



Uso del método potencial natural en la exploración de agua subterránea: caso de estudio Hospital de Olanchito

Underground water exploration using natural potential method: case study the Olanchito Hospital

M. RODRÍGUEZ¹, M. RUIZ²

Recibido: 10 de abril de 2021 / Aceptado: 20 de junio de 2021

¹Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra.
Facultad de Ciencias. Universidad Nacional
Autónoma de Honduras.
mrodriguez@unah.edu.hn

²Instituto Hondureño de Ciencias de la
Tierra. Facultad de Ciencias. Universidad
Nacional Autónoma de Honduras.
mrui@unah.edu.hn

RESUMEN

Los métodos geofísicos de exploración han sido ampliamente usados para la prospección de agua subterránea, siendo más usados los métodos eléctricos y electromagnéticos, los cuales presentan algunas desventajas como: el alto costo del equipo, distancia requerida en superficie para toma de datos y tiempo de trabajo. En este trabajo exploramos el uso de métodos alternativos a los tradicionales, utilizando el equipo PQWT de reciente aparición en el mercado que se presenta como un equipo de bajo costo, fácil manejo y tiempo rápido para toma de datos, el cual emplea el llamado método de potencial natural para la exploración de agua subterránea. Se logró ubicar un sitio para perforación de un pozo en el Hospital de Olanchito, Yoro, comprobando que la información que provee el equipo combinada siempre con información geológica de la zona puede emplearse para la caracterización de acuíferos.

ABSTRACT

Geophysical exploration methods have been widely used for underground water prospecting, being the most used the electrical and electromagnetic methods, which present some disadvantages such as: high cost of the equipment, large distances and time required on the surface for data collection. In this work we explore the use of alternative methods to the traditional ones, employing the PQWT equipment that has recently appeared on the market, which is presented as a low-cost, easy-to-use and fast-time equipment for data collection, which uses the so-called natural potential method for groundwater exploration. It was possible to locate a site for drilling a well in the Hospital of Olanchito, Yoro, proving that the information provided by the equipment, always combined with geological information from the area, can be used for the characterization of aquifers.

PALABRAS CLAVES

Exploración geofísica, agua subterránea, potencial natural.

KEYWORDS

geophysical exploration, underground water, natural potential.

* Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento - NoComercial 4.0 Internacional ©(cc) (i) (nc) (by) (nc) (sa)

* This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. ©(cc) (i) (nc) (by) (nc) (sa)

I | INTRODUCCIÓN

La demanda del recurso hídrico para consumo humano y actividades agrícolas crece cada día, reduciéndose cada vez más el recurso disponible en la superficie. Esto no solo debido al incremento en la demanda sino también a las actividades antropogénicas que causan deterioro en la cantidad y calidad del recurso hídrico. Esta disminución del recurso en superficie está obligando a explorar y aprovechar los recursos subterráneos.

Se vuelve imprescindible la caracterización del medio hidrogeológico para determinar el potencial y poder ubicar los sitios con mejores condiciones para la perforación de pozos para aprovechamiento de los recursos subterráneos. Aquí los métodos geofísicos han jugado tradicionalmente un papel muy importante ya que permiten de una manera rápida caracterizar la geología del subsuelo, al igual que determinar la presencia y dimensiones de acuíferos.

Tradicionalmente los métodos resistivos se han utilizado ampliamente en estudios hidrogeológicos (Fonseca-Benítez, 2018; López-Loera, 2014; Salguero, 2002; Sánchez-Aguililla, Ramiro-Camacho, y Torre, 2017), sin embargo estos presentan algunas desventajas sobre todo cuando la profundidad de exploración es mayor a los cientos de metros, donde el trabajo de campo se vuelve poco práctico ya que se requieren extender cables hasta por 1 Km de longitud, y además el equipo requerido es costoso, pudiendo sobrepasar los 50,000 USD. Recientemente, gracias a los avances en la electrónica, han aparecido en el mercado equipos con métodos alternativos, como ser el de la casa China PQWT de potencial natural que se muestra como equipo de bajo costo y fácil uso, que basado en métodos magnetoteléuricos MT y audio magnetoteléuricos AMT permiten obtener información del subsuelo a grandes profundidades sin necesidad de extender grandes longitudes de cable en superficie.

En este trabajo se decidió hacer uso de este equipo para ubicar un sitio para perforación de un pozo para el hospital de Olanchito, departamento de Yoro, con el fin de determinar si este equipo en verdad puede proveer información del subsuelo que ayude a determinar características necesarias para poder ubicar un sitio con potencial para la extracción de agua subterránea.

El Club Rotario de Olanchito preocupado por la necesidad de abastecimiento de agua en el Hospital ha gestionado fondos para cubrir los costos de la perforación de un pozo para el Hospital. Dada la inversión a realizar en la perforación del pozo el club Rotario decidió solicitar la colaboración al Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra de la UNAH para elaborar un estudio científico que garantice la inversión a realizar.

A continuación, se presentan una descripción del área de estudio, la metodología y equipo para la recolección de datos empleando el método geofísico de potencial natural, los resultados del análisis de los datos recolectados al igual que la interpretación y por último conclusiones.

II | ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a los terrenos del Hospital **Anibal Escobar Murillo** de Olanchito. Este se ubica en el casco urbano del municipio de Olanchito, cabecera del departamento de Yoro, tal como se muestra en la figura 1.



Figura 1: Mapa de ubicación del sitio de estudio. Imagen tomada de Google Earth.

El municipio de Olanchito Limita al norte con la Cordillera Nombre de Dios, la Sierra de la Esperanza y los municipios de Jutiapa, La Ceiba, El Porvenir y San Francisco en el departamento de Atlántida. Al Sur con los municipios de Gualaco, Guata y Esquipulas del Norte en el departamento de Olancho, con Arenal y Jocón en Yoro. Al Este con el municipio de Sabá en el departamento de Colón. Al Oeste con el municipio de Yoro, y en el Centro, la parte alta y media del Valle del Aguán.

La población aproximada del municipio es de 120,000 habitantes, con cerca del 40% viviendo en el casco urbano (ATEC, 2010).

La principal fuente de recurso hídrico es el río Aguán y sus afluentes. La cuenca del río Aguán posee un área de $10,266 \text{ km}^2$, El promedio de lluvia al año es de 1648 mm y la aportación subterránea es de 281 mm. (Balairón, Álvarez, Borrel, y Delgado, 2003).

Actualmente el Hospital cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable que no cumple con la demanda real del sistema hospitalario, por lo que se ha decidió perforar un nuevo pozo con la finalidad de cubrir las necesidades básicas de consumo y saneamiento requeridas por el Hospital.

III | MARCO GEOLÓGICO

Desde el punto de vista geológico el área de estudio se ubica dentro de depósitos aluviales, antiguos y recientes, producto de la interacción entre el río Agalteca y el río Aguán, tal como se muestra en la figura 2. Los materiales consisten de depósitos de gravas, arenas y arcillas. Debido a que el río Aguán es un sistema dinámico que responde a eventos de precipitación, que tiende a migrar su cauce, esto ha permitido el desarrollo de esta llanura aluvial.

Se estima que la sucesión de arenas, gravas y arcillas ha dado origen a un sistema acuífero muy complejo, estando principalmente confinado, debido a la presencia de una capa de arcillas. Algunos estudios realizados en la zona del Valle de Aguán para la factibilidad de explotación de agua subterránea como (ATEC, 1996), (ATEC, 1997) midieron caudales muy variables en los pozos existentes que van desde los 10 a 100 gal/min en la zona de las arcillas y gravas hasta por encima de los 400 gal/min en las cercanías del río Aguán.

Esta variación debido a las condiciones geológicas es lo que vuelve muy arriesgado la selección arbitraria del sitio para perforación, requiriendo el uso de métodos científicos como los utilizados en este estudio.

IV | METODOLOGÍA

1 | Exploración geofísica para agua subterránea

Los métodos geofísicos de exploración han sido ampliamente utilizados y probados para la exploración de aguas subterráneas (Burger, Sheehan, y Jones, 2006), (Reynolds, 2011). Los métodos más utilizados son los eléctricos (resistividad eléctrica, polarización inducida, potencial espontáneo) y electromagnéticos (Transiente Electromagnético TEM, Magnetotelúrico MT, Audio Magnetotelúrico AMT). Siendo el más común el de resistividad eléctrica para pozos someros, y los métodos MT para profundidades de más de 1 km como por ejemplo en aplicaciones en geotermia.

2 | Método de Potencial Natural

El equipo PQWT le llama al método empleado *Potencial Natural*, que en verdad se basa en los métodos AMT que han sido estudiados desde los años 70 (Slankis, Telford, y Becker, 1972; Zonge y Hughes, 1991), en esa época fueron poco utilizados dado que no eran muy precisos sobre todo por las relaciones señal/ruido que no se podía mejorar con la tecnología de aquel entonces y no fue hasta años recientes que la electrónica ha avanzado que se retomó el método.

El principio del método PQWT se basa en considerar ondas planas que se distribuyen aproximadamente perpendicular al suelo. Las fuentes de ondas son efectos de por ejemplo tormentas eléctricas que pueden ocurrir a grandes distancias y que producen corrientes en el suelo. Estas ondas poseen frecuencias en el rango de 1 Hz a 20 KHz, de allí el nombre de Audio MT. Los parámetros de interés se relacionan por (Rensburg, 2019):

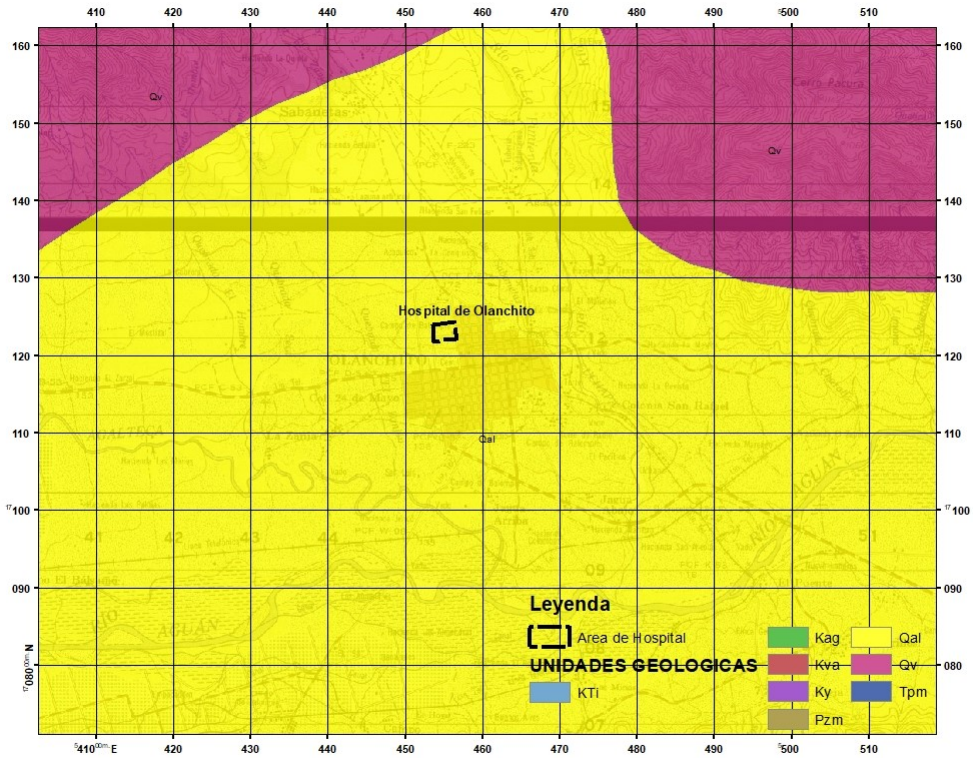


Figura 2: Mapa geológico del área de Olanchito. (IGN, 1997).

$$\rho = \frac{1}{5f} \left(\frac{E_x}{H_y} \right)^2 \tag{1}$$

Donde ρ es la impedancia, o resistividad AC, f es la frecuencia de operación, H_y la componente del campo magnético y E_x componente del campo eléctrico.

La profundidad de exploración está dada por:

$$\delta = 503.5 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \tag{2}$$

Dado que la componente del campo magnético es estable en la mayoría de los casos para áreas pequeñas, se considera una función constante de E_x .

Aun cuando el equipo PQWT esconde detrás de patentes el procesamiento completo de los datos, por lo que no es muy claro el procedimiento que sigue, se puede asociar un valor de campo eléctrico medido en una frecuencia dada a un valor de resistividad a cierta profundidad.

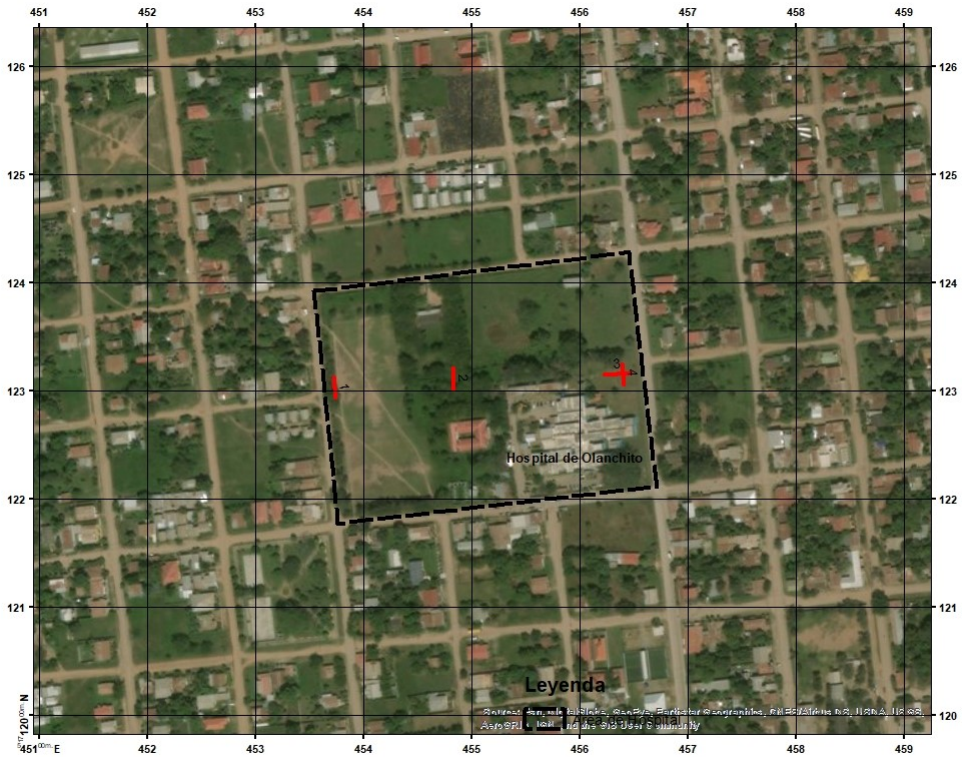


Figura 3: Mapa de ubicación de los 4 perfiles de potencial natural levantados en el área de estudio. Imagen tomada de Google Earth.

3 | Equipo PQWT

El equipo con el que se realiza el estudio es el PQWT modelo TC300 de la casa China *Hunan Puqi Geologic Exploration Equipment Institute* (PQWT, 2017), facilitado por la empresa PROGEO para el estudio.

Este equipo es capaz de medir hasta 42 frecuencias, con lo que se alcanza una profundidad de exploración de hasta 300 m. Con solo dos electrodos separados 10 m es posible medir valores de potencial en mV para cada una de las frecuencias.

Después de la recopilación de los datos estos son procesados por el equipo para generar un mapa de perfil que muestra los valores de potencial en (milivoltios) en función de la profundidad permitiendo determinar rápidamente la ubicación de cuerpos mineralizados, acuíferos, cuevas u otras estructuras geológicas, tomando en cuenta que valores bajos de potencial se asocian con valores bajos de resistividad, es posible determinar estructuras y dimensiones de capas de alta o baja resistividad.

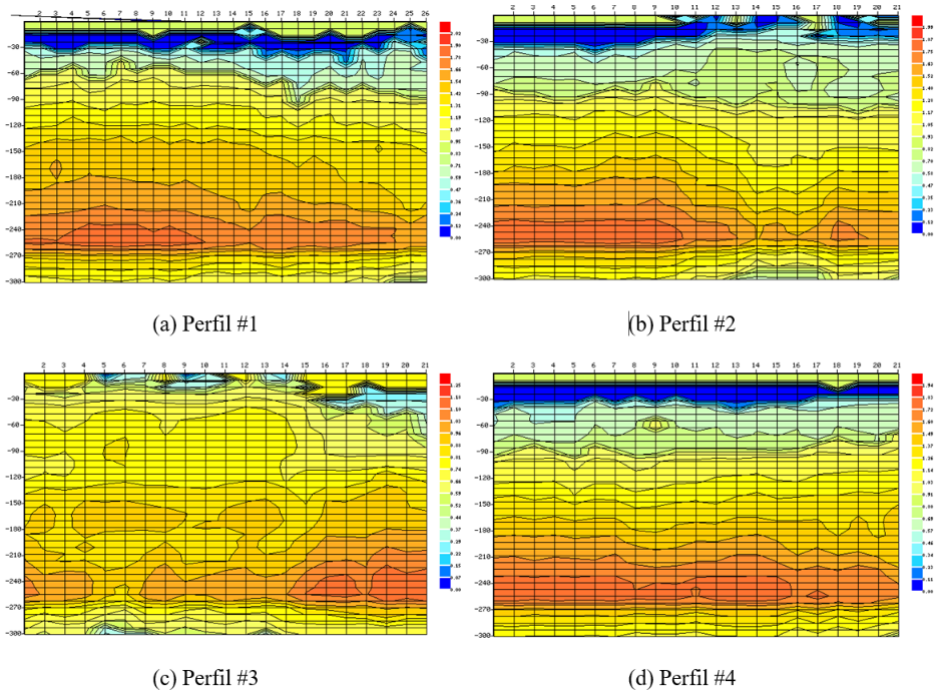


Figura 4: Pseudosecciones de los perfiles levantados en el estudio. Los diferentes colores indican diferentes valores de voltaje en mV, donde los tonos azules indican materiales de baja resistividad que se pueden asociar con la presencia de agua subterránea.

V | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un total de 4 perfiles en el área de estudio. Su distribución espacial se muestra en la figura 3. A continuación se hace una discusión de los resultados obtenidos en cada perfil.

I Perfil 1

La fig.4.a muestra el perfil 1, con una longitud de 26 m, orientado de oeste a este, el cual se realizó en la zona posterior al Hospital, cerca de un tanque de almacenamiento de agua.

En este perfil se observa una zona en tonos azul que abarca desde los 8 m de profundidad hasta alrededor de los 40 m de profundidad, y en algunas partes hasta los 60 m. Estas tonalidades indican valores que se pueden asociar con la presencia de materiales saturados de agua. Esta capa aparece continua a lo largo de todo el perfil.

I Perfil 2

La fig.4.b muestra el perfil 2, con 21 m de longitud. Este perfil se levantó de sur a norte en una zona intermedia del terreno del Hospital, en un área boscosa entre los edificios de clínicas y un campo de fútbol dentro de las instalaciones.

Se observa en el perfil una zona entre los 8 m a los 60 m de profundidad en tonos azules, indicando la posible presencia de materiales saturados de agua. Esta capa aparece continua hasta el punto 11, y a partir de este punto disminuye su espesor y se vuelve discontinua.

I Perfil 3

La fig.4.c muestra el perfil 3, de 21 m de longitud. Este perfil se levantó de sur a norte, en el extremo oeste de la cancha de fútbol.

En este perfil muy poca presencia de zonas en tonos azules, lo que indica poca presencia de agua en los materiales en esta zona.

I Perfil 4

Dado que el perfil 1 presentó la mayor presencia de materiales con capacidad de almacenar agua subterránea se levantó el perfil 4 de manera transversal al perfil 1 para explorar mejor esta zona.

La fig.4.d muestra el perfil 4, de 21 m de longitud, se levantó en sentido sur a norte, coincidiendo el punto 17 de este perfil con el punto 18 del perfil 1.

Se observa en este perfil una zona desde los 8 m hasta alrededor de los 60 m con colores azules, lo que indica también la presencia de materiales con baja resistividad de manera similar a lo que aparecía en el perfil 1.

Dada la geología de la zona, que es una sucesión de capas de arenas gravas y arcillas, se puede interpretar esta capa de baja resistividad como arenas saturadas con capacidad de almacenar agua subterránea, Por lo que esta zona es la que presenta mayor potencial para la perforación de un pozo.

Este punto de intersección entre los perfiles 1 y 4 fue el sitio recomendado para perforación con una profundidad de perforación máxima de 80 m.

El Club Rotario de Olanchito gestionó fondos y se realizó la perforación del pozo en el sitio recomendado. Se contrató una perforación de 350 pies. De los resultados obtenidos durante la perforación se tiene que el nivel freático se encontró a partir de los 39 pies. Durante las pruebas de bombeo se alcanzó un caudal de 60 *gal/min*. Se instaló una bomba sumergible de 5 HP a una profundidad de 320 pies y que tiene una capacidad de 30 *gal/min*, complementando así el suministro necesario para el Hospital.

VI | CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede comprobar que el método de potencial natural usado por el equipo PQWT puede ser de utilidad para la ubicación de acuíferos y determinación de su geometría, siendo siempre necesario el conocimiento de la geología en la zona para poder diferenciar entre materiales saturados de agua y capas de arcillas.

I REFERENCIAS

- ATEC, S. (1996). *Factibilidad de explotación de agua subterránea para el abastecimiento de agua potable a la finca limones b, olanchito. yoro*. ATEC SUMINISTROS: Consultoría.
- ATEC, S. (1997). *Factibilidad de explotación de aguas subterráneas para el riego de la plantación de la finca mabuhay, olanchito. yoro*. ATEC SUMINISTROS: Consultoría.
- ATEC, S. (2010). Diagnostico de las condiciones del sector agua y saneamiento en el municipio de olanchito. *CARE INTERNACIONAL DE HONDURAS, PASOS III*.
- Balairón, L., Álvarez, J., Borrel, E., y Delgado, M. (2003, mar.). Balance hídrico en honduras. *Revista Digital del Cedex*(131). Descargado de <http://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/1731>
- Burger, H., Sheehan, A., y Jones, C. (2006). *Introduction to applied geophysics: Exploring the shallow subsurface*. W.W. Norton.
- Fonseca-Benítez, F. A. (2018). Modelación geológico-geofísica con fines hidrogeológicos en los municipios corrales y gámeza, colombia. *Minería y Geología*, 34(1), 64–81.
- IGN. (1997). *Mapa geológico de honduras*. Instituto Geográfico Nacional de Honduras.
- López-Loera, H. (2014). Geofísica para la localización de agua subterránea en ambientes volcánicos Áridos de la mesa central.: Caso la dulcita, villa de ramos, san luis potosí, méxico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 66(1), 165–181. Descargado de <http://www.jstor.org/stable/24921268>
- PQWT. (2017). Operation manual. *Hunan Puqi Geologic Exploration Equipment Institute*. Descargado de <http://www.pqwtcs.com>
- Rensburg, R. V. (2019). *At receiver, pseudo science or a method worth investigating?* GSSA Groundwater divison Central Symposium: Geotron Systems.
- Reynolds, J. M. (2011). *An introduction to applied and environmental geophysics*. Wiley Blackwell.
- Salguero, M. E. A. (2002). Aplicaciones geofísicas a la hidrogeología en costa rica. *Revista Geológica de América Central*(27).
- Sánchez-Aguililla, F. M. R., Ramiro-Camacho, A., y Torre, P. I. (2017). Métodos geofísicos en entornos naturales protegidos. tomografía eléctrica. *Boletín Geológico y Minero*, 128(1), 171–192.
- Slankis, J. A., Telford, W. M., y Becker, A. (1972). 8-hz telluric and magnetotelluric prospecting. *GEOPHYSICS*, 37(5), 862-878. Descargado de <https://doi.org/10.1190/1.1440305> doi:
- Zonge, K. L., y Hughes, L. J. (1991). 9. controlled source audio-frequency magnetotellurics. En *Electromagnetic methods in applied geophysics: Volume 2, application, parts a and b* (p. 713-810). doi: