



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA
DE GOBIERNO

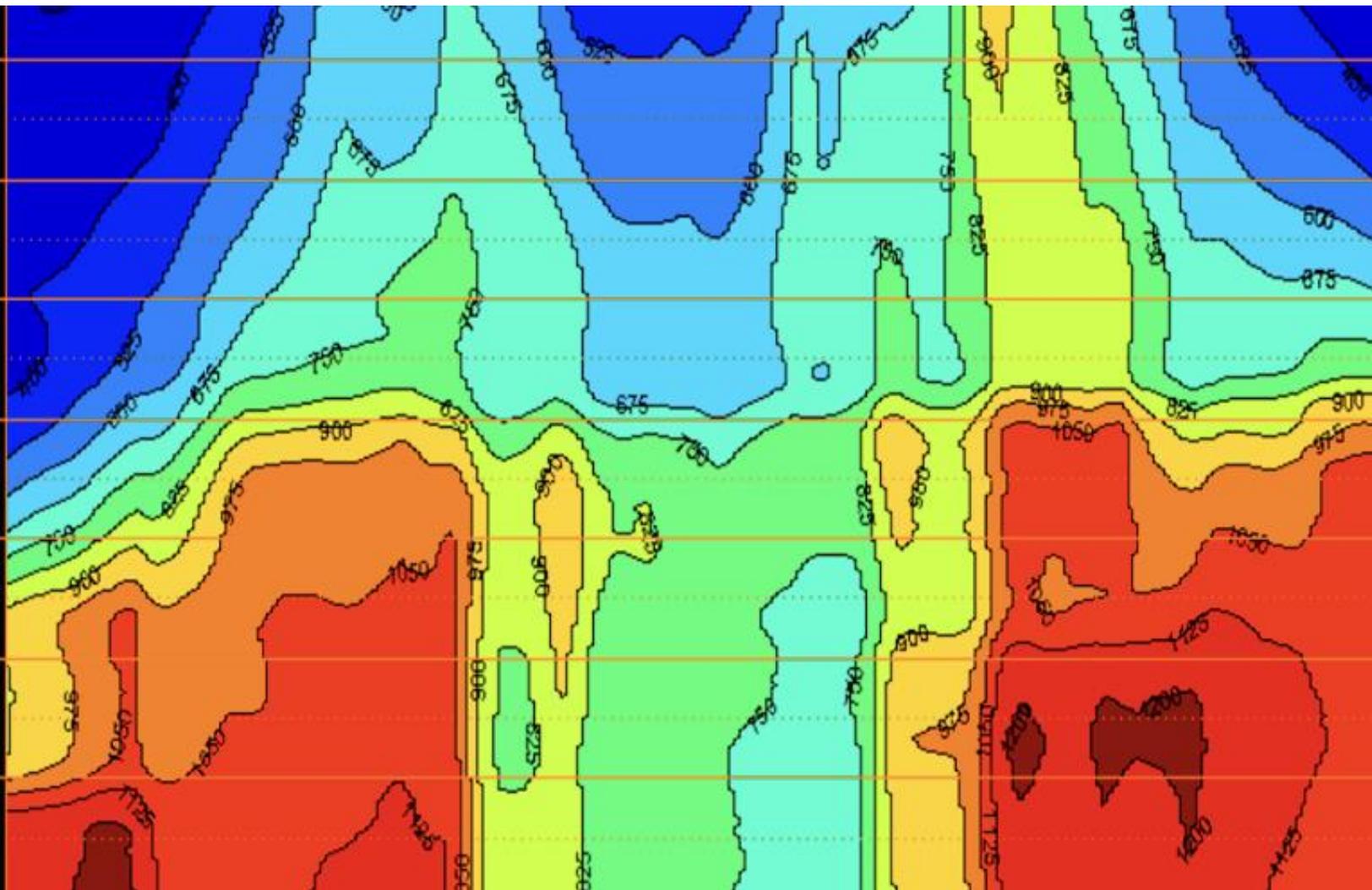


SECRETARÍA DE GESTIÓN INTEGRAL
DE RIESGOS Y PROTECCIÓN CIVIL

SECRETARÍA
DE OBRAS Y SERVICIOS

COMPLEMENTO AL ATLAS DE RIESGO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

ESTUDIO GEOFÍSICO EN LA MODALIDAD DE IMAGEN DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA Y GPR.



**COLONIAS
DANIEL GARZA, AMPLIACIÓN DANIEL GARZA,
16 DE SEPTIEMBRE, AMÉRICA Y OBSERVATORIO
CDMX**



Créditos

Informe realizado por la Secretaría de Obras y Servicios y la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de la Ciudad de México en cumplimiento, a la solicitud vecinal; de los habitantes de las Colonias Daniel Garza, Ampliación Daniel Garza, América, 16 de septiembre y Observatorio.

Secretaría de Obras y Servicios de la Ciudad de México

Mtro. Jesús Antonio Esteva Medina
Secretario de Obras y Servicios de la CDMX

Arq. Ana Laura Martínez Gómez
Dirección Ejecutiva de Proyectos de Obra Pública

Arq. Brenda Edith Arana Avelino
Residente - Jefatura de Unidad Departamental de Proyectos Especiales A2

Mtra. Claudia Ivette Rivera Flores
Subdirección de Planeación y Evaluación de Proyectos

Jessica Díaz Partida
Líder de Proyectos

EPIESA Exploración, Perforación y Estudios de Subsuelo, S.A. de C.V.
Empresa Especializada

Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de la Ciudad de México

Arq. Myriam Urzúa Venegas
Secretaria de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de la CDMX

Rafael Humberto Marín Cambranis
Dirección General de Análisis de Riesgos

Edgar Eduardo Escobar Escalona
Jefatura de Unidad Departamental de Sistemas de Información Geográfica

Secretaría de Gobierno de la Ciudad de México

Ricardo Ruiz Suárez
Secretario de Gobierno de la CDMX

Guillermo Ramírez Hernández
Dirección General de Coordinación Política, Prevención y Buen Gobierno Regional Poniente

Esperanza Nalleli Torres González
Jefatura de Unidad Departamental de Atención a Grupos Sociales

Mónica Rosales Miranda
Líder Coordinador de Proyectos. de Atención a Grupos Sociales "D"



Índice

Glosario.....	1
Presentación.....	2
Objetivo.....	3
Problemática.....	4
Alcances.....	5
Metodología.....	6
Desarrollo.....	7
Colonia Daniel Garza y Ampliación Daniel Garza.....	7
Ubicación.....	7
Campaña de Exploración.....	8
Resultados.....	17
Tomografía Eléctrica y/o Imágenes De Resistividad.....	17
Radar de Penetración Terrestre.....	30
Sondeos Mecánicos.....	53
Plantas de Resistividad.....	65
Video Grabación de Pozos.....	67
Colonia América.....	87
Ubicación.....	87
Campaña de Exploración.....	88
Resultados.....	94
Tomografía Eléctrica.....	94
Radar de Penetración Terrestre.....	107
Sondeos Mecánicos.....	120
Plantas de Resistividad.....	126
Video Grabación de Pozos.....	128
Colonia 16 de Septiembre.....	141
Ubicación.....	141
Campaña de Exploración.....	142
Resultados.....	145
Tomografía Eléctrica.....	145
Radar de Penetración Terrestre.....	151
Sondeos Mecánicos.....	158
Plantas de Resistividad.....	162



Videograbación de Pozos.	164
Colonia Observatorio.....	169
Ubicación.	169
Campaña de Exploración	170
Resultados	175
Tomografía Eléctrica y/o Imágenes de Resistividad.....	175
Radar de Penetración Terrestre (GPR)	186
Sondeos Mecánicos.....	199
Plantas de Resistividad	203
Videograbación de Pozos.	205
Conclusiones y Recomendaciones.....	211



Glosario

- **Anomalías geofísicas:** Son aquellos valores altos y/o bajos de resistividad y/o de frecuencia que contrastan en la imagen de resistividad y radargrama y que están asociados a cambios en los materiales o que representan estructuras geológicas de riesgo, tales como, zonas de asentamientos, fracturas, fallas y cavidades.
- **Cavidad colapsada:** Zona que presenta cavidades; sin embargo, sus techos han sufrido caídos, lo que genera asentamientos y/o hundimientos en la superficie.
- **Cavidad rehabilitada:** Zonas que presentaban una cavidad, pero que fueron rellanadas por materiales.
- **Envelope:** Filtro usado para resaltar anomalías de GPR.
- **Geofísica:** Ciencia derivada de la geología que trata del estudio de las propiedades físicas de la Tierra.
- **Imagen de resistividad y/perfil de resistividad:** Resultado del procesamiento de datos adquiridos por medio de la técnica de tomografía eléctrica y que se visualiza en un perfil 2D, el cual grafica valores de resistividad vs profundidad.
- **Posible cavidad:** Zona en la que se infiere que existe una cavidad; sin embargo, esta no está comprobada.
- **Radar de penetración terrestre (GPR):** Método no invasivo de análisis de materiales basado en la transmisión de ondas electromagnéticas de banda ultra ancha en los materiales; en el rango de 10 MHz a 2,6 GHz. Una parte de la onda electromagnética se refleja cuando se alcanza un límite entre dos materiales con diferentes propiedades eléctricas.
- **Radargrama:** Imagen resultante de la adquisición e interpretación de la técnica de GPR y que se visualiza en frecuencia vs profundidad.
- **Reflector:** Una interfase entre capas de propiedades acústicas, ópticas o electromagnéticas contrastantes. Las ondas de electromagnetismo, calor, luz y sonido pueden reflejarse en este tipo de interfase. En los datos sísmicos, un reflector podría representar un cambio litológico, una falla o una discordancia. Un reflector se expresa como una reflexión en los datos sísmicos.
- **Resistividad:** Propiedad fundamental del material que cuantifica la fuerza con la que un material dado se opone al flujo de corriente eléctrica.
- **Sondeo Mecánico:** Perforación llevada a cabo en el subsuelo por una máquina. Estas perforaciones pueden variar en diámetro y profundidad.
- **Tomografía eléctrica (TRE):** Técnica geofísica que permite determinar las variaciones de resistividad y conductividad eléctrica de las rocas y suelos.



Presentación

El presente **“Estudio Geofísico En La Modalidad De Imagen De Resistividad Eléctrica Y GPR”** surge como respuesta a la necesidad de abordar integralmente la problemática geofísica en las colonias Daniel Garza, Ampliación Daniel Garza, América, 16 de Septiembre y Observatorio, ubicadas al poniente de la Ciudad de México.

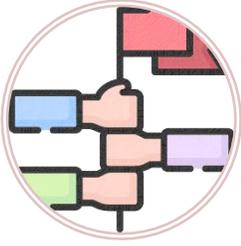
Las colonias mencionadas han enfrentado históricamente desafíos en términos de seguridad y protección civil. Si bien, se cuentan con estudios preexistentes realizados por la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de la CDMX, así como por parte de la Alcaldía Miguel Hidalgo, la falta de un estudio geofísico integral que incorpore un levantamiento de datos general de toda la zona y no solo en puntos específicos, ha contribuido a la incertidumbre y a la sensación de riesgo de los habitantes de la zona lo que ha resultado en que la propia comunidad demande de manera persistente la atención de las autoridades correspondientes, reflejando la preocupación y la necesidad de contar con medidas preventivas y correctivas adecuadas.

El objetivo principal de este estudio es evaluar la vulnerabilidad geológica de las colonias Daniel Garza, Ampliación Daniel Garza, América, 16 de Septiembre y Observatorio. Se busca identificar los riesgos potenciales asociados a la existencia de posibles cavidades, así como proponer medidas para mitigar estos riesgos y proteger la vida y el patrimonio de los habitantes de estas comunidades.

Los resultados del estudio revelan una serie de hallazgos significativos que subrayan la urgencia de intervención en materia de protección civil en estas colonias.

Este estudio representa un paso fundamental hacia la protección y seguridad, lo cual responde a la demanda ciudadana de una atención integral a la protección civil en esta zona. Es imperativo que las autoridades y la comunidad trabajen en conjunto para implementar las recomendaciones formuladas y garantizar la seguridad y el bienestar de todos los habitantes de estas comunidades.

Objetivo



El objetivo principal del estudio geofísico es determinar las condiciones litológicas y estratigráficas de las Colonias Daniel Garza, Ampliación Daniel Garza, América, 16 de septiembre y Observatorio. Este estudio tiene como meta primordial detectar posibles anomalías correlacionadas a cavidades (en caso de existir), así como su distribución espacial y posible dirección.

Se busca identificar las características geofísicas que puedan indicar la presencia de estas cavidades y proporcionar información detallada sobre su extensión y profundidad.

Con base en los resultados obtenidos, se pretende establecer una dictaminación de riesgos para estar en posibilidad de tomar medidas preventivas y de mitigación adecuadas para salvaguardar la seguridad y bienestar de la población residente.

En resumen, el objetivo del estudio geofísico es proporcionar una evaluación integral de las condiciones del subsuelo en las Colonias Daniel Garza, Ampliación Daniel Garza, América, 16 de septiembre y Observatorio, con el fin de identificar y gestionar de manera efectiva los riesgos asociados con la presencia de cavidades subterráneas, contribuyendo así a la seguridad y tranquilidad de los habitantes de la zona.

Problemática



La Alcaldía Miguel Hidalgo, ubicada en la Ciudad de México, presenta una geología compleja influenciada por su ubicación en las faldas de la Sierra de las Cruces. Este dictamen geológico tiene como objetivo proporcionar una evaluación detallada de las características geológicas de la zona, destacando su relevancia para la planificación urbana y la gestión del territorio.

La Sierra de las Cruces, que se extiende a lo largo del límite entre la Cuenca del Valle de México y la cuenca de Toluca, es una formación montañosa compuesta principalmente por unidades volcánicas de composición intermedia a ácida. Estas unidades volcánicas han generado una diversidad de materiales en la región, incluyendo caída de matriz fina (arcilla-arena fina) con inclusiones de pómez, así como matriz granular con fragmentos de roca.

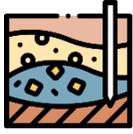
La composición litológica de la zona ha generado diversos patrones de drenaje que influyen en la distribución y clasificación de los materiales. Esto se traduce en una distribución irregular de los materiales, que varía desde ceniza fina hasta bloques gruesos en diferentes áreas de la Alcaldía.

Es importante destacar que muchas colonias se caracterizan por la presencia de materiales volcánicos, los cuales han sido utilizados como bancos de material para la construcción. Esta actividad de extracción ha generado una red de túneles de diversos tamaños y formas erráticas en el subsuelo, lo que puede representar un riesgo potencial para la estabilidad de la zona y la seguridad de sus habitantes. Las cavidades dejadas por la mina abandonada crean condiciones de inestabilidad, estas se acentúan en zonas donde el vacío es más amplio (intersecciones de varios túneles). Otro factor que influye en la caída de los techos de la mina es la cantidad de carga lito-estática que soportan los túneles, provocando la deformación y/o el colapso de las galerías. La carga de la columna se puede ver incrementada por la presencia de construcciones, afectando negativamente en la estabilidad de las cavernas.

Finalmente, otro factor que afecta la estabilidad de los túneles de las minas son las filtraciones de agua en el subsuelo. A pesar de que los depósitos presentan en su matriz cierta proporción de arcillas, la roca es poco cohesiva, otorgándole una porosidad suficiente para permitir una importante filtración de agua de lluvia dentro de la matriz de los depósitos vulcanoclásticos. La filtración del agua se observa preferentemente sobre fracturas.

Para llevar a cabo el estudio fue necesario analizar los antecedentes del polígono de estudio, realizados por Dirección General de Análisis de Riesgos de la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de la Ciudad de México, los cuales en su mayoría realizaron estudios de GPR; los cuales sugieren realizar sondeos eléctricos verticales y el estudio de resistividad eléctrica.

Alcances



Identificación de anomalías en la resistividad eléctrica

- Utilizando la técnica de imagen de resistividad eléctrica, se busca identificar anomalías en la resistividad del subsuelo que puedan indicar la presencia de cavidades. Las cavidades suelen tener una resistividad eléctrica diferente a la del material circundante, lo que permite su detección mediante esta técnica.



Mapeo de la geometría de las cavidades

- La imagen de resistividad eléctrica proporciona información sobre la geometría y la extensión de las cavidades detectadas en el subsuelo. Esto incluye su forma, tamaño y profundidad, lo que permite una caracterización detallada de las mismas.



Localización de las cavidades:

- El GPR es una técnica que permite obtener imágenes de alta resolución del subsuelo y detectar cambios en las propiedades electromagnéticas del mismo. Esto incluye la capacidad de identificar la presencia de cavidades, así como su ubicación y su relación con otras características geológicas.



Evaluación del riesgo asociado a las cavidades

- Una vez detectadas las cavidades, el estudio geofísico permite evaluar el riesgo asociado a las mismas, incluyendo la posibilidad de colapso o hundimiento del terreno. Esto es fundamental para la planificación urbana y la gestión de riesgos en áreas donde la presencia de cavidades representa una amenaza para la seguridad de la población.

Metodología

Recopilación de información



• Con base en la ubicación del sitio de estudio, se verificó la existencia de estudios previos cercanos que permitan conocer de manera general las condiciones del área de estudio. Esta etapa también conlleva realizar un análisis de la geología local para determinar la respuesta del método geofísico aplicado. Esto permite diseñar o realizar modificaciones en la adquisición de datos.

Adquisición de datos



• Para poder hacer la evaluación del problema se aplicaron métodos de prospección geoelectrica y electromagnéticas. La adquisición se realizó mediante las metodologías de imágenes de resistividad con arreglo dipolodipolo y radar de penetración terrestre.

Evaluación y procesado de datos:



• En el tema de geofísica se realiza una primera evaluación de datos realizando un modelado directo (datos completos, sin filtrar) para determinar el procedimiento adecuado.

Modelado de datos



• Utilizando programas especiales de interpretación de datos se realiza un procedimiento matemático que permite obtener un modelo descriptivo del área de estudio. Este procedimiento no es único. Es necesario realizar varias comparaciones hasta obtener un modelo estadístico, acoplable y representativo de las características geológicas del sitio. Se construyen modelos geológicos descriptivos que permitan caracterizar el área de estudio con base en las propiedades evaluadas, correlacionando los datos recopilados con los evaluados en campo.

Verificación de anomalías



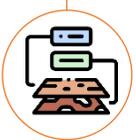
• Se llevan a cabo perforaciones de las anomalías ubicadas con las técnicas geofísicas para corroborar y/o descartar la existencia de cavidades.

Videograbaciones



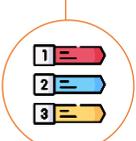
• Se realizan grabaciones de las perforaciones para observar la dirección y dimensión de las cavidades en caso de que las perforaciones sean positivas.

Dictaminación de riesgos



• Se llevará a cabo la revisión detallada del Estudio geofísico por medio de un Geotecnista para evaluar el nivel de riesgo de las cavidades detectadas y su posible tratamiento.

Conclusiones y recomendaciones



• Considerando los resultados, se hace una evaluación del área y se realiza un mapa de anomalía de zonas susceptibles a asentamientos y fracturamientos, en función de las posibles cavidades existentes y/o rellenas.

Desarrollo

Colonia Daniel Garza y Ampliación Daniel Garza

Ubicación



Las Colonias Daniel Garza y ampliación Daniel Garza donde se realizó el estudio geofísico pertenecen a la Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX y están delimitadas al norte por la Av. Constituyentes y el Bosque de Chapultepec II sección, al sur por la colonia Observatorio y la Calle Barranquillas, al oeste por la colonia América y al este por la colonia Chapultepec I sección; tal como se muestra en la Ilustración 1.

Geográficamente el área estudiada está delimitada por los siguientes vértices de coordenadas.

SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)		
VERTICES	X	Y INICIAL
A	479879.8689	2146430.6092
B	480007.4118	2146161.0766
C	479986.0810	2146074.2127
D	479687.9172	2145917.8952
E	479522.3679	2145907.9867
F	478929.1410	2145399.9442
G	478925.9297	2145886.2908

Tabla 1 Coordenadas del Área de Estudio

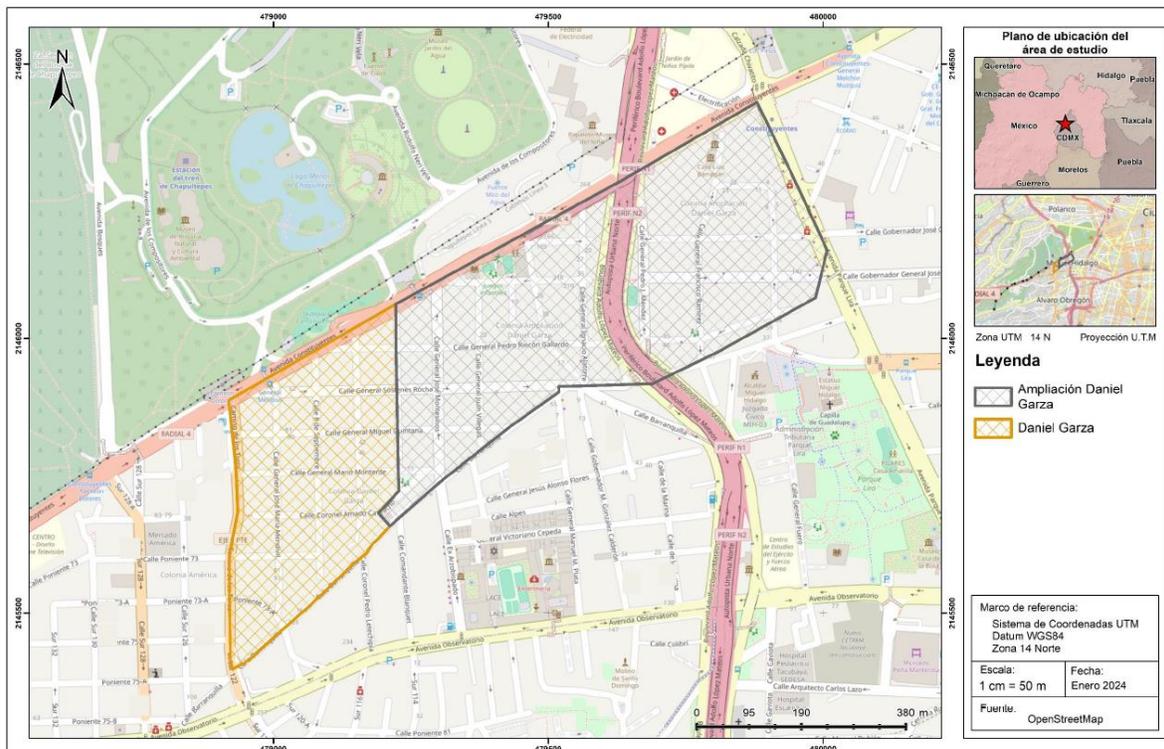


Ilustración 1 Área de Estudio

Campaña de Exploración



Para la campaña de exploración geofísica, se utilizaron las técnicas de Tomografía eléctrica (imágenes de resistividad) y radar de penetración terrestre (GPR). El Método geoelectrico de corriente continua en la modalidad de imágenes de resistividad (Dipolo-Dipolo), tiene como finalidad determinar la variación de la resistividad eléctrica del subsuelo en función de la profundidad a lo largo de un perfil en 2 dimensiones. Se realizaron en campo 25 líneas de imágenes de resistividad; las cuales se ubicaron de forma que se cubriera la mayor parte de la Colonia Daniel Garza y Ampliación Daniel Garza, posiblemente afectada por cavidades generadas por la extracción del material. Las imágenes de resistividad promedian entre 15 y 20 metros de profundidad. Las coordenadas UTM de la ubicación de los trabajos de geofísica y distribución de las imágenes de resistividad se observa en la tabla No.2 y la Ilustración 2.

COORDENADAS DE LAS LÍNEAS DE RESISTIVIDAD				
SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)				
LÍNEAS	X INICIAL	Y INICIAL	X FINAL	Y FINAL
L1 8 DE SEPTIEMBRE	479069	2145954	479085.025	2145564.4
L2 CAMACHO	478967	2145679	479206.34	2145687.01
L2 CAMACHO (CONT)	479195	2145686	479269.497	2145762.51
L3-MENDIVIL	479005	2145921	479008.007	2145503.09
L4- TOLA	478931	2145604	479082.898	2145608
L5-CONSTITUYENTES	478929	2145882	479603.187	2146257.66
L6-CAMINO A LOS TOROS	478915	2145833	478914.003	2145423.14
L7-VILLEGAS	479371	2146090	479376.015	2145812.14
L8-MORAN	479429	2146108	479436.917	2145984.3
L9-CALDERÓN	479549	2145907	479573.678	2145800.06
L10-BARRANQUILLA	479434	2145843	479521.857	2145909.14
L11-IGNACIO ESTEVA	480121	2146370	480075.059	2146259.14
L12-SÓSTENES ROCHA	478973	2145896	479649.78	2145914.99
L13-RINCON GALLARDO	479099	2145975	479599.795	2145991.12
L14-JOSÉ MORÁN	479352	2146105	479571.733	2146109.95
L14-JOSÉ MORÁN (CONT)	479675	2146104	479980.486	2146109.97
L15-ECHEGARAY	479461	2146158	479489.136	2145995.22
L16-ALATORRE	479563	2146216	479565.014	2145938.12
L17-MONTESINOS	479291	2146081	479298.016	2145719.19
L18-QUINTANA	478935	2145823	479435.824	2145836.02
L19-LOERA	479222	2146045	479229.017	2145715.22
L20-HINOJOSA	479143	2145997	479152.02	2145641.21
L21-MONTERDE	478940	2145756	479298.999	2145762.02
L22-CEBALLOS	479451	2146170	479578.808	2146175.03
L23-CEBALLOS	480111	2146275	480060.436	2146287.14
L24-ANDADOR	479674	2146306	479868.905	2146411.41
L25-PONIENTE 73	478929	2145527	478982.26	2145513.94

Tabla 2 Coordenadas de Líneas de Resistividad

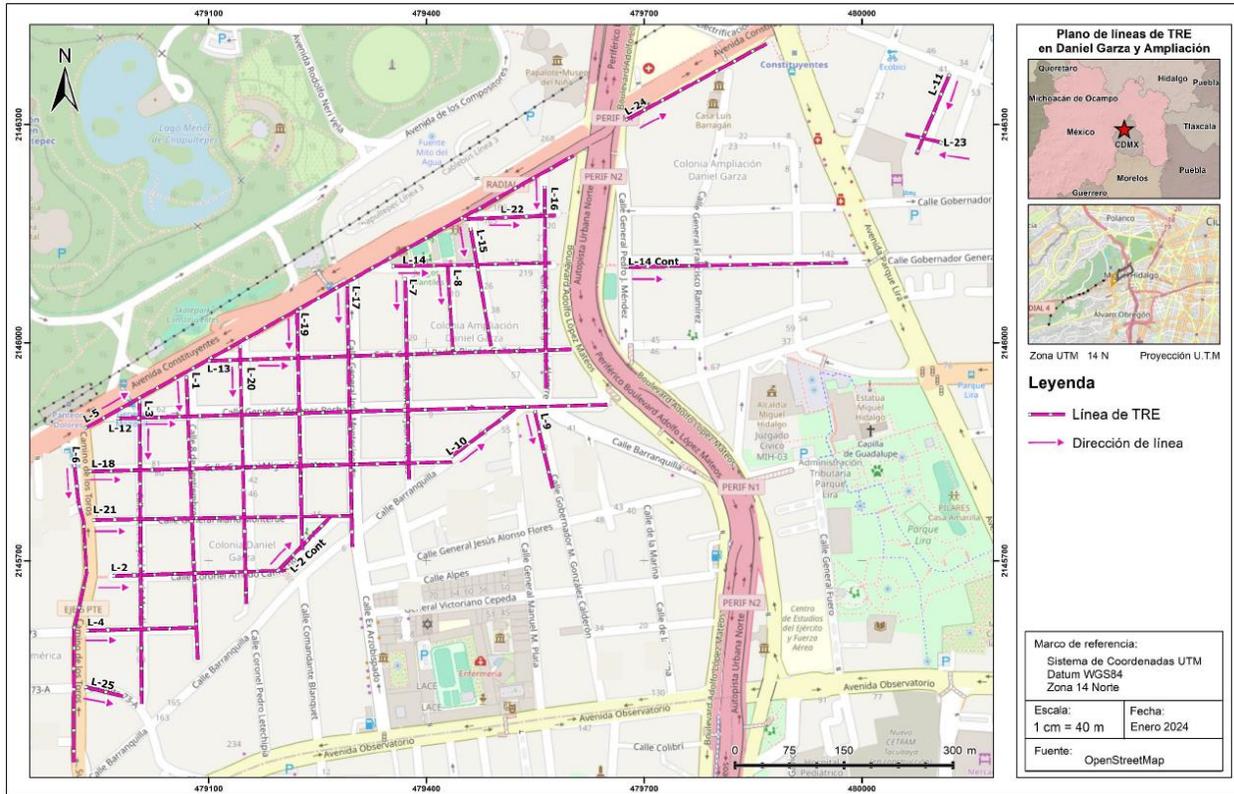


Ilustración 2 Líneas de Resistividad

Con la técnica de Radar de Penetración Terrestre se busca identificar variaciones en las propiedades dieléctricas del medio, las cuales se observan en los radargramas como reflectores o variaciones en la amplitud de la señal recibida por la antena GPR, mismas que a su vez es posible correlacionar con cambios de materiales, saturación, instalaciones de servicio, objetos enterrados y/o posibles cavidades. En la campaña de adquisición se llevaron a cabo 47 líneas de GPR con una profundidad de investigación de 9 metros, las cuales se ubicaron en las diferentes calles de acuerdo con el levantamiento de las líneas de Tomografía, además se realizaron 62 líneas de GPR distribuidas dentro de 10 domicilios que presentaron hundimientos o agrietamientos en la colonia Daniel Garza y Ampliación Daniel Garza, el objetivo es corroborar las anomalías observadas en las líneas de Dipolo-Dipolo, y de esta forma poder verificar por medio de una perforación la posible cavidad y/o el origen de la anomalía generada en caso de presentarse. La distribución de las imágenes de GPR y las coordenadas UTM de la ubicación de las líneas se observa en las tablas No. 3 y 4 e ilustraciones No. 3 a 10.

COORDENADAS DE LAS LÍNEAS DE GPR				
SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)				
LÍNEAS	X INICIAL	Y INICIAL	X FINAL	Y FINAL
L1-1 08 DE SEPTIEMBRE	479074	2145955	479086	2145565
L1-2 08 DE SEPTIEMBRE	479069	2145954	479078	2145737
L1-3 08 DE SEPTIEMBRE	479071	2145955	479077	2145809
L1-4 08 DE SEPTIEMBRE	479070	2145952	479072	2145906
L1-5 08 DE SEPTIEMBRE	479072	2145953	479074	2145906
L2-1 CAMACHO	478967	2145679	479183	2145685



L2-2 CAMACHO	479194	2145685	479272	2145766
L3-1 MENDIVIL	479007	2145923	479009	2145506
L3-2 MENDIVIL	479005	2145921	479006	2145817
L4 GENERAL LUIS TOLA	478931	2145605	479085	2145608
L5 AV. CONSTITUYENTES	478929	2145882	479623	2146269
L6 ANDADOR CONSTITUYENTES	478915	2145873	478915	2145757
L7 GENERAL VILLEGAS	479372	2146091	479378	2145811
L9 CALDERÓN	479550	2145910	479574	2145802
L10 BARRANQUILLA	479435	2145845	479523	2145911
L12-1 GENERAL SÓSTENES ROCHA	478973	2145898	479249	2145906
L12-2 GENERAL SÓSTENES ROCHA	478973	2145896	479165	2145901
L13-1 PEDRO RINCÓN GALLARDO	479098	2145978	479378	2145985
L13-2 PEDRO RINCÓN GALLARDO	479392	2145986	479456	2145987
L13-3 PEDRO RINCÓN GALLARDO	479529	2145990	479589	2145992
L13-4 RINCÓN GALLARDO	479915	2146051	479960	2146056
L13-5 RINCÓN GALLARDO	479915	2146049	479957	2146053
L13-6 RINCÓN GALLARDO	479948	2146048	479961	2146050
L13-7 RINCÓN GALLARDO	479959	2146058	479960	2146047
L13-8 RINCÓN GALLARDO	479955	2146057	479956	2146048
L13-9 RINCÓN GALLARDO	479933	2146055	479934	2146044
L13-10 RINCÓN GALLARDO	479916	2146053	479917	2146045
L13-11 RINCÓN GALLARDO	479916	2146044	479925	21460
L13-4 RINCÓN GALLARDO	479915	2146051	479960	2146056
L14-1 JOSÉ MORÁN	479432	2146107	479532	2146109
L14-2 JOSÉ MORÁN	479646	2146103	480021	2146111
L15 ECHEGARAY	479461	2146160	479482	2146034
L15-1 ECHEGARAY	479505	2145981	479544	2145937
L15-2 ECHEGARAY	479503	2145980	479541	2145936
L15-3 ECHEGARAY	479536	2145940	479541	2145944
L15-4 ECHEGARAY	479530	2145947	479534	2145950
L15-5 ECHEGARAY	479524	2145953	479528	2145957
L15-6 ECHEGARAY	479512	2145967	479518	2145972
L15-7 ECHEGARAY	479502	2145978	479506	2145981
L16 ALATORRE	479561	2146219	479565	2145940
L17 MONTESINOS	479291	2146081	479298	2145716
L18-1 MIGUEL QUINTANA	478935	2145824	479435	2145837
L18-2 MIGUEL QUINTANA	478935	2145823	479090	2145827



L19 LOERA	479222	2146041	479230	2145715
L20 HINOJOSA	479143	2145998	479152	2145641
L21 MONTERDE	478939	2145756	479302	2145763
L22 CEBALLOS	479452	2146171	479580	2146176
L24 ANDADOR CONSTITUYENTES	479674	2146306	479807	2146376

Tabla 3 Coordenadas de líneas GPR

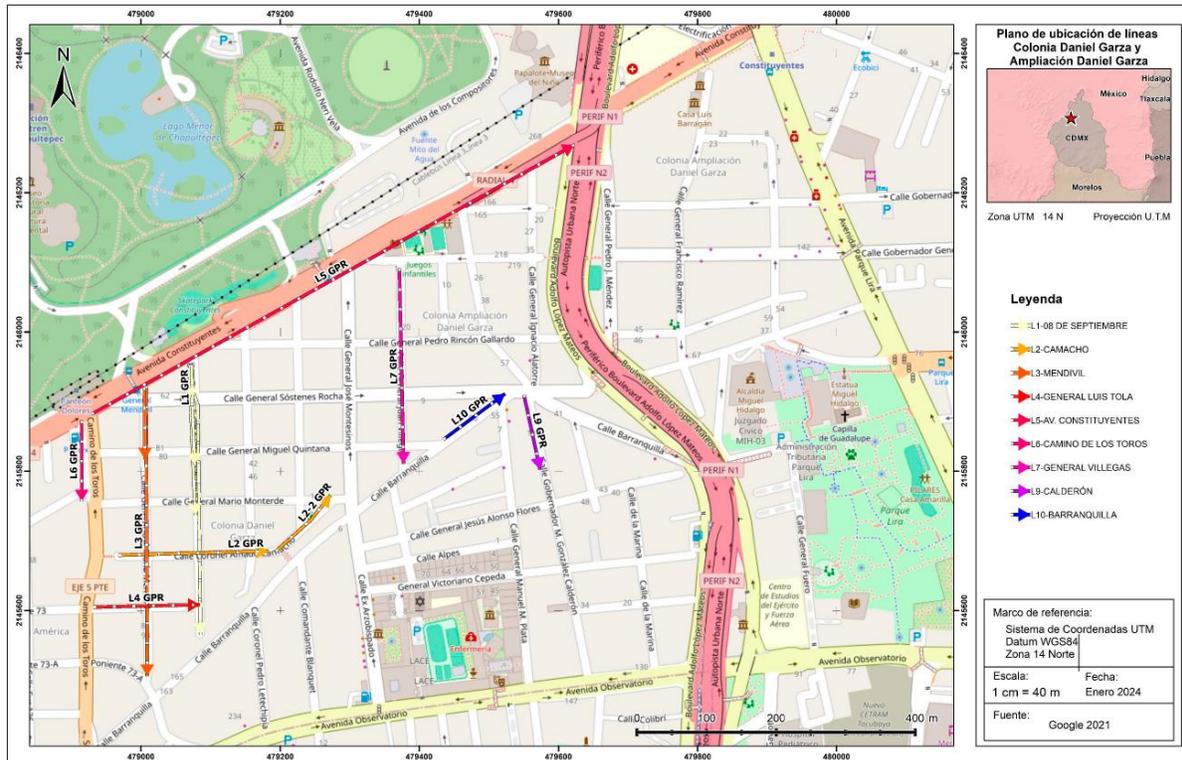


Ilustración 3 Distribución de la línea 1 a 10 de GPR



Ilustración 4 Distribución de las Líneas 11 a 24 de GPR

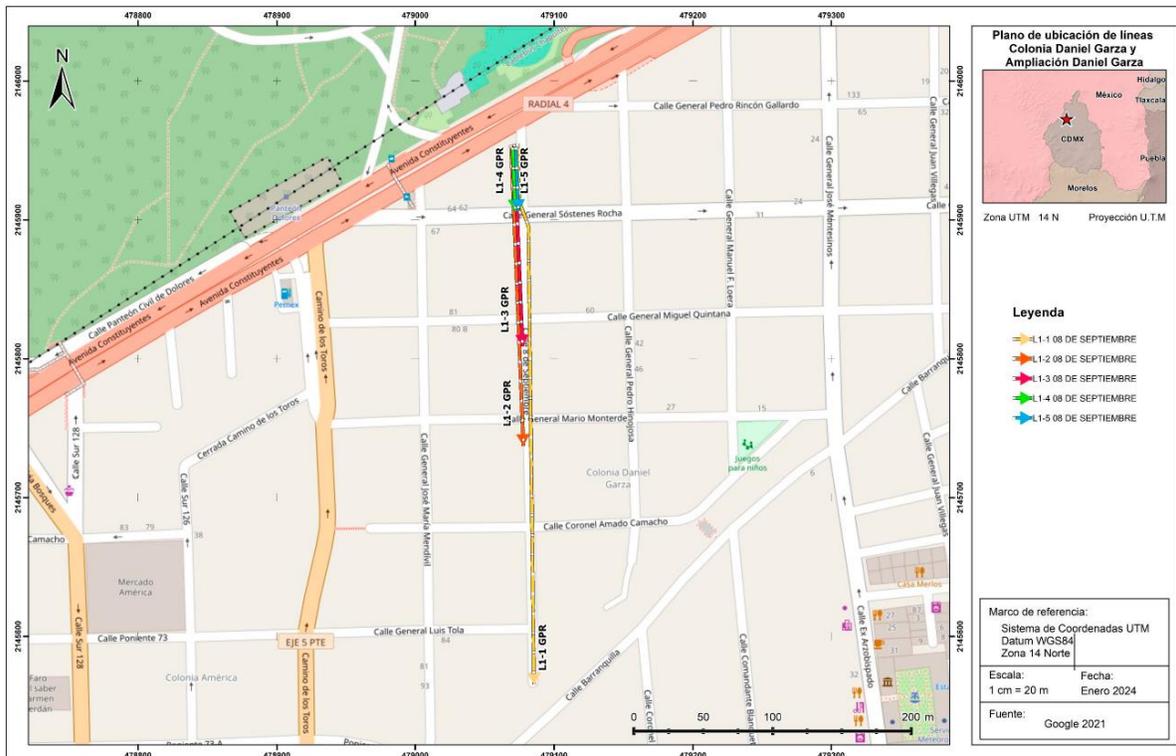


Ilustración 5 Distribución de línea 1-1 a 1-5 de GPR

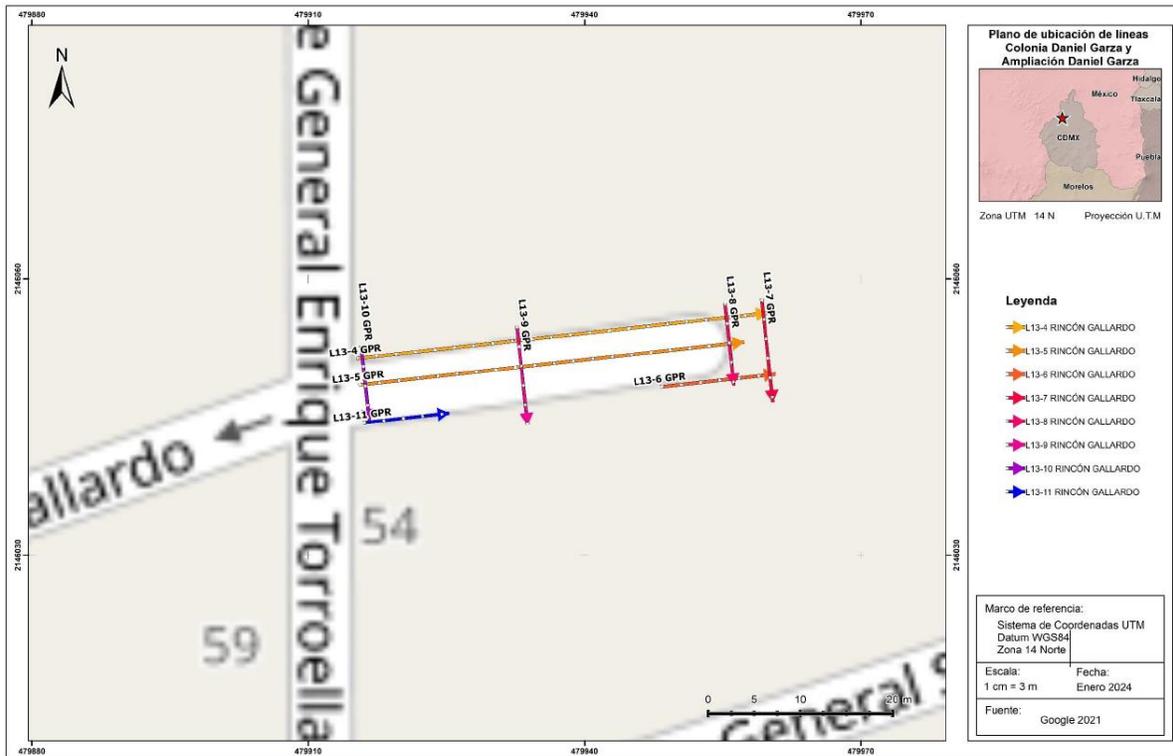


Ilustración 7 Distribución de línea 13-4 a 13-11 de GPR



Ilustración 6 Distribución de líneas 15-1 a 15-7

**COORDENDAS GPR DENTRO DE LOS LOTES**

SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)					
LÍNEAS	X INICIAL	Y INICIAL	X FINAL	Y FINAL	LONG.
L-1 HINOJOSA #25	479121	2145882	479121	2145880	2.548
L-2 HINOJOSA #25	479122	2145882	479122	2145876	6.225
L-3 HINOJOSA #25	479123	2145882	479123	2145876	6.225
L-4 HINOJOSA #25	479125	2145882	479121	2145881	4.601
L-5 HINOJOSA #25	479124	2145880	479121	2145880	3.02
L-6 HINOJOSA #25	479126	2145878	479121	2145878	5.054
L-7 HINOJOSA #25	479126	2145877	479121	2145876	5.0685
L-1 LOERA #32	479149	2145878	479128	2145877	10.235
L-2 LOERA #32	479212	2145850	479223	2145850	10.07
L-3 LOERA #32	479212	2145848	479222	2145848	2.729
L-4 LOERA #32	479213	2145848	479213	2145851	3.235
L-5 LOERA #32	479215	2145848	479215	2145851	2.541
L-6 LOERA #32	479217	2145848	479217	2145850	18.023
L-7 LOERA #32	479225	2145838	479225	2145856	3.929
L-1 08 DE SEPTIEMBRE #38	479101	2145784	479097	2145784	4.643
L-2 08 DE SEPTIEMBRE #38	479101	2145786	479101	2145784	4.502
L-3 08 DE SEPTIEMBRE #38	479100	2145781	479094	2145781	2.149
L-4 08 DE SEPTIEMBRE #38	479105	2145780	479092	2145780	2.173
L-5 08 DE SEPTIEMBRE #38	479105	2145782	479105	2145780	2.173
L-6 08 DE SEPTIEMBRE #38	479093	2145786	479093	2145782	1.702
L-7 08 DE SEPTIEMBRE #38	479099	2145786	479099	2145784	3.984
L-8 08 DE SEPTIEMBRE #38	479097	2145786	479097	2145784	3.961
L-9 08 DE SEPTIEMBRE #38	479105	2145786	479105	2145785	1.867
L-10 08 DE SEPTIEMBRE #38	479094	2145786	479094	2145782	12.408
L-11 08 DE SEPTIEMBRE #38	479101	2145786	479097	2145786	4.008
L-12 08 DE SEPTIEMBRE #38	479084	2145780	479090	2145780	5.467
L-13 08 DE SEPTIEMBRE #38	479084	2145781	479090	2145781	5.561
L-1 MONTERDE #48	479126	2145754	479126	2145741	12.502
L-1 CAMINO DE LOS TOROS #50	478954	2145675	478954	2145666	4.737
L-2 CAMINO DE LOS TOROS #50	478951	2145675	478951	2145666	5.443
L-3 CAMINO DE LOS TOROS #50	478954	2145674	478949	2145674	3.984
L-4 CAMINO DE LOS TOROS #50	478954	2145667	478948	2145667	3.02
L-5 CAMINO DE LOS TOROS #50	478966	2145672	478966	2145667	8.972
L-6 CAMINO DE LOS TOROS #50	478964	2145672	478964	2145667	9.137
L-7 CAMINO DE LOS TOROS #50	478966	2145672	478962	2145672	4.996
L-8 CAMINO DE LOS TOROS #50	478966	2145668	478963	2145668	6.031
L-1 MENDIVIL #64	479013	2145649	479013	2145647	2.008
L-2 MENDIVIL #64	479013	2145649	479018	2145649	5.396
L-3 MENDIVIL #64	479017	2145649	479017	2145646	3.82
L-1 MENDIVIL #66	479013	2145640	479018	2145640	5.02
L-2 MENDIVIL #66	479013	2145641	479018	2145641	1.773
L-3 MENDIVIL #66	479017	2145640	479017	2145642	4.667
L-1 BARRANQUILLA #70	479447	2145883	479447	2145862	21.741
L-2 BARRANQUILLA #70	479456	2145887	479456	2145865	21.976



L-3 BARRANQUILLA #70	479445	2145867	479460	2145867	14.423
L-4 BARRANQUILLA #70	479445	2145876	479458	2145876	13.247
L-5 BARRANQUILLA #70	479445	2145881	479458	2145881	13.035
L-6 BARRANQUILLA #70	479457	2145903	479457	2145887	15.553
L-7 BARRANQUILLA #70	479447	2145907	479516	2145907	68.046
L-8 BARRANQUILLA #70	479444	2145854	479507	2145901	78.399
L-1 MENDIVIL #86	479016	2145562	479032	2145562	15.929
L-2 MENDIVIL #86	479033	2145564	479040	2145564	7.106
L-3 MENDIVIL #86	479015	2145584	479015	2145547	36.093
L-1 BARRANQUILLA #146	479118	2145599	479124	2145593	6.9565
L-2 BARRANQUILLA #146	479118	2145598	479125	2145605	9.699
L-3 BARRANQUILLA #146	479124	2145599	479127	2145603	4.856
L-4 BARRANQUILLA #146	479125	2145598	479129	2145601	6.277
L-5 BARRANQUILLA #146	479129	2145598	479130	2145600	2.321
L-6 BARRANQUILLA #146	479122	2145602	479126	2145598	5.172
L-7 BARRANQUILLA #146	479123	2145604	479129	2145598	7.608
L-8 BARRANQUILLA #146	479125	2145605	479130	2145599	7.476

Tabla 4 Coordenadas de líneas GPR dentro de los lotes

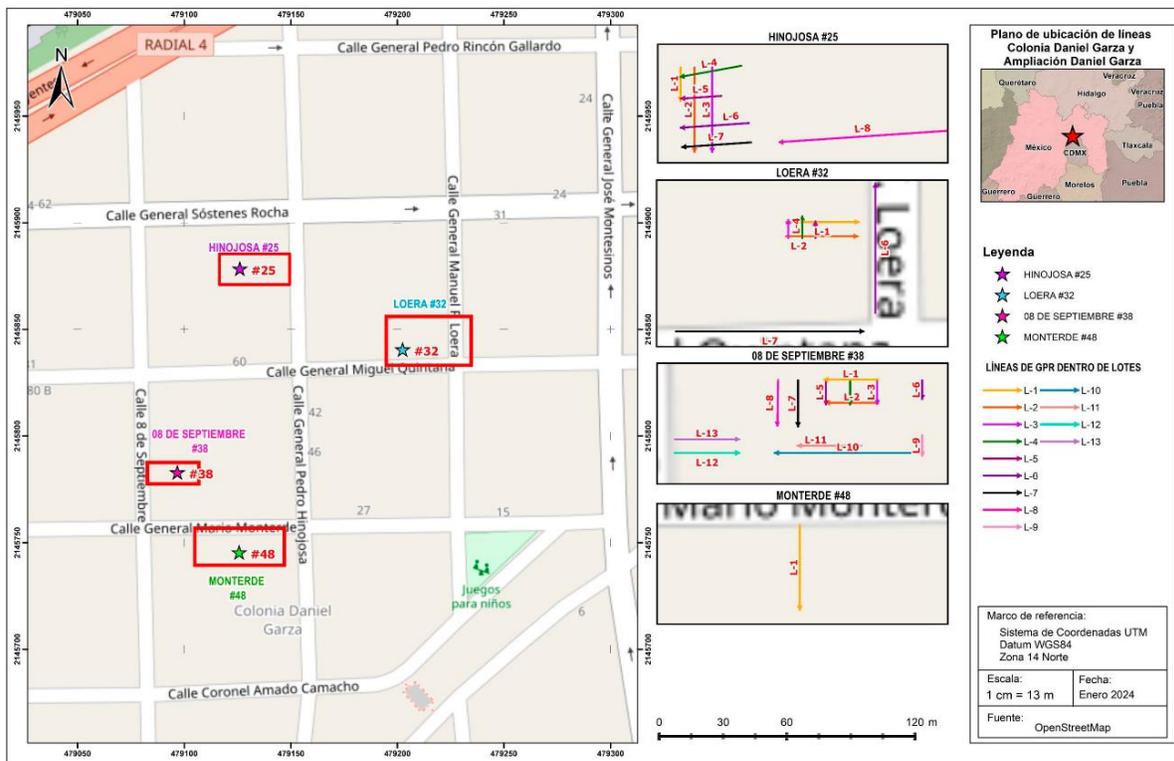


Ilustración 8 Distribución de líneas GPR, lotes: Hinojosa #25, Loera # 32, 8 de septiembre #38 y Monterde #48

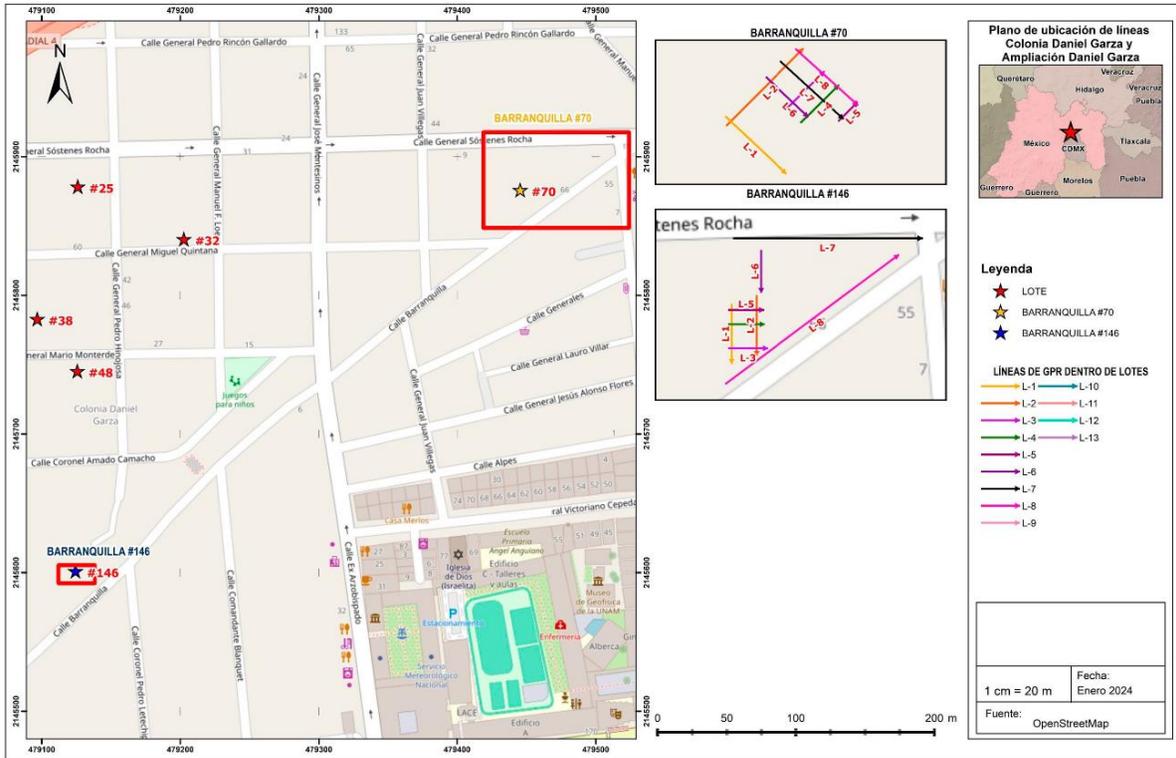


Ilustración 9 Distribución de líneas GPR, lotes: Barranquilla #70 y #146

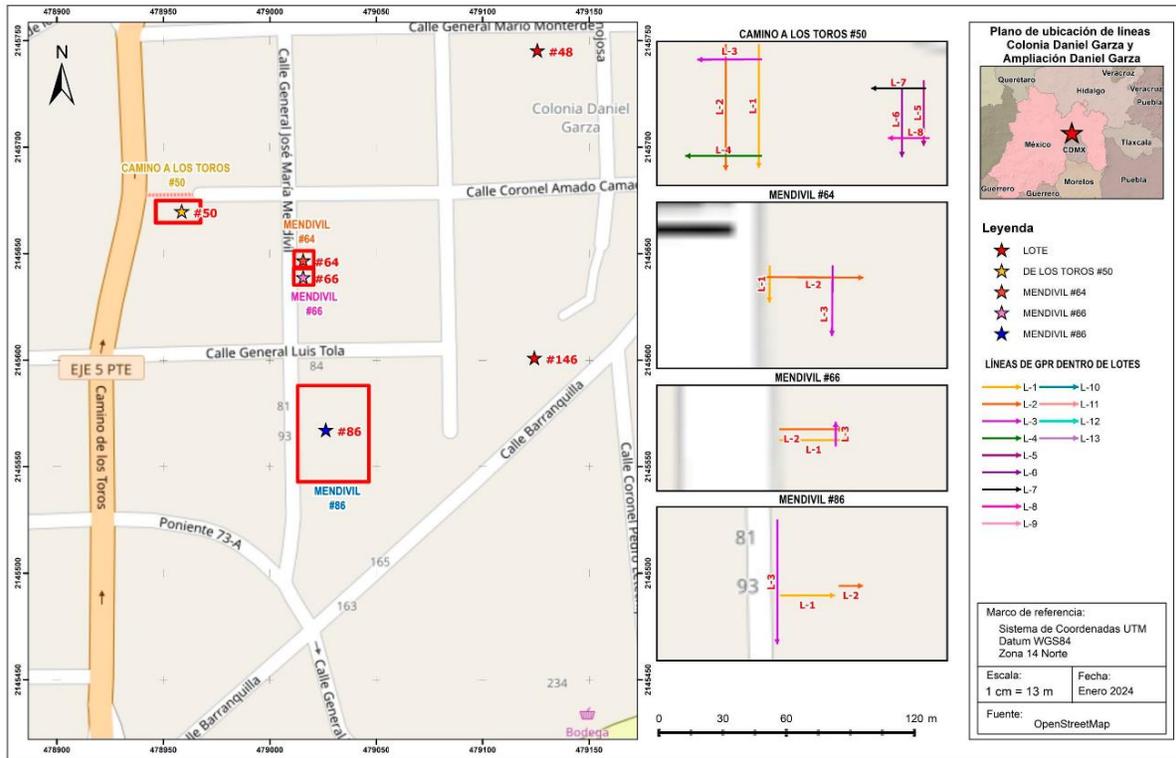


Ilustración 10 Distribución de líneas GPR, lotes: Camino de los toros #50 y Mendivil #64, #66 y #86



Resultados

Tomografía Eléctrica y/o Imágenes De Resistividad.



Para realizar el análisis e interpretación de las Imágenes de Resistividad se realiza la inversión de los datos de las líneas de resistividad mediante el Software AGI 2D, que permite obtener la representación matemática de la distribución de resistividades en un modelo 2D. Este paso en el análisis de datos permite identificar estructuras geológicas (zonas asociadas a posibles cavidades) y contacto entre las diferentes unidades litológicas; así como centralizar las anomalías y mitigar ruido antropogénico. Se obtuvieron los modelos de resistividad de cada una de las líneas.

Para este tipo de ambientes geológicos las variaciones en los valores de resistividad se deben principalmente a cambios en la matriz de los diferentes depósitos piroclásticos, es decir la cantidad de grava, arena, limos o arcillas que constituyen los mismos. Aunado a esta característica, la saturación de agua (ligado principalmente a sedimentos finos como la arcilla; contenido de agua natural) son las dos principales causas de variaciones en las resistividades. A continuación se muestran los modelos de resistividad de las 25 líneas, los cuales, en su escala de resistividad, indican un valor mínimo de 1 Ω -m y máximo de 250 Ω -m. Todos los perfiles presentan la misma escala de resistividad, estando representados en tonos azules los valores más bajos y en morados los más altos.

En las imágenes de resistividad se pretende identificar cambios en las propiedades eléctricas del medio que permitan registrar anomalías asociadas a oquedades. Para ello se buscan cambios drásticos en los valores de resistividad, los cuales podemos correlacionar a cavidades. Este tipo de estructuras se caracterizan por presentar una alta resistividad debido a que el espacio vacío no es conductor y actúa como aislante. Por el tipo de geología existente se espera una distribución cuasi horizontal de capas, siendo las anomalías asociadas a cavidad una discontinuidad de alta resistividad en la capa cuasi horizontal.

De manera general las 25 líneas presentan la siguiente secuencia de resistividades. Las tonalidades que van de verde al rojo en la parte superficial se correlacionan con materiales de relleno y depósitos de arenas y limos. En tonos azules tenemos depósitos piroclásticos de matriz limo-arenoso. Finalmente, como base de las imágenes de resistividad encontramos matices que van del verde al morado y que se asocian con depósitos piroclásticos de matriz arenosa con presencia de limos.

Es importante mencionar que para poder identificar la anomalía relacionada con cavidad se debe de analizar la distribución de la anomalía. La cavidad al ser una heterogeneidad relativamente pequeña (vista en perfil) no tendrá una distribución lateral considerable; es decir las anomalías deben tender tendencia vertical en lugar de horizontal.

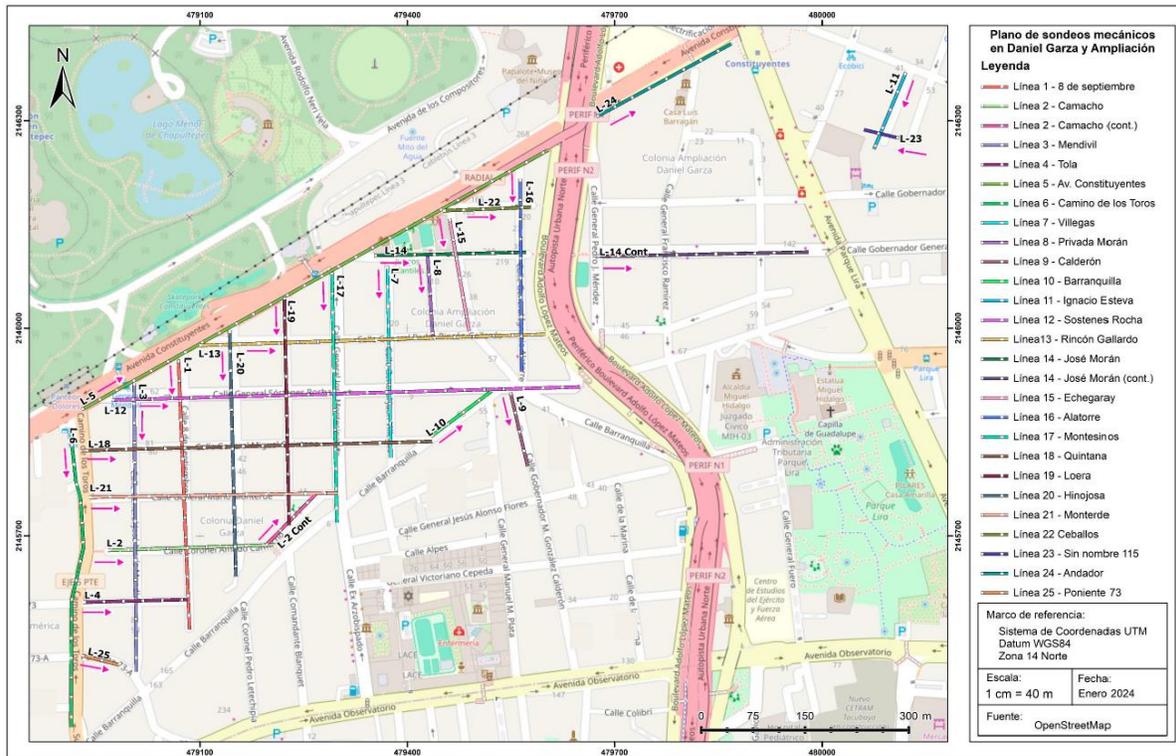


Ilustración 11 Plano Llave Distribución de Líneas de Dipolo



Ilustración 12 Localización Línea 1

Línea 1: Esta línea tiene una longitud de 390 metros (196 electrodos) y se realizó sobre la calle 8 de septiembre. Se pueden apreciar los diferentes cambios litológicos presentes en el área. En esta línea se identificaron superficialmente seis anomalías geofísicas en tonalidades rojas, las cuales en la revisión del área corresponden con zonas de asentamientos que se han reflejado en el asfalto y casas, en estas últimas dañando la infraestructura, ya que presentan cuarteaduras en las paredes. A profundidad en los electrodos 19, 36, 51, 63, 76, 87, 156 y 184 se muestra la interrupción de las tonalidades rojas y anomalías de color naranja-rojo, lo cual es indicativo de posibles cavidades; por lo tanto, se recomienda verificar estos puntos por medio SM.

Se hace mención que de las propuestas anteriores se verificaron las ubicadas en los electrodos 19 y 76, dando como resultado la presencia de una cavidad y una cavidad colapsada, ya que de acuerdo con los resultados de las perforaciones se presentó pérdida de circulación, materiales blandos y la barrena se fue a fondo perdido. Lo anterior se presenta en la ilustración 13.

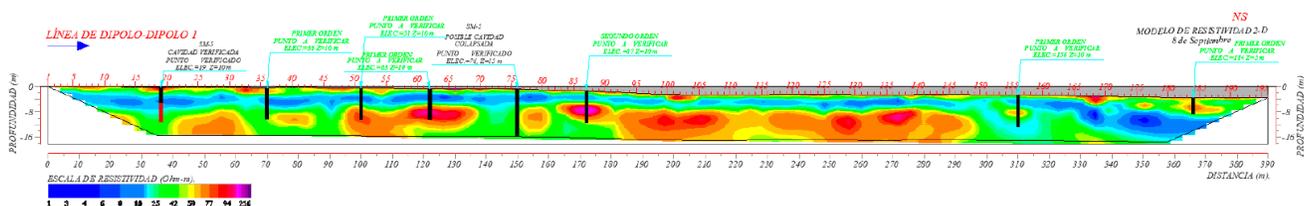


Ilustración 13 Modelo de Resistividad Línea 1



Ilustración 14 Localización
Línea 2

Línea 2: Se localiza en la calle de Camacho y esta divida en 2 partes, la primera cuenta con una distancia de 240 m y la segunda de 110 m. En la primera parte de esta línea se aprecian varias anomalías de alta resistividad y la interrupción de la continuidad de los horizontes de matriz granular, las cuales están ubicadas en los electrodos 14, 35 y 103 presentados en la ilustración 15 y 16 que se correlacionan con posibles cavidades. Se hace mención que se observan algunas otras anomalías de alta resistividad; sin embargo, debido a la litología y estratigrafía del área de estudio se infiere que se trata de depósitos piroclásticos de matriz arenosa con presencia de limos consolidados. En la segunda parte ilustración 16 se muestra entre los electrodos 22 a 27 una anomalía de baja resistividad, la cual, en superficie ha generado asentamientos y fracturamiento; por lo tanto, es posible que se trate de una cavidad colapsada; no obstante, para corroborar lo anterior se recomienda llevar a cabo un SM.

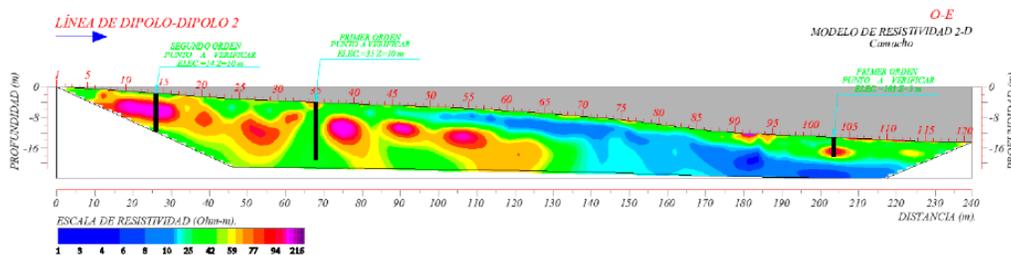


Ilustración 15 Modelo de Resistividad Línea 2

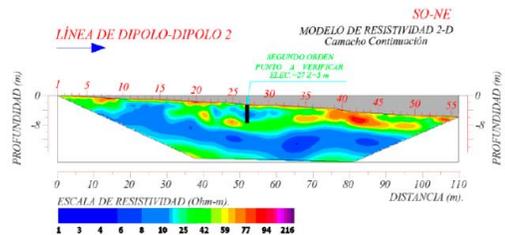


Ilustración 16 Modelo de Resistividad Línea 2 (continuación)



Ilustración 17 Localización
Línea 3

Línea 3: Su longitud es de 420 m aproximadamente y se ubica sobre la calle de Mendivil. En esta línea se aprecian ocho anomalías asociadas a posibles cavidades y estas se ubican en los siguientes electrodos: 13, 51, 85, 90, 119, 131, 150 y 182. Se hace la observación de que en el recorrido de campo entre los electrodos 140-142 se detectó una zona de asentamiento correlacionada a una posible mina dentro de la vivienda, sin embargo, el perfil de resistividad no mostro una anomalía correlacionada a esta estructura de riesgo, más bien se muestra tonalidades azules, las cuales se menciona corresponden a materiales limo-arcillosos mal consolidados; no obstante, se recomienda realizar una perforación dentro de la vivienda para corroborar lo anterior y/o descartar una cavidad. De las anomalías mencionadas se verifico la localizada en el electrodo 182, dando como resultado, "negativo a cavidad"; no obstante, es indispensable la verificación de las demás anomalías, ya que la geofísica es un método indirecto y las anomalías resistivas que se aprecian pueden generarse por diversos factores en el subsuelo.

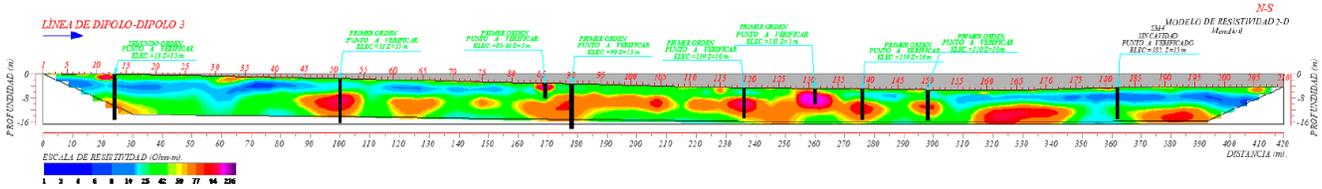


Ilustración 18 Modelo de Resistividad Línea 3



Ilustración 19 Localización Línea 4

Línea 4: Esta línea presenta una longitud de 152 m aproximadamente y se localiza sobre la calle Tola. Estratigráficamente se observa una alternancia de depósitos piroclásticos de matriz fina y granular; los cuales se denotan con el cambio de tonalidades que van de azul a verde, verde a rojo. Se observan dos tipos de anomalías geofísicas, la primera en tonos rojos, localizada entre los electrodos 15-19 y 71-72 y se correlaciona con sitios de asentamientos y fracturamientos. El segundo tipo de anomalía se muestra en tonos azules y se ubica entre los electrodos 17-24 y se asocia con materiales arcillo-limosos poco consolidados; por lo tanto, es un área susceptible a asentamientos diferenciales, los cuales de acuerdo con el recorrido de campo han afectado una vivienda; por lo que se recomienda realizar un SM en esta zona para corroborar el tipo de materiales y descartar la posibilidad de que se trate de una cavidad colapsada. También se muestran dos anomalías que se correlacionan a una posible cavidad y que se ubican en los electrodos 33 y 47.

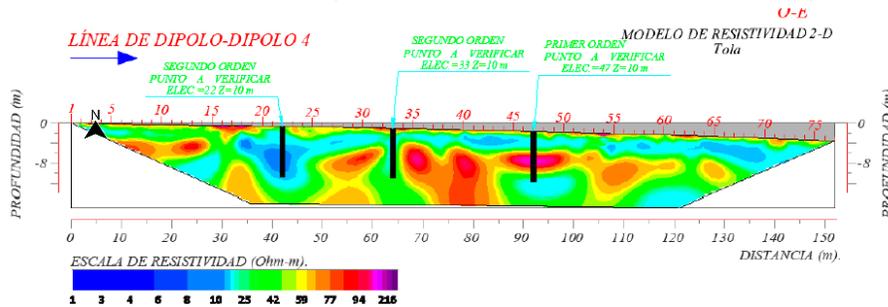


Ilustración 20 Modelo de Resistividad Línea 4



Ilustración 21 Localización Línea 5

Línea 5: Se llevo a cabo sobre la Av. Constituyentes, tiene una longitud de 772 m y se observan diversas anomalías correlacionadas con servicios públicos y el túnel que sirve como retorno; además de posibles cavidades. El túnel abarca de los electrodos 108 a 162. Se ubicaron siete puntos de perforación para la verificación de posibles cavidades y se localizan en los siguientes electrodos: 73, 204, 212, 259, 317, 349 y 364. De los puntos recomendados se verifico el ubicado en el electrodo 73, dando como resultado "negativo a cavidad"; sin embargo, se recomienda corroborar el resto de los puntos, ya que el punto verificado presento una cavidad a unos metros sobre la calle 8 de septiembre; por lo tanto, se infiere que la anomalía ubicada en el electrodo 73 fue un reflejo de la cavidad corroborada en la calle 8 de septiembre, lo cual es normal, ya que el arreglo usado para la exploración tiene un rango de evaluación horizontal.

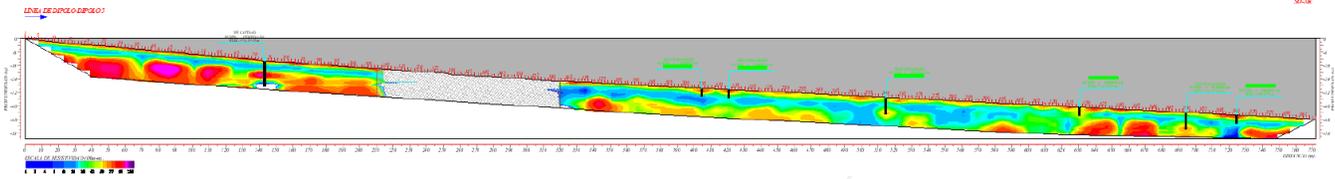


Ilustración 22 Modelo de Resistividad Línea 5



Ilustración 23 Localización Línea 6

Línea 6: La siguiente línea se localiza de manera perpendicular a la anterior y se ubica sobre Camino a los Toros, tiene una longitud de 410 m y profundidad de exploración de 16 m. En esta línea se recomienda verificar las anomalías asociadas a posibles cavidades localizadas en los electrodos 72 y 101. En la línea se aprecian diversas anomalías que se pueden correlacionar con cavidades, las cuales se presentan en los electrodos: 6, 84, 127, 146, 191 y 200 y que se recomienda verificar en función de los resultados del resto de los puntos a corroborar.

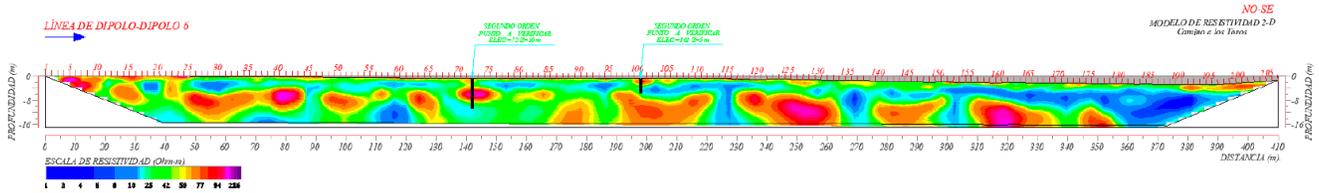


Ilustración 24 Modelo de Resistividad Línea 6



Ilustración 25 Localización Línea 7

Línea 7: Se ubica en la Calle de Villegas y tiene una longitud de 278 m. Entre los electrodos 15 a 28 se presentan superficialmente tonalidades rojas, las cuales se infiere se deben a materiales de relleno y que son susceptibles a asentamientos y fracturamientos. También se aprecia una anomalía en tonalidades azules que interrumpe la continuidad de los matices verdes y que se ubica entre los electrodos 76-80 y se correlaciona con una zona de materiales arcilloso de baja compacidad y/o posible cavidad colapsada; lo que ha generado asentamientos en las viviendas aledañas; por lo tanto, con la finalidad de evitar mayores afectaciones a las viviendas y calles, se recomienda realizar un SM para corroborar lo anterior y mitigar la problemática que se presenta en el subsuelo.

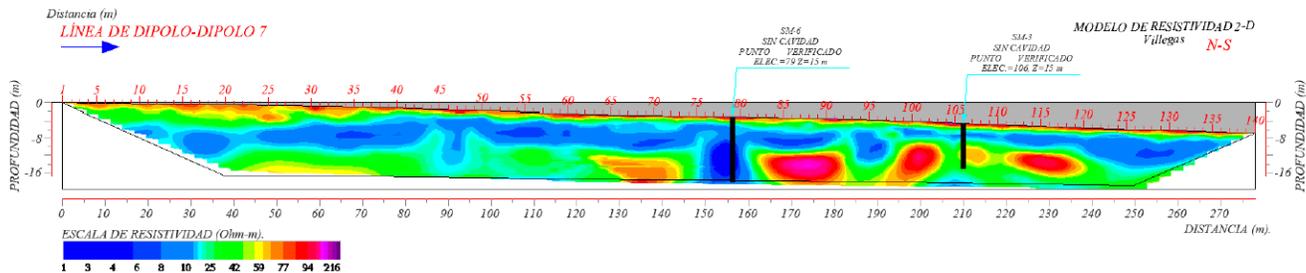


Ilustración 26 Modelo de Resistividad Línea 7

Ilustración 27 Localización
Línea 8

Línea 8: Se realizó sobre la calle de Moran y tiene una longitud de 124 m. En la línea se aprecian seis anomalías geofísicas, cinco de alta resistividad y una de baja. Las de alta resistividad se ubican en los siguientes cadenamientos de electrodos: 7-9, 14-21, 34-35 y 55-56 y se asocian a materiales de relleno y/o posibles cavidades. La de baja resistividad se localiza entre los electrodos 23-25 y se correlaciona con materiales arcillo-limosos de baja compactación y/o posible cavidad colapsada; por lo tanto, se recomienda monitorear esta zona y/o realizar un SM para corroborar los materiales y/o cavidad colapsada, con la finalidad de evitar asentamientos y/o hundimientos en las viviendas cercanas a este punto, ya que en zonas similares registradas en las líneas anteriores se han observado en campo casas con estas problemáticas y que están cercanas a este tipo de anomalías de baja resistividad.

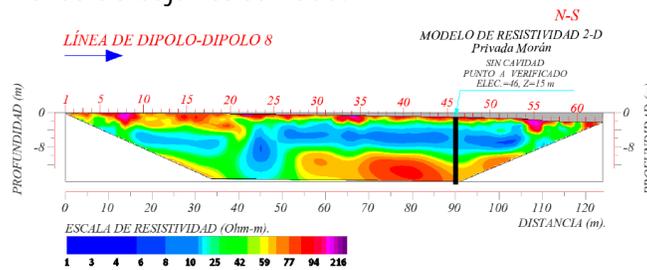


Ilustración 28 Modelo de Resistividad Línea 8

Ilustración 30 Localización
Línea 9

Línea 9: Se ubica en la calle de Calderón y tiene una longitud de 110 m y desde el punto de vista geofísico se aprecian en la parte superficial zonas susceptibles a asentamientos y fracturamiento, las cuales se ubican entre los electrodos 3-5, 13-16, 28-29 y 48-49. Se hace mención que en esta calle se tenía el reporte de una posible cavidad debido a afectaciones que ha presentado una vivienda y que se ubica entre los electrodos 24-26; por lo que se realizó un SM, dando como negativo a cavidad; ya que los materiales encontrados corresponden a limos-arenosos y arenas de compactación media, lo que enmascara la posible cavidad, ya que la compactación de las arenas eleva las resistividades del medio; por lo tanto, con la finalidad de descartar la presencia de la cavidad reportada se recomienda llevar a cabo un SM dentro de la vivienda y/o en entre los electrodos 19-20, donde se muestra una anomalía verde rodeada de tonos azules, ya que debido a la concentración de valores de resistividad y forma de la anomalía, es posible que se trate de la cavidad.

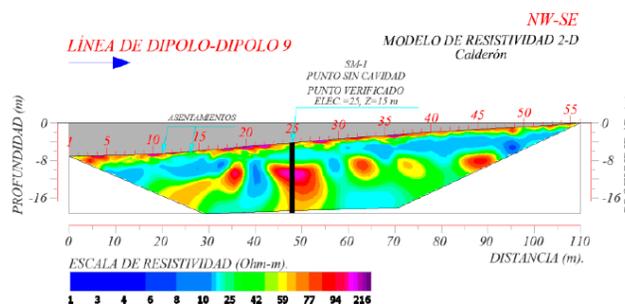


Ilustración 29 Modelo de Resistividad Línea 9



Ilustración 31 Localización Línea 10

Línea 10: Se llevo a cabo en la Calle de Barranquilla y cuenta con una longitud de 110 m y se observa una anomalía geofísica asociada a una zona susceptible a fracturamiento y asentamientos y/o cavidad entre los electrodos 29 a 31; el resto de la línea no registra anomalías asociadas a posibles cavidades y/o cavidades colapsadas, ya que estratigráficamente se aprecia continuidad en los espesores de los materiales registrados. Las zonas con mayor contenido de agua se marcan en tonos azules lo cual se muestra en la ilustración No. 32

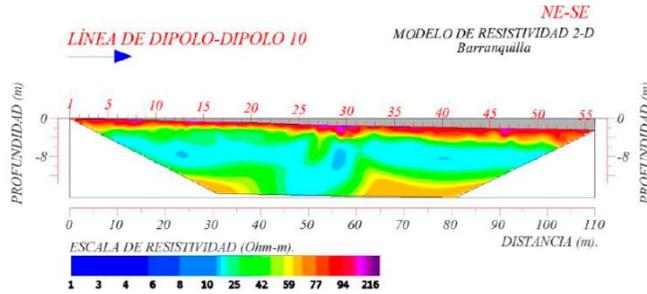


Ilustración 32 Modelo de Resistividad Línea 10



Ilustración 33 Localización Línea 11

Línea 11: Su longitud es de 120 metros y se localiza en la calle Ignacio Esteva, aun constado del Mercado EL Chorrito. En este punto se tenía el registro previo de una posible cavidad, por lo que se realizó un SM en la anomalía de alta resistividad encontrada en la imagen de resistividad, para corroborar la presencia de la cavidad; sin embargo, los resultados de la perforación fueron negativos a cavidad, perforando arcillas y arenas. Desde el punto de vista geofísico se aprecia una segunda anomalía correlacionada a posible cavidad y se presenta en los electrodos 33-34.

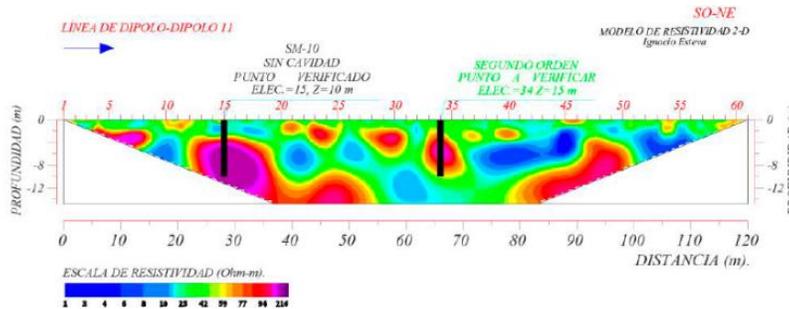
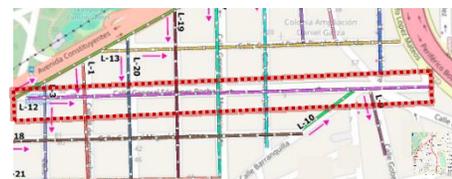


Ilustración 34 Modelo de resistividad Línea 11



cavidades localizadas en los siguientes electrodos: 46, 57, 65, 73, 254 y 261. Estas anomalías se recomienda verificarlas por medio de un SM.

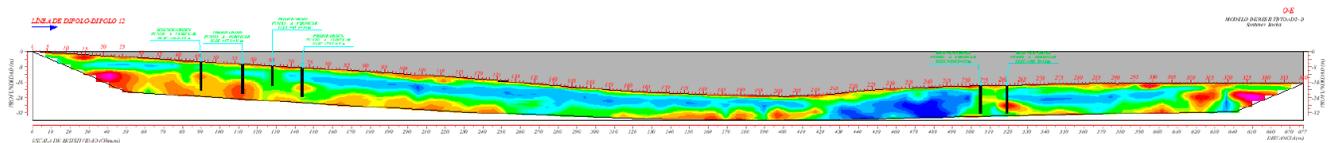


Ilustración 36 Modelo de Resistividad Línea 12



Ilustración 37 Localización Línea 13

Línea 13: Esta línea se llevó a cabo sobre la calle de Rincón Gallardo y cuenta con una longitud de 501 m. Superficialmente (0-3) se detectaron zonas de alta resistividad (tonalidades rojas), las cuales se correlacionan con materiales de relleno y limos-arenosos poco consolidados susceptibles a fracturamiento y asentamientos y/o cavidades someras. Se identificaron cuatro anomalías resistivas asociadas a posibles cavidades en los electrodos 28, 168, 224 y 238.

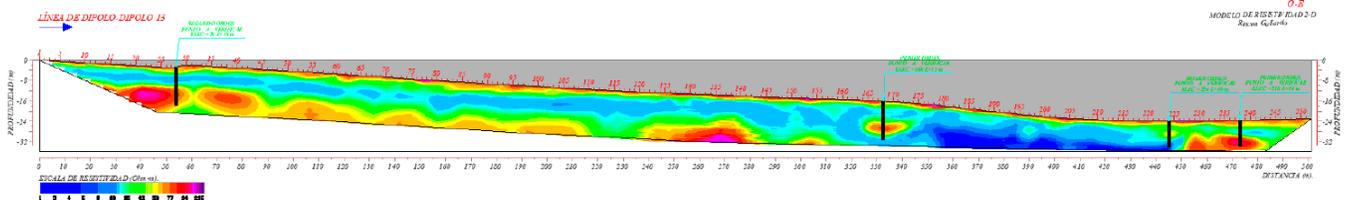


Ilustración 38 Modelo de Resistividad Línea 13



Ilustración 39 Localización Línea 14

Línea 14: Esta línea se dividió en dos partes, la primera tiene una longitud de 220 metros y la segunda de 306 m. En la primera parte se detectó una anomalía de baja resistividad entre los electrodos 50 a 53 y que de acuerdo con el recorrido de campo se correlacionan con la presencia del drenaje. Se hace mención que se han presentado anomalías parecidas en distintas líneas y que durante la inspección se observó que se trata de un drenaje profundo el cual se infiere fue colocado en una cavidad; es decir, que la cavidad fue usada para la colocación de servicios públicos. Se ubicaron seis anomalías correlacionadas a posibles cavidades y que se recomienda verificar; estas anomalías se ubican en los siguientes electrodos: 59 y 81 de la primera parte y 30, 115, 128 y 132 de la segunda parte. En la segunda parte de la línea se aprecian varios altos resistivos y/o puntos con posibilidades de cavidades; por lo que en función de los resultados de las propuestas se recomienda analizar la línea y localizar nuevos puntos de perforación.

Se infiere fue colocado en una cavidad; es decir, que la cavidad fue usada para la colocación de servicios públicos. Se ubicaron seis anomalías correlacionadas a posibles cavidades y que se recomienda verificar; estas anomalías se ubican en los siguientes electrodos: 59 y 81 de la primera parte y 30, 115, 128 y 132 de la segunda parte. En la segunda parte de la línea se aprecian varios altos resistivos y/o puntos con posibilidades de cavidades; por lo que en función de los resultados de las propuestas se recomienda analizar la línea y localizar nuevos puntos de perforación.

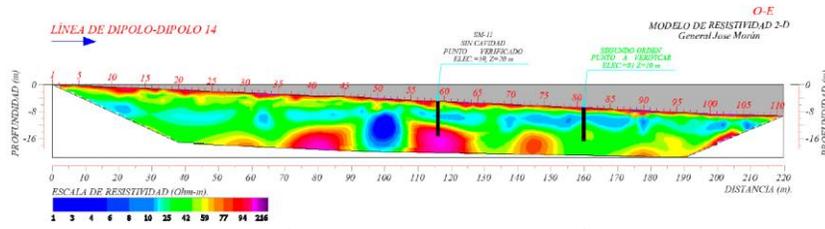


Ilustración 41 Modelo de Resistividad Línea 14

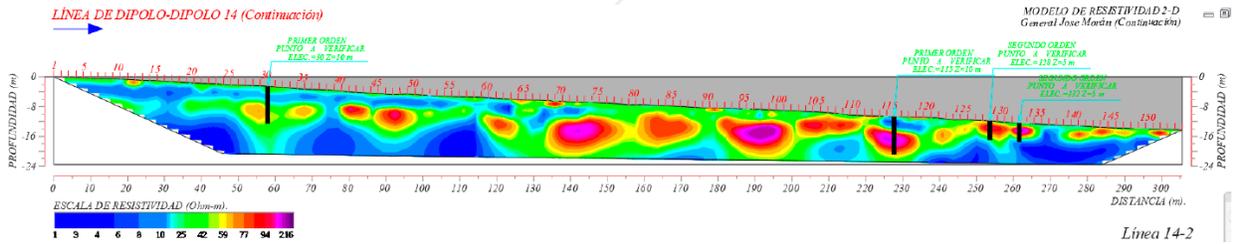


Ilustración 40 Modelo de Resistividad Línea 14 (continuación)



Ilustración 42 Localización Línea 15

Línea 15: Se localiza en la calle de Echegaray, cuenta con una longitud de 166 m y se observan cuatro anomalías de alta resistividad que son susceptibles a generar fracturamientos y asentamientos y que se localizan entre los electrodos 7-8, 13-15 y 79-81. Estos puntos debido a la presencia de materiales de relleno y limo-arenosos poco consolidados pueden generar asentamientos. Desde el punto de vista geofísico se presenta una anomalía resistiva correlacionada a posible cavidad ubicada en el electrodo 39; por lo tanto, se recomienda verificar por medio de un SM para descartar y/o corroborar la existencia de una cavidad.

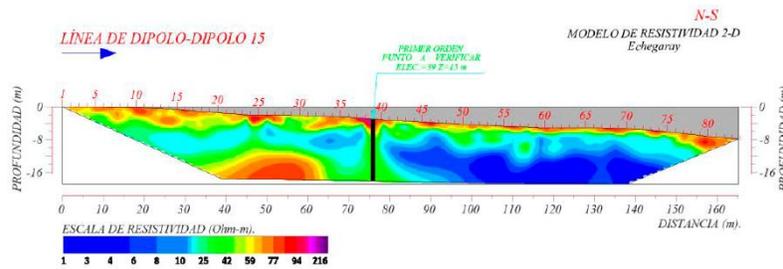


Ilustración 43 Modelo de Resistividad Línea 15



Ilustración 44 Localización Línea 16

Línea 16: Su longitud es de 278 m aproximadamente y es ubica en la calle de Alatorre. En este perfil se observan dos anomalías geofísicas que pueden estar correlacionadas a la presencia de una posible cavidad y se localizan en los electrodos 74 y 92; por lo que es importante verificar estos puntos por medio de un SM. En el perfil también se observan tres anomalías de baja resistividad ubicadas en los electrodos 30-32, 59-61 y 101-103 y que pueden estar correlacionadas con drenajes y/o cavidades colapsadas; por lo tanto, es importante corroborar lo anterior con la finalidad de descartar la presencia de posibles cavidades. El resto del perfil no muestra otras anomalías sobresalientes que se puedan correlacionar con estructuras de riesgo geológico.

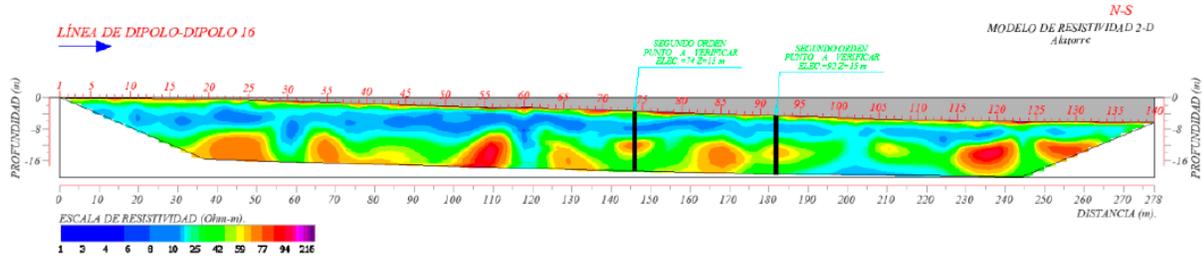


Ilustración 45 Modelo de Resistividad Línea 16



Ilustración 47 Localización Línea 17

Línea 17: Esta línea presenta una longitud de 362 m aproximadamente y se localiza sobre la calle Montesinos. Estratigráficamente se observa una alternancia de depósitos de matriz fina y granular; los cuales se denotan con el cambio de tonalidades. Se aprecian cuatro anomalías geofísicas con características asociadas a una cavidad. La primera se muestra en tonos amarillos y se ubica entre en el electrodo 38; las tres anomalías restantes se visualizan en colores rojos-morados, son de alta resistividad y se localizan en los electrodos 157, 167 y 175. De las anomalías mencionadas se verificaron las de alta resistividad, dando como resultado para la verificación de 157 una cavidad colapsada y/o rellenada y para la de 167 depósitos piroclásticos de matriz limo-arcillosa de 0 a 3 m y depósitos piroclásticos (tobas) de matriz arenosa consolidada de 3 a 11 m.

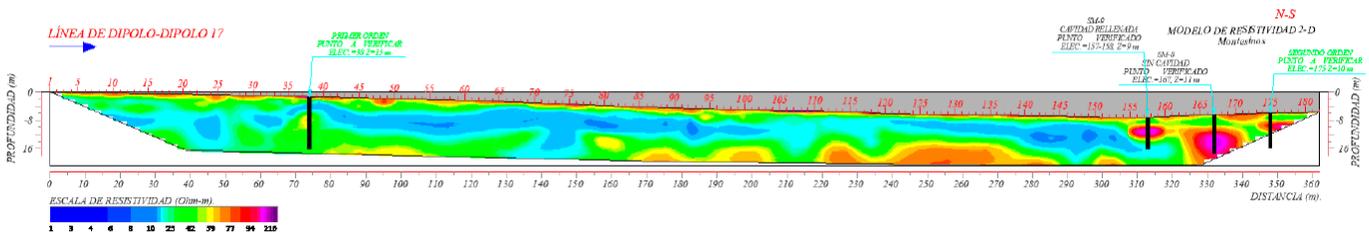


Ilustración 46 Modelo de Resistividad Línea 17



Ilustración 48 Localización Línea 18

Línea 18: Se ubica en la calle Quintana y tiene una distancia de 501 m. Se observan ocho anomalías geofísicas que se puede correlacionar a posibles cavidades y/o cavidades colapsadas y se ubican en los siguientes electrodos: 37, 50, 68, 125, 138, 158, 183 y 201.

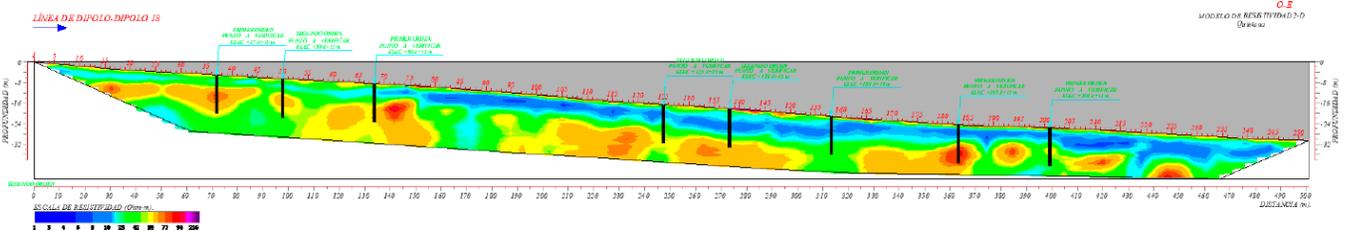


Ilustración 49 Modelo de Resistividad Línea 18



Ilustración 51 Localización Línea 19

Línea 19: La siguiente línea se localiza en la Calle Loera y presenta una longitud aproximada de 330 m. Superficialmente se observan zonas en tonalidades rojas (primeros 3.5 m), las cuales se asocian a materiales de relleno con intercalaciones de depósitos limo-arenosos susceptibles a asentamientos y fracturamientos y/o pequeñas cavidades. Estas zonas se ubican en los siguientes cadenamientos de electrodos: 26-29, 44-47, 57-58, 63-66, 130-131, 140-143 y 154-155. En el perfil en los electrodos 95-98 también se aprecia una anomalía de baja resistividad, la cual puede estar asociada a una posible cavidad colapsada, motivo por el cual se genera la anomalía de baja resistividad. También se presentan dos anomalías de alta resistividad en los electrodos 72 y 135 asociadas a posibles cavidades. Por lo mencionado se recomienda realizar un SM por cada anomalía asociada a posible cavidad, con la finalidad de descartar la presencia de estas y corroborar el tipo de materiales que originan las anomalías.

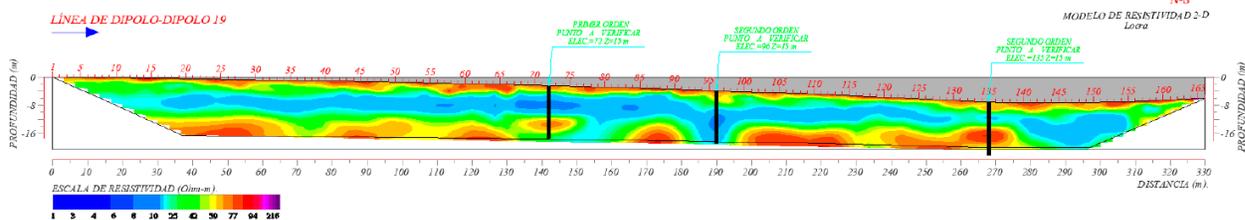


Ilustración 50 Modelo de Resistividad Línea 19



Ilustración 52 Localización Línea 20

Línea 20: Se ubica en la Calle de Hinojosa y tiene una longitud de 356 m. En la parte superficial se observan anomalías de alta resistividad en los primeros 5 m, las cuales de acuerdo con la estratigrafía presente se asocian con materiales de relleno y depósitos piroclásticos limo-arenosos y/o posibles cavidades; por lo tanto, se propone realizar SM en los siguientes cadenamientos de electrodos: 70, 157-158 y 153; lo anterior, con la finalidad de descartar la presencia de cavidades.

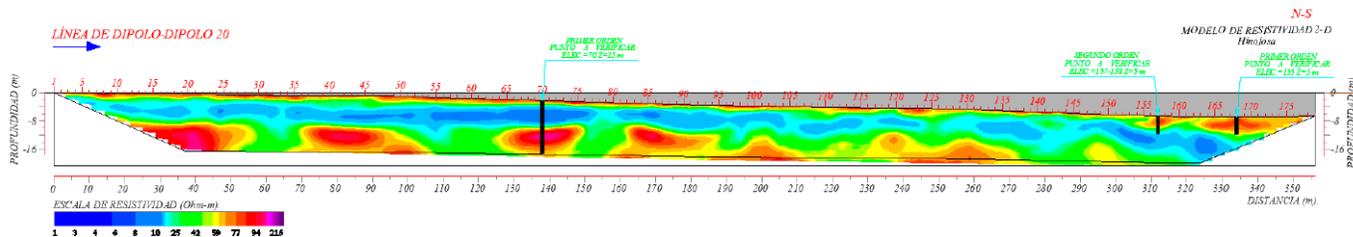


Ilustración 53 Modelo de Resistividad Línea 20



Ilustración 55 Localización Línea 21

Línea 21: Se realizó sobre la calle Monterde, tiene una longitud de 359 m y aprecian cuatro anomalías geofísicas sobresalientes; tres de ellas corresponden a zonas susceptibles a asentamientos y se localizan entre los electrodos 24-26 y 119-121 y tres correlacionadas posibles cavidades ubicada en los electrodos: 59, 95 y 153. De las anomalías propuestas se verificó por medio de un SM la localizada en el electrodo 59, dando como resultados materiales de baja compacidad, por lo tanto, se infiere se trata de una posible cavidad colapsada ya que la perforación se registró pérdida de circulación y materiales poco consolidados.

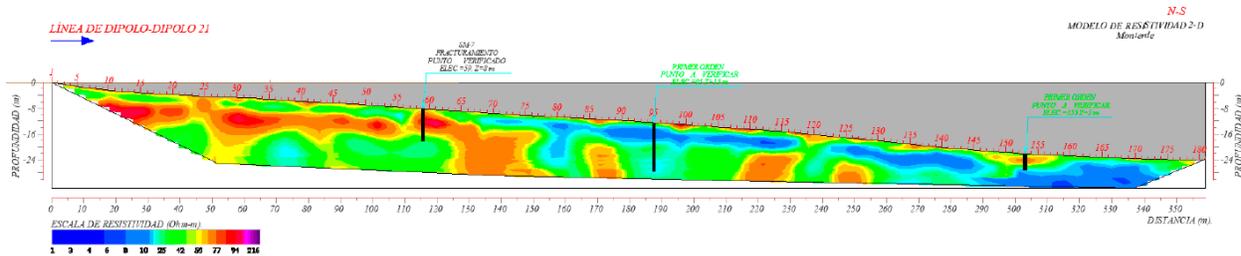


Ilustración 54 Modelo de Resistividad Línea 21



Ilustración 56 Localización Línea 22

Línea 22: Se ubica en la calle de Ceballos y tiene una longitud de 128 m. No se observan anomalías resistivas que se correlacionen con posibles cavidades; sin embargo, entre los electrodos 40-43 y 64 se aprecian anomalías de baja resistividad, las cuales pueden estar asociadas a posibles cavidades colapsadas; por lo tanto, son zonas susceptibles a asentamientos y fracturamiento; por lo que se recomienda llevar a cabo un SM y verificar el tipo de material y descartar la cavidad colapsada.

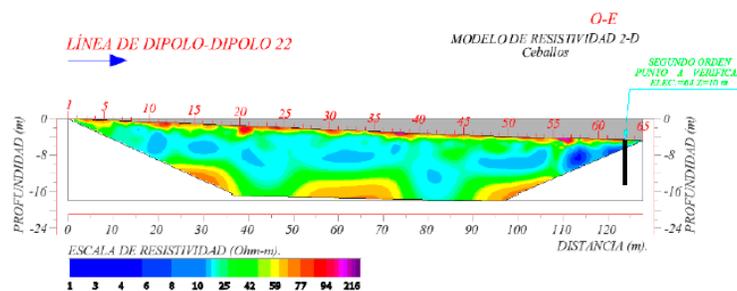


Ilustración 57 Modelo de Resistividad Línea 22



Ilustración 58 Localización Línea 23

Línea 23: Esta línea tiene una longitud de 52 metros y se llevó a cabo sobre la calle de Ceballos, localizada a un costado del Mercado El Chorrito. Se aprecia una anomalía de alta resistividad ubicada en el electrodo 17 y se recomienda llevar a cabo un SM, ya que se tienen antecedentes de la presencia de una cavidad en esta área.

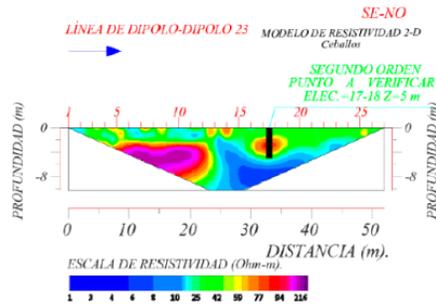


Ilustración 59 Modelo de Resistividad Línea 23

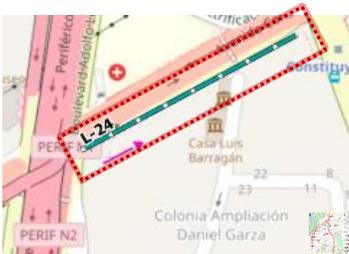


Ilustración 61 Localización Línea 24

Línea 24: Esta línea se llevó a cabo en el Andador Constituyentes y tiene una longitud de 222 m. En el perfil se observa varias anomalías de alta resistividad; sin embargo, la mayoría de ellas se deben a ruido generado por las estructuras existentes en el Andador. Se hace mención que una vez filtrada la línea y ubicadas las estructuras que pueden generar ruido se localizó una anomalía correlacionada a cavidad en el electrodo 69 y que se recomienda verificar por medio de Sondeo Mecánico.

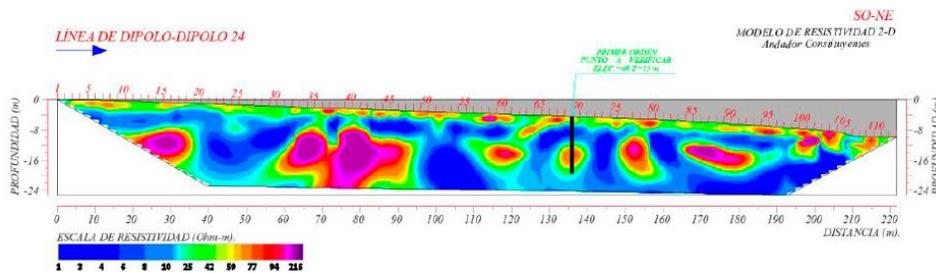


Ilustración 60 Modelo de Resistividad Línea 24



Ilustración 62 Localización Línea 25

Línea 25: Esta línea se ubicó en la Calle de Poniente 73 y tiene una longitud de 55m y presenta dos anomalías geofísicas, una de baja resistividad localizada en los electrodos 33 a 35 y una de alta resistividad en el electrodo 26. De las anomalías mencionadas se recomienda verificar la de alta resistividad que se presenta en el electrodo 26, ya que dada la posición y forma se asocia con una posible cavidad.

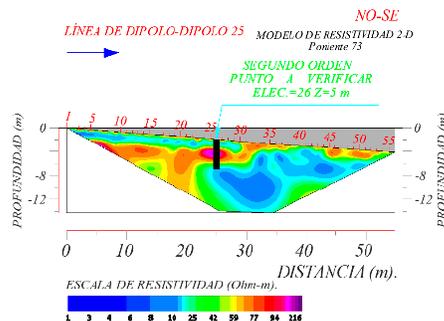


Ilustración 63 Modelo de Resistividad Línea 25

Radار de Penetración Terrestre



Esta técnica tiene como principio la emisión de pulsos electromagnéticos, los cuales se transmiten en el subsuelo en el cual presentan efectos de reflexión, refracción, difracción, atenuación y dispersión, esto dependiendo de las variaciones en las propiedades dieléctricas del medio. Posteriormente estos pulsos, en función del tiempo y la frecuencia, representados como trazas son recibidos por una antena GPR, el conjunto de ellas da como resultado un perfil distancia-tiempo llamado radargrama.

La adquisición de datos se realizó bajo la norma ASTM D6432-19 Estándar Guide for Using the Surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation. Se utilizó una antena con un ancho de banda de 80 a 950 MHz, la cual nos brinda una buena relación resolución-profundidad hasta una profundidad de 9 metros. Este ancho de banda resulta óptimo para identificar objetos de unas decenas de centímetros hasta cambios litológicos, dependiendo de la longitud del perfil.

Para el procesado de radargramas se hizo uso del software Ramac GroundVision 2 y Geolix. Con la finalidad de suprimir ruido, recuperar información a profundidad y resaltar anomalías, se realiza un flujo de proceso, el cual consiste en: correcciones estáticas, eliminar ruido de fondo y de corriente directa, ganancias, interpolación, pasa bandas, deconvolución, migración, conversión tiempo-profundidad y atributos. La forma en la que visualizan e interpretan las anomalías está en función de la amplitud y geometría de estas. Cuando existe un cambio en las propiedades del medio se presenta una reflexión en el pulso emitido por las antenas que a su vez se presenta como un cambio en la amplitud de la señal, dicha variación es más evidente cuando existe un contraste muy fuerte entre los materiales, como puede ser el caso de una roca sana con una cavidad "vacía". Así mismo, la forma de las anomalías está en función de la geometría del objeto que la genera, pudiendo observarse como una sola hipérbola o un conjunto de hipérbolas de difracción.

Es importante recordar que la técnica es de alta resolución, por lo que existen muchos factores que pueden generar una anomalía y variaciones en la amplitud, como cambios de superficie, presencia de humedad en el terreno y cambios topográficos, entre otros.

Como medida de apoyo para visualizar más claramente las variaciones en la amplitud y reflectores asociados a discontinuidades en el medio, como cavidades, se aplicó el atributo Envelope, el cual presenta una visión general de la distribución de la energía de las trazas, la cual se relaciona con la reflectividad. Así mismo, para reducir la incertidumbre y realizar una interpretación más completa en la que se pudiera discretizar entre reflectores asociados a posibles cavidades vacías o rellenas, o reflectores asociados a zonas de saturación, cambios de material o relleno, se tomaron como apoyo las líneas de TRE.

Se hace mención que en las líneas 8, 11 y 23 de TRE no fueron realizadas en complemento líneas de GPR debido a que por sí solos los resultados de los dipolos son concluyentes.

Se presentan algunos de los radargramas interpretados, así como una breve descripción de estos. Cabe recordar que los métodos de exploración geofísica son indirectos y el intérprete ocupará la mayor cantidad de recursos para disminuir la incertidumbre de los resultados expuestos, sin embargo, siempre existirá cierto grado de incertidumbre. Es importante entender que son múltiples los efectos que pueden



generar una anomalía. De igual forma, es posible que las anomalías marcadas no sean de la naturaleza especificada, sin embargo, es un riesgo implícito debido a la naturaleza física que rige el método.

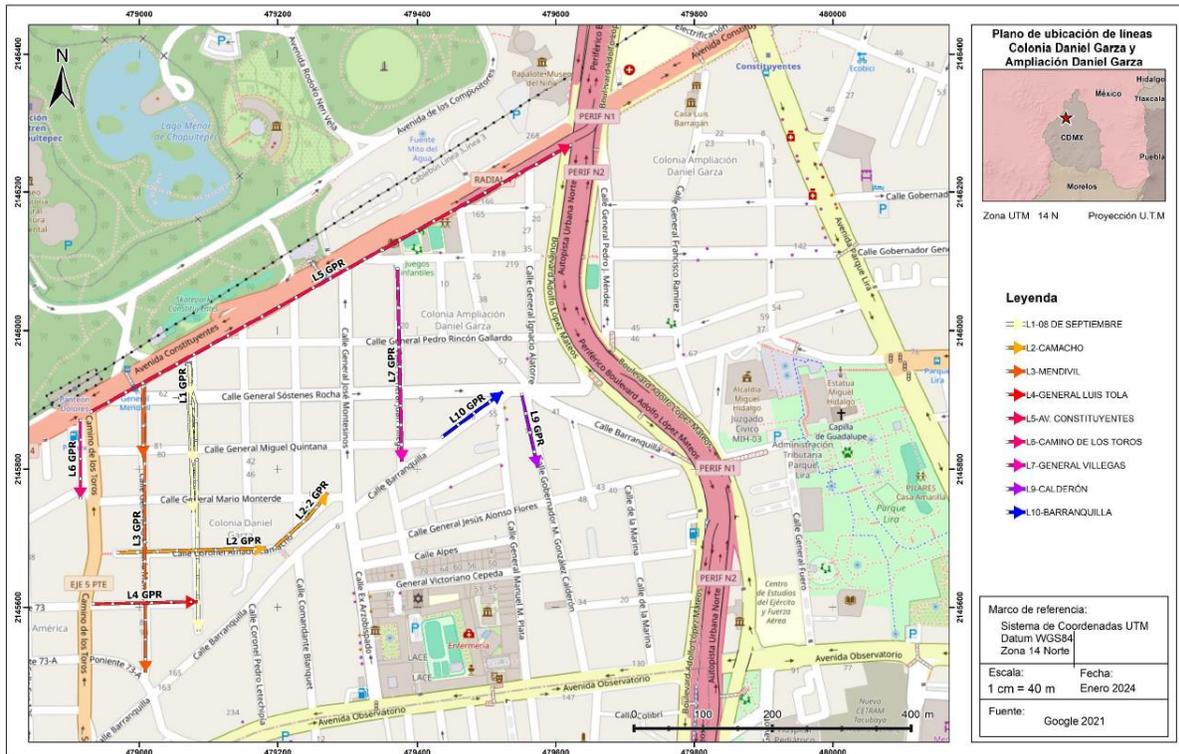


Ilustración 64 Distribución de la Línea 1 a 10 de GPR de la Colonia Daniel Garza y Ampliación Daniel Garza

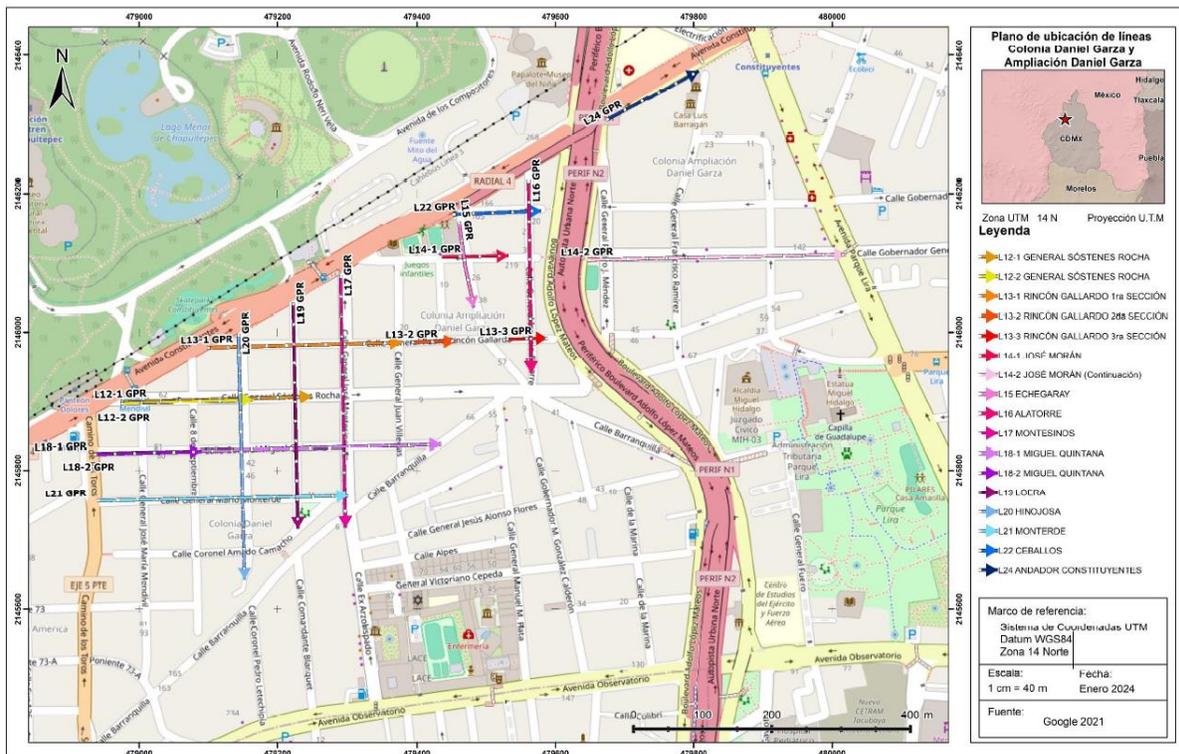


Ilustración 65 Distribución de las Líneas 11 a 24 de GPR de la Colonia Daniel Garza y Ampliación Daniel Garza

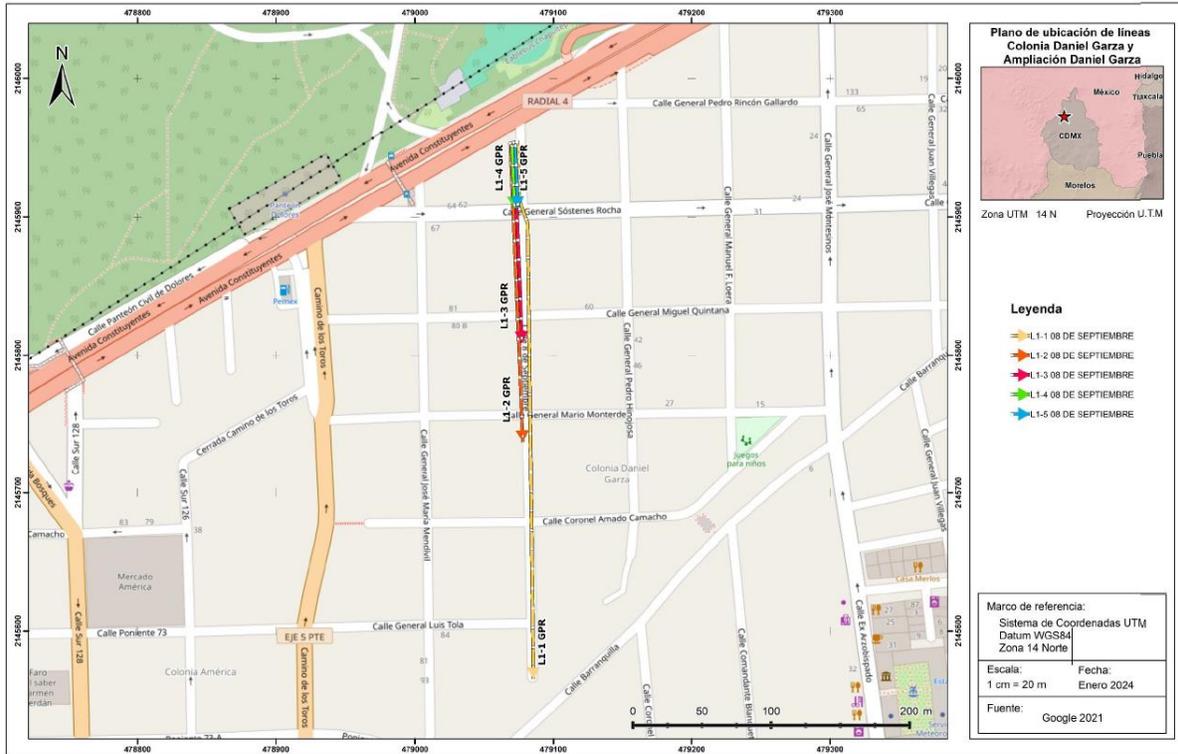


Ilustración 66 Distribución de las Líneas 1-1 a 1-5 de GPR de la Colonia Daniel Garza y Ampliación Daniel Garza.

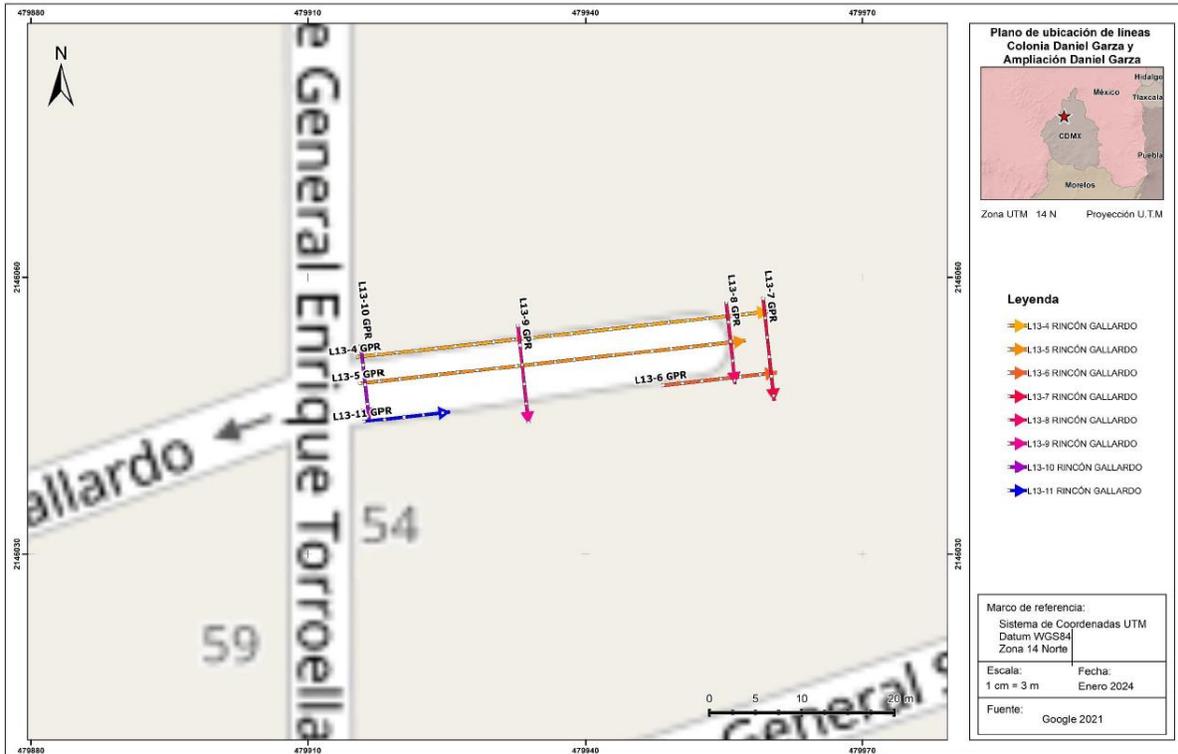


Ilustración 67 Distribución de las Líneas 13-4 a 13-11 de GPR de la Colonia Daniel Garza y Ampliación Daniel Garza

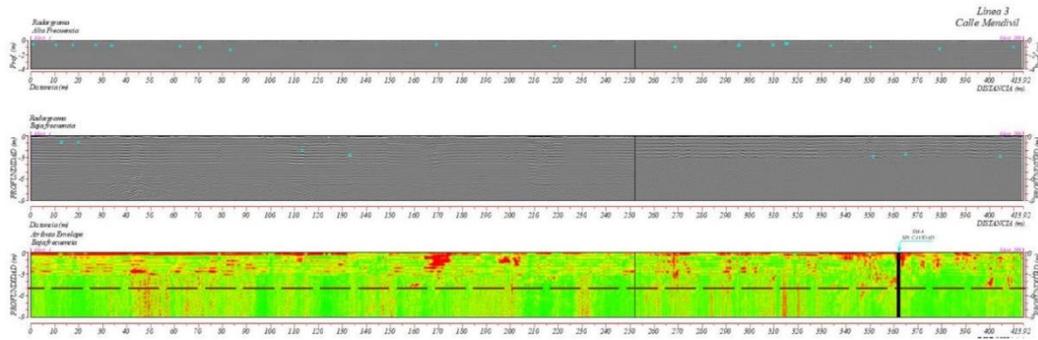


Ilustración 74 Radargramas y atributo Envelope Línea 3



Ilustración 75 Localización Línea 4 GPR

Línea 4: La línea 4 es paralela a la línea de TRE y se levantó en la calle Tola, por lo que comparten el mismo inicio y final. Después del procesamiento se encontraron cuatro anomalías hiperbólicas que por su geometría se asocian a posibles tuberías (círculos azules). Por otro lado, en el radargrama de baja frecuencia y Envelope es posible observar un cambio en la amplitud asociado a un cambio de material ya que al principio de la línea hasta los 70 m, presenta tonalidades amarillas a rojas y con base a los resultados de TRE se correlaciona con un material bajo resistivo, mientras que, a partir de 70 m hasta el final de la línea el radargrama se observa en tonalidades verdes según la escala utilizada, esto conforme a la tomografía se asocia a un material alto resistivo, siendo de interés el final de la línea en ambas técnicas.

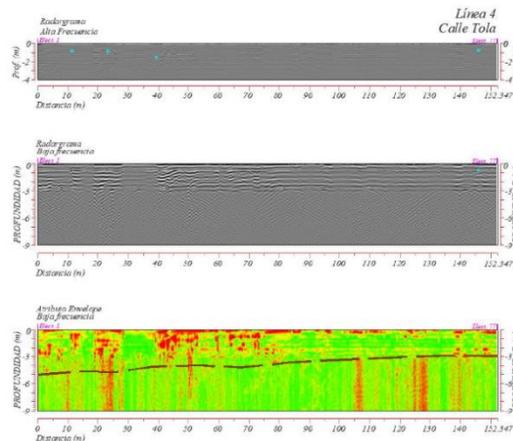


Ilustración 76 Radargramas y atributo Envelope Línea 4



Ilustración 77 Localización Línea 5 GPR

Línea 5: La línea es realizada sobre Av. Constituyentes con una longitud de 780 metros, empieza con un desfase respecto a la Línea de TRE ya que el E1 de la línea de tomografía corresponde al metro 23 de la línea de GPR, sin embargo, ambas líneas comparten final. En el radargrama de altas frecuencias se identifican 30 anomalías hiperbólicas que son correlacionadas a servicios públicos, registros, drenajes, objetos enterrados o posibles tuberías presentes en el sitio de estudio, además en la distancia de 220 a 345 m se delimita el túnel que sirve como retorno de vehículos en el sitio de estudio.

Por otro lado, el radargrama de bajas frecuencias y Envelope presenta variaciones de amplitud particularmente en la distancia de 400 m en adelante por lo que en conjunto de la TRE se colocaron distintos sondeos de verificación.

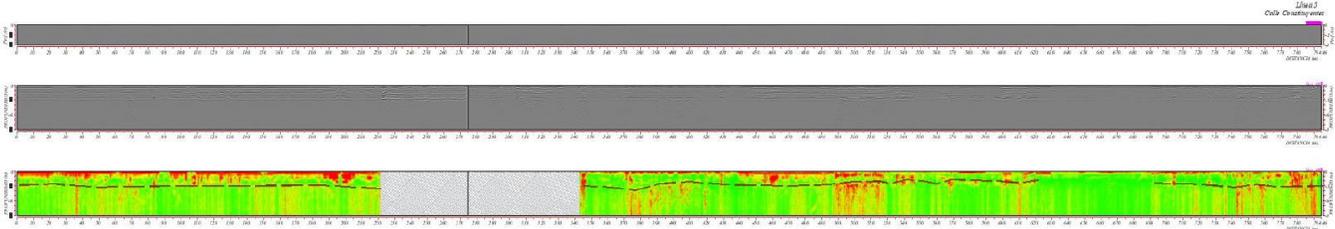


Ilustración 78 Radargramas y atributo Envelope Línea 5



Ilustración 79 Localización Línea 6 GPR

Línea 6: Realizada sobre Camino de los Toros paralela a la Línea 6 de TRE, cuenta con 110 m de longitud aproximadamente, inicia frente a la Gas que se encuentra en la esquina de camino de toros y finaliza en la calle sur 126, respecto a la línea de TRE, el electrodo 1 corresponde a la distancia 15 m de GPR y termina en el electrodo 59.

En el radargrama de altas frecuencias se identifican 5 anomalías que debido a su geometría son asociadas a posibles tuberías, registros, drenajes, servicios públicos u objeto enterrado.

En el radargrama de bajas frecuencias y Envelope presenta variaciones de amplitud particularmente en la distancia de 30 a 35 m.

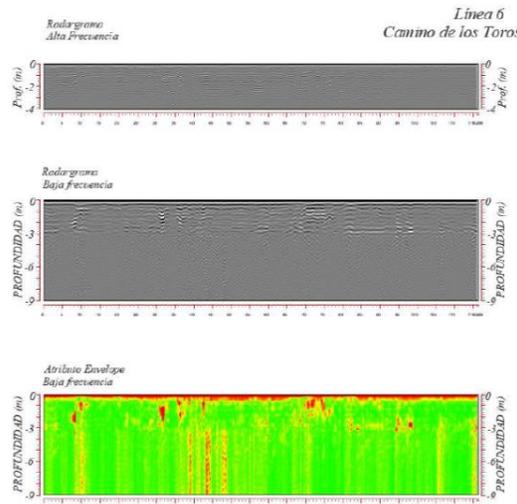


Ilustración 80 Radargramas y atributo Envelope Línea 6



Ilustración 81 Localización Línea 7 GPR

Línea 7: La línea se realizó sobre la calle Villegas y tiene la misma longitud que la Línea 7 de TRE, después del procesamiento de datos se identificaron 5 anomalías asociadas a posibles tuberías. El radargrama de bajas frecuencias y envelope no presentan reflectores o contrastes significativos asociados a cambios de material y/o cavidades rellenas o vacías. Se realizaron 2 sondeos de verificación que no presentaron cavidad.

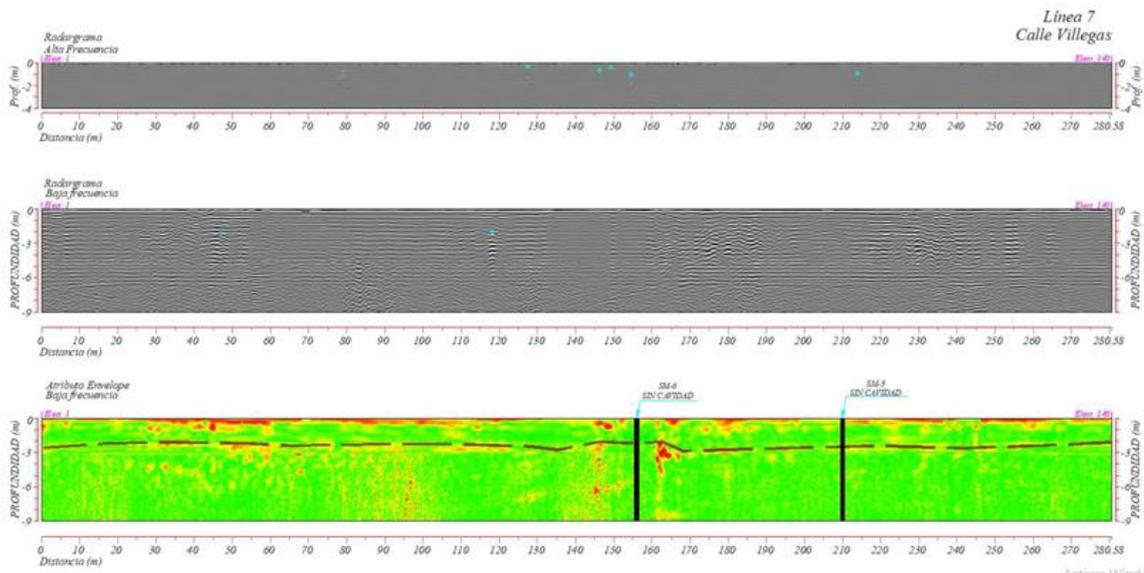


Ilustración 82 Radargramas y atributo Envelope Línea 7

Línea 8: Sin anomalías en el Modelo de Resistividad no requiere más estudios

Línea 9: Coincide en inicio y final con la línea TRE-9. Se observan 7 anomalías hiperbólicas asociadas a posibles tuberías (círculos azules). Se realizó 1 sondeo de verificación que no presento cavidad.



Ilustración 83 Localización Línea 9 GPR

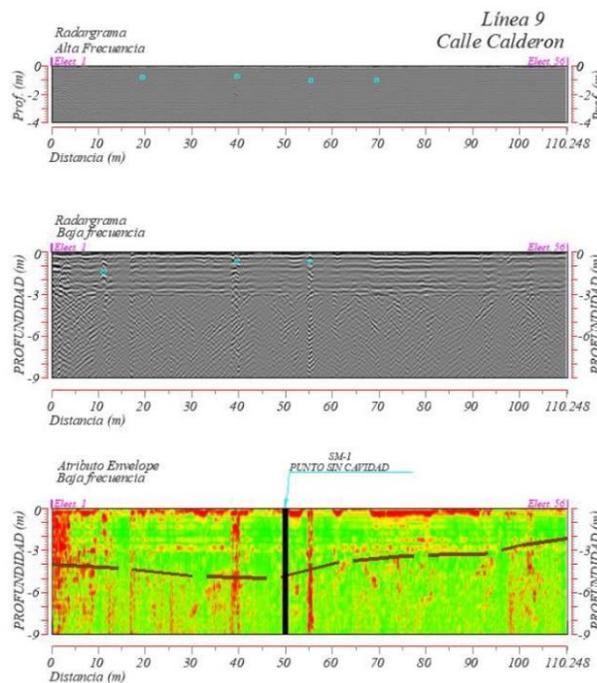


Ilustración 84 Radargramas y atributo Envelope Línea 9

Línea 10: Realizada sobre la calle de Barranquilla y paralela a la línea TRE-10. Se identificaron 14 anomalías asociadas a posibles conexiones de tuberías u objetos enterrados. No se identificaron reflectores asociados a cambios de material o cavidades.



Ilustración 85 localización Línea 10 GPR

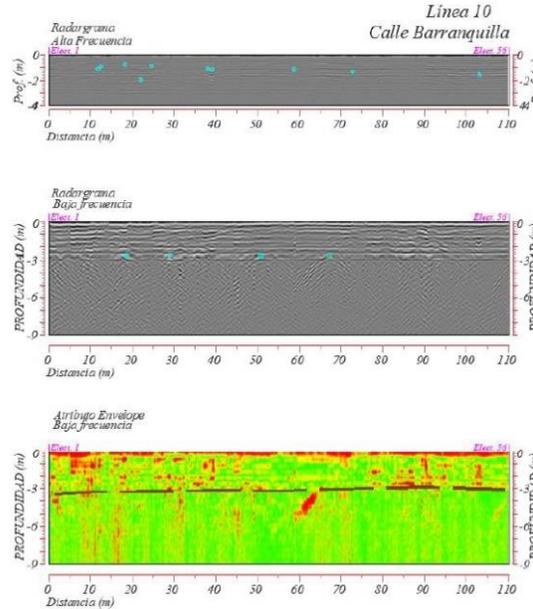


Ilustración 86 Radargramas y atributo Envelope Línea 10

Línea 11: Sin anomalías en el Modelo de Resistividad no requiere más estudios.

Línea 12: Línea realizada sobre la calle Sostenes Rocha, tiene una longitud de 276 metros aproximadamente, y coincide con la línea de TRE 12 del electrodo 1 hasta el 140. Se identificaron 29 anomalías no clasificadas. Se observan reflectores en la distancia de 80 a 145 m que son asociados a posibles cavidades vacías o rellenas y/o lentes de arena presentes en el sitio de estudio.



Ilustración 87 Localización Línea 12 GPR

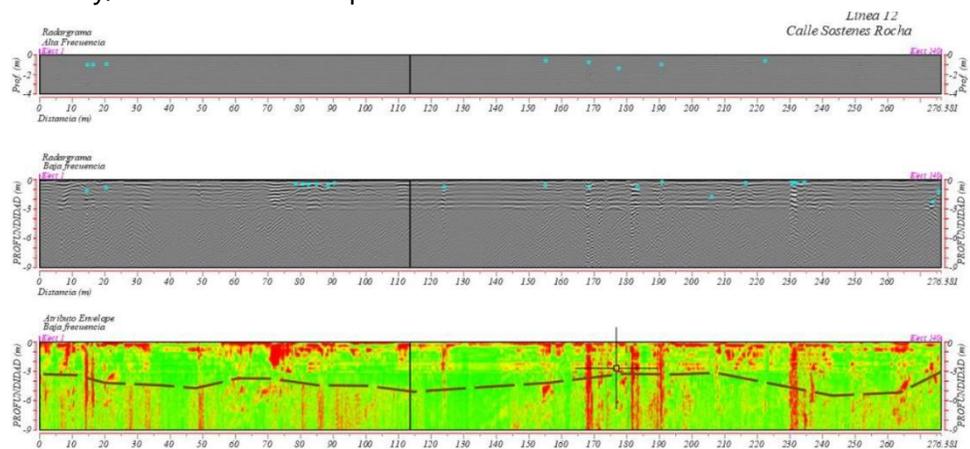


Ilustración 88 Radargramas y atributo Envelope Línea 12



Ilustración 89 Localización Línea 13 GPR

Línea 13: La presente línea, realizada sobre Calle Rincón Gallardo, se secciono en 3 partes. La primera, va del electrodo 1 al 141 de la línea de TRE-13. La segunda sección tiene una longitud de 64 metros, con inicio y final en los electrodos 149 y 181 respectivamente mientras que la tercera sección, corresponde al electrodo 217 hasta el 247. En los radargramas de la línea 13- 1 de bajas frecuencias y envelope no se aprecian reflectores o contrastes significativos asociados a cambios de material y/o cavidades rellenas o vacías.

Por el contrario de la primera sección, la segunda y tercera sección en los radargramas obtenidos de baja frecuencia y envelope respectivamente podemos observar un contraste en la amplitud, la cual puede ser asociada a una zona de hundimiento, cavidad rellena y/o vacía.

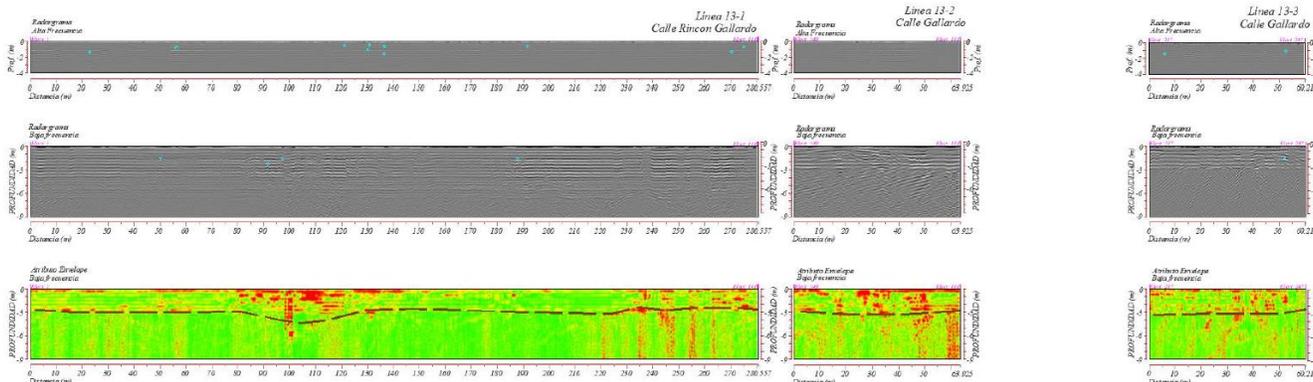


Ilustración 90 Radargramas y atributo Envelope Línea 13

Línea 13-4 y Línea 13-5: Se realizaron 8 líneas de GPR sobre el final de la calle Rincón Gallardo ya que se han presentado hundimientos y agrietamientos severos en las casas circundantes.

La distribución de líneas es la siguiente: la línea 13-4, 13-5, 13-6 y 13-11 se realizan paralela a la calle inician en la esquina de General Enrique Toroella y Rincón Gallardo, por otro lado, perpendicular a las anteriores se encuentran las líneas 13-7 a 13-10, por lo que tienen orientación NE-SO.

Realizando el procesamiento a los radargramas de las líneas realizadas, 13-4 y 13-5 destacan debido a que ambas líneas son paralelas y lucen idénticas, además, se identifica un reflector de interés en la distancia de 0 m a 20 m y 20 a 40 m que posiblemente se puede asociar a una zona de contacto, una cavidad vacía y/o parcialmente rellena, o bien, puede ser un cambio de material, sin embargo, hay que corroborar el material presente en el sitio de estudio.

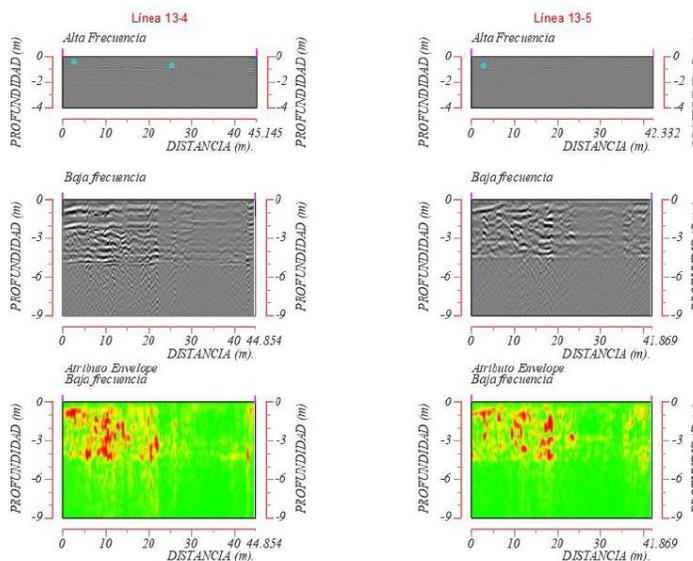


Ilustración 91 Radargramas y atributo Envelope Línea 13-4 y 13-5



Ilustración 92 Localización Línea 14 GPR

Línea 14: La línea 14-1 tiene una longitud de 100 mts y se levantó en la calle José Moran, con inicio en el electrodo 41 de la línea de TRE y final en el electrodo 91. No se identificaron reflectores asociados a cambios de material o cavidades. Fue realizado unsondeo de verificación que no presento cavidad.

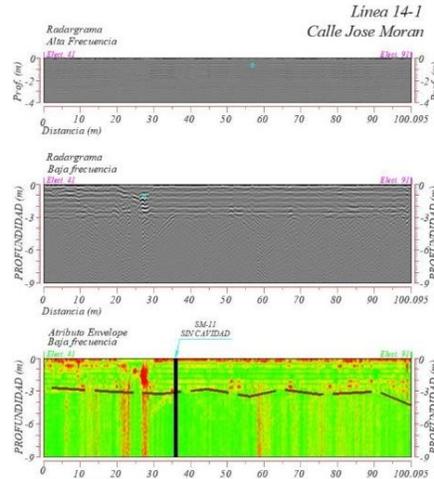


Ilustración 93 Radargramas y atributo Envelope Línea 14



Ilustración 94 Localización Línea 14-2 GPR

Línea 14 continuación (14-2): La presente línea es la continuación de la anterior, se levantó sobre la calle José Morán esquina con General J. Méndez, el E1 de la línea de tomografía corresponde al metro 85 de la línea de GPR, ambas comparten el mismo final. En los radargramas de baja frecuencia y el atributo envelope es posible observar a profundidad que en las distancias de 120 a 270 m se presentan tonalidades amarillas a rojas correspondientes a altas amplitudes, las cuales se pueden correlacionar a posibles cavidades, que pueden encontrarse vacías o rellenas, o bien, a posibles lentes de arenas presentes en el sitio de estudio.

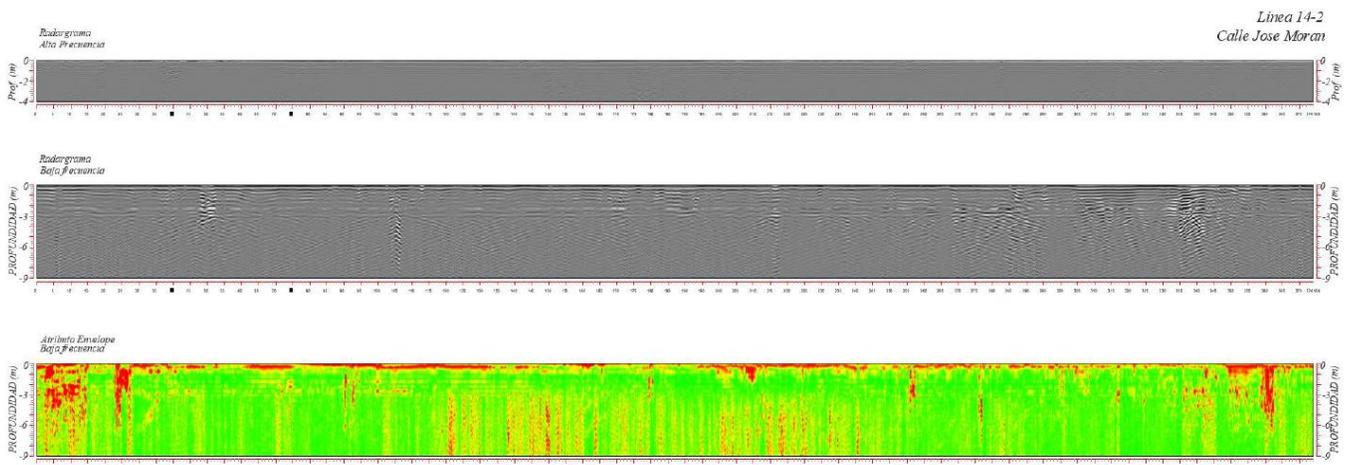


Ilustración 95 Radargramas y atributo Envelope Línea 14-2



Ilustración 96 Localización Línea 15 GPR

Línea 15: Sobre la calle Echegaray se realizó la presente línea que cuenta con 167 m aproximadamente, y corresponde exactamente a la línea de TRE 15. Los resultados del procesamiento muestran que los radargramas de baja frecuencia y el atributo envelope observan un horizonte (línea punteada café) que se correlaciona con un estrato bajo resistivo en superficie presente en la línea de TRE. Se denota que hay un cambio de material en la distancia de 90 m en adelante por lo que se recomienda hacer un sondeo de verificación.

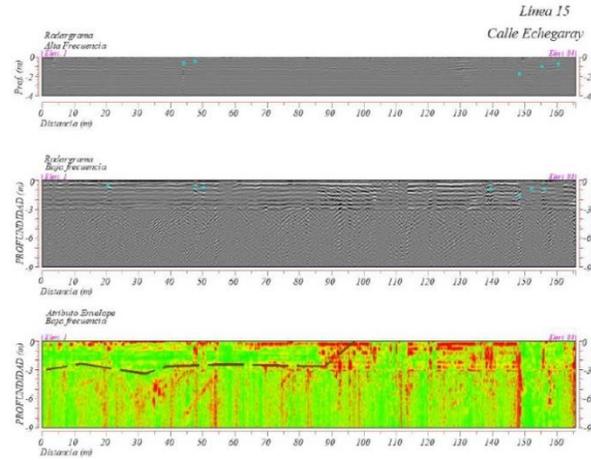


Ilustración 97 Radargramas y atributo Envelope Línea 15

Línea 15-1 y 15-2: Sobre la calle General Manuel Echegaray se realizaron 7 líneas de GPR en complemento debido a que se han presentado hundimientos visibles en algunas zonas de las calles y agrietamientos en las casas circundantes.

La distribución de líneas es la siguiente: la línea 15-1 y 15-2 se realizan paralela a la calle por lo que son las líneas más largas, comienzan en la esquina de rincón gallardo y terminan unos metros antes de llegar a la calle Sostenes Rocha, por otro lado, perpendicular a las anteriores se encuentran las líneas 15-3 a 15-7, por lo que tienen orientación NE-SO. Después de realizar el procesamiento de radargramas la línea 1 y 2 destacan debido a que se identificaron reflectores que se han asociados a cavidades o cambios de materiales, el contraste más significativo de amplitud se encuentra en la distancia de 10 m a 45 m por lo que es un sitio de interés.

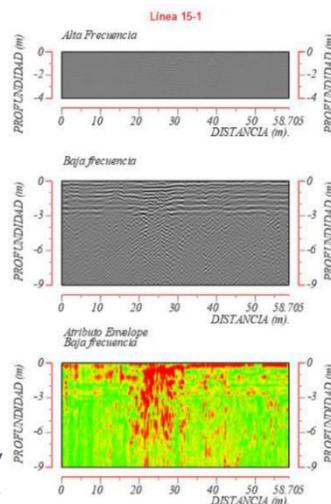


Ilustración 98 Radargramas y atributo Envelope Línea 15-1

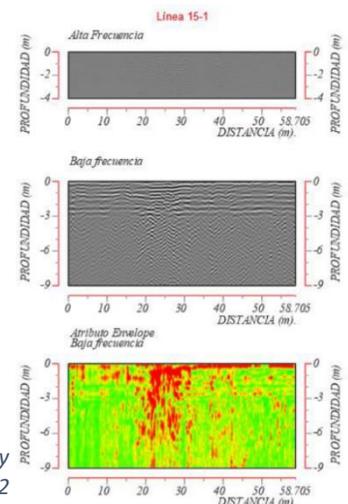


Ilustración 99 Radargramas y atributo Envelope Línea 15-2

Ilustración 100
Localización Línea 16 GPR

Línea 16: Línea realizada sobre calle Alatorre, coincidiendo en inicio y final con la línea TRE-16. Se identificaron 6 anomalías asociadas a posibles tuberías (círculos azules). No presenta variaciones significativas en la amplitud.

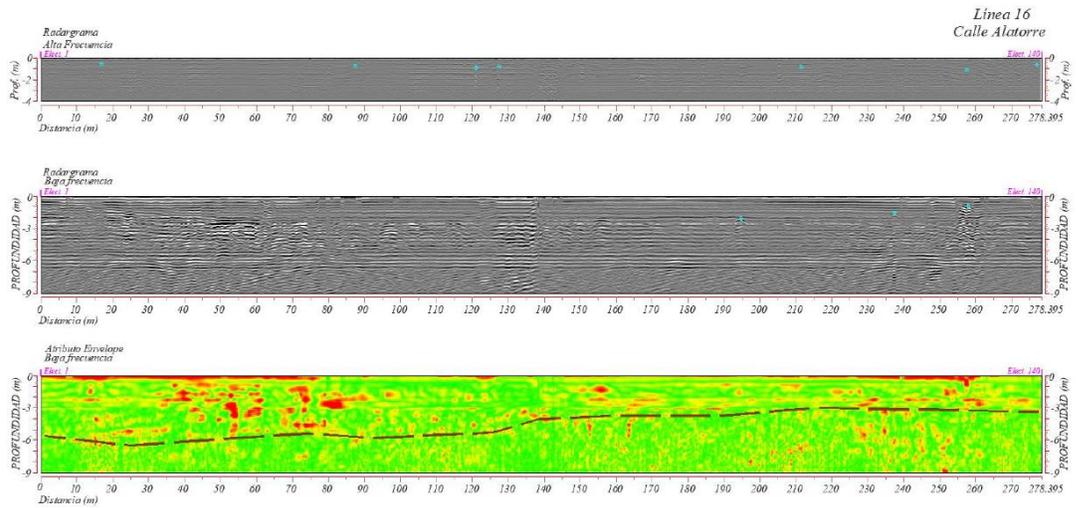


Ilustración 101 Radargramas y atributo Envelope Línea 16

Ilustración 102
Localización Línea 17 GPR

Línea 17: La presente línea comparte inicio y final con la línea TRE-17 realizada sobre Calle Montesinos. Los resultados del procesamiento muestran que los radargramas de baja frecuencia y el atributo envelope observan un horizonte (línea punteada café) que se correlaciona con un estrato bajo resistivo en superficie presente en la línea de TRE. Se denota que hay un cambio de material en la distancia de 30 m a 80 m por lo que se recomienda hacer un sondeo de verificación.

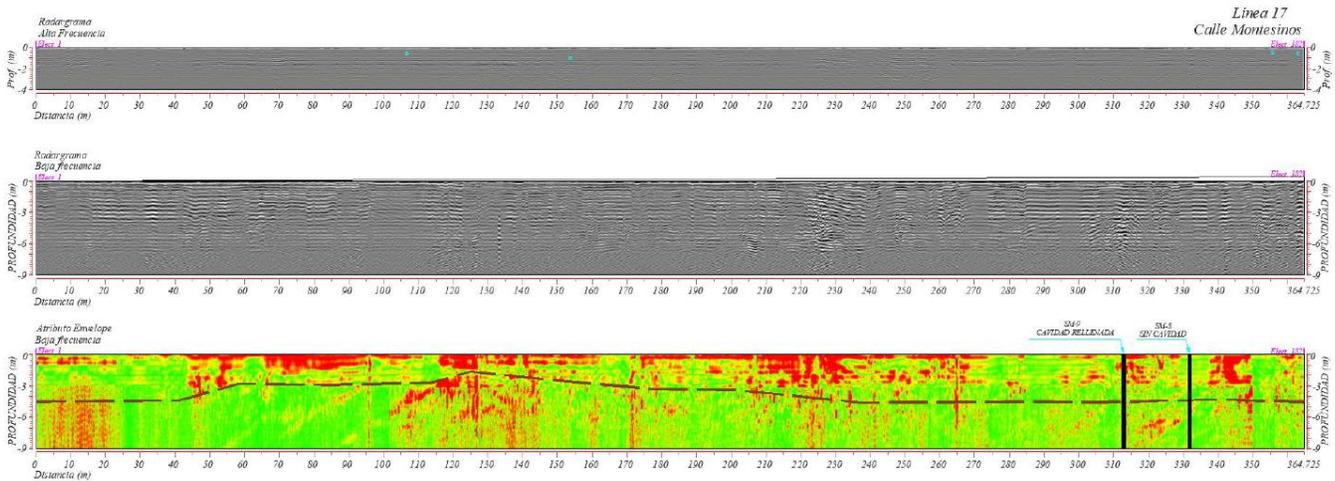


Ilustración 103 Radargramas y atributo Envelope Línea 17



Línea 18: Se realizaron 2 líneas de GPR sobre la calle de Miguel Quintanar, destaca la Línea 18-1 ya que a lo largo del radargrama de baja frecuencia y atributo envelope es posible observar amplitudes altas que se pueden asociar a cambios de material, lentes de arenas o cavidades que pueden encontrarse vacías o parcialmente rellenas.

Ilustración 104 Localización Línea 18 GPR

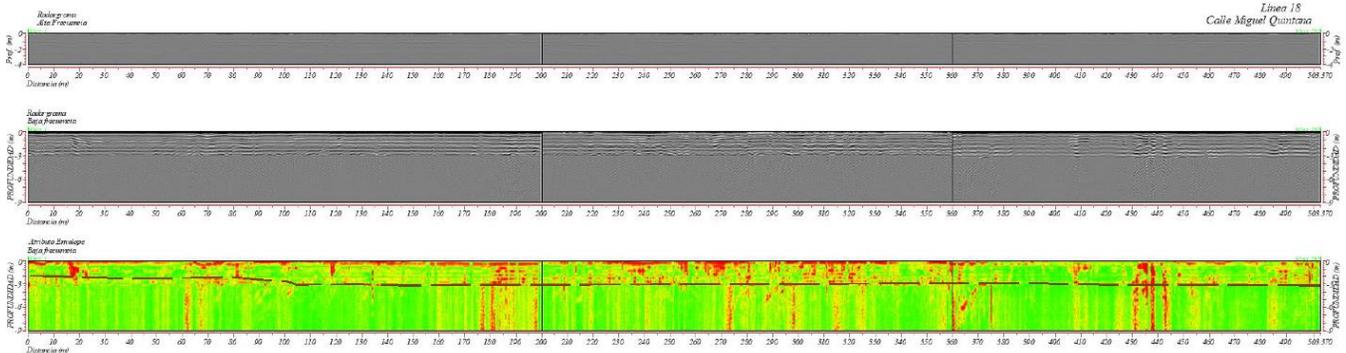


Ilustración 105 Radargramas y atributo Envelope Línea 18



Línea 19: Coincide en inicio con la línea TRE-19, realizada sobre calle Loera, y termina dos metros después del electrodo 166. Los resultados del procesamiento muestran que los radargramas de baja frecuencia y el atributo envelope observan un horizonte (línea punteada café) que se correlaciona con un estrato alto resistivo en superficie presente en la línea de TRE. Se denota que hay un cambio de material en la distancia de 50 m a 140 m por lo que se recomienda hacer un sondeo de verificación.

Ilustración 106
Localización Línea 19
GPR

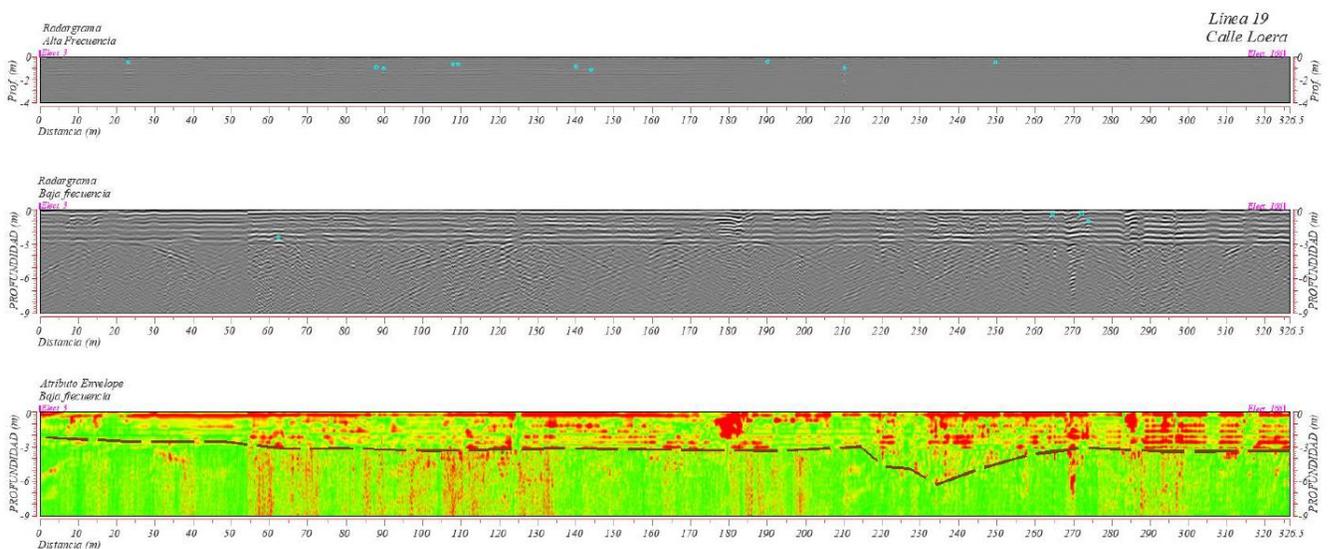


Ilustración 107 Radargramas y atributo Envelope Línea 19



Línea 20 La línea tiene una longitud de 355 m y se realizó sobre la calle Hinojosa. Al igual que la línea anterior los resultados del procesamiento muestran que los radargramas de baja frecuencia y el atributo envelope observan un horizonte (línea punteada café) que se correlaciona con un estrato alto resistivo, además se denota que hay un cambio de material a profundidad en la distancia de 100 m a 140 m por lo que se recomienda hacer sondeos de verificación para corroborar el material presente en la zona.

Ilustración 108

Localización Línea 20

GPR

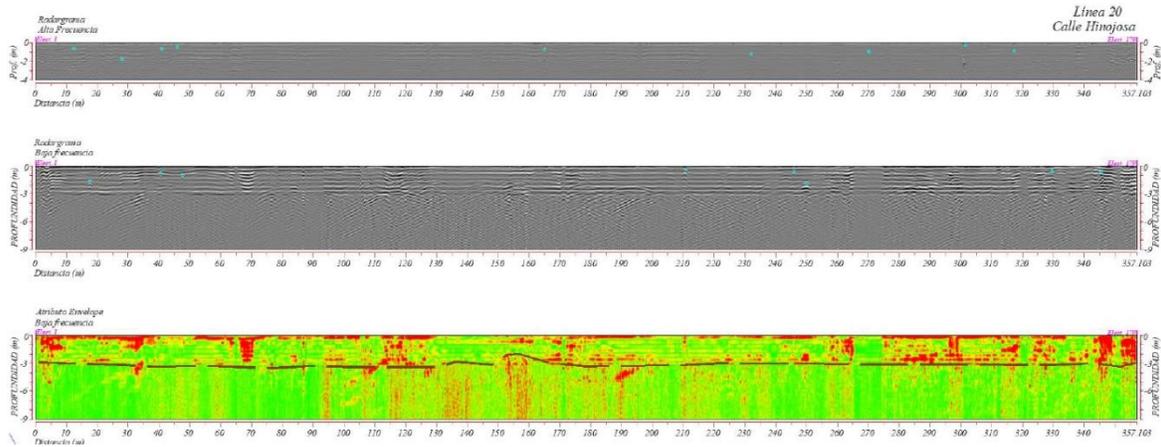


Ilustración 109 Radargramas y atributo Envelope Línea 20



Ilustración 111 Localización Línea 21 GPR

Línea 21: Realizada sobre Calle Monterde. Con una longitud de 363, tiene su inicio en el electrodo 1 y si final 4 metros después del electrodo 181. En el procesamiento se identificaron 12 anomalías asociadas a posibles tuberías (círculos azules), también presenta variaciones en la amplitud en distancias puntuales, como lo son 185 m a 195 m y 270 a 340 m por lo que son sitios de interés.

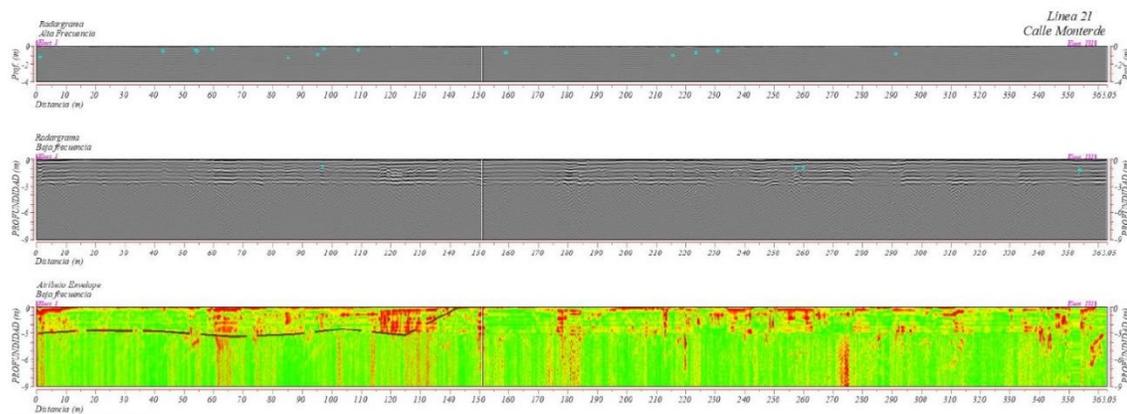


Ilustración 110 Radargramas y atributo Envelope Línea 21

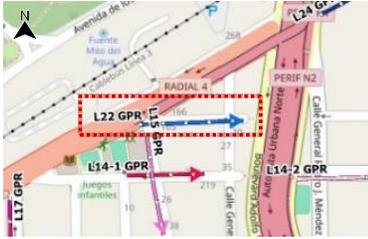


Ilustración 112 Localización Línea 22 GPR

Línea 22: Se realizó sobre la calle Ceballos y tiene la misma distancia que la línea 22 de TRE. Se observan 8 anomalías asociadas a posibles tuberías.

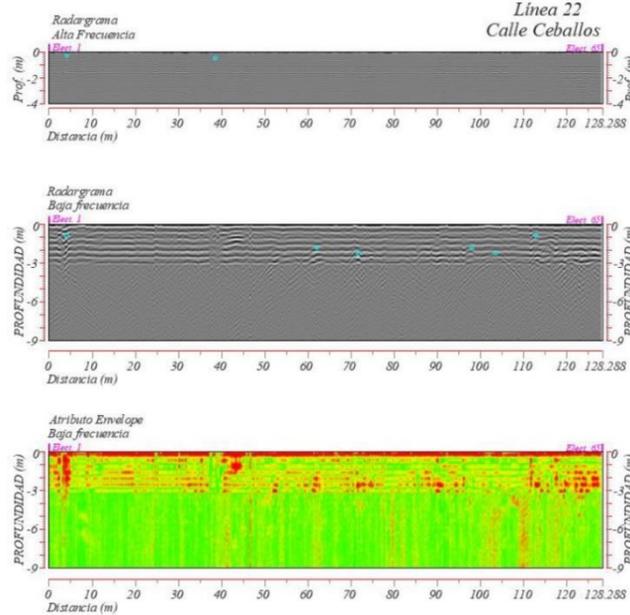


Ilustración 113 Radargramas y atributo Envelope Línea 22

Línea 23: Sin anomalías en el Modelo de Resistividad no requiere más estudios



Ilustración 114 Localización Línea 24

Línea 24: Se realizó sobre el andador de constituyentes y termina antes del puente peatonal, se identificaron reflectores asociados a cavidades o cambios de materiales, sin embargo, hay demasiados elementos en superficie que pueden añadir ruido al radargrama por lo que en esta línea las variaciones de amplitud pueden estar atribuidas a la estructura del puente.

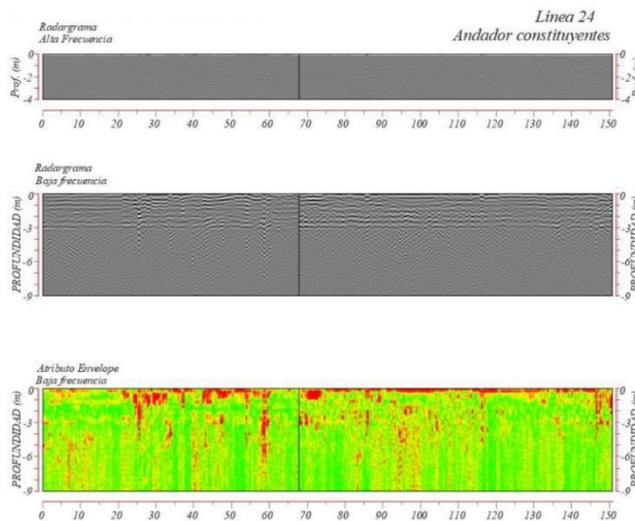


Ilustración 115 Radargramas y atributo Envelope Línea 24



RADAR DE PENETRACIÓN TERRESTRE (GRP) LOTES EN LAS COLONIAS DANIEL GARZA Y AMPLIACIÓN DANIEL GARZA

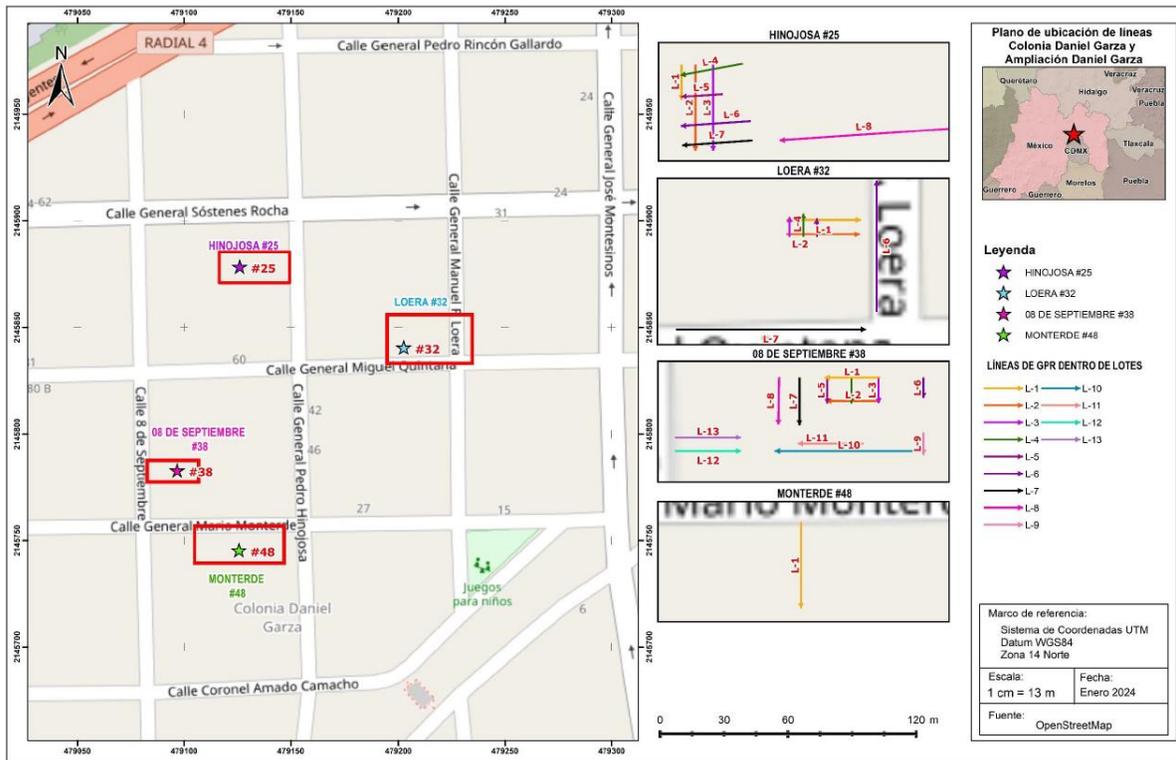


Ilustración 116 Distribución de Líneas de GPR en los Lotes de la Colonia Daniel Garza y Ampliación Daniel Garza.

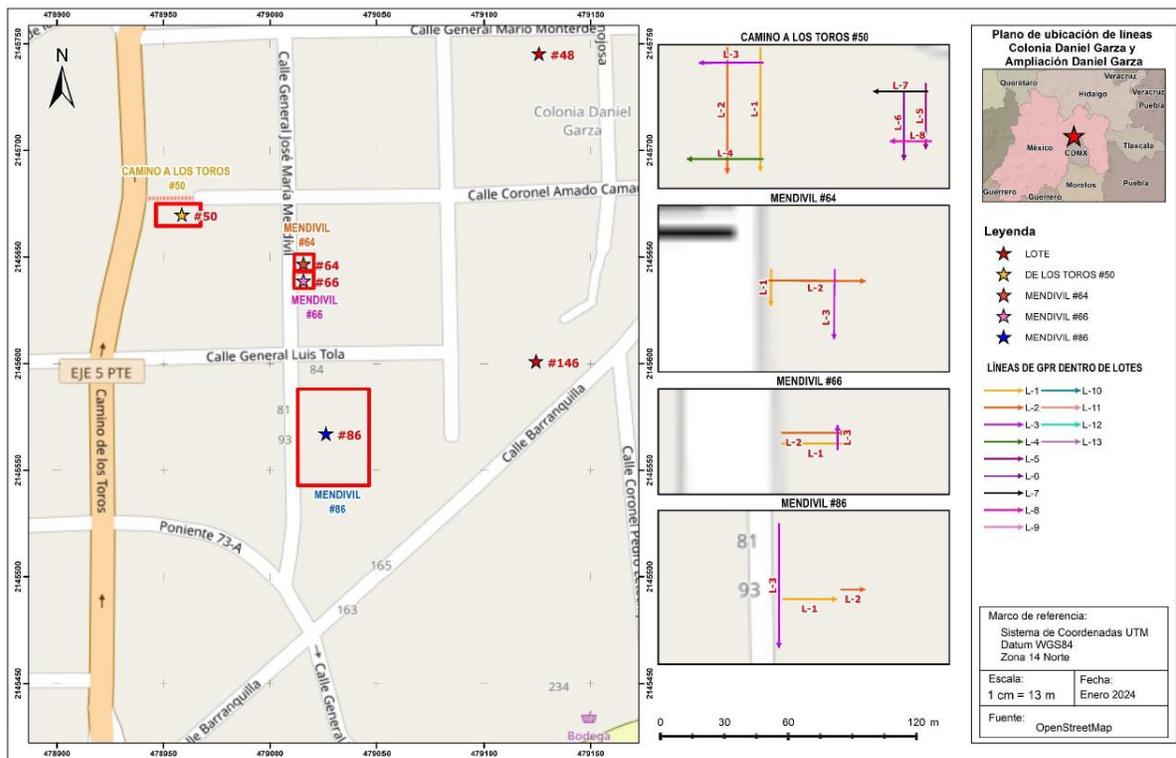


Ilustración 117 Distribución de Líneas de GPR en los Lotes de la Colonia Daniel Garza y Ampliación Daniel Garza.

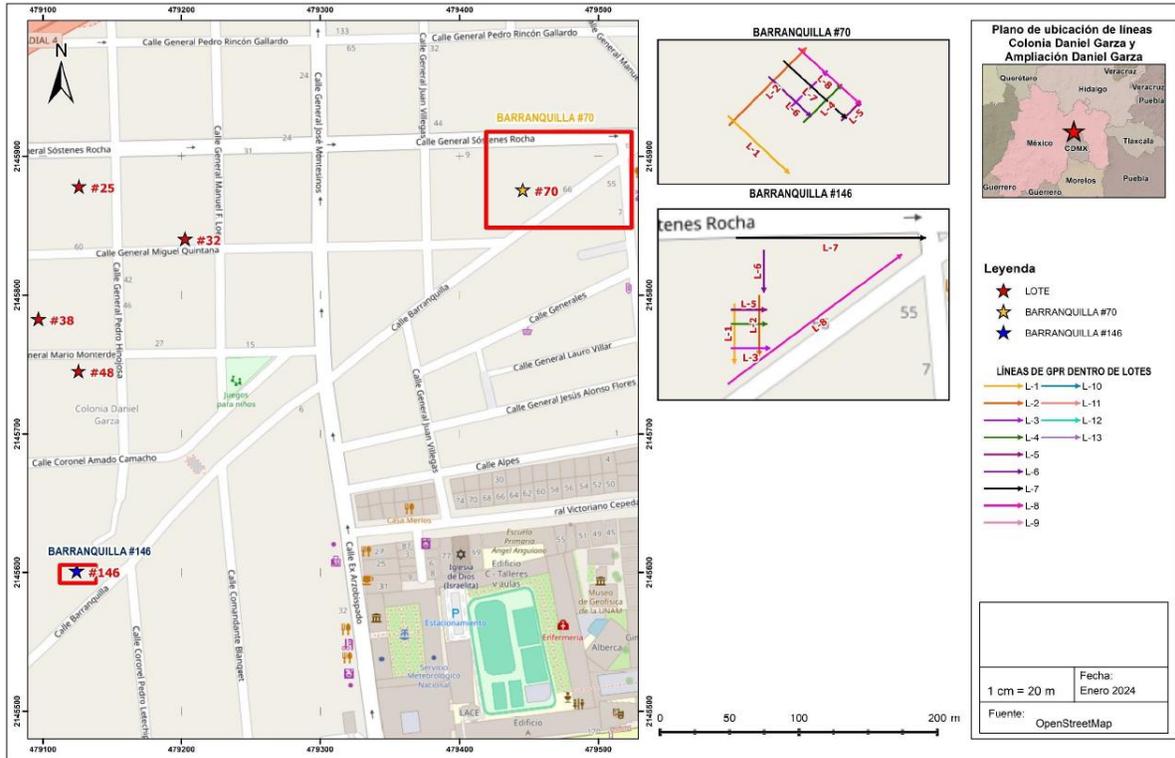


Ilustración 118 Distribución de Líneas de GPR en los Lotes de la Colonia Daniel Garza y Ampliación Daniel Garza.

Hinojosa #25

Sobre Hinojosa #25 se realizaron 8 líneas de GPR en total. En el interior del domicilio se llevaron a cabo las líneas 1 a 7, las líneas 1, 2 y 3 tienen dirección N-S, mientras que las líneas 4, 5, 6, y 7 son perpendiculares a las anteriores y tienen dirección E-O; La línea 8 corresponde a la entrada de la casa que da hacia la calle Gral. Pedro Hinojosa, tiene orientación E-O, cuenta con una longitud de 21 m aproximadamente.

A continuación, se muestra la línea 8 de GPR que destaca de todas las demás, después del procesamiento es posible observar que en todo el radargrama existe un contraste de amplitud significativo representados en tonalidades amarillas a rojos, que conforme a la escala utilizada esto se puede asociar a un posible cambio de material de relleno o una caverna parcialmente rellena, se recomienda verificar lo anterior mediante un sondeo mecánico.

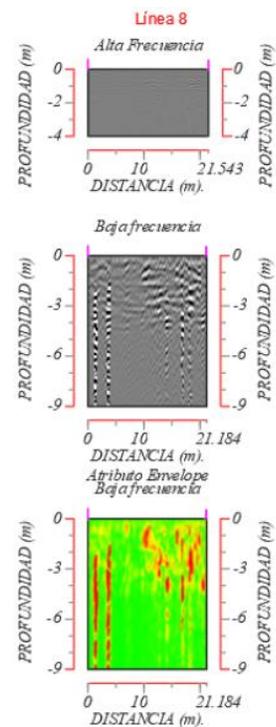


Ilustración 119 Radargramas y atributo Envelope Hinojosa #25 Línea 8

Loera #32

En el domicilio Loera #32 se realizaron 7 líneas de GPR en total. La distribución de líneas es la siguiente: En el interior del domicilio se llevaron a cabo las líneas 1 a 5, las líneas 1 y 2 tienen dirección O-E, mientras que las líneas 3, 4 y 5 son perpendiculares a las anteriores y tienen dirección E-O; La línea 6 y 7 se realizaron por la parte de afuera de la casa paralelas a las calles Miguel Quintana y General Loera respectivamente, la línea 7 tiene orientación O-E y la línea 8 tiene orientación S-N.

A continuación, se muestra la línea 1 y 2 de GPR, después del procesamiento es posible observar que en ambos radargramas de la línea 1 y 2 existe un contraste de amplitud significativo representados en tonalidades amarillas a rojos, que conforme a la escala utilizada esto se puede asociar a una posible caverna que puede encontrarse vacía o parcialmente rellena. El domicilio presenta hundimientos y agrietamientos visibles por lo que es importante corroborar con un sondeo mecánico el material que está generando dicho contraste.

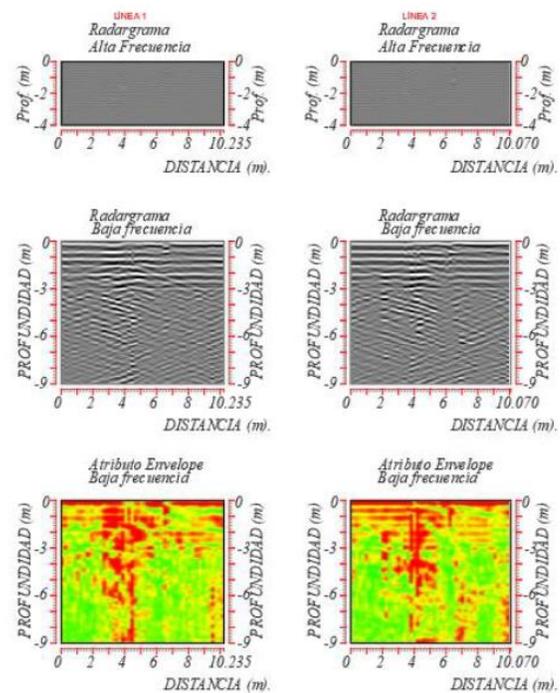


Ilustración 120 Radargramas y atributo Envelope Loera #32, línea 1 y 2

08 de septiembre #38

Se realizaron 13 líneas de GPR, que abarcan el interior del domicilio #38, así como la entrada que da hacia la calle 08 de septiembre. La distribución de líneas es la siguiente: las líneas 1, 2, 10 Y 11 tienen dirección E-O las líneas 3, 4 y 5 son perpendiculares a las anteriores y tienen dirección N-S.

A continuación, se muestra el procesamiento de la línea 10, se observa que en el rango de 2 a 10 m existe un contraste de amplitud significativo representados en tonalidades amarillas a rojos, es posible que se asocie a material de relleno y/o una caverna parcialmente rellena, sin embargo, se recomienda realizar una verificación para comprobar el tipo de material que hay en el sitio de estudio.

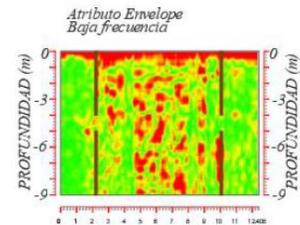
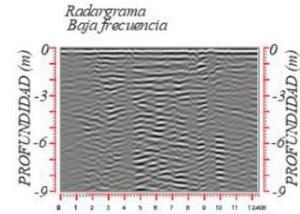
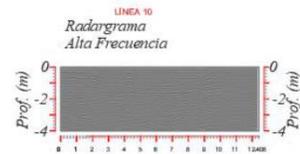


Ilustración 121 Radargramas y atributo Envelope 8 de septiembre #38, línea 10

Monterde #48

En Monterde #48 se realizó 1 línea de GPR en el interior del domicilio, tiene dirección N-S y cuenta con una longitud de 12.5 m aproximadamente.

La línea presenta un contraste de amplitud significativo representados en tonalidades amarillas a rojos en la distancia de 5 a 6 m y de 10 a 12 m, al final de la línea es posible observar un reflector asociado a una tubería de drenaje presente en el sitio de estudio, con base a lo anterior se recomienda realizar un sondeo de verificación para comprobar los materiales en el sitio de estudio.

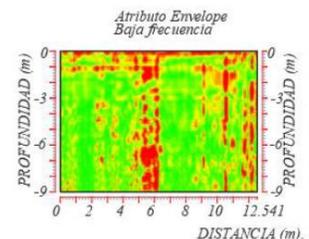
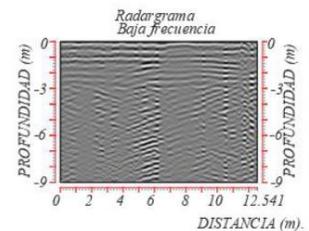
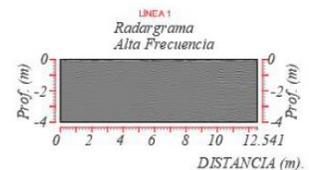


Ilustración 122 Radargramas y atributo Envelope Monterde #48

Camino De Los Toros #50

En el domicilio #50 se realizaron 8 líneas de GPR en total distribuidas en los diferentes patios de la casa. La distribución de líneas es la siguiente: L-1 a L-4, se tomaron en el patio frontal mientras que a partir de la 5 a la 8 se tomaron en el patio trasero del inmueble, las líneas 1, 2, 5 y 6 tienen dirección N-S, mientras que las líneas 3, 4, 7 y 8 son perpendiculares respectivamente a las anteriores y tienen dirección O-E.

A continuación, se muestra la línea 1 y 2 de GPR en la figura 4.53, después del procesamiento es posible observar que en ambos radargramas de la línea 1 y 2 existe un contraste de amplitud significativo representados en tonalidades amarillas a rojos, que conforme a la escala utilizada esto se puede asociar a un lente de arena presentes en el sitio de estudio o una posible caverna que puede encontrarse vacía o parcialmente rellena, es importante corroborar con un sondeo mecánico el material que está generando dicho contraste.

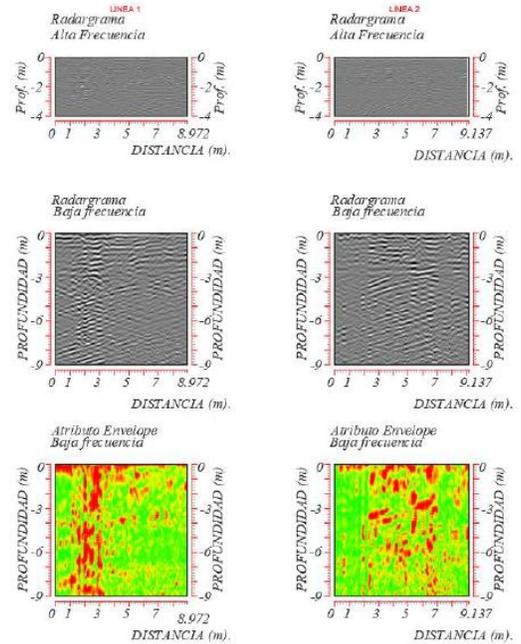


Ilustración 123 Radargramas y atributo Envelope Camino de los Toros #50

Mendivil #64 y Mendivil #66

En los lotes #64 y #66 se realizaron 3 líneas de GPR por cada domicilio. La distribución de líneas es la siguiente: En el interior del domicilio #64 la línea 1 y 3 son paralelas y tienen una dirección N-S, mientras que la línea 2 es perpendicular a las anteriores con dirección O-E; En el lote #66 también se realizaron 3 líneas de GPR las líneas 1 y 2 son paralelas entre ellas, orientadas O-E, la línea 3 es perpendicular a las anteriores con dirección N-S.

A continuación, se muestra la línea 2 del lote #64 y la línea 1 del lote #66 respectivamente, después del procesamiento es posible observar que en ambos radargramas existe un contraste de amplitud en colores amarillos a rojos, sin embargo, es más evidente en el lote #64 que conforme a la escala utilizada se puede asociar a posibles lentes de arena presentes en el sitio de estudio o a una caverna que puede encontrarse vacía y/o parcialmente rellena es importante corroborar con un sondeo mecánico el material presente en el domicilio. Por último, la cantidad total de líneas procesadas se encuentra en el Anexo adjunto a este documento.

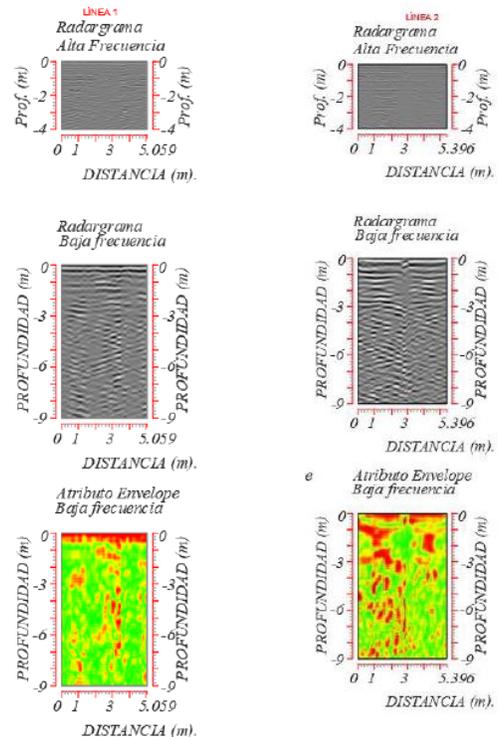


Ilustración 124 Radargramas y atributo Envelope Mendivil #66, línea 1

Ilustración 125 Radargramas y atributo Envelope Mendivil #64, línea 2

Barranquilla #70

Se realizaron 6 líneas de GPR, que abarcan el interior del domicilio #70, así como 2 líneas que corren paralelas a las calles Barranquilla (L-8) y Sóstenes Rocha (L-7). La distribución de líneas es la siguiente: las líneas 1, 2 Y 6 tienen dirección S-N las líneas 3, 4 y 5 son perpendiculares a las anteriores y tienen dirección O-E.

A continuación, se muestra el procesamiento de la línea 7, se observa que en el rango de 5 a 30 m y 40 a 68 m existe un contraste de amplitud significativo representados en tonalidades amarillas a rojos, es posible que se asocie a material de relleno y/o una caverna parcialmente rellena, sin embargo, se recomienda realizar una verificación para comprobar el tipo de material que hay en el sitio de estudio.

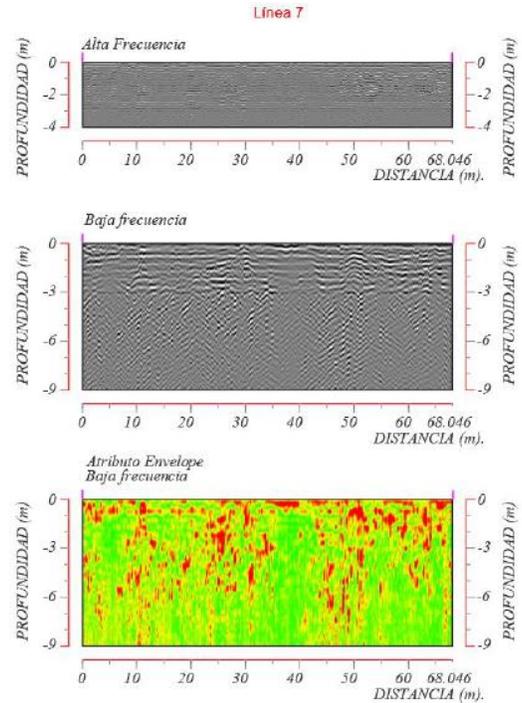


Ilustración 126 Radargramas y atributo Envelope Barranquilla #70, línea 7

Mendivil #86

Se realizaron 3 líneas de GPR en total. La distribución de líneas es la siguiente: La línea 1 y 2 no son paralelas y tienen una dirección E-O, mientras que la línea 3 es perpendicular a las anteriores con dirección N-S y se tomó sobre la calle Mendivil.

A continuación, se muestra el procesamiento de la Línea 3 es posible observar en los radagramas de bajas frecuencias y atributo Envelope que presentan reflectores asociados a un cambio de material en un rango de 7m a 28 m, la calle presenta diferentes hundimientos por lo que hay corroborar con un sondeo mecánico el material presente en el domicilio.

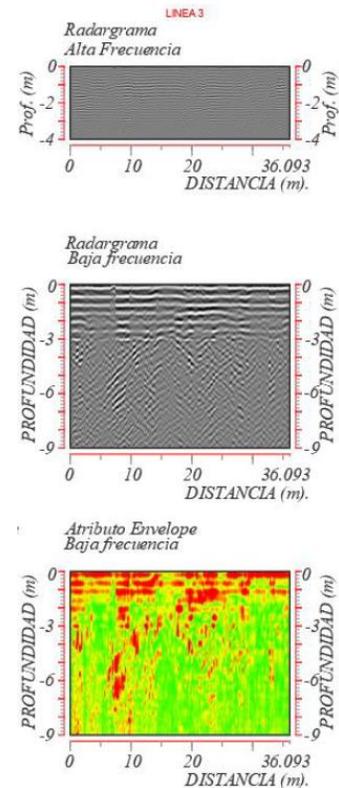


Ilustración 127 Radargramas y atributo Envelope Mendivil #86

Barranquilla #146

Por último, se realizaron 8 líneas de GPR dispuestas en un mallado que abarca el interior del domicilio #146. La distribución de líneas es la siguiente: las líneas 1, 6, 7 Y 8 tienen dirección SO-NE, mientras que las líneas 2, 3, 4 y 5 son perpendiculares a las anteriores y tienen dirección NO-SE.

A continuación, se muestra el procesamiento de la línea 4, es la línea más representativa ya que cruza el centro del domicilio, No presenta reflectores asociados a algún cambio de material o caverna.

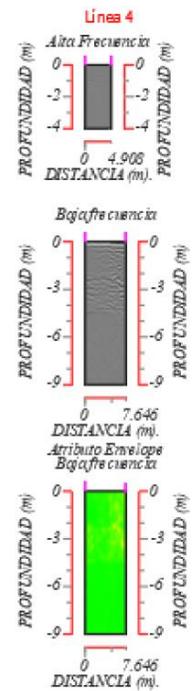


Ilustración 128 Radargramas y atributo Envelope #146, línea 4



Sondeos Mecánicos

Después de la interpretación de las líneas de tomografía y de GPR se recomendó la verificación de anomalías asociadas a posibles cavidades con la finalidad de descartar esta estructura geológica y corroborar el origen de las anomalías geofísicas. La elección de anomalías se llevó a cabo en correlación con los resultados de ambas técnicas y observaciones en campo. Se realizaron **19 Sondeos Mecánicos (SM)** dando un total de **223.40m perforados**, los cuales fueron ubicados en las anomalías más representativas del área de estudio.

COORDENADAS DE SONDEOS MECÁNICOS SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)

SONDEO MECÁNICO	X INICIAL	Y INICIAL
SM-1	479561.004	2145852.939
SM-2	479078.613	2145815.570
SM-3	479374.783	2145880.045
SM-4	479007.527	2145559.026
SM-5	479070.521	2145917.914
SM-6	479373.808	2145934.015
SM-7	479055.620	2145757.926
SM-8	479297.432	2145749.181
SM-9	479297.066	2145768.141
SM-10	480111.000	2146342.996
SM-11	479467.857	2146107.604
SM-12	479066.011	2145958.942
SM-13	479067.992	2145920.969
SM-14	479409.001	2146028.996
SM-15	479034.992	2145563.967
SM-16	479032.981	2145568.994
SM-17	479108.991	2145884.985
SM-18	479095.939	2145847.215
SM-19	479953.874	2146053.404

Tabla 5 Coordenadas de sondeos mecánicos

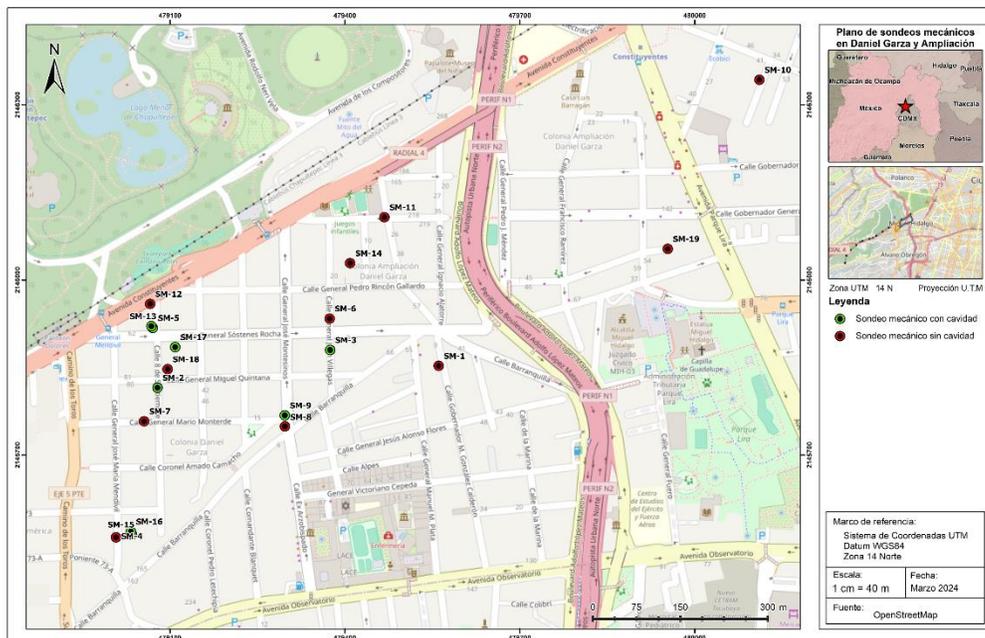


Ilustración 129 Localización de Sondeos Mecánicos

De las 19 perforaciones realizadas, cuatro muestran cavidades que no están colapsadas y siete cavidades colapsadas y/o rehabilitadas; el resto de las perforaciones presentan materiales arenosos, limo-arenosos y limo-arcillosos. A continuación, se presenta una tabla con los resultados mencionados en este párrafo y las hojas a detalle de cada perforación.

Sondeo Mecánico		Sin Cavidad y/o zonas de fracturas, materiales arenosos, limo-arenosos y limo-arcillosos 	Zonas de fracturas susceptibles a asentamientos 	Cavidades 
SM 1	C. Calderon frente al #11			
SM 2	C. 8 de Septiembre frente al #34			
SM 3	C. Villegas			
SM 4	C. Mendivil frente al #84			
SM 5	C. 8 de Septiembre frente al #11			
SM 6	C. Villegas frente al #42			
SM 7	C. Gral. Monterde frente al #53			
SM 8	C. Montesinos Cruce Av. Monterde y Barranquilla			
SM 9	C. Montesinos			
SM 10	Mercado el Chorrito			
SM 11	Calle José Morán			
SM 12	Esq. Av. Constituyentes / C. 8 de Septiembre			
SM 13	C. 8 de Septiembre #11			
SM 14	Priv. José Moran #19			
SM 15	Mendivil #86			
SM 16	Mendivil #84			
SM 17	Sostenes Rocha #51			
SM 18	8 de septiembre #26			
SM 19	Cda Rincón Gallardo #15			
Anomalías Detectadas			8	

Tabla 6 Resultados de las perforaciones realizadas.



SONDEO: 1			COLONIA: DANIEL GARZA	 NEGATIVO
UBICACIÓN: CALLE CALDERÓN			REFERENCIA: Electrodo #26, Frente al #11	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	relleno y pavimento	
1.00	2.00	1.00	limo arenoso café claro	
2.00	3.00	1.00	limo arenoso café claro	
3.00	4.00	1.00	limo arenoso café claro	
4.00	5.00	1.00	limo arenoso gris claro	
5.00	6.00	1.00	arena media gris claro	
6.00	7.00	1.00	arena media gris claro	
7.00	8.00	1.00	arena media gris claro	
8.00	9.00	1.00	arena media gris claro	
9.00	10.00	1.00	arena media gris claro	
10.00	11.00	1.00	arena media gris claro	
11.00	12.00	1.00	arena media gris claro	
12.00	13.00	1.00	arena limosa gris claro	
13.00	14.00	1.00	limo arenoso café claro	
14.00	15.00	1.00	limo arenoso café claro	

OBSERVACIONES: n/a

SONDEO: 2			COLONIA: DANIEL GARZA	 POSITIVO
UBICACIÓN: C. 8 DE SEPTIEMBRE			REFERENCIA: Electrodo #76, Frente al #34	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	pavimento, limo poco arcilloso café claro	
1.00	2.00	1.00	No hubo recuperación de material, posible fractura de 20 cm	
2.00	3.00	1.00	No hubo recuperación de material, cavidad	
3.00	4.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	
4.00	5.00	1.00	No hubo recuperación de material, cavidad	
5.00	6.00	1.00	limo arenoso café claro	
6.00	7.00	1.00	6.70-7.00 m se fue libre, posible cavidad	
7.00	8.00	1.00	material blando	
8.00	8.60	0.60	limo arenoso café claro	
8.60	9.20	0.60	limo arenoso café claro	
9.20	10.00	0.80	limo arenoso café claro	
10.00	11.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	
11.00	12.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	
12.00	13.00	1.00	arena media gris claro	
13.00	14.00	1.00	limo arenoso café claro	

OBSERVACIONES: Perdida de agua a los 1.3 m; se fueron 20 cm libres aproximadamente. Se ademasaron 9m, Retorno del agua a partir de los 12m



SONDEO: 3			COLONIA: DANIEL GARZA	
UBICACIÓN: CALLE VILLEGAS			REFERENCIA: Electrodo #50	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	material de relleno y pavimento	
1.00	2.00	1.00	material de relleno y arenas	
2.00	3.00	1.00	limo poco arcilloso café claro	
3.00	4.00	1.00	limo arenoso café claro	
4.00	5.00	1.00	limo arenoso café claro	
5.00	6.00	1.00	limo arenoso café claro	
6.00	7.00	1.00	arena media con escaso limo	
7.00	8.00	1.00	arena media gris claro	
8.00	9.00	1.00	arena media gris claro	
9.00	10.00	1.00	arena media gris claro	
10.00	11.00	1.00	arena media gris claro	
11.00	12.00	1.00	arena media gris claro	
12.00	13.00	1.00	arena media gris claro	
13.00	14.00	1.00	arena media gris claro	
14.00	15.00	1.00	arena media gris claro	

OBSERVACIONES: n/a

SONDEO: 4			COLONIA: DANIEL GARZA	
UBICACIÓN: CALLE MENDIVIL			REFERENCIA: Electrodo #182, Frente al #84	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	pavimento limo arcilloso café claro	
1.00	2.00	1.00	limo arenoso café claro y arena gruesa	
2.00	3.00	1.00	limo arenoso café claro y arena gruesa	
3.00	4.00	1.00	limo arenoso café claro	
4.00	5.00	1.00	limo arenoso café claro	
5.00	6.00	1.00	arena media poco limosa	
6.00	7.00	1.00	arena media gris claro	
7.00	8.00	1.00	arena media poco limo	
8.00	9.00	1.00	limo arenoso café claro	
9.00	10.00	1.00	arena media y limo arenoso café claro	
10.00	11.00	1.00	limo arenoso café claro	
11.00	12.00	1.00	limo arenoso café claro	
12.00	13.00	1.00	limo arenoso café claro	
13.00	14.00	1.00	limo arenoso café claro	
14.00	15.00	1.00	limo poco arcilloso café claro	

OBSERVACIONES: n/a



SONDEO: 5			COLONIA: DANIEL GARZA	
UBICACIÓN: CALLE 8 DE SEPTIEMBRE			REFERENCIA: Electrodo #17-18, Frente al #11	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	pavimento y limos arenosos	
1.00	2.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	
2.00	3.00	1.00	perdida de agua a los 60 cm	
3.00	4.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	
4.00	5.00	1.00	limo arenoso y arena gris claro	
5.00	6.00	1.00	No hubo recuperación de material, cavidad	
6.00	7.00	1.00	No hubo recuperación de material, cavidad	
7.00	8.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	
8.00	9.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	
9.00	10.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	
10.00	11.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	
11.00	12.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	
12.00	13.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	
13.00	14.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	
14.00	15.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	

OBSERVACIONES: n/a

SONDEO: 6			COLONIA: DANIEL GARZA	
UBICACIÓN: CALLE VILLEGAS			REFERENCIA: Electrodo #42, Frente al #79	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	material de relleno y pavimento	
1.00	2.00	1.00	arenas medias con intercalaciones de arcillas	
2.00	3.00	1.00	limo arenoso café claro	
3.00	4.00	1.00	limo arenoso café claro	
4.00	5.00	1.00	limo poco arcilloso café claro	
5.00	6.00	1.00	limo arcilloso café claro	
6.00	7.00	1.00	limo poco arcilloso café claro	
7.00	8.00	1.00	limo poco arenoso café claro	
8.00	9.00	1.00	limo arenoso café claro	
9.00	10.00	1.00	limo arenoso café claro	
10.00	11.00	1.00	arena limosa gris claro	
11.00	12.00	1.00	arena media gris claro	
12.00	13.00	1.00	arena media a gruesa gris claro	
13.00	14.00	1.00	arena media poco limosa gris claro	
14.00	15.00	1.00	arena media poco limosa	

OBSERVACIONES: n/a



SONDEO: 7			COLONIA: DANIEL GARZA	
UBICACIÓN: CALLE GRAL. MONTERDE			REFERENCIA: Electrodo -#59-60, Frente al #53	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	pavimento y material de relleno	
1.00	2.00	1.00	material de relleno	
2.00	3.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	
3.00	4.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	
4.00	5.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso, fractura	
5.00	6.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	
6.00	7.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	
7.00	8.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	

OBSERVACIONES: De 4.00 a 4.5 se fue la tubería con poca presión. Ademe a 4.5 m

SONDEO: 8			COLONIA: DANIEL GARZA	
UBICACIÓN: CALLE MONTESINOS			REFERENCIA: Electrodo #167, Cruce con Av. Monterde y Barranquilla	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	pavimento y relleno limo arenosa	
1.00	2.00	1.00	limo poco arenoso	
2.00	3.00	1.00	limo arenoso-arenas medias	
3.00	4.00	1.00	arena media gris claro	
4.00	5.00	1.00	arena media gris claro	
5.00	6.00	1.00	arena media gris claro	
6.00	7.00	1.00	arena media gris claro	
7.00	8.00	1.00	arena media gris claro	
8.00	9.00	1.00	arena media gris claro	
9.00	10.00	1.00	arena media gris claro	
10.00	11.00	1.00	arena media gris claro	

OBSERVACIONES: n/a



SONDEO: 9			COLONIA: DANIEL GARZA	
UBICACIÓN: CALLE MONTESINOS			REFERENCIA: Electrodo #54	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Perdida de agua a los 60 cm, pequeña cavidad y/o fractura	
1.00	2.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso, posible cavidad colapsada y/o rellenada	
2.00	3.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso	
3.00	4.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso, posible cavidad colapsada y/o rellenada	
4.00	5.00	1.00	No hubo recuperación de material, material poroso, posible cavidad colapsada y/o rellenada	
5.00	6.00	1.00	de 5.00 a 5.50 material suave	
6.00	7.00	1.00	de 6.00 a 6.50 aun estuvo suave el terreno	
7.00	8.00	1.00	-	
8.00	9.00	1.00	-	

OBSERVACIONES: A partir de los 6.5 m subió la resistencia del terreno

SONDEO: 10			COLONIA: DANIEL GARZA	
UBICACIÓN: MERCADO EL CHORRITO			REFERENCIA:	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	pavimento y relleno arcilloso	
1.00	2.00	1.00	SR	
2.00	3.00	1.00	material arcilloso, (se molió con la rotación)	
3.00	4.00	1.00	material arcilloso	
4.00	5.00	1.00	material arcilloso	
5.00	6.00	1.00	material arcilloso	
6.00	7.00	1.00	material arcilloso	
7.00	8.00	1.00	material arcilloso	
8.00	9.00	1.00	material arenoso	
9.00	10.00	1.00	material arenoso	

OBSERVACIONES: n/a



SONDEO: 11			COLONIA: DANIEL GARZA	 NEGATIVO
UBICACIÓN: CALLE JOSE MORAN			REFERENCIA: Electrodo #59	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	pavimento; limo arenoso café claro	
1.00	2.00	1.00	limo arenoso café claro	
2.00	3.00	1.00	limo arenoso café claro	
3.00	4.00	1.00	limo arenoso café claro	
4.00	5.00	1.00	limo arenoso café claro	
5.00	6.00	1.00	limo arenoso café claro	
6.00	7.00	1.00	limo arenoso café claro	
7.00	8.00	1.00	limo poco arcilloso café claro	
8.00	9.00	1.00	limo poco arcilloso café claro	
9.00	10.00	1.00	limo poco arcilloso café claro	
10.00	11.00	1.00	limo poco arcilloso café claro	
11.00	12.00	1.00	limo arcilloso café claro	
12.00	13.00	1.00	limo poco arcilloso café claro	
13.00	14.00	1.00	arena media gris claro	
14.00	15.00	1.00	arena media gris claro	
15.00	16.00	1.00	arena media gris claro	
16.00	17.00	1.00	arena media a gruesa gris claro	
17.00	18.00	1.00	arena gruesa gris claro	
18.00	19.00	1.00	arena gruesa gris claro	

OBSERVACIONES: n/a

SONDEO: 12			COLONIA: DANIEL GARZA	 NEGATIVO
UBICACIÓN: CALLE JOSE MORAN			REFERENCIA: Electrodo #59	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Arenas y material de relleno.	
1.00	2.00	1.00	Arenas limosas.	
2.00	3.00	1.00	Limo arenoso.	
3.00	4.80	1.80	Limo arenoso.	
4.80	6.20	1.40	Arenas de grano medio	
6.70	8.00	1.30	Material de relleno.	
8.00	9.00	1.00	Material de relleno.	
9.00	10.00	1.00	Material de relleno.	
10.00	10.75	0.75	Arenas de grano grueso.	
11.00	11.40	0.40	Limos arenosos.	

OBSERVACIONES: n/a



SONDEO: 13			COLONIA: DANIEL GARZA	
UBICACIÓN: C. 8 de septiembre #11			REFERENCIA: Frente al #11	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Material de relleno.	
1.00	2.00	1.00	Arenas limosas.	
2.00	3.00	1.00	Limo arenoso.	
3.00	4.00	1.00	Limo arenoso.	
4.00	4.80	0.80	Limo arenoso.	
4.80	6.00	1.20	Perdida de fluido. Cavidad.	
6.00	6.50	0.50	Limo arenoso.	
6.50	7.00	0.50	Perdida de fluido. Cavidad.	
7.00	8.00	1.00	Material de relleno.	

OBSERVACIONES: n/a

SONDEO: 14			COLONIA: DANIEL GARZA	
UBICACIÓN: Priv. José Moran #19			REFERENCIA: -	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Arenas de grano medio y material de relleno.	
1.00	2.00	1.00	Material de relleno	
2.00	3.00	1.00	Arenas limosas.	
3.00	4.00	1.00	Limos arenosos.	
4.00	5.00	1.00	Limos arenosos.	
5.00	6.00	1.00	Limos arenosos.	
6.00	7.50	1.50	Limos arenosos.	
7.50	8.80	1.30	Arenas limosas.	
8.80	10.00	1.20	Arenas de grano grueso y gravas.	
10.00	12.00	2.00	Arenas de grano grueso y gravas.	

OBSERVACIONES: n/a



SONDEO: 15			COLONIA: DANIEL GARZA	 SUSCEPTIBLE A ASENTAMIENTO
UBICACIÓN: Mendivil #86			REFERENCIA: -	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Material de relleno.	
1.00	2.00	1.00	Material de relleno.	
2.00	3.00	1.00	Limo arenoso de color café con material de relleno.	
4.00	5.00	1.00	Perdida de fluido. Se asocia a oquedades.	
5.00	6.00	1.00	Perdida de fluido. Se asocia a oquedades.	
6.00	7.00	1.00	Arenas limosa.	
7.00	8.00	1.00	Arenas de grano medio.	
8.00	9.00	1.00	Arenas de grano medio.	
9.00	10.00	1.00	Arenas de grano medio.	

OBSERVACIONES: n/a

SONDEO: 16			COLONIA: DANIEL GARZA	 POSITIVO
UBICACIÓN: Mendivil #84			REFERENCIA: -	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Material de relleno y arenas medias de color café.	
1.00	2.00	1.00	Material de relleno y limos arenosos de color café.	
2.00	3.00	1.00	Perdida de fluido. Cavidad.	
3.00	4.00	1.00	Perdida de fluido. Cavidad.	
4.00	5.00	1.00	Arenas limosas con material de relleno.	
5.00	6.00	1.00	Arenas limosas con material de relleno.	
6.00	7.00	1.00	Arenas con material de relleno.	
7.00	8.00	1.00	Arenas limosas.	
8.00	9.00	1.00	Arenas limosas.	
9.00	10.00	1.00	Arenas limosas.	

OBSERVACIONES: n/a



SONDEO: 17			COLONIA: DANIEL GARZA	 POSITIVO
UBICACIÓN: Sostenes Rocha #51			REFERENCIA: -	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Material de relleno.	
1.00	2.00	1.00	Material de relleno.	
2.00	3.00	1.00	Material de relleno. Salieron trozos de ropa enredados en la broca.	
3.00	4.00	1.00	Material de relleno. Salieron trozos de ropa enredados en la broca.	
4.00	5.00	1.00	Material de relleno. Salieron trozos de ropa enredados en la broca.	
5.00	6.00	1.00	Material de relleno.	
6.00	7.00	1.00	Material de relleno.	
7.00	8.00	1.00	Arenas limosas.	
8.00	9.00	1.00	Arenas limosas.	
9.00	10.00	1.00	Arenas limosas.	

OBSERVACIONES: n/a

SONDEO: 18			COLONIA: DANIEL GARZA	 NEGATIVO
UBICACIÓN: 8 de septiembre #26			REFERENCIA: -	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Material de relleno.	
1.00	2.00	1.00	Limos arenosos con gravas.	
2.00	3.00	1.00	Limos arenosos.	
3.00	4.00	1.00	Limos arenosos.	
4.00	5.00	1.00	Limos arenosos.	
5.00	6.00	1.00	Limos arenosos.	
6.00	7.00	1.00	Limos arenosos.	
7.00	8.00	1.00	Limos arenosos.	

OBSERVACIONES: n/a



SONDEO: 19			COLONIA: DANIEL GARZA
UBICACIÓN: 8 de septiembre #26			REFERENCIA: -
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES
INICIAL	FINAL	AVANCE	
0.00	1.00	1.00	Material de relleno.
1.00	2.00	1.00	Material de relleno.
2.00	3.00	1.00	Material de relleno.
3.00	4.00	1.00	Material de relleno.
4.00	5.00	1.00	Material de relleno.
5.00	6.00	1.00	Material de relleno.
6.00	7.00	1.00	Material de relleno.
7.00	8.00	1.00	Material de relleno.

OBSERVACIONES: El predio con #15 muestra daño estructural debido a asentamientos diferenciales y hundimientos. Sin bien la perforación no llega a la cavidad, se infiere la presencia de esta dentro del predio ya que la verificación se realizó fuera de este por motivos de seguridad y de espacio.

Plantas de Resistividad



Una vez finalizado el análisis de los perfiles de tomografía y de radar se realizaron plantas de resistividad y de anomalías de radar por medio de una interpolación entre líneas de manera horizontal, con la finalidad de obtener una correlación estratigráfica y de anomalías del área de estudio, además de la posible dirección de las cavidades, zonas de fractura y cambios estratigráficos sobresalientes.

Se obtuvo la información de las coordenadas de cada punto de atribución con el objetivo de referenciar cada lectura y así poder tener una base de datos de forma espacial (x, y, z).

Se filtraron los datos de resistividad donde se presentan las anomalías de interés que son los altos y bajos resistivos, para poder eliminar valores muy altos y bajos, causados probablemente por mediciones erróneas, que afectan el resultado.

Se agruparon todos los datos de las imágenes de resistividad, para trabajar los mismos como un conjunto unitario, una vez agrupados se exportan al Software Surfer.

Debido a la separación entre líneas, existen zonas de incertidumbre; por lo tanto, la correlación de las anomalías, sobre todo la dirección puede variar con la mostrada en el plano de resultados. Con finalidad de apreciar a detalle las zonas de contacto susceptibles a generar zonas de fracturamiento, asentamientos y posibles cavidades, se realizaron plantas diferentes profundidades. Las profundidades usadas fueron las siguientes: 5 y 10 m.

A continuación se describe cada una de las plantas realizadas, resaltando sus rasgos estructurales más sobresalientes.

Es importante mencionar que las líneas rojas representan zonas asociadas a posibles cavidades; ya que muestran valores de resistividad similares a los que se han correlacionado a cavidades por medio de las verificaciones realizadas; por lo tanto, se infiere que estas resistividades pueden estar asociados a este tipo de estructura geológica; no obstante, para corroborar lo anterior es necesario llevar a cabo la verificación de estas; sin embargo, estas plantas nos dan un indicio de las zonas que presentan riesgo.

En las imágenes siguientes se puede observar cómo los contactos rojos coinciden con las cavidades encontradas por medio de las perforaciones y con las cavidades colapsadas y/o rellenadas.

Planta de 5 m de profundidad

En esta planta lo que se busca es visualizar las zonas que se correlacionan con posibles cavidades que se ubican en un rango de 3 a 7 metros de profundidad. Se pueden observar diferentes zonas que presentan posibles cavidades, sobre todo en la parte Oeste y Suroeste del área de estudio. Estas se pueden apreciar con tonalidades rojas y que están encerradas en matices verdes y amarillos.

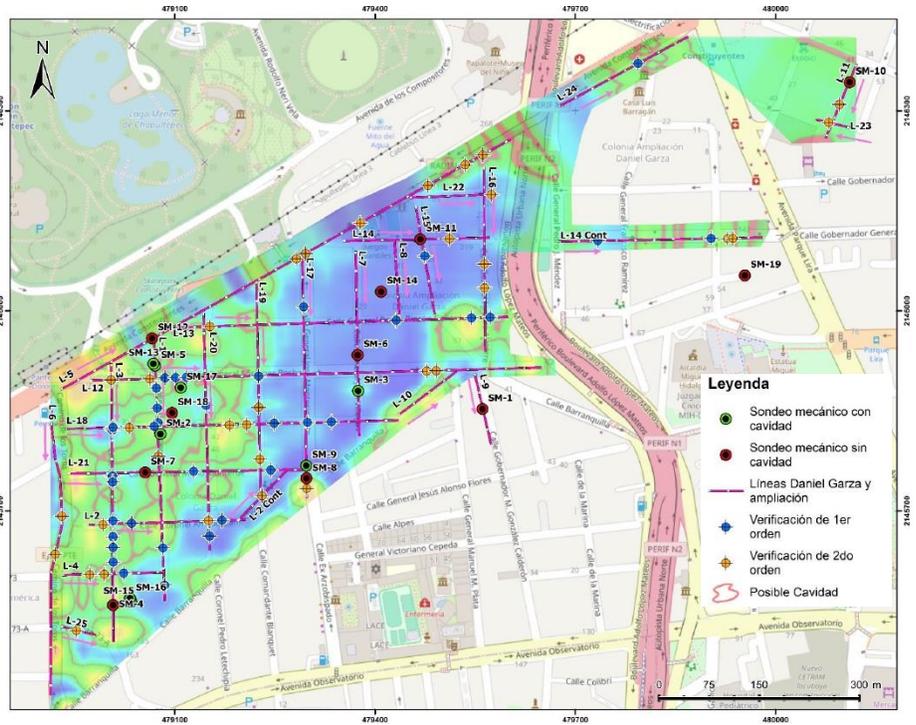


Ilustración 130 Planta de resistividad a 5m.

Planta de 10 m de profundidad

La finalidad de esta planta es ubicar las posibles cavidades localizadas en un rango de profundidad de 7 a 12 m. Se aprecia que la parte Oeste y Suroeste es la que mayor presencia de anomalías correlacionadas a cavidades tiene; sin embargo, la parte central y Este del área muestra zonas asociadas a posibles cavidades.

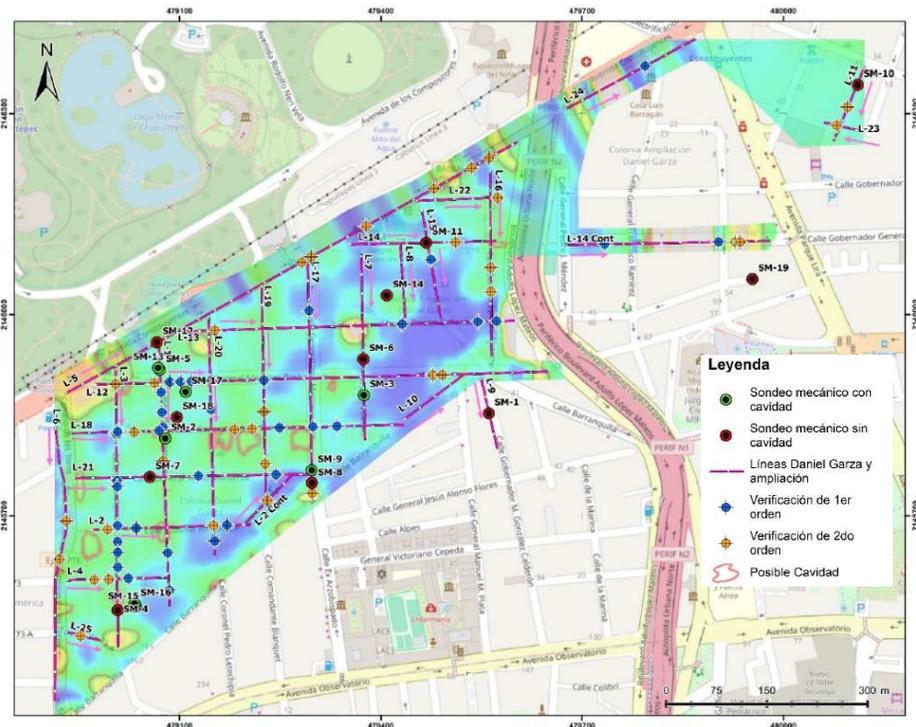


Ilustración 131 Planta de resistividad a 10m

Video Grabación de Pozos



En este apartado se describen los resultados de las videograbaciones realizadas en las perforaciones (SM) y se mencionan las zonas de mayor importancia, siendo estas las posibles cavidades y fracturas. La distribución de los SM se puede observar en la ilustración 132

A continuación, se realiza una descripción de cada videograbación. Se hace mención de que solo se llevaron a cabo 18 de las 19 videograbaciones debido a un colapso de pozo, lo cual se debe a materiales blandos e inestables.

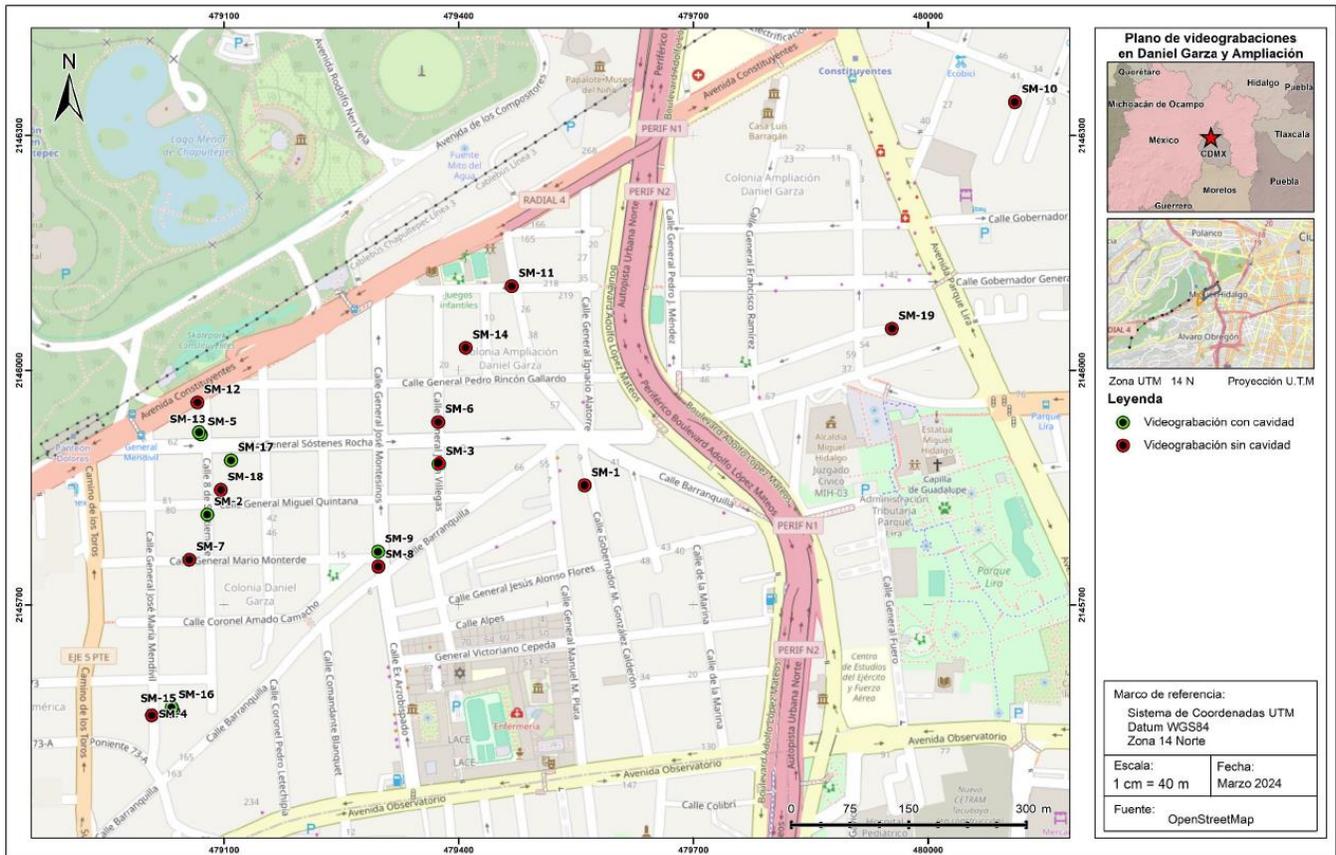
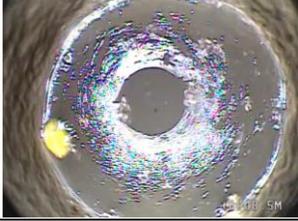


Ilustración 132 Ubicación de videograbaciones realizadas para descartar y/o corroborar cavidades.

SM-1

La videograbación llevada a cabo dentro del sondeo mecánico 1, ubicado en la calle de Calderón en el electrodo 26 de las líneas de tomografía, muestra los siguientes cambios:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0 m	Inicio de la grabación a nivel de suelo.	
0.4 m	Se observa material de relleno de grano grueso,	
2 m	Pared de pozo muy regular compuesto de limos arenosos color café claro.	
4.4 m	Se observan materiales arcillosos mezclados con gravas.	
8.9 m	Encontramos el nivel del agua residual utilizada durante la perforación del sondeo mecánico.	

SM-2

En el sondeo mecánico 2, se ubica en la calle 8 de septiembre, en el electrodo 76 y en esta videograbación se presentan las siguientes anotaciones:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
1.4 m	Se observa oquedades entre el material de relleno de grano medio a grueso,	
2.9 m	Cavernas, resultado del asentamiento de los materiales de relleno.	
3	Inicio de posible cavidad	
3.3 m	Posible caverna.	
4.2 m	Posible caverna desde 4.2 m hasta 5.2 m	
5.7 m	Limos arenosos café claro.	
6.3 m	Fin del paquete de limos arenosos, e inicio de zona cavernosa.	
6.80	Zona de cavidad	
7.1 m	Derrumbe del sondeo.	

SM-3

La videograbación llevada a cabo dentro del sondeo mecánico 3, ubicado en la calle de Villegas #50, en el electrodo 105 de las líneas de tomografía, presenta las siguientes observaciones.

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0 m	Inicio de la grabación a nivel de suelo.	
1.1 m	Se observa material de relleno de grano medio a grueso, intercalado con arenas color gris.	
4 m	Pared de pozo muy regular de arenoso color café claro.	
6 m	Se observan arenas de grano medio	
8.9 m	Encontramos el nivel del agua residual utilizada durante la perforación del sondeo mecánico.	

SM-4

La videograbación realizada dentro del sondeo mecánico 4 en la calle de Mendivil entre los electrodos 52 y 53 de la línea de tomografía eléctrica muestra lo siguiente:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0 m	Inicio de la grabación a nivel de suelo.	
0.8 m	Se observa material de relleno arenoso de grano fino a medio, intercalado con arenas color gris.	
5.3	Zona de posible cavidad colapsada	
5.5 m	Nivel del agua residual con polímero utilizado durante la perforación.	

SM-4

La videograbación realizada dentro del sondeo mecánico 4 en la calle de Mendivil entre los electrodos 52 y 53 de la línea de tomografía eléctrica muestra lo siguiente:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0 m	Inicio de la grabación a nivel de suelo.	
0.8 m	Se observa material de relleno arenoso de grano fino a medio, intercalado con arenas color gris.	
5.3 m	Zona de posible cavidad Colapsada.	
5.5 m	Nivel del agua residual con polímero utilizado durante la perforación.	

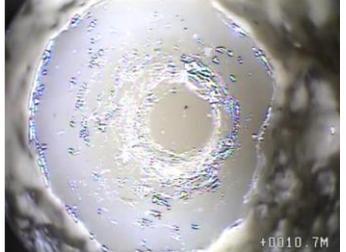
SM-5

La videograbación llevada a cabo dentro del sondeo mecánico 5, muestra las siguientes observaciones:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0 m	Inicio de la grabación a nivel de suelo.	
0.3 m	Se observa material de relleno de grano medio a grueso, intercalado con arenas color café claro.	
2.6 m	Pared de pozo muy regular de materiales arcillosos café claro.	
5.2 m	Se detecto zona cavernosa entre 5.2 y 6.1 m	
6 m	Zona de cavidad	
6.8 m	Zona cavernosa de 6.8 a 7.1m	
8.5 m	Límite de exploración por el nivel de agua residual.	

SM-6

Se describen las notas de la videograbación llevada a cabo en el sondeo mecánico 6, realizado de la calle de Villegas frente a la escuela Atlacubaya.

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0 m	Parte superficial de videograbación de pozo.	
0.8 m	Material heterogéneo de relleno compuesto de arenas de grano medio a grueso, intercalado con algunas gravas.	
5.0 m	Limos arenosos de color café claro.	
8.5 m	Limos arenosos de color café claro.	
10.7 m	Nivel de agua residual.	

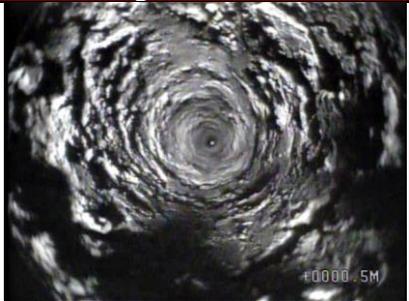
SM-7

Con base en la videograbación llevada a cabo en sondeo mecánico 7, de la calle de Monterde entre el electrodo 59 y 60, se obtienen las siguientes observaciones:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.5 m	Parte superficial de videograbación de pozo, paredes irregulares	
0.7 m	Se observa material de relleno de grano medio a grueso, intercalado con arenas color café claro.	
1.9 m	De 1.8 a 2.3 m se observa una pared de pozo muy regular de materiales arcillosos café claro.	
2.3 m	La pared del pozo vuelve a ser muy irregular y material de grano grueso	
4.0 m	Grietas y pequeñas oquedades en la pared del pozo.	
4.3 m	Pozo derrumbado a partir de los 4.3 m	

SM-8

En la videograbación realizada en el sondeo mecánico 8, ubicado en la calle de Montesinos entre el electrodo 167 y 168, presenta las siguientes anotaciones:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.5 m	Parte superficial de videograbación de pozo.	
2 m	Se observa de manera homogénea arenas medias de color gris claro.	
5.2 m	Vista lateral del sondeo Mecánico.	
13.8 m	Vista del nivel del agua residual que se utilizó durante la perforación del sondeo mecánico.	

SM-9

De acuerdo con la videograbación realizada al interior del sondeo mecánico 9, de la calle de Montesinos en el electrodo 154, se obtienen las siguientes observaciones:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0 m	Inicio de la videograbación.	
0.5 m	Se observa oquedades en todo el rededor del pozo a esta profundidad además de material de relleno.	
0.8 m	Encontramos posible material de relleno, compuesto por materiales limosos.	
1.4 m	Se observan restos de tabiques usados para rellenar una posible cavidad.	
2.3 m	La pared del pozo semuestra irregular. Arenas de grano medio. Color café claro.	
2.4 m	Se perciben materiales limosos con gravas, el diámetro del pozo es mayor al de la perforación del sondeo mecánico.	
3.3 m	El ancho del pozo aumenta en ciertas partes, se describen materiales arenosos y gravas y fractura.	
4.5 m	Se distinguen arenas de grano grueso	
5.2 m	Nivel del agua residual utilizada durante la perforación.	

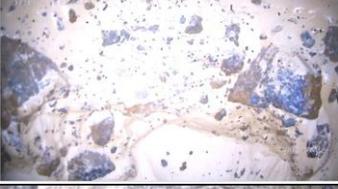
SM-10

En la calle de Gral. Esteva en el electrodo 25, se llevó a cabo el video del sondeo mecánico correspondiente, en donde se observa lo siguiente:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.5 m	Parte superficial de videograbación de pozo Materiales arcillosos	
2.1 m	Vista de la pared del pozo donde se observan materiales arcillosos.	
5.1 m	Nivel del agua residual que no se ha filtrado en el pozo.	

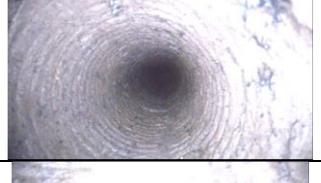
SM-12

La videograbación en el sondeo número 12 está ubicado en Calle 8 de septiembre esquina con Av. Constituyentes, se observa lo siguiente:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.56 m	Paredes de pozo firmes. Se observan arenas de color gris.	
3.00 m	Continúan paredes de pozo regulares, material compactado de grano medio.	
6.70 m	Se observa material de grano medio-grueso de color gris.	
7.67 m	Paredes de pozo irregulares. Se observa la presencia de arenas, gravas y material grueso asociado a relleno.	
8.26 m	Material compuesto por gravas asociadas a relleno.	
11.00 m	Paredes de pozo fisuradas. Se observa material limo-arenoso.	
11.40 m	Profundidad inspeccionada.	

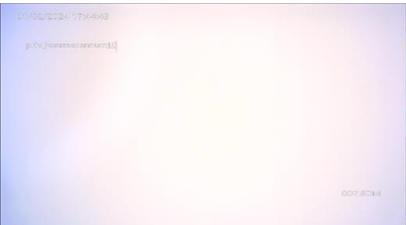
SM-13

La videograbación realizada en el sondeo mecánico 13, sobre la calle 8 de septiembre, frente al número 11 mostro las siguientes imágenes:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicia grabación de video.	
0.10 m	Capa de concreto despegada del terreno natural.	
0.80 m	Material arenoso de grano medio de color gris.	
3.50 m	Paredes de pozo regulares. Continuo material compuesto por arenas de color gris.	
4.85 m	Techo de cavidad	
5.00 m	Se observa material colapsado de la cavidad.	
6.73 m	Continua cavidad. Se observa material colapsado y escombros, asociado a material de relleno.	
7.10 m	Material compuesto por gravas gruesas y escombros.	

SM-14

En el predio con el número 14 de la calle Privada José Moran, se realizó la videograbación dentro del pozo, obteniendo lo siguiente:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.58 m	Material compuesto por arenas de grano medio.	
3.70 m	Material compuesto por arenas limosas de color gris.	
5.40 m	Nivel de agua residual utilizada para la perforación.	
7.80 m	Visibilidad nula debido al agua residual.	

SM-15

En el pozo realizado en el predio ubicado en la calle Mendivil, con número 86, se observa lo siguiente:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicia grabación de video. Se observa material de relleno.	
0.72 m	Se observa material de relleno compuesto por arenas de grano medio color café y escombros.	
1.67 m	Se observa la presencia de relleno y una pequeña oquedad, asociada a derrumbes de las paredes del pozo.	
2.30 m	Profundidad inspeccionada. La videograbación no continuó debido a derrumbes que ocurrieron en las paredes del pozo, lo cual provocó una obstrucción.	

SM-16

En el predio aledaño al anterior, Mendivil #84, se realizó el sondeo mecánico #16, la videograbación dentro de él mostró lo siguiente:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicia grabación de video. Superficialmente se observa la presencia de material de relleno(escombro).	
0.78 m	Se observan arenas de grano medio, gravas y escombro.	
1.80 m	Se observa la presencia de una fisura en las paredes del pozo.	
2.15 m	Las paredes del pozo toman una forma irregular. Se nota la presencia de oquedades. Vista en planta.	
2.44	Oquedad. Se puede ver la presencia de escombro, lo cual indica que en algún momento se rellenó.	
3.61	Cavidad. Se vuelve a apreciar la presencia de escombro.	
3.95	Profundidad inspeccionada. Debido a que la barrenación tuvo una desviación, la cámara llegó a una obstrucción.	

SM-17

La videograbación dentro del sondeo mecánico #17 muestra lo siguiente:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicio de videograbación. Superficialmente se aprecia material de relleno (escombro).	
0.47 m	Escombro utilizado como relleno.	
1.40 m	Material de relleno con raíces.	
2.20 m	Material de relleno. El relleno contiene trozos de ropa y tela.	
3.03 m	Nivel de agua residual.	

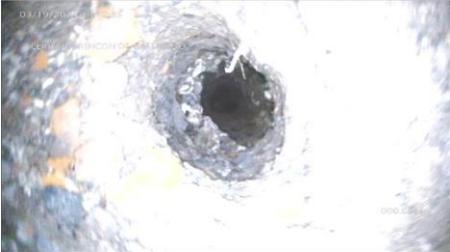
SM-18

El sondeo mecánico #18, ubicado en el predio #26 de la calle 8 de septiembre, presenta las siguientes observaciones:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicio de videograbación. Superficialmente se observa escombros utilizados como material de relleno.	
0.55 m	Vista lateral. Material de relleno.	
1.00 m	Pequeña oquedad.	
1.46 m	Arenas con grava y material de relleno.	
1.60 m	Pequeña oquedad/fractura.	
2.70	Arenas medias con limos.	
3.05	Arenas con grava.	
3.60	Pequeña oquedad/fractura.	
3.74	Nivel de agua residual. Profundidad inspeccionada.	

SM-19

La videograbación realizada en el sondeo mecánico ubicado en la cerrada Rincón Gallardo, con número 15, presenta las siguientes imágenes.

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicio de videograbación. Se observa material de relleno en superficie.	
0.65 m	Continúa material de relleno. Las paredes de la verificación se aprecian de forma irregular, indicando material poco estable sin consolidar.	
1.90 m	Material de relleno con arenas. Paredes de pozo irregulares.	
2.54 m	Obstrucción debida a derrumbe del pozo. Profundidad inspeccionada.	



Colonia América

Ubicación



La Colonia América donde se realizó el estudio geofísico pertenecen a la Alcaldía Miguel Hidalgo, CMDX y está delimitada al norte por la Av. Constituyentes, Panteón de Dolores y el Bosque de Chapultepec II sección, al sur por la Av. Observatorio, al oeste por la colonia 16 de septiembre y al este por la colonia Daniel Garza; tal como se muestra en la Ilustración 133. Geográficamente el área estudiada está delimitada por los siguientes vértices de coordenadas.

SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)		
VERTICES	X	Y INICIAL
A	478504.69	2145631.42
B	478921.875	2145889.58
C	478922.933	2145612.29
D	478943.546	2145323.2
E	478523.721	2145239.62
F	478508.33	2145297.17
G	478531.349	2145299.16
H	478528.968	2145440.84
I	478544.446	2145440.84

Tabla 7 Coordenadas del área de estudio

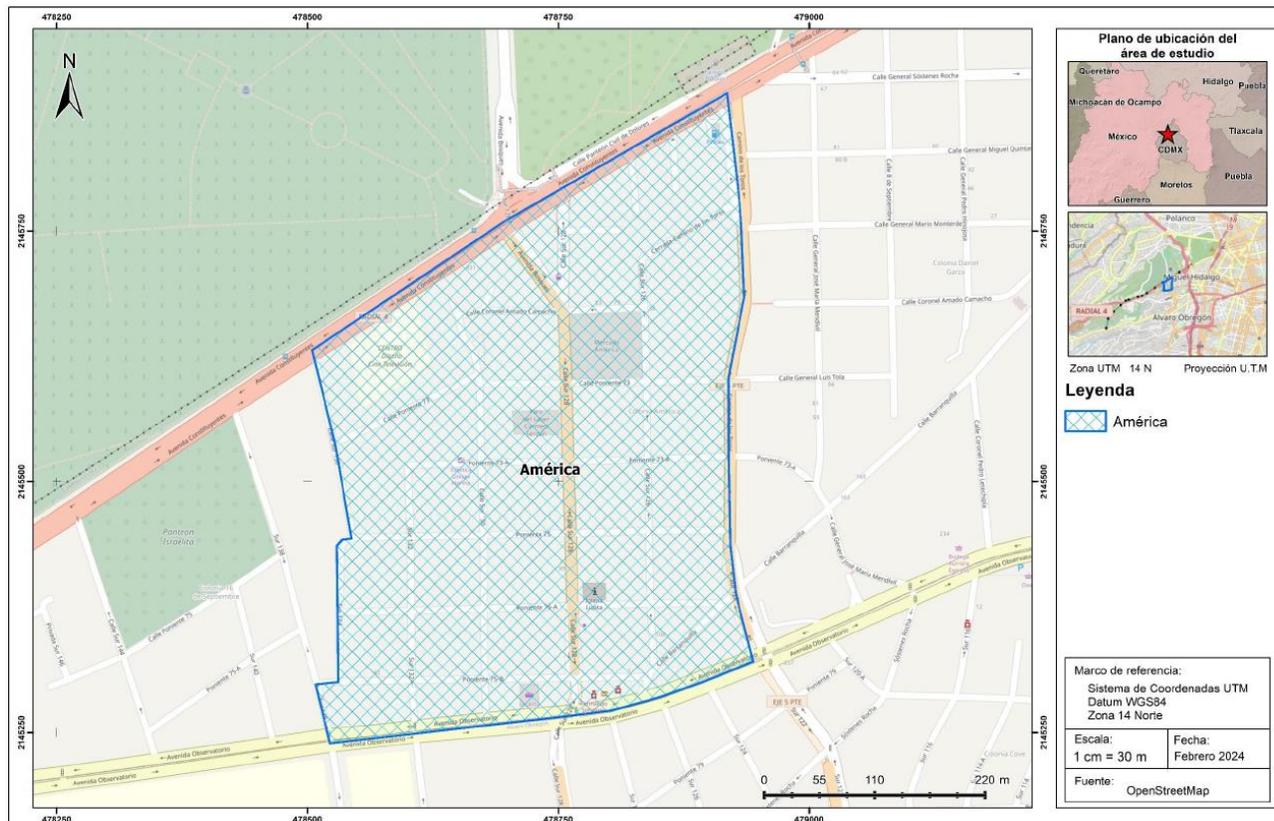


Ilustración 133 Área de Estudio

Campaña de Exploración



Para la campaña de exploración geofísica, se utilizaron las técnicas de Tomografía eléctrica (imágenes de resistividad) y radar de penetración terrestre (GPR).

El Método geoelectrico de corriente continua en la modalidad de imágenes de resistividad (Dipolo-Dipolo), tiene como finalidad determinar la variación de la resistividad eléctrica del subsuelo en función de la profundidad a lo largo de un perfil en 2 dimensiones. Se

realizaron en campo 21 líneas de imágenes de resistividad; las cuales se ubicaron de forma que se cubriera la mayor parte de la Colonia América, posiblemente afectada por cavidades generadas por la extracción del material. Las imágenes de resistividad promedian entre 15 y 20 metros de profundidad. Las coordenadas UTM de la ubicación de los trabajos de geofísica y distribución de las imágenes de resistividad se observa en la tabla No.8 e ilustración No.134.

COORDENADAS DE LAS LÍNEAS DE RESISTIVIDAD				
SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)				
LÍNEAS	X INICIAL	Y INICIAL	X FINAL	Y FINAL
L-1 Constituyentes	478302.108	2145482.49	478891.146	2145859.44
L-2 Callejón Sur 126	478836	2145725	478919.487	2145772.28
L-3.1 Coronel Camacho	478645	2145671	478747.54	2145675.89
L-3.2 Coronel Camacho	478759	2145677	478840.852	2145678.01
L-4 Poniente 73	478521	2145537	478669.353	2145610.68
L5 Poniente 73	478666	2145590	478915.159	2145597.09
L6 Poniente 73A	478596	2145511	478912.839	2145518.11
L7 Poniente 75	478525	2145437	478913.843	2145447.02
L8 Poniente 75A	478524	2145375	478912.558	2145385.93
L9 Barranquilla	478841	2145306	478918.366	2145377.79
L10 Poniente 75B	478512	2145295	478753.416	2145300.99
L10.1 Poniente 75B (Continuación)	478774	2145301	478843.63	2145304.17
L11 Sur 134	478532.001	2145440.97	478535.035	2145293.28
L12 Sur 136	478509	2145618	478543.449	2145455.73
L13 Sur 132	478604.008	2145520.5	478607.956	2145271.8
L14 Sur 130	478675	2145652	478684.006	2145272.75
L15 Calle Bosques	478710.7	2145751.17	478749.541	2145693.81
L16.1 Sur 128	478749	2145771	478749	2145695.02
L16.2 Sur 128	478749.003	2145665.88	478756.97	2145332.27
L17 2da Cerrada de Constituyentes	478824	2145815	478830.192	2145765.47
L18 Sur 126	478828	2145716	478838	2145311
L19 1a Cerrada Constituyentes	478864	2145844	478867.987	2145794.16
L20 Cerrada Sur 130	478680.97	2145693.92	478670	2145666
L21 Montes	478760.003	2145748.41	478813.978	2145748.83

Tabla 8 Coordenadas de Líneas GPR

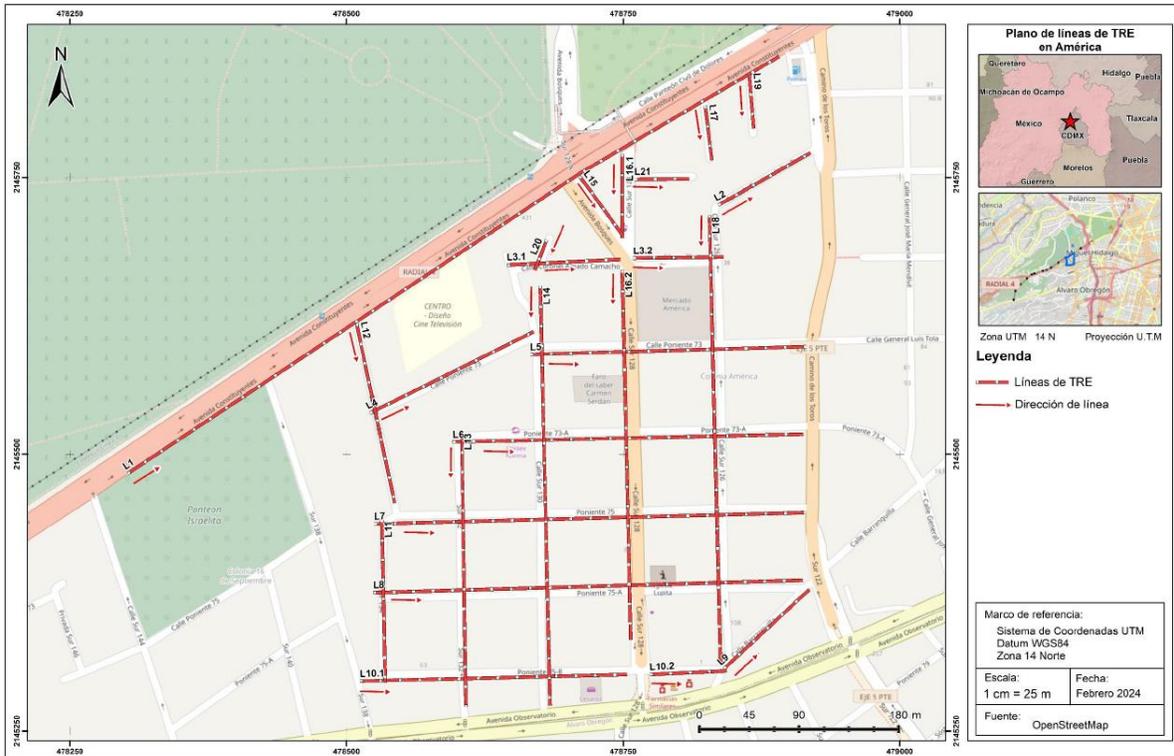


Ilustración 134 Distribución de líneas GPR

Con la técnica de Radar de Penetración Terrestre se busca identificar variaciones en las propiedades dieléctricas del medio, las cuales se observan en los radargramas como reflectores o variaciones en la amplitud de la señal recibida por la antena GPR, mismas que a su vez es posible correlacionar con cambios de materiales, saturación, instalaciones de servicio, objetos enterrados y/o posibles cavidades. En la campaña de adquisición se llevaron a cabo 21 líneas de GPR con una profundidad de investigación de 9 metros, las cuales se ubicaron en las diferentes calles de acuerdo con el levantamiento de las líneas de Tomografía, además se realizaron 44 líneas de GPR distribuidas dentro de 9 domicilios que presentaron hundimientos o agrietamientos en la colonia América, el objetivo es corroborar las anomalías observadas en las líneas de Dipolo-Dipolo, y de esta forma poder verificar por medio de una perforación la posible cavidad y/o el origen de la anomalía generada en caso de presentarse. La distribución de las imágenes de GPR y las coordenadas UTM de la ubicación las líneas se observan en las tablas No. 9 y 10 e ilustración No. 135 a 138.

COORDENADAS DE LAS LÍNEAS DE GPR				
SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)				
LÍNEAS	X INICIAL	Y INICIAL	X FINAL	Y FINAL
L1-1 AV. CONSTITUYENTES AMERICAS	478864	2145840	478903	2145865
L1-2 AV. CONSTITUYENTES AMERICAS	478881	2145853	478883	2145850
L1-3 AV. CONSTITUYENTES AMERICAS	478891	2145860	478893	2145857
L2 SUR 126	478833	2145772	478832	2145723
L4 PONIENTE 73	478521	2145537	478673	2145612
L9 BARRANQUILLA	478843	2145308	478916	2145376
L10-1 PONIENTE 75 B	478526	2145296	478763	2145301
L10-2 PONIENTE 75 B	478786	2145302	478842	2145305
L11 GPR SUR 134	478511	2145615	478547	2145438
L12 GPR SUR 136	478532	2145441	478535	2145306
L13 GPR SUR 132	478603	2145520	478607	2145351
L13-2 GPR SUR 132	478607	2145342	478609	2145265
L19-1 1RA PRIV. DE LOS TOROS	478868	2145794	478864	2145840
L19-2 1RA PRIV. DE LOS TOROS	478867	2145811	478867	2145816
L19-3 1RA PRIV. DE LOS TOROS	478864	2145806	478869	2145807
L19-4 1RA PRIV. DE LOS TOROS	478863	2145820	478868	2145822

Tabla 9 Coordenadas líneas GPR



Ilustración 135 Localización líneas GPR de la Colonia América



Ilustración 136 Localización líneas GPR de la Colonia América

COORDENADAS GPR DENTRO DE LOS LOTES DE LA COLONIA AMÉRICA

SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)					
LÍNEAS	X INICIAL	Y INICIAL	X FINAL	Y FINAL	LONG.
L-1 CAMINO DE LOS TOROS #3	478913	2145749	478906	2145761	478913
L-1 SUR 128 #4	478764	2145769	478779	2145769	478764
L-2 SUR 128 #4	478771	2145770	478771	2145767	478771
L-3 SUR 128 #4	478773	2145770	478773	2145767	478773
L-4 SUR 128 #4	478764	2145772	478776	2145772	478764
L-5 SUR 128 #4	478773	2145775	478781	2145775	478773
L-6 SUR 128 #4	478773	2145773	478781	2145773	478773
L-7 SUR 128 #4	478772	2145771	478780	2145771	478772
L-8 SUR 128 #4	478774	2145775	478774	2145771	478774
L-9 SUR 128 #4	478775	2145775	478775	2145771	478775
L-10 SUR 128 #4	478779	2145775	478779	2145770	478779
L-1 PONIENTE 75 #29	478879	2145486	478879	2145483	478879
L-2 PONIENTE 75 #29	478877	2145486	478877	2145483	478877



L-3 PONIENTE 75 #29	478877	2145483	478879	2145483	478877
L-4 PONIENTE 75 #29	478877	2145486	478878	2145486	478877
L-5 PONIENTE 75 #29	478875	2145483	478875	2145456	478875
L-1 SUR 128 #43	478716	2145593	478750	2145593	478716
L-2 SUR 128 #43	478715	2145604	478750	2145604	478715
L-3 SUR 128 #43	478750	2145619	478750	2145584	478750
L-1 SUR 136 #31	478526	2145498	478525	2145500	478526
L-2 SUR 136 #31	478525	2145500	478524	2145500	478525
L-3 SUR 136 #31	478526	2145498	478523	2145497	478526
L-4 SUR 136 #31	478523	2145497	478523	2145499	478523
L-1 SUR 132 #45	478578	2145474	478584	2145474	478578
L-2 SUR 132 #45	478585	2145474	478591	2145475	478585
L-3 SUR 132 #45	478585	2145473	478592	2145473	478585
L-4 SUR 132 #45	478587	2145472	478592	2145472	478587
L-5 SUR 132 #45	478587	2145475	478587	2145471	478587
L-6 SUR 132 #45	478589	2145475	478589	2145470	478589
L-7 SUR 132 #45	478591	2145475	478591	2145470	478591
L-8 SUR 132 #45	478594	2145480	478594	2145470	478594
L-1 PONIENTE 75 #69	478704	2145481	478704	2145454	478704
L-2 PONIENTE 75 #69	478681	2145452	478714	2145452	478681
L-1 PONIENTE 75 #82	478561	2145352	478561	2145360	478561
L-2 PONIENTE 75 #82	478561	2145361	478561	2145365	478561
L-3 PONIENTE 75 #82	478561	2145366	478561	2145369	478561
L-4 PONIENTE 75 #82	478552	2145371	478561	2145371	478552
L-5 PONIENTE 75 #82	478552	2145375	478574	2145375	478552
L-1 CONSTITUYENTES #337	478892	2145834	478894	2145831	478892
L-2 CONSTITUYENTES #337	478893	2145832	478895	2145833	478893
L-3 CONSTITUYENTES #337	478892	2145833	478896	2145835	478892
L-4 CONSTITUYENTES #337	478895	2145836	478894	2145831	478895
L-5 CONSTITUYENTES #337	478895	2145832	478894	2145835	478895
L-6 CONSTITUYENTES #337	478883	2145854	478895	2145836	478883

Tabla 10 Coordenadas GPR dentro de los lotes

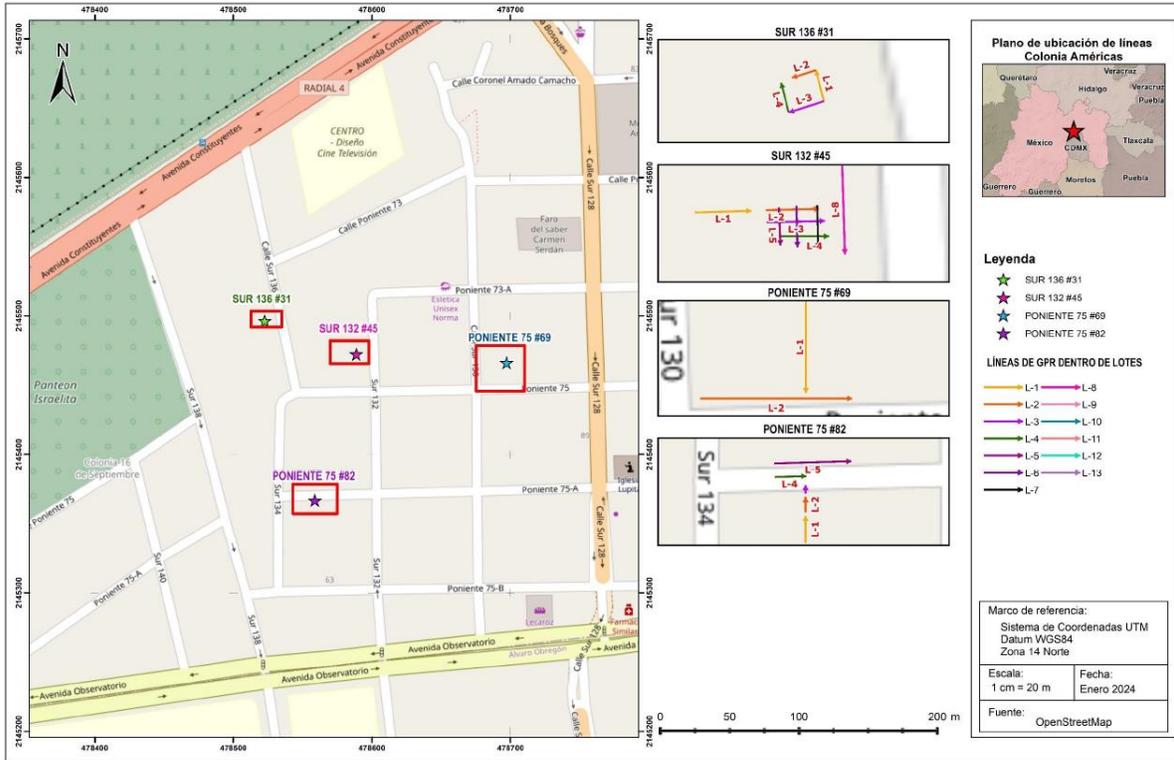


Ilustración 137 Líneas GPR lotes Colonia América

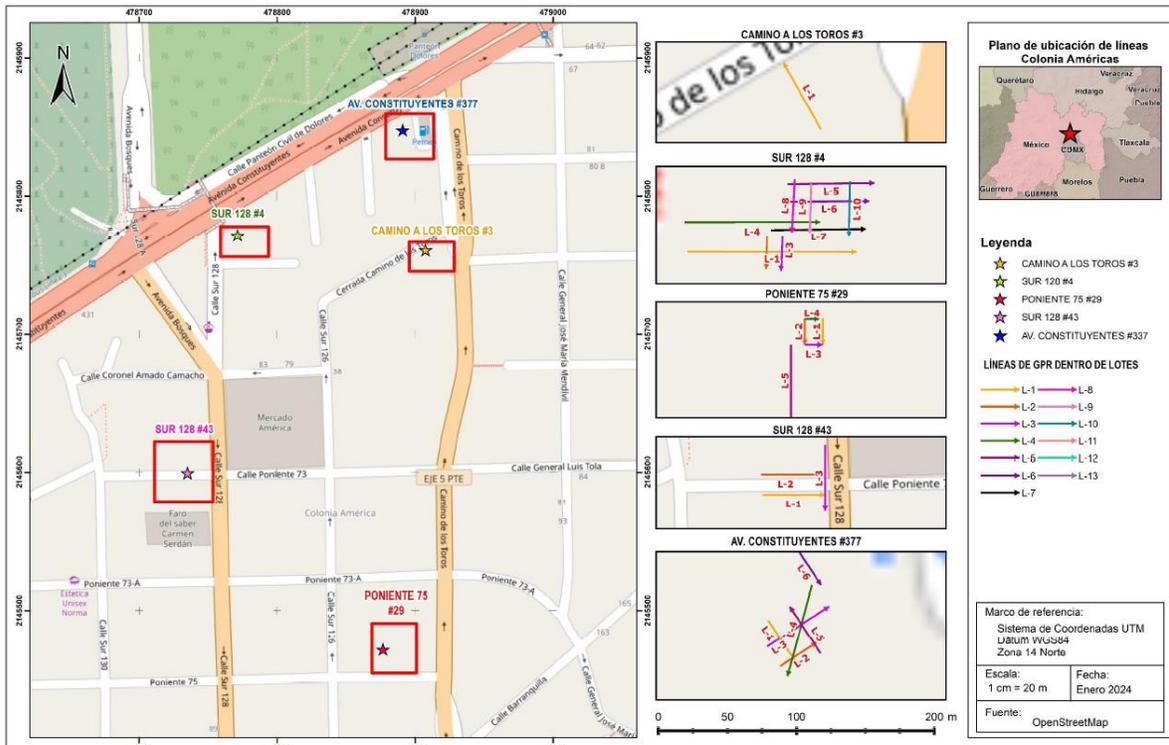


Ilustración 138 Líneas GPR lotes Colonia América

Resultados

Tomografía Eléctrica.



Para realizar el análisis e interpretación de las Imágenes de Resistividad se realiza la inversión de los datos de las líneas de resistividad mediante el Software AGI 2D, que permite obtener la representación matemática de la distribución de resistividades en un modelo 2D. Este paso en el análisis de datos permite identificar estructuras geológicas (zonas asociadas a posibles cavidades) y contacto entre las diferentes unidades litológicas; así como centralizar las anomalías y mitigar ruido antropogénico. Se obtuvieron los modelos de resistividad de cada una de las líneas.



Para este tipo de ambientes geológicos las variaciones en los valores de resistividad se deben principalmente a cambios en la matriz de los diferentes depósitos piroclásticos, es decir la cantidad de grava, arena, limos o arcillas que constituyen los mismos. Aunado a esta característica, la saturación de agua (ligado principalmente a sedimentos finos como la arcilla; contenido de agua natural) son las dos principales causas de variaciones en las resistividades. A continuación se muestran los modelos de resistividad de las 21 líneas, los cuales, en su escala de resistividad, indican un valor mínimo de 1 Ω -m y máximo de 250 Ω -m. Todos los perfiles presentan la misma escala de resistividad, estando representados en tonos azules los valores más bajos y en morados los más altos.

En las imágenes de resistividad se pretende identificar cambios en las propiedades eléctricas del medio que permitan registrar anomalías asociadas a oquedades. Para ello se buscan cambios drásticos en los valores de resistividad, los cuales podemos correlacionar a cavidades. Este tipo de estructuras se caracterizan por presentar una alta resistividad debido a que el espacio vacío no es conductor y actúa como aislante. Por el tipo de geología existente se espera una distribución cuasi horizontal de capas, siendo las anomalías asociadas a cavidad una discontinuidad de alta resistividad en la capa cuasi horizontal. De manera general las 21 líneas presentan la siguiente secuencia de resistividades:

- Las tonalidades que van de verde al rojo en la parte superficial se correlacionan con materiales de relleno y depósitos de arenas y limos. En tonos azules tenemos depósitos piroclásticos de matriz limo-arenoso. Finalmente, como base de las imágenes de resistividad encontramos matices que van del verde al morado y que se asocian con depósitos piroclásticos de matriz arenosa con presencia de limos.

Es importante mencionar que para poder identificar la anomalía relacionada con cavidad se debe de analizar la distribución de la anomalía. La cavidad al ser una heterogeneidad relativamente pequeña (vista en perfil) no tendrá una distribución lateral considerable; es decir las anomalías deben tener tendencia vertical en lugar de horizontal.

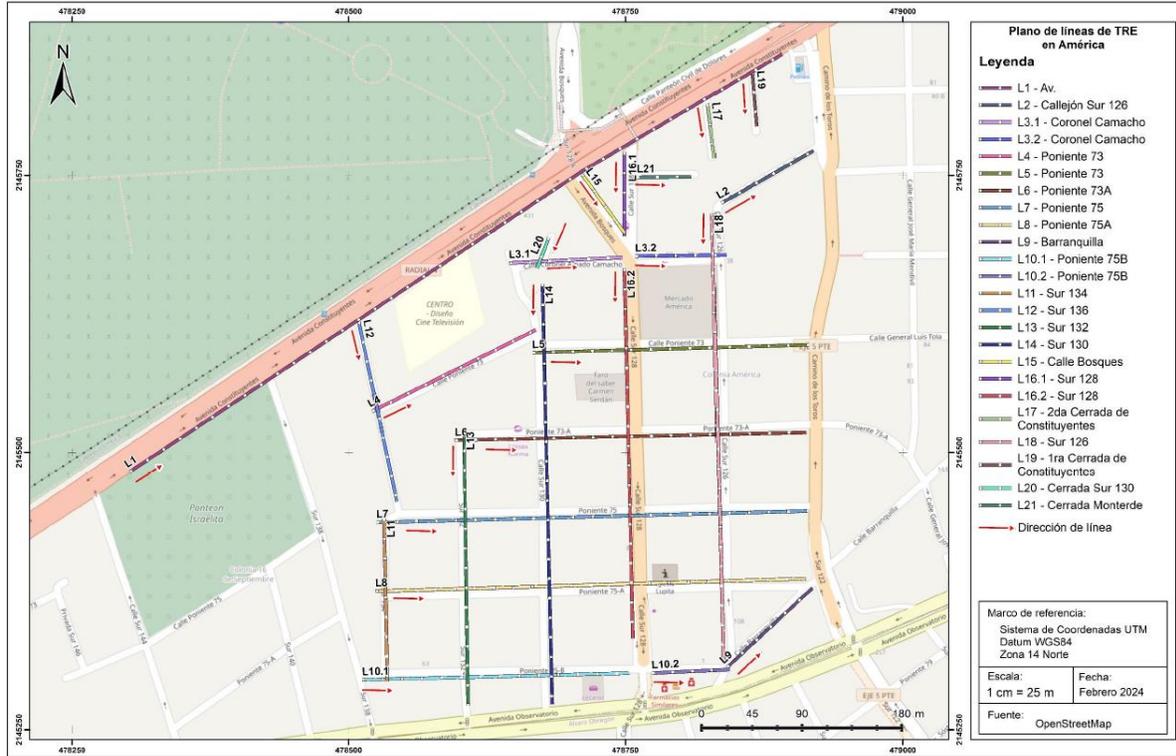


Ilustración 139 Plano Llave Distribución de Líneas de Dipolo



Ilustración 140 Localización línea 1

Línea 1: Esta línea tiene una longitud de 700 metros (351 electrodos), se realizó sobre la Av. Constituyentes y en ella se pueden apreciar los diferentes cambios litológicos descritos anteriormente. Es importante mencionar que esta línea presenta diversos servicios públicos, túneles y tierras físicas debido al alumbrado público, por lo que al momento de la adquisición de datos, estos se ven afectados y aunque se lleva a cabo un control de calidad de los mismos; es imposible evitar que se generen anomalías de alta o baja resistividad, que a su vez se conocen como falsos positivos; por lo que debido a esto se propone llevar a cabo una

revisión de la distribución de estos factores, sobre todo del drenaje, ya que los ocasionados por tierras físicas fueron limpiados y el túnel se tiene identificado entre los electrodos 238 a 247. También se idéntico una anomalía de baja resistividad entre los electrodos 145 a 185, la cual se infiere se asocia con el Centro de Diseño, Cine y Televisión. Desde el punto de vista geofísico y tomando en cuenta lo mencionado anteriormente se observan cinco anomalías que pueden clasificarse como posibles cavidades y se ubican en los siguientes electrodos: 61, 95, 128, 210 y 285.

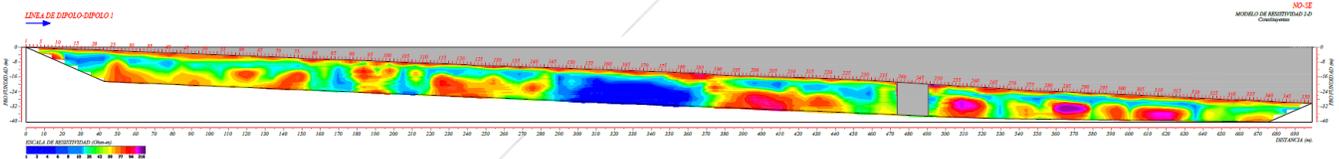


Ilustración 141 Modelo de Resistividades de la Línea 1.



Ilustración 142 Localización Línea 2

Línea 2: Se localiza en la calle de Sur 126, tiene una longitud de 96 m y se observan siete anomalías geofísicas, de las cuales, cuatro son de alta resistividad y tres de baja resistividad y se ubican en los siguientes electrodos: 14, 21, 30 y 33 (alta resistividad) y 17 y 35 (baja resistividad). De las anomalías mencionadas se recomienda verificar la ubicada en el electrodo 14 y en función de los resultados ubicar un nuevo punto de perforación.

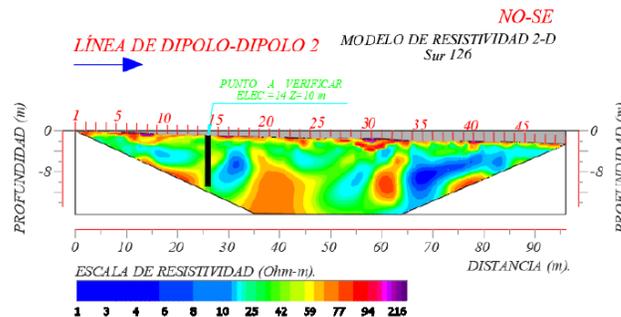


Ilustración 143 Modelo de Resistividades de la Línea 2



Ilustración 144 Localización Línea 3

Línea 3: Esta línea se ubica en la calle de Coronel Camacho y se dividió en dos tramos; el primero tiene una longitud de 102 m y el segundo de 82 m y ambas tienen una profundidad de investigación de 16 m. En el primer tramo se observan cinco anomalías resistivas, de las cuales tres se correlacionan a drenajes, ubicadas en los electrodos 10, 33 y 44 y se muestran en tonalidades azules y el resto se aprecian en tonos rojos y se localizan en los electrodos 19 y 38. De las anomalías mencionadas en este tramo se recomienda verificar la situada en el electrodo 19, ya que tiene características que la correlacionan con una posible cavidad.

Se hace mención que superficialmente se presentan tonalidades rojas en casi todo el perfil, con un espesor promedio de 1.5 m, el cual es susceptible a la generación de zonas de asentamientos, que a su vez en presencia de factores como flujos de agua pueden generar socavones.

En el segundo tramo muestra una anomalía de baja resistividad entre los electrodos 24 a 26 y se asocia con un servicio público, en este caso con drenaje; sin embargo, es importante verificar lo anterior con el plano de distribución de estos servicios públicos. Desde el punto de vista geofísico no se observan anomalías correlacionadas con posibles cavidades.

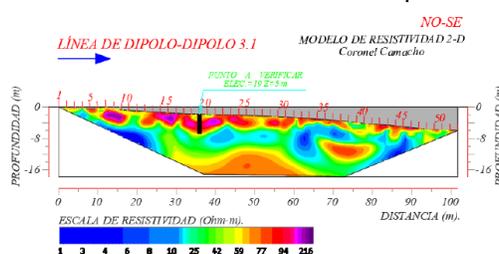


Ilustración 146 Modelo de Resistividades de la Línea 3a

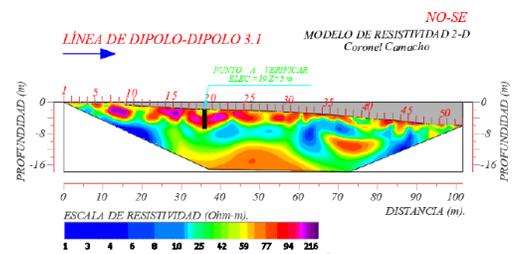


Ilustración 145 Modelo de Resistividades de la Línea 3b



Ilustración 147 Localización línea 4

Línea 4: Esta línea presenta una longitud de 166 m aproximadamente y se localiza sobre la calle Poniente 73. Estratigráficamente se observa una alternancia de depósitos piroclásticos de matriz fina y granular; los cuales se denotan con el cambio de tonalidades que van de azul a verde, verde a rojo. Se observan dos tipos de anomalías geofísicas, la primera en tonos rojos, localizadas en los electrodos 9-10, 44-45, 50, 64 y 76 y se correlaciona con posibles cavidades; por lo que se recomienda llevar a cabo la verificación de estas. El segundo tipo de anomalía se muestra en tonos azules y se ubica en los electrodos 11, 40, 56, 62, y 66 y se asocian con servicios públicos y/o tierras físicas derivadas de alumbrado público.

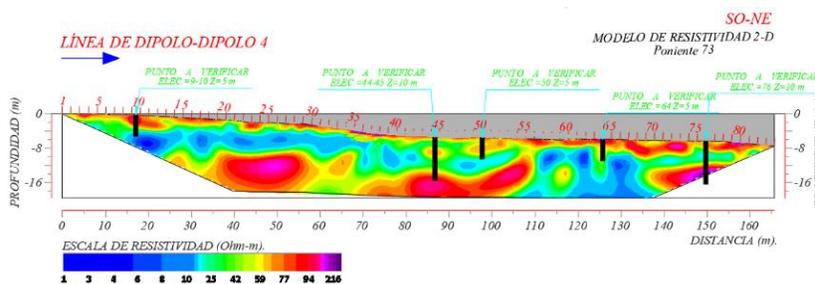


Ilustración 148 Modelo de Resistividades de la Línea 4



Ilustración 149 Localización línea 5

Línea 5: Se llevo a cabo sobre la calle de Poniente 73, tiene una longitud de 248 m y se observan diversas anomalías correlacionadas con servicios públicos y posibles cavidades. Las anomalías correlacionadas a servicios públicos se muestran en tonalidades azules y tienen forma circular o elíptica y se ubican en los electrodos: 22, 60 y 93; mientras que las que se correlacionan con posibles cavidades se observan en matices que van del amarillo-naranja a rojo. En esta imagen de resistividad se localizaron siete puntos correlacionables con posibles cavidades y se sitúan en los siguientes electrodos: 19, 33, 43, 72, 92-93,

106 y 114. De estas anomalías correlacionadas a posibles cavidades de recomiendan verificar cinco de ellas y en función de los resultados, programar un mayor número de perforaciones para corroborar si se trata de cavidades.

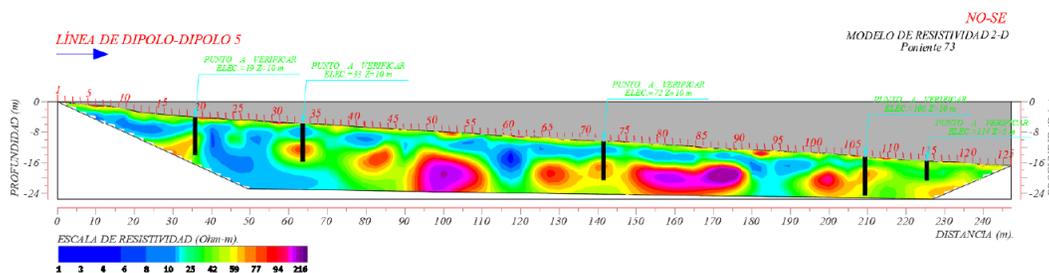


Ilustración 150 Modelo de Resistividad de la Línea 5



Ilustración 151 Localización línea 6

Línea 6: La siguiente línea se localiza de manera paralela a la anterior y se ubica sobre la calle de Poniente 73A, tiene una longitud de 316 m y profundidad de exploración mínima de 7 m y máxima de 24 m, esto debido a los efectos topográficos de la zona. Se aprecia superficialmente en tonos rojos con espesores promedio de 1.7 m zonas con una mayor cantidad de materiales de relleno y/o de depósitos de materiales granulares con intercalaciones de finos, los cuales son susceptible a asentamientos, no obstante, también es posible que estas zonas se deban al colapso de cavidades; por lo que se deben monitorear, sobre todo en temporadas de lluvias. Adicionalmente se observan cinco anomalías correlacionadas con posibles cavidades las cuales se recomienda verificar por medio de un Sondeo Mecánico. Los puntos donde se sitúan las anomalías asociadas a posibles cavidades se localizan en los electrodos 24, 73, 12-125 y 139. De estas perforaciones propuestas se propone empezar por las que tienen reportes de cavidades y afectaciones en las viviendas.

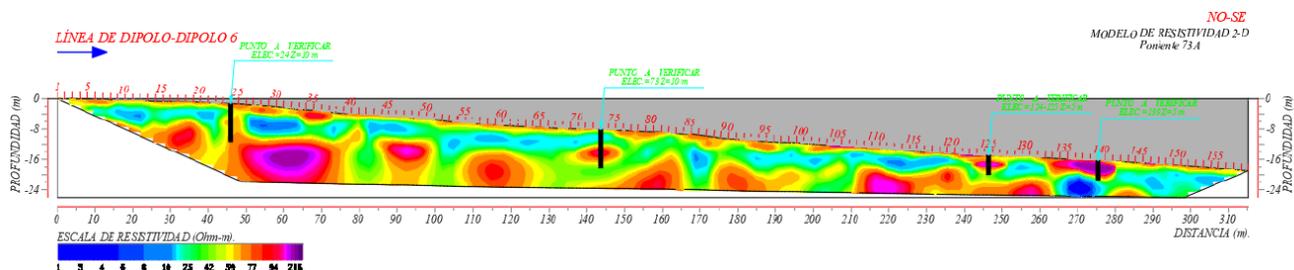


Ilustración 152 Modelo de Resistividad de la Línea 6



Ilustración 153 Localización línea 7

Línea 7: Se ubica en la calle de Poniente 75 y tiene una longitud de 389 m. Superficialmente de los electrodos 1 al 83 se tienen tonalidades rojas aisladas de manera superficial, de las cuales dos se correlacionan con posibles cavidades y se ubican en los electrodos 28 y 80. Posterior a estos electrodos se muestra una estratificación definida y capas casi horizontales; por lo que se infiere una baja posibilidad de existencia de cavidades; sin embargo, con la finalidad de descartar lo anterior se propone una verificación en el electrodo 179. Adicionalmente se observan dos anomalías resistivas que corresponden a posibles cavidades y se sitúan en los electrodos 42 y 69. Es importante llevar a cabo las verificaciones y en función de los resultados reinterpretar la imagen de resistividad con el objetivo de encontrar anomalías que se asocien a cavidades.

Se hace mención que en esta calle se llevó a cabo una verificación dentro del domicilio con numero 69 y que corresponde a la proyección de la anomalía ubicada en el electrodo 80, dando positiva a cavidad.

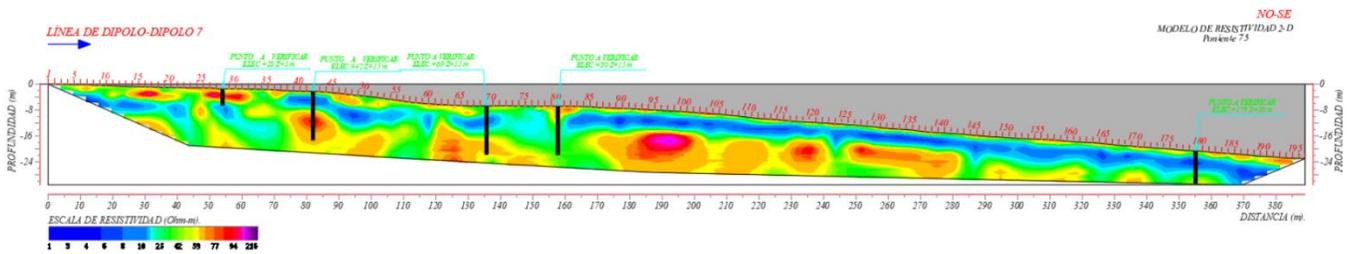


Ilustración 154 Modelo de Resistividad de la Línea 7

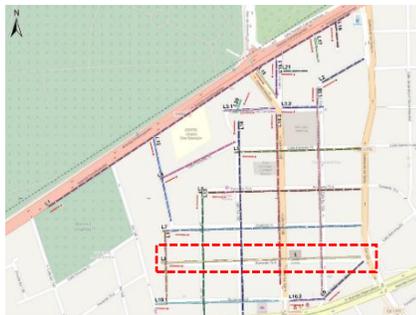


Ilustración 156 Localización línea 8

Línea 8: Se ubica en la calle de Poniente 75A y tiene una longitud de 389 m. En la línea se aprecian diez anomalías geofísicas, siete de baja resistividad, que se infiere están asociadas drenajes u otro servicio público y se denotan en colores azules con formas elípticas y/o circulares (electrodos 49, 60, 105, 124, 136, 173 y 187). Las anomalías restantes se correlacionan con posibles cavidades y se sitúan en los electrodos 29, 48 y 67; estas se recomiendan verificarlas con el objetivo de descartar una posible cavidad. Estructuralmente se muestra un cambio en la estratigrafía del sitio a partir del electrodo 125, ya que se observan resistividades bajas, las cuales se asocian a materiales de granulometría fina.

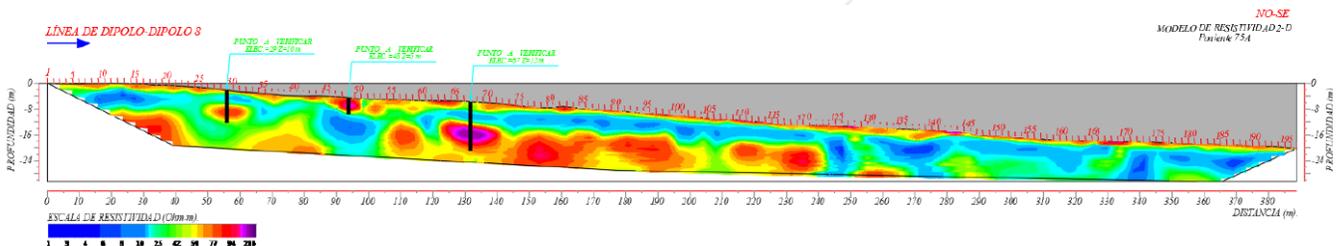


Ilustración 155 Modelo de Resistividad de la Línea 8



Ilustración 157 Localización línea 9

Línea 9: Se realizó sobre la calle de Barranquilla y tiene una longitud de 106 m. En la línea se aprecia superficialmente una capa de alta resistividad con espesor promedio de 1 m seguida de una capa de baja resistividad, asociada a un depósito piroclástico de matriz fina con intercalaciones de arenas y gravillas y que descansan sobre depósitos piroclásticos de matriz granular con intercalaciones de finos. Desde el punto de vista geofísico se observa una anomalía correlacionada a posible cavidad y se ubica en el electrodo 42.

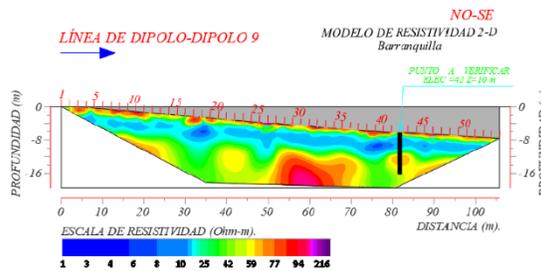


Ilustración 158 Modelo de Resistividad de la Línea 9



Ilustración 159 Localización línea 10a y 10b

Línea 10: Se llevo a cabo en la calle Poniente 75B y se divide en dos tramos, el primero cuenta con una longitud de 242 m y el segundo de 70 m. En el primer tramo se visualizan seis anomalías geofísicas, de las cuales tres se correlacionan con servicios públicos, en este caso drenajes o agua potable y se presentan en tonalidades azules con formas elípticas y/o circulares; mientras que las tres restantes se asocian con posibles cavidades y se sitúan en los electrodos 13, 37 y 70.

En el segundo tramo se observan dos cambios geofísicos; el primero se aprecia superficialmente en tonos rojos con espesor promedio de 1.3m y se asocia con materiales de relleno con intercalaciones de depósitos de arenas y gravillas y el segundo corresponde a dos anomalías de baja resistividad, ubicadas en los electrodos 13 y 21 y se correlacionan con drenaje y/o agua potable. No se visualizan anomalías con características de cavidades.

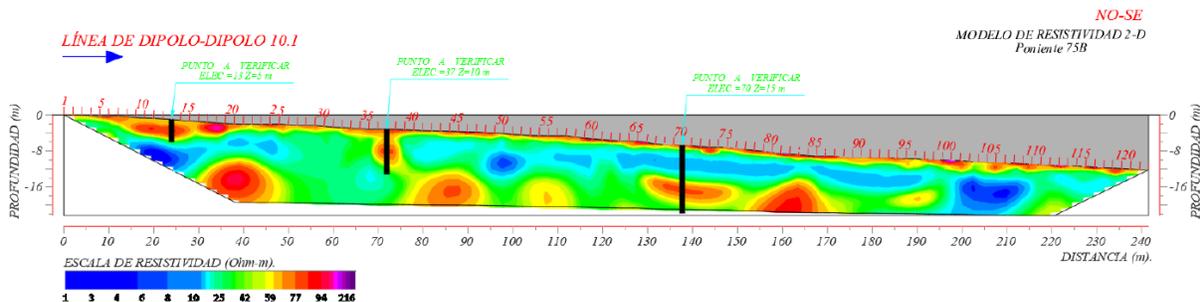


Ilustración 160 Modelo de Resistividades de la Línea 10a.

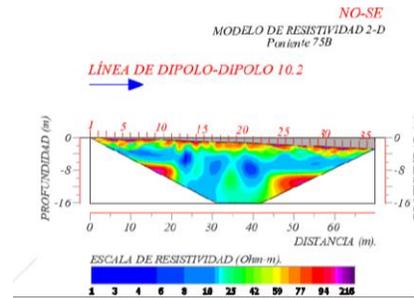


Ilustración 161 Modelo de Resistividades de la Línea 10b



Ilustración 162 Localización línea 11

Línea 11: Su longitud es de 148 metros y se localiza en la calle Sur 134. En esta línea se observan tres anomalías de baja resistividad (tonos azules), que se infiere se trata de ductos y/o drenajes. También se aprecian dos anomalías resistivas en colores amarillos y naranjas que se pueden correlacionar con posibles cavidades y se ubican en los electrodos 22 y 68. De estas anomalías asociadas a posibles cavidades se recomienda verificar la situada en el electrodo 22 y en función de los resultados corroborar la del electrodo 68.

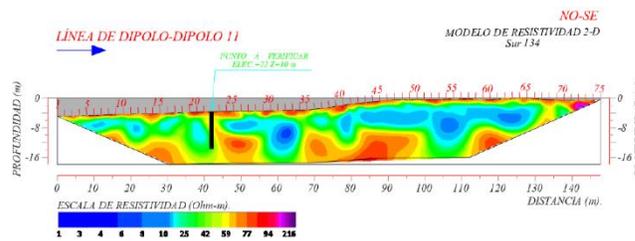


Ilustración 163 Modelo de Resistividades de la Línea 11.



Ilustración 164 Localización línea 12

Línea 12: En esta línea se ubicó en la calle de Sur 136 y tiene una longitud de 166 m y se pueden apreciar en la parte superficial de 0 a 2 m zonas de alta resistividad, las cuales se correlacionan con materiales de relleno susceptibles a fracturamientos y asentamientos. En esta imagen de resistividad se observan dos anomalías de alta resistividad en los electrodos 45 y 68, las cuales están correlacionadas con posibles cavidades; por lo que, estas anomalías se recomienda verificarlas por medio de un SM.

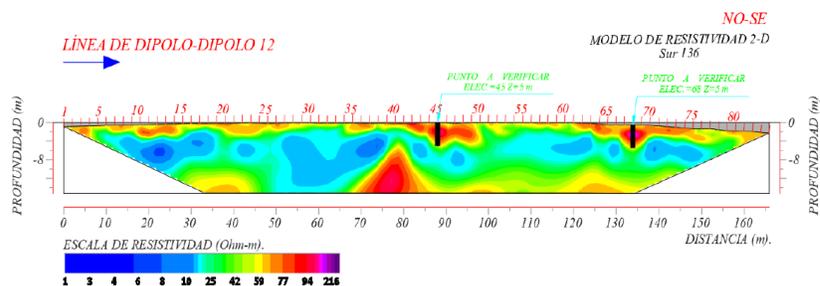


Ilustración 165 Modelo de Resistividades de la Línea 12.



Ilustración 166 Localización línea 13

Línea 13: Esta línea se llevó a cabo sobre la calle de Sur 132 y cuenta con una longitud de 250 m. Superficialmente (0-1 m) se detectaron zonas de alta resistividad (tonalidades rojas), las cuales se correlacionan con materiales de relleno y limos-arenosos poco consolidados susceptibles a fracturamiento y asentamientos. Se identificaron cuatro anomalías resistivas asociadas a posibles cavidades en los electrodos 23, 46, 69 y 80; por lo tanto, se recomienda verificar estas anomalías con la finalidad de descartar cavidades.

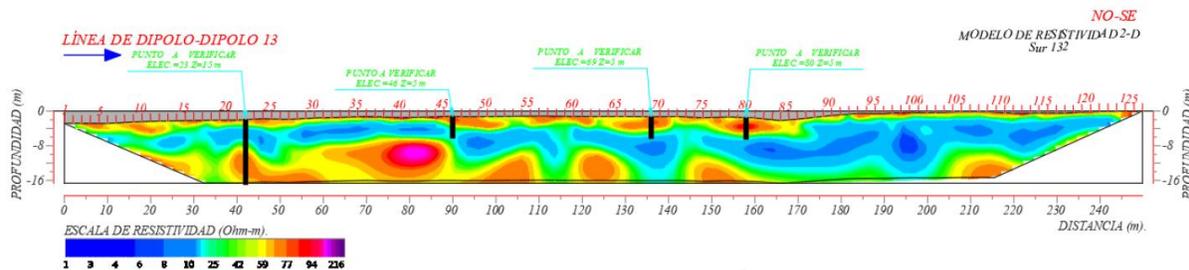


Ilustración 167 Modelo de Resistividades de la Línea 13.



Ilustración 168 Localización línea 14

Línea 14: La siguiente imagen de resistividad se ubica sobre la calle Sur 130, tiene una longitud de 380 y profundidad de investigación promedio de 18 m. Se observan siete anomalías de alta resistividad que se pueden correlacionar a cavidades y estas se localizan en los siguientes electrodos: 14, 19, 59, 72, 81, 95, 110 y 116. De los puntos mencionados se recomienda comenzar la verificación por los lotes que muestran afectación en sus estructuras; ya que en la esquina con Poniente 75 se han presentado reportes de este tipo de problemática; además de que la verificación dentro de este lote sobre la calle de Poniente 75 resulto positiva a cavidad.

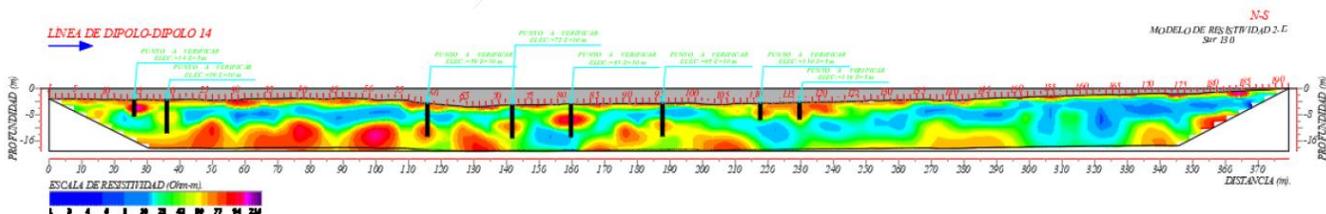


Ilustración 169 Modelo de Resistividades de la Línea 14.



Ilustración 170 Localización línea 15

Línea 15: Se localiza en la calle de Bosques, cuenta con una longitud de 66 m y profundidad de investigación de 15 m. En la imagen de resistividad resaltan tres anomalías geofísicas, dos de alta resistividad ubicadas en los electrodos 7 y 29 y una de baja resistividad, situada en el electrodo 24. De estas anomalías se infiere que la de baja resistividad corresponde a un drenaje, ducto y/o agua potable; mientras que las de alta resistividad se correlacionan con una posible cavidad. De las anomalías asociadas a posibles cavidades se recomienda llevar a cabo un SM en la que está en el electrodo 7 y en función de los resultados corroborar la anomalía encontrada en el electrodo 29.

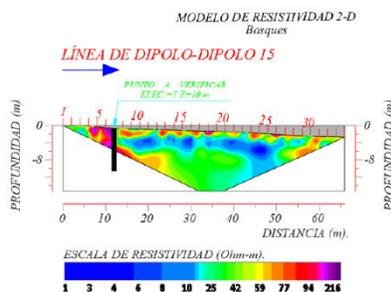


Ilustración 171 Modelo de Resistividades de la Línea 15.



Ilustración 172 Localización línea 16

Línea 16: Esta línea se llevó a cabo en la calle de Sur 128 y se divide en dos tramos, el primer tramo cuenta con una longitud de longitud 76 m y el segundo con 334 m aproximadamente. En la primera parte de la línea se observan dos anomalías resistivas, una de baja y otra de alta; la de baja se correlaciona con un servicio público (drenaje y/o agua potable); mientras que la segunda se asocia con una posible cavidad; por lo que se recomienda su verificación.

La segunda parte de esta línea muestra seis anomalías correlacionadas a posibles cavidades; las cuales se ubican en los siguientes electrodos: 25, 53, 63, 74, 79 y 107. De las anomalías mencionadas se recomienda

verificar las situadas en los electrodos 254 y 63, ya que se ubican en zonas cercanas a lotes que han reportado afectaciones por posibles cavidades.

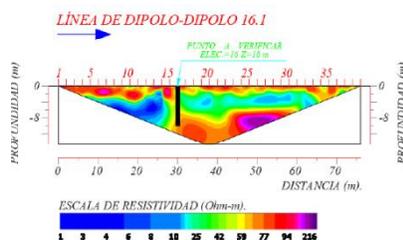


Ilustración 173 Modelo de Resistividades de la Línea 16a.

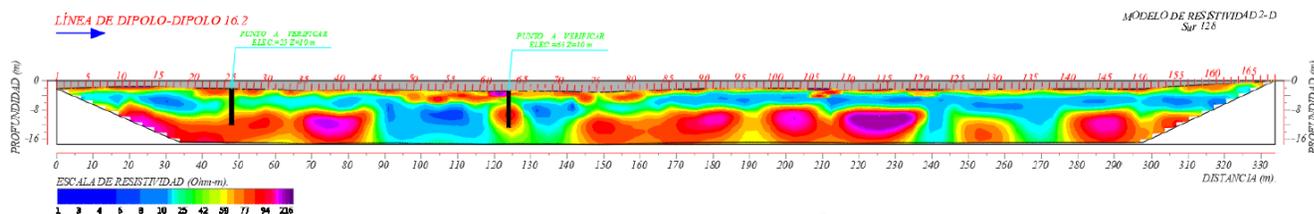


Ilustración 174 Modelo de Resistividades de la Línea 16b.

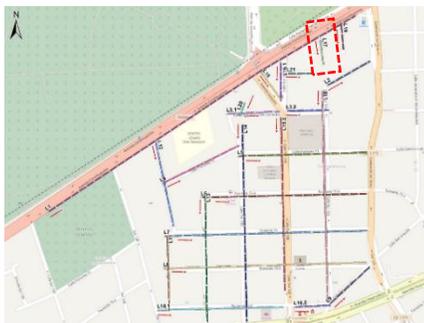


Ilustración 175 Localización línea 17

Línea 17: Esta línea presenta una longitud de 50 m aproximadamente y se localiza sobre la 2da Privada Constituyentes. En esta imagen de resistividad se observan dos anomalías; la primera ubicada en el electrodo 9, se muestra en tonalidades azules y corresponde a un servicio público (drenaje o agua potable) y la segunda situada en el electrodo 17, se visualiza en colores rojos y se asocia a una posible cavidad; por lo que se recomienda su verificación.

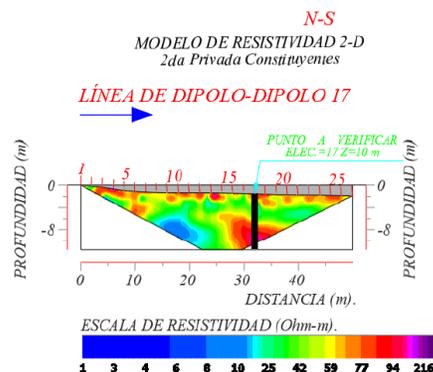


Ilustración 176 Modelo de Resistividades de la Línea 17.



Ilustración 177 Localización línea 18

Línea 18: Se ubica en la calle de Sur 126 y tiene una distancia de 496 m. Se observan 11 anomalías geofísicas, de las cuales seis se muestran en tonos azules y corresponden a drenajes, ductos y/o agua potable. En cuanto a las anomalías restantes, se pueden correlacionar a posibles cavidades y/o cavidades colapsadas y se sitúan en los siguientes electrodos: 45, 70, 99, 125 y 155. Se recomienda verificar las anomalías correlacionadas a cavidades, ya que la calle se ubica cerca de zonas que ha reportado cavidades.

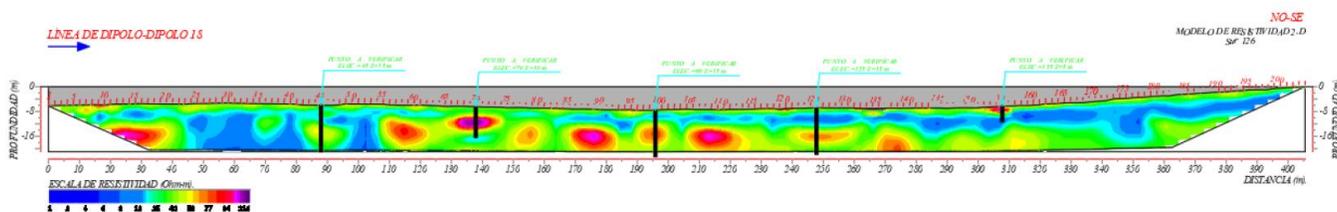


Ilustración 178 Modelo de Resistividades de la Línea 18.



Ilustración 179 Localización línea 19

Línea 19: La siguiente línea se localiza en la 1da Constituyentes y presenta una longitud aproximada de 50 m. En el perfil 2D se aprecia una anomalía ente los electrodos 19-20 que se correlaciona con una cavidad. Es importante la verificación de esta anomalía, ya que se proyectó la dirección a un lote al interior de las viviendas, las cuales tenían afectación por cavidades, dando positivo en el lote a cavidad; por lo tanto, con la finalidad de obtener la dirección precisa de la cavidad es indispensable su corroboración por medio de la realización de un Sondeo Mecánico.

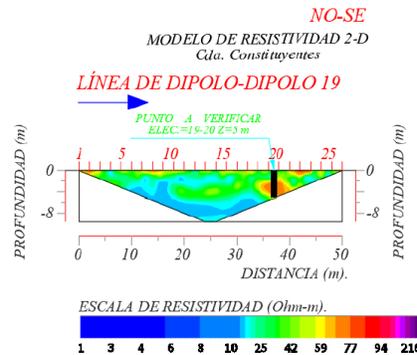


Ilustración 180 Modelo de Resistividades de la Línea 19.

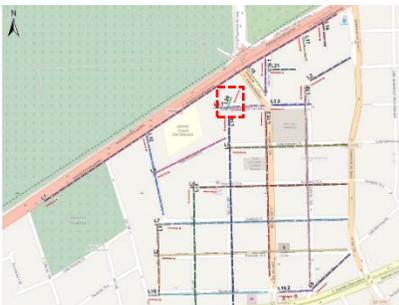


Ilustración 181 Localización línea 20

Línea 20: Se realizo en la Cerrada de Sur 130, tiene una longitud de 30 m y aprecia una anomalía de alta resistividad que abarca de los electrodos 17 a 26, la cual se infiere de una posible cavidad rellena dada la dimensión de la anomalia; sin embargo, con la finalidad de descartar que se trate de una cavidad sin estar rehabilitada se recomienda llevar a cabo un Sondeo Mecánico en el electrodo 23. Lo anterior se puede observar en la figura No. 21 y a mayor detalle en el anexo de planos.

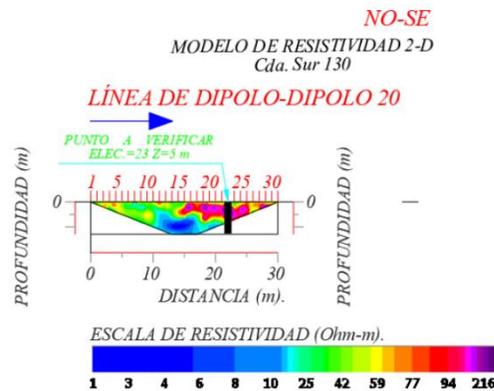


Ilustración 182 Modelo de Resistividades de la Línea 20



Ilustración 183 Localización línea 21

Línea 21: Se llevo a cabo en la Cerrada de Montes, tiene una longitud de 50 m y aprecia una anomalía de alta resistividad que está situada en el electrodo 23 y que se recomienda verificar, ya que esta zona se localiza cerca a cavidades rehabilitadas y sin rehabilitación; por lo tanto, con la finalidad de corroborar lo anterior es importante su verificación.

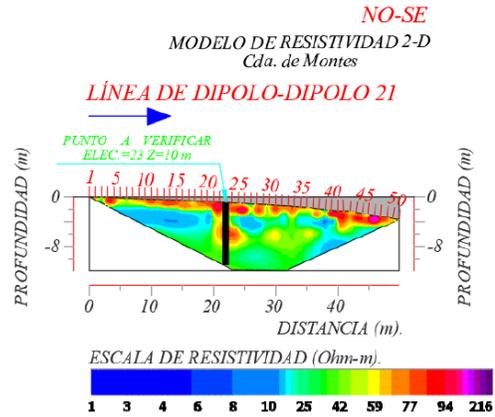


Ilustración 184 Modelo de Resistividades de la Línea 21

Radars de Penetración Terrestre.



Esta técnica tiene como principio la emisión de pulsos electromagnéticos, los cuales se transmiten en el subsuelo en el cual presentan efectos de reflexión, refracción, difracción, atenuación y dispersión, esto dependiendo de las variaciones en las propiedades dieléctricas del medio. Posteriormente estos pulsos, en función del tiempo y la frecuencia, representados como trazas son recibidos por una antena GPR, el conjunto de ellas da como resultado un perfil distancia-tiempo llamado radargrama.

La adquisición de datos se realizó bajo la norma *ASTM D6432-19 Estándar Guide for Using the Surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation*. Se utilizó una antena con un ancho de banda de 80 a 950 MHz, la cual nos brinda una buena relación resolución-profundidad hasta una profundidad de 9 metros. Este ancho de banda resulta óptimo para identificar objetos de unas decenas de centímetros hasta cambios litológicos, dependiendo de la longitud del perfil.

Para el procesado de radargramas se hizo uso del software Ramac GroundVision 2 y Geolitix. Con la finalidad de suprimir ruido, recuperar información a profundidad y resaltar anomalías, se realiza un flujo de proceso, el cual consiste en: *correcciones estáticas, eliminar ruido de fondo y de corriente directa, ganancias, interpolación, pasa bandas, deconvolución, migración, conversión tiempo-profundidad y atributos*.

La forma en la que visualizan e interpretan las anomalías está en función de la amplitud y geometría de estas. Cuando existe un cambio en las propiedades del medio se presenta una reflexión en el pulso emitido por las antenas que a su vez se presenta como un cambio en la amplitud de la señal, dicha variación es más evidente cuando existe un contraste muy fuerte entre los materiales, como puede ser el caso de una roca sana con una cavidad "vacía". Así mismo, la forma de las anomalías está en función de la geometría del objeto que la genera, pudiendo observarse como una sola hipérbola o un conjunto de hipérbolas de difracción.

Es importante recordar que la técnica es de alta resolución, por lo que existen muchos factores que pueden generar una anomalía y variaciones en la amplitud, como cambios de superficie, presencia de humedad en el terreno y cambios topográficos, entre otros.

Como medida de apoyo para visualizar más claramente las variaciones en la amplitud y reflectores asociados a discontinuidades en el medio, como cavidades, se aplicó el atributo Envelope, el cual presenta una visión general de la distribución de la energía de las trazas, la cual se relaciona con la reflectividad. A sí mismo, para reducir la incertidumbre y realizar una interpretación más completa en la que se pudiera discretizar entre reflectores asociados a posibles cavidades vacías o rellenas, o reflectores asociados a zonas de saturación, cambios de material o relleno, se tomaron como apoyo las líneas de TRE.

A continuación, se presentan algunos de los radargramas interpretados por sitio, así como una breve descripción de estos. Los métodos de exploración geofísica son indirectos y el intérprete ocupará la mayor cantidad de recursos para disminuir la incertidumbre de los resultados expuestos, sin embargo, siempre existirá cierto grado de incertidumbre. Es importante entender que son múltiples los efectos que pueden generar una anomalía. De igual forma, es posible que las anomalías marcadas no sean de la naturaleza especificada, sin embargo, es un riesgo implícito debido a la naturaleza física que rige el método.



Ilustración 185 Distribución de Líneas de GPR de la Colonia América.

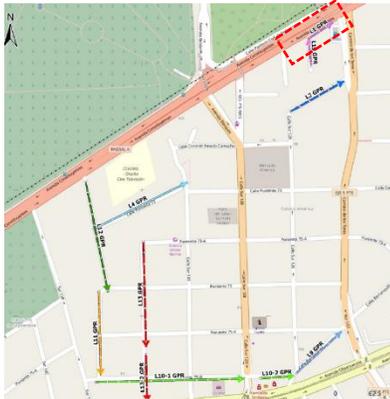


Ilustración 186 Localización línea 1 GPR

Línea 1: En Av. Constituyentes se realizaron 3 líneas de GPR, la L1.1 es la que más destaca, comienza paralela a la línea de TRE a la altura de la primera privada de constituyentes y se extiende hasta la gasolinera que se encuentra en la esquina de la calle camino de los toros, tiene orientación NO-SE, la distancia total es de 46.098 m. Después del procesado, el radargrama de altas frecuencias identifica 4 anomalías hiperbólicas que por su geometría son correlacionadas a servicios públicos, registros, drenajes, objetos enterrados o posibles tuberías presentes en el sitio de estudio. Por otro lado, el radargrama de bajas frecuencias y Envelope presenta variaciones de amplitud particularmente en la distancia de 17 m a 24 m.

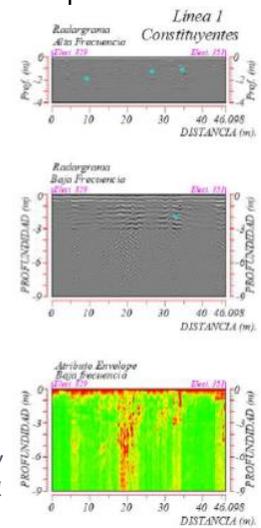


Ilustración 187 Radargramas y atributo Envelope Línea 1.1

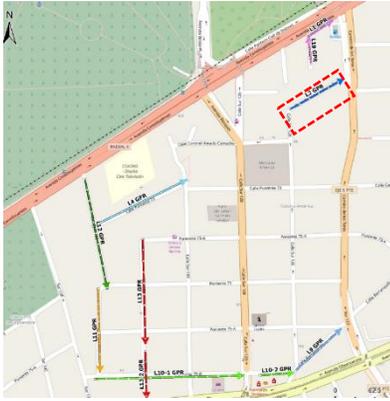


Ilustración 188 Localización línea 2 GPR

Línea 2: Sobre la Calle Sur 126 se realizaron 6 líneas de GPR, de las cuales se destaca la L2.1 mostrada en la figura 4.27 con longitud total de 100.53. En los radargramas de baja frecuencia y el atributo envelope es posible observar que desde el inicio de la línea hasta la distancia de 50 m y a partir de 65 m hasta el final, se presentan tonalidades amarillas a rojas, conforme la escala utilizada corresponde a altas amplitudes, las cuales son asociadas a posibles cavidades, pueden encontrarse vacías y/o rellenas, por lo que es importante corroborar el material presente en el sitio de estudio.

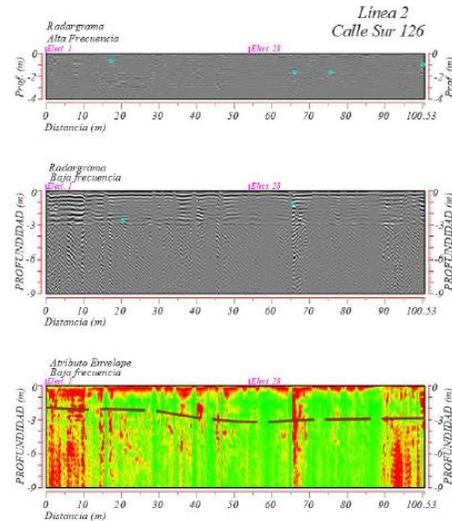


Ilustración 189 Radargramas y atributo Envelope Línea 2.1

Línea 3: Sin anomalías en el Modelo de Resistividad no requiere más estudios

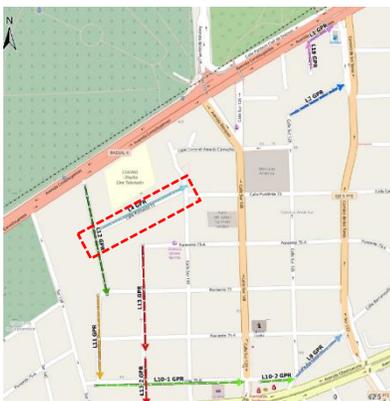


Ilustración 190 Localización línea 4 GPR

Línea 4: La línea 4 es paralela a la línea cuatro de TRE y se levantó en la calle Poniente 73, por lo que comparten el mismo inicio, final y longitud; tienen dirección SO-NE. Después del procesamiento en el radargrama de alta frecuencia se encontraron siete anomalías hiperbólicas que por su geometría se asocian a posibles tuberías, registros u objetos enterrados en el sitio de estudio (círculos azules). Por otro lado, en el radargrama de baja frecuencia y Envelope es posible observar un cambio en la amplitud asociado a un cambio de material ya que presenta tonalidades verdes a rojas a partir de una profundidad de 3 m, con base a los resultados de TRE se correlaciona con un material bajo resistivo por lo que se realizan diferentes sondeos de verificación para comprobar el tipo de material presente en el área de interés.

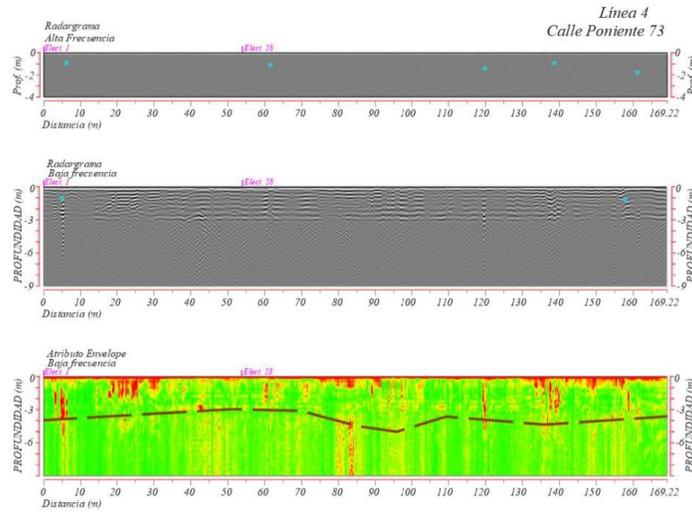


Ilustración 191 Radargramas y atributo Envelope Línea 4

Línea 5-8: Sin anomalías en el Modelo de Resistividad no requiere más estudios



Ilustración 192 Localización línea 9 GPR

Línea 9: La línea 9 de GPR coincide en inicio y final con la línea nueve de TRE. Ambas líneas se realizaron sobre la calle Barranquilla, tienen orientación NO-SE, cuenta con una longitud de 110.248 m. Después del procesado, el radargrama de altas frecuencias observa seis anomalías hiperbólicas que por su geometría son asociadas a posibles tuberías (círculos azules) o registros presentes en el área de estudio. Se observan reflectores o altas amplitudes asociados a cavidades parcialmente rellenas y/o vacías en la distancia de 70 m en adelante por lo que es una zona de interés.

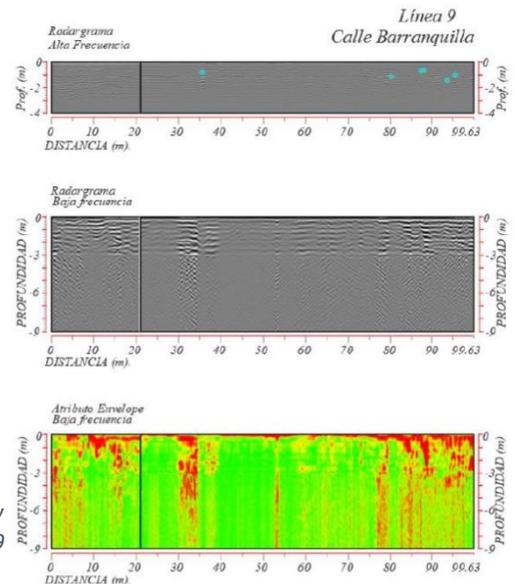


Ilustración 193 Radargramas y atributo Envelope Línea 9



Ilustración 195 Localización línea 10 GPR

Línea 10: Realizada en la calle de Poniente 75 B y seccionada en 2 partes, la primera sección es paralela a la línea de TRE 10.1 inicia en la calle Sur 134 y termina en Sur128 mientras que la Línea 10.2 comienza en Sur 128 y termina en Sur 126. Ambas líneas tienen orientación NO-SE. En el radargrama de altas frecuencias se identificaron 11 anomalías asociadas a posibles conexiones de tuberías u objetos enterrados. Por otro lado, en conjunto con los radargramas de bajas frecuencias y Envelope se identificaron reflectores asociados a cambios de material y/o cavidades en las longitudes de 0 a 110m y 140 a 230m, en conjunto con los resultados de TRE se colocaron diferentes sondeos de verificación en la presente línea.

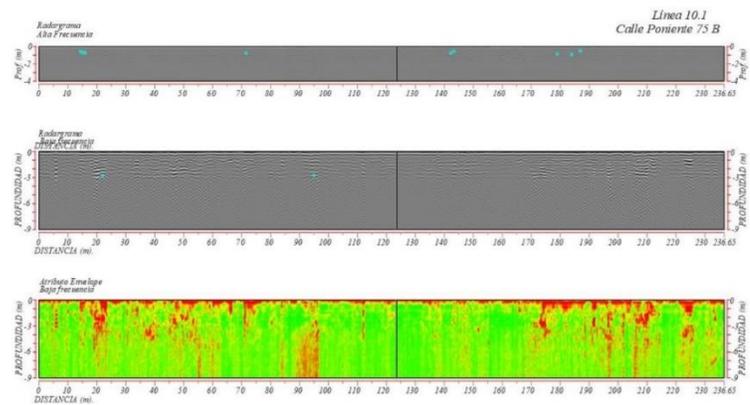


Ilustración 194 Radargramas y atributo Envelope Línea 10.1

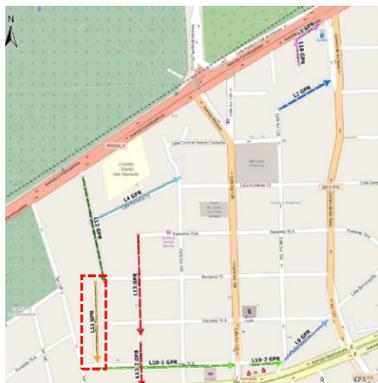


Ilustración 196 Localización línea 11 GPR

Línea 11: Línea realizada sobre la calle Sur 134, tiene una longitud de 135 metros aproximadamente, y coincide con la línea de TRE 11 del electrodo 3 hasta el 70, ambas tienen dirección NO-SE. Después del procesamiento se identificaron 9 anomalías no clasificadas asociadas a registros, tuberías o drenajes presentes en el área de estudio. En los radargramas de baja frecuencias y envelope se observan a 3 m de profundidad, reflectores asociados a posibles cavidades vacías o rellenas y/o lentes de arena presentes en el sitio de estudio. En conjunto con los resultados de TRE se colocó un sondeo de verificación.

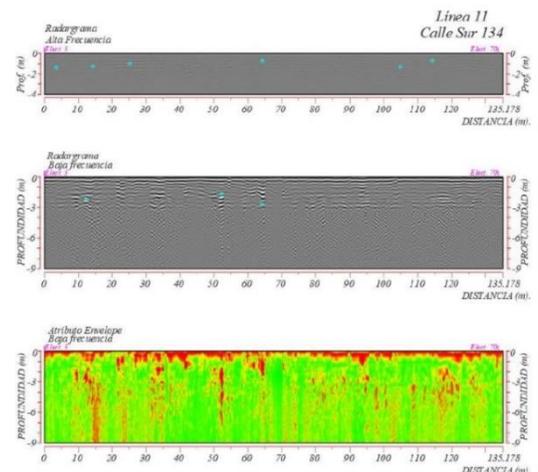


Ilustración 197 Radargramas y atributo Envelope Línea 11

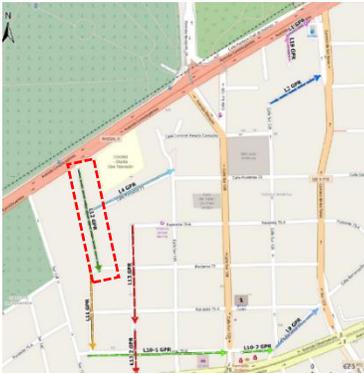


Ilustración 198 Localización línea 12 GPR

Línea 12: Sobre la calle Sur 136, paralela a la línea de TRE 12, se realizó la línea 12 de GPR; comienza en el electrodo 4 y termina desplazada unos metros adelante que el E84 de la línea doce de TRE. Una vez realizado el procesamiento de radargramas se identificaron 5 anomalías no clasificadas que por su geometría se asocian a tuberías, registros o drenajes presentes en el sitio de estudio, por otro lado, se observan reflectores asociados a posibles cavidades vacías o rellenas y/o lentes de arena presentes en la distancia de 80 a 145 m.

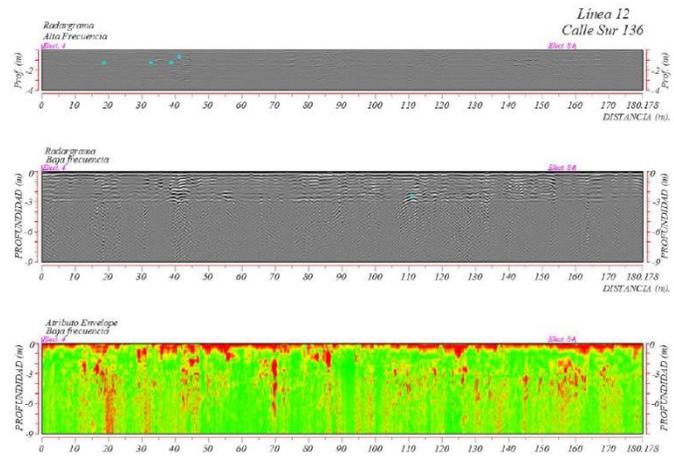


Ilustración 199 Radargramas y atributo Envelope Línea 12



Ilustración 200 Localización línea 13 GPR

Línea 13: Realizada sobre Sur 132, se secciono en 2 partes. La primera, va del electrodo 1 al 84 de la línea de TRE-13. La segunda sección tiene una longitud de 76 metros, inicia en el electrodo 93 y termina unos metros adelante del final de la línea de TRE. Después del procesamiento de los radargramas, la línea 13-1 de bajas frecuencias y envelope aprecian reflectores o contrastes significativos asociados a cambios de material y/o cavidades parcialmente llenas y/o vacías.

A diferencia de la primera sección, la segunda sección en los radargramas de baja frecuencia y envelope no presenta un contraste significativo en la amplitud mostrándose en tonalidades mayormente verdes, esto se puede correlacionar con ayuda de los resultados de TRE con un material bajo resistivo que puede no presentar posibles anomalías asociadas a cavidades.

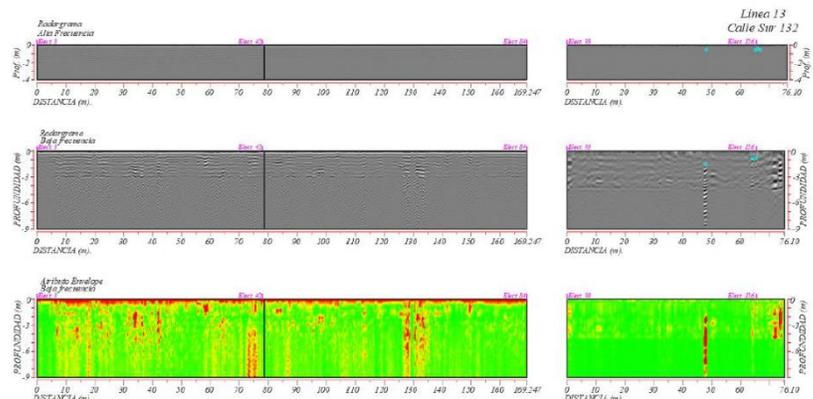


Ilustración 201 Radargramas y atributo Envelope Línea 13

Línea 14-18: Sin anomalías en el Modelo de Resistividad no requiere más estudios

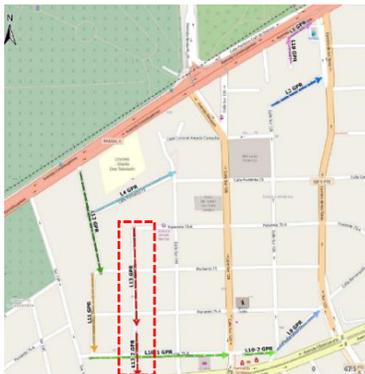


Ilustración 202 Localización línea 19
GPR

Línea 19: Sobre la 1ra Privada de constituyentes se realizaron 4 líneas de GPR debido a que se han presentado hundimientos visibles en algunas zonas de las calles y agrietamientos en las casas circundantes.

La distribución de líneas es la siguiente: la línea 1 es paralela a la línea 19 de TRE por lo que es la línea más larga, ambas líneas comparten inicio y final; la línea 2 tiene la misma dirección que la línea 1, sin embargo, fue levantada sobre una posible zona de interés por lo que comienza en el E18; por último, perpendicular a las anteriores se encuentran las líneas 3 y 4, cuentan con una longitud de 4 m aproximadamente.

Después de realizar el procesamiento de radargramas la línea 1 y 2 destacan debido a que se identificaron reflectores que se han asociados a cavidades o cambios de materiales, el contraste más significativo de

amplitud se encuentra en la distancia de 30 m en adelante para la L-1 por lo que es un sitio de interés, en conjunto con los resultados de TRE se ha realizado un sondeo de verificación.

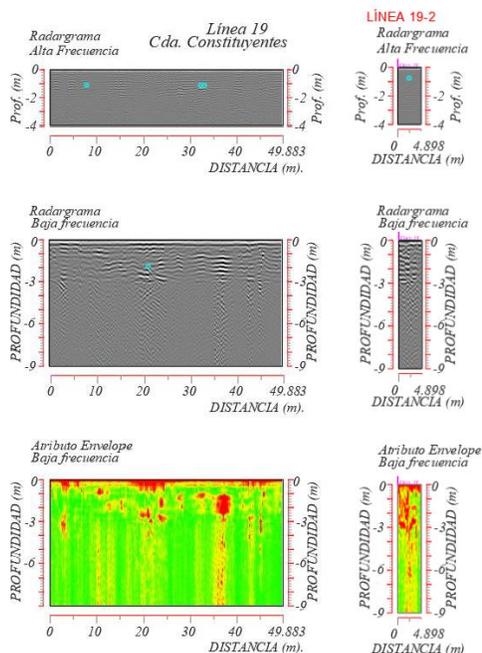


Ilustración 203 Radargramas y atributo Envelope Línea 19 y 19-2

Línea 20-21: Sin anomalías en el Modelo de Resistividad no requiere más estudios



RADAR DE PENETRACIÓN TERRESTRE (GRP) LOTES EN LA COLONIA AMÉRICA

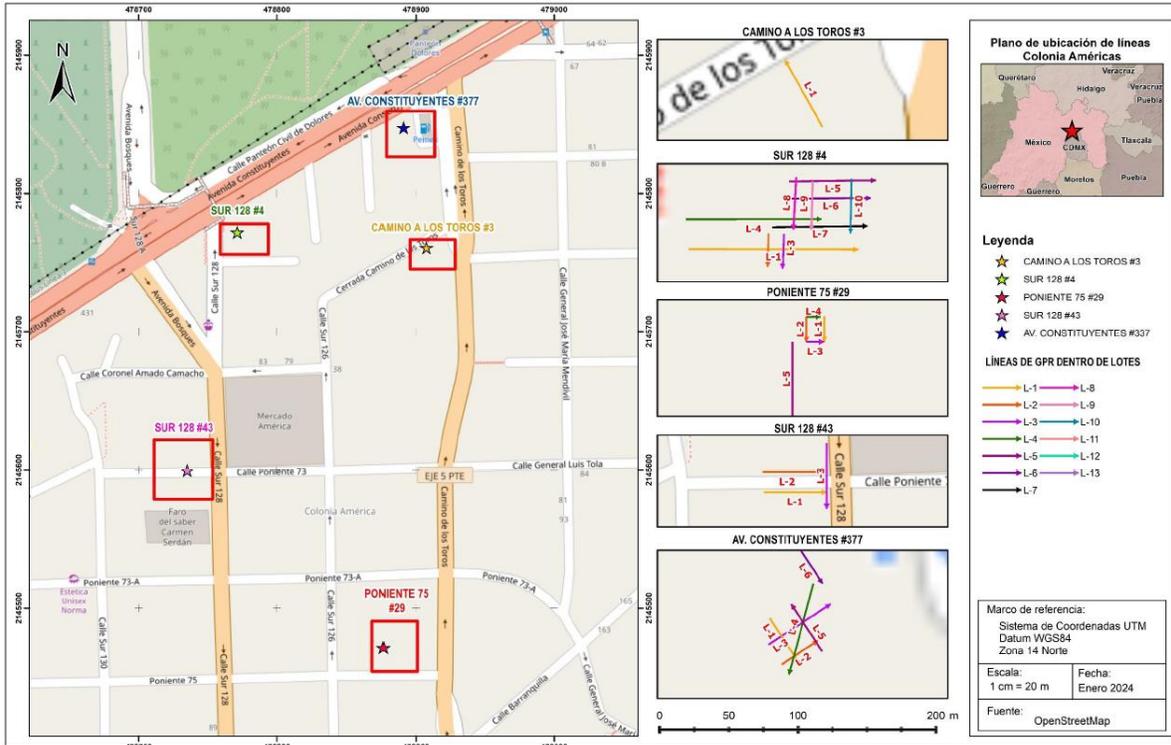


Ilustración 204 Distribución de Líneas de GPR en los Lotes de la Colonia América.

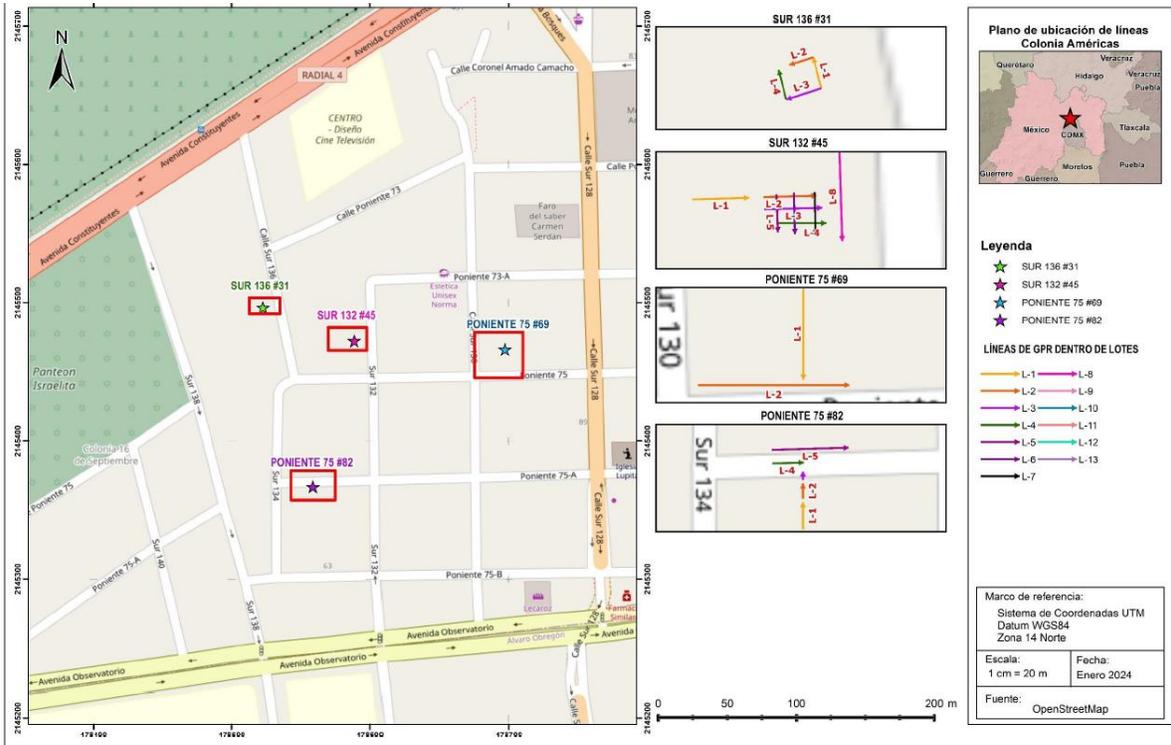


Ilustración 205 Distribución de Líneas de GPR en los Lotes de la Colonia América.

Camino de los Toros #3

Sobre Camino de los toros #3 se realizó una línea de GPR con longitud de 13.863 m. A continuación, se muestra los radargramas obtenidos después del procesamiento, se observa un contraste de amplitud significativo representados en tonalidades amarillas a rojos, que conforme a la escala utilizada esto se puede asociar a un posible cambio de material de relleno o una caverna parcialmente rellena. Se realizó 1 sondeo de verificación que presentó cavidad.

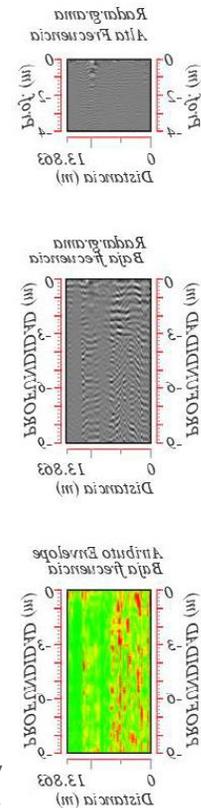


Ilustración 206 Radargramas y atributo Envelope Línea 1

SUR 128 #4

En el domicilio Sur 128 #4 se realizaron 10 líneas de GPR en total. La distribución de líneas es la siguiente: Las líneas 1, 4, 5 y 7 son paralelas entre ellas y tienen dirección SO-NE, mientras que las líneas 2, 3, 6, 8, 9 y 10 son perpendiculares a las anteriores y tienen dirección NE-SO.

A continuación, se muestra la línea 4 de GPR con longitud de 12.378 m, después del procesamiento, en los radargramas de baja frecuencia y Envelope, es posible observar que presenta un contraste de tonalidades verdes y tonalidades amarillas a rojos, por lo que es importante corroborar con un sondeo mecánico el material que está generando dicho contraste.

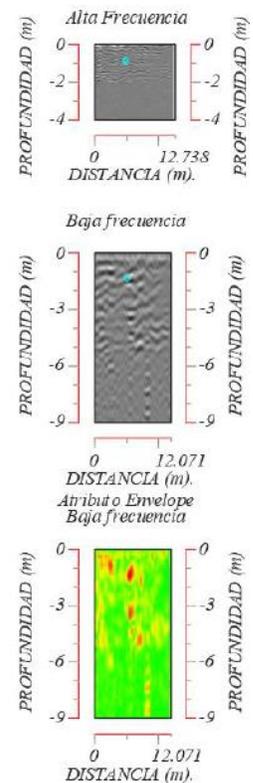


Ilustración 207 Radargramas y atributo Envelope Línea 4

Poniente 75 #29

Dentro del interior del domicilio #29, se realizaron 5 líneas de GPR con tal de abarcar todo el espacio posible; la distribución de líneas es la siguiente: las líneas 1, 2 y 5 tienen dirección NO-SE las líneas 2 y 3 son perpendiculares a las anteriores y tienen dirección SW-NE.

A continuación, se muestran los resultados del procesamiento de la línea 5 con longitud total de 26.996 m, en los radargramas de baja frecuencia y Envelope se puede notar que a lo largo de toda la línea se presenta un contraste de amplitud significativo representados en tonalidades amarillas a rojos, es posible que el contraste se asocie a material de relleno o una caverna parcialmente rellena y/o vacía.

Se realizó 1 sondeo de verificación que presento cavidad.

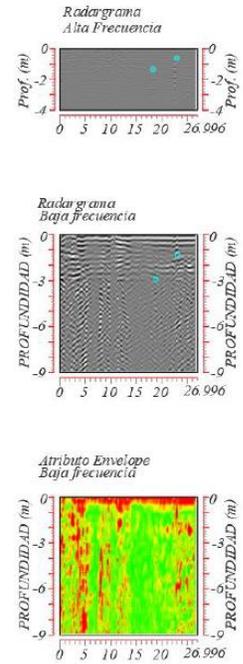


Ilustración 208
Radargramas y atributo Envelope Línea 5

SUR 136 #31

Se realizaron 4 líneas de GPR dispuestas en un mallado que abarca el interior del domicilio #31. La distribución de líneas es la siguiente: las líneas 1 y 4 tienen dirección SO-NE, se encuentran paralelas entre ellas, mientras que las líneas 2 y 3 son perpendiculares a las anteriores y tienen dirección NO-SE. A continuación, se muestra el procesamiento de la línea 1 y 2, muestra distancias de 2.314 y 1.82 respectivamente. Al contrario de las líneas anteriores, no presentan reflectores significativos asociados a algún cambio de material o caverna.

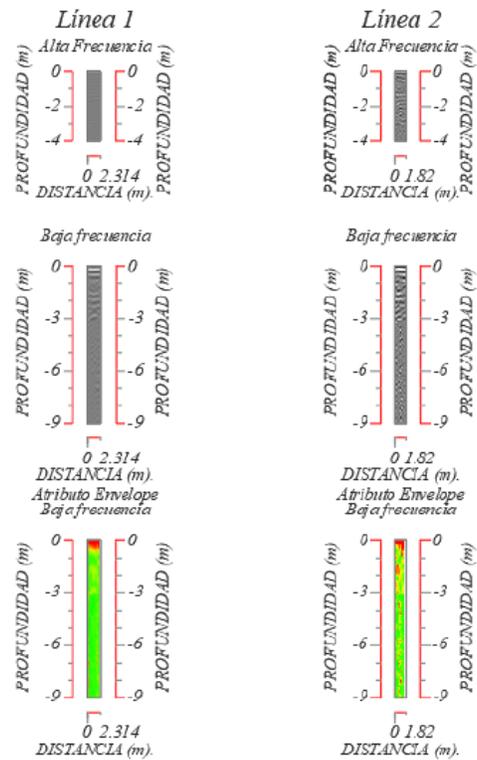


Ilustración 209 Radargramas y atributo Envelope Línea 1 y Línea 2

SUR 128 #43

En el domicilio #43 se realizaron 3 líneas de GPR en total, fueron distribuidas en por la parte de afuera de la casa. La distribución de líneas es la siguiente: L-1 y L-2 se tomaron paralelas a la calle Poniente 73 mientras que la L-3 se tomó paralela a la calle sur 128.

A continuación, se muestra la línea 1 y 2, después del procesamiento es posible observar que en ambos radargramas de la línea 1 y 2 existe un contraste de amplitud representados en tonalidades amarillas a rojos en las distancias de 25 m en adelante, que conforme a la escala utilizada esto se puede asociar a un lentes de arena presentes en el sitio de estudio o una posible caverna que puede encontrarse vacía o parcialmente rellena, es importante corroborar con un sondeo mecánico el material que está generando dicho contraste.

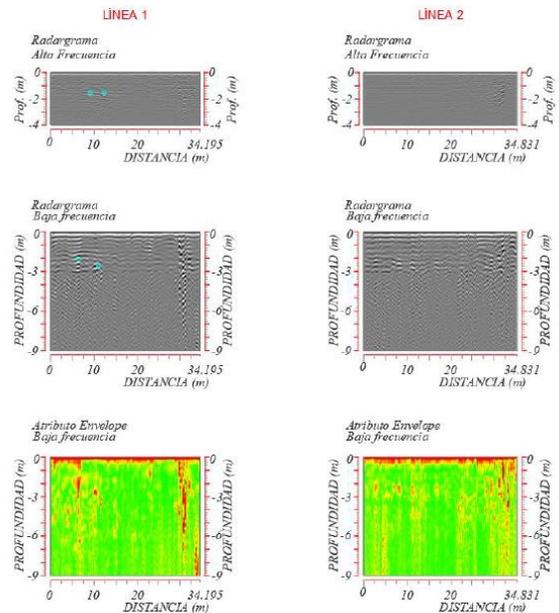


Ilustración 210 Radargramas y atributo Envelope Línea 1 y 2

SUR 132 #45

En el domicilio #45 se realizaron 8 líneas de GPR en total, la distribución de líneas es la siguiente: L-1 a L-4, tienen dirección E-O, mientras que las líneas 5 a 8 son perpendiculares respectivamente a las anteriores y tienen dirección O-E.

A continuación, se muestra la línea 3 y 4 de GPR con longitudes de 6.598 a 5.408 m, después del procesamiento es posible observar que en ambos radargramas de la línea 1 y 2 destaca un contraste de amplitud representados en tonalidades amarillas a rojos, que conforme a la escala utilizada podemos asociar a una posible caverna que puede encontrarse vacía o parcialmente rellena. Se realizó 1 sondeo de verificación que presentó cavidad.

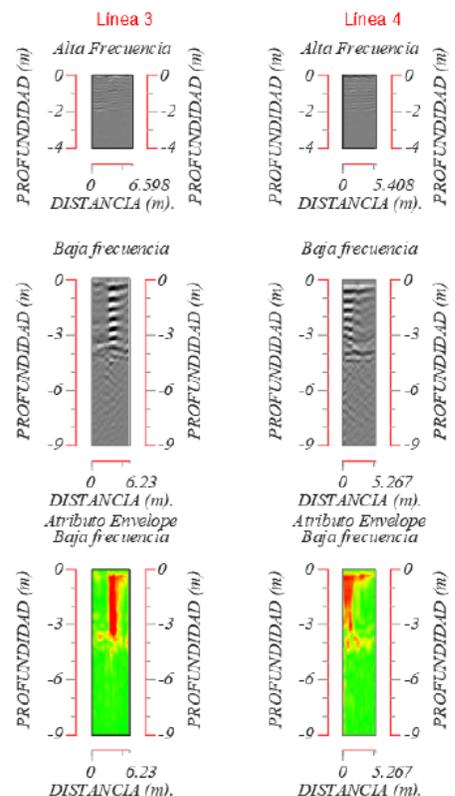


Ilustración 211 Radargramas y atributo Envelope Línea 3 y 4

PONIENTE 75 #69

Se realizaron 2 líneas de GPR, que abarcan la parte exterior del domicilio #69, la L-1 de longitud de 27.701 m corre paralela a la calle Poniente 75 mientras que la L-2 corre por el interior de la casa.

A continuación, se muestra el procesamiento de las dos líneas; se observa que en ambas líneas existe un contraste de amplitud significativo representados en tonalidades amarillas a rojos, es posible que se asocie a material de relleno y/o una caverna parcialmente rellena o vacía por lo que es recomendable realizar un sondeo para verificar el material que está generando dicho contraste.

La línea de mayor interés es la L-1, que corre dentro de la casa ya que actualmente, el domicilio presentado afectaciones.

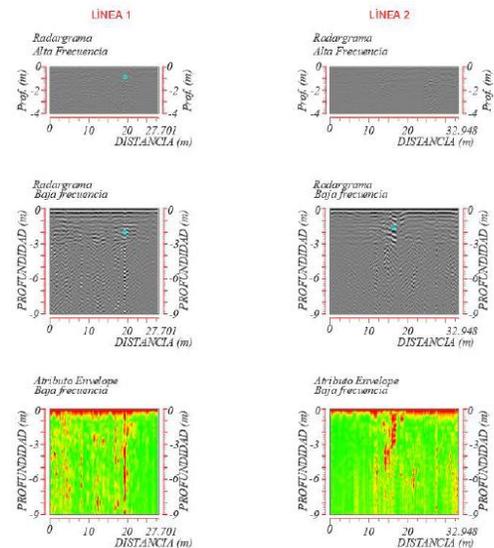


Ilustración 212 Radargramas y atributo Envelope Línea 1 y 2

PONIENTE 75 #82

En el domicilio de Poniente 75 #69 se realizaron 5 líneas de GPR en total. La distribución de líneas es la siguiente: La línea 1 a 3 se realizaron dentro del domicilio y tienen una dirección S-N, mientras que la línea 4 y 5 son perpendiculares a las anteriores y se tomaron sobre la calle Poniente 75-A.

A continuación, se muestran los resultados del procesamiento de las 5 líneas de GPR, realizando la interpretación es posible observar en los radargramas de bajas frecuencias y atributo Envelope que todas las líneas presentan reflectores asociados a un cambio de material o cavidades parcialmente llenas o vacías, especialmente las líneas que corren dentro del domicilio, por lo que hay que corroborar con un sondeo mecánico el material presente en el domicilio.

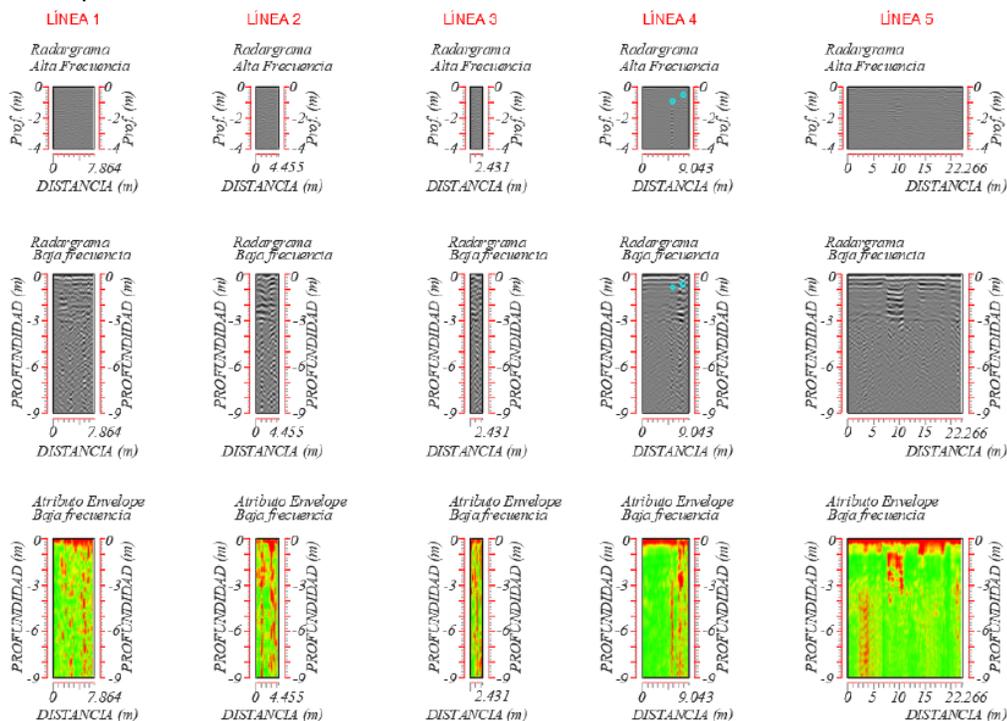


Ilustración 213 Radargramas y atributo Envelope Línea 1 a 5 del Lote #82

CONSTITUYENTES #377

Por último, se realizaron 6 líneas de GPR dispuestas en un mallado que abarca el interior del domicilio #377. La distribución de líneas es la siguiente: las líneas 1, 6, 7 y 8 tienen dirección SO-NE, mientras que las líneas 2, 3, 4 y 5 son perpendiculares a las anteriores y tienen dirección NO-SE.

El plano de distribución de líneas de GPR se encuentra en las figuras 4.33 y 4.34 de este documento, mientras que la longitud total y las coordenadas de inicio y final de las líneas de GPR están en la tabla 3.3.

A continuación, se muestra el resultado del procesamiento de todas las líneas de GPR; la línea 4 es la línea más representativa ya que cruza el centro del área de interés; presenta reflectores asociados a algún cambio de material o caverna parcialmente rellena.

Se realizó un sondeo de verificación donde se encontró cavidad.

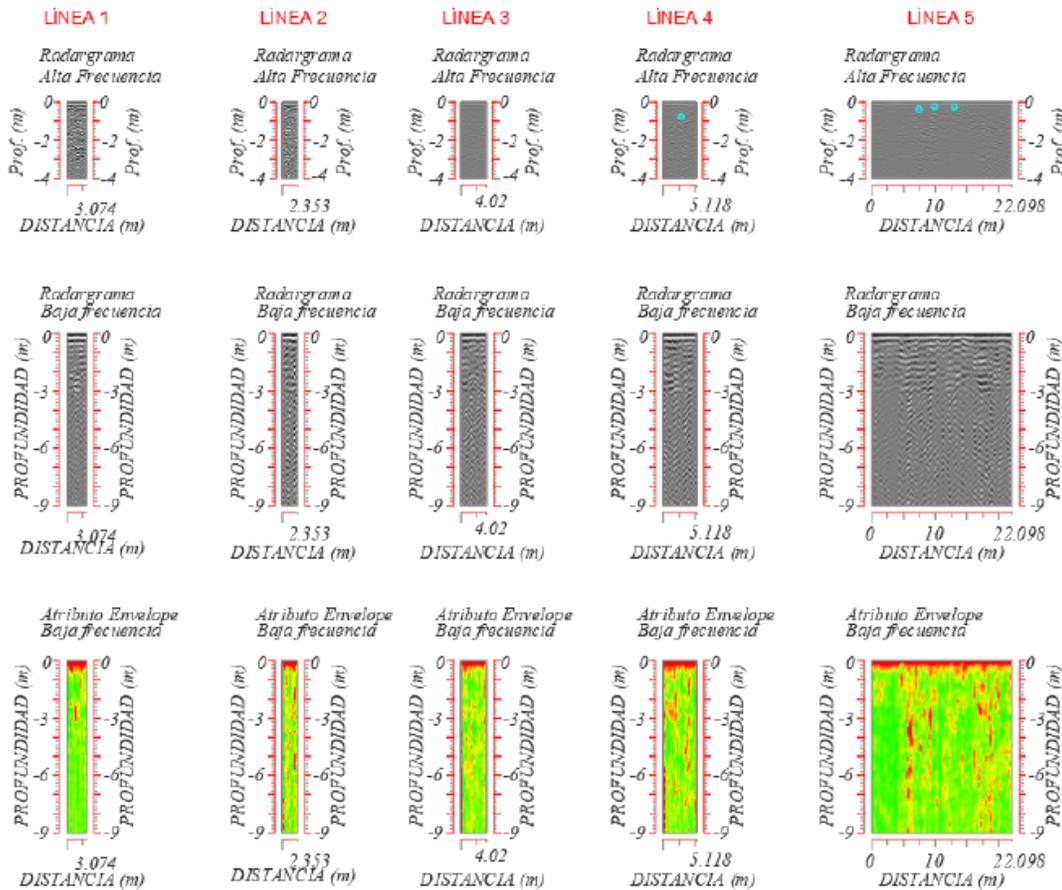


Ilustración 214 Radargramas y atributo Envelope Línea 1 a 5

Sondeos Mecánicos.



Después de realizada la interpretación de las líneas de tomografía y de GPR se recomendó la verificación de anomalías asociadas a posibles cavidades con la finalidad de descartar esta estructura geológica y corroborar el origen de las anomalías geofísicas. La elección de anomalías se llevó a cabo en correlación con los resultados de ambas técnicas y observaciones en campo.

Se realizaron **12 Sondeos Mecánicos (SM)**, dando un total de **80 m perforados aproximadamente**; los cuales fueron ubicado en algunas de las anomalías más representativas del área de estudio; sin embargo, en los perfiles de resistividad y radar se muestran otras anomalías que se pueden asociar a cavidades; por lo que se recomienda llevar a cabo una inspección de estas y descartar la presencia de esta estructura geológica de riesgo.

De las 12 perforaciones realizadas, en **ocho se muestra la presencia de cavidades y/o cavidades colapsadas y/o rehabilitadas**, ya que el material obtenido de los sondeos corresponde en su mayoría a material de relleno.

Sondeo Mecánico		Sin Cavity y/o zonas de fracturas, materiales arenosos, limo-arenosos y limo-arcillosos 	Zonas de fracturas susceptibles a asentamientos 	Cavidades 
SM 1	Constituyentes #377			
SM 2	Cda. Camino de los Toros #3			
SM 3	Poniente 75 #69			
SM 4	Sur 132 #45			
SM 5	PTE. 73 A #50			
SM 6	PTE. 73 A #56			
SM 7	PTE. 73 A #62			
SM 8	PTE. 75 A #61			
SM 9	PTE 75 #29			
SM 10	Esquina Sur 132 y PTE 75			
SM 11	1ra Cda. De Constituyentes #10			
SM 12	Poniente 73			
Anomalías Detectadas			9	

Tabla 11 Resultados de los sondeos mecánicos

COORDENADAS DE SONDEOS MECÁNICOS		
SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)		
SONDEO MECÁNICO	X INICIAL	Y INICIAL
SM-1	478888.907	2145827.97
SM-2	478904.971	2145759.98
SM-3	478700.795	2145479.96
SM-4	478590.64	2145473.83
SM-5	478873.136	2145514.89
SM-6	478850.593	2145512.9
SM-7	478733.753	2145508.93
SM-8	478660.07	2145381.13
SM-9	478879.048	2145484.11
SM-10	478603.231	2145439.09
SM-11	478874.007	2145809.94
SM-12	478854.997	2145609.03

Tabla 12 Coordenadas de los Sondeos Mecánicos

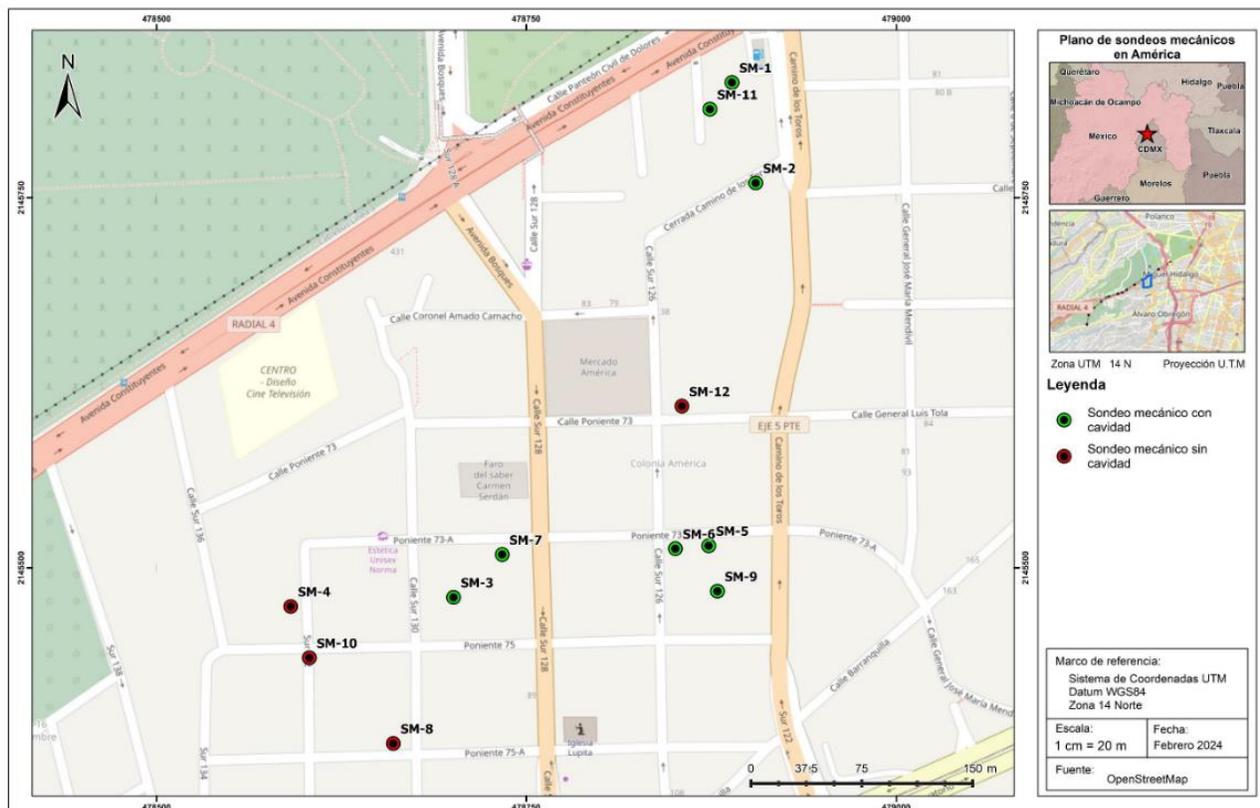


Ilustración 215 Ubicación de Sondeos Mecánicos (SM).



SONDEO: 1			COLONIA: América	 POSITIVO
UBICACIÓN: Av. Constituyentes			REFERENCIA: Constituyentes #377	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Material de relleno y limos arenosos.	
1.00	2.00	1.00	Arenas limosas de color café.	
2.00	3.00	1.00	Perdida de fluido. Cavidad.	
3.00	4.00	1.00	Arenas limosas de color café	

Observaciones:

SONDEO: 2			COLONIA: América	 POSITIVO
UBICACIÓN: Cda. Camino de los Toros			REFERENCIA: Sur 126 #3	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Material de relleno con arenas.	
1.00	2.00	1.00	Ligera pérdida de fluido. Se infiere la presencia de oquedades. El material presente corresponde a material de relleno.	
2.00	3.00	1.00	Material de relleno.	
3.00	4.00	1.00	Limos arenosos.	
4.00	5.00	1.00	Limos arenosos.	
5.00	6.00	1.00	Limos arenosos.	
6.00	7.00	1.00	Arenas limosas.	
7.00	8.00	1.00	Arenas de grano grueso.	

Observaciones:

SONDEO: 3			COLONIA: América	 POSITIVO
UBICACIÓN: C. Poniente 75			REFERENCIA: Poniente 75 #69	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Arenas de grano medio de color café.	
1.00	2.00	1.00	Arenas de grano medio de color café.	
2.00	3.00	1.00	Arenas de grano medio de color café.	
3.00	4.00	1.00	Arenas de grano medio de color café.	
4.00	5.00	1.00	Arenas de grano medio color café con presencia de material de relleno.	
5.00	6.00	1.00	Material de relleno y arenas.	
6.00	7.00	1.00	Perdida de fluido. Cavidad.	

Observaciones: Aproximadamente a los 5.80 m se tuvo pérdida de fluido.



SONDEO: 4			COLONIA: América	 NEGATIVO
UBICACIÓN: Sur 132			REFERENCIA: Sur 132 #45	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Material de relleno.	
1.00	2.00	1.00	Perdida de fluido a los 1.40 m, material poroso.	
2.00	3.00	1.00	Material de relleno.	
3.00	4.00	1.00	Material de relleno.	
4.00	4.50	0.50	Material de relleno.	

Observaciones:

SONDEO: 5			COLONIA: América	 POSITIVO
UBICACIÓN: PTE 73 A			REFERENCIA: PTE 73 A #50 / Electrodo 140	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Material de relleno y arenas.	
1.00	2.00	1.00	Arenas medias color café.	
2.00	3.00	1.00	Arenas medias color café,	
3.00	4.00	1.00	Arenas medias color café con presencia de gravilla.	
4.00	5.00	1.00	Arenas medias de color café con presencia de gravas.	
5.00	6.00	1.00	Perdida de fluido, se infiere la presencia de una cavidad.	
6.00	7.00	1.00	Arenas medias con presencia de grava y material de relleno.	
7.00	8.00	1.00	Arenas medias con presencia de grava y material de relleno.	

Observaciones:

SONDEO: 6			COLONIA: América	 POSITIVO
UBICACIÓN: PTE 73 A			REFERENCIA: PTE 73 A #56	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Material de relleno.	
1.00	2.00	1.00	Material de relleno. Perdida de fluido.	
2.00	3.00	1.00	Material de relleno.	
3.00	4.00	1.00	Material de relleno.	
4.00	5.00	1.00	Material de relleno.	
5.00	6.00	1.00	Material de relleno.	
6.00	6.50	0.50	Material de relleno.	

Observaciones:



SONDEO: 7			COLONIA: América
UBICACIÓN: PTE 73 A			REFERENCIA: PTE 73 A #62
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES
INICIAL	FINAL	AVANCE	
0.00	1.00	1.00	Escombro utilizado como material de relleno.
1.00	2.00	1.00	La broca se fue en caída libre hasta los 1.80 m.

Observaciones:

SONDEO: 8			COLONIA: América
UBICACIÓN: PTE 75 A			REFERENCIA: PTE 75 A #61
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES
INICIAL	FINAL	AVANCE	
0.00	1.00	1.00	Material de relleno con arenas.
1.00	2.00	1.00	Perdida de fluido a 1.35 m. Material de relleno con arenas.
2.00	3.00	1.00	Arenas limosas.
3.00	4.00	1.00	Arenas limosas.
4.00	5.00	1.00	Arenas limosas.
5.00	6.00	1.00	Arenas limosas.
6.00	7.00	1.00	Arenas limosas. Retorno de agua a 6.75 m.
7.00	8.00	1.00	Arenas limosas.
8.00	9.35	1.35	Estrato rocoso. Andesita color gris oscuro. Perdida de fluido a los 8.35 m.

Observaciones:

SONDEO: 9			COLONIA: América
UBICACIÓN: PTE 75			REFERENCIA: PTE 75 #29
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES
INICIAL	FINAL	AVANCE	
0.00	1.00	1.00	Material de relleno.
1.00	2.00	1.00	Material de relleno.
2.00	3.00	1.00	Arenas limosas color café. Perdida de fluido. Cavidad.
3.00	4.00	1.00	Arenas limosas.
4.00	5.00	1.00	Arenas limosas.
5.00	6.00	1.00	Arenas limosas.
6.00	7.00	1.00	Arenas medias.
7.00	7.50	0.50	Arenas medias.

Observaciones:



SONDEO: 10			COLONIA: América	 NEGATIVO
UBICACIÓN: Sur 132			REFERENCIA: Esquina Sur 132 y PTE 75	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Arena fina de color café amarillento con limos.	
1.00	2.00	1.00	Arena fina de color café amarillento con limos.	
2.00	3.00	1.00	Arena fina de color café amarillento con limos.	
3.00	4.00	1.00	Arena fina de color café amarillento con limos.	
4.00	5.00	1.00	Arena fina de color café amarillento con limos.	
5.00	6.00	1.00	Arena fina de color café amarillento con limos.	
6.00	7.00	1.00	Arena fina de color café amarillento con limos.	
7.00	8.00	1.00	Arena fina de color café amarillento con limos.	
8.00	9.00	1.00	Arena gruesa de color café amarillento con limos.	
9.00	10.00	1.00	Arena gruesa de color café amarillento con limos.	
10.00	11.20	1.20	Arena gruesa de color café amarillento con limos.	

Observaciones:

SONDEO: 11			COLONIA: América	 POSITIVO
UBICACIÓN: 1ra Cda. de Constituyentes			REFERENCIA: 1ra Cda. De Constituyentes #10	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	0.15	0.15	Losa de concreto	
0.15	0.55	0.40	Detección de caverna (caída libre de herramienta de 20 cm. Perdida de agua a los 20 cm).	
0.55	0.75	0.20	Arenas.	
0.75	1.35	0.60	Detección de caverna (caída libre de herramienta de 35 cm).	
1.35	1.55	0.20	Arenas.	
1.55	2.15	0.60	Detección de caverna (caída libre de herramienta de 4 cm).	
2.15	2.95	0.80	Arenas.	
2.95	3.55	0.60	Escombros (material de relleno).	
3.55	5.95	2.40	Arenas.	
5.95	6.15	0.20	Detección de caverna (caída libre de herramienta de 12 cm).	
6.15	6.55	0.40	Arenas.	
6.55	6.75	0.20	Detección de caverna (caída libre de herramienta de 4 cm).	

Observaciones: Perdida de fluido a los 0.20 m. La broca tuvo caída libre por secciones de los 0.00 m a los 2.35 m y de los 5.95 a los 6.75 m. No se recuperaron muestras a excepción de un núcleo, aproximadamente a los 4 m de profundidad, correspondiente a escombros utilizados como material de relleno.

Plantas de Resistividad



Una vez finalizado el análisis de los perfiles de tomografía y de radar se realizaron plantas de resistividad y de anomalías de radar por medio de una interpolación entre líneas de manera horizontal, con la finalidad de obtener una correlación estratigráfica y de anomalías del área de estudio, además de la posible dirección de las cavidades, zonas de fractura y cambios estratigráficos sobresalientes.

Se obtuvo la información de las coordenadas de cada punto de atribución con el objetivo de referenciar cada lectura y así poder tener una base de datos de forma espacial.

Se filtraron los datos de resistividad donde se presentan las anomalías de interés que son los altos y bajos resistivos, para poder eliminar valores muy altos y bajos, causados probablemente por mediciones erróneas, que afectan el resultado.

Se agruparon todos los datos de las imágenes de resistividad, para trabajar los mismos como un conjunto unitario, una vez agrupados se exportan al Software Surfer. Debido a la separación entre líneas, existen zonas de incertidumbre; por lo tanto, la correlación de las anomalías, sobre todo la dirección puede variar con la mostrada en el plano de resultados.

Con finalidad de apreciar a detalle las zonas de contacto susceptibles a generar zonas de fracturamiento, asentamientos y posibles cavidades, se realizaron plantas diferentes profundidades. Las profundidades usadas fueron las siguientes: 5 y 10 m.

A continuación se describe cada una de las plantas realizadas, resaltando sus rasgos estructurales más sobresalientes

Es importante mencionar que las líneas rojas representan zonas asociadas a posibles cavidades; ya que muestran valores de resistividad similares a los que se han correlacionado a cavidades por medio de las verificaciones realizadas; por lo tanto, se infiere que estas resistividades pueden estar asociados a este tipo de estructura geológica; no obstante, para corroborar lo anterior es necesario llevar a cabo la verificación de estas; sin embargo, estas plantas nos dan un indicio de las zonas que presentan riesgo.

Planta de 2 m de profundidad

En esta planta lo que se busca es visualizar las zonas que se correlacionan con posibles cavidades que se ubican en un rango de 2 a 4 metros de profundidad. Se pueden observar diferentes zonas que presentan posibles cavidades, sobre todo en la parte Oeste y Suroeste del área de estudio. Estas se pueden apreciar con tonalidades rojas y que están encerradas en matices verdes y amarillos.



Planta de 6 m de profundidad

La finalidad de esta planta es ubicar las posibles cavidades localizadas en un rango de profundidad de 6 a 8 m. Se aprecia que la parte Oeste y Suroeste es la que mayor presencia de anomalías correlacionadas a cavidades tiene; sin embargo, la parte central y Este del área muestra zonas asociadas a posibles cavidades.



Video Grabación de Pozos



En este apartado se describen los resultados de las videograbaciones realizadas en las perforaciones (SM) y se mencionan las zonas de mayor importancia, siendo estas las posibles cavidades y fracturas. La distribución de los Sondeos Mecánicos. A continuación, se realiza una descripción de cada videograbación.

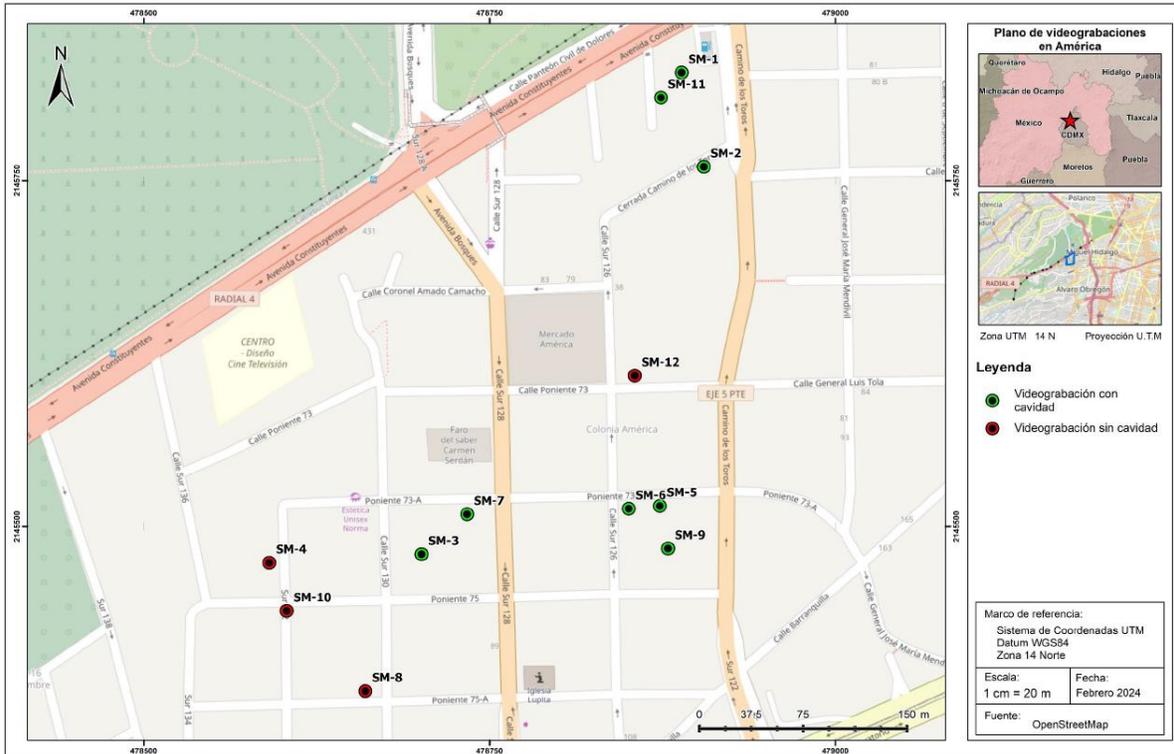


Ilustración 216 Ubicación de videograbaciones realizadas para descartar y/o corroborar cavidades

SM-1

La videograbación llevaba a cabo dentro del sondeo mecánico 1, ubicado en el predio Constituyentes #377, muestra las siguientes imágenes:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicia videograbación. Se puede observar escombros como material de relleno superficial.	
0.81 m	Se observa la presencia de gravas y material de relleno.	
1.50 m	Se observan paredes de pozo lisas y firmes.	
2.56 m	Cavidad. Se observa material de relleno y material producto de derrumbes del techo de la oquedad.	
3.00 m	Nivel de lodo utilizado para la perforación.	

SM-2

En el sondeo mecánico 2, ubicado en la calle sur 126 #3 (Cda de los Toros), la videograbación presenta las siguientes anotaciones

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.47 m	Se observa material de relleno.	
1.18 m	Se observa la presencia de diferentes oquedades en dirección noreste. El material que se ve corresponde a arenas con algo de gravas.	
2.00 m	Se observa material de relleno.	
2.46 m	Se aprecian pequeñas oquedades.	
2.77 m	Nivel de agua residual utilizada para la perforación.	
3.00 m	Profundidad inspeccionada.	

SM-3

La videograbación llevada a cabo dentro del sondeo mecánico 3, ubicado en la calle de Poniente 75 #69 presenta las siguientes observaciones:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicio de videograbación. Superficialmente se observan arenas.	
1.05 m	Vista de las paredes del pozo. Se aprecian arenas limosas.	
2.85 m	Se observa la presencia de arenas.	
4.02 m	Continúa la capa de arenas.	
5.35 m	Se observa la presencia de arenas. Se observan también la presencia de escombros.	
6.09 m	Techo de cavidad.	
6.17 m	Cavidad. Se observan la presencia de material de relleno, compuesto por arenas con escombros y costales.	
6.62 m	Profundidad inspeccionada. Se infiere que la caverna continúa hacia el norte.	

SM-4

La videograbación realizada dentro del sondeo mecánico 4 en el predio Sur 132 #45 muestra lo siguiente:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicio de videograbación.	
0.29 m	Se aprecia material de relleno.	
0.96 m	Material de relleno mal compactado.	
1.32 m	Profundidad inspeccionada.	

SM-5

La videograbación llevada a cabo dentro del sondeo mecánico 5, muestra las siguientes observaciones:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicio de videograbación.	
0.44 m	Se observa material de relleno.	
1.65 m	Se observa el cambio de material a arenas medias.	
4.00 m	Se observa la presencia de material de granulometría gruesa.	
5.14 m	Se observa la presencia de una caverna.	
5.43 m	Caverna.	
5.65 m	Profundidad inspeccionada.	

SM-6

Se describen las notas de la videograbación llevada a cabo en el sondeo mecánico 6, realizado en la calle Poniente 73 A, en el predio con número 56:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.54 m	Se observa material de relleno.	
1.62 m	El material de relleno utilizado se percibe de mayor tamaño (escombro). Se aprecian cavidades.	
1.88 m	Oquedad.	
2.58 m	Material de relleno de granulometría gruesa. Se observan pequeñas oquedades.	
2.69 m	Nivel de agua residual utilizada para la perforación.	

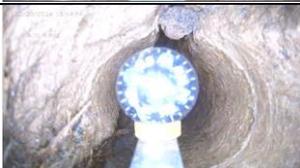
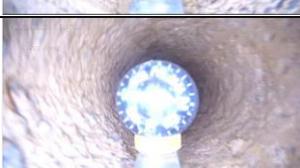
SM-7

Con base en la videograbación llevada a cabo en sondeo mecánico 7, realizada en el predio #62 de la calle Poniente 73 A, se obtienen las siguientes observaciones:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.55 m	Material de relleno.	
1.08 m	Antigua mina reacondicionada para su uso como bodega (actualmente en desuso).	
1.40 m	Se observa que dicha mina reacondicionada se ha estado relleno con escombros.	
1.70 m	Profundidad inspeccionada	

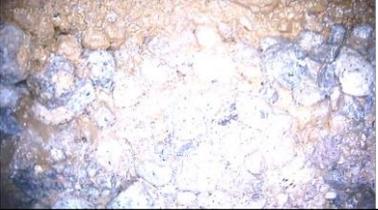
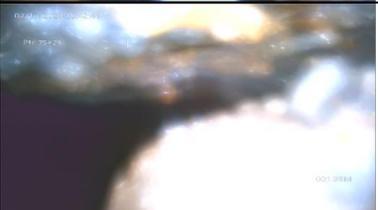
SM-8

En la videograbación realizada en el sondeo mecánico 8, ubicado en la calle de Poniente 75 A #61, presenta las siguientes anotaciones:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicio de videograbación. Se observa material de relleno.	
0.74 m	Se observa arenas de color café.	
0.98 m	Presencia de fisura en las paredes del barreno. Se aprecia material de escombro.	
1.18 m	Vista lateral de las paredes del pozo.	
2.60 m	Arenas limosas, se observa la presencia de gravilla.	
3.80 m	Arenas limosas, se observa la presencia de gravilla.	
6.70 m	Arenas limosas con gravas.	
7.43 m	Nivel de agua residual.	

SM-9

De acuerdo con la videograbación realizada al interior del sondeo mecánico 9, en la calle Poniente 75 en el predio #29, se obtienen las siguientes observaciones:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.23 m	Material de relleno.	
1.36 m	Continúa material de relleno.	
1.97 m	Oquedad.	
2.2	Se observa que la perforación se hizo justo en la pared de la cavidad.	
2.40 m	Continua la oquedad.	
3.40 m	Arenas color café claro.	
3.92 m	Nivel de agua residual utilizada para la perforación.	

SM-10

De acuerdo con la videograbación realizada al interior del sondeo mecánico 10, en sur 132 esquina con Poniente 75, se obtienen las siguientes observaciones:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.14 m	Se observa ligera presencia de material de relleno de manera superficial.	
0.80 m	Arenas finas de color café.	
2.10 m	Continua el estrato compuesto por arenas.	
4.80 m	Se observa la presencia de material rocoso empaquetado en las arenas.	
6.08 m	Se observa la presencia de detritos volcánicos.	
6.50 m	Vista de las paredes del pozo. Se observa los detritos.	
8.00 m	Cambio de material. Las paredes del pozo se aprecian firmes.	
9.45 m	Nivel de agua residual. El material que se aprecia corresponde a arenas gruesas y gravas.	

SM-11

La videograbación en el sondeo número 11 está ubicado en 1er cerrada de Constituyentes #10, se observa lo siguiente:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.10 m	Firme de concreto despegado del terreno natural.	
0.26 m	Material de relleno.	
1.10 m	Se aprecia material de relleno de mala calidad.	
1.34 m	Escombros utilizados como material de relleno.	

SM-12

La videograbación realizada en el sondeo mecánico 13, sobre Sur 126 esquina con Poniente 73, en el predio con número 50, mostro las siguientes imágenes:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicio de videograbación. Superficialmente se aprecia la presencia de escombros utilizados como material de relleno.	
0.27 m	El material de escombros presenta oquedades.	
0.60 m	Oquedades provocadas por el relleno de mala calidad.	
1.10 m	Cambio de material. Se aprecia material areno-limoso.	
1.91 m	Profundidad inspeccionada	



Colonia 16 de Septiembre

Ubicación



La Colonia 16 de septiembre donde se realizó el estudio geofísico pertenecen a la Alcaldía Miguel Hidalgo, CMDX y está delimitada al norte por la Av. Constituyentes y el Panteón de Dolores, al sur por la colonia Hidalgo y al Av. Observatorio, al oeste por la colonia Belén de las Flores y el cruce con la Av. Constituyentes y Av. Observatorio y al este por la colonia Américas; tal como se muestra en la ilustración 217.

Geográficamente el área estudiada está delimitada por los siguientes vértices de coordenadas.

CUADRO DE COORDENADAS DE LA COLONIA		
SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)		
VERTICES	X	Y INICIAL
A	477647.242	2145063.59
B	478506.154	2145632.4
C	478543.944	2145443.27
D	478531.209	2145438.73
E	478530.65	2145300.43
F	478508.157	2145297.79
G	478522.96	2145239.53

Tabla 13 Coordenadas del Área de Estudio.

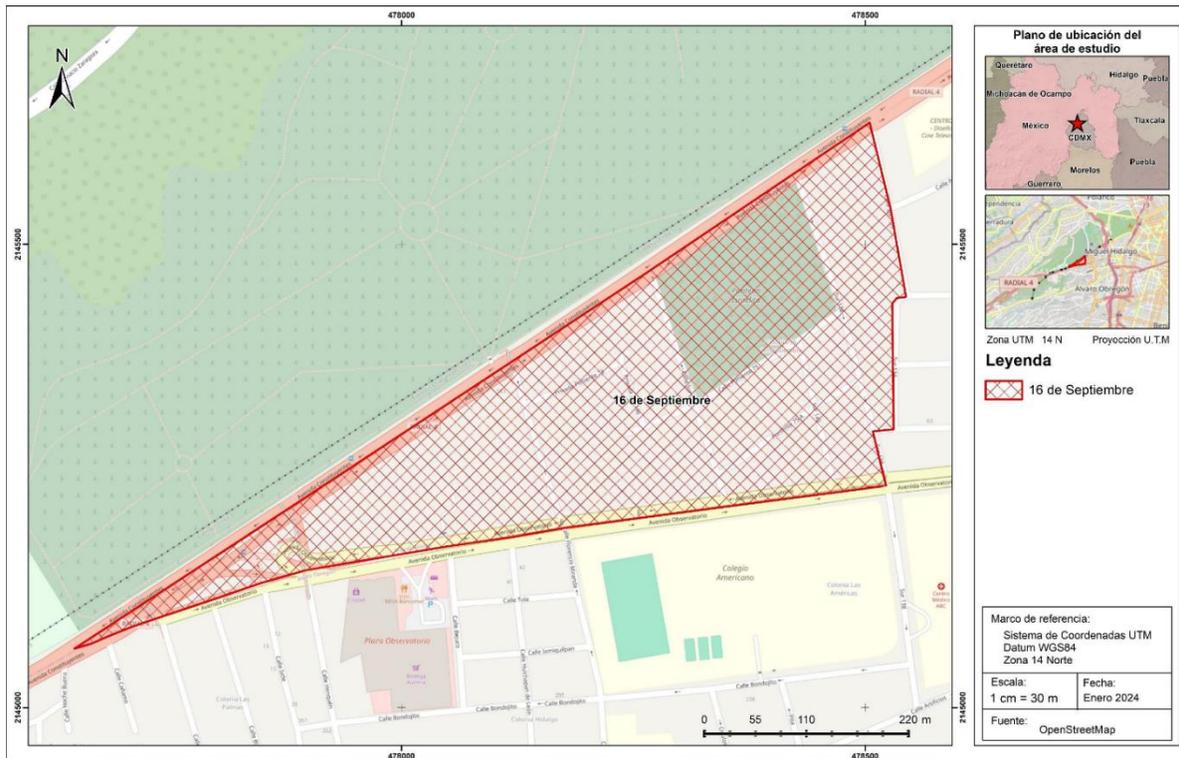


Ilustración 217 Área de estudio

Campaña de Exploración



Para la campaña de exploración geofísica, se utilizaron las técnicas de Tomografía eléctrica (imágenes de resistividad) y radar de penetración terrestre (GPR). El Método geoelectrico de corriente continua en la modalidad de imágenes de resistividad (Dipolo-Dipolo), tiene como finalidad determinar la variación de la resistividad eléctrica del subsuelo en función de la profundidad a lo largo de un perfil en 2 dimensiones. Se realizaron en campo 09 líneas de imágenes de resistividad; las cuales se ubicaron de forma que se cubriera la mayor parte de la Colonia 16 de septiembre, posiblemente afectada por cavidades generadas por la extracción del material. Las imágenes de resistividad promedian entre 15 y 20 metros de profundidad. Las coordenadas UTM de la ubicación de los trabajos de geofísica y distribución de las imágenes de resistividad se observa en la tabla 14 y en la ilustración 218.

COORDENADAS DE LAS LÍNEAS DE RESISTIVIDAD				
SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)				
LÍNEAS	X INICIAL	Y INICIAL	X FINAL	Y FINAL
L1 FLORENCIO MIRANDA	478120.628	2145356.84	478165.519	2145211.62
L2 PONIENTE 73	478128.46	2145327.16	478246.133	2145382.41
L3 SUR 146	478247.052	2145348.85	478264.383	2145297.87
L4 SUR 140	478426.896	2145404.22	478469.818	2145243.94
L5 PONIENTE 75A	478336.786	2145251.78	478498.337	2145359.65
L6 SUR 144	478273.206	2145464.67	478341.671	2145251.57
L7 SUR 138	478425.844	2145565.54	478515.228	2145260.64
L8 PONIENTE 75	478239.618	2145296.68	478479.212	2145434.37
L9 AV. CONSTITUYENTES	477806	2145146	478591.545	2145678.8

Tabla 14 Coordenadas de Líneas de Resistividad.



Ilustración 218 Líneas de Resistividad

Con la técnica de Radar de Penetración Terrestre se busca identificar variaciones en las propiedades dieléctricas del medio, las cuales se observan en los radargramas como reflectores o variaciones en la amplitud de la señal recibida por la antena GPR, mismas que a su vez es posible correlacionar con cambios de materiales, saturación, instalaciones de servicio, objetos enterrados y/o posibles cavidades. En la campaña de adquisición se llevaron a cabo 6 líneas de GPR con una profundidad de investigación de 9 metros, las cuales se ubicaron en las diferentes calles de acuerdo con el levantamiento de las líneas de Tomografía, además se realizaron 18 líneas de GPR distribuidas dentro de 2 domicilios que presentaron hundimientos o agrietamientos en la colonia 16 de septiembre, el objetivo es corroborar las anomalías observadas en las líneas de Dipolo-Dipolo, y de esta forma poder verificar por medio de una perforación la posible cavidad y/o el origen de la anomalía generada en caso de presentarse. La distribución de las imágenes de GPR y las coordenadas UTM de la ubicación de las líneas se observa en las tablas No. 15 y 16 e ilustraciones No. 219 y 220.

COORDENADAS DE LAS LÍNEAS DE GPR				
SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)				
LÍNEAS	X INICIAL	Y INICIAL	X FINAL	Y FINAL
L2 PONIENTE 73	478127	2145326	478244	2145381
L4 SUR 140	478427	2145404	478469	2145247
L6 PONIENTE 75 A	478334	2145250	478498	2145354
L7 SUR 138	478271	2145458	478355	2145222
L8 PONIENTE 75	478429	2145573	478522	2145251

Tabla 15 Coordenadas de Líneas de GPR

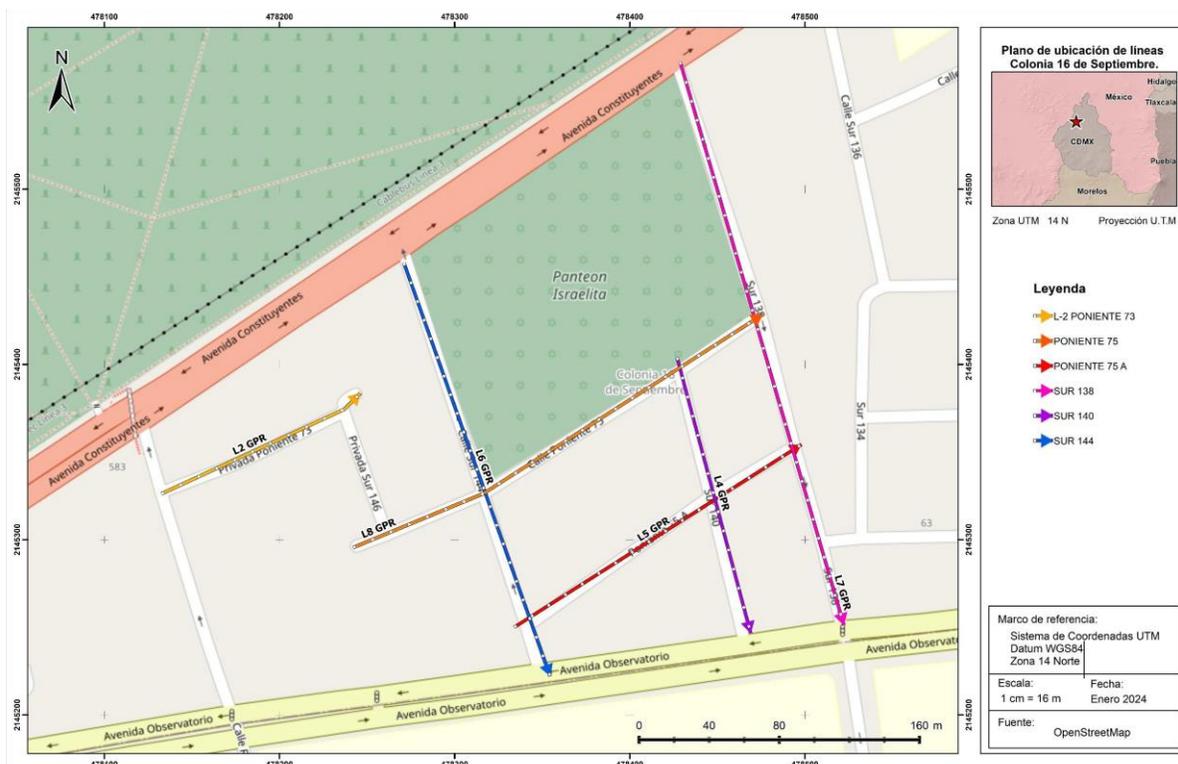


Ilustración 219 Distribución de Líneas GPR

COORDENADAS DE LAS LÍNEAS DE GPR DENTRO DE LOS LOTES					
SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)					
LÍNEAS	X INICIAL	Y INICIAL	X FINAL	Y FINAL	LONG.
L-1 SUR 138 #52	478506	2145395	478505	2145398	2.627
L-2 SUR 138 #52	478506	2145397	478505	2145396	1.216
L-3 SUR 138 #52	478506	2145396	478504	2145395	2.765
L-4 SUR 138 #52	478499	2145396	478492	2145394	7.294
L-5 SUR 138 #52	478488	2145397	478491	2145387	14.941
L-6 SUR 138 #52	478485	2145396	478488	2145386	1.686
L-7 SUR 138 #52	478489	2145395	478485	2145394	2.255
L-8 SUR 138 #52	478490	2145394	478486	2145392	3.588
L-9 SUR 138 #52	478491	2145391	478486	2145390	8.255
L-1 SUR 138 #64	478499	2145346	478503	2145331	14.941
L-2 SUR 138 #64	478511	2145349	478511	2145347	1.686
L-3 SUR 138 #64	478513	2145349	478511	2145348	2.255
L-4 SUR 138 #64	478510	2145346	478511	2145341	3.588
L-5 SUR 138 #64	478511	2145341	478503	2145339	8.255
L-6 SUR 138 #64	478506	2145345	478507	2145343	2.176
L-7 SUR 138 #64	478504	2145345	478505	2145342	1.824
L-8 SUR 138 #64	478507	2145345	478504	2145344	2.902
L-9 SUR 138 #64	478507	2145343	478504	2145342	2.824

Tabla 16 Coordenadas de las líneas GPR dentro de los Lotes.

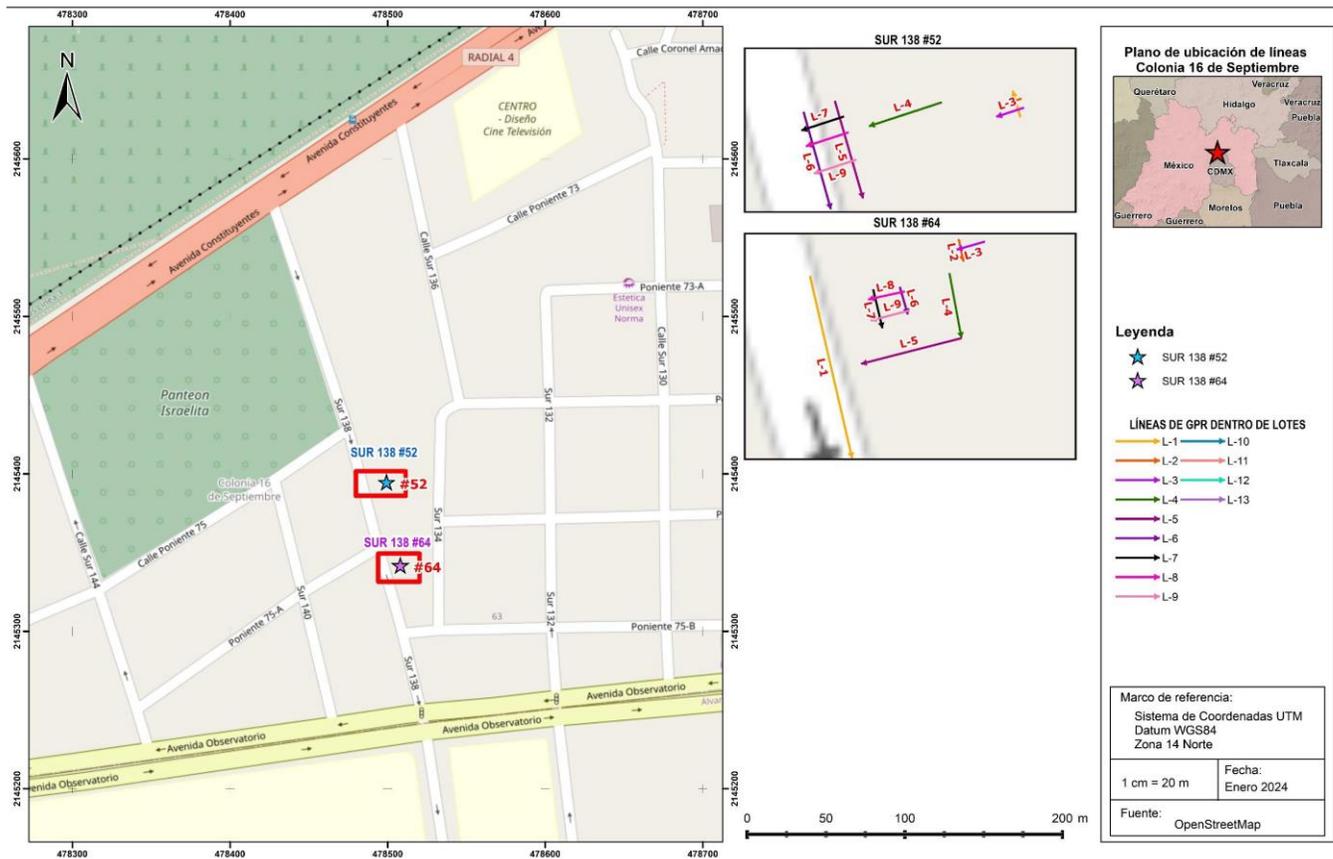


Ilustración 220 Distribución de las Líneas GPR dentro de los predios Sur 138 #52 y Sur 138 #64



Resultados

Tomografía Eléctrica.

Para realizar el análisis e interpretación de las Imágenes de Resistividad se realiza la inversión de los datos de las líneas de resistividad mediante el Software AGI 2D, que permite obtener la representación matemática de la distribución de resistividades en un modelo 2D. Este paso en el análisis de datos permite identificar estructuras geológicas (zonas asociadas a posibles cavidades) y contacto entre las diferentes unidades litológicas; así como centralizar las anomalías y mitigar ruido antropogénico. Se obtuvieron los modelos de resistividad de cada una de las líneas.



Para este tipo de ambientes geológicos las variaciones en los valores de resistividad se deben principalmente a cambios en la matriz de los diferentes depósitos piroclásticos, es decir la cantidad de grava, arena, limos o arcillas que constituyen los mismos. Aunado a esta característica, la saturación de agua (ligado principalmente a sedimentos finos como la arcilla; contenido de agua natural) son las dos principales causas de variaciones en las resistividades. A continuación, se muestran los modelos de resistividad de las nueve líneas, los cuales, en su escala de resistividad, indican un valor mínimo de $1 \Omega\text{-m}$ y máximo de $250 \Omega\text{-m}$. Todos los perfiles presentan la misma escala de resistividad, estando representados en tonos azules los valores más bajos y en morados los más altos.

En las imágenes de resistividad se pretende identificar cambios en las propiedades eléctricas del medio que permitan registrar anomalías asociadas a oquedades. Para ello se buscan cambios drásticos en los valores de resistividad, los cuales podemos correlacionar a cavidades. Este tipo de estructuras se caracterizan por presentar una alta resistividad debido a que el espacio vacío no es conductor y actúa como aislante. Por el tipo de geología existente se espera una distribución cuasi horizontal de capas, siendo las anomalías asociadas a cavidad una discontinuidad de alta resistividad en la capa cuasi horizontal.

De manera general las nueve líneas presentan la siguiente secuencia de resistividades:

Las tonalidades que van de verde al rojo en la parte superficial se correlacionan con materiales de relleno y depósitos de arenas y limos. En tonos azules tenemos depósitos piroclásticos de matriz limo-arenoso. Finalmente, como base de las imágenes de resistividad encontramos matices que van del verde al morado y que se asocian con depósitos piroclásticos de matriz arenosa con presencia de limos.

Es importante mencionar que para poder identificar la anomalía relacionada con cavidad se debe de analizar la distribución de la anomalía. La cavidad al ser una heterogeneidad relativamente pequeña (vista en perfil) no tendrá una distribución lateral considerable; es decir las anomalías deben tender tendencia vertical en lugar de horizontal.



Ilustración 221 Plano Llave de Distribución de Líneas Dipolo.



Ilustración 222 Localización Línea 1

Línea 1: Esta línea tiene una longitud de 152 metros (77 electrodos) y se realizó sobre la calle Florencia Miranda. Estratigráficamente se observan los cambios mencionados en la descripción general.

Superficialmente se aprecia con espesor de 1.5 m en promedio un horizonte de materiales de relleno con intercalaciones de arenas y gravillas con arcillas; posteriormente se muestran tonalidades azules, las cuales se correlacionan con depósitos piroclásticos de matriz fina con intercalaciones de arena finas y gravillas.

En la base del perfil se observan dos anomalías de alta resistividad, que se pueden asociar con posibles cavidades, que están ubicadas en los electrodos 40 y 58 y que se recomienda verificar por medio de Sondeos Mecánicos.

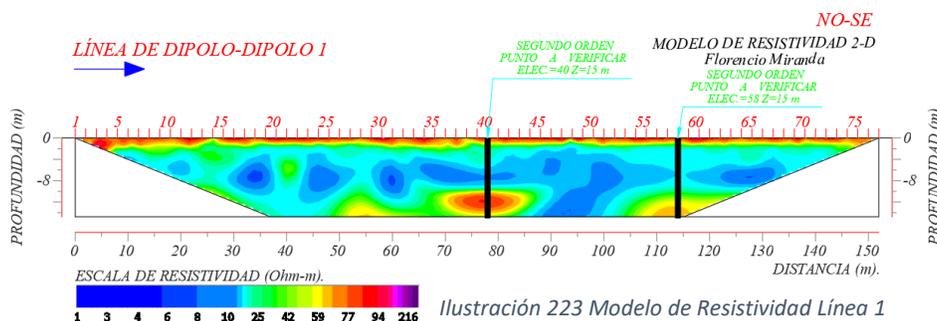


Ilustración 223 Modelo de Resistividad Línea 1



Ilustración 224 Localización Línea 2

Línea 2: Se localiza en la calle de Poniente 73, tiene una longitud de 130 m y profundidad de investigación de 16 m.

Superficialmente se aprecia la misma capa de material de relleno con intercalaciones de arenas y gravillas con arcillas. Desde el punto de vista geofísico se observan tres anomalías de alta resistividad; las cuales están ubicadas en los electrodos 26, 41 y 49; de las cuales la localizada en el electrodo 26 tiene características de ser una posible cavidad; por lo que se recomienda llevar a cabo un SM en este punto, para descartar la presencia de esta estructura de riesgo geológica.

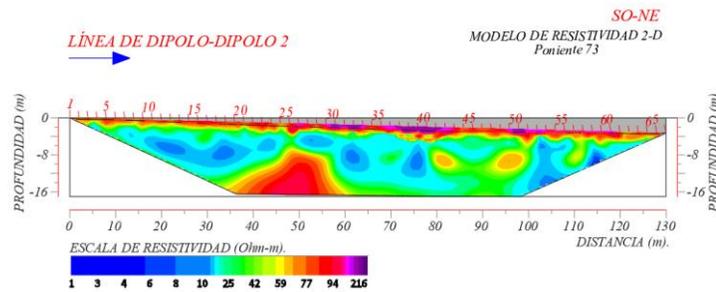


Ilustración 225 Modelo de Resistividad Línea 2



Ilustración 226 Localización Línea 3

Línea 3: Tiene una longitud de 54 m y de los perfiles realizados es el que menor profundidad de investigación tiene, con 9.5 m de profundidad. Tiene similitud con los perfiles anteriores y se aprecia la misma capa superficial de materiales de relleno con intercalaciones de arenas y gravillas con arcillas.

Se observan dos anomalías geofísicas de alta resistividad, la primera en el electrodo 6-7 y la segunda en el 14. De estas anomalías se recomienda verificar para descartar una posible cavidad en el electrodo 6-7; ya que la ubicada en el electrodo 14 se infiere que se trata de un falso positivo; es decir, una anomalía generada por estructuras superficiales, tales como drenajes, tierras físicas y cimentaciones profundas.

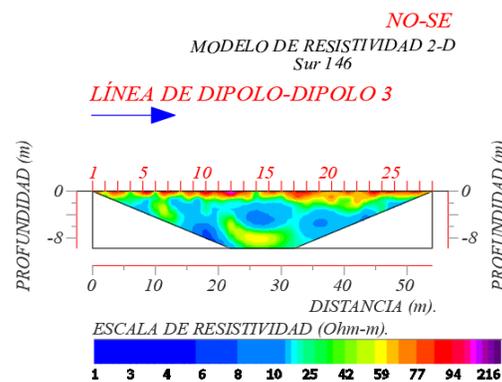


Ilustración 227 Modelo de Resistividad Línea 3



Ilustración 229 Localización Línea 4

Línea 4: Esta línea presenta una longitud de 166 m aproximadamente y se localiza sobre la calle Sur 140. Estratigráficamente se observa una alternancia de depósitos piroclásticos de matriz fina y granular; los cuales se denotan con el cambio de tonalidades que van de azul a verde, verde a rojo.

Se observan dos tipos de anomalías geofísicas, las primeras en tonos rojos, localizadas entre los electrodos 16, 21-26, 43, y 61, las cuales están asociadas a sitios de asentamientos y fracturamientos (electrodos 21- 26), posibles cavidades (electrodos 43 y 61) y falsos positivos (electrodo 16). El segundo tipo de anomalía se muestra en tonos azules y se ubica entre los electrodos 11-12 y 23 y se correlacionan con servicios de drenaje. De las anomalías mencionadas se recomienda verificar las que se encuentran en los electrodos 43 y 61; iniciando por la 43 y en función de los resultados corroborar la 61.

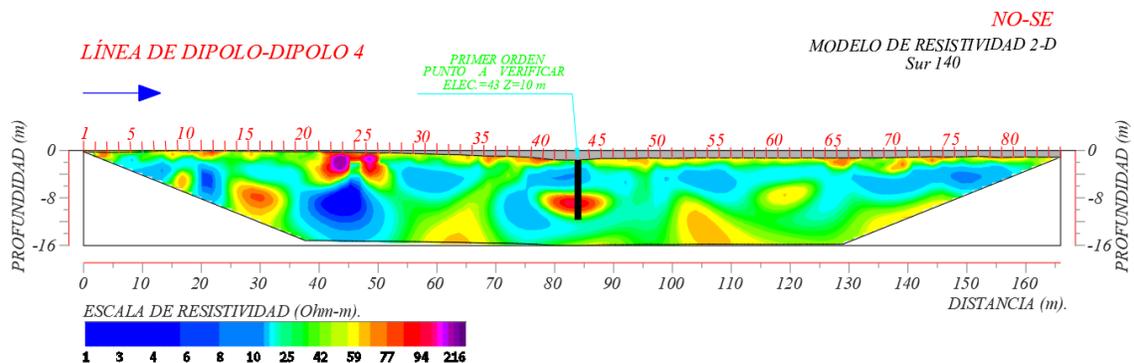


Ilustración 228 Modelo de resistividad Línea 4



Ilustración 230 Localización Línea 5

Línea 5: Se llevo a cabo sobre la calle Poniente 75A, tiene una longitud de 194 m y se observan diversas anomalías correlacionadas con servicios públicos y posibles cavidades.

Los servicios públicos se ubican en los electrodos 25, 44, 55, 61, y 84 y se reflejan con anomalías de baja resistividad; tonalidades azules. En cuanto a las anomalías correlacionadas con cavidades se presentan en los electrodos 17, 71, 78 y 89 y se recomienda verificar por medio de un SM, sobre todo las ubicadas 71 y 78, ya que cerca de estos sitios se presentó un asentamiento y socavón, el cual se infiere se debe a una cavidad que colapso en parte.

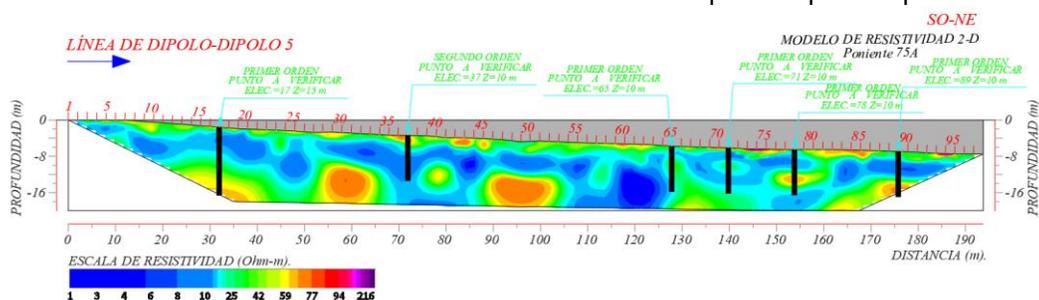


Ilustración 231 Modelo de Resistividad Línea 5



Ilustración 232 Localización de Línea 6

Línea 6: La siguiente línea se localiza sobre la calle de Sur 144, tiene una longitud de 222 m y profundidad de exploración de 14.7 m. En esta línea se recomienda verificar las anomalías asociadas a posibles cavidades localizadas en los electrodos 59 y 80.

Adicionalmente a estas anomalías se tienen varios altos y bajos resistivos; los cuales, en el caso de los altos resistivos se recomienda verificar en función de los resultados obtenidos en las perforaciones propuestas y en cuanto a los bajos resistivos ubicados en los electrodos 30, 46, 86, 91 y 100 se infiere se trata de servicios públicos, en este caso drenaje; no obstante, esto se debe corroborar con el plano de distribución de estos servicios con la finalidad de descartar que se trate de una cavidad colapsada.

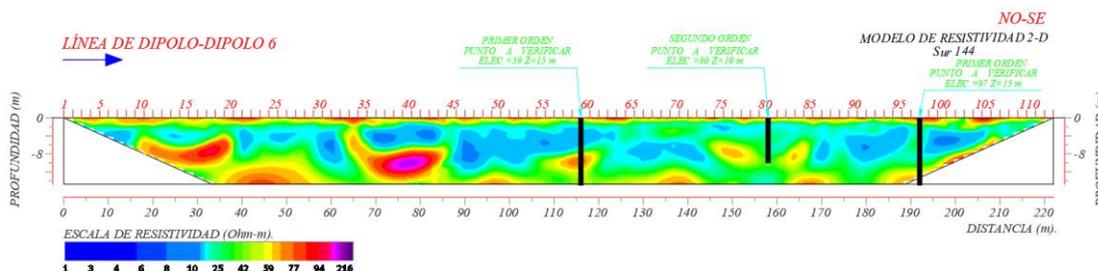


Ilustración 233 Modelo de Resistividad Línea 6.



Ilustración 234 Localización de Línea 7

Línea 7: Se ubica en la calle Sur 138 y tiene una longitud de 318 m. En esta línea se presentan diversas anomalías geofísicas, que se muestran por medio de bajos y altos resistivos. Los bajos resistivos se correlacionan con servicios públicos (drenaje) y están localizados en los siguientes electrodos: 33, 42, 55, 68, 80, 90, 109 y 117; se hace mención que es importante corroborar con el plano de distribución de servicios públicos la ubicación de estos, con la finalidad de descartar una cavidad colapsada y/o mal saneada, ya que puede generar asentamientos y fracturamientos, los cuales empeoran con la presencia de flujos de agua, pudiendo ocasionar un socavón. En cuanto a los altos resistivos, se observan seis puntos que pueden estar correlacionados con cavidades y se ubican en los siguientes electrodos: 28, 89, 102, 120, 126-127 y 144. De estos sitios se han realizado dos verificaciones; ambas dando como resultado cavidades rellenadas; la primera en el electrodo 102 y la segunda a la altura del electrodo 123. La primera perforación se ejecutó en la calle y la segunda dentro de una casa que mostraba asentamientos y afectaciones en su estructura.

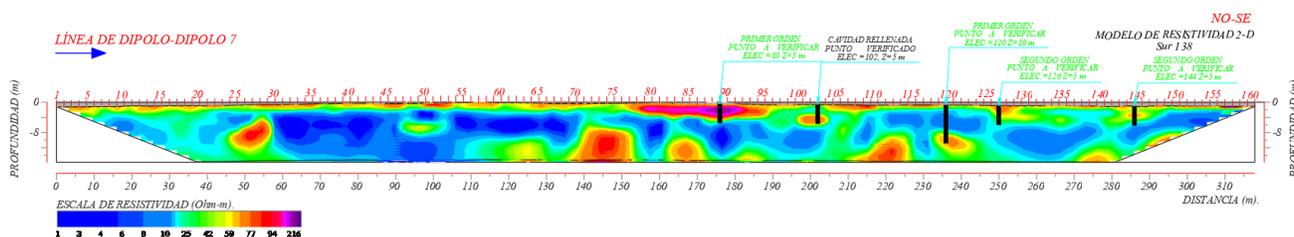


Ilustración 235 Modelo de Resistividad Línea 7



Ilustración 236 Localización Línea 8

Línea 8: Se realizó sobre la calle Poniente 75 y tiene una longitud de 278 m. En la línea se aprecian seis anomalías geofísicas, tres de alta resistividad y dos de baja. Las de alta resistividad se ubican en los siguientes cadenamientos de electrodos: 30, 106, 116 y 126 y se asocian a posibles cavidades. La de baja resistividad se localizan en los electrodos 38 y 51 y se correlaciona con materiales arcillo-limosos de baja compacidad y/o posible cavidad colapsada; por lo tanto, se recomienda monitorear esta zona y/o realizar un SM para corroborar los materiales y/o cavidad colapsada, con la finalidad de evitar asentamientos y/o hundimientos en las viviendas cercanas a este punto, ya que en zonas similares registradas en las líneas anteriores se

han observado en campo casas con estas problemáticas y que están cercanas a este tipo de anomalías de baja resistividad.

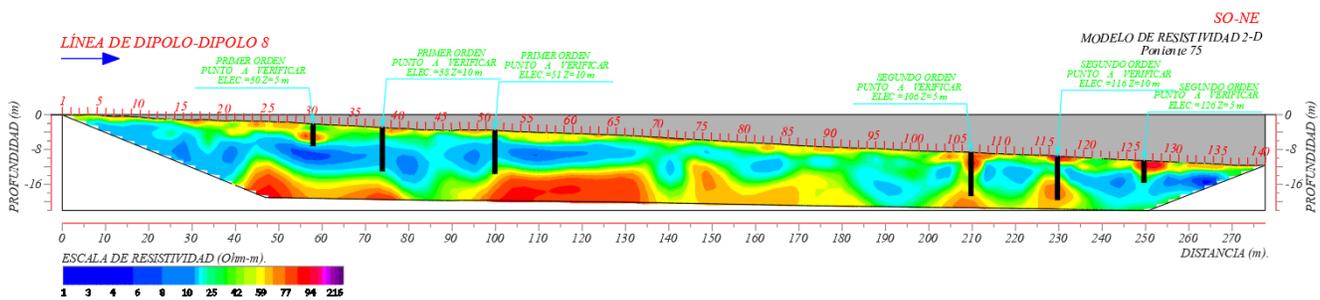


Ilustración 237 Modelo de Resistividad Línea 8.



Ilustración 238 Localización de Línea 9

Línea 9: Se ubica en la Av. Constituyentes y tiene una longitud de 850 m, desde el punto de vista geofísico se aprecian en la parte superficial zonas susceptibles a asentamientos y fracturamiento, las cuales se denotan con colores rojo y naranjas y tienen un espesor promedio de 1.5m.

En cuanto a puntos correlacionados a cavidades se tienen los siguientes electrodos: 35-36, 116, 207, 361 y 395.

Se hace mención que las anomalías ubicadas en este perfil se clasificaron de segundo orden para su verificación, ya que se ubican sobre la Av. Constituyentes, la cual, tiene una gran cantidad de servicios públicos que generan ruido y falsos positivos; por lo tanto, se recomienda, antes de llevar a cabo la perforación, que se analice el plano de distribución de servicio y a partir de esto, ejecutar las verificaciones.

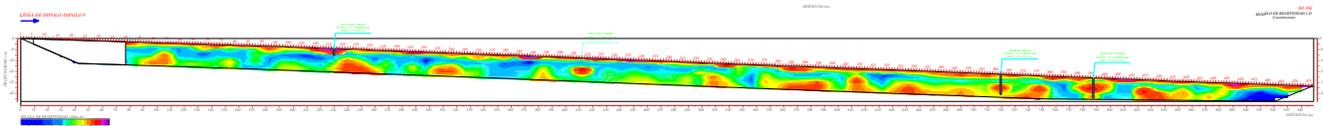


Ilustración 239 Modelo de Resistividad Línea 9.

Radars de Penetración Terrestre.



Esta técnica tiene como principio la emisión de pulsos electromagnéticos, los cuales se transmiten en el subsuelo en el cual presentan efectos de reflexión, refracción, difracción, atenuación y dispersión, esto dependiendo de las variaciones en las propiedades dieléctricas del medio. Posteriormente estos pulsos, en función del tiempo y la frecuencia, representados como trazas, son recibidos por una antena GPR, el conjunto de ellas da como resultado un perfil distancia-tiempo llamado radargrama.

La adquisición de datos se realizó bajo la norma ASTM D6432-19 Estándar Guide for Using the Surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation. Se utilizó una antena con un ancho de banda de 80 a 950 MHz, la cual nos brinda una buena relación resolución-profundidad, hasta una profundidad de 9 metros. Este ancho de banda resulta óptimo para identificar objetos de unas decenas de centímetros hasta cambios litológicos, dependiendo de la longitud del perfil.

Para el procesado de radargramas se hizo uso del software Ramac GroundVision 2 y Geolitix. Con la finalidad de suprimir ruido, recuperar información a profundidad y resaltar anomalías, se realiza un flujo de proceso, el cual consiste en: correcciones estáticas, eliminar ruido de fondo y de corriente directa, ganancias, interpolación, pasa bandas, deconvolución, migración, conversión tiempo-profundidad y atributos.

La forma en la que visualizan e interpretan las anomalías está en función de la amplitud y geometría de estas. Cuando existe un cambio en las propiedades del medio se presenta una reflexión en el pulso emitido por las antenas que a su vez se presenta como un cambio en la amplitud de la señal, dicha variación es más evidente cuando existe un contraste muy fuerte entre los materiales, como puede ser el caso de una roca sana con una cavidad "vacía". Así mismo, la forma de las anomalías está en función de la geometría del objeto que la genera, pudiendo observarse como una sola hipérbola o un conjunto de hipérbolas de difracción.

Esta técnica es de alta resolución, por lo que existen muchos factores que pueden generar una anomalía y variaciones en la amplitud, como cambios de superficie, presencia de humedad en el terreno y cambios topográficos, entre otros.

Como medida de apoyo para visualizar más claramente las variaciones en la amplitud y reflectores asociados a discontinuidades en el medio, como cavidades, se aplicó el atributo Envelope, el cual presenta una visión general de la distribución de la energía de las trazas, la cual se relaciona con la reflectividad. A sí mismo, para reducir la incertidumbre y realizar una interpretación más completa en la que se pudiera discretizar entre reflectores asociados a posibles cavidades vacías o rellenas, o reflectores asociados a zonas de saturación, cambios de material o relleno, se tomaron como apoyo las líneas de TRE.

A continuación, se presentan algunos de los radargramas interpretados por sitio, así como una breve descripción de estos. Los métodos de exploración geofísica son indirectos y el intérprete ocupará la mayor cantidad de recursos para disminuir la incertidumbre de los resultados expuestos, sin embargo, siempre existirá cierto grado de incertidumbre. Es importante entender que son múltiples los efectos que pueden generar una anomalía. De igual forma, es posible que las anomalías marcadas no sean de la naturaleza especificada, sin embargo, es un riesgo implícito debido a la naturaleza física que rige el método.



Ilustración 240 Distribución de la Línea 2, 4 a 8 de GPR de la Colonia 16 de Septiembre.

Línea 1: Sin anomalías en el Modelo de Resistividad no requiere más estudios



Ilustración 241 Localización Línea 2 GPR

Línea 2: Se realizó sobre la calle Poniente 73 paralela a la línea de tomografía eléctrica 2, tiene una orientación O-E y una longitud de 130 m aproximadamente, ambas comparten coordenadas de inicio y final. Del conjunto obtenido de los radargramas de alta y baja frecuencia se observan 7 anomalías no clasificadas (círculos azules) que se podrían asociar a posibles instalaciones de servicio subterráneas, material de relleno, objetos enterrados o heterogeneidades en el medio.

En los radargramas de baja frecuencia y el atributo envelope no se observan amplitudes o reflectores asociados a posibles cavidades o cambios de medio.

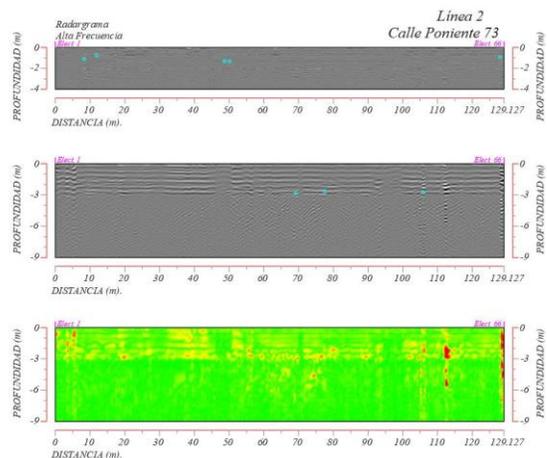


Ilustración 242 Radargramas y atributo Envelope Línea 2

Línea 3: Sin anomalías en el Modelo de Resistividad no requiere más estudios



Ilustración 243 Localización Línea 4 GPR

Línea 4: La línea 4 de GPR es paralela a la línea 4 de TRE y se levantó en la calle Sur 140, por lo que comparten el mismo inicio, final, orientación y longitud de línea (162.962 m).

Después del procesamiento se encontraron dos anomalías hiperbólicas que por su geometría se asocian a posibles tuberías (círculos azules). Por otro lado, a diferencia de la línea anterior, en esta línea los radargramas de baja frecuencia y Envelope observan un cambio en la amplitud asociado a un cambio de material por debajo de los 2 m de profundidad, presenta tonalidades amarillas a rojas y con base a los resultados de TRE se correlaciona con un

material bajo resistivo, siendo de interés el intervalo de 70 a 90 m en ambas técnicas y la distancia de 110 a 135 m para el GPR. La calle presenta hundimientos y asentamientos por lo que es importante verificar el material en el sitio de estudio.

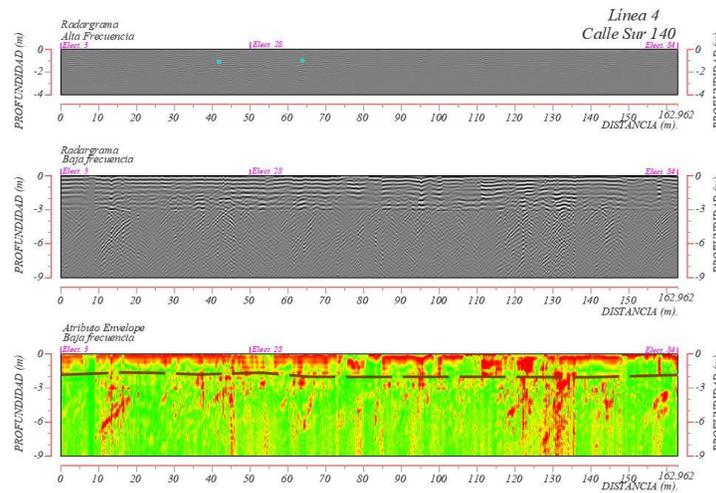


Ilustración 244 Radargramas y atributo Envelope Línea 4



Ilustración 245 Localización de Línea 5 GPR

Línea 5: La línea es realizada sobre Poniente 75 A tiene una longitud de 194 metros y orientación SW-NE, se levantó conforme la Línea de TRE por lo que tienen la misma distancia.

En el radargrama de altas frecuencias se identifican 7 anomalías hiperbólicas que son correlacionadas a servicios públicos, registros, drenajes, objetos enterrados o posibles tuberías presentes en el sitio de estudio.

Por otro lado, el radargrama de bajas frecuencias y Envelope presenta variaciones de amplitud por lo que en conjunto de la TRE se colocaron distintos sondeos de verificación en las zonas de interés.

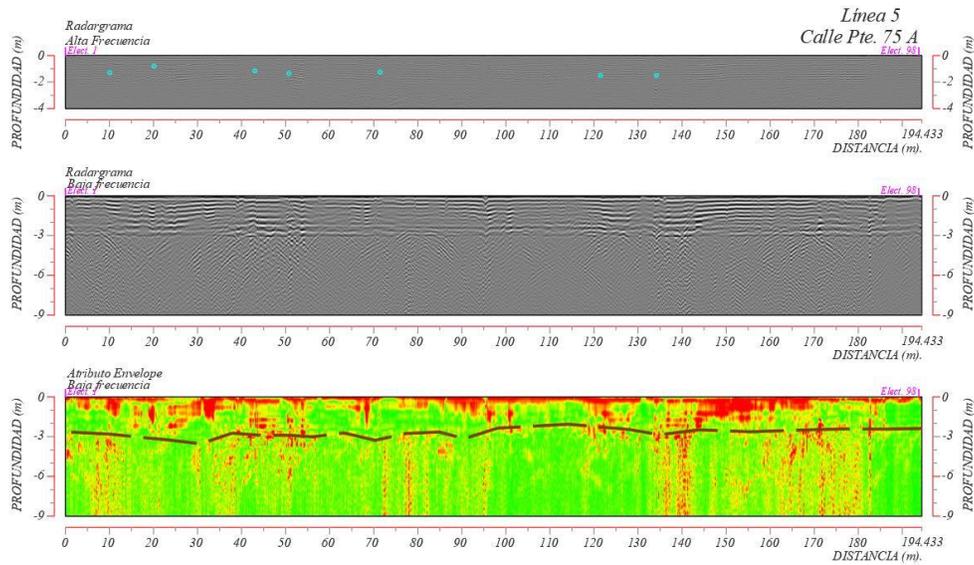


Ilustración 246 Radargramas y atributo Envelope Línea 5



Ilustración 247 Localización de Línea 6 GPR

Línea 6: Realizada sobre Sur 144 paralela a la Línea 6 de TRE, cuenta con 250 m de longitud aproximadamente, inicia en Av. Constituyentes y finaliza en Av. Observatorio, respecto a la línea de TRE, el electrodo 1 corresponde al inicio de GPR mientras que el último electrodo corresponde a la distancia 220 m de GPR. En el radargrama de altas frecuencias se identifican 21 anomalías que debido a su geometría son asociadas a posibles tuberías, registros, drenajes, servicios públicos u objetos enterrados. Por otro lado, el radargrama de bajas frecuencias y Envelope presenta variaciones de amplitud a partir de 110 m en adelante, en conjunto con los resultados de TRE se colocaron distintos sondeos de verificación.

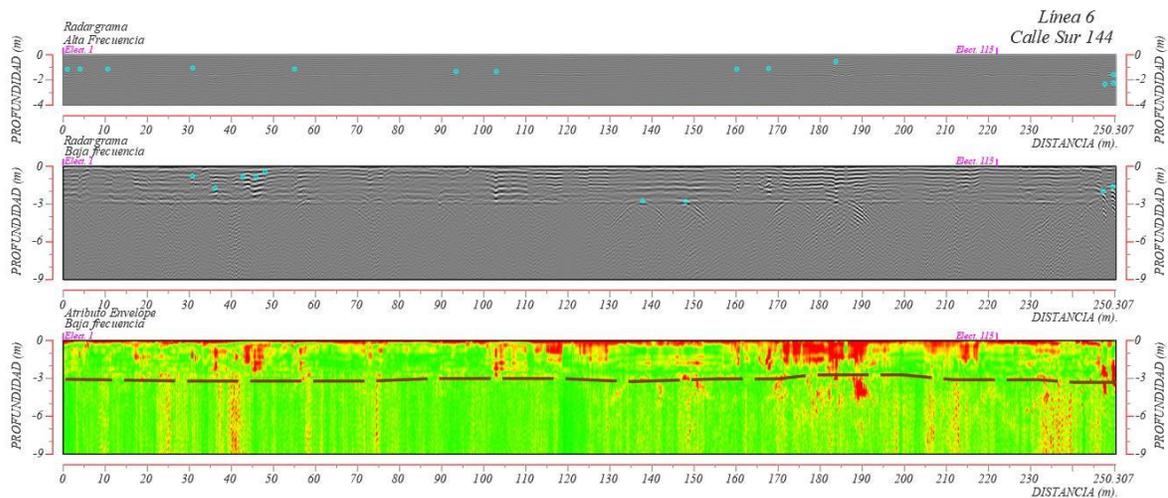


Ilustración 248 Radargramas y atributo Envelope Línea 6

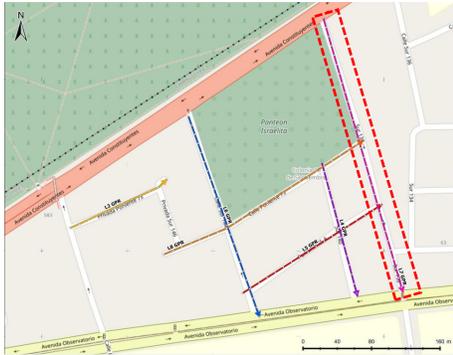


Ilustración 249 Localización de Línea 7 GPR

Línea 7: La línea se realizó sobre la calle Sur 138 coincide con la Línea 7 de TRE, tienen el mismo inicio, sin embargo, la línea de GPR termina 15 m adelante que la línea de tomografía con longitud total de 334 m. después del procesamiento de datos se identificaron 24 anomalías asociadas a posibles tuberías.

El radargrama de bajas frecuencias y envelope presentan reflectores o contrastes significativos asociados a cambios de material y/o cavidades rellenas o vacías a partir de 140 m en adelante, con ayuda de los resultados de TRE proponen diferentes sondeos de verificación.

Se realizó un sondeo en el E 102 que presenta una cavidad rellena.

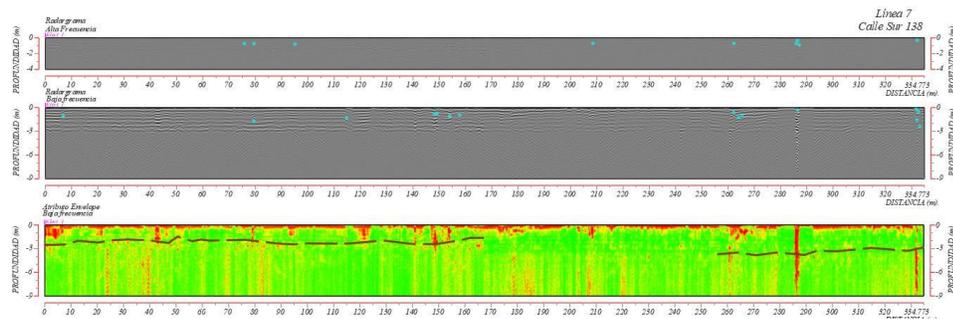


Ilustración 250 Radargramas y atributo Envelope Línea 7



Ilustración 251 Localización de Línea 8 GPR

Línea 8: Coincide en inicio y termina en el E 127 de la línea 8 de Tomografía, contiene una longitud total de 252 m.

Se observan 5 anomalías hiperbólicas asociadas a posibles tuberías (círculos azules).

Se realizó 1 sondeo de verificación que no presentó cavidad.

En esta línea los radargramas de baja frecuencia y Envelope observan un cambio en la amplitud que puede ser asociado a un cambio de material o una cavidad vacía y/o parcialmente rellena, el intervalo de interés es de 40 a 125 m en ambas.

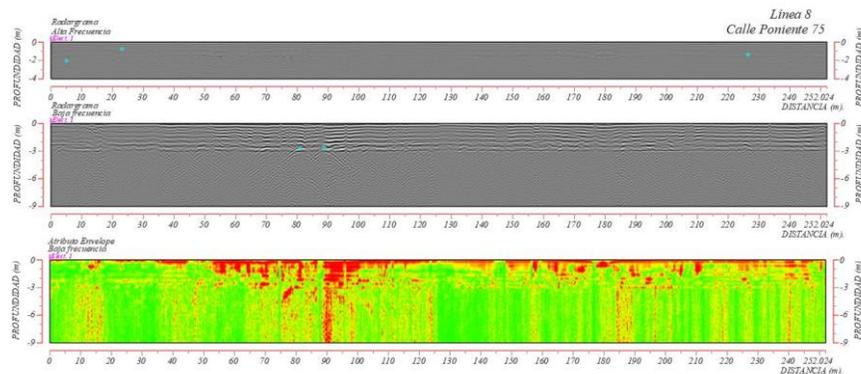


Ilustración 252 Radargramas y atributo Envelope Línea 8

Línea 9: Sin anomalías en el Modelo de Resistividad no requiere más estudios



RADAR DE PENETRACIÓN TERRESTRE (GRP) LOTES EN LA COLONIA 16 DE SEPTIEMBRE.

Este apartado abarca los trabajos realizados dentro de los lotes que presentan afectaciones como, hundimientos, asentamientos y fracturas, los cuales se infiere se deben a la presencia de una posible cavidad. Estos se llevaron a cabo en estos sitios debido a que las cavidades que se ubican en las calles han sufrido colapsos y/o han sido rellenadas; sin embargo, los resultados de las perforaciones muestran que en las casas habitaciones aún están sin ser rehabilitadas o rellenadas; por lo que son un riesgo.

Debido al espacio disponible no fue posible realizar la técnica de tomografía eléctrica; sin embargo, se llevaron a cabo líneas de GPR, las cuales, tienen como objetivo, descartar y/o corroborar la existencia de cavidades dentro de los lotes.

A continuación, se presenta la ubicación a detalle de los lotes y los resultados obtenidos de la técnica de GPR.

Lotes verificados	Lineas GPR
Sur 138 No. 52	9
Sur 138 No. 64	9

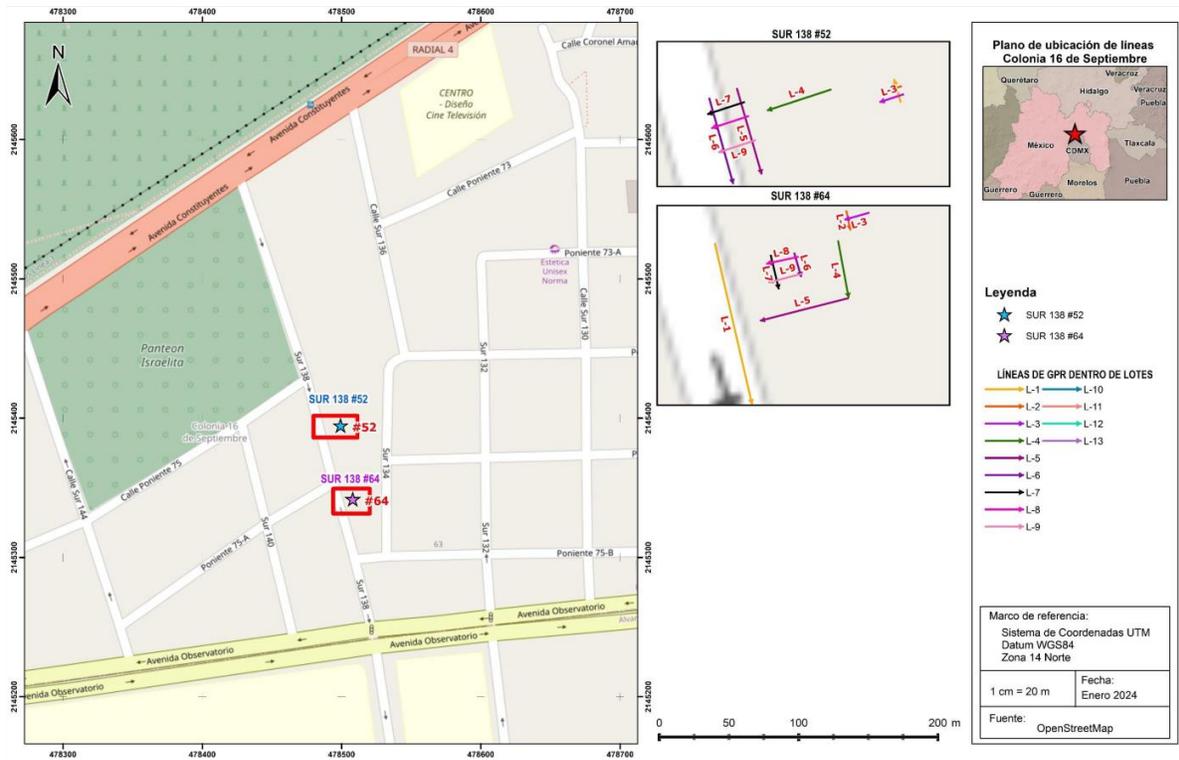


Ilustración 253 Distribución de Líneas de GPR en los Lotes de la Colonia 16 de Septiembre.

Sur 138 #52

En el domicilio ubicado en Sur 128 #52, se realizaron 9 líneas de GPR en total. La distribución de líneas es la siguiente: en el interior del domicilio se llevaron a cabo las líneas 1 a 3, las líneas 1 a 3 tienen dirección NO-SE, mientras que a partir de la línea 4 a 9 son realizadas en el exterior de la casa.

A continuación, se muestra la línea 4 de GPR, después del procesamiento es posible observar que la única línea que presenta *reflectores o amplitudes asociadas cambios de material o cavernas que pueden encontrarse parcialmente rellenas*.

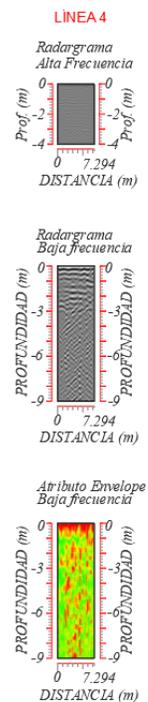


Ilustración 254 Radargramas y atributo Envelope Línea 4

Sur 138 #64.

En el domicilio Sur 138 #64, se realizaron 9 líneas de GPR en total. A continuación, se muestra la línea 1 de GPR, después del procesamiento es posible observar que en los radargramas de la línea 1, 4 y 5 existe un contraste de amplitud significativo representados en tonalidades amarillas a rojos, que conforme a la escala utilizada esto se puede asociar a una posible caverna que puede encontrarse vacía o parcialmente rellena. El domicilio presenta hundimientos y agrietamientos visibles por lo que es importante corroborar con un sondeo mecánico el material que está generando dicho contraste.

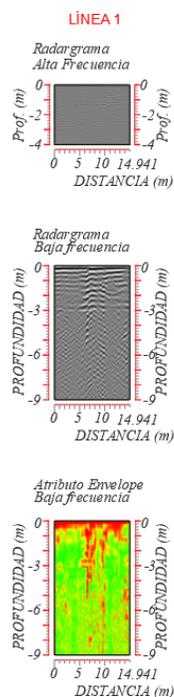


Ilustración 255 Radargramas y atributo Envelope Línea 1

Sondeos Mecánicos



Después de realizada la interpretación de las líneas de tomografía y de GPR, se recomendó la verificación de anomalías asociadas a posibles cavidades con la finalidad de descartar esta estructura geológica y corroborar el origen de las anomalías geofísicas. La elección de anomalías se llevó a cabo en correlación con los resultados de ambas técnicas y observaciones en campo.

Se realizaron **7 Sondeos Mecánicos (SM)**, los cuales fueron ubicados en algunas de las anomalías más representativas del área de estudio; sin embargo, en los perfiles de resistividad y radar se muestran otras anomalías que se pueden asociar a cavidades; por lo que se recomienda llevar a cabo una inspección de estas y descartar la presencia de esta estructura geológica de riesgo.

COORDENADAS DE SONDEOS MECÁNICOS SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)

SONDEO MECÁNICO	X INICIAL	Y INICIAL
SM-1	478507.999	2145339.999
SM-2	478479.000	2145368.000
SM-3	478444.642	2145501.578
SM-4	478429.421	2145397.768
SM-5	478448.398	2145323.440
SM-6	478479.891	2145398.940
SM-7	478417.046	2145302.529

Tabla 17 Coordenadas de Sondeos Mecánicos.

De las **7 perforaciones realizadas, en 5 se muestra la presencia de cavidades**, de las cuales dos se encuentran rehabilitadas, ya que el material obtenido de los sondeos corresponde en su mayoría a material de relleno y no propio de la geología del sitio.

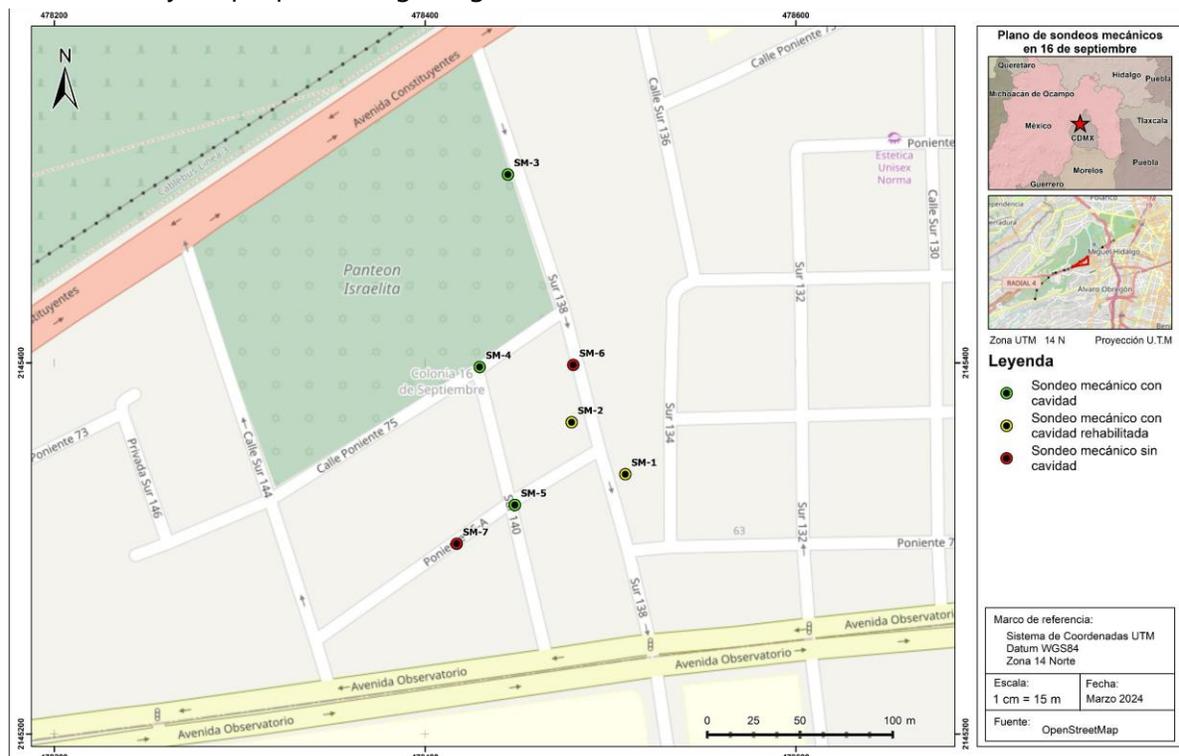


Ilustración 256 Localización de Sondeos Mecánicos.



Sondeo Mecánico		Sin Cavidad y/o zonas de fracturas, materiales arenosos, limo-arenosos y limo-arcillosos 	Zonas de fracturas susceptibles a asentamientos 	Cavidades 
SM 1	C. Sur 138 #64			
SM 2	C. Sur 138 #57			
SM 3	C. Sur 138			
SM 4	C. Sur 140 esq. PTE 75			
SM 5	C. Sur 140 esq. PTE 75 A			
SM 6	C. Sur 138			
SM 7	C. PTE 75 A			
Anomalías Detectadas			5	

Tabla 18 Resultados de las Perforaciones Realizadas.

SONDEO: 1			COLONIA: 16 DE SEPTIEMBRE		
UBICACIÓN: CALLE SUR 138			REFERENCIA: #64		
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES		
INICIAL	FINAL	AVANCE			
0.00	1.00	1.00	Material de relleno		
1.00	2.00	1.00	Material de relleno		
2.00	3.00	1.00	Material de relleno		
3.00	4.00	1.00	limo arenoso con material de relleno		
4.00	5.00	1.00	limos arenosos		
5.00	6.00	1.00	limos arenosos		
6.00	7.00	1.00	limos arenosos		

Observaciones: Se infiere la presencia una cavidad que fue rehabilitada, dado que durante la perforación se encontró material de relleno que provocaba derrumbes continuos y se tuvo la perdida de fluido, lo que indica que dicho material no estaba compactado.



SONDEO: 2			COLONIA: 16 DE SEPTIEMBRE	 POSITIVO
UBICACIÓN: CALLE SUR 138			REFERENCIA: #57	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Material de relleno	
1.00	2.00	1.00	Material de relleno. Perdida de fluido.	
2.00	3.00	1.00	Material de relleno	
3.00	4.00	1.00	Material de relleno	
4.00	5.00	1.00	Material de relleno	
5.00	6.00	1.00	Material de relleno	
6.00	7.00	1.00	Material de relleno	
7.00	8.00	1.00	Material de relleno	

Observaciones: El material de relleno se mantuvo hasta llegar a los 7 metros. Hubo una leve perdida de fluido, asociada a material de relleno mal compactado.

SONDEO: 3			COLONIA: 16 DE SEPTIEMBRE	 POSITIVO
UBICACIÓN: CALLE . SUR 138			REFERENCIA: Electrodo #28	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Material de relleno y raíces.	
1.00	2.00	1.00	Arenas limosas color cade oscuras.	
2.00	3.00	1.00	Arenas medias compactas.	
3.00	4.00	1.00	Arenas medias compactas.	
4.00	5.00	1.00	Arenas medias compactas.	
5.00	6.00	1.00	Arenas. Pérdida de fluido a los 5.50 m. Caverna.	
6.00	7.00	1.00	Caverna	

Observaciones: N/A

SONDEO: 4			COLONIA: 16 DE SEPTIEMBRE	 POSITIVO
UBICACIÓN: CALLE SUR 140			REFERENCIA: Sur 140 Esq. PTE 75	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Material de relleno y raíces.	
1.00	2.00	1.00	Arenas limosas color café oscuras.	
2.00	3.00	1.00	Arenas color café oscuro	
3.00	4.00	1.00	Pérdida de fluido. Oquedad.	
4.00	5.00	1.00	Arenas	

Observacione: N/A



SONDEO: 5			COLONIA: 16 DE SEPTIEMBRE		 POSITIVO
UBICACIÓN: CALLE SUR 140			REFERENCIA: Sur 140 Esq. PTE 75 A en Electrodo 43		
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES		
INICIAL	FINAL	AVANCE			
0.00	1.00	1.00	Gravas y arenas como material de relleno.		
1.00	2.00	1.00	Arenas limosas poco consolidadas.		
2.00	3.00	1.00	Arenas limosas poco consolidadas.		
3.00	4.00	1.00	Arenas cafés consolidadas.		
4.00	5.00	1.00	Arenas cafés consolidadas.		
5.00	6.00	1.00	Arenas. Pérdida de fluido a los 5.60 m.		

Observaciones: N/A

SONDEO: 6			COLONIA: 16 DE SEPTIEMBRE		 NEGATIVO
UBICACIÓN: CALLE SUR 138			REFERENCIA: Electrodo 90		
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES		
INICIAL	FINAL	AVANCE			
0.00	1.00	1.00	Material de relleno.		
1.00	2.00	1.00	Arenas con material de relleno.		
2.00	3.00	1.00	Arenas con material de relleno.		
3.00	4.00	1.00	Arenas de color gris.		
4.00	5.00	1.00	Arenas de color gris.		
5.00	6.00	1.00	Arenas de color gris.		
6.00	7.00	1.00	Arenas de color gris.		

Observaciones: N/A

SONDEO: 7			COLONIA: 16 DE SEPTIEMBRE		 NEGATIVO
UBICACIÓN: CALLE PTE 75A			REFERENCIA: Electrodo 50		
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES		
INICIAL	FINAL	AVANCE			
0.00	1.00	1.00	Material de relleno.		
1.00	2.00	1.00	Material de relleno con arenas gris oscuro.		
2.00	3.00	1.00	Material de relleno con arenas de color gris oscuro.		
3.00	4.00	1.00	Limos.		
4.00	5.00	1.00	Limos.		
5.00	6.00	1.00	Limos.		
6.00	7.00	1.00	Limos arenosos		
7.00	8.00	1.00	Arenas medias		
8.00	9.00	1.00	Arenas con presencia de gravas		
9.00	10.00	1.00	Arenas con presencia de gravas		
10.00	11.00	1.00	Arenas con presencia de gravas		
11.00	12.00	1.00	Arenas con presencia de gravas		

Observaciones: N/A

Plantas de Resistividad



Una vez finalizado el análisis de los perfiles de tomografía y de radar, se realizaron plantas de resistividad y de anomalías de radar por medio de una interpolación entre líneas de manera horizontal, con la finalidad de obtener una correlación estratigráfica y de anomalías del área de estudio, además de la posible dirección de las cavidades, zonas de fractura y cambios estratigráficos sobresalientes.

Se obtuvo la información de las coordenadas de cada punto de atribución con el objetivo de referenciar cada lectura y así poder tener una base de datos de forma espacial (x, y, z).

Se filtraron los datos de resistividad donde se presentan las anomalías de interés que son los altos y bajos resistivos, para poder eliminar valores muy altos y bajos, causados probablemente por mediciones erróneas, que afectan el resultado.

Se agruparon todos los datos de las imágenes de resistividad, para trabajar los mismos como un conjunto unitario, una vez agrupados, se exportan al Software Surfer. Debido a la separación entre líneas, existen zonas de incertidumbre; por lo tanto, la correlación de las anomalías, sobre todo la dirección puede variar con la mostrada en el plano de resultados.

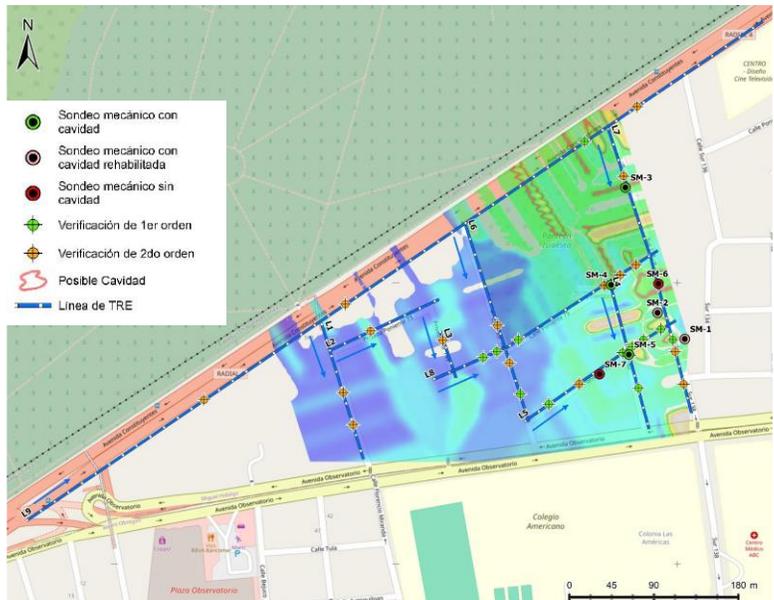
Con finalidad de apreciar a detalle las zonas de contacto susceptibles a generar zonas de fracturamiento, asentamientos y posibles cavidades, se realizaron plantas diferentes profundidades. Las profundidades usadas fueron las siguientes: 5 y 10 m.

A continuación se describe cada una de las plantas realizadas, resaltando sus rasgos estructurales más sobresalientes

Es importante mencionar que las líneas rojas representan zonas asociadas a posibles cavidades; ya que muestran valores de resistividad similares a los que se han correlacionado a cavidades por medio de las verificaciones realizadas; por lo tanto, se infiere que estas resistividades pueden estar asociadas a este tipo de estructura geológica; no obstante, para corroborar lo anterior es necesario llevar a cabo la verificación de estas; sin embargo, estas plantas nos dan un indicio de las zonas que presentan riesgo.

Planta de 5m de profundidad

En esta planta lo que se busca es visualizar las zonas que se correlacionan con posibles cavidades que se ubican en un rango de 3 a 7 metros de profundidad. Se pueden observar diferentes zonas que presentan posibles cavidades, sobre todo en la parte Oeste y Suroeste del área de estudio. Estas se pueden apreciar con tonalidades rojas y que están encerradas en matices verdes y amarillos.



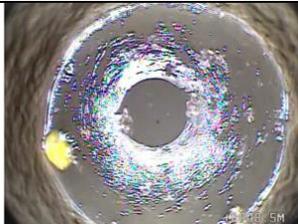
Planta de 10 m de profundidad

La finalidad de esta planta es ubicar las posibles cavidades localizadas en un rango de profundidad de 7 a 12 m. Se aprecia que la parte Oeste y Suroeste es la que mayor presencia de anomalías correlacionadas a cavidades tiene; sin embargo, la parte central y Este del área muestra zonas asociadas a posibles cavidades.



SM-1

La videograbación llevada a cabo dentro del sondeo mecánico 1, ubicado en la calle de Calderón en el electrodo 26 de las líneas de tomografía, muestra los siguientes cambios:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0 m	Inicio de la grabación a nivel de suelo.	
0.4 m	Se observa material de relleno de grano grueso	
2 m	Pared de pozo muy regular compuesto de limos arenosos color café claro.	
4.4 m	Se observan materiales arcillosos mezclados con gravas.	
8.9 m	Encontramos el nivel del agua residual utilizada durante la perforación del sondeo mecánico.	

SM-2

En el sondeo mecánico 2, se ubica en la calle 8 de septiembre, en el electrodo 76 y en esta videograbación se presentan las siguientes anotaciones:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
1.40 m	Se observa oquedades entre el material de relleno de grano medio a grueso	
2.90 m	Cavernas, resultado del asentamiento de los materiales de relleno.	
3.00 m	Inicio de posible cavidad	
3.30 m	Posible caverna.	
4.20 m	Posible caverna desde 4.2 m hasta 5.2 m	
5.70 m	Limos arenosos café claro.	
6.30 m	Fin del paquete de limos arenosos, e inicio de zona cavernosa.	
6.80 m	Zona de cavidad	
7.10 m	Derrumbe del sondeo.	

SM-3

La videograbación llevada a cabo dentro del sondeo mecánico 3, ubicado en la calle de Villegas #50, en el electrodo 105 de las líneas de tomografía, presenta las siguientes observaciones.

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicio de la grabación a nivel de suelo.	
1.10 m	Cavernas, resultado del asentamiento de los materiales de relleno.	
4.00 m	Inicio de posible cavidad	
6.00 m	Posible caverna.	
8.90 m	Posible caverna desde 4.2 m hasta 5.2 m	

SM-4

La videograbación realizada dentro del sondeo mecánico 4 en la calle de Mendivil entre los electrodos 52 y 53 de la línea de tomografía eléctrica muestra lo siguiente:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicio de la grabación a nivel de suelo.	
0.80 m	Cavernas, resultado del asentamiento de los materiales de relleno.	
5.30 m	Inicio de posible cavidad	
5.50 m	Posible caverna.	

Colonia Observatorio.

Ubicación.



La Colonia Observatorio donde se realizó el estudio geofísico pertenecen a la Alcaldía Miguel Hidalgo, CMDX y está delimitada al norte por la calle Barranquilla y las colonias Daniel Garza y Ampliación Daniel Garza, al sur por la Av. Observatorio y la colonia Cove, al oeste por la colonia América y al este por Periférico, Parque Lira y la Alcaldía Miguel Hidalgo; tal como se muestra en la ilustración 258.

Geográficamente el área estudiada está delimitada por los siguientes vértices de coordenadas.

SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)		
VERTICES	X	Y INICIAL
A	478927.033	2145398.91
B	479302.497	2145729.96
C	2145908.75	2145908.75
D	479716.232	2145916.01
E	479826.034	2145767.85
F	479799.467	2145510.19
G	479298.498	2145446.36
H	478944.308	2145320.04

Tabla 19 Coordenadas del Área de estudio



Ilustración 258 Área de Estudio

Campaña de Exploración



Para la campaña de exploración geofísica, se utilizaron las técnicas de Tomografía eléctrica (imágenes de resistividad) y radar de penetración terrestre (GPR).

El Método geoelectrico de corriente continua en la modalidad de imágenes de resistividad (Dipolo-Dipolo), tiene como finalidad determinar la variación de la resistividad eléctrica del subsuelo en función de la profundidad a lo largo de un perfil en 2 dimensiones. Se realizaron en campo 17 líneas de imágenes de resistividad; las cuales se ubicaron de forma que se cubriera la mayor parte de la Colonia Observatorio, posiblemente afectada por cavidades generadas por la extracción del material. Las imágenes de resistividad promedian entre 15 y 20 metros de profundidad. Las coordenadas UTM de la ubicación de los trabajos de geofísica y distribución de las imágenes de resistividad se observa en la tabla 20 e ilustración 259.

COORDENADAS DE LAS LÍNEAS DE RESISTIVIDAD				
SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)				
LÍNEAS	X INICIAL	Y INICIAL	X FINAL	Y FINAL
L1 Barranquilla	478934.99	2145403.51	479514.054	2145901.01
L2.1 Barranquilla	479574	2145906	479710.098	2145847.96
L2.2 Barranquilla	479725	2145843	479764.91	2145830.03
L3 Generales	479365.181	2145739.2	479531.243	2145818.3
L4 Lauro Villar	479416	2145742	479523.284	2145766.29
L5 Jesús A. Flores	479314	2145684	479783.002	2145794.24
L6 Alpes	479309	2145661	479549.245	2145703.64
L7 Victoriano Cepeda	479315.412	2145624.74	479758.519	2145673.24
L8 Mariano Cueto	479631	2145595	479796.234	2145609.02
L9 José M. Mendivil	479018.057	2145477.8	479036.725	2145410.98
L10 Pedro Letechipia	479163	2145606	479180.939	2145441.56
L11 Blanquet	479230	2145675	479247.151	2145496.43
L12 Ex Arzobispado	479297.731	2145730.43	479331.216	2145491.44
L13 Juan Villegas	479360	2145787	479398.683	2145628.3
L14 Manuel M. Plata	479515.087	2145892.15	479552.664	2145504.49
L15 M. González Calderón	479546	2145923.45	479632.511	2145523.25
L16 Luis G. Chilardi	479617.21	2145887.57	479654.118	2145736.23
L17 De la Marina	479705.081	2145786.4	479740.931	2145519.52
Alpes #15	479617.21	2145704.12	479474.202	2145682.22

Tabla 20 Coordenadas Líneas de Resistividad

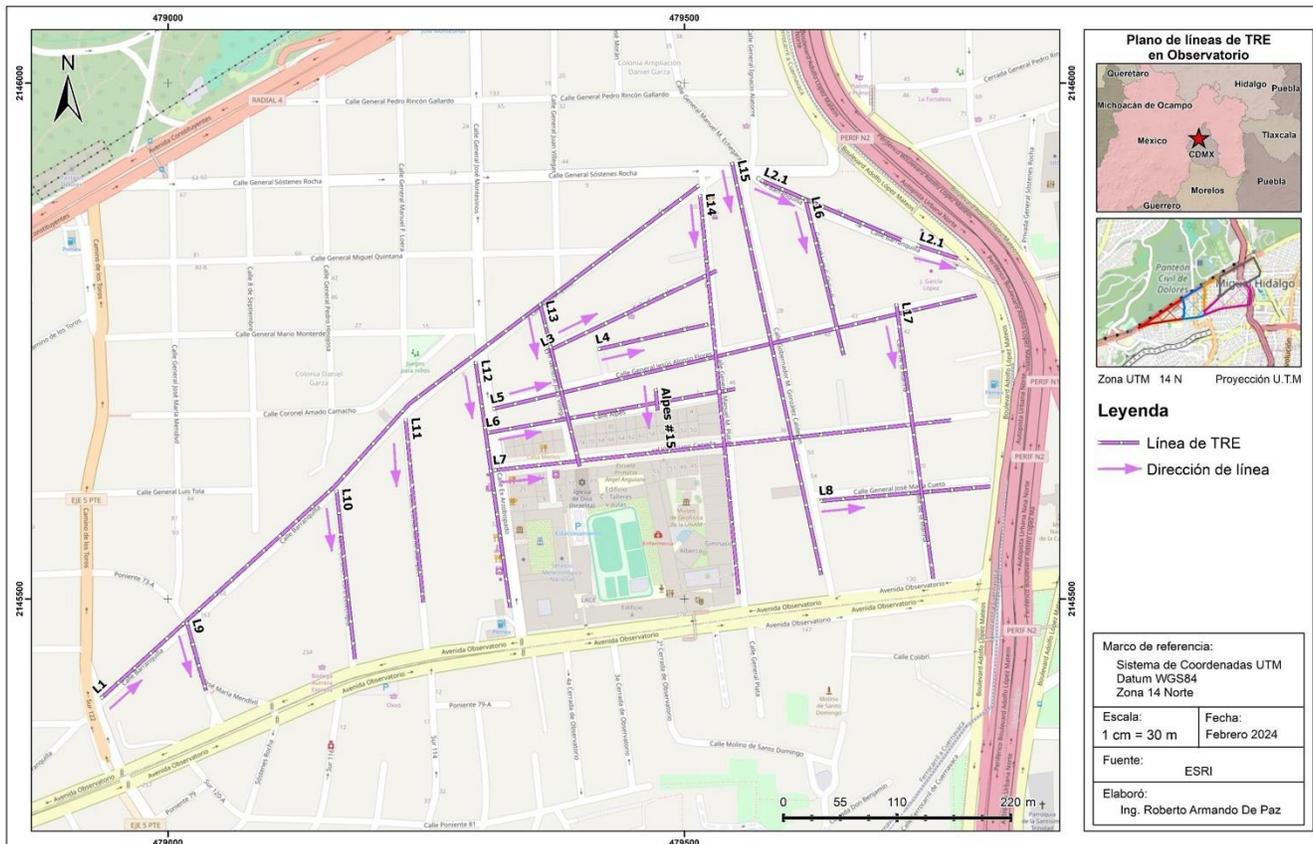


Ilustración 259 Líneas de Resistividad

Con la técnica de Radar de Penetración Terrestre se busca identificar variaciones en las propiedades dieléctricas del medio, las cuales se observan en los radargramas como reflectores o variaciones en la amplitud de la señal recibida por la antena GPR, mismas que a su vez es posible correlacionar con cambios de materiales, saturación, instalaciones de servicio, objetos enterrados y/o posibles cavidades.

En la campaña de adquisición se llevaron a cabo 10 líneas de GPR con una profundidad de investigación de 9 metros, las cuales se ubicaron en las diferentes calles de acuerdo con el levantamiento de las líneas de Tomografía, además se realizaron 54 líneas de GPR distribuidas dentro de 11 domicilios que presentaron hundimientos o agrietamientos en la colonia Observatorio, el objetivo es corroborar las anomalías observadas en las líneas de Dipolo-Dipolo, y de esta forma poder verificar por medio de una perforación la posible cavidad y/o el origen de la anomalía generada en caso de presentarse. La distribución de las imágenes de GPR y las coordenadas UTM de la ubicación de las líneas se observa en las tablas No. 21 y 22 e ilustraciones No. 260-263

COORDENADAS DE LAS LÍNEAS DE GPR				
SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)				
LÍNEAS	X INICIAL	Y INICIAL	X FINAL	Y FINAL
L2-1 Barranquilla	479573	2145901	479754	2145833
L-4 Lauro Villar	479415	2145745	479523	2145768
L-5 Jesús Flores	479572	2145757	479649	2145776
L7-1 Victoriano Cepeda	479326	2145629	479537	2145651



L7-2 Victoriano Cepeda	479538	2145651	2 479711	2145669
L7-3 Victoriano Cepeda	479713	2145669	2145677	2145677
L14 Manuel Plata	479519	2145894	479535	2145753
L15-2 Calderón	479591	2145713	479635	2145529
L15-1 Calderón	479548	2145899	479591	2145713
L16 Chilardi	479615	2145870	479641	2145768

Tabla 21 Coordenadas de Líneas GPR

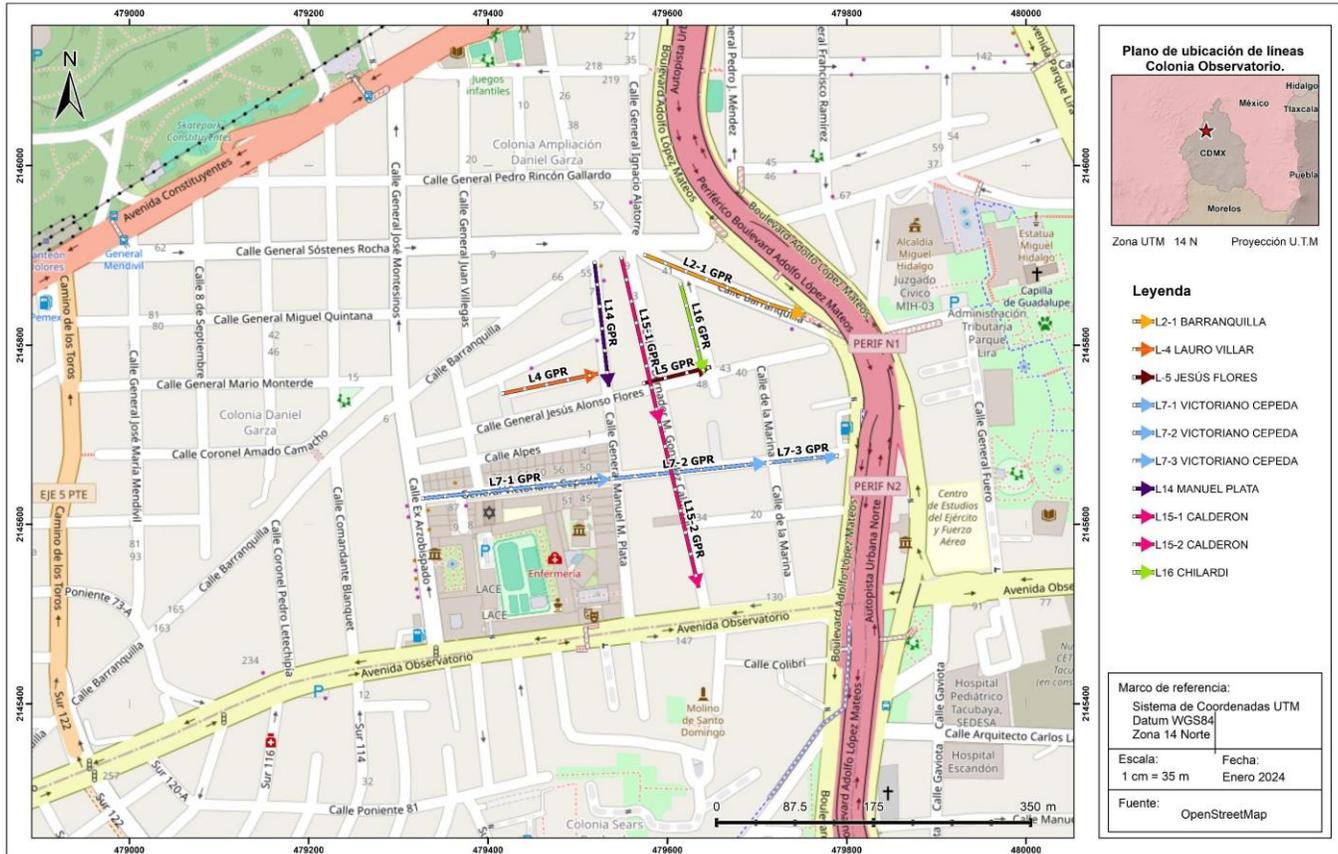


Ilustración 260 Distribución de las Líneas GPR

COORDENADAS GRP DENTRO DE LOS LOTES

SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)				
LÍNEAS	X INICIAL	Y INICIAL	X FINAL	Y FINAL
CALDERON 2	479563	2145899	479570	2145864
GENERALES #11	479474	2145790	479476	2145782
GENERALES #11	479476	2145791	479478	2145783
GENERALES #11	479478	2145792	479480	2145782
GENERALES #11	479475	2145783	479480	2145784
GENERALES #11	479475	2145785	479479	2145786
GENERALES #11	479472	2145789	479483	2145794
CHILARDI #12	479613	2145807	479628	2145811



CHILARDI #12	479629	2145809	479626	2145818
CHILARDI #12	479616	2145814	479627	2145817
CHILARDI #12	479624	2145809	479623	2145816
CHILARDI #12	479606	2145810	479628	2145814
CHILARDI #12	479619	2145809	479617	2145816
LA MARINA #13	479700	2145581	479703	2145581
LA MARINA #13	479700	2145582	479703	2145582
LA MARINA #13	479700	2145583	479700	2145580
LA MARINA #13	479701	2145583	479701	2145581
LA MARINA #13	479703	2145583	479703	2145581
LA MARINA #13	479719	2145582	479728	2145583
LA MARINA #13	479718	2145584	479727	2145585
CALDERON #20	479578	2145821	479597	2145825
CALDERON #20	479576	2145833	479584	2145801
CALDERON #20	479581	2145811	479597	2145814
CALDERON #20	479592	2145817	479593	2145812
CALDERON #20	479597	2145818	479598	2145817
PLATA #23	479511	2145808	479524	2145813
PLATA #23	479513	2145801	479526	2145802
PLATA #23	479513	2145799	479527	2145801
PLATA #23	479523	2145816	479526	2145791
CHILARDI #25	479608	2145793	479610	2145785
CHILARDI #25	479608	2145790	479610	2145791
CHILARDI #25	479609	2145788	479611	2145788
CHILARDI #25	479609	2145786	479611	2145786
CHILARDI #25	479628	2145790	479633	2145791
CHILARDI #25	479620	2145791	479632	2145794
CHILARDI #25	479632	2145794	479632	2145791
CHILARDI #25	479625	2145796	479626	2145791
CHILARDI #25	479619	2145793	479626	2145794
CHILARDI #25	479619	2145794	479620	2145791
ZEPEDA #51	479491	2145623	479490	2145632
ZEPEDA #51	479492	2145623	479492	2145628
CALDERON #57	479595	2145599	479613	2145601
CALDERON #57	479599	2145603	479607	2145604
CALDERON #57	479588	2145605	479589	2145599
CALDERON #57	479608	2145607	479614	2145607
VILLEGAS #93	479377	2145656	479385	2145658
VILLEGAS #93	479379	2145655	479385	2145656
VILLEGAS #93	479370	2145667	479382	2145669
VILLEGAS #93	479381	2145666	479385	2145649
FLORES #107	479327	2145734	479329	2145726
FLORES #107	479325	2145733	479327	2145724
FLORES #107	479325	2145732	479327	2145733
FLORES #107	479326	2145729	479328	2145730
FLORES #107	479327	2145725	479329	2145726

Tabla 22 Coordenadas de líneas GPR dentro de los lotes

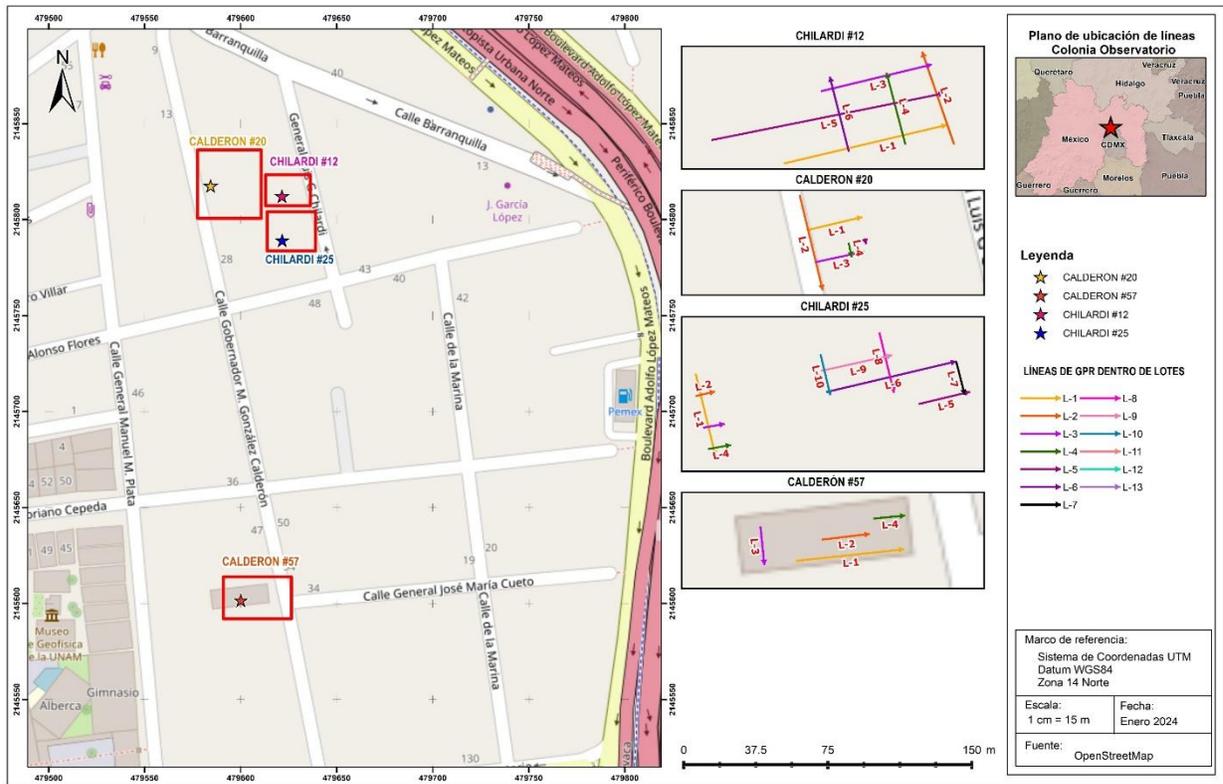


Ilustración 261 Distribución de líneas GPR de los lotes Calderón #20 y #57, Chilardi #12 y #15,

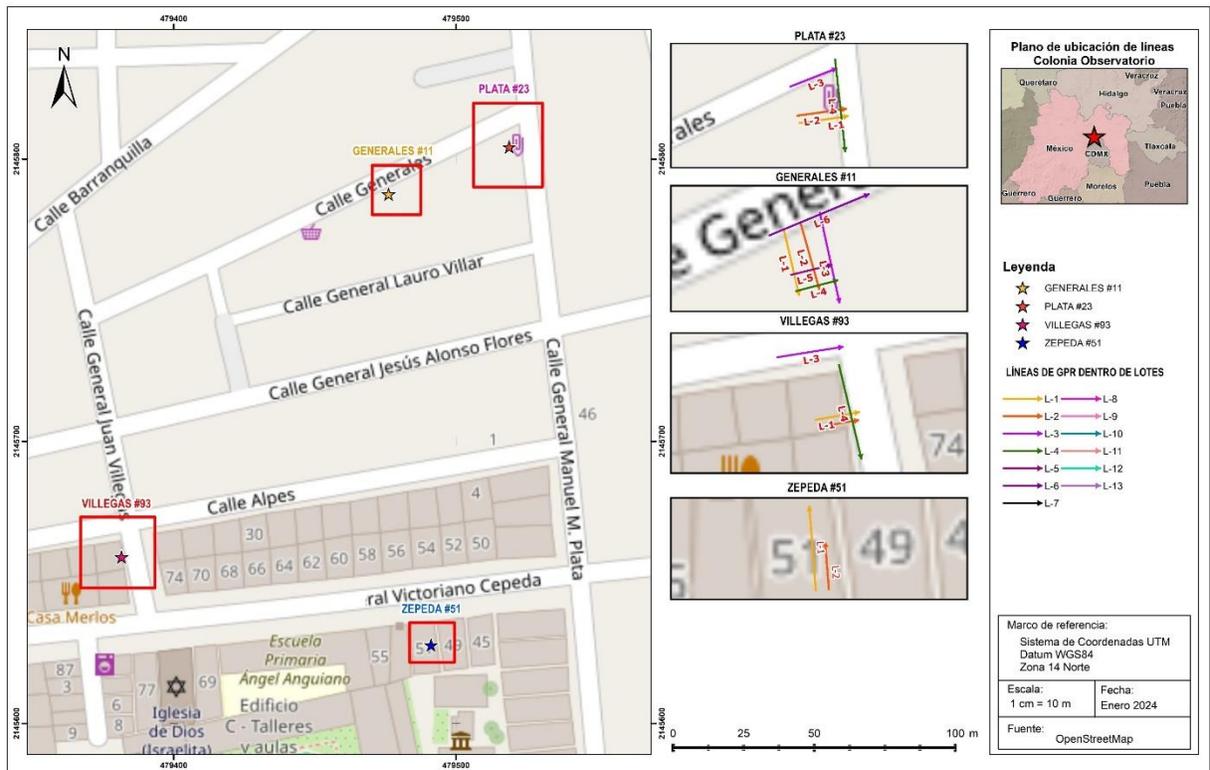
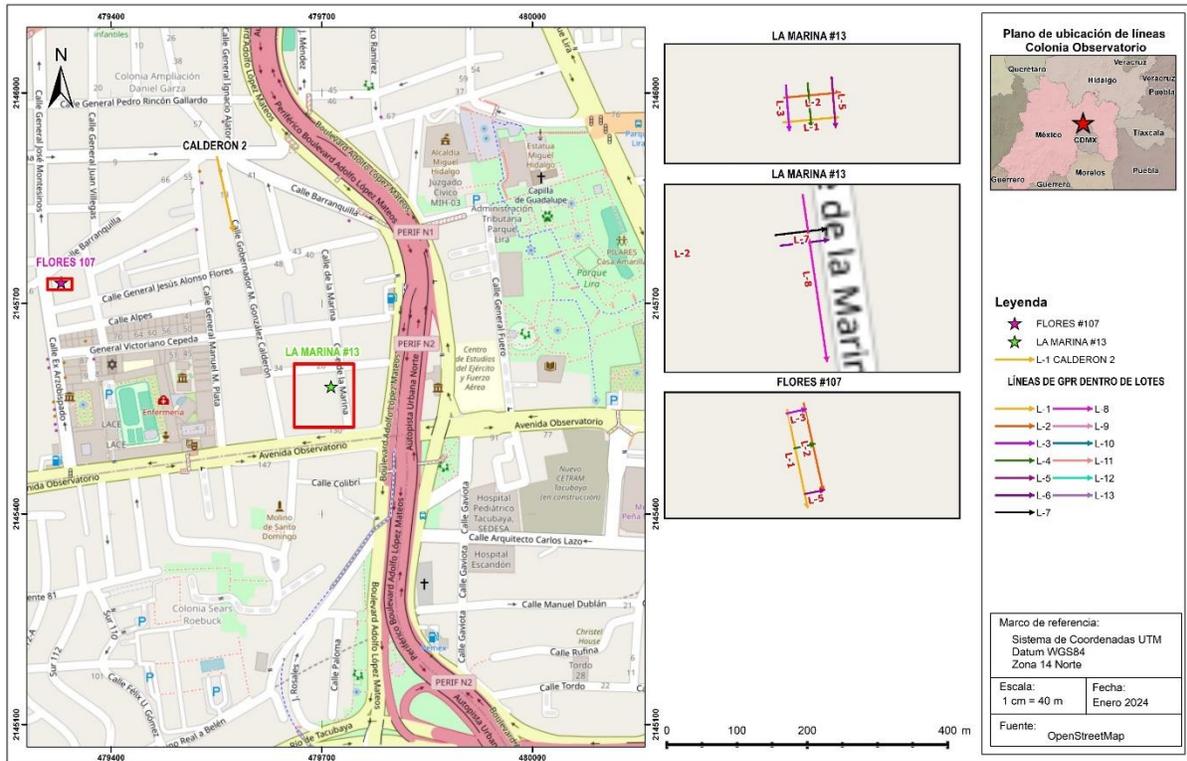


Ilustración 262 Distribución de líneas GPR de los lotes Plata #23, Generales #11, Villegas #93 y Zepeda #51



Resultados

Tomografía Eléctrica y/o Imágenes de Resistividad.



Para realizar el análisis e interpretación de las Imágenes de Resistividad se realiza la inversión de los datos de las líneas de resistividad mediante el Software AGI 2D, que permite obtener la representación matemática de la distribución de resistividades en un modelo 2D. Este paso en el análisis de datos permite identificar estructuras geológicas (zonas asociadas a posibles cavidades) y contacto entre las diferentes unidades litológicas; así como centralizar las anomalías y mitigar ruido antropogénico. Se obtuvieron los modelos de resistividad de cada una de las líneas. Para este tipo de ambientes geológicos las variaciones en los valores de resistividad se deben principalmente a cambios en la matriz de los diferentes depósitos piroclásticos, es decir la cantidad de grava, arena, limos o arcillas que constituyen los mismos. Aunado a esta característica, la saturación de agua (ligado principalmente a sedimentos finos como la arcilla; contenido de agua natural) son las dos principales causas de variaciones en las resistividades. A continuación, se muestran los modelos de resistividad de las 17 líneas, los cuales, en su escala de resistividad, indican un valor mínimo de 1 Ω -m y máximo de 250 Ω -m. Todos los perfiles presentan la misma escala de resistividad, estando representados en tonos azules los valores más bajos y en morados los más altos.

En las imágenes de resistividad se pretende identificar cambios en las propiedades eléctricas del medio que permitan registrar anomalías asociadas a oquedades. Para ello se buscan cambios drásticos en los valores de resistividad, los cuales podemos correlacionar a cavidades. Este tipo de estructuras se caracterizan por presentar una alta resistividad debido a que el espacio vacío no es conductor y actúa

como aislante. Por el tipo de geología existente se espera una distribución cuasi horizontal de capas, siendo las anomalías asociadas a cavidad una discontinuidad de alta resistividad en la capa cuasi horizontal.

De manera general las 17 líneas presentan la siguiente secuencia de resistividades. Las tonalidades que van de verde al rojo en la parte superficial se correlacionan con materiales de relleno y depósitos de arenas y limos. En tonos azules tenemos depósitos piroclásticos de matriz limo-arenoso. Finalmente, como base de las imágenes de resistividad encontramos matices que van del verde al morado y que se asocian con depósitos piroclásticos de matriz arenosa con presencia de limos.

Es importante mencionar que para poder identificar la anomalía relacionada con cavidad se debe de analizar la distribución de la anomalía. La cavidad al ser una heterogeneidad relativamente pequeña (vista en perfil) no tendrá una distribución lateral considerable; es decir las anomalías deben tener tendencia vertical en lugar de horizontal.

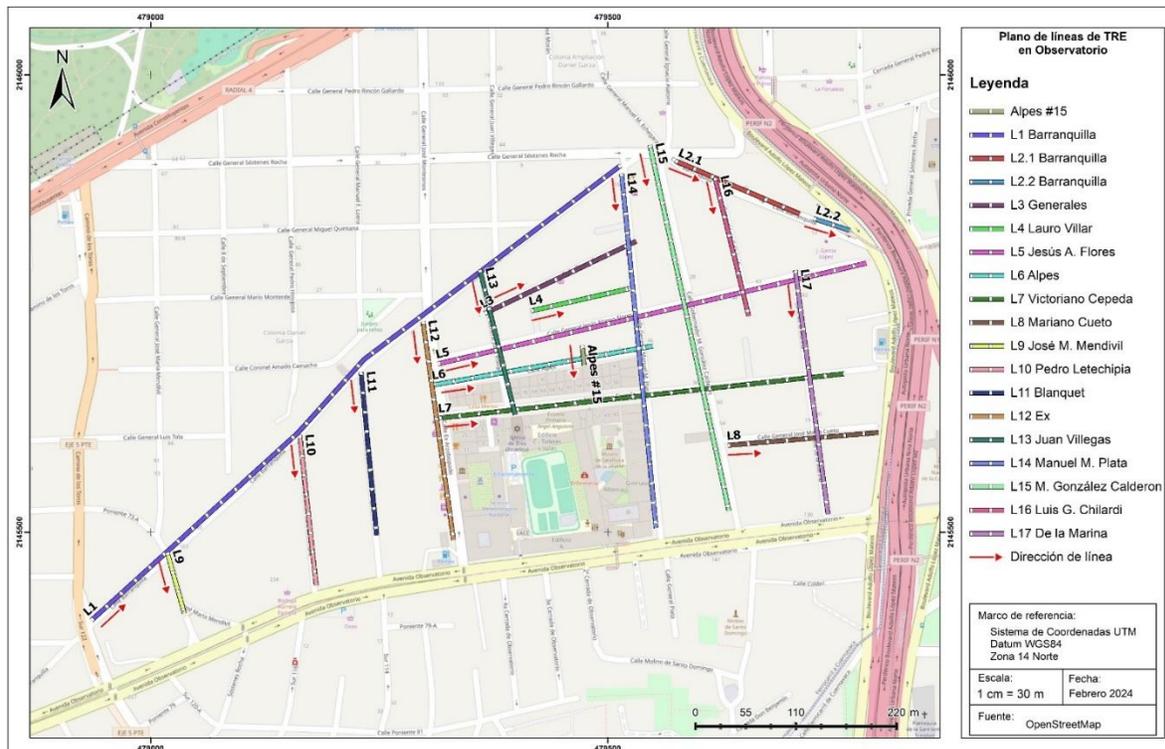


Ilustración 264 Plano llave de Distribución de líneas Dipolo.



Ilustración 265 Localización línea 1

Línea 1: Esta línea tiene una longitud de 771 metros (387 electrodos), se realizó sobre la Calle Barranquilla y en ella se pueden apreciar los diferentes cambios litológicos. Se observan diez anomalías geofísicas de alta resistividad y diez de baja resistividad. Las anomalías de baja resistividad se correlacionan con servicios públicos, en este caso con drenajes y agua potable; mientras que las de alta resistividad se asocian con posibles cavidades y zonas de rellenos susceptibles a

asentamientos, las cuales se sitúan en los siguientes electrodos: 99, 234, 243, 251, 283, 290, 303, 340, 347 y 363.

De las anomalías que se correlacionan con cavidades se recomienda verificar por medio de un Sondeo Mecánico las ubicadas en los electrodos: 243, 251 y 363 y en función de los resultados se propondrán nuevos puntos para corroborar que no se traten de cavidades.

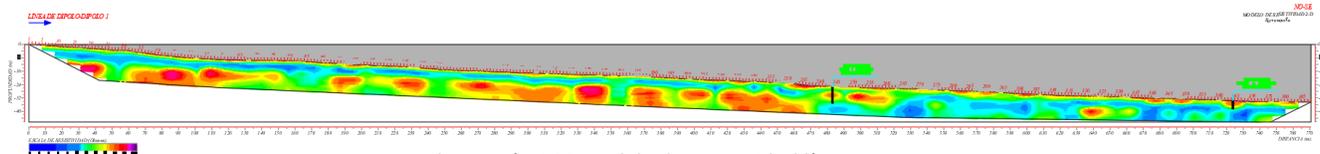


Ilustración 266 Modelo de resistividad línea 1.



Ilustración 267 Localización Línea 2

Línea 2: Esta línea es continuación de la anterior y se divide en dos tramos, el primero tiene una longitud de 148 m y el segundo de 42 m, se aprecian cuatro cambios geofísicos que se pueden asociar a cavidades, los cuales se localizan en los siguientes cadenamamientos de electrodos: 21-22, 36 y 50 para el primer tramo y 15 para el segundo tramo de la línea. Estas anomalías se recomiendan verificarlas por medio de un Sondeo Mecánico con el objetivo de descartar la presencia de una cavidad. Se hace mención que el punto de perforación situado entre los electrodos 21-22 del primer tramo, se propone en este sitio debido a que se ubica cerca de una cavidad reportada y que se infiere ha sido rehabilitada; no obstante, para cerciorase de lo anterior es importante llevar a cabo la perforación.

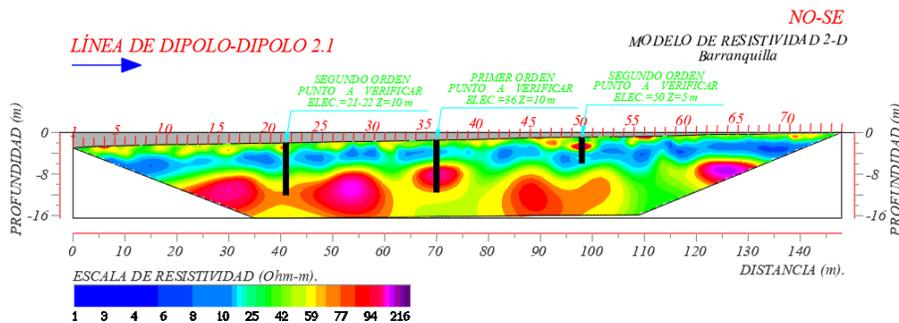


Ilustración 268 Modelo de resistividad línea 2a.

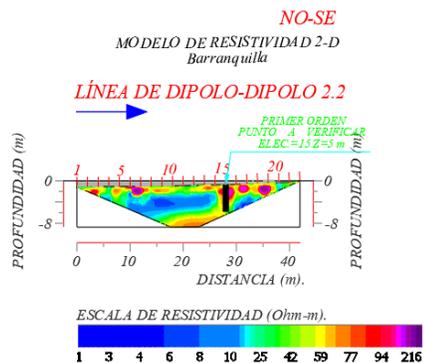


Ilustración 269 Modelo de resistividad línea 2b



Ilustración 270 Localización de línea 3

Línea 3: Esta imagen de resistividad se llevó a cabo sobre la calle de Generales y tiene una longitud de aproximadamente 184 m. Se observan cambios estratigráficos bien definidos. Desde el punto de vista geofísico se pueden observar dos anomalías resistivas, una de bajos valores de resistividad ubicada entre los electrodos 18-19, asociada a un drenaje o tubo de agua potable y otra de valores de alta resistividad, correlacionada con una posible cavidad y se sitúa en el electrodo 65; por lo que se recomienda su verificación por medio de un SM (Sondeo Mecánico).

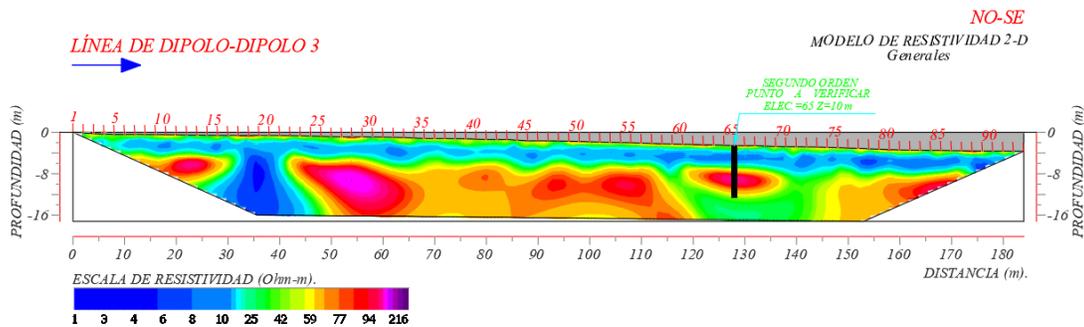


Ilustración 271 Modelo de resistividad línea 3



Ilustración 272 Localización línea 4

Línea 4: Esta línea presenta una longitud de 110 m aproximadamente y se localiza sobre la calle Lauro Villar. Estratigráficamente se observa una alternancia de depósitos piroclásticos de matriz fina y granular; los cuales se denotan con el cambio de tonalidades que van de azul a verde, verde a rojo. Se aprecia una anomalía de baja resistividad entre los electrodos 46-48, la cual se infiere se correlaciona con una tubería de drenaje o agua potable; sin embargo, se recomienda corroborar lo anterior; con la finalidad de que no se trate de una cavidad colapsada.

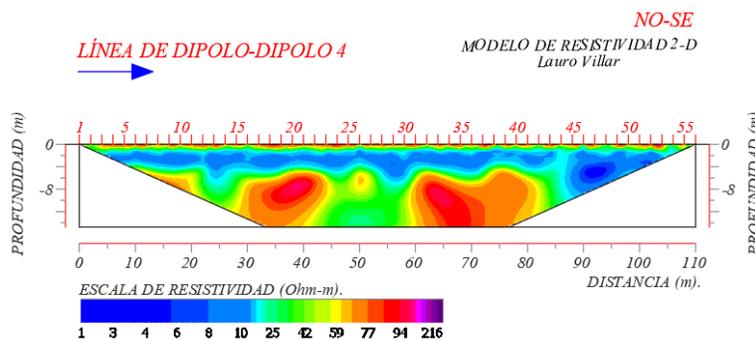


Ilustración 273 Modelo de resistividad de la línea 4



Ilustración 274 Localización línea 5

Línea 5: Se llevó a cabo sobre la calle General Jesús Alonso Flores, tiene una longitud de 482 m y se observan diversas anomalías correlacionadas con servicios públicos y posibles cavidades. Las anomalías correlacionadas a servicios públicos se muestran en tonalidades azules y tienen forma circular o elíptica y se ubican en los electrodos: 13, 47, 71, 81, 106, 113, 125, 141, 162, 184, 206 y 227; mientras que las que se correlacionan con posibles cavidades se observan en matices que van del amarillo-naranja a rojo. En este modelo de resistividad se localizaron cuatro puntos correlacionables con posibles cavidades y se sitúan en los siguientes electrodos: 27, 171, 181 y 205; por lo que se recomienda llevar a cabo una verificación directa para corroborar si se trata de cavidades.

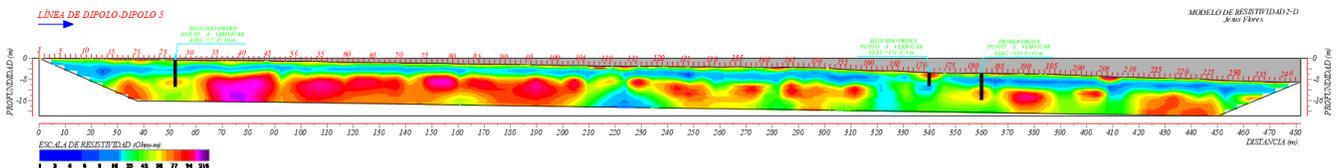


Ilustración 275 Modelo de resistividad línea 5



Ilustración 276 Localización de línea 6

Línea 6: La siguiente imagen de resistividad se llevó a cabo sobre la calle Alpes y tiene una longitud aproximada de 244 m. En este perfil se observa una estratificación casi horizontal y definida de los depósitos piroclásticos de matriz limo-arenoso (tonalidades azules y verdes) y depósitos piroclásticos de matriz arenosa con presencia de limos (matices amarillos-rojos y magentas). Se muestra una interrupción de la continuidad del depósito piroclástico de matriz arenosa en el electrodo 39; por lo que se recomienda llevar a cabo una perforación para descartar que se trate de una cavidad, ya que en algunos casos la pérdida de continuidad de estos horizontes es debido a la presencia de una cavidad. Adicionalmente en esta calle se realizó una línea dentro de un predio, ya que se tiene reporte de cavidad; sin embargo, en el procesamiento de la línea principal no se observó la presencia de una cavidad; por lo que para descartar lo anterior se llevó a cabo esta exploración geofísica, dando como resultado una anomalía de alta resistividad entre los electrodos 7-8 y que se recomienda verificar por medio de un SM (Sondeo Mecánico).

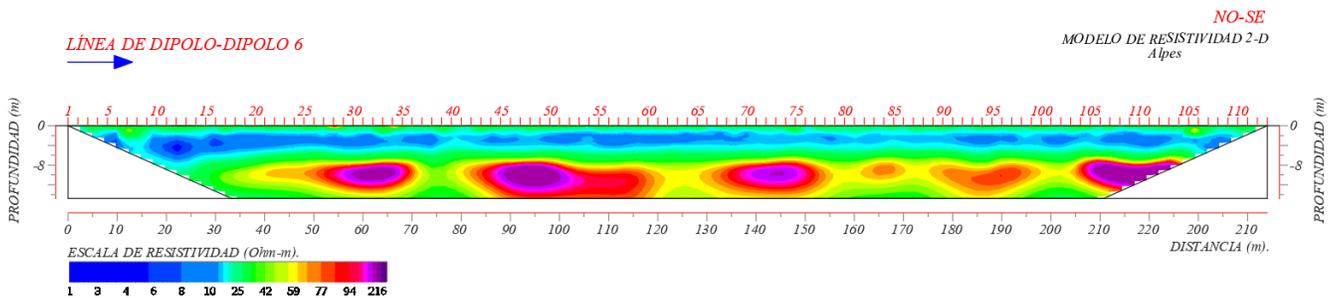


Ilustración 277 Modelo de resistividad línea 6a

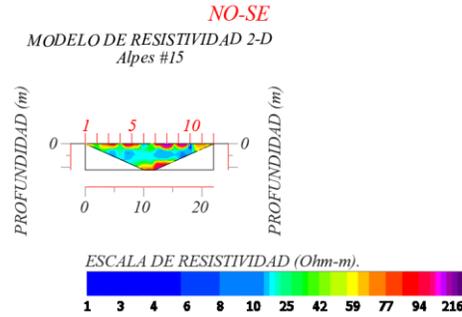


Ilustración 278 Modelo de resistividad línea 6b



Ilustración 279 Localización línea 7

Línea 7: Se ubica en la calle de General Victoriano Cepeda y tiene una longitud de 446 m. En este perfil se observan cuatro anomalías geofísicas que se pueden asociar a posibles cavidades y se localizan en los electrodos 48 a 18, 143 y 201 y se propone que se verifiquen con la finalidad de descartar la presencia de una cavidad. Es importante que las verificaciones se realicen en el interior de los lotes, ya que las perforaciones en las calles han mostrado que las cavidades se encuentran colapsadas y/o rehabilitadas; sin embargo, dentro de los inmuebles aún están latentes. Se observan distintas anomalías de

baja resistividad a lo largo del perfil, las cuales se denotan con tonos azules y se asocian a drenajes, ductos y tuberías de agua. Es importante que estos servicios se revisen con el plano de ubicación, con el objetivo de descartar que se trate de una cavidad colapsa.

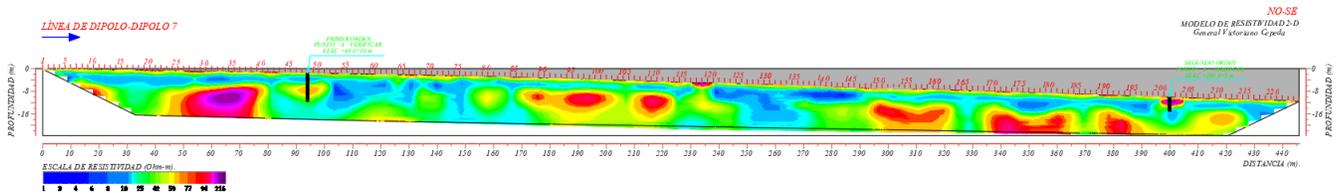


Ilustración 280 Modelo de resistividad de la línea 7



Ilustración 281 Localización línea 8

Línea 8: Se ubica en la calle de General Cueto y presenta una longitud de 166 m. Se aprecian tres anomalías de baja resistividad ubicadas en los electrodos 44, 54 y 76, las cuales se infiere se correlacionan con drenajes, ductos o tuberías de agua potable; sin embargo, es importante verificar esto por medio del plano de servicios, ya que existe la posibilidad de que alguna de estas anomalías se asocie con una cavidad colapsada y/o rehabilitada.

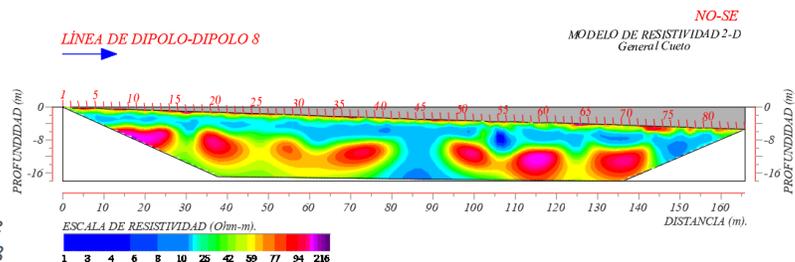


Ilustración 282 Modelo de resistividad línea 8



Ilustración 283 Localización línea 9

Línea 9: Se realizó sobre la calle de Jose María Mendivil y tiene una longitud de 70 m. En la línea se aprecia superficialmente una capa de alta resistividad con espesor promedio de 1 m, seguida de una capa de baja resistividad, asociada a un depósito piroclástico de matriz fina con intercalaciones de arenas y gravillas y que descansan sobre depósitos piroclásticos de matriz granular con intercalaciones de finos. Desde el punto de vista geofísico no se observan anomalías correlacionadas a posibles cavidades; sin embargo, se observa una anomalía de baja resistividad la cual se recomienda corroborar por medio de GPR para descartar que se trate de una cavidad colapsada y/o rehabilitada.

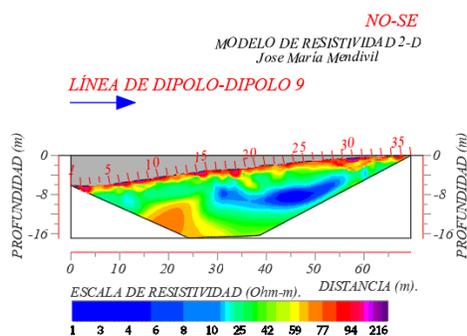


Ilustración 284 Modelo de resistividad línea 9

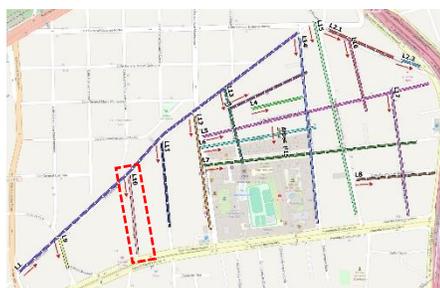


Ilustración 285 Localización de línea 10

Línea 10: Se llevó a cabo en la calle de Letechepia y tiene una longitud de 166 m. Estratigráficamente se observan definidos los horizontes de depósitos piroclásticos de matriz fina y granular. Se aprecian dos anomalías geofísicas, la primera ubicada entre los electrodos 13-15, de baja resistividad, correlacionada con un drenaje y/o tubo de agua, la segunda se presenta en el electrodo 46 y corresponde a una posible cavidad; por lo que se recomienda su verificación por medio de un SM a la profundidad de 15 m.

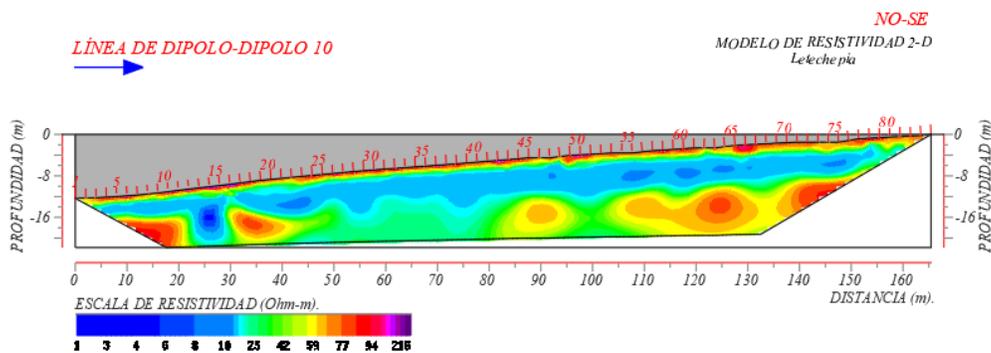


Ilustración 286 Modelo de resistividad línea 10



Ilustración 287 Localización de línea 11

Línea 11: Su longitud es de 180 metros y se localiza en la calle de Comandante Blanquet. En esta línea se observan tres anomalías de baja resistividad (tonos azules), que se infiere se trata de ductos y/o drenajes. También se aprecia una anomalía resistiva en colores rojos-magenta que se puede correlacionar con una posible cavidad y se ubica en el electrodo 76 y se recomienda su verificación por medio de un SM.

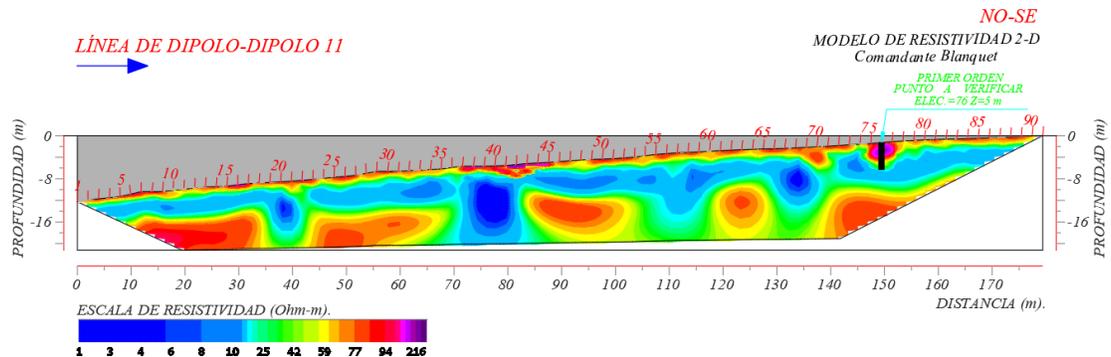


Ilustración 288 Modelo de resistividad línea 11

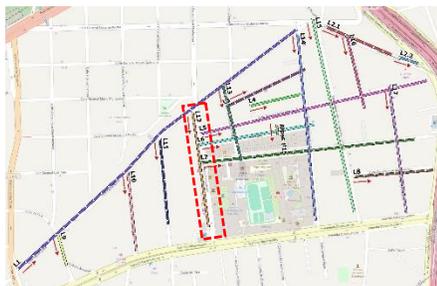


Ilustración 289 Localización de línea 12

Línea 12: En esta línea se ubicó en la calle de Ex - Arzobispado y tiene una longitud de 242 m aproximadamente y se pueden apreciar en la parte superficial de 0 a 1 m zonas de alta resistividad, las cuales se correlacionan con materiales de relleno susceptibles a fracturamientos y asentamientos. En el modelo de resistividad se observan cuatro anomalías de alta resistividad en los electrodos 19, 52-53, 68 y 91, las cuales están correlacionadas con posibles cavidades; por lo que, estas anomalías se recomienda verificarlas por medio de un SM. También se visualizan dos anomalías de baja resistividad, las cuales es importante revisar con el plano de drenajes y servicios de la Colonia con la finalidad de corroborar que se trate de algún drenaje, ducto o tubería de agua y no de una cavidad colapsada.

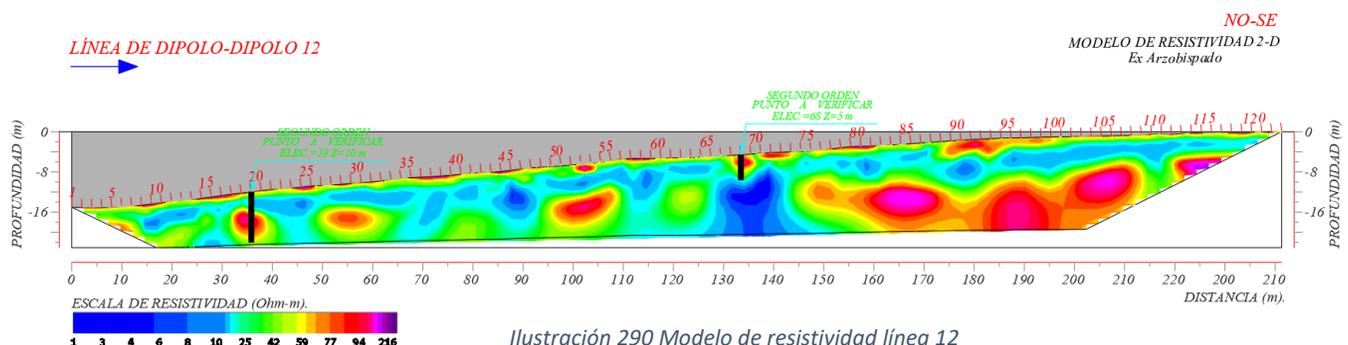


Ilustración 290 Modelo de resistividad línea 12



Ilustración 291 Localización línea 13

Línea 13: Esta línea se llevó a cabo sobre la calle de General Juan Villegas y cuenta con una longitud de 164 m. En esta imagen de resistividad se observa una anomalía que se puede correlacionar con una posible cavidad y está localizada entre los electrodos 35-36 y se recomienda su verificación para corroborar la presencia de una cavidad y/o descartar esta.

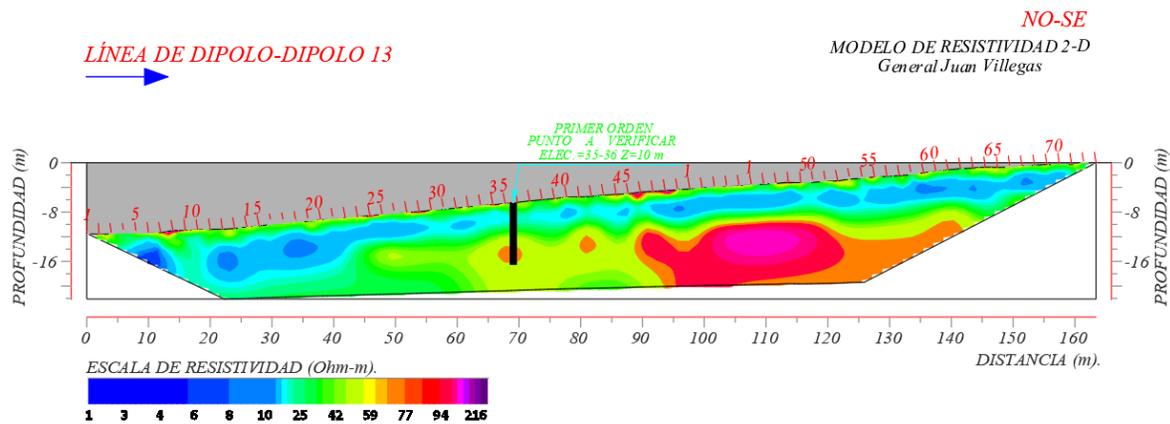


Ilustración 292 Modelo de resistividad línea 13

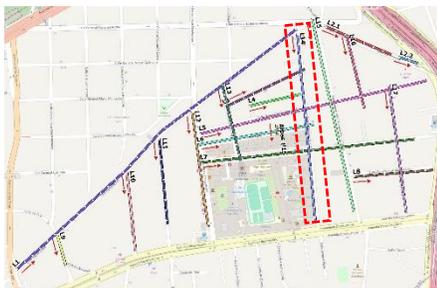


Ilustración 293 Localización de línea 14

Línea 14: La siguiente imagen de resistividad se ubica sobre la calle de General Manuel Plata, tiene una longitud de 390m y profundidad de investigación mínima de 9 m y máxima de 18 m. Se observan diversas anomalías resistivas a lo largo del perfil; sin embargo, sobresalen cuatro de ellas. Estas anomalías se correlacionan con cavidades y se localizan en los siguientes electrodos: 34, 46, 122 y 146-147. De los puntos mencionados se recomienda comenzar la verificación por los lotes que muestran afectación en sus estructuras; ya que en la esquina con Generales se han presentado reportes de este tipo de problemática.

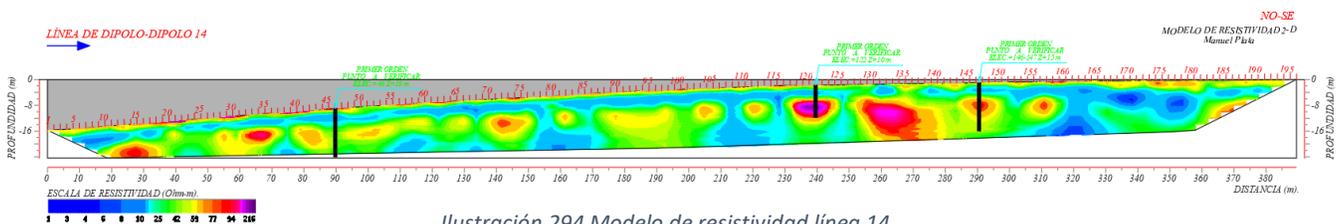


Ilustración 294 Modelo de resistividad línea 14



Ilustración 295 Localización de la línea 15

Línea 15: Se localiza en la calle de Gobernador M. González Calderón, cuenta con una longitud de 410 m y profundidad de investigación promedio de 15 m. En la imagen de resistividad se visualizan diversas anomalías geofísicas, las cuales de acuerdo con el levantamiento corresponden a diversas estructuras y servicios públicos; sin embargo, se recomienda verificar por medio de un SM las ubicadas en los electrodos 7, 78, 108 y 186, esto con la finalidad de descartar que se trate una cavidad y en función de los resultados se pueden programar más puntos de perforación a lo largo de la línea.

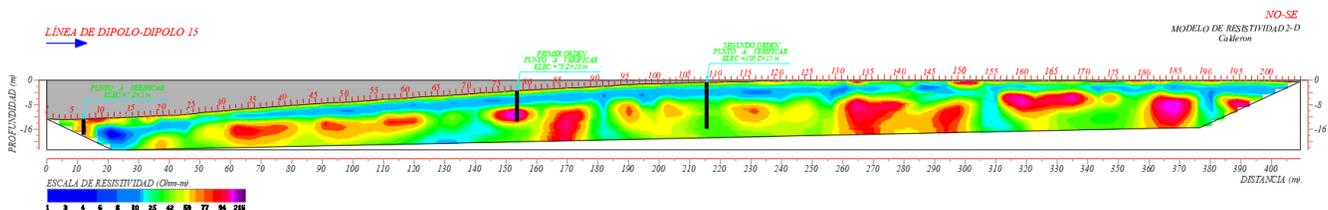


Ilustración 296 modelo de resistividad línea 15

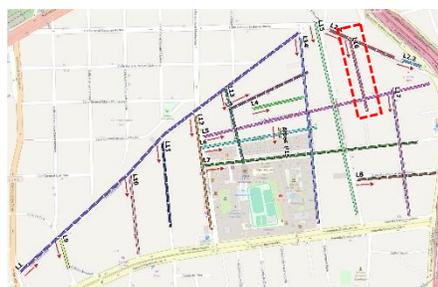


Ilustración 297 Localización línea 16

Línea 16: Esta línea se llevó a cabo en la calle de Chilardi y tiene una longitud de 156 m aproximadamente. En esta calle se ha reportado la presencia de cavidades y el perfil muestra diversas anomalías altas resistivas que se recomiendan verificar por medio de un SM. Las anomalías correlacionadas con posibles cavidades se ubican en los siguientes cadenamientos de electrodos: 6, 33, 39 y 67. Es importante que las verificaciones se realicen dentro de las casas habitaciones, ya que en la calle los puntos perforados han resultado cavidades colapsadas; sin embargo, en el interior de los inmuebles han dado a positivo a cavidades sin rehabilitar o colapsar.

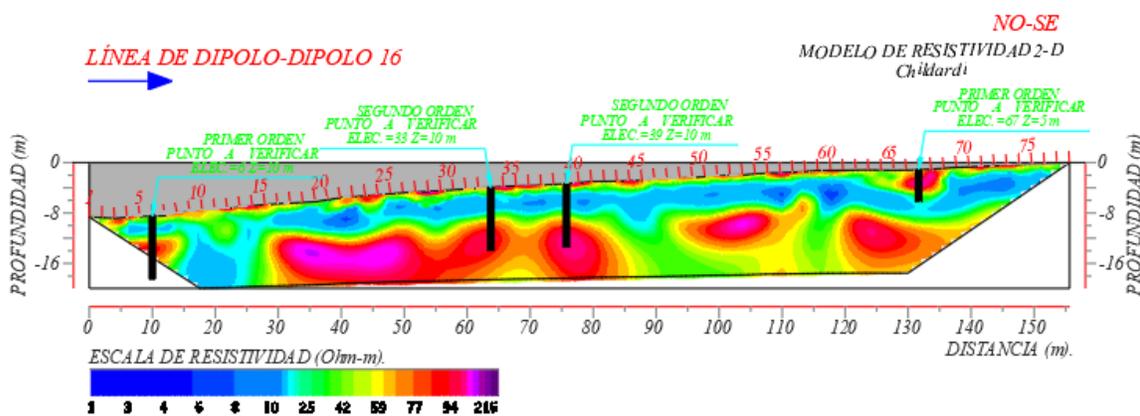


Ilustración 298 Modelo de resistividad línea 16



Ilustración 299 Localización línea 17

Línea 17: Esta línea presenta una longitud de 270 m aproximadamente y se localiza sobre la calle de La Marina. En esta imagen de resistividad se observan una anomalía correlacionable a una posible cavidad y se sitúa en el electrodo 76; por lo que se recomienda su verificación por medio de un SM. El resto del perfil muestra anomalías de baja y alta resistividad; sin embargo, en función de los resultados obtenidos de la propuesta, se reinterpretará el perfil con la finalidad de ubicar otros puntos de perforación.

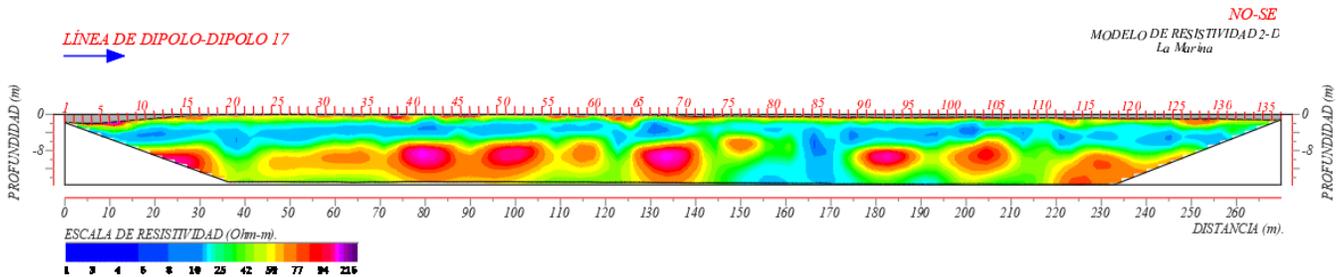


Ilustración 300 Modelo de resistividad línea 17

Radars de Penetración Terrestre (GPR)



Esta técnica tiene como principio la emisión de pulsos electromagnéticos, los cuales se transmiten en el subsuelo en el cual presentan efectos de reflexión, refracción, difracción, atenuación y dispersión, esto dependiendo de las variaciones en las propiedades dieléctricas del medio. Posteriormente estos pulsos, en función del tiempo y la frecuencia, representados como trazas son recibidos por una antena GPR, el conjunto de ellas da como resultado un perfil distancia-tiempo llamado radargrama.

La adquisición de datos se realizó bajo la norma ASTM D6432-19 Estándar Guide for Using the Surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation. Se utilizó una antena con un ancho de banda de 80 a 950 MHz, la cual nos brinda una buena relación resolución-profundidad hasta una profundidad de 9 metros. Este ancho de banda resulta óptimo para identificar objetos de unas decenas de centímetros hasta cambios litológicos, dependiendo de la longitud del perfil.

Para el procesamiento de radargramas se hizo uso del software Ramac GroundVision 2 y Geolitix. Con la finalidad de suprimir ruido, recuperar información a profundidad y resaltar anomalías, se realiza un flujo de proceso, el cual consiste en: correcciones estáticas, eliminar ruido de fondo y de corriente directa, ganancias, interpolación, pasa bandas, deconvolución, migración, conversión tiempo-profundidad y atributos.

La forma en la que visualizan e interpretan las anomalías está en función de la amplitud y geometría de estas. Cuando existe un cambio en las propiedades del medio se presenta una reflexión en el pulso emitido por las antenas que a su vez se presenta como un cambio en la amplitud de la señal, dicha variación es más evidente cuando existe un contraste muy fuerte entre los materiales, como puede ser el caso de una roca sana con una cavidad "vacía". Así mismo, la forma de las anomalías está en función de la geometría del objeto que la genera, pudiendo observarse como una sola hipérbola o un conjunto de hipérbolas de difracción.

Es importante recordar que la técnica es de alta resolución, por lo que existen muchos factores que pueden generar una anomalía y variaciones en la amplitud, como cambios de superficie, presencia de humedad en el terreno y cambios topográficos, entre otros.

Como medida de apoyo para visualizar más claramente las variaciones en la amplitud y reflectores asociados a discontinuidades en el medio, como cavidades, se aplicó el atributo Envelope, el cual presenta una visión general de la distribución de la energía de las trazas, la cual se relaciona con la reflectividad. A sí mismo, para reducir la incertidumbre y realizar una interpretación más completa en la que se pudiera discretizar entre reflectores asociados a posibles cavidades vacías o rellenas, o reflectores asociados a zonas de saturación, cambios de material o relleno, se tomaron como apoyo las líneas de TRE.

A continuación, se presentan algunos de los radargramas interpretados por sitio, así como una breve descripción de estos. Cabe recordar que los métodos de exploración geofísica son indirectos y el

intérprete ocupará la mayor cantidad de recursos para disminuir la incertidumbre de los resultados expuestos, sin embargo, siempre existirá cierto grado de incertidumbre. Es importante entender que son múltiples los efectos que pueden generar una anomalía. De igual forma, es posible que las anomalías marcadas no sean de la naturaleza especificada, sin embargo, es un riesgo implícito debido a la naturaleza física que rige el método.

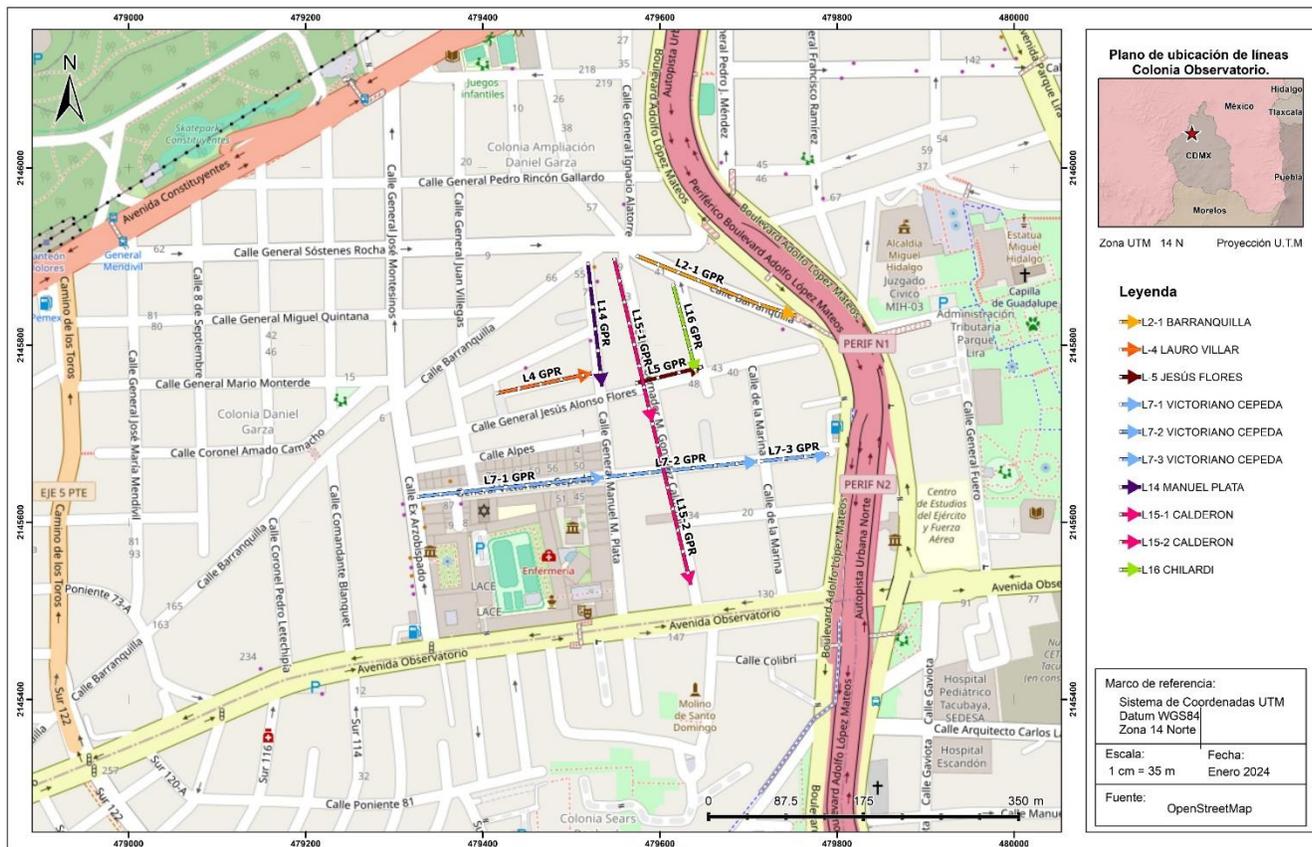


Ilustración 301 Distribución de las líneas GPR en la colonia Observatorio

Línea 1: Sin anomalías en el Modelo de Resistividad no requiere más estudios



Ilustración 302 Localización Línea 2.1 GPR

Línea 2.1: Sobre la calle Barranquilla, se realizó 1 línea de GPR, paralela a la línea dos de TRE. La línea 2.1 de GPR inicia en la esquina de Sostenes Rocha y termina unos metros antes de llegar a periférico, tiene orientación NO-SE y su longitud es de 193.204 m. Del conjunto obtenido de los radargramas de alta y baja frecuencia se observan 10 anomalías no clasificadas (círculos azules) que se podrían asociar a posibles instalaciones de servicio subterráneas, material de relleno, objetos enterrados o heterogeneidades en el medio. En los radargramas de baja frecuencia y el atributo envelope no se observan cambios de amplitud significativos o reflectores que se puedan asociar a posibles cavidades.

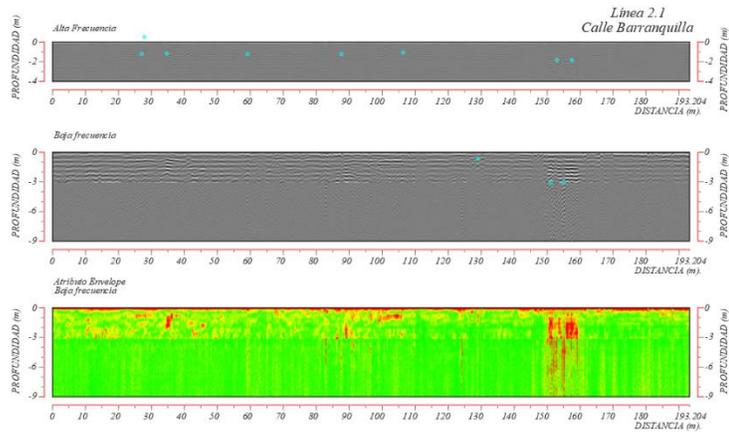


Ilustración 303 Radargrama y atributo Envelope Línea 2.1

Línea 3: Sin anomalías en el Modelo de Resistividad no requiere más estudios



Ilustración 304 Localización Línea 4 GPR

Línea 4: La línea 4 de GPR tiene una longitud de 110.782 metros y se realizó en la calle Lauro Villar, comparte inicio y final con la línea de TRE 4. En el radargrama de altas frecuencias es posible identificar 10 anomalías no clasificadas asociadas a posibles tuberías, registros u objetos enterrados. En los radargramas de baja frecuencia y envelope se presentan variaciones de amplitud representadas en tonalidades amarillas a rojas según la escala utilizada por arriba de 3 m de profundidad, debajo de esta profundidad, al igual que la línea anterior no se observan cambios de amplitud significativos o reflectores que se puedan asociar a posibles cavidades.

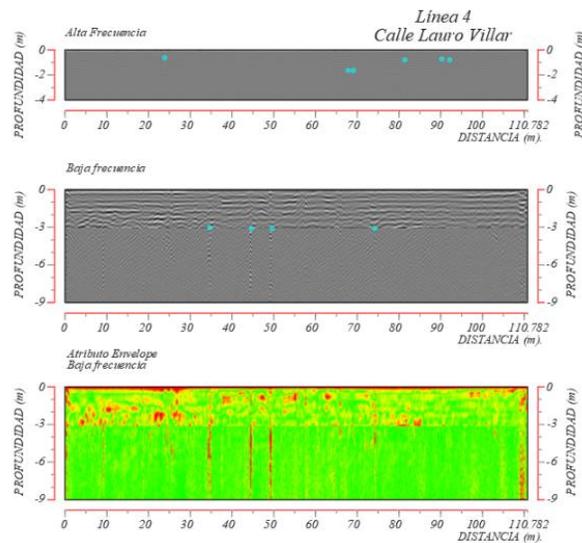


Ilustración 305 Radargrama y atributo Envelope Línea 4

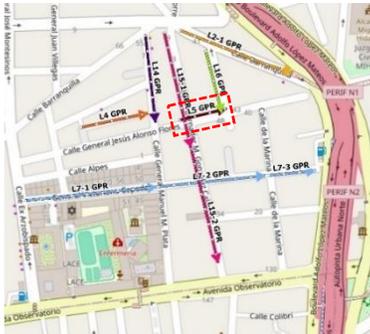


Ilustración 306 Localización Línea 5 GPR

Línea 5: Es realizada sobre Jesús Flores tiene una longitud de 79 m aproximadamente, empieza con un desfase respecto a la Línea de TRE ya que el E111 de la línea de tomografía corresponde al metro 0 de la línea de GPR y el E150 corresponde al final. En el radargrama de altas frecuencias se identifican 2 anomalías hiperbólicas que son correlacionadas a servicios públicos, registros, drenajes, objetos enterrados o posibles tuberías presentes en el sitio de estudio. Por otro lado, el radargrama de bajas frecuencias y Envelope presenta variaciones de amplitud particularmente en la distancia de 15 m en adelante por lo que en conjunto de la TRE se colocaron distintos sondeos de verificación.

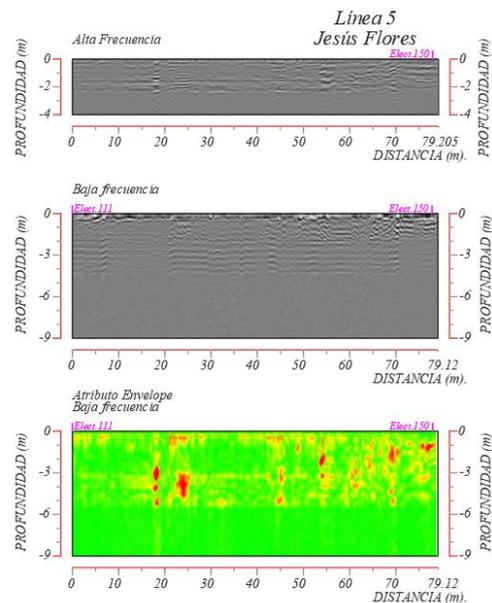


Ilustración 307 Radagramas y atributo Envelope Línea 5

Línea 6: Sin anomalías en el Modelo de Resistividad no requiere más estudios



Ilustración 308 Localización Línea 7 GPR.

Línea 7: La línea siete de GPR se secciono en tres partes para que abarcara el total de la línea de TRE. La línea 7.1 tiene inicio y final en los electrodos 8 y 114 con longitud de 212.451 metros, la línea 7.2 comienza en el E115 y termina en el E147 con longitud de 174.428 metros, por último, la sección 7.3 inicia y termina en los electrodos 203 y 247 con longitud de 78.280, respectivamente.

En la línea L7.1 de GPR es posible observar 9 anomalías no clasificadas que pueden ser asociadas a tuberías, rellenos o heterogeneidades del suelo mientras que en la L7.2 se observan 6 anomalías no clasificadas, por último, la sección 7.3 de GPR presenta 4 anomalías hiperbólicas. De los reflectores identificados, el que presenta mayores posibilidades de ser una cavidad vacía, rellena y/o lentes de arena, es el que se encuentra entre los metros 25 a 212 m en la primera sección y a partir de 20 m a 50 m en la segunda. Con ayuda de los resultados obtenidos de

GPR fue posible clasificar las anomalías asociadas a cavidades observadas en la Tomografía eléctrica en primer y segundo orden a verificar.

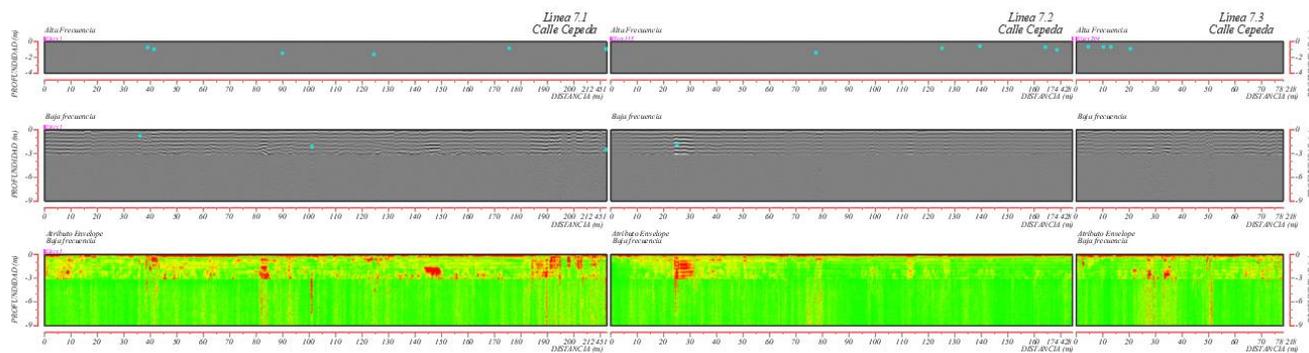


Ilustración 309 Radagramas y atributo Envelope Línea 7.1, 7.2 y 7.3

Línea 8-13: Sin anomalías en el Modelo de Resistividad no requiere más estudios

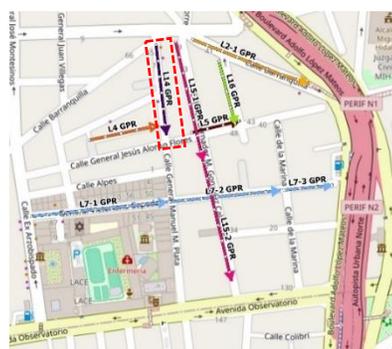


Ilustración 310 Localización Línea 14 GPR

Línea 14: La línea 14 se realizó sobre la calle Manuel Plata, es paralela a la línea de 14 de TRE, sin embargo, la línea de GPR comenzó en E140 y termino en el E113, solo cuenta con 146 m aproximadamente. Después del procesamiento no se encontraron reflectores asociados a cavidades y/o cambio de material.

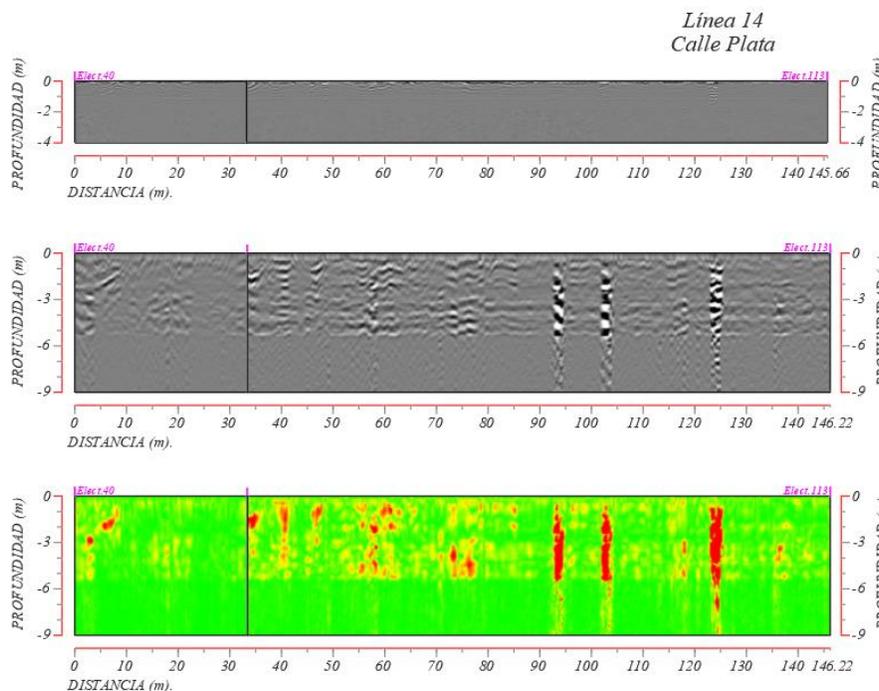


Ilustración 311 Radagramas y atributo Envelope Línea 14



Ilustración 312 Localización Línea 15.1 y 15.2 GPR

Realizada sobre la calle Calderón paralela a la Línea 15 de TRE, la línea de GPR fue dividida en dos secciones, la L15.1 comienza en el E17 y termina en el E112 con longitud de 190.703 metros, mientras que L15.2 abarca a partir del E113 y finaliza 5 metros adelante de la línea 15 de TRE con longitud de 188.773 metros, tiene dirección NO-SE.

En el radargrama de altas frecuencias de la línea 15.1 se identifican 15 anomalías mientras que en la línea 15.2 se observan 8, que debido a su geometría son asociadas a posibles tuberías, registros, drenajes, servicios públicos u objeto enterrado. En el radargrama de bajas frecuencias y Envelope presenta variaciones de amplitud particularmente en la distancia de 100 a 190 m de la línea 15.1 por lo que esta zona es de interés.

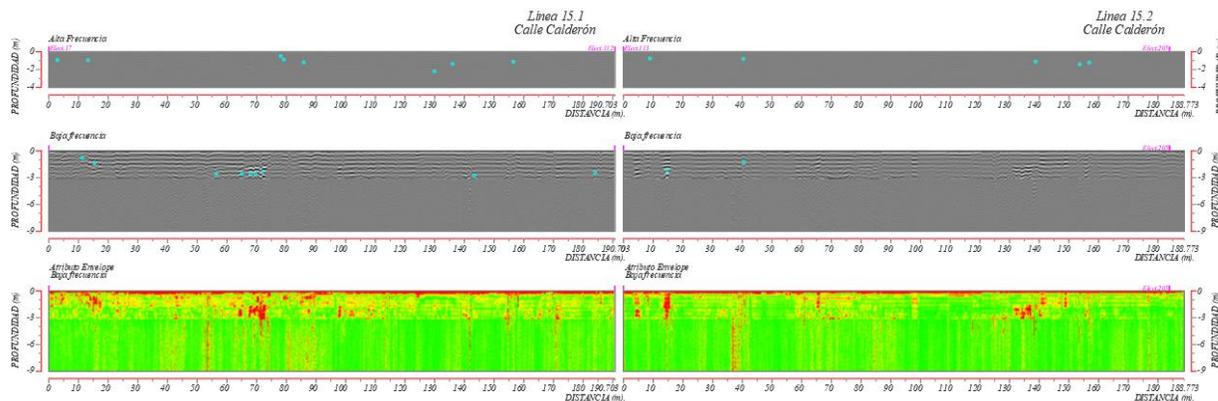


Ilustración 313 Radargramas y atributo Envelope Línea 15.1 y 15.2



Ilustración 314 Localización de línea 16 GPR

Línea 16: La línea 16 de GPR se realizó sobre la calle Chilardi, tiene 104 m aproximadamente de longitud y dirección NO-SE, inicia en la esquina de Barranquilla y termina en la esquina de la calle Jesús Alonso Flores. Después del procesamiento de datos se identificaron 7 anomalías asociadas a posibles tuberías, registros u objetos enterrados presentes en el sitio de estudio, se visualizan con un círculo de color azul. El radargrama de bajas frecuencias y envelope no presentan reflectores o contrastes significativos asociados a cambios de material y/o cavidades rellenas o vacías.

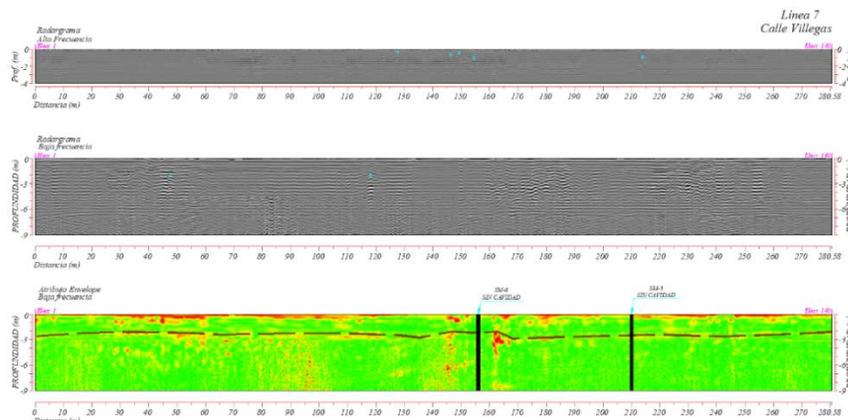


Ilustración 315 Radargramas y atributo Envelope Línea 16

RADAR DE PENETRACIÓN TERRESTRE (GPR) EN LOTES DE LA COLONIA OBSERVATORIO

Este apartado abarca los trabajos realizados dentro de los lotes que presentan afectaciones como, hundimientos, asentamientos y fracturas, los cuales se infiere se deben a la presencia de una posible cavidad. Estos se llevaron a cabo en estos sitios debido a que las cavidades que se ubican en las calles han sufrido colapsos y/o han sido rellenadas; sin embargo, los resultados de las perforaciones muestran que en las casas habitaciones aún están sin ser rehabilitadas o rellenadas; por lo que son un riesgo.

Debido al espacio disponible no fue posible realizar la técnica de tomografía eléctrica; sin embargo, se llevaron a cabo líneas de GPR, las cuales, tienen como objetivo, descartar y/o corroborar la existencia de cavidades dentro de los lotes.

Se hace mención que estos lotes fueron ubicados por medio de reportes de vecinos, inspecciones visuales y finalmente por las imágenes de resistividad eléctrica llevadas a cabo en las calles. A continuación, se presenta la ubicación a detalle de los lotes y los resultados obtenidos de la técnica de GPR.

	LOTES VERIFICADOS	LINEAS DE GPR
1	Calderón 2	1
2	Generales #11	6
3	Chilardi #12	6
4	La Marina #13	8
5	Calderón #20	5
6	Plata #23	4
7	Chilardi #25	10
8	Zepeda #51	2
9	Calderón #57	4

Tabla 23 Ubicación de líneas GPR en lotes

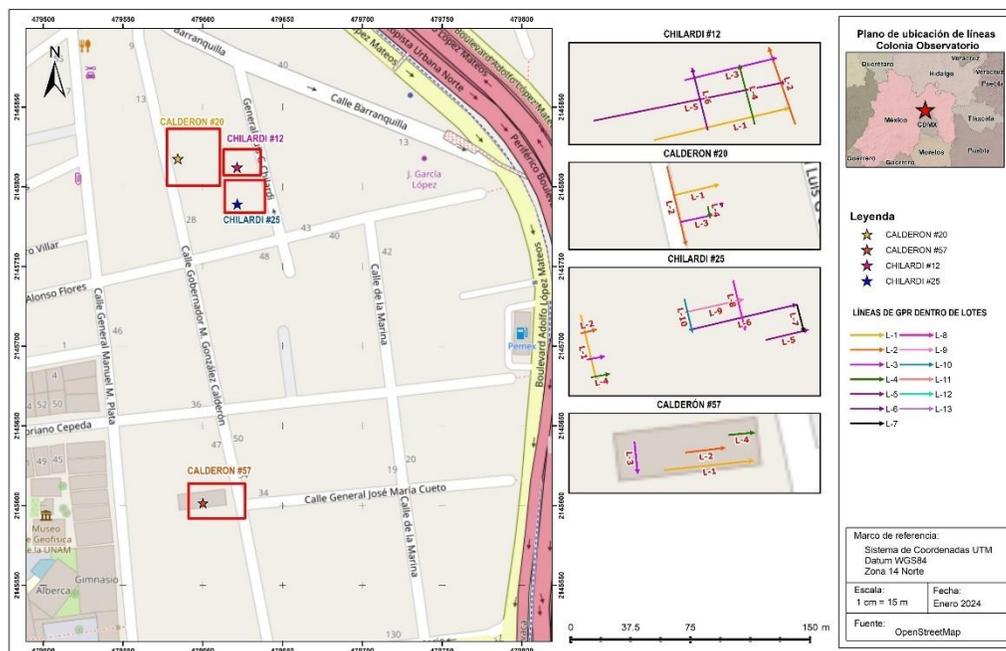


Ilustración 316 Distribución de Líneas de GPR en los Lotes Chilardi #12 y #25, Calderón #20 y #57

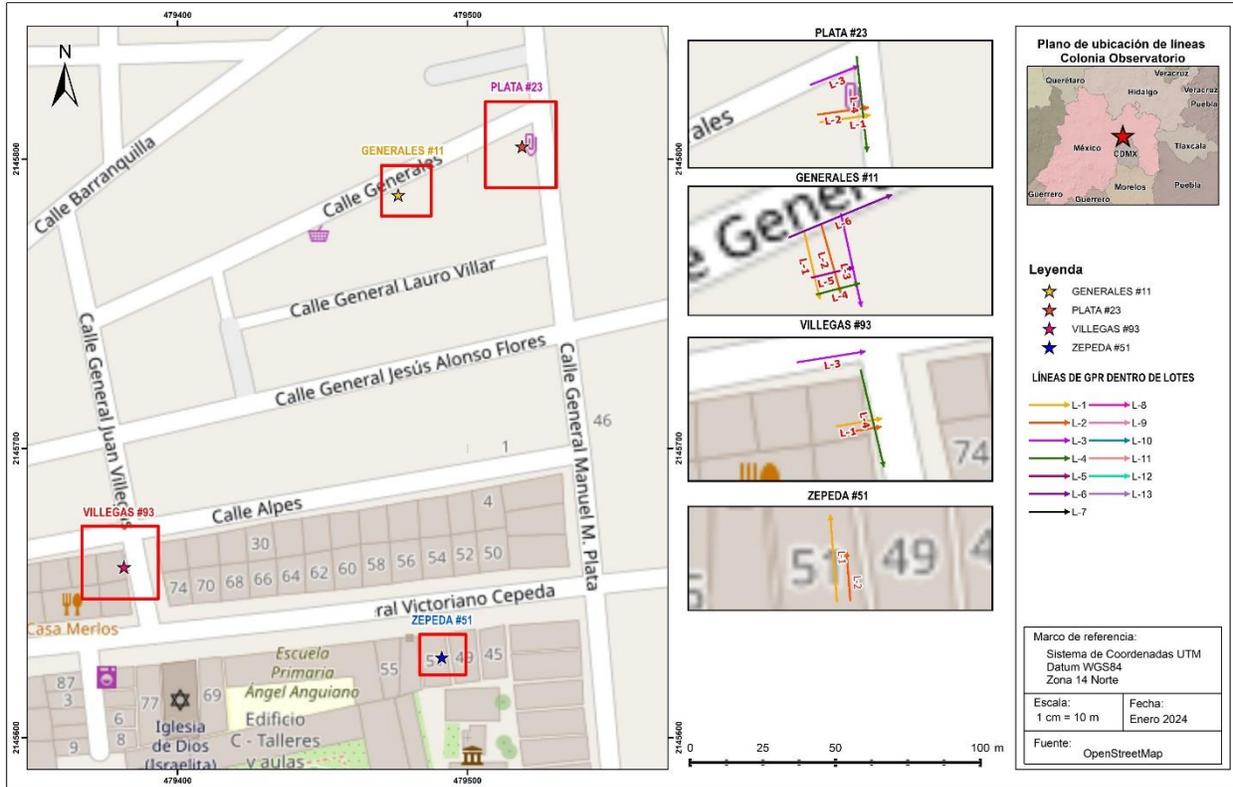


Ilustración 317 Distribución de las líneas GPR en los lotes Plata#23, Villegas#93 y Zepeda#51

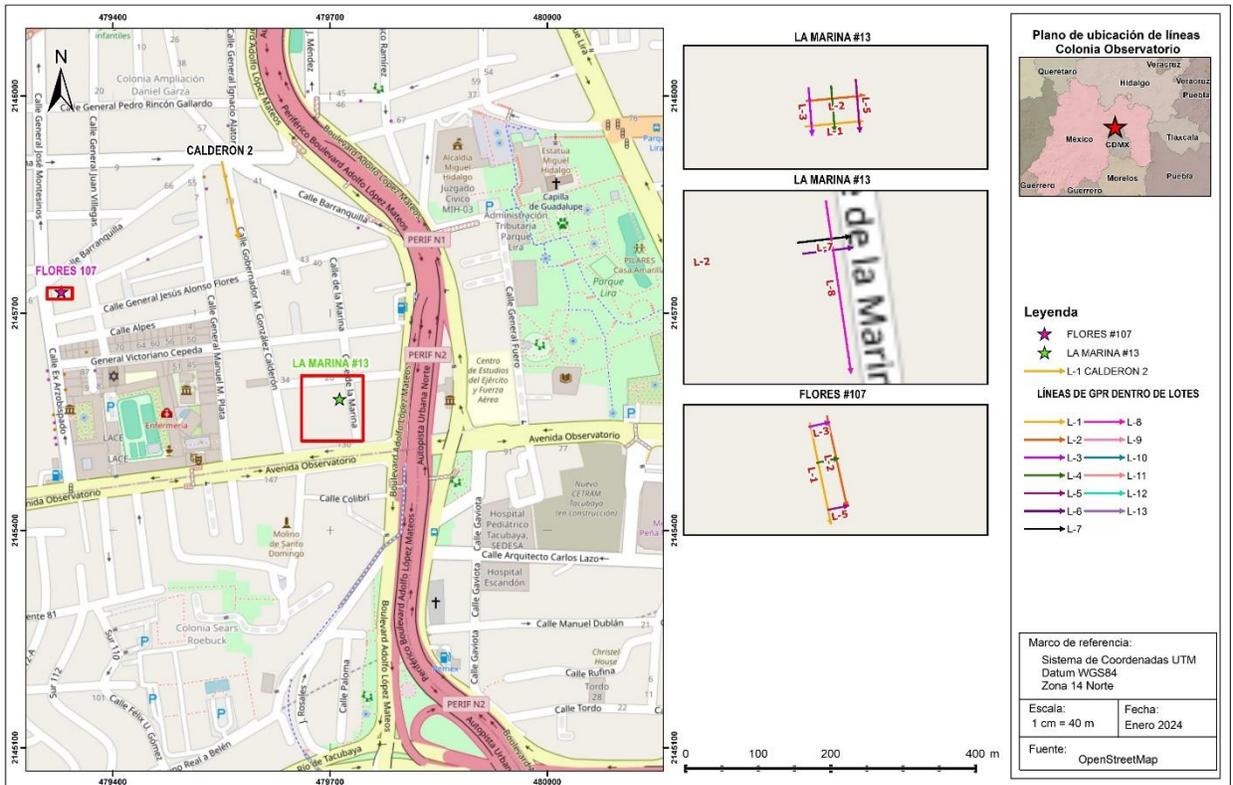


Ilustración 318 Distribución de las líneas GPR en los lotes La Marina #13 y Flores #107.

Calderón #2.

Sobre Calderón #2 se realizó una línea de GPR, debido a que vecinos comentan que puede ser la dirección preferencial de una de las minas, aunado a lo anterior algunos domicilios de la misma calle han presentado agrietamientos y hundimientos visibles.

A continuación, se muestran los radargramas de la línea de GPR obtenida después del procesamiento, es posible observar que el radargram de bajas frecuencias y atributo Envelope existe un contraste de amplitud significativo representados en tonalidades amarillas a rojos, que conforme a la escala utilizada esto se puede asociar a un posible cambio de material de relleno o una caverna parcialmente rellena, sin embargo, se recomienda verificar lo anterior mediante un sondeo mecánico.

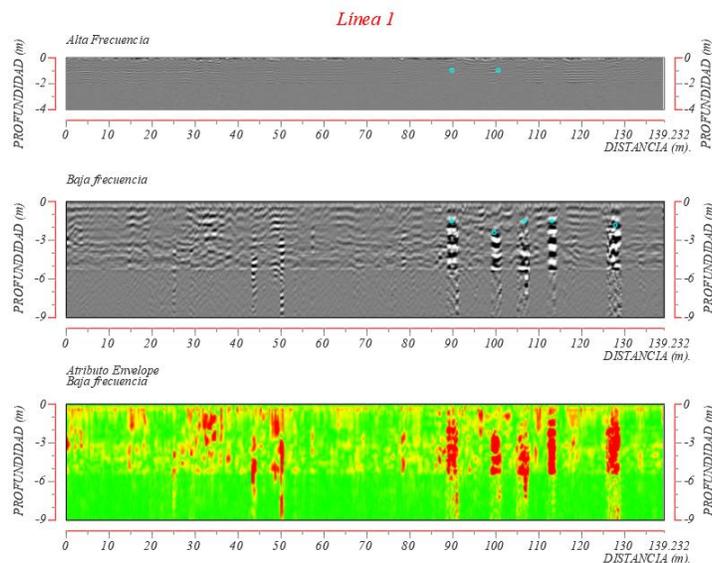


Ilustración 319 Radargramas y atributo Envelope Calderón #2 Línea 1

Generales #11

En el domicilio Generales #11 se realizaron 6 líneas de GPR en total. La distribución de líneas es la siguiente: En el interior del domicilio se llevaron a cabo las líneas 1 a 5, las líneas 1, 2 y 3 tienen dirección NO-SE, mientras que las líneas 4 y 5 son perpendiculares a las anteriores y tienen dirección SW-NE; La línea 6 se realizó por la parte de afuera de la casa paralela a la calle Generales.

A continuación, se muestran las líneas 1 a 6 de GPR, después del procesamiento es posible observar que no presentan reflectores asociados a cavidades.

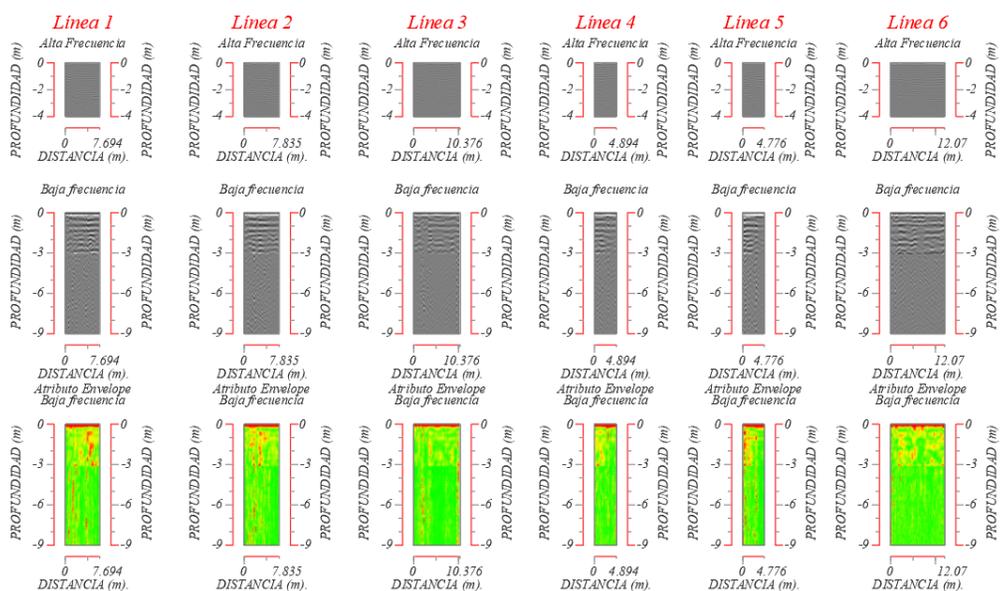


Ilustración 320 Radargramas y atributo Envelope Generales #11 de Línea 1 a 6

Chilardi #12

Se realizaron 6 líneas de GPR dentro del domicilio de Chilardi #12. La distribución de líneas es la siguiente: las líneas 1, 3 y 5 tienen dirección SE-NO las líneas 2, 4 y 6 son perpendiculares a las anteriores y tienen dirección O-E.

A continuación, se muestran las líneas 1 a 6 de GPR, después del procesamiento de los resultados es posible observar que no presentan reflectores significativos asociados a cavidades, sin embargo, la L3 y la L6, presentan ligeras tonalidades rojas a amarillas por lo que es un indicativo de que hay un cambio de material como pudiera ser material de relleno.

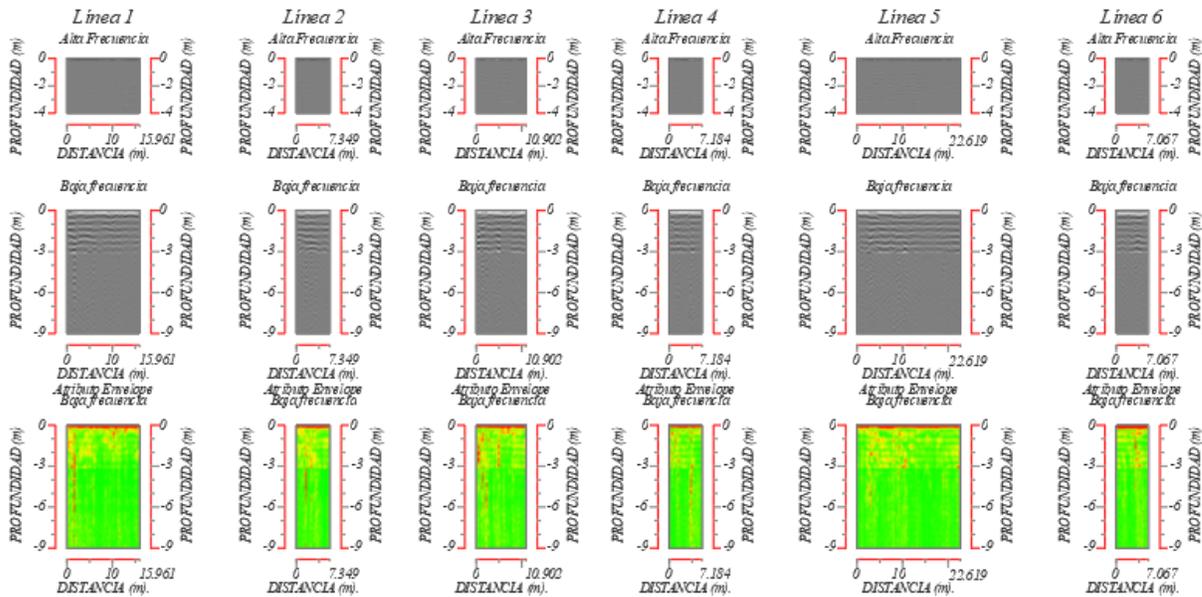


Ilustración 321. - Radargramas y atributo Envelope Chilardi #12 Línea 1 a 6

LA MARINA #13

En el domicilio #13 se realizaron 8 líneas de GPR en total distribuidas en el interior y exterior de la casa. La distribución de líneas es la siguiente: L-1 a L-5, se tomaron en el interior de la casa mientras que a partir de la línea 6 a la 8 se tomaron en el patio del inmueble, las líneas 1, 2 y 8 tienen dirección N-S, mientras que las líneas 3 a 7 son perpendiculares respectivamente a las anteriores y tienen dirección O-E.

A continuación, se muestra la línea 1 a 2 de GPR, después del procesamiento es posible observar que en los radargramas de la línea 1 y 4 existe un contraste de amplitud representado en tonalidades amarillas a rojos asociado a cavidades a poca profundidad por lo que es importante corroborar con un sondeo mecánico el material que está generando dicho contraste.

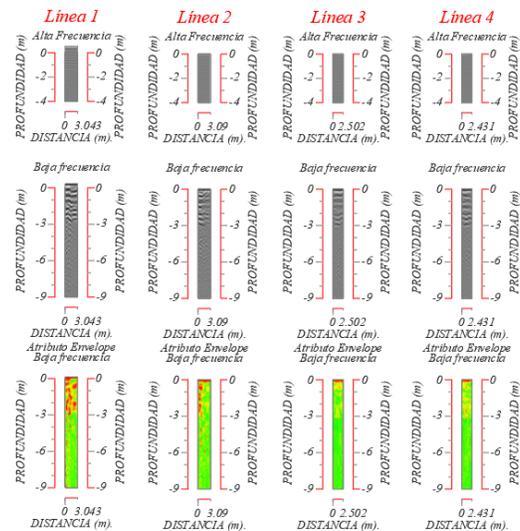


Ilustración 322 Radargramas y atributo Envelope La Marina #13 Líneas 1 a 4

Calderón#20

En el Lote de Calderón #20 se realizaron 5 líneas de GPR debido a que anteriormente se realizaron líneas en lumbreras que confirmaron la existencia de un túnel que conectaba con Chilardi #12, se realizó evidencia fotográfica y después el hueco fue tapado con material de relleno.

La distribución de líneas tomadas en el interior del domicilio es la siguiente: las líneas 4 y 5, paralelas entre ellas y tienen una dirección NO-SE, mientras que la línea 1 y 3 es perpendicular a las anteriores con dirección O-E; La línea 2 se realizó con la orientación de las líneas 1 y 3 pero fue tomada sobre la calle.

A continuación, se muestran las líneas 1 y 2 de GPR, una vez llevado a cabo el procesamiento de datos, es posible observar que en ambos radargramas mostrados existe un contraste de amplitud en colores amarillos a rojos, el cual se puede asociar a un posible cambio de material presente en el área de estudio o a una caverna que puede encontrarse vacía y/o parcialmente rellena debido a los antecedentes de la calle, sin embargo, es importante corroborar con un sondeo mecánico el material presente en el domicilio.

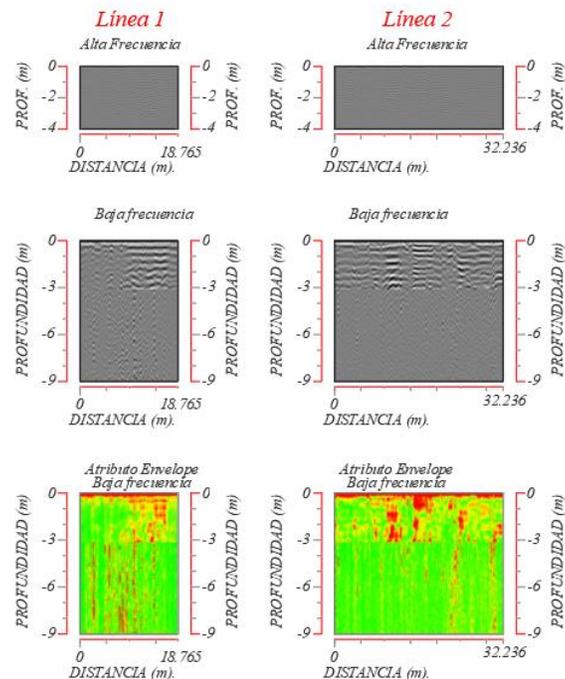


Ilustración 323 Radargramas y atributo Envelope Calderón #20 Línea 1 v 2

Plata #23

Se realizaron 4 líneas de GPR, que abarcan el interior y exterior del domicilio #23 en la calle Plata, la distribución de líneas es la siguiente: las líneas 1 y 2 tienen dirección O-E y fueron levantadas dentro del inmueble, por otro lado, la línea 3 se levantó por fuera de la casa paralela a la calle Generales, mientras que, la línea 4 se levantó paralela a la calle Manuel Plata.

A continuación, se muestra el procesamiento de todas las líneas de GPR, se observa que todas las líneas presentan tonalidades amarillas a rojos, el cual es posible que se asocie a material de relleno y/o una caverna parcialmente rellena, sin embargo, es recomendable realizar una verificación para comprobar el tipo de material que hay en el sitio de estudio.

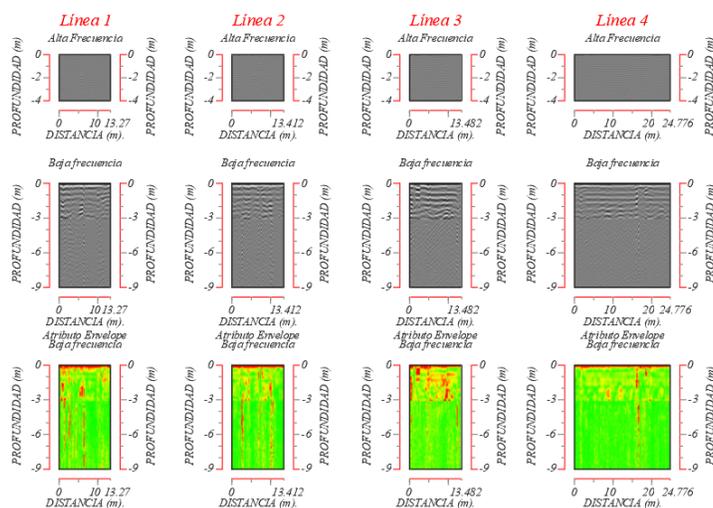


Ilustración 324 Radargramas y atributo Envelope Plata #23 Línea 1 a 4

Chilardi #25

Se realizaron 10 líneas de GPR en total en los diferentes patios del domicilio Chilardi #25. La distribución de líneas es la siguiente: en el patio delantero, se realizaron 4 líneas en total: la línea 1 a 3 son paralelas entre ellas y tienen una dirección O-E, mientras que la línea 4 cruza de manera perpendicular a las anteriores. Por otro lado, en el patio trasero se realizaron las líneas restantes dispuestas en forma de malla, la distribución fue la siguiente: la línea 5, 6 y 9 son paralelas entre ellas y tienen dirección O-E, la línea 7, 8 y 10 son perpendiculares a las anteriores y tienen dirección N-S. A continuación, se muestran los radargramas obtenidos del procesamiento de la Línea 1 a 3. La L1 es de principal interés debido a que el domicilio ha presentado ligeros hundimientos sobre esa línea.

Es posible observar en la L1 que se presentan reflectores asociados a un cambio de material en toda la línea, de mayor interés en un rango de 5 m a 7 m, por lo que hay que corroborar con un sondeo mecánico el material presente en el sitio de estudio para identificar el objeto que genera dicho cambio de amplitud.

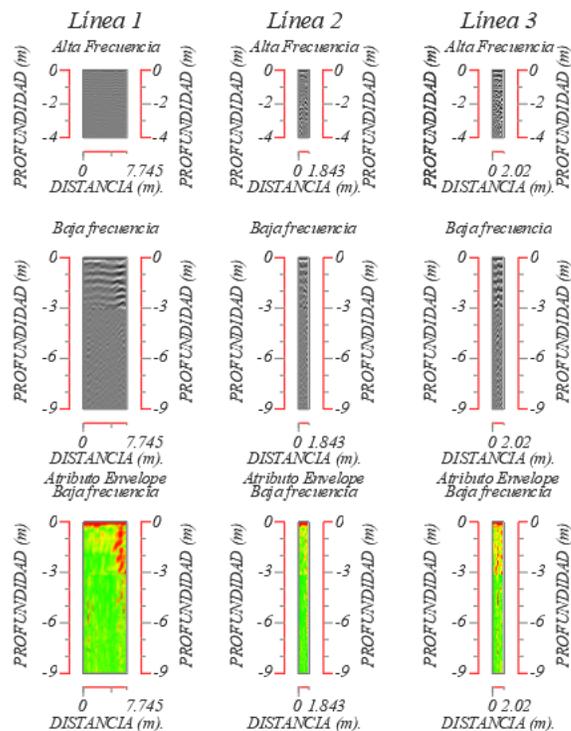


Ilustración 325 Radargramas y atributo Envelope Línea 1 a 3 de Chilardi #25

Zepeda #51

Se realizaron 2 líneas de GPR dentro del domicilio #51. La línea 1 y 2 son paralelas entre ellas, con orientación N-S. En el domicilio se han presentado ligeros hundimientos.

A continuación, se muestra el procesamiento de ambas líneas, en los radargramas obtenidos se presentan reflectores asociados a algún cambio de material o caverna por lo que es recomendable llevar a cabo un sondeo de verificación para corroborar el material presente en el sitio de estudio.

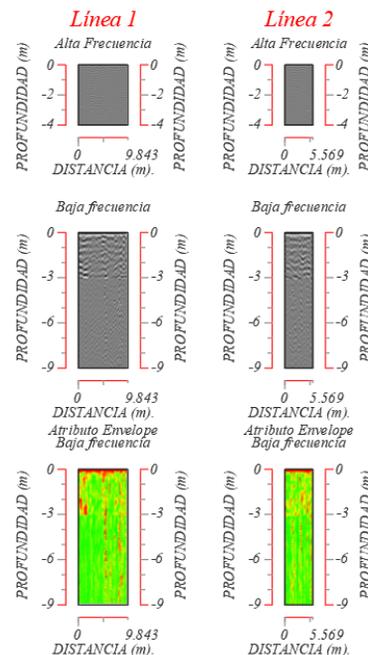


Ilustración 326 Radargramas y atributo Envelope Zepeda #51 Línea 1 y 2

Calderón #57

Por último, se realizaron 4 líneas de GPR dispuestas en un mallado que abarca el interior del domicilio Calderón #57. La distribución de líneas es la siguiente: las líneas 1, 2 y 4 tienen dirección SO-NE, mientras que las líneas 3 tiene dirección NO-SE.

A continuación, se muestra el procesamiento de las líneas 1 a 4, es posible observar que todas presentan reflectores asociados a algún cambio de material o caverna, en el sitio también son visibles las afectaciones por lo que es recomendable realizar un sondeo de verificación para descartar que existan oquedades.

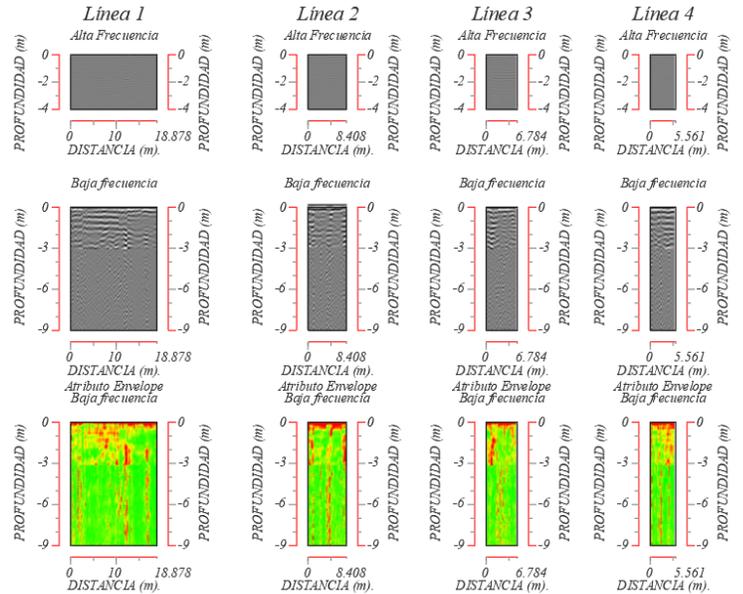


Ilustración 327 Radargramas y atributo Envelope Calderón #57 Líneas 1 a 4.

Sondeos Mecánicos.



Después de realizada la interpretación de las líneas de tomografía y de GPR se recomendó la verificación de anomalías asociadas a posibles cavidades con la finalidad de descartar esta estructura geológica y corroborar el origen de las anomalías geofísicas. La elección de anomalías se llevó a cabo en correlación con los resultados de ambas técnicas y observaciones en campo.

Se realizaron **7 Sondeos Mecánicos (SM)** dando un total de **57 m perforados**, los cuales fueron ubicados en algunas de las anomalías más representativas del área de estudio.

COORDENADAS DE SONDEOS MECÁNICOS SISTEMA MERCATOR WGS-84 UTM (14Q)

SONDEO MECÁNICO	X INICIAL	Y INICIAL
SM-1	479583.528	2145826.462
SM-2	479482.033	2145695.017
SM-3	479646.353	2145763.928
SM-4	479720.966	2145622.482
SM-5	479641.194	2145862.195
SM-6	479413.784	2145635.578
SM-7	479557.321	2145911.407

Tabla 24 Coordenadas de Sondeos Mecánicos

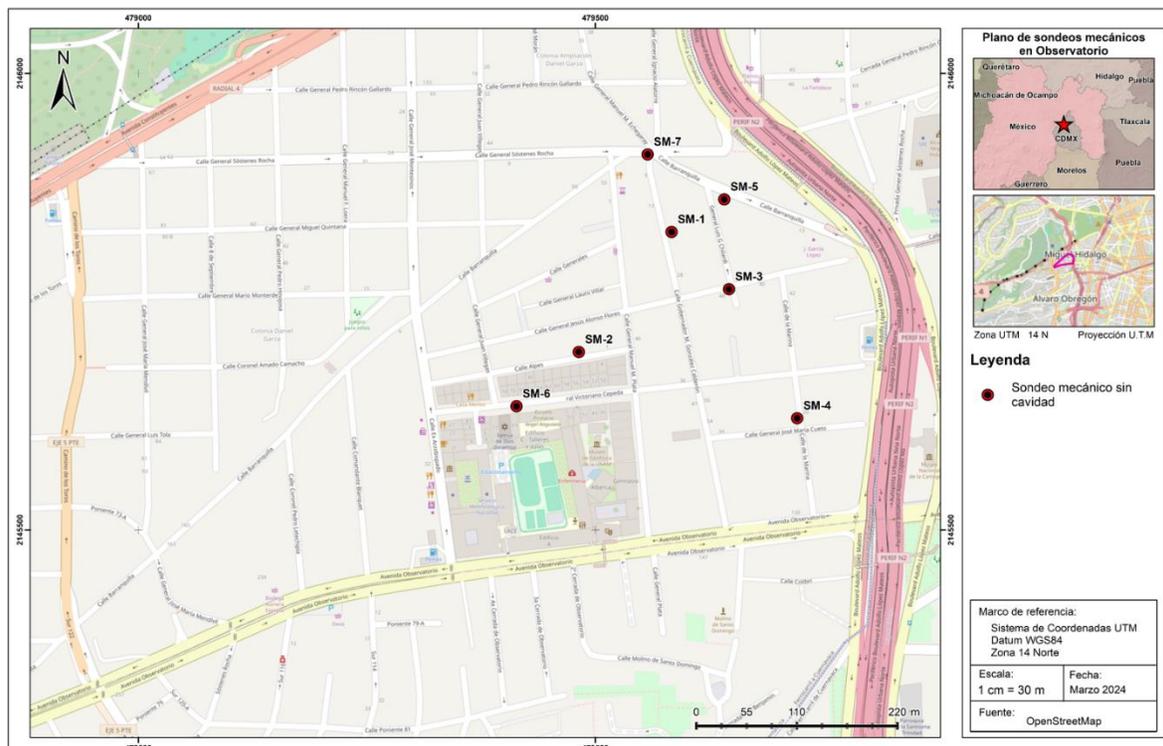


Ilustración 328 Localización de Sondeos Mecánicos.

De las 7 perforaciones realizadas, ninguna muestra cavidades.



Sondeo Mecánico		Sin Cavidad y/o zonas de fracturas, materiales arenosos, limo-arenosos y limo-arcillosos  NEGATIVO	Zonas de fracturas susceptibles a asentamientos	Cavidades
SM 1	C. Calderon #20			
SM 2	C. Alpes #15			
SM 3	C. Chilardi Electrodo 67			
SM 4	C. De La Marina Electrodo 76			
SM 5	C. Chilardi #8			
SM 6	C. Zepeda Electrodo 48			
SM 7	C. Calderón Electrodo 8			
Anomalías Detectadas			0	

Tabla 25 Resultado de las perforaciones realizadas.

SONDEO: 1			COLONIA: OBSERVATORIO		 NEGATIVO
UBICACIÓN: CALLE CALDERÓN			REFERENCIA: #20		
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES		
INICIAL	FINAL	AVANCE			
0.00	1.00	1.00	Material de relleno y arenas.		
1.00	2.00	1.00	Arenas de grano fino color café.		
2.00	3.00	1.00	Arenas finas color café amarillento.		
3.00	4.00	1.00	Limos arenosos color café amarillento.		
4.00	5.00	1.00	Limos arenosos color café con presencia de gravas.		
5.00	6.00	1.00	Arenas con gravas.		
6.00	7.00	1.00	Gravas con arenas.		
7.00	8.00	1.00	Gravas con arenas.		
8.00	9.00	1.00	Gravas con arenas.		

SONDEO: 2			COLONIA: OBSERVATORIO		 NEGATIVO
UBICACIÓN: CALLE ALPES			REFERENCIA: #15		
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES		
INICIAL	FINAL	AVANCE			
0.00	1.00	1.00	Material de relleno.		
1.00	2.00	1.00	Arenas limosas color café con presencia de gravas.		
2.00	3.00	1.00	Arenas limosas color café con presencia de gravas.		
3.00	4.00	1.00	Arenas finas con presencia de gravas.		
4.00	5.00	1.00	Gravas con presencia de arenas finas y limos.		
5.00	6.00	1.00	Gravas con presencia de arenas finas y limos.		
6.00	7.00	1.00	Gravas con arenas.		
7.00	7.50	0.50	Gravas con arenas.		



SONDEO: 3			COLONIA: OBSERVATORIO	
UBICACIÓN: CALLE CHILARDI			REFERENCIA: ELECTRODO 67	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Material de relleno.	
1.00	2.00	1.00	Material de relleno.	
2.00	3.00	1.00	Material de relleno.	
3.00	4.00	1.00	Arenas medias con presencia de limos	
4.00	5.00	1.00	Arenas medias con presencia de limos	
5.00	6.00	1.00	Limos arenosos.	
6.00	7.00	1.00	Limos arenosos.	
7.00	7.50	0.50	Limos arenosos.	

SONDEO: 4			COLONIA: OBSERVATORIO	
UBICACIÓN: CALLE DE LA MARINA			REFERENCIA: ELECTRODO 76	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Arenas de color gris oscuro.	
1.00	2.00	1.00	Arenas limosas.	
2.00	3.00	1.00	Arenas de grano fino con limos.	
3.00	4.00	1.00	Arenas de grano fino con limos.	
4.00	5.00	1.00	Arenas limosas.	
5.00	6.00	1.00	Arenas con presencia de gravas.	
6.00	7.00	1.00	Arenas con gravas.	
7.00	8.00	1.00	Arenas con gravas.	
8.00	9.00	1.00	Arenas con gravas.	

SONDEO: 5			COLONIA: OBSERVATORIO	
UBICACIÓN: CALLE CHILARDI			REFERENCIA: #8	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Material de relleno.	
1.00	2.00	1.00	Arenas limosas.	
2.00	3.00	1.00	Limos arenosos.	
3.00	4.00	1.00	Limos arenosos.	
4.00	5.00	1.00	Arenas limosas con presencia de gravas.	
5.00	6.00	1.00	Arenas con gravas.	
6.00	7.00	1.00	Gravas con arenas.	
7.00	8.00	1.00	Gravas con arenas.	



SONDEO: 6			COLONIA: OBSERVATORIO	
UBICACIÓN: CALLE ZEPEDA			REFERENCIA: ELECTRODO 48	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Arena color café amarillento de grano fino.	
1.00	2.00	1.00	Arena color café amarillento de grano fino. De 1.30 m a 1.50 m se tuvo caída de tubería por lapsos.	
2.00	3.00	1.00	Arena color café amarillento de grano fino.	
3.00	4.00	1.00	Arena color café amarillento de grano fino.	
4.00	5.00	1.00	Arena color gris claro de grano grueso.	
5.00	6.00	1.00	Arena color gris claro de grano grueso.	
6.00	6.70	0.70	Arena color gris claro de grano grueso.	
6.70	7.50	0.80	Arena color café amarillento de grano grueso.	
7.50	8.30	0.80	Caída de tubería por tramos.	
8.30	9.90	1.60	Arena color café amarillento de grano grueso.	

SONDEO: 7			COLONIA: OBSERVATORIO	
UBICACIÓN: CALLE CALDERÓN			REFERENCIA: ELECTRODO 8	
PROFUNDIDA (m)			OBSERVACIONES	
INICIAL	FINAL	AVANCE		
0.00	1.00	1.00	Arena color café amarillento de grano fino.	
1.00	2.00	1.00	Arena color café amarillento de grano fino.	
2.00	3.00	1.00	Arena color café amarillento de grano fino. Pérdida de agua a 2.40 m.	
3.00	4.00	1.00	Arena color café amarillento de grano fino. Retorno de agua a 3.20 m. Pérdida de agua a 3.80 m.	
4.00	5.00	1.00	Arena color café amarillento de grano fino.	
5.00	6.00	1.00	Arena color café amarillento de grano fino. Retorno de agua a 5.20 m.	

Plantas de Resistividad



Una vez finalizado el análisis de los perfiles de tomografía y de radar se realizaron plantas de resistividad y de anomalías de radar por medio de una interpolación entre líneas de manera horizontal, con la finalidad de obtener una correlación estratigráfica y de anomalías del área de estudio, además de la posible dirección de las cavidades, zonas de fractura y cambios estratigráficos sobresalientes.

Se obtuvo la información de las coordenadas de cada punto de atribución con el objetivo de referenciar cada lectura y así poder tener una base de datos de forma espacial (x, y, z).

Se filtraron los datos de resistividad donde se presentan las anomalías de interés que son los altos y bajos resistivos, para poder eliminar valores muy altos y bajos, causados probablemente por mediciones erróneas, que afectan el resultado.

Se agruparon todos los datos de las imágenes de resistividad, para trabajar los mismos como un conjunto unitario, una vez agrupados se exportan al Software Surfer.

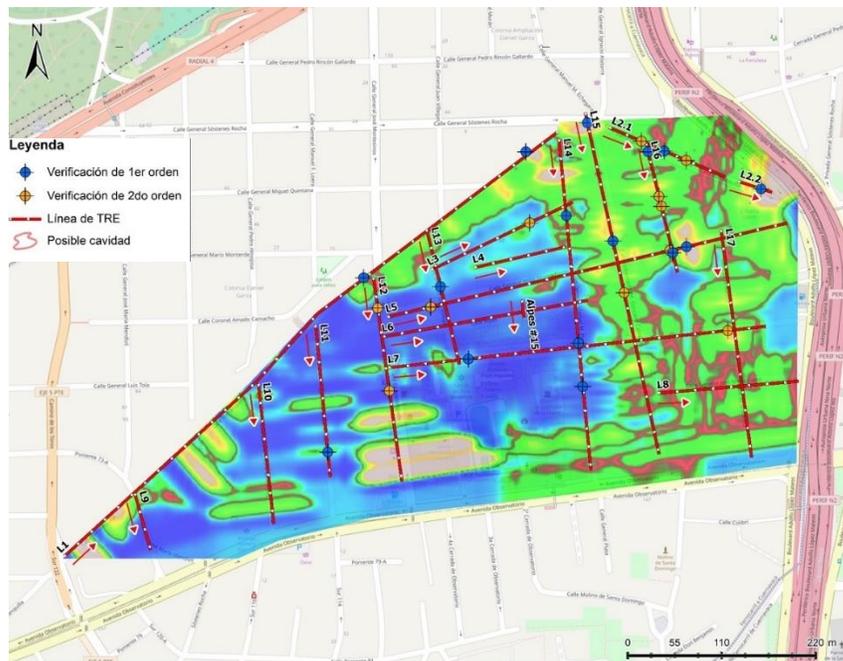
Debido a la separación entre líneas, existen zonas de incertidumbre; por lo tanto, la correlación de las anomalías, sobre todo la dirección puede variar con la mostrada en el plano de resultados. Con finalidad de apreciar a detalle las zonas de contacto susceptibles a generar zonas de fracturamiento, asentamientos y posibles cavidades, se realizaron plantas a diferentes profundidades. Las profundidades usadas fueron las siguientes: 3 y 7 m.

A continuación se describe cada una de las plantas realizadas, resaltando sus rasgos estructurales más sobresalientes

Es importante mencionar que las líneas rojas representan zonas asociadas a posibles cavidades; ya que muestran valores de resistividad similares a los que se han correlacionado a cavidades por medio de las verificaciones realizadas; por lo tanto, se infiere que estas resistividades pueden estar asociados a este tipo de estructura geológica; no obstante, para corroborar lo anterior es necesario llevar a cabo la verificación de estas; sin embargo, estas plantas nos dan un indicio de las zonas que presentan riesgo.

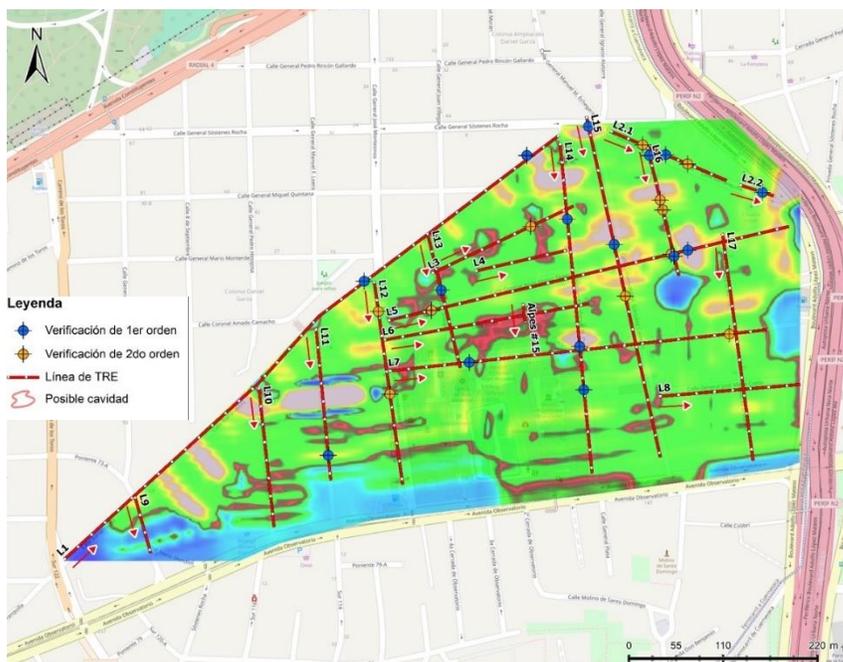
Planta de 3m de profundidad

En esta planta lo que se busca es visualizar las zonas que se correlacionan con posibles cavidades que se ubican en un rango de 3 a 5 metros de profundidad. Se pueden observar diferentes zonas que presentan posibles cavidades, sobre todo en la parte Oeste y Suroeste del área de estudio. Estas se pueden apreciar con tonalidades rojas y que están encerradas en matices verdes y amarillos.



Planta de 7 m de profundidad

La finalidad de esta planta es ubicar las posibles cavidades localizadas en un rango de profundidad de 7 a 10 m. Se aprecia que la parte Oeste y Suroeste es la que mayor presencia de anomalías correlacionadas a cavidades tiene; sin embargo, la parte central y Este del área muestra zonas asociadas a posibles cavidades.



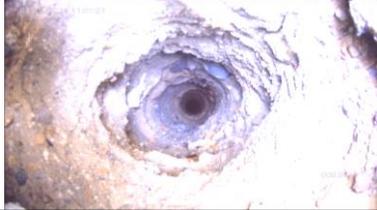
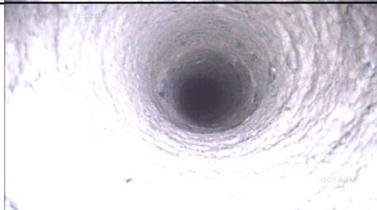
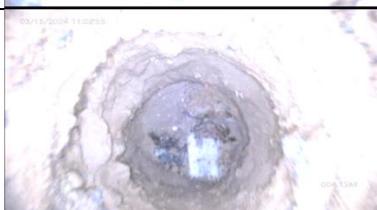
SM-1

La videograbación llevada a cabo dentro del sondeo mecánico 1, ubicado en la calle de Calderón en el predio número 20, muestra los siguientes cambios:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicio de videograbación. Superficialmente se aprecia material de relleno.	
0.57 m	Arenas limosas. Las paredes del pozo se aprecian firmes y regulares.	
2.18 m	Arenas finas con presencia de gravas.	
3.77 m	Limos arenosos con presencia de gravas. Las paredes del pozo se vuelven de forma irregular, indicio de material no consolidado.	
4.48 m	Limos arenosos con presencia de gravas.	
5.43 m	Limos arenosos con gravas.	
6.65 m	Obstrucción debida a derrumbe. Profundidad inspeccionada.	

SM-2

La videograbación llevada a cabo dentro del sondeo mecánico 2, ubicado dentro del predio #15 de la calle Alpes, muestra las siguientes imágenes:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicio de videograbación. Se observa material de relleno.	
0.95 m	Comienza estrato compuesto por arenas finas y limos.	
1.00 m	Arenas limosas con presencia de gravas.	
3.53 m	Arenas limosas con detritos volcánicos.	
4.15 m	Aumento en el tamaño de la granulometría. Aglomerado.	
4.40 m	Obstrucción debida a derrumbe. Profundidad inspeccionada.	

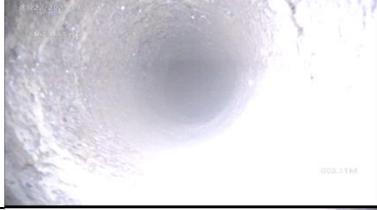
SM-3

La videograbación dentro del sondeo mecánico 3, ubicado en el electrodo número 67 de la línea de tomografía en la calle Chilardi, muestra las siguientes anotaciones:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicio de videograbación. Se observa material de relleno.	
0.59 m	Material de relleno compuesto por grava y escombro bien graduado. Se aprecian las paredes del pozo de forma muy irregular, por lo que se infiere material poco estable.	
1.80 m	Profundidad inspeccionada. Obstrucción debido a derrumbe. Se aprecian arenas de color gris oscuro.	

SM-4

La videograbación realizada en el sondeo mecánico 4, el cual se encuentra en el electrodo 76 de la línea de TRE en calle De la Marina, muestra las siguientes imágenes:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicio de videograbación.	
0.39 m	Arenas limosas de color gris oscuro.	
1.23 m	Arenas limosas.	
2.10 m	Arenas limosas.	
3.69 m	Arenas limosas. Las paredes del pozo se aprecian de forma irregular.	
5.00 m	Arenas limosas.	
6.17 m	Profundidad inspeccionada debido a obstrucción. Se aprecian pocas gravas.	

SM-6

La videograbación realizada en el electrodo 48 de la línea de la calle Zepeda muestra las siguientes imágenes:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicio de videograbación.	
0.40 m	La verificación se cierra de manera somera, indicio de material poco consolidado. Profundidad inspeccionada.	

SM-7

En la videograbación realizada en el electrodo 8 de la línea de la calle Calderón se muestran las siguientes imágenes:

Profundidad	Observación	Imagen de interés
0.00 m	Inicio de videograbación.	
0.44 m	Material de relleno.	
0.95 m	Arenas con gravas.	
1.48 m	Arenas con detritos volcánicos.	
1.72 m	Nivel de agua residual. Profundidad inspeccionada.	

Conclusiones y Recomendaciones



Tras el análisis pertinente, se constata que, a lo largo de los años, la zona previamente explotada como mina ha sido objeto de procesos de urbanización, lo cual ha resultado en una potencial amenaza para la integridad de las estructuras civiles y la seguridad de los habitantes que han ocupado dichos terrenos. Es importante señalar que las autoconstrucciones realizadas han contribuido significativamente al deterioro del entorno del estudio. Además, los sistemas de drenaje implementados desde las construcciones civiles muestran deficiencias al desembocar en cavidades existentes en el subsuelo, lo cual contribuye y agrava la situación encontrada.

En las Colonias Daniel Garza, Ampliación Daniel Garza, América se han presentado asentamientos y hundimientos del subsuelo (subsidiencias), esto debido a la posible existencia de túneles de cavidades (minas) que fueron generados por la explotación de materiales para agregados a la construcción, en este caso, tepojal.

El objetivo principal del estudio geofísico es determinar las condiciones litológicas y estratigráficas de las colonias de estudio, **donde se identificaron zonas que han sufrido afectaciones por el colapso de cavidades generadas por la extracción de materiales, filtraciones y rellenos realizados de manera inadecuada.** Este análisis detectó anomalías asociadas a cavidades, así como su distribución espacial y posibles direcciones, con el objetivo de implementar medidas de mitigación y protección para salvaguardar la seguridad de la población residente en las colonias de estudio.

De los resultados obtenidos en las imágenes de resistividad, GPR y modelado se interpretan las siguientes conclusiones:

Se registraron tres cambios sobresalientes en las características del suelo en la zona de estudio:



Cambios sobresalientes en las características del suelo en la zona de estudio

Materiales limo-arenosos con intercalaciones de arcillas.	En la parte superficial de 0 a 2m se correlacionan con materiales de relleno y arenas, y a profundidades mayores a 5m se asocian con materiales arenosos con diferentes grados de compactación.	A profundidades mayores a 3m se asocian con posibles cavidades colapsadas y/o rellenadas.
---	---	---



A continuación, se describe el resumen general de los resultados obtenidos del análisis de datos por colonia:



COLONIA DANIEL GARZA Y AMPLIACIÓN DANIEL GARZA

- Geológicamente el área se compone de dos zonas representativas definidas por diferentes plataformas y pendientes que han sido delimitadas conforme el crecimiento urbano y que están correlacionadas con la topografía del sitio. Las zonas topográficamente altas muestran materiales limo-arenosos con presencia de arcillas, mientras que las áreas topográficamente bajas están representadas por materiales arenosos y/o de extracción para el agregado de construcción (zona de minas).
- Tomando en cuenta lo anterior en los sitios topográficamente altos no se presentaron cavidades entre 3 y 10 m de profundidad corroborado mediante los sondeos mecánicos realizados, no obstante, por debajo de esas profundidades existe la posibilidad de la existencia de cavidades.
- Los sitios topográficamente bajos son más susceptibles a cavidades. Lo cual se corrobora con la perforación de los Sondeos Mecánicos, los cuales demostraron cavidades rellenas y/o colapsadas en estas zonas.

Características del subsuelo en las Colonias Daniel Garza y Ampliación Daniel Garza:

- Estructuralmente se observa que en los primeros 3 metros de profundidad se aprecian zonas de contacto que son susceptibles a generar asentamientos y fracturamientos. Se infiere que este tipo de contacto se asocia a la presencia de materiales de relleno y en algunos casos a posibles cavidades colapsadas.
- El área de estudio muestra anomalías correlacionadas con **cavidades** ubicadas en los sitios topográficamente bajos; las cuales tienen como techo en la parte más baja de 3 a 5 m y que están corroboradas con los sondeos mecánicos **No.2** en calle 8 de septiembre frente al #34, **No.5** en calle 8 de septiembre frente al #11, **No.9** en Calle Montesinos, **No.13** en calle 8 de septiembre frente al #11, **No.16** en Calle Mendivil #84 y **No.17** en Calle Sostenes Rocha #51 (Referencia apartado Sondeos Mecánicos pág. 56 y Videograbación de Pozos pág. 70).
- Se identificaron diferentes anomalías que por su geometría fueron asociadas a posibles tuberías existentes en el sitio de estudio, por otro lado, se observaron diferentes reflectores y cambios significativos de amplitud relacionados con zonas de saturación, cambios de material y posibles cavidades que pueden encontrarse vacías o parcialmente rellenas.
- En las líneas 8, 11 y 23 de Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE), no fue necesario realizar complemento con líneas de Radar de Penetración Terrestre (GPR), debido a que los resultados por sí solos son concluyentes; al no presentar anomalías relacionadas a la existencia de posibles cavidades.



COLONIA AMÉRICA

- Topográficamente se observa una variación de pendientes superficiales noroeste-sureste; por lo que se infiere que en la parte alta y media es donde se ubican la mayor cantidad de cavidades, ya que se deduce que es la zona con mayor espesor de los depósitos de material generado por un evento volcánico.

Características del subsuelo en la Colonia América:

- Tomando en cuenta lo anterior y la topografía del sitio, la zona más propensa a cavidades se ubica entre 3 y 5 m de profundidad en zonas altas; mientras que en las partes bajas los techos de las cavidades se localizaron entre 1 y 2 m. Lo antes mencionado quedó corroborado con la perforación de los Sondeos Mecánicos **No.1** en Av. Constituyentes #377, **No.2** en Cda Camino de los Toros, **No.3** en C. Poniente 75 #69, **No.7** PTE 73A #62 y **No.11** en Cda. de Constituyentes #10, los cuales demostraron cavidades y cavidades rehabilitadas con materiales blandos (Referencia apartado Sondeos Mecánicos pág. 123 y Videograbación de Pozos pág. 131).
- Estructuralmente se observan en los resultados del Radar de Penetración Terrestre y Sondeos Mecánicos que en los primeros 1.7 metros de profundidad hay zonas de contacto que son susceptibles a generar asentamientos y fracturamientos. Se infiere que este tipo de contacto se asocia a la presencia de materiales de relleno y en algunos casos a posibles cavidades colapsadas.
- El área de estudio en general muestra anomalías correlacionadas con cavidades; las cuales tienen como techo en la parte más baja de 1 a 5 metros y que están corroboradas por los Sondeos Mecánicos **No.1** en Av. Constituyentes #377, **No.2** en Cda. Camino de los Toros, **No.3** en C. Poniente 75 #69, **No.5** en PTE 73ª #50, **No.6** en PTE 73ª #56, y **No.9** en PTE 75 #29 y **No.11** en Cda. de Constituyentes #10. Es importante mencionar que las cavidades a estas profundidades en caso de colapsos geotécnicamente podrían generar asentamientos en superficie; sin embargo, estos serán menores. (Referencia apartado Sondeos Mecánicos pág. 123 y Videograbación de Pozos pág. 131).
- Se identificaron diferentes anomalías que por su geometría fueron asociadas a posibles tuberías existentes en el sitio de estudio, por otro lado, en las líneas que se realizaron en las calles, se identificaron diferentes reflectores y cambios significativos de amplitud relacionados con zonas de saturación, cambios de material y posibles cavidades que pueden encontrarse vacías o parcialmente rellenas.
- Los resultados obtenidos de los radargramas procesados e interpretados muestran que las zonas con mayor probabilidad a presentar afectaciones son la Calle Poniente 75 y Sur 128 debido a que todos los radargramas de los diferentes lotes presentan un contraste de amplitud significativa que es asociado a la presencia de cavidades, que pueden estar parcialmente rellenas o vacías. Debido a los alcances del proyecto se verificaron mediante los sondeos mecánicos y videograbaciones Camino de los toros #3, Sur 132 #45, Constituyentes #377 y Poniente #75.



COLONIA 16 DE SEPTIEMBRE

- Geológicamente el área se compone de dos zonas representativas y están relacionadas con la composición del material minado, la parte Oeste y Suroeste de la Colonia presenta materiales de granulometría fina; mientras que la Sur, Norte y Centro muestran la existencia de materiales de granulometría gruesa, los cuales eran extraídos. Lo anterior también está correlacionado con la topografía del sitio de estudio.
- En el área de estudio se observa que la zona Este, Sureste y Centro es la que muestra una mayor concentración de anomalías correlacionadas con cavidades; además es el área en la que se han reportado asentamientos y afectaciones en las viviendas, tal es el caso de Sur 138 # 52, 64 y la esquina de Sur 138 con Poniente 75A, en la cual, hace unos meses se generó un socavón por una fuga de agua; sin embargo, se infiere que también se originó por la presencia de una cavidad que no ha sido rehabilitada.
- Se identificaron anomalías correlacionadas con cavidades; las cuales tienen como techo entre 2.25 y 5.74 m y que han sido corroboradas con los Sondeos Mecánicos **No.3** Sur 13, **No. 4** Sur 140 esq. PTE 75 y **No.5** Sur 140 esq. PTE75A. Es posible que los techos más profundos se ubiquen en por debajo de 7 m. Es importante mencionar que las cavidades a estas profundidades, en caso de presentar colapsos geotécnicamente podrían generar asentamientos en superficie; sin embargo, no presenta un riesgo prominente ya que estos serían menores. (Referencia apartado Sondeos Mecánicos pág.161 y Videograbación de Pozos pág.167).
- El área de estudio en general muestra anomalías correlacionadas con cavidades rehabilitadas; las cuales tienen como techo en la parte más baja de 2.5 a 4 m y que están corroboradas con los Sondeos Mecánicos **No.1** Sur 138 #64, **No.2** Sur 138 #57, en los cuales se observa la profundidad a la cual está el cambio de material. (Referencia apartado Sondeos Mecánicos pág.161 y Videograbación de Pozos pág.167).
- Se identificaron diferentes anomalías que por su geometría fueron asociadas a posibles tuberías existentes en el sitio de estudio, se identificaron diferentes reflectores y cambios significativos de amplitud relacionados con zonas de saturación, cambios de material y posibles cavidades que pueden encontrarse vacías o parcialmente rellenas.



COLONIA OBSERVATORIO

- Los resultados de la tomografía eléctrica mostraron que geológicamente el área se puede dividir en dos zonas; la primera se ubica en la parte Oeste y centro de la colonia y está representada por materiales de granulometría fina; mientras que la segunda se localiza en la parte Este, Norte y Sureste, y está compuesta por materiales de granulometría gruesa, los cuales, se infiere eran los materiales extraídos para agregados de construcción; por lo tanto, estas zonas son más propensas a la presencia de cavidades.
- Por medio de las líneas de tomografía eléctrica se observa que se tiene de manera superficial una capa de materiales de relleno y depósitos de matriz granular de espesor promedio de 1.5 m; posteriormente se aprecia un depósito de matriz fina, el cual varía en cuanto a espesor, ya que se muestra por medio de los perfiles y plantas que este tiene un mayor espesor en las zonas centro y oeste, y disminuye hacia el norte y este de la colonia; finalmente, como base se visualizan depósitos de matriz granular los cuales se identifica que tienen un mayor espesor en las zonas más altas con referencia a la topografía del sitio de estudio.
- El área de estudio en general muestra anomalías correlacionadas con cavidades; las cuales tienen como techo en la parte más baja de 2 a 5 m. Es posible que los techos más profundos se ubiquen por debajo de 7-9 m, existe la posibilidad que las cavidades se localicen por debajo de los materiales limo-arenosos con arcillas. Es importante mencionar que las cavidades a estas profundidades, en caso de presentar colapsos geotécnicamente se generarán asentamientos menores en la superficie; sin embargo, no presenta un riesgo prominente.
- Mediante los sondeos realizados se verifica la existencia de material no consolidado de limos arenosos con presencia de gravas, material de relleno compuesto de grava y escombros, lo que se corrobora mediante los Sondeos Mecánicos **No.1** Gobernador M. G. Calderón #20, **No.2** Calle Alpes #15, **No.3** Calle Chilardi, **No.4** Calle de la Marina y **No. 6** Gral. V. Zepeda. (Referencia apartado Sondeos Mecánicos pág.202 y Videograbación de Pozos pág.208).
- Se identificaron diferentes anomalías que por su geometría fueron asociadas a posibles tuberías existentes en el sitio de estudio, se identificaron diferentes reflectores y cambios significativos de amplitud relacionados con zonas de saturación, cambios de material y posibles cavidades que pueden encontrarse vacías o parcialmente rellenas.
- Los resultados obtenidos de los radargramas procesados e interpretados muestran que las zonas con mayor probabilidad a presentar afectaciones son la calle de Chilardi, C. Gobernador M. González Calderón debido que todos los radargramas de los diferentes lotes presentan un contraste de amplitud significativa que es asociado a la presencia de cavidades, que pueden estar parcialmente rellenas o vacías.

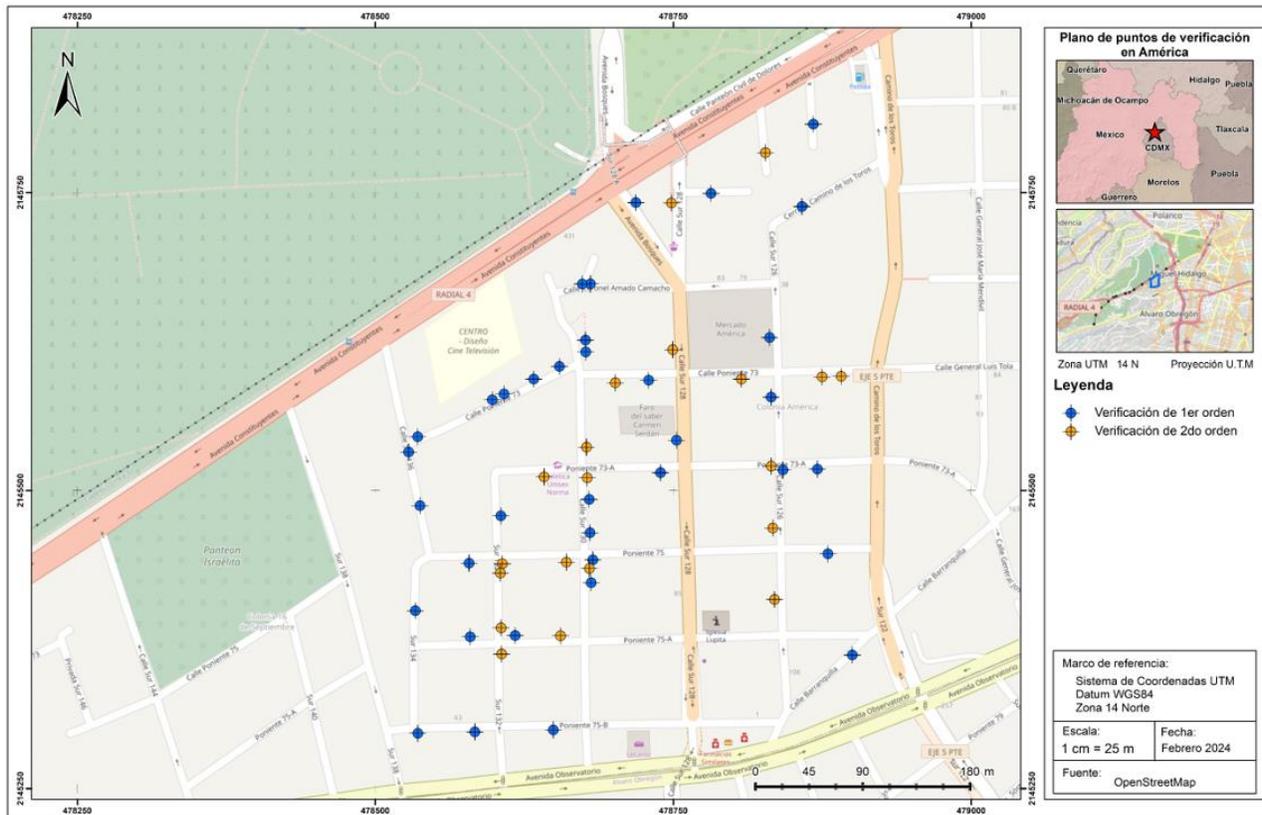


Ilustración 332 Plano de verificaciones primarias y secundarias colonia América.



Ilustración 331 Plano de verificaciones primarias y secundarias colonia 16 de septiembre

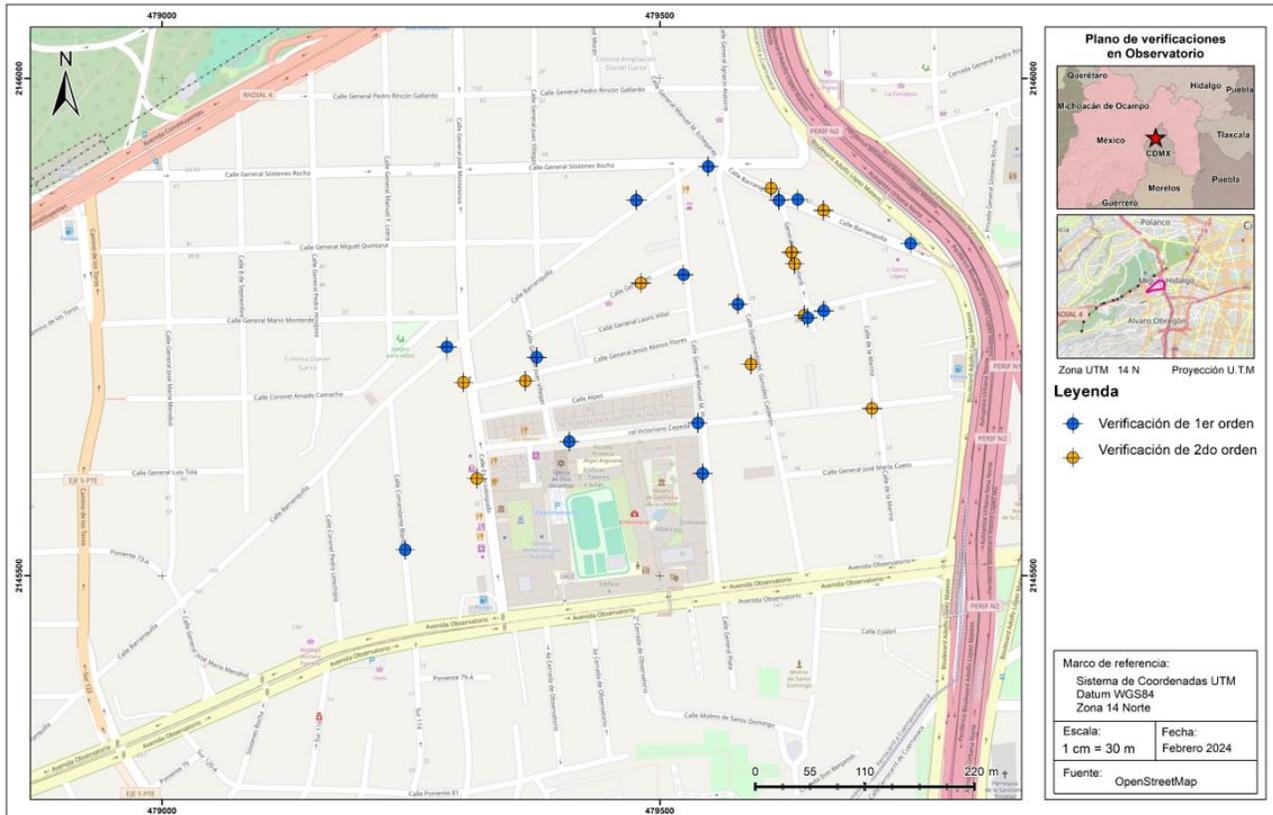
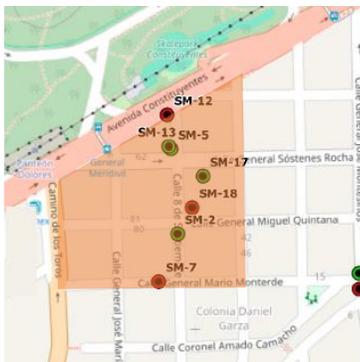


Ilustración 333 Plano de verificaciones primarias y secundarias colonia Observatorio

Con base en los resultados del estudio geofísico realizado, se evalúa la alternativa de remediación de las diferentes cavidades identificadas, con el objetivo de estabilizar y mejorar el grado de consolidación de los materiales que conforman las paredes, techo y piso de las cavidades, de tal manera reducir el riesgo que representan tales estructuras. Así mismo se identificaron zonas con potencial de afectación por cavidades, las cuales han sido verificadas mediante la correlación de los Sondeos Mecánicos y la topografía de la región objeto de estudio, las cuales se detallan a continuación:



Zona A Colonia Daniel Garza y Ampliación Daniel Garza 9,950 M2

- Camino de los Toros
- Gral. José María Mendivil.
- 8 de septiembre
- Gral. Pedro Hinojosa.
- Gral. Rincón Gallardo
- Gral. Sostenes Rocha.
- Gral. Miguel Quintana
- Gral. Mariano Monterde.



Zona B Colonia América

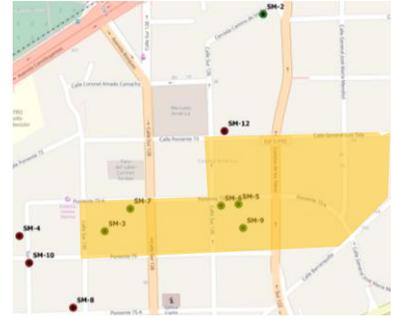
13,000 M2

- Gral. Luis Tola
- Sur 126
- Poniente 73-A
- Sur 128
- Sur 130
- Poniente 75
- Gral. José María Mendivil

Zona C Colonia 16 de Septiembre

5,100 M2

- Poniente 75
- Poniente 75-A
- Sur 138
- Poniente 75-B
- Av. Observatorio
- Sur 140



Área total: 28,050 M2

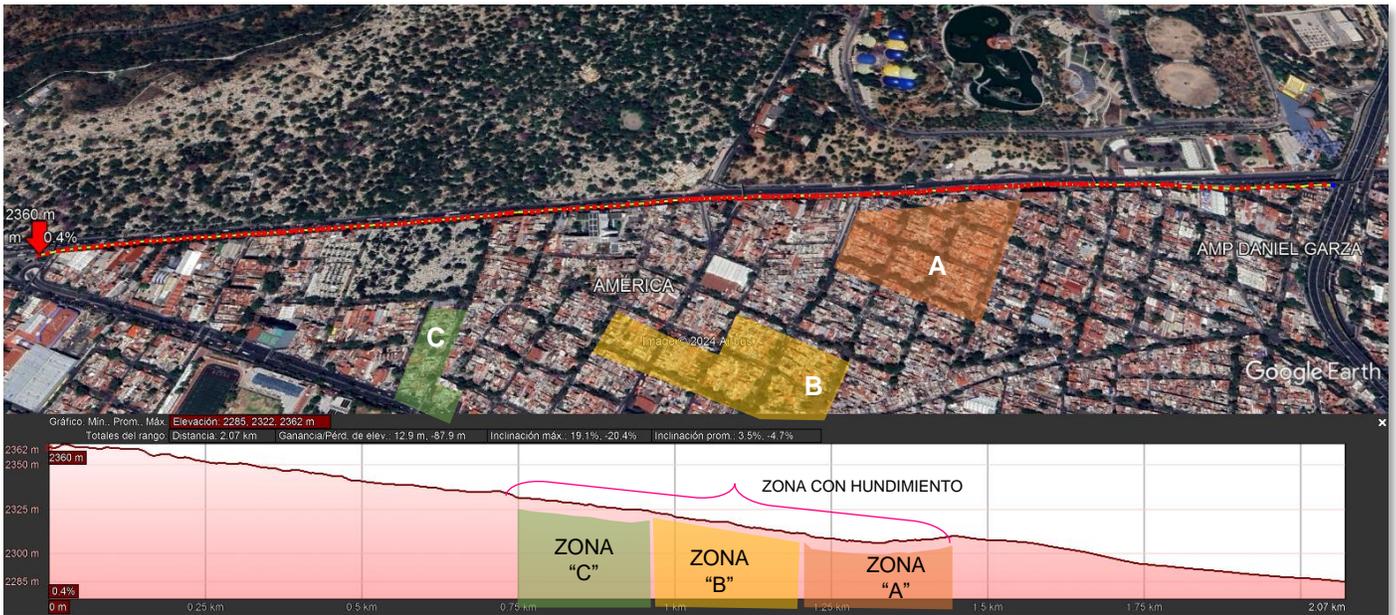


Ilustración 334 Correlación de Áreas con Topografía

La confirmación de presencia de cavidades, así como la distribución de las anomalías obtenidas durante los trabajos realizados son la base para realizar el mapeo de las mismas. Este mapeo establece los lineamientos para el diseño en la consolidación del material encajonante de las cavidades, actividad que puede ser por su relevancia en el interior de las casas cuando se determine un nivel de peligro alto.

Los trabajos para mitigar el riesgo por colapso de vialidad e inmuebles en las colonias de la zona de estudio consisten en la exploración del suelo por métodos indirectos (exploración geofísica), diseño del procedimiento para mejorar las condiciones específicas del sitio, perforación de pozos de inyección y habilitado de tubería para colocación de mezclas a inyectar, aplicación del procedimiento para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo y subsuelo para mitigar al riesgo por presencia de cavidades (ilustración 335) y por último la verificación y control de calidad de la aplicación del procedimiento para mitigar al riesgo por presencia de cavidades en el suelo y subsuelo de sustento.

SECCIÓN A-A'

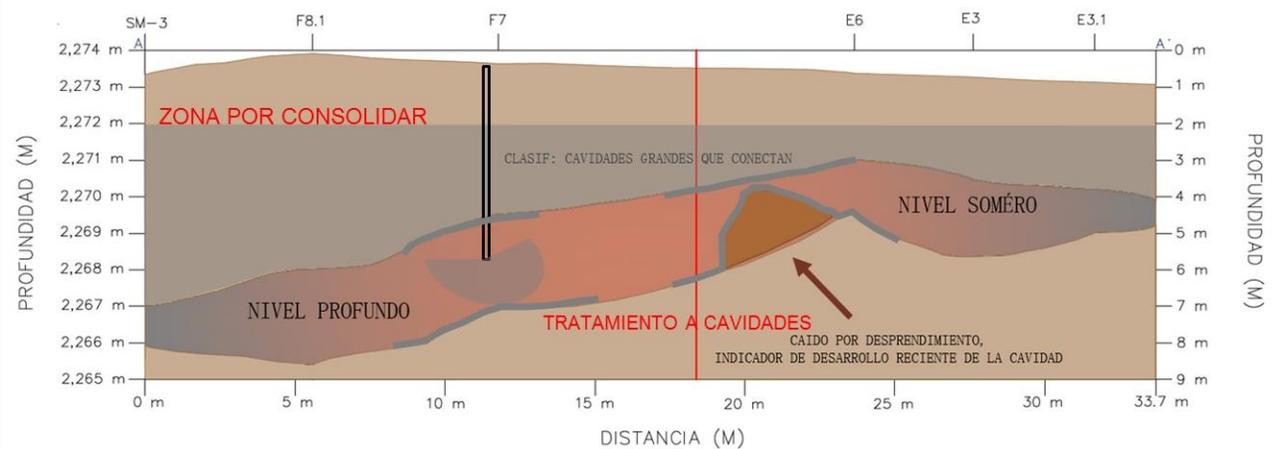


Ilustración 335 Sección tipo de la Consolidación de material encajonante

Como conclusión, se recomienda evaluar de manera inmediata alternativas de remediación para las cavidades identificadas en el estudio geofísico. El objetivo es estabilizar y mejorar la consolidación de los materiales de las paredes, techo y piso de estas cavidades, reduciendo así el riesgo que representan para las viviendas y sus habitantes. Dada la gravedad de la situación, es crucial que las medidas de remediación se implementen sin demora para evitar posibles colapsos o deslizamientos que podrían poner en peligro la vida y el patrimonio de las personas afectadas. Además, se sugiere llevar a cabo un monitoreo constante y detallado de las estructuras intervenidas para asegurar la efectividad de las soluciones aplicadas y realizar ajustes necesarios en caso de ser requeridos.