuidad en zonas donde no hubiese desniveles importantes; así entonces, los tendidos 1 con rumbo NE 46° SW, 2 (NW 12° SE) y 3 (NW 17° SE) se ubicaron sobre el cauce en la porción aguas abajo de la cortina, el tendido 4 se realizó también en el cauce del arroyo (canal de desfogue) en la porción aguas arriba con dirección NW 40° SE y los tendidos 5 y 6 (paralelos al cauce del arroyo) se efectuaron fuera de la zona del cauce en las márgenes del arroyo, a lo largo de los caminos de acceso que van a los empotramientos de la cortina.



Fotografía 7. Posición de los tendidos TRS aguas abajo y laderas P.A. Socavones

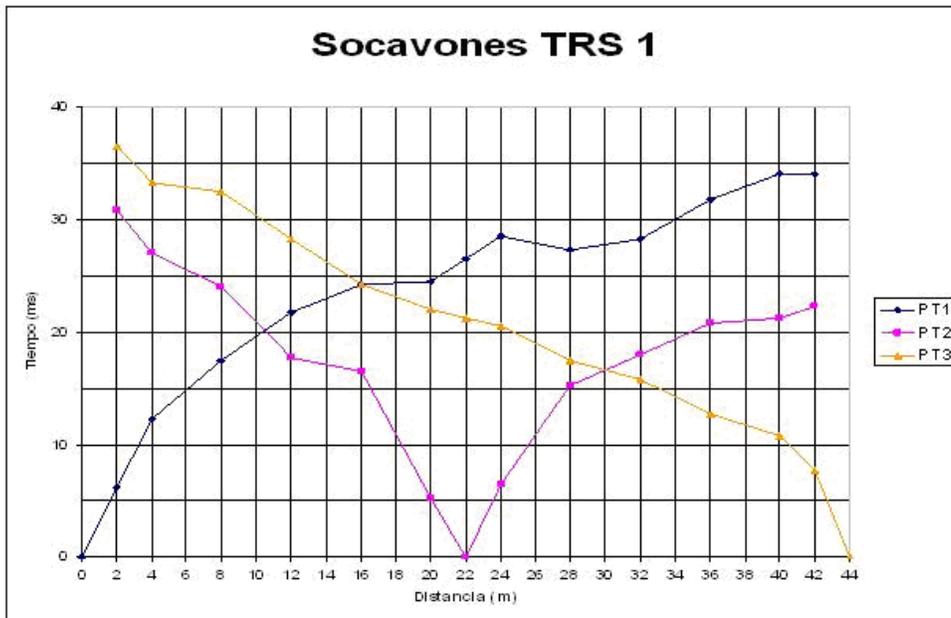
En los diferentes tendidos sísmicos se colocó una sarta de 12 geófonos de onda P hincados en el terreno con separaciones constantes entre geófonos, utilizando de tres a seis puntos de tiro; en el caso del tendido 1 que fue el mas corto y en los tendidos realizados en las márgenes del arroyo sobre los hombros de los taludes se utilizaron 3 puntos de tiro, en los tendidos 2 y 4 cuatro puntos de tiro y solo en el tendido tres que fue el mas largo se utilizaron seis puntos de tiro. En el caso de los tendidos con tres puntos de tiro, dos de ellos se ubicaron a los extremos de los tendidos y uno en la parte central del mismo, mientras que para los de cuatro puntos de tiro, dos se ubicaron en los extremos del tendido y dos más entre los geófonos 4-5 y 8-9; finalmente, para el tendido 3 con seis puntos de tiro se ubicaron cuatro de ellos hacia los extremos de los geófonos 1 y 12 quedando el PT1 y el PT6 a 15m de separación y el PT2 y PT5 a 5 m de separación, y los dos puntos de tiro restantes (PT3 y PT4) se ubicaron entre los geófonos 4-5 y 8-9.

Para la generación del tren de ondas sísmicas en el terreno, se utilizó una placa metálica colocada en cada punto de tiro, la cual se golpeo repetidamente con un marro de 12 libras (5.44 Kg) de peso, sincronizando cada golpe con el sismógrafo mediante la conexión del marro con la placa y los geófonos

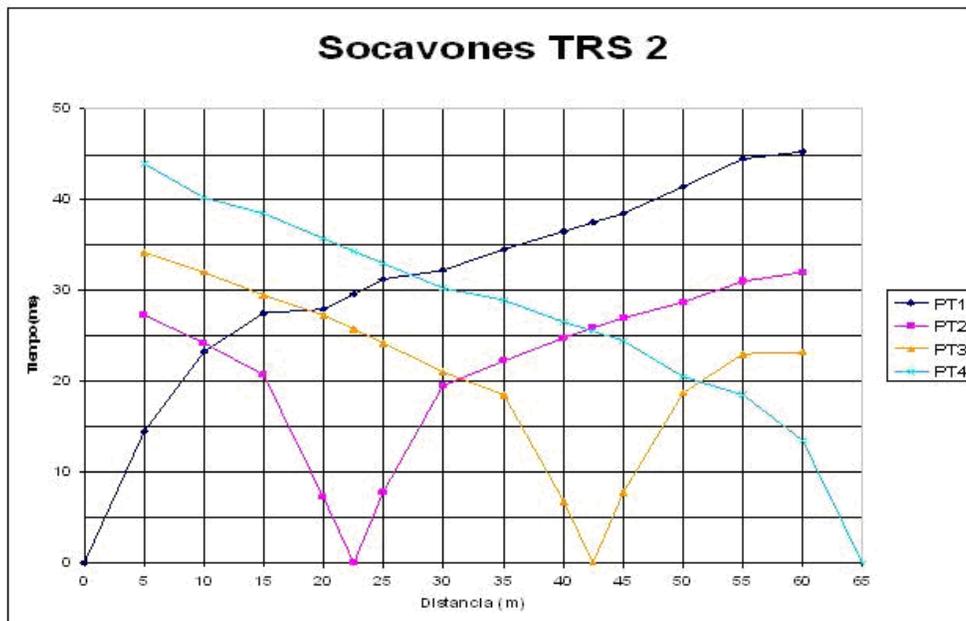


Fotografía 8. Punto de tiro PT3 del tendido 6 realizado en el camino de acceso al empotramiento de la cortina de la margen izquierda

En las figuras. 17, 18 y 19 se muestran las dromocromas de cada tendido TRS, correspondientes a los perfiles geosísmicos obtenidos de cada tendido, con los valores de tiempo y distancia de arribos de las ondas longitudinales o compresionales.

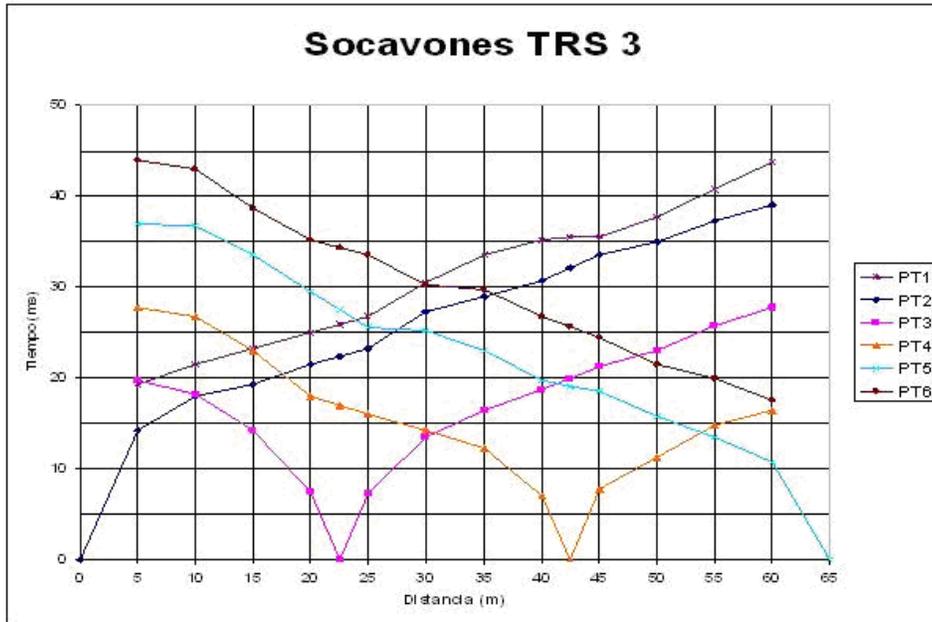


Dromo del TRS 1 P.A. Socavones

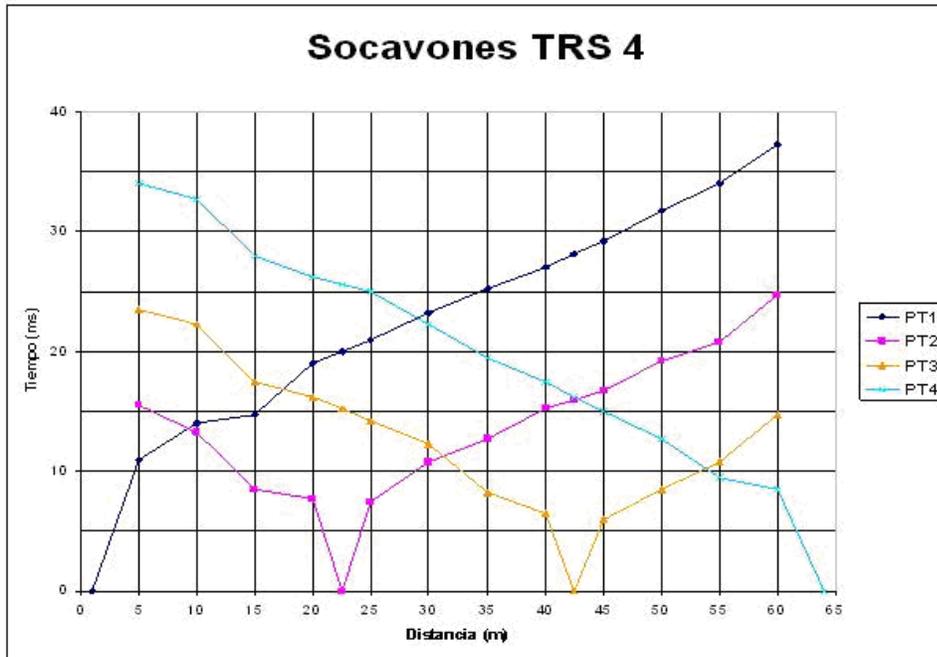


Dromo del TRS 2 P.A. Socavones

Figura. 17

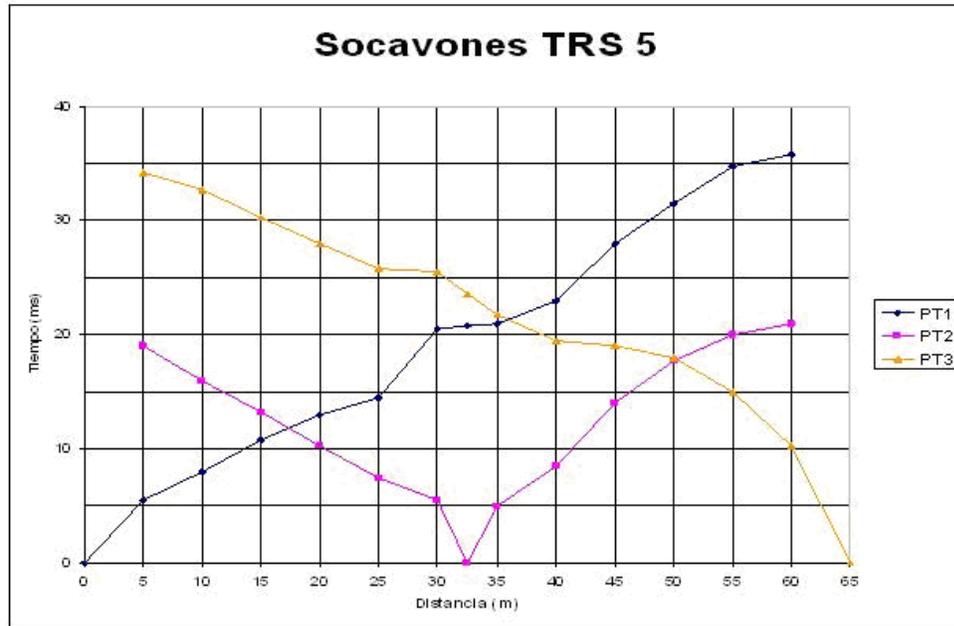


Dromo del TRS 3 P.A. Socavones

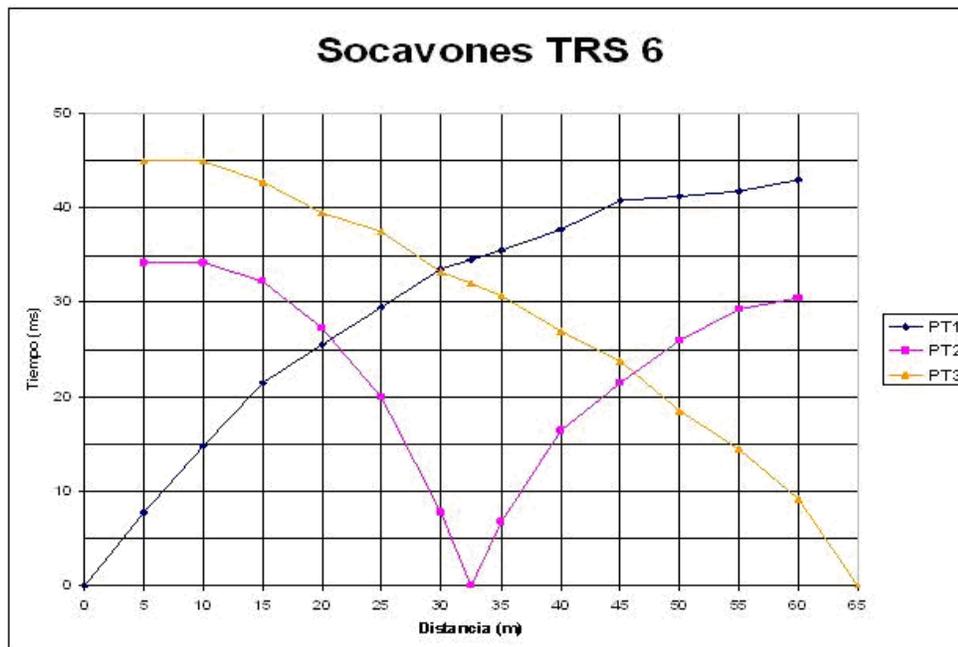


Dromo del TRS 4 P.A. Socavones

Figura. 18



Dromo del TRS 5 P.A. Socavones



Dromo del TRS 6 P.A. Socavones

Figura. 19

4.2 UNIDADES LITOLÓGICAS.

El procesamiento, análisis e interpretación de los valores de velocidad obtenidos durante los trabajos de prospección sísmica realizados con los diferentes tendidos en campo, cuyos valores de velocidad de onda longitudinal se asociaron con las diferentes características de compacidad de los materiales del subsuelo, logrando diferenciar en forma general dos unidades geosísmicas; aunque en el tendido 6 fue posible diferenciar hasta tres unidades. Los resultados se resumen en el cuadro 3 y en los siguientes párrafos se describe la distribución de cada una de las unidades en cada tendido realizado.

UNIDAD GEOSISMICA	VELOCIDAD (Vp) (m/s)	ESPESOR (m)	MATERIAL ASOCIADO
U1	260 – 480	0.5 – 3.8	Material aluvial suelto o suelo y/o roca muy descomprimida
U2	1050 - 1150	2.0 – 4.6	Roca medianamente compacta
U3	1900 - 2200	Mayor de 20	Material aluvial compacto y/o roca brechoide compacta

Cuadro 3. Descripción geomecánica de las Unidades Geosísmicas inferidas de los TRS.

Unidad Geosísmica U1:

La unidad geosísmica U1 corresponde en todos los tendidos con el paquete de materiales más superficiales alterados o sueltos. Esta unidad presenta un intervalo de bajos valores de velocidad de onda longitudinal que varía de 260 a 480 m/s y la distribución y los materiales asociados con esta unidad varían en función de la zona donde se ubicaron, esto es, en el caso de los tendidos 1, 2 y 3 realizados en la zona del cauce aguas abajo de la cortina, la unidad U1 muestra una velocidad promedio de 350 m/s que se asocia con la presencia de material aluvial suelto, el cual es posible observar en el corte realizado para el desplante de la cortina, el mínimo espesor de este material observado en la zona fue de 1.5 m aproximadamente y se obtuvo en el tendido 3 (realizado en forma transversal al eje de la cortina), específicamente en los sitios donde se ubicaron los puntos de tiro PT2 y PT3; fuera de estos puntos, el espesor se mantiene entre 2 y 3 m. En el tendido 4 realizado en una de las orillas del canal de desfogue (aguas arriba de la cortina) se observa mayor variación de las velocidades de esta unidad aún cuando el material asociado es el mismo que en los tendidos anteriores, con un espesor a lo largo del tendido que varía de 1 a 1.5 m, aproximadamente. En los tendidos 5 y 6 realizados en los caminos de acceso a los empotramientos de la cortina en las márgenes derecha e izquierda se presentaron los mayores valores de velocidad de esta unidad y en ambos casos el material asociado con dichos valores es suelo residual o roca de la Fm. Tlayécac muy descomprimida. El espesor en el caso del tendido 5 muestra un delgado estrato de apenas 1 m entre el punto de tiro PT1 y PT2, el cual tiende a aumentar tal como se observa en el perfil geosísmico correspondiente; En el tendido 6, el mayor espesor se obtuvo hacia la zona donde se ubicó el punto de tiro PT1 y tiende a disminuir hacia la zona del punto de tiro PT3.

Unidad Geosísmica U2:

La unidad geosísmica U2 sólo fue posible definirla a lo largo del tendido 6, realizado en el camino de acceso al empotramiento de la cortina en la margen izquierda, el cual muestra un valor promedio de velocidad de onda longitudinal de 1100 m/s, asociado posiblemente con un paquete de cenizas volcánicas o con una roca brechoide alterada y medianamente compacta. El espesor a lo largo del tendido varía de 2 a 5 m tal como se muestra en la figura del perfil geosísmico correspondiente, donde al inicio del tendido y por debajo del punto de tiro PT1 alcanza los 2 m de espesor, mientras que hacia la parte final del tendido (PT3) aumenta dicha profundidad.

Unidad Geosísmica U3:

La unidad geosísmica U3 definida como la más profunda de acuerdo con la longitud de los tendidos realizados, muestra un aumento en los valores de velocidad de onda longitudinal (V_p) los cuales varían de 1900 a 2200 m/s; este intervalo de valores se asocia posiblemente con la presencia del mismo paquete de materiales aluviales solo que mucho más compacto o con la presencia de la roca brechoide, dado que no fue posible encontrar una diferencia notable de comportamiento geosísmico que pudiera delimitar el contacto entre ambos materiales, se considera de acuerdo con la profundidad prospectada que la respuesta sísmica pudiera evidenciar la presencia de la roca a profundidad. Es necesario aclarar que el espesor de esta unidad se limita a la profundidad prospectada ya que su espesor real no se definió al no encontrar un contacto más profundo, por lo que el espesor es mayor a los 20 m.

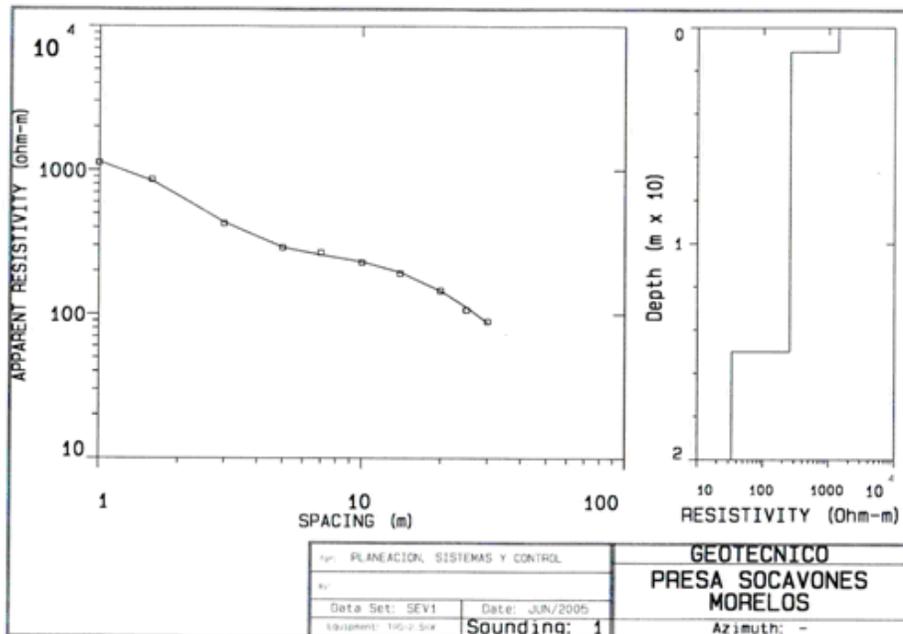
En adición a los métodos geosísmicos descritos anteriormente, y con la finalidad de complementar a los mismos para definir cambios en la composición de los materiales del subsuelo y el posible contacto entre el material aluvial y la roca, se utilizó el método del Sondeo Eléctrico Vertical (SEV), que entre sus variedades tiene el arreglo electródico Wenner o método de los cuatro puntos, para identificar la estratigrafía en función del parámetro de resistividad del medio.

Para obtener la resistividad del terreno se efectuaron dos sondeos, el primero (SEV-1) para obtener las resistividades del aluvión y la roca Fm. Tlayécac en el sitio donde se realizó el tendido 3 de refracción sobre el cauce del río y hacia la margen izquierda, aguas arriba de la cortina, colocando la línea de electrodos con la misma dirección del tendido y ubicando el punto de atribución del SEV a 45 m del eje de la cortina; el segundo se efectuó en el sitio donde se realizó el tendido 5 de refracción tendiendo las líneas de electrodos en la misma dirección del tendido para obtener solo los valores resistivos de la roca de la Fm. Tlayécac y comparar con los del SEV-1.

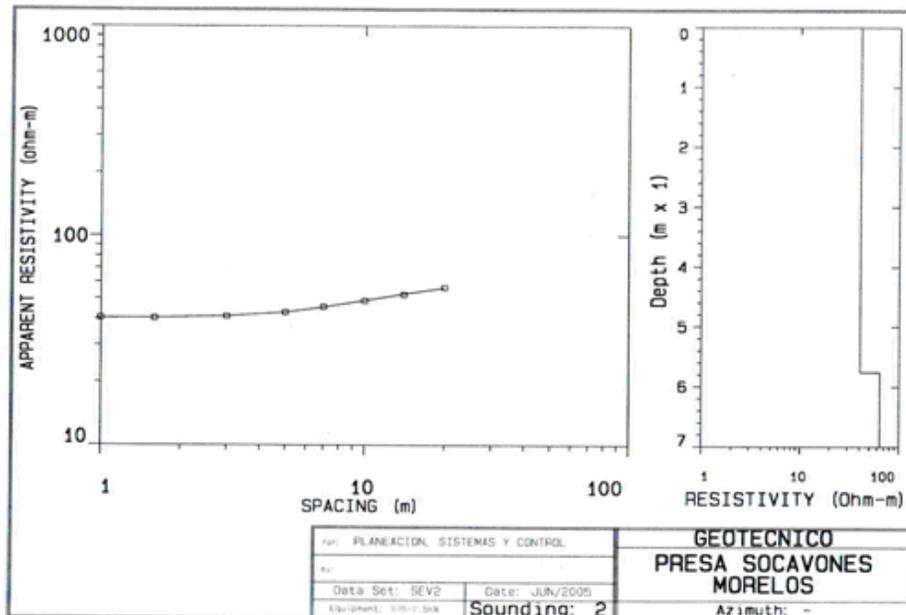
Las aberturas para los electrodos en el SEV-1 fueron de $a = 1, 1.6, 3, 5, 7, 10, 14, 20, 25$ y 30m , por lo que la distancia máxima entre electrodos de corriente (AB) fue de 90 m , permitiendo este arreglo alcanzar una profundidad real de prospección de 30 m ; en el caso del SEV-2, la distancia máxima entre los electrodos de corriente (AB) fue de 60 m alcanzando una profundidad de prospección de 20 m ; en ambos casos esta profundidad es función de la distribución y características de los materiales en el subsuelo y es mayor o muy cercana a la profundidad de investigación deseada.

En las figura 20 se muestran los perfiles geoeléctricos obtenidos de cada SEV, con los valores de resistividad real y los contactos geoeléctricos de cada una de las diferentes capas definidas con este método. Los resultados de las mediciones de resistividad se procesaron e interpretaron asociándose con el diferente

comportamiento geoelectrico existente en el subsuelo.



Perfil geoelectrico obtenido en el SEV 1



Perfil geoelectrico obtenido en el SEV 1

Figura 20.

El procesamiento de la información obtenida en campo de cada uno de los 2 SEVs realizados, permitió asociar los valores resistivos con los diferentes materiales existentes en el subsuelo hasta 30 m de profundidad que fue la máxima profundidad alcanzada con la abertura electródica empleada (AB=90m). El punto de atribución del SEV 1 se ubicó a 45 m aguas abajo de la zona de la cortina lo que permitió tener una mayor abertura electródica y mayor profundidad de prospección, la línea de electrodos se abrió en la misma dirección en la que se realizó el tendido sísmico 3; el punto de atribución del SEV-2 se ubicó en el hombro del talud de la margen derecha (tendido 5) con una abertura electródica de AB=60 m para alcanzar una profundidad de prospección de 20 m.

SEV-1:

Los resultados obtenidos del SEV-1 muestran la existencia de tres unidades geoelectricas mientras que en el SEV-2 solo se definieron dos unidades, en ambos casos se presentan con diferentes intervalos de resistividad de acuerdo con el comportamiento y análisis de la interpretación de las curvas de campo. Los perfiles geoelectricos correspondientes de cada sondeo se muestran en la figura. 21. En el SEV-1 el primer comportamiento geoelectrico corresponde con la parte más superficial, la cual presenta un muy alto valor de resistividad (1385 ohm-m) asociado con el material aluvial de cobertura granular de depósito reciente en estado suelto y seco existente en esta zona, esta capa muestra un espesor delgado de apenas 1 m aproximadamente, subyaciendo a este estrato se observa en el perfil geoelectrico correspondiente un segundo comportamiento geoelectrico con características resistivas diferentes, esto es, el valor de resistividad disminuye considerablemente a 256 ohm-m, por lo que se asocia posiblemente con la presencia del paquete de materiales aluviales, el espesor de este paquete es de aproximadamente 14 m en el sitio donde se ubicó el punto de atribución del SEV

(ubicado sobre el cauce a 45m del eje de la cortina). De acuerdo con la abertura electródica utilizada fue posible definir un tercer comportamiento resistivo con un cambio notable en las características resistivas, en el cual se obtuvo un valor de resistividad de 33 ohm-m asociado posiblemente con la presencia de la roca brechoide, el espesor real de este paquete de materiales no pudo ser definido dado que no se encontró otro contacto con diferentes materiales a mayor profundidad, pero en función de la longitud del SEV este paquete presenta mas de 15 m de espesor.

SEV-2:

Este segundo sondeo eléctrico se efectuó aguas abajo, en el camino de acceso al empotramiento de la cortina en la margen derecha para definir las características resistivas de la roca, por lo que no fue necesario alcanzar una profundidad de prospección tan grande como la del SEV anterior. De acuerdo con los resultados obtenidos en este sitio, se lograron definir dos comportamientos resistivos muy similares entre si que posiblemente se asocian con las características resistivas obtenidas con el paquete de materiales más profundo definido en el SEV-1 asociado con la roca brechoide. En el perfil geoelectrico del SEV-2 se observa hacia la parte superficial un primer comportamiento resistivo en el cual se definió un valor de resistividad de 40 ohm-m asociado con la presencia de la roca brechoide empacada en una matriz limo arcillosa, su espesor es de 6 m aproximadamente, subyaciéndole se observa un segundo comportamiento resistivo con un valor de 63 ohm-m, que presenta características muy homogéneas con respecto al estrato superior y al observado a profundidad en el SEV 1, este último valor de resistividad se asocia también con la presencia de la roca brechoide limosa y su espesor es mayor de 14m.

Exploración geofísica con 2 Sondeos Eléctricos Verticales SEV

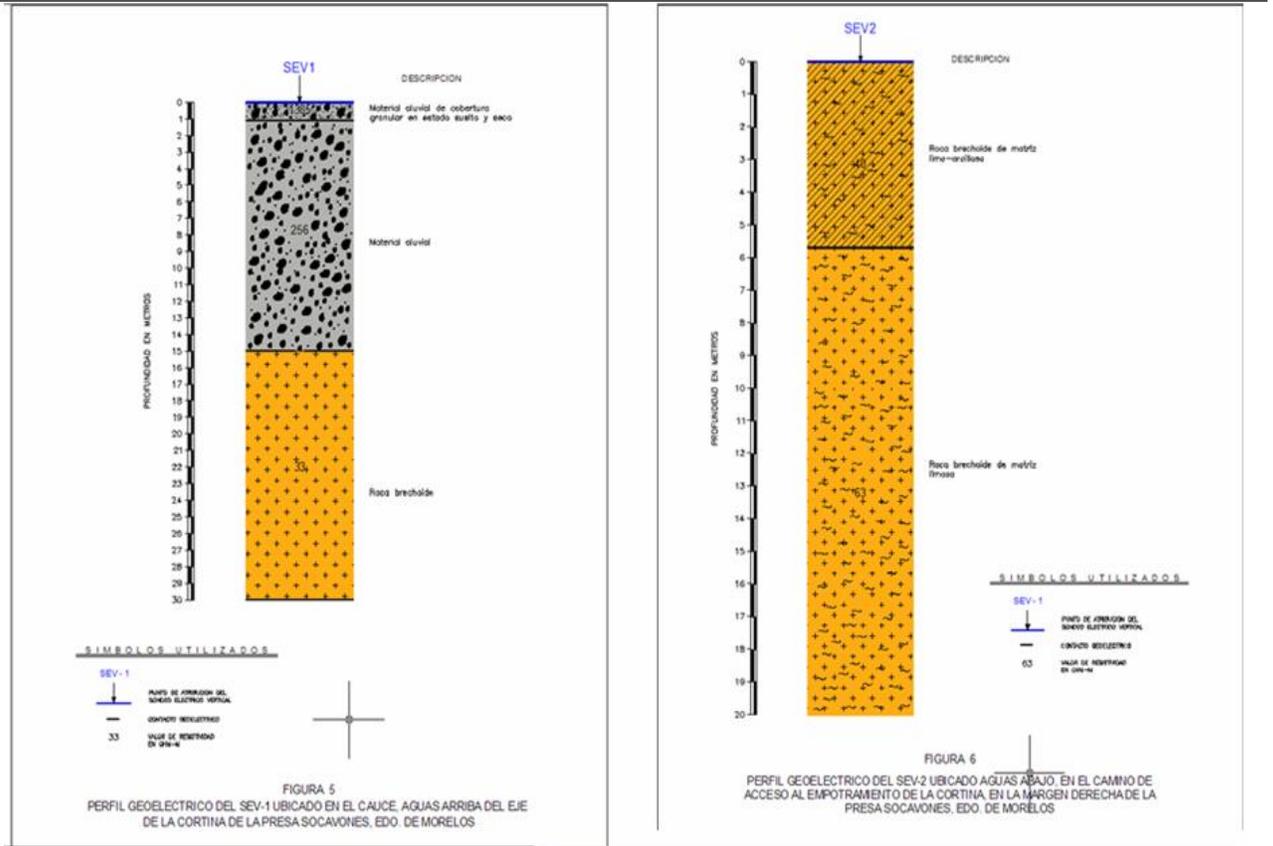


Figura 21. Resultados de los sondeos eléctricos verticales SEV 1 y 2.