

ESTUDIO GEOFÍSICO DE GPR PARA LA UBICACIÓN DE TUBERÍAS DE GAS Y AGUA

MANUEL ALONSO^{1,a}, NOEL CRASTO^{1,b}, FREDDY RONDÓN^{1,c}, MARÍA SAAVEDRA¹, SIREL COLÓN²

¹Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), Dpto. de Geofísica, Caracas, Venezuela.

²Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), Dpto. de Geología de Terremotos, Caracas, Venezuela.

e-mail:^amanuelalonso2305@gmail.com; ^bnoelcrasto8@gmail.com; ^cfjrondon369@gmail.com

Recibido: marzo de 2021

Aprobado para publicación: mayo de 2021

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en las inmediaciones del Hospital Dr. Domingo Luciani, ubicado en El Llanito, Estado Miranda, Venezuela. El objetivo general del estudio geofísico consistió en detectar la ubicación de las tuberías de agua y gas en un sector de 580 m². Para esto se utilizó la técnica del radar de penetración de suelos (GPR), el cual es un método geofísico no invasivo que utiliza señales electromagnéticas como fuente, con el fin de generar radargramas en los que se pueden detectar objetos enterrados, como tuberías. Durante la adquisición se realizaron 4 perfiles longitudinales y 5 transversales con antenas de 80 y 200 MHz. Como resultado, se pudo comprobar la presencia de una tubería de agua que coincide con las indicaciones de los operadores de Hidrocapital al Este del área de estudio. Además de esta, se pudo interpretar la presencia de otras dos posibles tuberías de gas o agua en el extremo Oeste y en la zona central del área de estudio. Finalmente, se pudieron delimitar las zonas con menor riesgo de impactar alguna tubería durante la perforación del pozo.

Palabras claves: Geofísica, electromagnéticos, radar de penetración de suelos, radargrama, GPR.

GEOPHYSICAL STUDY OF GPR FOR THE LOCATION OF WATER AND GAS PIPES

ABSTRACT

This work was made at the environs of the Dr. Domingo Luciani Hospital, located at El Llanito, Miranda State, Venezuela. The general objective of the geophysical study was to detect the location of water and gas pipes in an area of 580 m². For this research, the technique of ground penetrating radar (GPR) was used, which is a non-invasive geophysical method that uses electromagnetic signals as a source, in order to generate radargrams in which buried objects, such as pipelines, can be detected. During acquisition 4 longitudinal profiles and 5 transversal profiles were made with 80 and 200 MHz antennas. As a result, it was possible to verify the presence of a water pipeline that coincides with the indications of the Hidrocapital operators to the east of the study area. In addition to this, it was possible to interpret the existence of two other possible gas or water pipelines at the extreme west and at the central zone of the study area. Finally, it was possible to outline the areas with the lowest risk of impacting a pipe during the drilling of the well.

Keywords: Geophysics, electromagnetics, ground penetrating radar, radargram, GPR.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realizó en las inmediaciones del Hospital Dr. Domingo Luciani por parte de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), para determinar la localización de tuberías de gas y agua que podrían estar ubicados en una parcela no pavimentada localizada al Este del edificio principal del hospital, cercana a la salida vehicular (Figura 1). Esta problemática surge de la necesidad de realizar la perforación de un pozo para la extracción de agua subterránea de un acuífero ya identificado por parte del Hospital. No obstante, la ausencia de planos de tuberías hace que el riesgo de perforar una tubería en el momento de la instalación del pozo sea muy, siendo la tubería de gas la mayor preocupación al momento de la perforación por posible explosión. En este sentido, los departamentos de Geofísica y Geología de Terremotos de FUNVISIS realizaron una adquisición de Geo-radar (GPR),

con la finalidad de determinar la ubicación de las tuberías adyacentes a la zona donde se encuentra el acuífero y así indicar las áreas propicias para la perforación de un pozo.

El radar de penetración de suelos (GPR por sus siglas en inglés *Ground Penetrating Radar*), fue el equipo geofísico utilizado para este trabajo, debido a que es un método no invasivo de rápida respuesta (Jol, 2009). Este emite señales electromagnéticas para generar radargramas en los que se pueden detectar objetos enterrados, como tuberías.

La eficiencia de esta técnica para la caracterización del subsuelo, ha sido demostrada en estudios como Pérez y Vilorio (2013) en la identificación de tuberías y contaminantes en las inmediaciones de la construcción de línea 5 del metro de Caracas, y Jalil et al. (2019), quienes evidencian la capacidad resolutoria de los registros electromagnéticos en tuberías de diferentes materiales.



Figura 1. Vista de la zona de estudio en las inmediaciones del hospital Dr. Domingo Luciani, (Google Earth 2019).

El objetivo general del estudio geofísico consistió en detectar la ubicación de las tuberías de agua y gas en un área de aproximadamente 580 m², ubicado en las inmediaciones del hospital con el fin de descartar su presencia en el sitio previsto para realizar una perforación para instalar un pozo de agua. El estudio permitió comprobar la presencia de diferentes tuberías, cuya localización permitió la identificación de las zonas más seguras para las futuras labores de perforación de un pozo.

FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

El radar de penetración de suelos (GPR) emite una señal electromagnética a través del subsuelo a una velocidad dependiente de las propiedades eléctricas del suelo (Davis y Annan, 1989). Cuando el impulso electromagnético emitido por la antena emisora alcanza interfaces con diferencias en las constantes dieléctricas al medio que lo rodea se produce una fracción de la energía que posteriormente es detectado por una antena receptora (Galvis, 2011).

Los resultados son representados mediante perfiles distancia-tiempo o distancia-profundidad, en donde, de forma análoga a una sísmica de reflexión, se podrán identificar los elementos anómalos de interés.

La metodología empleada, consistió en una etapa previa a la adquisición de los datos, en donde se realizó la observación de las dimensiones del área de estudio mediante, observación directa y sistemas de información geográficos (SIG). Debido a la ausencia de planos o croquis del lugar de estudio, la inspección de campo fue

fundamental en la identificación de elementos de interés y el diseño de la adquisición.

Para la etapa de adquisición se utilizó un equipo GPR, con antenas RIS One & RIS Plus (Radares de Investigación de Suelos) de la marca IDS (Ingeniería Dei Sistemi). Se usaron antenas de 80 y 200 MHz para evaluar la respuesta ante diferentes escalas de resolución. Durante la adquisición se utilizó el software de K2FastWave v02.00.006 (IDS, 2009).

El diseño de la adquisición constó de 9 perfiles dispuestos en forma de mallado, 4 longitudinales y 5 transversales, con un espaciamiento de 5 m entre ellos y longitudes que varían desde 19 a 25 m. Adicionalmente, se realizaron 3 perfiles en zonas adyacentes, de manera de contar con puntos de control al momento de realizar las interpretaciones (Figura 2).

Luego de la etapa de adquisición, se procedió a la conversión y procesamiento de datos para la visualización de estos. Para incrementar la calidad de los radargramas se aplicó una secuencia de procesamiento basada en, corrección de tiempo, eliminación del ruido de fondo, filtros pasabanda y ganancia. Dichas operaciones se llevaron a cabo mediante el software GresWin2 (módulo de software de IDS) (IDS, 2003).

Es importante mencionar que, durante el procesamiento de los radargramas se realizó una conversión de tiempo doble (TWT) a profundidad, utilizando una velocidad de propagación de ondas electromagnéticas de 0,1 m/ns según las recomendaciones de Jol y Bristow (2003) para suelos arenosos húmedos.



Figura 2. Ubicación de los perfiles electromagnéticos elaborados. Las líneas blancas, verdes y amarillas corresponden a los perfiles electromagnéticos. El recuadro rojo representa la ubicación de la instalación de gas. La esfera azul claro indica la ubicación de la tanquilla de la tubería de Hidrocapital. El punto azul oscuro con contorno negro es la ubicación prevista para la perforación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados presentados a continuación corresponden a los obtenidos con la antena de 200 MHz. Cabe destacar que se hicieron pruebas con la antena de 80 MHz los cuales no se muestran en este trabajo debido a que los radargramas adquiridos con la antena de 80 MHz no tenían buena resolución en las profundidades requeridas (0 - 4 m) por lo que tales resultados significaron un aporte irrelevante en la interpretación.

Los radargramas de los 5 perfiles transversales identificados como T1, T2, T3, T4 y T5 se observan en la [Figura 3](#). Estos presentan tres importantes respuestas delimitadas mediante cuadros de colores. En T1 (perfil más al sur) se puede observar una difracción ubicada en los primeros 2 m del perfil a una profundidad de 0,5 m aproximadamente (cuadro amarillo).

Esta difracción se pudo relacionar con otras difracciones observadas en los otros perfiles transversales, hasta llegar

a T5 (perfil más al norte), debido a la continuidad de esta respuesta en al menos 20 m. Por lo tanto, estas difracciones permitieron identificar la presencia de un elemento con geometría similar a una tubería, sin embargo, la ausencia de planos de las instalaciones de aguas y gas del hospital impiden definir el tipo de tubería.

A su vez, se pudo evidenciar un contraste electromagnético relevante a los 0,25 m de profundidad aproximadamente, ubicado entre los 10 y 12 m de los radargramas transversales (cuadro rojo). La continuidad observada en al menos 20 m podría sugerir la presencia de otra tubería, que al igual que la mencionada anteriormente no cuenta con documentación que sustente el tipo de fluido que transporta. Estos radargramas también presentaron respuestas relevantes a una distancia entre 18 y 19 m, y a una profundidad de 1 m aproximadamente (cuadro azul). La constante presencia de dichas difracciones coincide con la ubicación y dirección de la tubería matriz de aguas blancas indicada por operadores de Hidrocapital (comunicación personal).

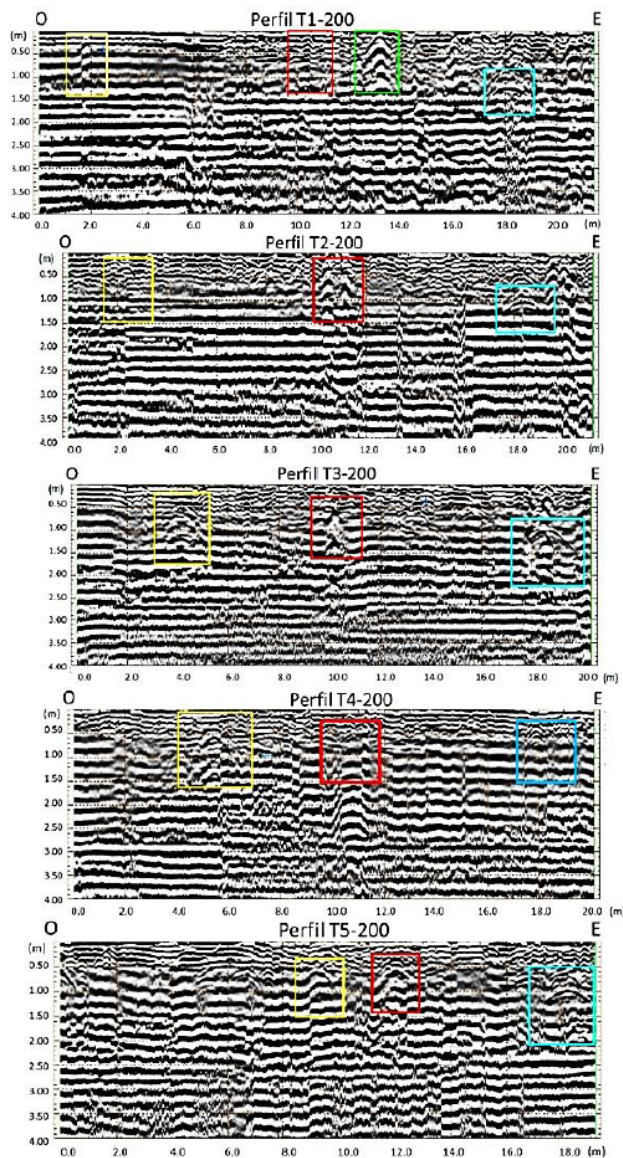


Figura 3. Radargramas correspondientes a los perfiles transversales adquiridos con la antena de 200 MHz, donde los cuadros amarillos, rojos y azules se relacionaron a la ubicación de tres tuberías interpretadas, mientras que el recuadro verde está relacionado a una base de concreto.

Por otro lado, la difracción observada en el perfil T1 a los 13 m de distancia (cuadro verde) presenta un considerable contraste de propiedades electromagnéticas, sin embargo, no presenta continuidad en los perfiles subsiguientes, por lo que es atribuido a la base de concreto de un antiguo poste.

Los radargramas de los 4 perfiles longitudinales identificados como L1, L2, L3 y L4 se observan en la [Figura 4](#). El perfil L1 presenta cuatro relevantes zonas de anomalías, relacionadas con una de las tuberías que se observaron en los radargramas transversales (cuadro amarillo), objetos aislados de características diferentes al medio (cuadros verdes) y raíces de plantas de gran tamaño (cuadro violeta).

De igual forma, el perfil L2 evidencia otras zonas con anomalías ubicadas a 5 y 13 m desde el punto de origen que son generadas por materiales de diferentes propiedades electromagnéticas. No obstante, la ausencia de evidencia en superficie y la escasa información de la zona, impiden establecer una interpretación más concreta en relación con el objeto responsable de las mencionadas anomalías.

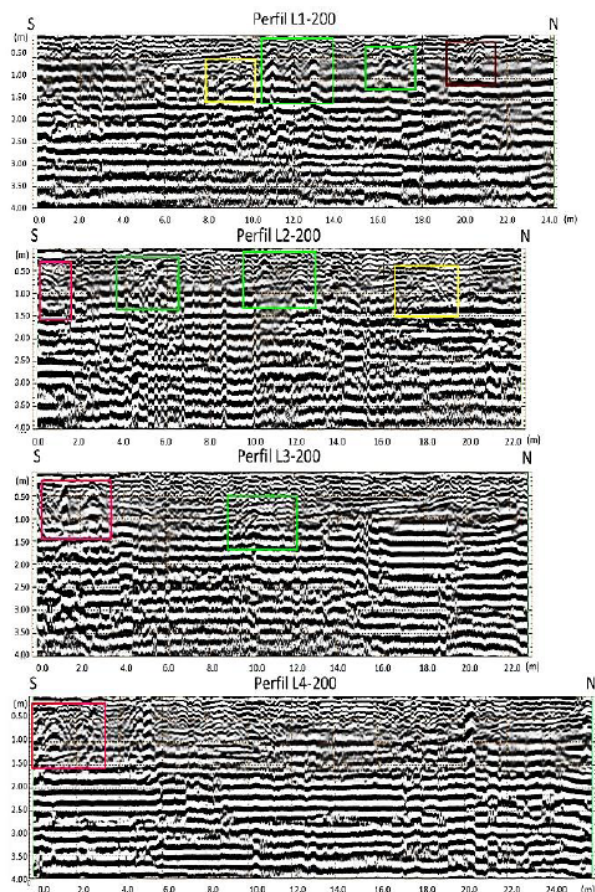


Figura 4. Radargramas correspondientes a los perfiles longitudinales adquiridos con la antena de 200 MHz, donde los cuadros amarillos corresponden con una tubería, mientras que los demás cuadros están relacionados con anomalías provenientes de una pared de concreto, objetos con distintas propiedades electromagnéticas y raíces de plantas de gran tamaño.

En L2 también se pudo apreciar una anomalía a los 18 m, que se relacionó con la continuidad de la tubería que se observó en L1 (cuadro amarillo). Por otra parte, en los perfiles L2, L3 y L4 coinciden ciertas anomalías (cuadros rosados) entre los 0 y 3 m de distancia desde su origen, las cuales están relacionadas a elementos estructurales, debido a la cercanía de los extremos iniciales de los perfiles con una pared de concreto identificada en la [Figura 2](#).

Las zonas difusas observadas a lo largo de los perfiles longitudinales y transversales entre profundidades de 0 y 1,5 m, corresponden a la humedad del suelo producto de las precipitaciones ocurridas en los días previos a la adquisición.

Por ende, se considera que esta condición del suelo fue un condicionante en cuando a la obtención de radargramas de mejor resolución, ya que la elevada conductividad del agua puede atenuar la respuesta relacionada con otros materiales conductivos, como las tuberías de metal. Aunado a esto, algunas difracciones observadas en los radargramas y que no fueron señaladas en la interpretación, fueron generadas al momento de la adquisición por las malas condiciones del terreno.

En la **Figura 5** se tiene una vista de planta en la que se ubicó la distribución de las tuberías y posición tentativa para la perforación del pozo. La línea azul representa una

tubería de agua de Hidrocapital mientras que las líneas roja y amarilla representan las tuberías interpretadas a partir de la continuidad de las anomalías.

Se observa que el punto establecido inicialmente por las personas interesadas en realizar la perforación (punto azul) se ubica sobre una de las tuberías interpretadas, por lo que este debió ser trasladada hacia otra zona de menor riesgo, específicamente, al sector noreste. La zona identificada con el cuadro azul representa el área que se recomienda para hacer la perforación del pozo, ya que en este lugar no se observaron difracciones relacionadas a objetos o tuberías en los primeros 4 m de profundidad.

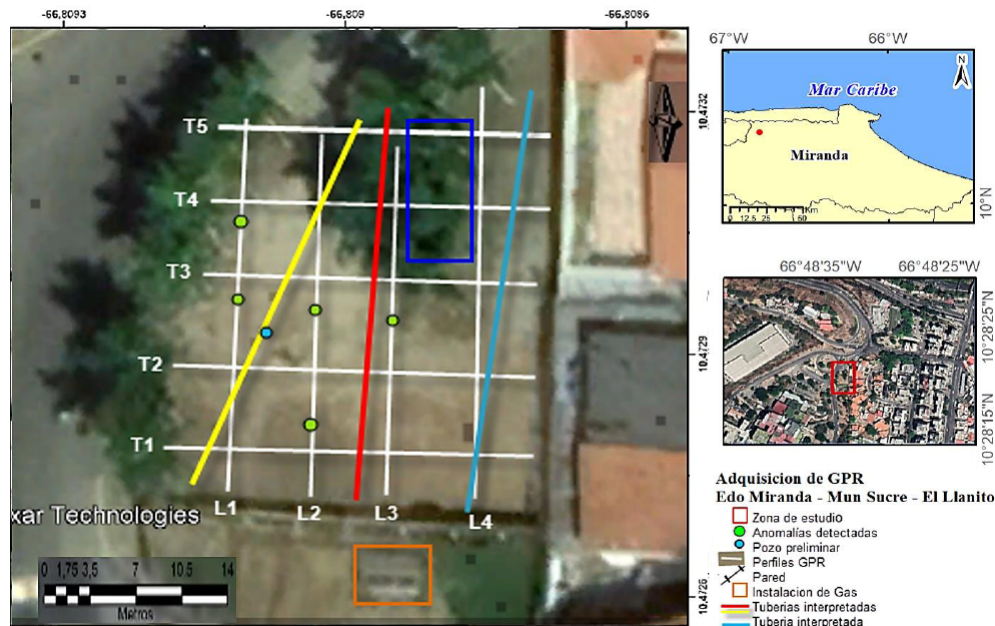


Figura 5. Mapa de ubicación de las anomalías y tuberías de agua y gas interpretada, las tuberías amarilla y roja podrían ser asociadas a Gas o Agua debido a que el método no permite determinar la naturaleza de estas, la tubería azul interpretada es asociada a la tubería de agua del servicio de Hidrocapital ya que coincide con la trayectoria de la tubería que va desde la tanquilla al centro de distribución ubicado detrás a la derecha de la instalación de gas. El rectángulo azul indica la zona recomendada para realizar la perforación del pozo.

La distribución de las tuberías también puede ser observado de forma tridimensional (**Figura 6**) de manera que facilita la posible geometría y localización de los elementos detectados.

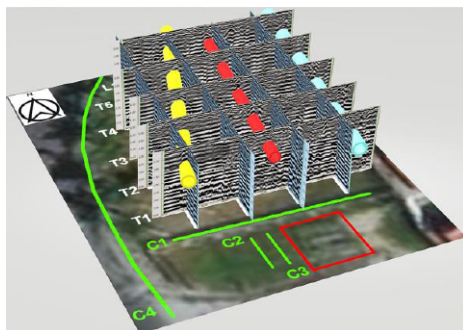


Figura 6. Vista tridimensional de la disposición de los radargramas y las tuberías interpretadas. El cuadro rojo representa la ubicación de las instalaciones de gas. C1, C2, C3, C4 corresponden a perfiles de control.

CONCLUSIONES

Se identificó la tubería principal de aguas blancas la cual coincide con la ubicación de una tanquilla con una toma de agua de Hidrocapital.

La continuidad de las difracciones en los perfiles transversales permitió detectar 3 posibles tuberías que atraviesan la zona de estudio, sin embargo, no se cuenta con la información relacionada a los sistemas de tuberías de las instalaciones para definir su tipo.

Se detectaron posibles elementos estructurales asociados a la pared ubicada adyacente al extremo norte de los perfiles longitudinales, los cuales presentan una reducida extensión lateral y se ubican entre 0,5 y 1 m de profundidad.

Se pudo identificar la presencia de una posible tubería bajo la ubicación inicial designada por la parte interesada en el estudio para la perforación del pozo, de manera que el equipo que el equipo de trabajo recomendó la reubicación

del pozo al sector noreste debido a la ausencia de elementos estructurales de importancia en los primeros 4 m de profundidad.

La elevada humedad provocada por las precipitaciones en los días previos a la adquisición impidió obtener imágenes de mejor resolución debido a la naturaleza conductiva del agua. Por lo tanto, se recomienda hacer adquisiciones en terrenos poco húmedos o en temporadas de sequía.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una recopilación de mapas, planos y croquis presentes en la zona de estudio, con la finalidad de incrementar la precisión de la interpretación. Asimismo, es importante plantear estudios integrados con otros métodos geofísicos que permitan sustentar una interpretación bajo distintos enfoques.

REFERENCIAS

- DAVIS, J. & ANNAN, J. (1989). Ground Penetrating Radar for High Resolution Mapping of Soil and Rock Stratigraphy. *Geophysical Prospecting*, 37(5), 531-551.
- GALVIS, R. (2011). *La Técnica GPR como herramienta en la detección de tuberías y filtraciones*. Caracas: TRX Consulting.
- IDS (INGEGNERIA DEL SISTEMI) (2003). The GresWin 2 Software Module. Pisa: s. n.
- IDS (INGEGNERIA DEI SISTEMI) (2009). SOFTWARE K2_FW Acquisizione dati. Pisa: s.n.
- JALIL, M, SAHRIMAN, N, GHAZALI, R, IBERAHIM, M, RASAM, A, & RAZALI, M. (2019). Ground Penetrating Radar for Detecting Underground Pipe Buried in Different Type Materials. In: *IEEE 10th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)*, Shah Alam, Malaysia, 156-161.
- JOL, H. (2009). *Ground Penetrating Radar: Theory and applications*, (first edition). Elsevier Sciences, Amsterdam, The Netherlands.
- JOL, H., & BRISTOW, C. (2003). GPR in sediments: advice on data collection, basic processing and interpretation, a good practice guide. In: Bristow, C. & Jol, H. (eds), *Ground penetrating radar in sediments*. Geological Society, Londres, Special Publications, Vol. 211, 9-27.
- PÉREZ, M & VILORIA, A. (2013). *Caracterización del subsuelo en el tramo de las estaciones Bello Monte – Las Mercedes y la estación Bello Campo de la línea cinco del metro de Caracas, aplicando GPR y métodos geológicos*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Central de Venezuela, Caracas - Venezuela.