

NOTA TECNICA

**CARACTERIZACIÓN GEOSÍSMICA DE UN SECTOR DE TRAZA
DE LA RUTA N° 40. PROVINCIA DE SANTA CRUZ – ARGENTINA.**

Imhof, Armando Luis y Fanton, Gerardo Oscar

Instituto Geofísico Sismológico Volponi
aimhof@unsj.edu.ar , gfanton@unsj-cuim.edu.ar

RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar las distintas calidades de terrenos subyacentes para el proyecto de pavimentación de la Ruta Nacional N° 40, en la provincia de Santa Cruz, se llevaron a cabo tareas de prospección sísmica de refracción. La finalidad que se persiguió fue estudiar el grado de escarificabilidad del subsuelo bajo la traza mencionada, a lo largo de una extensión de 5000 m, comprendidos en dos secciones cercanas entre sí. Esta determinación permite calcular costos de voladuras o escarificables. La zona de estudio se caracteriza por presentar un paisaje típico de estepa patagónica, con presencia de coladas basálticas indicando vulcanismo antiguo. En la superficie se observó suelos aluvionales finos a medios con presencia en ocasiones de orgánicos y además en algunos sitios grandes bloques de basalto. Se realizaron 50 tendidos sísmicos, los cuáles fueron distribuidos a lo largo de la traza en forma continua. En cada uno de los tendidos se efectuaron lecturas de ida, vuelta, desde el punto central hacia los extremos y 2 tiros lejanos; la configuración de geófonos y disparos se determinó en campo en pruebas previas y de acuerdo a la disponibilidad de espacio. En general la longitud de los perfiles estuvo situada entre 25 y 100m y la separación entre geófonos fue de 5m, con objeto de garantizar el detalle de la investigación. La distribución y cantidad de disparos que se utilizó tuvo por objetivo calcular con precisión velocidades aparentes y de esta forma las verdaderas, calcular inclinaciones de refractores, delimitar el refractor profundo con la mayor precisión posible y asegurar una profundidad de investigación de por lo menos 15 metros. En el procesamiento se procedió a la determinación de los primeros arribos; éstos se representaron en función de las distancias mutuas entre geófonos, en la forma habitual de dromocronas para la posterior ayuda a la interpretación. Una vez efectuado el trazado de las dromocronas se determinaron los tiempos interceptados, las distancias críticas y las velocidades aparentes de propagación, calculándose las profundidades, por dos métodos diferentes: Tiempo Interceptado (ITM) y Recíproco Generalizado (GRM). Con este último se calculó la velocidad y profundidad de los refractores bajo cada geófono, extendiéndose las determinaciones de profundidades y velocidades bajo cada punto de disparo a partir del método ITM. La atribución litológica de las formaciones encontradas se definió sobre la base de datos aportados por inspección visual e información geológica disponible de la zona, bastante escasa. Por último, los modelos finales se representaron en forma de perfiles sísmicos, en forma separada y de acuerdo a la progresiva de la traza, con información de las variaciones laterales y en profundidad de la velocidad de onda compresional. Se detectaron en ambos sectores de estudio dos capas bien diferenciadas, tratándose la primera de un nivel delgado de relleno aluvial areno-limoso; y la inferior de roca (basalto) alterada en diverso grado (sector 1); o bien aluvión firme húmedo a saturado (sector 2). La información aportada por la geosísmica con el método de interpretación recíproco generalizado con 5 disparos por perfil demostró ser eficiente para definir con la suficiente confiabilidad y resolución los horizontes presentes bajo la traza de la ruta 40 en las progresivas consideradas. Además la resolución lateral del método mencionado posibilitó detectar con precisión cambios laterales de velocidad y espesor; importantes a la hora de determinar la escarificabilidad.

Palabras clave: Sísmica refracción - escarificabilidad - geófonos - recíproco generalizado- geosísmica

ABSTRACT

With the purpose to characterize underground distinct quality terrain related to pavement project in Ruta Nacional N°40, in Santa Cruz province, there were carried through a seismic refraction survey. The objective pursued was to calculate the rippability of subsoil beneath the road trace along 5000m extension, spanned in two sectors near among them. This determination permitted to assess blasting or ripper. The study area presents a typical steppe patagonian landscape with basaltic formations indicating old volcanism. At surface, fine to medium-coarse alluvial soil was observed detecting on occasions organic material and besides great basaltic rocks spreading somewhere. Fifty seismic arrays were performed, deployed linearly one after the other along the trace. At each one, five records were taken, symmetrically upon the array center. Geophones and shooting points were determined upon prior proofs tests and space availability. Generally array extension ranged among 25m and 100m, being 5m the geophone gap, allowing thus a great survey detail. The amount and distribution of shootings had for objective to calculate with utmost precision apparent velocities and their true ones derived; refractor inclinations and rock basement; assuring at least a 15m depth investigation. At the processing stage, first picking were determined, which were displayed versus geophones distances, i.e. time-distance or 'dromocrone' graphs. After calculating critical distances, apparent velocities, were estimated. Then, two interpretation methods were carried through: Intercept Time Method (ITM); and Generalized Reciprocal Method (GRM). With the latter, true velocities and depths beneath each geophone were calculated, and with the former, beneath each shot-point, extending so the determinations. The correlation with geologic data was performed using visual inspection and very scarce geologic information available. At last, seismic profiles were developed in separate form according to trace outreaching showing lateral and in-depth variations of compression wave velocity. In both survey areas, two well different layers were detected, being the first a thin sand-muddy alluvial fill-up and the inferior, altered rock (basalt) (Zone 1); or compact alluvial terrain, wet to saturated. Information supported by geoseismic refraction method using GRM with 5 emission points defined with confidence and resolution the layers beneath the RN N°40 trace along the sectors considered. Besides, lateral resolution of this method made possible to detect with precision lateral velocity-thickness changes, of utmost importance when determining rippability.

Keywords: Refraction seismics - rippability - geophones - grm - geoseismics

INTRODUCCIÓN

Se sintetizan tareas, resultados y conclusiones del estudio geofísico llevado a cabo sobre un sector de la traza de la Ruta Nacional N°40, en el sector del paraje Bella Vista en la provincia de Santa Cruz. Se efectuó un relevamiento geofísico mediante el tendido de líneas sísmicas de refracción a lo largo de la traza proyectada. El objetivo es la caracterización de las distintas calidades de terrenos subyacentes y establecer el grado de escarificabilidad del subsuelo mediante la aplicación del método geofísico de sísmica de refracción, a lo largo de una extensión de 5000 metros, comprendidos en dos sectores, uno de 3100 metros (Sector 1) y el restante 1900 metros (Sector 2).

METODOLOGÍA

Se realizaron 50 tendidos sísmicos, los cuáles fueron distribuidos a lo largo de la traza en forma continua. En cada uno de los tendidos se efectuaron lecturas de ida, vuelta, desde el punto central hacia los extremos y 2 tiros lejanos; la configuración de geófonos y disparos se determinó en campo en pruebas previas y de acuerdo a la disponibilidad de espacio (Fig. 1). En general la longitud de los perfiles estuvo situada entre 25 y 100 m y la separación entre geófonos fue de 5 m, con objeto de garantizar el detalle de la investigación. La distribución y cantidad de disparos que se utilizó tuvo por objetivo calcular con precisión velocidades aparentes y de esta forma las verdaderas, calcular inclinaciones de refractores, delimitar el refractor profundo con la mayor precisión posible y asegurar una profundidad de investigación de por lo menos 15 metros.

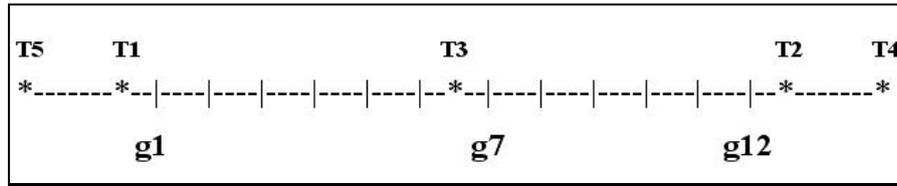


Figura 1. Disposición de los puntos de disparo, offset y geófonos para tendidos sísmicos de 5 tiros.

En el procesamiento se procedió a la determinación de los primeros arribos obtenidos a partir de los registros sísmicos (Fig.2); éstos se representaron en función de las distancias mutuas entre geófonos, en la forma habitual de dromocronas (Fig.3) para la posterior ayuda a la interpretación.

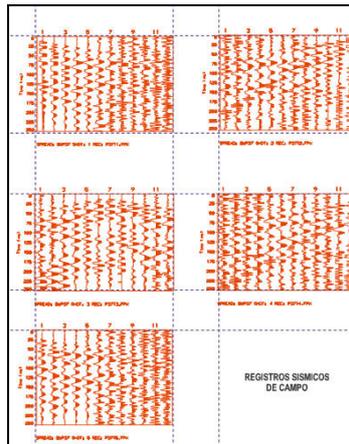


Figura 2. Registros sísmicos perfil típico

Una vez efectuado el trazado de las dromocronas se determinaron los tiempos interceptados, las distancias críticas y las velocidades aparentes de propagación, calculándose las profundidades, por dos métodos diferentes: Tiempo Interceptado (ITM) (Ewing, 1939) y Recíproco Generalizado (GRM) (Palmer, 1980; 1981).

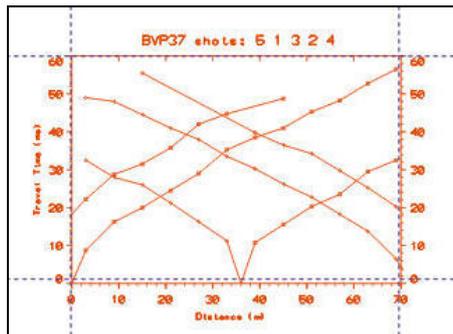


Figura 3. Dromocrona correspondiente a un perfil genérico

Con este último se calculó la velocidad y profundidad de los refractores bajo cada geófono, extendiéndose las determinaciones de profundidades y velocidades bajo cada punto de disparo a partir del método ITM. La atribución litológica de las formaciones encontradas se definió sobre la base de datos aportados por inspección visual e información geológica disponible de la zona, bastante escasa. Es de hacer notar que se tuvo que reinterpretar varias veces los perfiles sísmicos principalmente para estudiar todos los posibles modelos teóricos debido a la presencia de ruidos provocados por el fuerte viento durante gran parte del trabajo de campo.

Por último, los modelos finales se representaron en forma de perfiles sísmicos, en forma separada y de acuerdo a la progresiva de la traza, con información de las variaciones laterales y en profundidad de la velocidad de onda compresional (m/s).

RESULTADOS E INTERPRETACION

Generalidades

La velocidad de transmisión de ondas sísmicas es un buen indicador de las características geotécnicas de los materiales. Son comunes en la bibliografía las tablas de velocidades de los diversos materiales rocosos (e.g. Heiland, 1940; Santamarina, 2000). Sin embargo hay que tener cuidado con estos valores, pues se observarán importantes variaciones en los valores de velocidad por variabilidad de la composición litológica, o de la estructura interna, al porcentaje de poros o vacuolas y a la saturación en agua. Además, a medida que los materiales se degradan y aumenta el grado de alteración, la velocidad tiende a disminuir. Además de proporcionar información sobre la naturaleza del sustrato rocoso y sus cambios laterales, la sísmica de refracción permite estimar aproximadamente el módulo de elasticidad –a partir de fórmulas dinámicas en función de la velocidad de propagación y del coeficiente de Poisson- de las formaciones investigadas, *el grado de fracturación y la ripabilidad o facilidad de excavación.*

Interpretación Cuantitativa

Se detectaron en ambos sector de estudio dos capas bien diferenciadas, la primera se trata de un nivel delgado de relleno aluvial areno-limoso; y la inferior de roca (basalto) alterada en diverso grado (sector 1); o bien aluvión firme húmedo a saturado (sector 2).

Sector 1 (progresivas 4875-1775)

A partir de lo mencionado, fundamentalmente se trataría de dos horizontes bien diferenciados desde el punto de vista geosísmico:

Desde las progresivas 4875 (Perfil 1) hasta 4500 (P4) el espesor de aluvión se mantiene aproximadamente constante en 4 – 4.5 m. De 4500 a 4050 la capa de suelo superficial se torna más delgada, de unos 2 m y con presencia de más finos. Sin embargo la roca subyacente se considera alterada por lo que continua siendo escarificable. A partir de la progresiva 4050 (P9) y hasta 2400 (P25) se vuelve a engrosar la capa superficial manteniéndose aproximadamente constante en unos 4 m. Se detectó roca firme (no escarificable) a unos 6 m de profundidad en el intervalo 2990 – 2930.

Desde progresiva 2400 (P25) hasta 1900 (P30) aproximadamente es la zona donde la roca de apoyo presenta menos alteración (a partir de los 2 m por lo general), y por lo tanto, si bien se mantienen los rangos de escarificabilidad, *la misma debe ser hecha con la mayor precaución.* Esta salvedad es crítica en el sector del P29 (progresiva 2030 – 1975), donde se detectó roca con poca alteración a unos 7 m de profundidad.

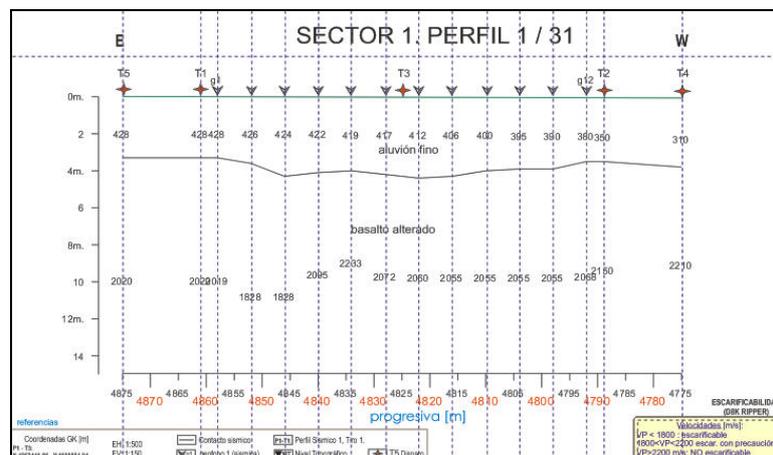


Figura 4. Perfil geosísmico típico correspondiente al Sector 1 de la traza.

Sector 2 (progresivas 80850 - 79050)

Se aprecia presencia de dos horizontes netamente diferenciados, constituyendo el superior en arena fina con escaso contenido de limos, y la subyacente aluvión compacto con humedad. Cabe destacar que en la capa inferior existe probable presencia de rocas de regular tamaño intercaladas en el aluvión compacto. No se advierte presencia de roca firme ni alterada (afloramiento); al menos hasta aproximadamente 15 m de profundidad. Excepto por el P1 (progresivas 80850-80750) y los P4 a P6 (progresivas 80530-80300) donde la primera capa presenta espesor de unos 2 m; los demás alcanzan entre 4 y 6 m-

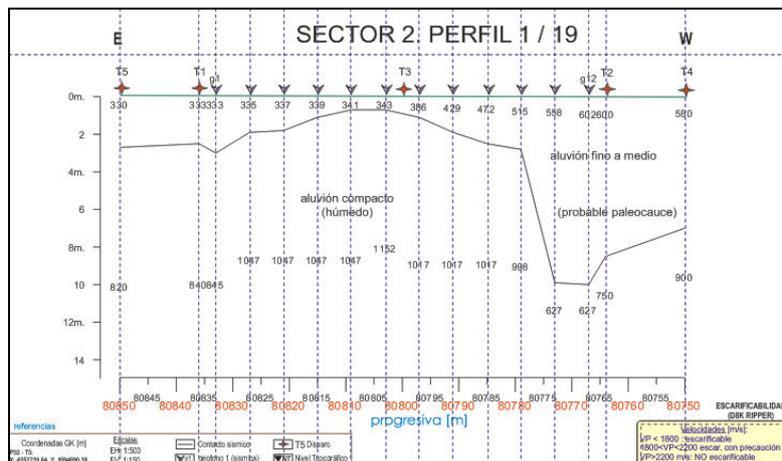


Figura 5. Perfil geosísmico correspondiente al Sector2 de la traza.

CONCLUSIONES

La información aportada por la geosísmica con el método de interpretación recíproco generalizado con 5 disparos por perfil demostró ser eficiente para definir con la suficiente confiabilidad y resolución los horizontes presentes bajo la traza de la ruta 40 en las progresivas consideradas. Además la resolución lateral del método mencionado posibilitó detectar con precisión cambios laterales de velocidad y espesor; importantes a la hora de determinar la escarificabilidad. Por último cabe asegurar que, entre las diferentes modalidades de métodos de refracción, la presente es la más exacta que se conoce para resolver este tipo de problemas.

REFERENCIAS

- Ewing M., Woollard G.P. and Vine A.C., 1939. Geophysical investigations in the emerged and submerged Atlantic coastal plain. Part 3: Barnegat Bay, New Jersey section. GSA Bulletin 50, 257-296.
- Heiland, C.A. 1940 Geophysical Exploration. Prentice Hall. NY.
- Palmer D., 1980. The Generalized Reciprocal Method of Seismic Refraction Interpretation. Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, OK.
- Palmer, D., 1981. An Introduction to the generalized reciprocal method of seismic refraction interpretation, Geophysics 46, 1508-1518.
- Santamarina, J.C.; Klein, K.A. & Fam, M.A. 2001 'Soils and Waves'. Wiley & Sons. Ltd. England.