**III. DESCRIPCION DEL PROYECTO DE INVESTIGACION**

Describa el proyecto que se propone ejecutar desglosando los siguientes aspectos:

1. FUNDAMENTACIÓN DEL PROYECTO (Incluya en forma clara y precisa: a) **contexto teórico del problema**, b) **objetivos generales y específicos** de la investigación, c) **la o las hipótesis** que se pretende defender, d) **la metodología** específica que se empleará)
2. Contexto Teórico

El método geoeléctrico incluye un conjunto de técnicas de prospección geofísica que se utilizan para determinar la distribución de resistividad del subsuelo. Entre los principales campos de aplicación de este método se encuentran la detección y mapeo de agua subterránea (El-Dayem et al, 2023), la localización de contaminantes (Coria et al 2009), la localización de fracturas y fallas (Cardoso, L. H., y de Almeida Prado Bacellar 2023), la caracterización geológica para la planificación de infraestructura (Hernández-Durán y otros, 2015), la detección y caracterización de estructuras arqueológicas enterradas (Walach et al, 2011; Bongiovanni et al, 2008), entre otros usos. El método geoeléctrico permite detectar y/o localizar anomalías en la subsuperficie en base a cambios en la resistividad medida. En algunos casos también es posible caracterizar estas anomalías, e identificarlas con objetos naturales o culturales. El método geoeléctrico básicamente consiste en inyectar una corriente eléctrica, *I*, conocida sobre la superficie del suelo, utlizando dos electrodos, y determinar la respuesta del medio a través de la medición de la diferencia de potencial eléctrico, *V*, entre otro par de electrodos. A partir de la relación entre estas dos magnitudes y la disposición de electrodos utilizada, es posible deducir la resistividad del subsuelo utilizando Ley de Ohm. En el caso de corriente continua, se tiene una respuesta estacionaria, y la relación entre *I* y *V* es lineal para valores de *I* no demasiado altos (Telford et al, 1990). El método geoeectrico es uno de los más usados para la prospección geofísica de las primeras decenas de metros, comúnmente conocidas como superficie cercana, debido a sus ventajas respecto a otros métodos utilizados en este rango de profundidades, como georradar e inducción electromagnética. En primer lugar, debido a las frecuencias bajas en las que trabaja el método geoeléctrico, este es aplicable aún en zonas donde existe importante cantidad de ruido electromagnético, como ocurre en las proximidades de antenas emisoras y cableados, tanto subterráneos como aéreos. Otra ventaja es que la resolución del problema inverso, a partir de la cual se obtiene la propiedad física en cuestión, está ampliamente desarrollada, con lo cual, los datos medidos pueden ser procesados y analizados de manera rápida y más precisa. Una desventaja del método geoeléctrico es que la adquisición de datos resulta comparativamente lenta, ya que requiere de la inserción sistemática de electrodos en el suelo y el tendido de cables, usualmente a lo largo de líneas de prospección consecutivas. Sobre cada línea de prospección, la cantidad de electrodos y su distanciamiento depende de la extensión y profundidad de la porción de suelo que se quiera explorar, así como de la resolución deseada. Las longitudes típicas en las aplicaciones de superficie cercana suelen estar entre unos pocos metros y algunos cientos de metros, mientras que la profundidad suele variar entre los centímetros y las decenas de metros. Por ende, para explorar, por ejemplo, una franja angosta de terreno de 20 m de largo y 3 m de profundidad, se necesitan como mínimo 24 electrodos dispuestos sobre una línea de prospección, con 1 m de separación entre sí, lo que permitirá alcanzar una resolución del orden de 0.5 metros. Luego, para obtener un muestreo de un área x-y de terreno, por ejemplo de 20 m x 30 m, se debe repetir este procedimiento 30 veces, lo que implica un trabajo de movimiento y reposicionamiento de electrodos y cables considerable. En este proyecto proponemos la construcción de un sistema robótico que permita desplegar los electrodos rápidamente, con precisión y con una variedad de configuraciones de electrodos posible relativamente amplia. Al respecto, actualmente existe un equipo robótico diseñado para aplicaciones de agricultura, el cual posee 4 electrodos fijos a una plataforma móvil y dispuestos en línea, y que solo permite la utilización de la configuración electródica Wenner (Ünal et al 2020). Nuestra propuesta consiste en ampliar estas posibilidades, utilizando dos robots tractores independientes, interconectados con una unidad central de control y registro en forma inalámbrica, uno para la inyección de corriente y otro para la medición de la diferencia de potencial, de manera tal que sea posible una mayor versatilidad en cuanto al movimiento y las configuraciones de electrodos posibles. Esto es importante para que dichas configuraciones puedan ser elegidas en función de las características físicas del sitio investigado y los objetivos específicos de la prospección (Telford et al., 1990).

1. Objetivos generales y específicos

El objetivo general del proyecto es el desarrollo de un sistema robótico de prospección geoeléctrica. Como objetivos particulares, en primer lugar, se plantea que los dipolos de inyección de corriente y medición de la diferencia de potencial puedan ser ubicados por el sistema en x-y en forma independiente y en posiciones arbitrarias, en función de un plan de prospección previamente establecido. Se planea que el sistema inserte y remueva del suelo los electrodos por sí mismo. Un diseño particular de ruedas, con forma helicoidal, y tracción independiente hará posible el movimiento de cada tractor en las direcciones x e y, facilitando o directamente permitiendo el desplazamiento, por ejemplo, entre una línea de prospección y la contigua, y en espacios reducidos o con obstáculos en superficie. El diseño considerado eliminará el cableado externo a las unidades tractoras y, por ende las limitaciones que este produce. La inyección de corriente y la medición de potencial también serán realizadas automáticamente a través de un plan preestablecido y comunicado en tiempo real por una unidad central mediante conexión inalámbrica, lo que agilizará la prospección.

Otro objetivo de este proyecto es que el posicionamiento x-y de los robots sea suficientemente preciso, y que, por ejemplo, las desviaciones producidas por las irregularidades del terreno puedan ser corregidas por el sistema. Para ello, los robots incluirán sensores de posición láser que funcionarán respecto de una estación ubicada en el límite del área o línea prospectada.

Por último se prevé la incorporación de un sensor de humedad del suelo, que permita activar la inyección de dosis de agua con sal en los puntos de contacto de los electrodos con el suelo. Esto suele ser de utilidad en terrenos marcadamente secos, debido a que el contacto entre electrodos y suelo suele ser insuficiente.

1. Hipótesis

Se plantea que el posicionamiento de electrodos y la adquisición de los datos en forma automática a través de robots tractores disminuirán el esfuerzo humano involucrado en estas tareas, las probabilidades de equivocación, los tiempos de prospección y, en general, sus costos. Se espera que el nuevo sistema produzca datos de calidad, y que incluya una diversidad de configuraciones de medición posible que permita optimizar el desempeño del método en función de las características del terreno y objetivos de prospección planteados, en aspectos tales como las resoluciones longitudinal y transversal.

1. Metodología
2. Construcción de un emisor que genera una señal cuadrada de tensión fija dada por baterías, en el orden de los 25V y una corriente máxima de 1A. Esta señal se aplicará a dos conexiones de cable correspondientes a los electrodos inyectores.
3. Diseño y construcción de un medidor de voltaje entre dos terminales correspondientes a los electrodos de recepción, considerando que se esperan medir señales pequeñas, del orden del mV.
4. Diseño de los pares de electrodos y un sistema para la implantación automática en el suelo.
5. Diseño y confección de una estación fija como referencia de orientación con láser.
6. Adaptación de los elementos mencionados a un robot tractor/portador ya existente y disponible en la Facultad. Las características de movilidad de éste cumplen con los requisitos del presente proyecto.
7. Desarrollo de la conexión inalámbrica entre la unidad central, el robot y los demás elementos montados.
8. Incorporación del sensor de humedad y del sistema de riego.
9. Desarrollo de software especializado para el control, procesamiento e interpretación de los datos en tiempo real.
10. A medida que se vayan concretando los pasos anteriores, se irán realizando las pruebas de funcionamiento correspondientes.
11. Construcción de un segundo robot, en este caso, de medición de potencial. Montaje de los respectivos elementos y pruebas.
12. Realización de pruebas de campo bajo situaciones controladas, para calibrar y verificar el sistema comparando sus resultados con los de un equipo de geoeléctrica convencional (se dispone de uno).
13. DISCUSIÓN BIBLIOGRÁFICA (Se solicita un análisis del estado de la cuestión en la bibliografía disponible.

Los aspectos relevantes de los siguientes trabajos son discutidos en las sucesivas secciones del proyecto.

Abd El-Dayem, Mohamed, Abd El-Gawad, Ahmed, Bedair, Sayed, Farag, Karam S.I. Groundwater resource evaluation using geoelectrical resistivity survey in the Ghard El-Hunishat area of New Delta project province, North Western Desert, Egypt, Groundwater for Sustainable Development, Volume 21, 2023, 100918, ISSN 2352-801X, <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.100918>.

Bongiovanni, M.V., Bonomo, N., de la Vega, M. Martino, L. Osella, A. Rapid evaluation of multifrequency EMI data to characterize buried structures at a historical Jesuit Mission in Argentina, Journal of Applied Geophysics, Volume 64, Issues 1–2, 2008, pp 37-46, ISSN 0926-9851, <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2007.11.006>.

Cardoso, L. H., de Almeida Prado Bacellar, L., Characterization with geoelectrical methods of fissural porosity and flow pattern in physical models of fractured rock masses, Journal of Applied Geophysics, Volume 218, 2023, 105201, ISSN 0926-9851, <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2023.105201>.

Cavallotto, J.L., Bonomo, N. Grunhut, V. Zabala Medina, P. Violante, R.A. Onnis, L. Osella, A. Shallow geophysical methods for recognition of holocene sedimentary sequences in the southern coastal plain of the Río de la Plata (Argentina), Journal of South American Earth Sciences, 102, 2020 <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102662>.

Coria, D., Bongiovanni, V., Bonomo, N., de la Vega, M., Garea, M. T. and Osella, A.. Hydrocarbon contaminated soil: geophysical-chemical methods for designing remediation and monitoring strategies (2009) Near Surface, Vol 7, No. 3, pp. 227-236. [doi.org/10.3997/1873-0604.2009020](https://doi.org/10.3997/1873-0604.2009020)

de la Vega, M., Bongiovanni, M. V., & Grünhut, V. Design of a low-cost electrical resistivity meter for near surface surveys. (2021). Earth and Space Science, 8, e2020EA001575. <https://doi.org/10.1029/2020EA001575>

Hernández-Durán, G., Arranz-González, J. C. y de la Vega-Panizo, R. 2014. El análisis del potencial geológico de rocas industriales en proyectos de planificación territorial: una revisión. Boletín Geológico y Minero, 125(4): 473-490 ISSN: 0366-0176.

Telford, W. M., Geldart, L. P., and sheriff, R. E., 1990. Applied geophysics: Cambridge University Press, 2nd edition.

Ünal, I., Kabaș, Ö. and Sözer, S. 2020. Real-Time Electrical Resistivity Measurement and apping Platform of the Soils with an Autonomous Robot for Precision Farming Applications. Sensors, 20, 251. doi:10.3390/s20010251

Walach G, Scholger R, Cech B. Geomagnetic and Geoelectric Prospection on a Roman Iron Production Facility in Hüttenberg, Austria *(Ferrum Noricum)*. Archaeol Prospect. 2011;18(2):149-158. doi: 10.1002/arp.412.