

GOBIERNO PROVINCIAL DEL GUAYAS

ESTUDIO GEOFISICO

CONSULTORA: INMOBILIARIA JOALPA S.A.

CONTRATO No. S-CON-26-2022-X-0

OBJETO DEL CONTRATO:

**ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA
REHABILITACION DE LA VIA CONEXIÓN E30 -
PEDRO VÉLEZ - CARLOS JULIO AROSEMENA,
UBICADA EN EL CANTÓN EL EMPALME DE LA
PROVINCIA DEL GUAYAS.**

GUAYAQUIL, JULIO DE 2022.

Contenido

1. GENERALIDADES	3
1.1 INTRODUCCIÓN. -	3
2. RELEVANCIA DE LAS MEDICIONES GEOFISICAS	4
3. FUNDAMENTOS PARA LA DETERMINACION DEL PERIFIL DE Vs	5
4. PROCEDIMIENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA CURVA DE DISPERSIÓN	5
5. EQUIPO UTILIZADO	5
6. UBICACIÓN DEL SONDEO DE PROSPECCION GEOFISICA	6
7. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	9
8. CONCLUSIONES	8

1. GENERALIDADES

La infraestructura de transporte vial es uno de los aspectos esenciales para el desarrollo económico del País, ya que constituye el medio de movilización de las personas, bienes de consumo, productos industriales, productos agrícolas, etc. de un territorio o región determinada.

Debido a lo antes mencionado, La Prefectura del Guayas contempla la rehabilitación de vías de segundo y tercer orden, ubicadas hacia el interior de su territorio, con el fin de mejorar los tiempos de traslado e incorporar más sitios y población al desarrollo productivo turístico y agropecuario, mediante el mejoramiento y asfaltado de las vías.

El proyecto de estudio actualmente cuenta con una circulación de doble sentido sin restricción alguna, está ubicado en el cantón El Empalme, cerca del límite provincial de Guayas con Manabí, el trazado inicia en la conexión con el eje estatal E30 y transcurre hasta llegar a la población de Carlos Julio Arosemena, pasando por la población de Pedro Vélez.

La conectividad está afectada por una red vial deficiente bajo las siguientes variables:

- El pavimento de la vía actualmente se encuentra muy deteriorado
- Limitado el tránsito de los pobladores que necesitan realizar sus actividades económicas y afecta el desarrollo económico y social del sector

En la Figura 1 se muestra el trazado del proyecto

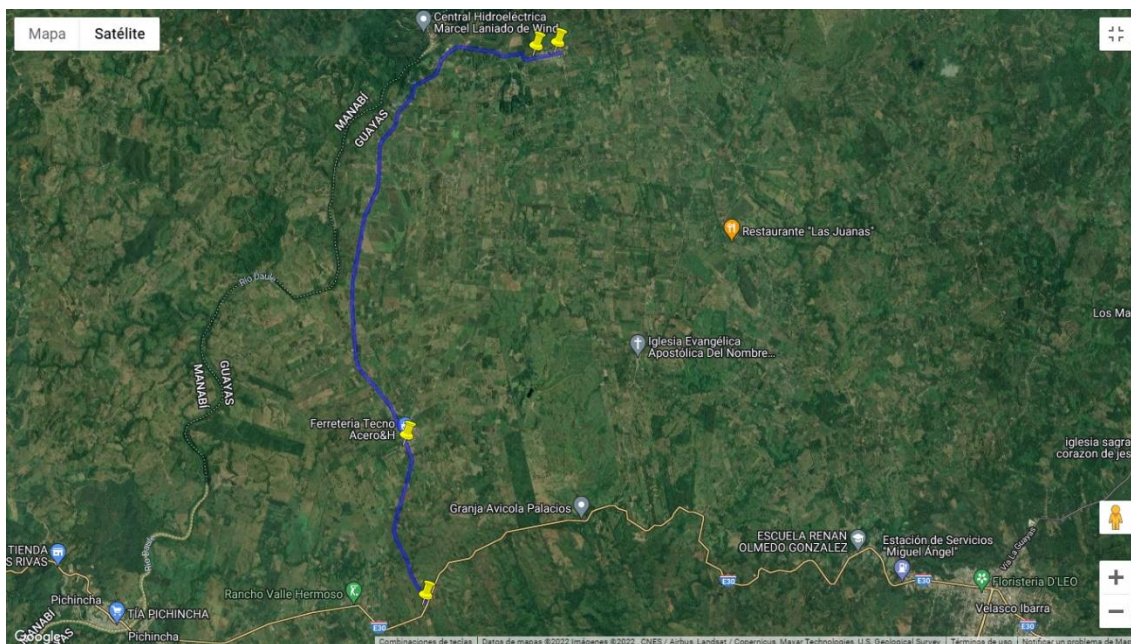


Figura 1. Ubicación del área de estudio Fuente : Equipo Técnico

El proyecto se encuentra delimitado bajo las siguientes coordenadas:

Punto	Coordenada Este	Coordenada Oeste
P1	638580.734 m E	9884421.546 m S
P2	641807.363 m E	9897044.549 m S

Actualmente la vía cuenta con las siguientes características:

- Un carril por sentido
- Los carriles tienen dimensiones variables
- No cuenta con cunetas ni bordillos
- Su capa de rodadura se encuentra en pésimo estado, su grado de deterioro es muy alto de tal manera que en ciertas zonas no se observa presencia de asfalto

El proyecto se encuentra contemplado en aproximadamente 16,79 km, iniciando desde la intersección con la vía estatal E30 hasta llegar a la población de Carlos Julio Arosemena, a lo largo del trazado se evidencian dos cruces de agua importantes, uno donde actualmente existe un puente y otro donde se evidencia un sistema de alcantarillas dobles, se debe indicar que de acuerdo con el estudio hidráulico este último se deberá remplazar por un puente nuevo.

Por lo expuesto para identificar la rigidez de los materiales en profundidad se ha previsto la ejecución de 1 medición de las velocidades de ondas de corte por cada puente y de esta manera corroborar la profundidad del estrato resistente.

Objetivos. -

Realizar una prospección geofísica que permita la obtención del perfil de velocidades de las ondas de corte (V_s) empleando la técnica f-k fuente activa y pasiva mediante la medición de vibraciones ambientales (microtremores).

Alcances. -

Presentar los resultados de los ensayos geofísicos realizados en el proyecto.

2. RELEVANCIA DE LAS MEDICIONES GEOFISICAS

Gracias a la evolución de los métodos de exploración geofísica en la actualidad es posible clasificar el perfil de suelo de determinado sitio con base en su perfil de velocidades de onda de corte. Las normativas internacionales así como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15) poseen rangos para los valores de V_{s30} (Velocidad de onda de corte en los 30 m más superficiales) a partir de los cuales se categoriza y clasifica el perfil de suelo.

La velocidad de onda de corte (V_s) se asocia directamente a la rigidez del suelo, por lo que este parámetro resulta muy útil como información geotécnica orientada al diseño de cimentaciones.

Hoy en día existen diversas técnicas para estimar V_s entre las cuales pueden mencionarse los ensayos downhole y crosshole que se denominan invasivos debido a que requieren la ejecución de una y dos perforaciones, respectivamente. Sin embargo, también se puede realizar sondeos no invasivos que se basan en la medición e interpretación de las ondas sísmicas a nivel de la superficie del terreno. Este último tipo de sondeos son los más utilizados en la práctica profesional ya que requieren una menor cantidad de trabajo e inversión económica para determinar el valor de V_s .

3. FUNDAMENTOS PARA LA DETERMINACION DEL PERIFIL DE V_s

Dada la complejidad de realizar mediciones directas para obtener el valor de velocidad de onda de corte en suelo se desarrollaron procedimientos geofísicos para conseguir un valor estimado de dicha velocidad, a través de la curva de dispersión de ondas superficiales.

La dispersión de ondas superficiales representa el cambio de la velocidad de propagación asociado a la frecuencia y longitud de onda. La dispersión de las ondas superficiales puede ser representada en un gráfico de frecuencia-velocidad de fase ($f-k$) mediante el cual es posible identificar el modo fundamental de vibración y modos superiores.

Finalmente, mediante un procedimiento de inversión de las curvas de dispersión, se logra determinar un perfil unidimensional de la velocidad de onda de corte (V_s).

4. PROCEDIMIENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA CURVA DE DISPERSIÓN

Se utiliza sísmica de micro-temblores para la medición de ondas superficiales tipo Rayleigh. Para estas mediciones se puede aprovechar el ruido ambiente (fuente pasiva), o usar una fuente activa (por ejemplo golpes con un martillo de peso considerable). Entre los métodos empleados para procedimientos activos se tiene el análisis espectral de las ondas de corte (SASW) y el análisis multi-canal de ondas superficiales (MASW) y para el caso de fuente pasiva, se suelen utilizar como métodos: SPAC, ESAC y $f-k$.

La combinación entre los métodos pasivo y activo permite conformar la curva de dispersión del perfil del suelo mediante la cual, a partir de un procedimiento de inversión, se consigue obtener un perfil 1D de la V_s del suelo.

5. EQUIPO UTILIZADO

Para la adquisición de la data se emplearon los siguientes equipos:

- Sismógrafo de 24 canales.
- Cable principal de 115 m.
- Geófonos de 4.5 Hz
- Laptop.
- Martillo de 12 libras.
- Cinta métrica.

6. UBICACIÓN DEL SONDEO DE PROSPECCION GEOFISICA

Se realizó un ensayo por puente, el arreglo lineal quedó completamente definido por la separación entre geófonos y la distancia de impacto (ubicación del golpe donde se genera la fuente activa) al último geófono.

En función de dicho espaciamiento, así como de la distancia de, se pueden explorar distintos rangos de frecuencias (longitudes de onda) y con ello generar una descripción más completa del perfil de velocidades. Mayores longitudes de ondas permiten explorar satisfactoriamente frecuencias más bajas y por lo tanto los estratos de suelo más profundos. A la inversa, menores longitudes de ondas se asocian a frecuencias mayores y por lo tanto a los estratos de suelo más superficiales.

Dadas las condiciones del sitio se conformaron los siguientes arreglos:

PUENTE EXISTENTE: 1 arreglo lineal, de 96 metros (geófonos separados cada 4m) el cual se realizó en sentido perpendicular al puente existente. En la Tabla 1 se presentan las coordenadas de ubicación del ensayo realizado y en la Figura 2 se puede apreciar de forma gráfica dicha ubicación.

En la Figura 2 también es posible observar la ubicación propuesta para las perforaciones consideradas como parte del estudio geotécnico de este puente.

Tabla 1. Ubicación del ensayo geofísico

Extremo	Coordenada Este [m]	Coordenada Norte [m]
Inicio	638073	9885583
Fin	638109	9885488

Tabla 2. Ubicación de perforaciones

Perforacion	Coordenada Este [m]	Coordenada Norte [m]
P-3	638112	9885485
P-4	638112	9885427

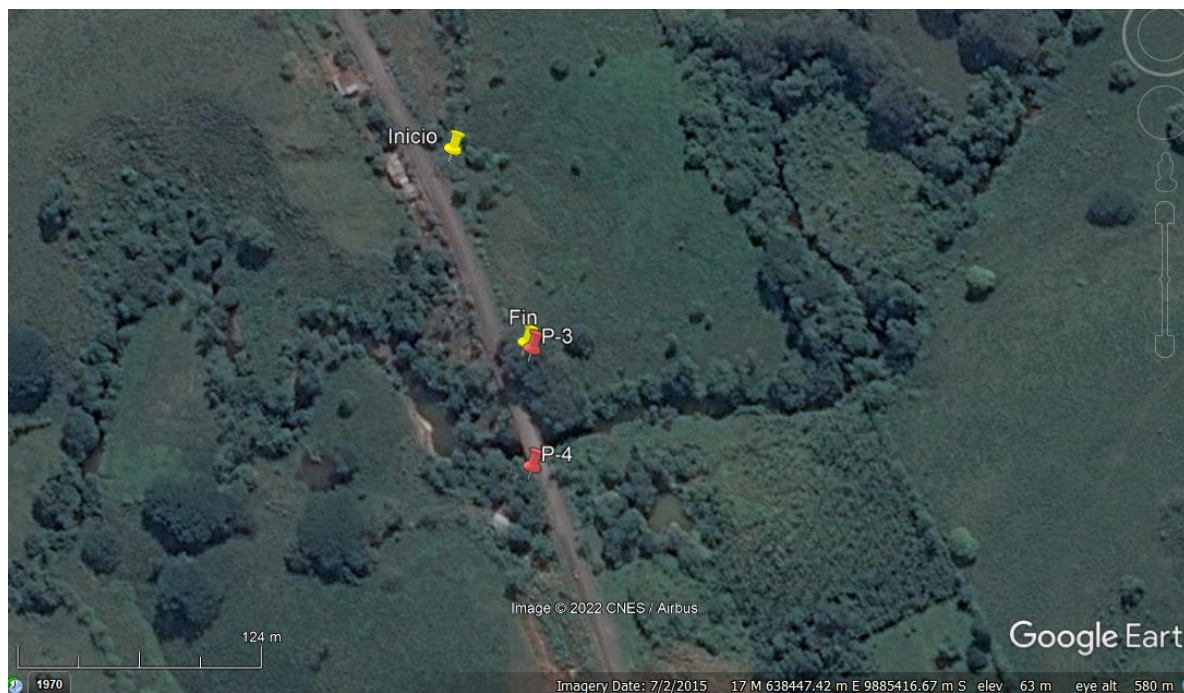


Figura 2._ Ubicación de la campaña de exploración en el Puente Existente

En la Foto 1 es posible apreciar una vista general del tendido ejecutado.



Foto 1. Arreglo geofísico Puente existente

NUEVO PUENTE (ALCANTARILLAS DOBLES EXISTENTES): 1 arreglo lineal, de 69 metros (geófonos separados cada 3m) el cual se realizó en sentido perpendicular a las alcantarillas existentes. En la Tabla 3 se presentan las coordenadas de ubicación del ensayo realizado y en la Figura 3 se puede apreciar de forma gráfica dicha ubicación.

En la Figura 3 también es posible observar la ubicación propuesta para las perforaciones consideradas como parte del estudio geotécnico del nuevo puente.

Tabla 3. Ubicación del ensayo geofísico

Extremo	Coordenada Este [m]	Coordenada Norte [m]
Inicio	637889	9888648
Fin	637910	9888581

Tabla 4. Ubicación de perforaciones

Perforacion	Coordenada Este [m]	Coordenada Norte [m]
P-1	637921	9888558
P-2	637896	9888579



Figura 3._ Ubicación de la campaña de exploración en el Puente Nuevo

Empleando la misma dirección del tendido se adquirió más data reduciendo el espaciamiento entre geófonos a la mitad. La intención de este achique en la distancia entre geófonos fue recabar la mayor cantidad de información para así lograr una interpretación más robusta.



Foto 2. Arreglo geofísico Puente nuevo

7. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se siguió el enfoque del análisis en frecuencia-número de onda o F-k (Lacoss et al. 1969, Kværna y Ringdahl 1986) para los ensayos activos lineales.

El análisis en el dominio f-k permite construir un espectro de amplitudes de las respuestas del arreglo estudiado, y definir a partir de él la curva de dispersión para cada combinación de frecuencia y velocidad de fase. De la inversión de la curva de dispersión, se puede obtener una estimación del modelo de velocidad de onda de corte superficial de las capas más superficiales.

El método ESPAC es una metodología derivada del método SPAC, y permite la ejecución de ensayos pasivos por medio del uso de arreglos lineales. Al igual que el f-k, el ESPAC permite definir la curva de dispersión para cada combinación de frecuencia y velocidad de fase. Su mayor ventaja es que puede ser usada en lugares donde no es factible desplegar un arreglo bidimensional por restricciones de espacio.

En la Figura 5 se presenta la curva de dispersión empírica que corresponde a la interpretación de los ensayos activos y pasivos para el puente existente.

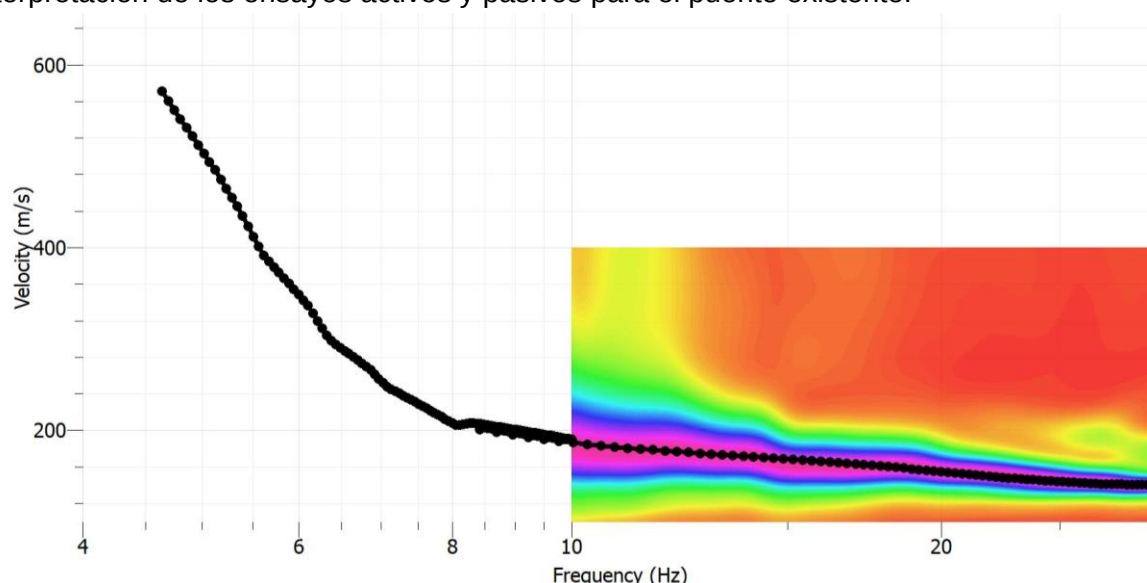


Figura 4. Curva de dispersión empírica, ensayos activos y pasivos puente nuevo

En la Figura 5 se presenta la curva de dispersión empírica que corresponde a la interpretación de los ensayos activos y pasivos para el nuevo puente

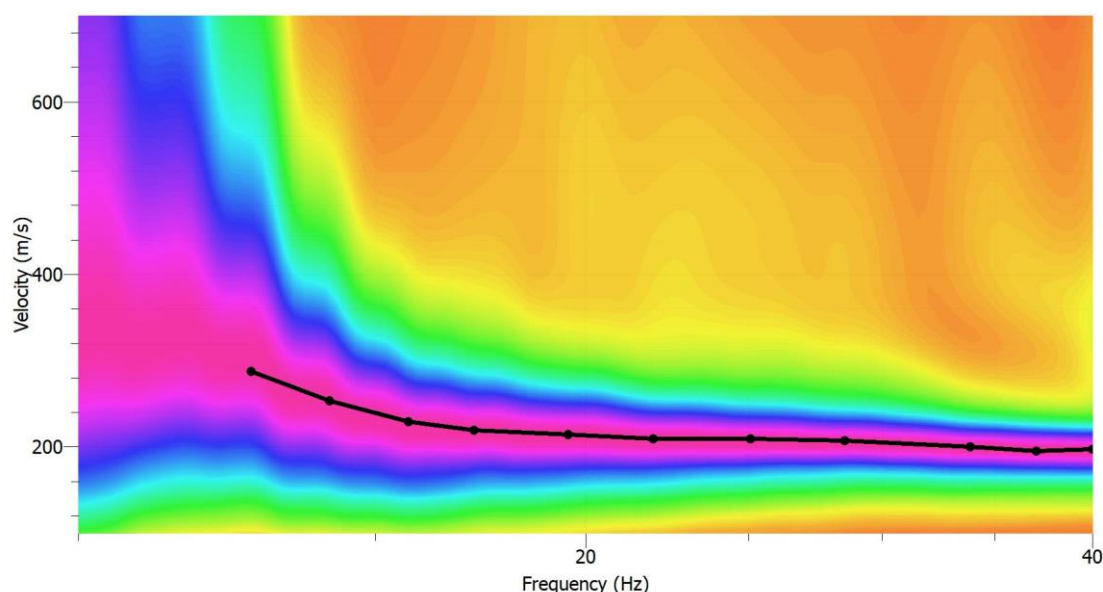


Figura 5. Curva de dispersión empírica, ensayos activos y pasivos puente nuevo

Finalmente, como se ha mencionado anteriormente, se realizó una inversión para generar un modelo que sea compatible con las observaciones en terreno y reflejadas a través de las curvas de dispersión o autocorrelación. Mediante un proceso iterativo empleando el método de Whatelet (2004) basado en el algoritmo del vecino, se obtiene un perfil 1D de ondas de corte, sin embargo, no se genera una solución única, sino que con distintos niveles de “Misfit” o desajuste con respecto a los datos empíricos.

En el apartado 3.2.1 de la norma NEC-SE-DS se puede encontrar la clasificación de los seis tipos de suelos caracterizados por el parámetro V_{s30} , que representa a la velocidad de onda de corte en los primeros 30 m.

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

Donde h_i es el espesor y V_i es la velocidad de las ondas S de la i capa y N el número total de capas.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

PUENTE EXISTENTE

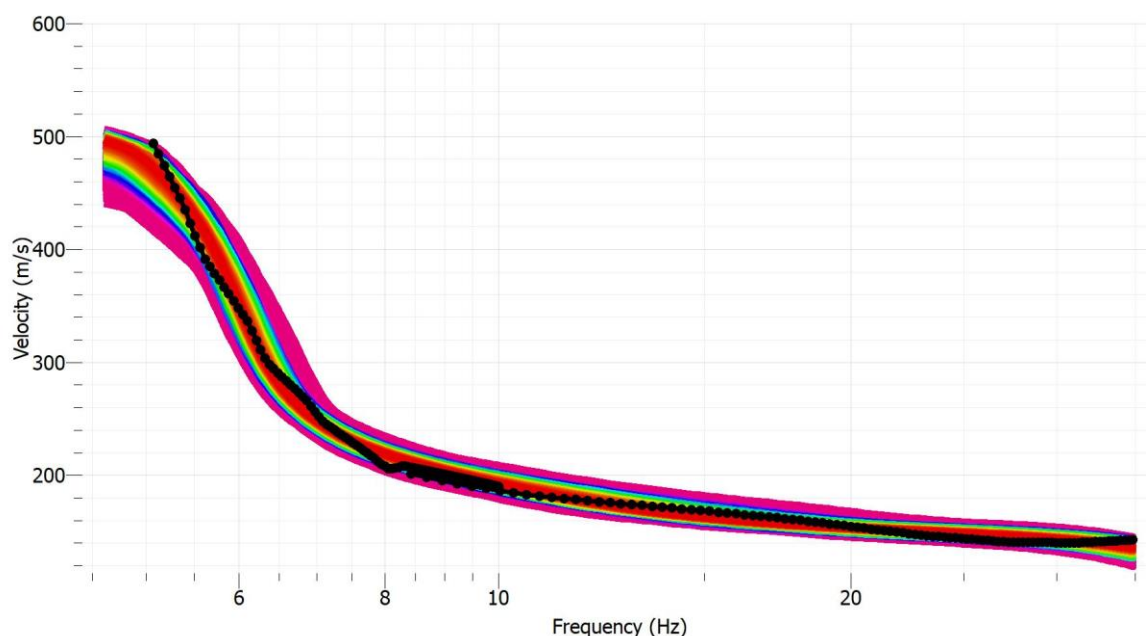


Figura 6. Obtención de curva de dispersión teórica

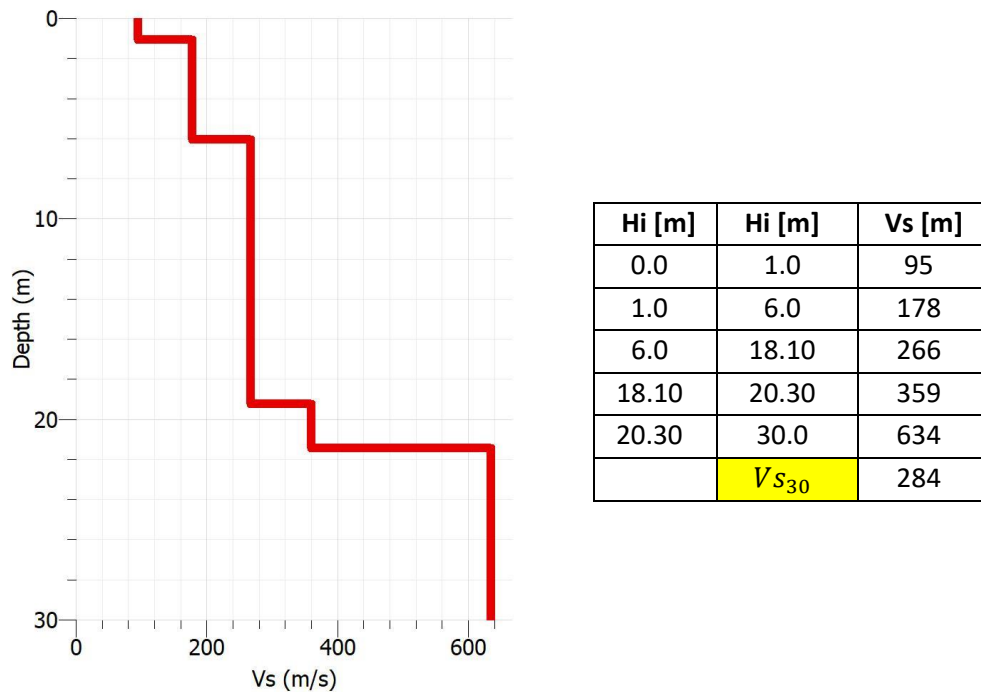


Figura 7. Obtención de perfil de velocidades de las ondas de corte

PUENTE NUEVO

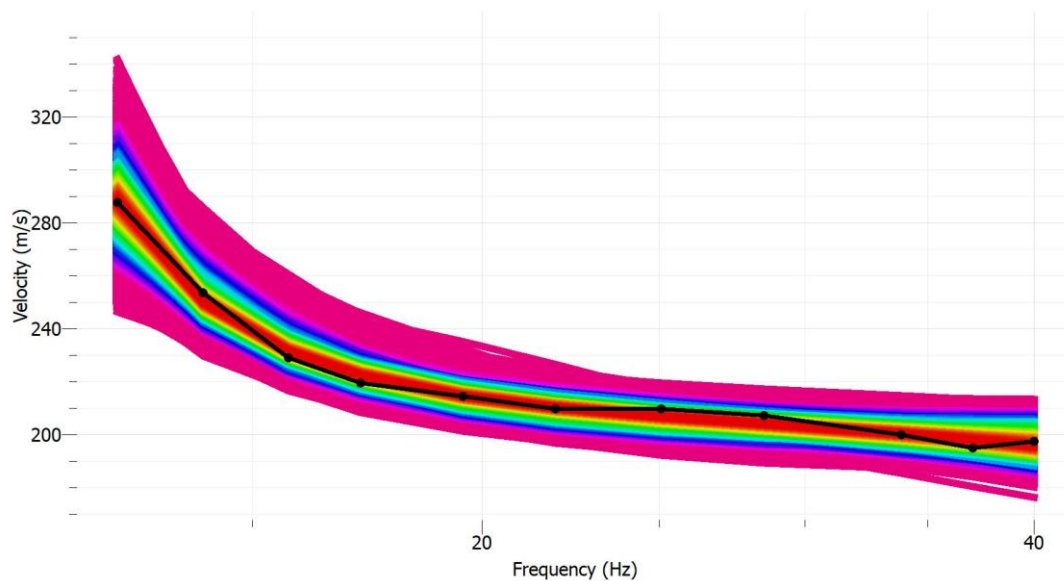


Figura 8. Obtención de curva de dispersión teórica

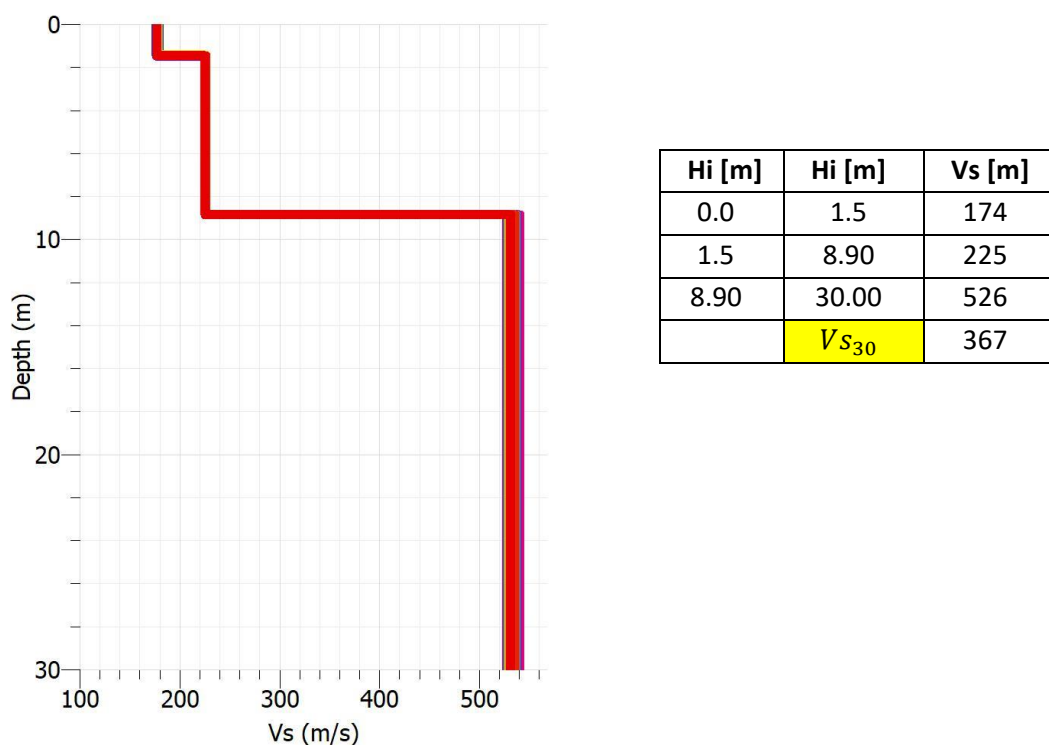


Figura 9. Obtención de perfil de velocidades de las ondas de corte

8. CONCLUSIONES

- El perfil de Vs obtenido es consistente con los esperado para la zona, dado los antecedentes geológicos del sector.
- Considerando la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS), el valor del parámetro que permite la clasificación del tipo de perfil del suelo es igual a 284 m/s para el puente existente y 367 para el puente nuevo
- El valor de V_{s30} para el puente existente suelo tipo D (para el cual $180m/s \leq Vs \leq 360m/s$), por lo que se recomienda en principio clasificar al suelo como un perfil tipo D.
- El valor de V_{s30} para el puente existente suelo tipo C (para el cual $360m/s \leq Vs \leq 760m/s$), por lo que se recomienda en principio clasificar al suelo como un perfil tipo C.

Guayaquil, Julio de 2022.

Atentamente,

**ING. DANILO DAVILA G.
GEOTECNIA Y PAVIMENTOS**