

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA
DIRECCIÓN DE REGISTRO PÚBLICO DE MONUMENTOS Y ZONAS
ARQUEOLÓGICAS E HISTÓRICAS

ASUNTO: Se emite dictamen en materia de manejo y uso de Georadar
México D.F. a 24 de noviembre de 2015.

Lic. [REDACTED]
Ministerio Público de la Federación

Con fundamento en lo dispuesto por los artículos 16, 21 y 102 apartado A de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 1, 2, 7 y 8 de la Ley Federal contra la Delincuencia Organizada; 9, fracción I, inciso a) y 10 fracción I, inciso e) de la General para Prevenir y Sancionar los Delitos en Materia de Secuestro, Reglamentaria de la fracción XXI del artículo 73 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 1 fracción I, 2 fracciones I, II y XI, 3, 113, 180, 208, 209, 211, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 227, 233, 234, 235, 238 y 288 del Código Federal de Procedimientos Penales; 1, 4 fracción I inciso A) subincisos a) y b), 22 fracción I inciso c) de la Ley Orgánica de la Procuraduría General de la República, y a petición del Lic. Gualberto Ramírez Gutiérrez, coordinador general y encargado del despacho de la Unidad Especializada en Investigación de Delitos en Materia de Secuestro, mediante el oficio SEIDO/UEIDMS/FE-D/12715/2015 con fecha del 16 de octubre de 2015, donde se solicita al Instituto Nacional de Antropología e Historia el apoyo y la designación de personal especializado para el estudio Geofísico por medio de Georadar para llevar a cabo la búsqueda y prospección de restos humanos en Iguala, estado de Guerrero, dentro de la diligencia con fechas del 4 al 8 de noviembre del presente año.

El que suscribe [REDACTED]
[REDACTED] autorizado para ejercer mi profesión según cédula profesional
[REDACTED] comparezco el siguiente **DICTAMEN PERICIAL EN MATERIA DE
MANEJO Y USO DEL GEORADAR**, según mi leal saber y entender sobre
los problemas a mi persona planteados, para emitir opinión en materia de
manejo de Georadar considerando los siguientes aspectos:

Objetivo General

Determinar los sitios o posibles zonas de enterramiento de restos humanos mediante el uso de Georadar, a fin de aportar datos significativos para el esclarecimiento de los hechos que conciernen a las indagatorias en cuestión.

Objetivos específicos

1. Realizar exploración geofísica mediante el uso de un Georadar.
2. Aportar indicios suficientes para sugerir zonas de excavación donde se vean involucrados restos humanos.

Fundamentos teóricos del Georadar (GPR)

La técnica del Georadar o GPR (*Ground Penetrating Radar*), es un sistema basado en la emisión y recepción de ondas electromagnéticas, para la detección y localización de elementos, formaciones y/o anomalías en el subsuelo, construcciones u objetos materiales.

La incidencia de la energía de una onda electromagnética sobre las heterogeneidades, provocará fenómenos de reflexión, refracción y difracción que serán detectados por la antena receptora. Por lo tanto, un GPR detectará los cambios en propiedades de los materiales del subsuelo, pues éstas propiedades, junto con las características de la onda electromagnética, serán las que rigen la propagación de la energía por el medio.

El Georadar se basa en la emisión de impulsos electromagnéticos de muy corta duración (entre 0.6 ns y 10 ns) en la banda de frecuencias de UHF-VHF (normalmente entre 100 MHz y 1.5 GHz) y en el principio de reflexión de ondas electromagnéticas que se propagan en un medio. Las reflexiones de las ondas electromagnéticas se producen por cambios en las propiedades electromagnéticas de los depósitos estratificados en el suelo, por variaciones en el contenido en agua, o bien por cambios en la densidad de los atributos de los depósitos debidos a la presencia de superficies y discontinuidades estratigráficas. El comportamiento de las ondas electromagnéticas al penetrar en el terreno depende de los siguientes parámetros físicos de los materiales:

- **Conductividad eléctrica:**

Este parámetro es la medida de la facilidad de paso que encuentra un impulso electromagnético al atravesar un material, es posible expresarla numéricamente como la inversa de la resistividad. Su unidad es el S.I. (Siemens/m).

- **Constante dieléctrica:**

Esta es la magnitud física en la que se basa el Georadar y representa la permisividad al paso de un impulso electromagnético con respecto a la permisividad que presenta el vacío. Es por tanto, un factor adimensional. En la práctica ésta constante depende de la conductividad eléctrica y del espesor del material atravesado.

La utilización del Georadar se fundamenta en las reflexiones inducidas sobre un impulso electromagnético al pasar de un material a otro, entre los que existe un contraste de sus respectivas constantes dieléctricas. La constante dieléctrica (o permitividad dieléctrica relativa) es una medida de la capacidad de un material para almacenar una carga cuando se le aplica un campo eléctrico, en relación con la misma capacidad para evacuarla.

- **Velocidad de propagación:**

Una onda electromagnética depende del material atravesado y de la frecuencia de la señal emitida. En general, la velocidad es mayor en el aire o en materiales secos, que en agua o materiales húmedos.

jación

- **Coefficiente de atenuación:**

Expresa la pérdida de energía que sufre la señal emitida al atravesar el medio por el que se transmite. La unidad de medida es dB/m. Este coeficiente aumenta con el contenido en agua, la conductividad eléctrica, la dispersión producida por una composición heterogénea, y el contenido en partículas metálicas. El cálculo de la velocidad de propagación en un medio y la profundidad de la formación u objeto a estudiar se determina mediante las expresiones:

$$(1) \Delta t = 2h / v$$

$$(2) v = c / \sqrt{\epsilon'}$$

Dónde:

v.- Es la velocidad de propagación de la onda en el medio físico.

Δt .- Tiempo de registro.

c.- Velocidad de la luz en el vacío.

ϵ' .- Es la componente real de la constante dieléctrica.

Un equipo de campo del GPR consta típicamente de:

1. Unidad central.
2. Antena emisora.
3. Antena receptora.
4. Cables de transferencia de datos.

Esquemáticamente, las mediciones que se hacen por medio del Georadar se realizan de la siguiente forma:

1. Mediante la unidad central se programa un pulso electromagnético generando por medio de la antena emisora/receptora una onda electromagnética con una frecuencia característica (MHz o GHz).
2. La onda electromagnética se va propagando por el medio, hasta que alcanza una zona u objeto cuyas propiedades electromagnéticas son diferentes respecto a las circundantes o adyacentes (anomalía: contraste de las propiedades electromagnéticas).
3. Parte de la energía electromagnética de la onda sigue transmitiéndose y la otra parte se refleja hacia la superficie, mientras que el resto de energía continúa propagándose, pudiéndose generar reflexiones sucesivas.
4. La onda electromagnética reflejada se recibe a través de la antena receptora y se registra en la unidad central para su posterior tratamiento e interpretación.

Metodología de la investigación: técnica de Georadar

Para la diligencia se utilizó un Georadar o GPR fabricado por *Geophysical Survey Systems, Inc. (GSSI)*, modelo SIR System-3000 (Imagen 1), propiedad del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Los datos e información generados y conocidos como radargramas, fueron procesados y analizados mediante el software Radan 7 con licencia para el INAH. El Georadar puede originar secciones verticales continuas, llamadas registros radar o radargramas del subsuelo, similares en apariencia e interpretación a una sección sísmica.

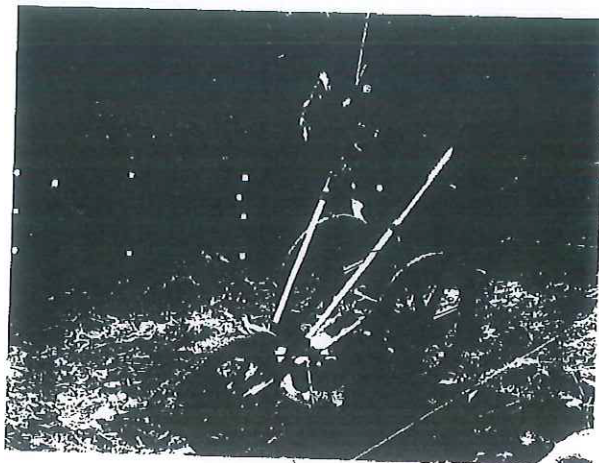


Imagen 1. GPR SIR System 3000 propiedad del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

Las operaciones de campo con Georadar son sencillas y la adquisición de datos es muy rápida. Dichas mediciones se realizan desplazando las antenas del Georadar en vehículos, plataformas o manualmente.

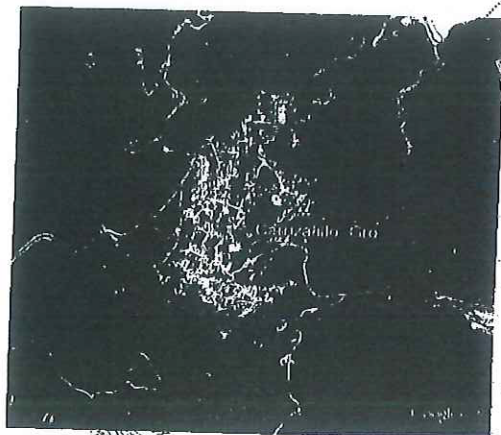
En este estudio y para la adquisición de la muestra, se trabajó mediante la selección de las áreas y el trazo de líneas de tal forma que para cada una se generaron secciones verticales equidistantes de diferentes direcciones, con el objetivo de obtener el mayor número de secciones o radargramas que nos permitieran realizar un análisis para cada área de muestra.

Exploración geofísica en el área de investigación:

Los lugares de estudio relacionados con las [redacted] y [redacted] se encuentran en los sitios conocidos como "Carrizalillo", perteneciente al municipio de Eduardo Neri y el Ejido "Tijeritas" en el municipio de Iguala de la Independencia, en el Estado de Guerrero, respectivamente. En el caso de la segunda locación de estudio se puede identificar como un rancho ubicado en las coordenadas: 18°23'15.4"N y 99°32'48.5"W.

En la primer área de estudio correspondiente a la diligencia de la [redacted] (Imagen 2), se visitaron diferentes puntos del lugar conocido como Carrizalillo, pero debido a que ni uno de estos puntos de interés mostraba las condiciones básicas necesarias para la

operación del Georadar (como superficies de estudio ligeramente planas, libres de vegetación de gran tamaño y libre de obstáculos naturales en la superficie, entre otras.), no fue posible efectuar mediciones (dichas razones también fueron externadas en el momento de la diligencia al M.P. encargado de esta).



Carrizalillo Municipio de Eduardo Neri,
Diligencia de la [redacted]
tomadas de GoogleEarth 2015. INEGI.

Lugares visitados y donde no fue
posible aplicar el Georadar.

Imagen 2. Localización del primer lugar de investigación.

Para el área de estudio ubicada en el municipio de Iguala de la Independencia y correspondiente a la [redacted] si fue factible realizar estudio con Georadar.

Se trata de un terreno delimitado por una barda perimetral, con construcciones de caballerizas a su interior (Imagen 3), en estas caballerizas

fue donde se llevó a cabo la prospección tomando en total 44 perfiles, de los cuales se generaron modelos bidimensionales de los mismos para interpretar las posibles anomalías correspondientes o asociables a enterramientos humanos.

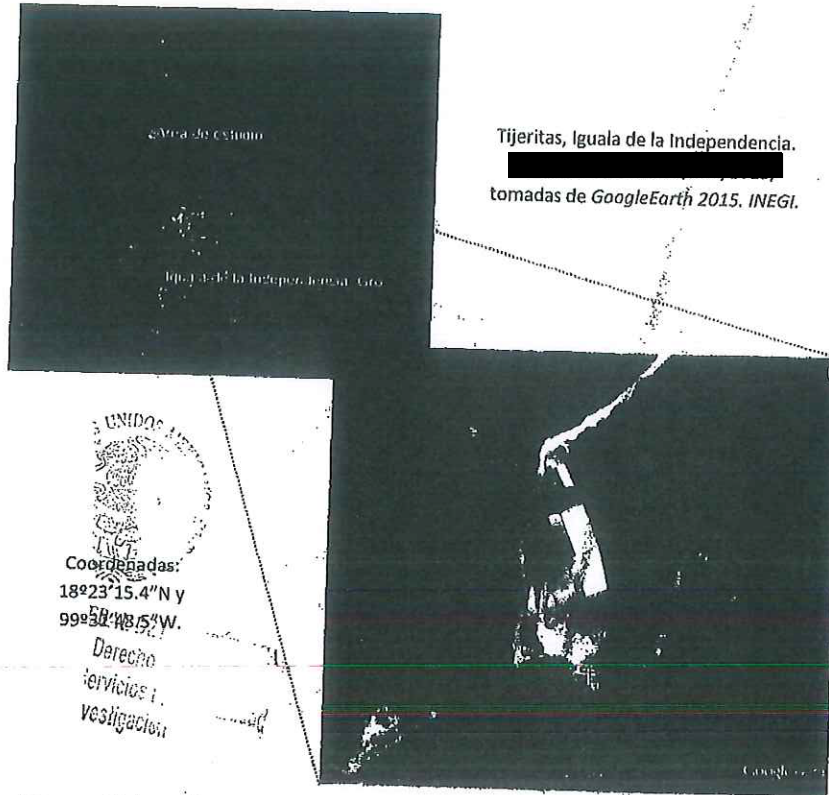


Imagen 3. Localización del segundo lugar de investigación y donde sí se realizó prospección con Georadar.

Para la ubicación del predio en cuestión se utilizó un posicionador GPS (Sistema de Posicionamiento Global), marca Garmin modelo Rino 520Hcx, este instrumento es utilizado para establecer la posición geográfica de un punto sobre la superficie de la tierra, el cual utiliza el sistema de posicionamiento global para identificar las coordenadas y la proyección

cartográfica, eligiendo los parámetros conocidos por los valores UTM y la proyección WGS84.

Descripción del área de muestreo con Georadar

En total se tomaron 44 líneas de muestro de diferentes longitudes (Imagen 4), descritas a en la siguiente tabla.

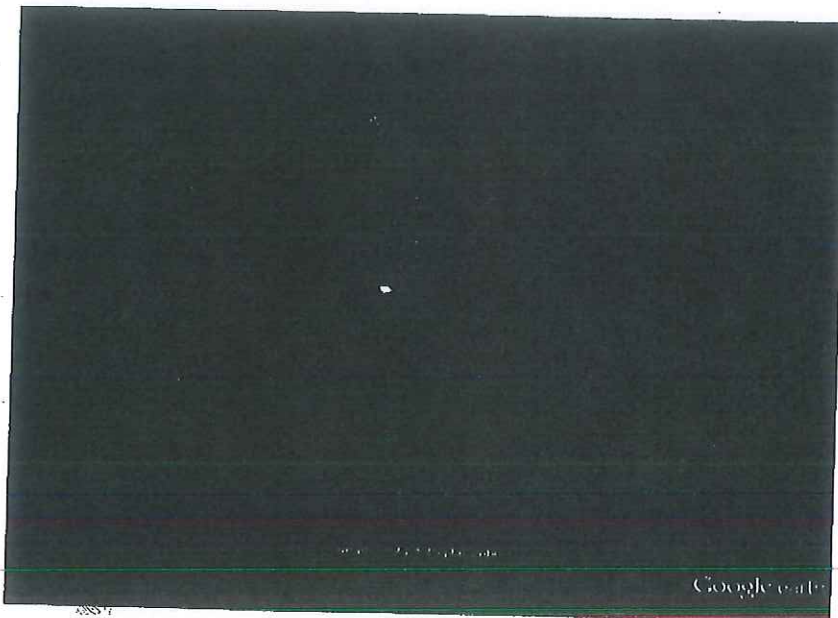


Imagen 4. Ubicación geográfica de líneas de muestreo con Georadar en color rojo y numeración de línea en color magenta.

Resultados de la prospección geofísica

Para el análisis de la información generada por el Georadar, se construyeron modelos en 2 dimensiones conocidos como radargramas (secciones verticales de la respuesta electromagnética del sitio), de todas las líneas trazadas para la adquisición de los datos, donde el eje X representa las longitudes para cada línea y el eje Y representa el tiempo de arribo de las reflexiones y difracciones de las ondas electromagnéticas.

De acuerdo con el análisis realizado a cada uno de los perfiles, se determinaron dos puntos anómalos con las características necesarias como para ser señalados como de interés (Imagen 5), pero que después de haber sido investigadas por medio de excavación (supervisada por peritos especializados de la PGR), no dieron resultados positivos.

Se trataron de anomalías de alta reflectividad que se señalaron con potencial de excavación por sus dimensiones y por su naturaleza reflectante en las posiciones según la imagen 29 y 33.

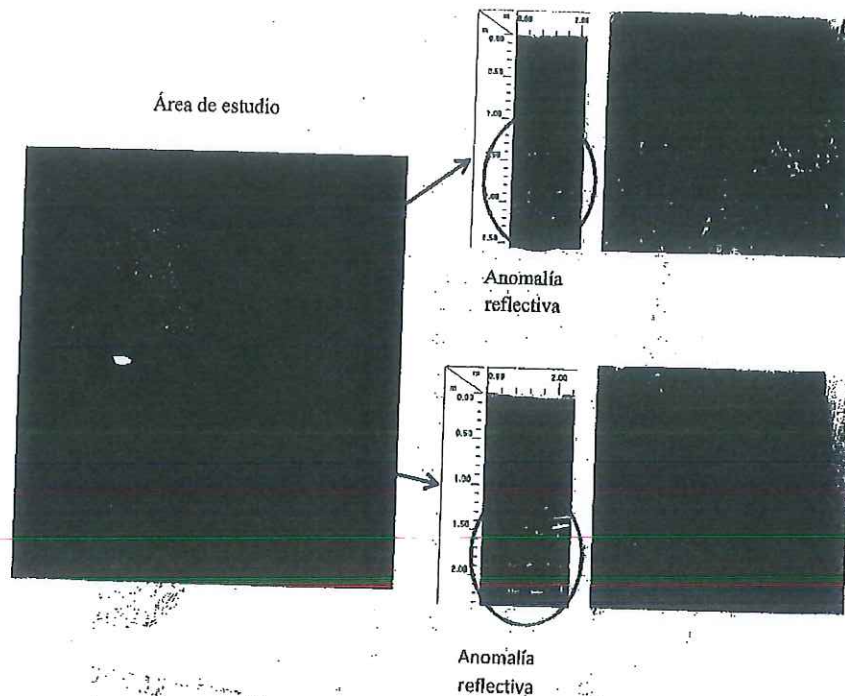


Imagen 5. Anomalías señaladas y excavación sin resultados positivos.

Conclusiones

Es importante referir que la intervención, colaboración y asesoría para la búsqueda de restos humanos fue en todo momento coordinado por el [REDACTED] Ministerio Público de la Federación, a cargo de las diligencias y los peritos de la Procuraduría General de la República.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto concluimos que:

1. La exploración con Georadar solo se pudo llevar a cabo en el área de Tijeritas, Iguala.
2. En total se tomaron 44 perfiles de los cuales solo dos presentaron anomalías.
3. La investigación de las anomalías por medio de excavación no dieron resultados positivos.
4. La información obtenida en ésta diligencia permite descartar la presencia de restos humanos únicamente en las zonas en la cual fue posible realizar la exploración.
5. Asimismo, se cuenta ya con una referencia de las características estratigráficas de la zona para futuras intervenciones.

PROTESTO LO NECESARIO

