CI-AMBIENTAL
Ingeniería Geotécnica y Ambiental
con énfasis en Amenazas Geológicas y de Riesgos

INFORME SEMANAL DE AVANCE DE LAS ACTIVIDADES DE CAMPO 1
GEORRADAR – FASE I



El contratista se compromete para con el municipio de Pasto – Secretaría de Planeación a realizar la consultoría para la "EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA DIRECTA MEDIANTE PERFORACIONES MECÁNICAS POR ROTACIÓN CON MUESTREO CONTÍNUO EN DIAMETRO HQ, ENSAYOS DE LABORATORIO Y EXPLORACIÓN DE TÚNELES CON GEORADAR PARA EL BARRIO VILLA LUCÍA Y SUS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE PASTO" en marco de los convenios No. 20211583, suscrita entre el SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO y el Municipio de Pasto y el convenio No. 9677-PPAL001-1660-2021, suscrito entre el FONDO NACIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES (SPM22_74)"

Contrato No. 20221703

Julio 23 de 2022

Bogotá, D.C. Colombia
Dirección: Calle 171 # 21A-62
Tels:. (1) 726 8982 / cel.: 316 876 6310 - 317 503 0960 - 317 503 0961

Barranquilla, Colombia
Dirección: Carrera 45 # 79-202
Tels:. (5) 356 5865 / cel.: 317 368 3370
www.ciambiental.com - info@ciambiental.com

TÜVRheinland CERTIFIED
Sistema de Gestión
ISO 9001:2015
ISO 14001:2015
ISO 45001:2018
www.tuv.com
ID 9108655340

"EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA DIRECTA MEDIANTE PERFORACIONES MECÁNICAS POR ROTACIÓN CON MUESTREO CONTÍNUO EN DIAMETRO HQ, ENSAYOS DE LABORATORIO Y EXPLORACIÓN DE TÚNELES CON GEORADAR PARA EL BARRIO VILLA LUCÍA Y SUS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE PASTO"

INFORME SEMANAL DE AVANCE DE LAS ACTIVIDADES DE CAMPO 1

26 DE JUNIO A 02 DE JULIO DE 2022

GEORRADAR – FASE I

Contratante:

PASTO LA GRAN CAPITAL
ALCALDÍA MUNICIPAL

Contratista:

CI-AMBIENTAL
Ingeniería Geotécnica y Ambiental

Julio 23 de 2022

BOGOTÁ, D.C. – COLOMBIA

Contenido

1 Alcances del estudio 7
2 Prospección mediante Georradar 8
2.1 Generalidades 8
2.1.1 Objetivos 8
2.1.2 Alcance 8
2.1.3 Equipo de Trabajo 8
2.2 Características de la prospección 9
2.2.1 Equipos utilizados 9
2.2.2 Metodología y principio de operación 9
2.3 Actividades realizadas en la actividad de Prospección Geofísica 14
2.3.1 Actividades Previas 14
2.3.2 Actividades Realizadas en el Sitio 14
2.3.3 Observaciones 15
2.4 Reporte y Resultados de la Prospección Geofísica 16
2.4.1 Descripción general del Sitio 16
2.4.2 Grillas ejecutadas 17
3 Conclusiones 66

Lista de figuras

Figura 2.1 Equipo Georradar modelo ProEx 10
Figura 2.2 A la izquierda Operación del GPR , y a la derecha visualización de un objetivo. 11
Figura 2.3 Resolución de la técnica georradar. 12
Figura 2.4 Plano general del proyecto y sitios a prospectar 17
Figura 2.5 GRILLA-01: Fotografía del sitio. 18
Figura 2.6 GRILLA-01: Fotografía del sitio. 18
Figura 2.7 GRILLA-01: Mapa de perfiles de datos 19
Figura 2.8 Resultados Procesamiento a 1.9m de profundidad 19
Figura 2.9 GRILLA-01: Modelo 3D resultado de procesamiento 19
Figura 2.10 GRILLA-02: Fotografía del sitio 20
Figura 2.11 GRILLA-02: Fotografía del sitio 20
Figura 2.12 GRILLA-02: Mapa de perfiles de datos 21

Figura 2.13 GRILLA-02: Resultados Procesamiento a 1.8m de profundidad 21
Figura 2.14 Modelo 3D resultado de procesamiento 22
Figura 2.15 GRILLA-03: Fotografía del sitio 22
Figura 2.16 GRILLA-03: Fotografía del sitio 23
Figura 2.17 GRILLA-03: Mapa de perfiles de datos 23
Figura 2.18 GRILLA-03: Resultados Procesamiento a 2.2m de profundidad 23
Figura 2.19 GRILLA-03: Modelo 3D resultado de procesamiento 24
Figura 2.20 GRILLA-04: Fotografía del sitio 24
Figura 2.21 GRILLA-04: Fotografía del sitio 25
Figura 2.22 GRILLA-04: Mapa de perfiles de datos 25
Figura 2.23 GRILLA-04: Resultados Procesamiento a 1.9m de profundidad 25
Figura 2.24 GRILLA-04: Modelo 3D resultado de procesamiento 26
Figura 2.25 GRILLA-05: Fotografía del sitio. 26
Figura 2.26 GRILLA-05: Fotografía del sitio 27
Figura 2.27 GRILLA-05: Mapa de perfiles de datos 27
Figura 2.28 GRILLA-05: Resultados Procesamiento a 2.6m de profundidad 27
Figura 2.29 GRILLA-05: Modelo 3D resultado de procesamiento. 28
Figura 2.30 GRILLA-06: Fotografía del sitio 28
Figura 2.31 GRILLA-06: Fotografía del sitio 29
Figura 2.32 GRILLA-06: Mapa de perfiles de datos 29
Figura 2.33 GRILLA-06: Resultados Procesamiento a 2.2m de profundidad 29
Figura 2.34 GRILLA-06: Modelo 3D resultado de procesamiento 30
Figura 2.35 GRILLA-07: Fotografía del sitio 30
Figura 2.36 GRILLA-07: Fotografía del sitio 31
Figura 2.37 GRILLA-07: Mapa de perfiles de datos 31
Figura 2.38 GRILLA-07: Modelo 3D resultado de procesamiento 31
Figura 2.39 GRILLA-08: Fotografía del sitio 32
Figura 2.40 GRILLA-08: Fotografía del sitio 32
Figura 2.41 GRILLA-08: Mapa de perfiles de datos 33
Figura 2.42 GRILLA-08: Modelo 3D resultado de procesamiento 33
Figura 2.43 GRILLA-09: Fotografía del sitio 34
Figura 2.44 GRILLA-09: Fotografía del sitio 34
Figura 2.45 GRILLA-09: Mapa de perfiles de datos. 35
Figura 2.46 GRILLA-09: Resultados Procesamiento a 2.9m de profundidad. 35
Figura 2.47 GRILLA-09: Modelo 3D resultado de procesamiento 35
Figura 2.48 GRILLA-10: Fotografía del sitio 36
Figura 2.49 GRILLA-10: Fotografía del sitio 36
Figura 2.50 GRILLA-10: Mapa de perfiles de datos 37
Figura 2.51 GRILLA-10: Resultados Procesamiento a 3.2m de profundidad 37
Figura 2.52 GRILLA-10: Modelo 3D resultado de procesamiento 37
Figura 2.53 GRILLA-11: Fotografía del sitio. 38
Figura 2.54 GRILLA-11: Fotografía del sitio. 38

Figura 2.55 GRILLA-11: Mapa de perfiles de datos 39
Figura 2.56 GRILLA-11: Resultados Procesamiento a 2.2m de profundidad 39
Figura 2.57 GRILLA-11: Modelo 3D resultado de procesamiento 39
Figura 2.58 GRILLA-12: Fotografía del sitio. 40
Figura 2.59 GRILLA-12: Fotografía del sitio. 40
Figura 2.60 GRILLA-12: Mapa de perfiles de datos 41
Figura 2.61 GRILLA-12: Resultados Procesamiento a 2.2m de profundidad 41
Figura 2.62 GRILLA-12: Modelo 3D resultado de procesamiento 41
Figura 2.63 GRILLA-13: Fotografía del sitio 42
Figura 2.64 GRILLA-13: Fotografía del sitio 42
Figura 2.65 GRILLA-13: Mapa de perfiles de datos 43
Figura 2.66 GRILLA-13: Resultados Procesamiento a 2.2m de profundidad 43
Figura 2.67 GRILLA-13: Modelo 3D resultado de procesamiento 43
Figura 2.68 GRILLA-14: Fotografía del sitio 44
Figura 2.69 GRILLA-14: Fotografía del sitio 44
Figura 2.70 GRILLA-14: Mapa de perfiles de datos 45
Figura 2.71 GRILLA-14: Resultados Procesamiento a 2.6m de profundidad 45
Figura 2.72 GRILLA-14: Modelo 3D resultado de procesamiento. 45
Figura 2.73 GRILLA-15: Fotografía del sitio 46
Figura 2.74 GRILLA-15: Fotografía del sitio 46
Figura 2.75 GRILLA-15: Mapa de perfiles de datos 47
Figura 2.76 GRILLA-15: Resultados Procesamiento a 2.6m de profundidad 47
Figura 2.77 GRILLA-15: Modelo 3D resultado de procesamiento 47
Figura 2.78 GRILLA-16: Fotografía del sitio. 48
Figura 2.79 GRILLA-16: Fotografía del sitio 48
Figura 2.80 GRILLA-16: Mapa de perfiles de datos. 49
Figura 2.81 GRILLA-16: Resultados Procesamiento a 2.9m de profundidad. 49
Figura 2.82 GRILLA-16: Modelo 3D resultado de procesamiento. 50
Figura 2.83 GRILLA-17: Fotografía del sitio 50
Figura 2.84 GRILLA-17: Fotografía del sitio 51
Figura 2.85 GRILLA-17: Mapa de perfiles de datos 51
Figura 2.86 GRILLA-17: Resultados Procesamiento a 1.9m de profundidad 51
Figura 2.87 GRILLA-17: Modelo 3D resultado de procesamiento. 52
Figura 2.88 GRILLA-18: Fotografía del sitio 52
Figura 2.89 GRILLA-18: Fotografía del sitio 53
Figura 2.90 GRILLA-18: Mapa de perfiles de datos 53
Figura 2.91 GRILLA-18: Resultados Procesamiento a 2.6m de profundidad 53
Figura 2.92 GRILLA-18: Modelo 3D resultado de procesamiento 54
Figura 2.93 GRILLA-19: Fotografía del sitio 54
Figura 2.94 GRILLA-19: Fotografía del sitio 55
Figura 2.95 GRILLA-19: Mapa de perfiles de datos 55
Figura 2.96 GRILLA-19: Resultados Procesamiento a 2.2m de profundidad 55

Figura 2.97 GRILLA-19: Modelo 3D resultado de procesamiento. 56
Figura 2.98 GRILLA-20: Fotografía del sitio 56
Figura 2.99 GRILLA-20: Fotografía del sitio 57
Figura 2.100 GRILLA-20: Mapa de perfiles de datos 57
Figura 2.101 GRILLA-20: Resultados Procesamiento a 1.9m de profundidad 57
Figura 2.102 GRILLA-20: Modelo 3D resultado de procesamiento 58
Figura 2.103 GRILLA-21: Fotografía del sitio 58
Figura 2.104 GRILLA-21: Fotografía del sitio 58
Figura 2.105 GRILLA-21: Mapa de perfiles de datos 59
Figura 2.106 GRILLA-21: Resultados Procesamiento a 2.6m de profundidad 59
Figura 2.107 GRILLA-21: Modelo 3D resultado de procesamiento. 60
Figura 2.108 GRILLA-22: Fotografía del sitio 60
Figura 2.109 GRILLA-22: Fotografía del sitio 61
Figura 2.110 GRILLA-22: Mapa de perfiles de datos. 61
Figura 2.111 GRILLA-22: Resultados Procesamiento a 2.9m de profundidad 61
Figura 2.112 GRILLA-22: Modelo 3D resultado de procesamiento 62
Figura 2.113 GRILLA-23: Fotografía del sitio 62
Figura 2.114 GRILLA-23: Mapa de perfiles de datos 63
Figura 2.115 GRILLA-23: Resultados Procesamiento a 2.9m de profundidad 63
Figura 2.116 GRILLA-23: Modelo 3D resultado de procesamiento 63
Figura 2.117 GRILLA-24: Fotografía del sitio. 64
Figura 2.118 GRILLA-24: Mapa de perfiles de datos 64
Figura 2.119 GRILLA-24: Resultados Procesamiento a 2.9m de profundidad 65
Figura 2.120 GRILLA-24: Modelo 3D resultado de procesamiento. 65

Lista de tablas

Tabla 2.1 Relación de Personal – Levantamiento con Georradar 8
Tabla 2.2 Resolución en la técnica de Georradar 10
Tabla 2.3 Características del Georradar Modelo ProEx 13
Tabla 2.4 Grillas ejecutadas de prospección con Georradar 16

1 ALCANCES DEL ESTUDIO

El contrato, teniendo como fundamento las especificaciones técnicas previstas para el proyecto, contempla las cantidades que se relacionan en este numeral.

- Prestar servicios para la exploración de túneles con Georradar para el barrio de Villa Lucia y sus alrededores de la ciudad de Pasto.
    - Realizar la interpretación de los resultados de campo.
    - Generar un plano tridimensional con la ubicación de los túneles y su diámetro en la zona de estudio.
- Desarrollar exploraciones geotécnicas con equipo de perforación mecánica por rotación con recuperación continua de núcleos en diámetro HQ, para 20 sitios escogidos en el área del barrio para un total de 500 metros lineales de exploración, los cuales se distribuirán en el área de estudio estratégicamente.
- Obtener muestras inalteradas de los materiales geológicos perforados para su descripción visual y para la ejecución de ensayos geotécnicos de laboratorio que permitan obtener propiedades de clasificación, parámetros de resistencia y parámetros de deformabilidad.
- Identificar la profundidad del nivel de agua detectada en cada una de las exploraciones directas ejecutadas.
- Instrumentar veinte sitios de perforación mediante la instalación de cinco piezómetros tipo Casagrande y quince extensómetros.
- Realizar monitoreo de la instrumentación instalada.

Las cantidades de ensayos de laboratorio son como sigue:

- Humedad Natural: 160 Ensayos
- Granulometría por tamizado con lavado: 60 ensayos
- Lavado sobre tamiz 200: 25 ensayos
- Granulometría por hidrómetro: 10 ensayos
- Gravedad especifica: 20 ensayos
- Peso unitario: 80 ensayos
- Compresión inconfinada: 25 ensayos
- Compresión triaxial - CŪ: 25 ensayos
- Triaxial cíclicos: 25 ensayos
- Corte directo - CD, parámetros pico y residual: 25 ensayos. Duración de la prueba para la condición residual será de 4.0 horas.
- Consolidación lenta con descarga y recarga: 50 ensayos

2 PROSPECCIÓN MEDIANTE GEORRADAR

2.1 GENERALIDADES

2.1.1 Objetivos

El siguiente informe tiene por objetivo presentar los resultados de la primera fase del Servicio de Prospección Geofísica con equipo Georradar para la ubicación de los posibles túneles en el barrio de Villa Lucia y sus alrededores de la ciudad de Pasto, como un producto preliminar que será complementado con una segunda fase de levantamiento El área seleccionada como primordial, es decir la levantada en la primera fase, es el espacio en el que se han recaudado evidencias preliminares de haber concentrado las labores de explotación que generaron los túneles o socavones en Villa Lucía

2.1.2 Alcance

Por medio de la prospección geofísica con georradar en sitios prefijados en el marco del proyecto para la ubicación de los posibles túneles en el barrio de Villa Lucia y sus alrededores de la ciudad de Pasto. La selección de los sitios en los cuales se realiza la adquisición de datos con el equipo georradar, obedece a la selección realizada en la zona por parte del cliente en la que se desea concentrar el estudio.

2.1.3 Equipo de Trabajo

Conforme a los requerimientos técnicos de esta actividad, las labores de Georradar han sido ejecutadas por personal idóneo y experto en la temática. El grupo que ejecuta las labores del levantamiento está compuesto por los profesionales que se listan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Relación de Personal – Levantamiento con Georradar

Nombre	Perfil	Fechas de Participación en las Actividades
Luís Eduardo Vásquez Ávila	Geólogo Especialista en Geofísica (Líder y coordinador de actividades de campo, revisor e intérprete de la información colectada)	26 a 30 de junio, y 1 y 2 de julio de 2022
Miguel Arnulfo Saumett León	Ingeniero de sistemas Magíster en Ingeniería de Sistemas y Computación, con experiencia en el área de prospección con equipos de geofísica (georradar, tomografía eléctrica, magnetometría, inducción electromagnética)	
Ian Mitchel Rossi R.	Físico Magister en Investigación en Física	

Julián Andrés Gallego Blandón	Antropólogo	

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PROSPECCIÓN

La primera fase de la prospección geofísica con los equipos fue realizada los días 26, 27, 28, 29 y 30 de junio y el 1 y 2 de julio de 2022. El lugar de ejecución correspondió a las calles en el barrio de Villa Lucia y sus alrededores de la ciudad de Pasto.

Los trabajos realizados en el marco del objeto de este servicio, se rigieron por los Lineamientos de la documentación listada a continuación:

- GROUND PENETRATING RADAR THEORY AND APPLICATIONS
- ASTM 6432 – Standard guide for using the surface ground penetrating radar method for subsurface investigation.

2.2.1 Equipos utilizados

Georradar marca Mala modelo ProEx antena de 250MHz y Georradar marca GSSI modelo SIR-3000 antena 100Mhz. Cabe resaltar que el equipo no requiere calibración, como consta en el certificado emitido por el fabricante, que se puede consultar en el Anexo A.

Parámetros:

- TIME WINDOW: 150nS / 120nS
- SAMPLES: 512
- DEPTH: 7,0m / 8,0m
- VELOCITY: 95m/µS
- ODOMETRO: 347,8pulse/m
- DIELECTRIC: 5
- GRILLAS: De diferentes tamaños
- SEPARACIÓN CUADRICULA: 0,50m
- ANTENA: 250 MHZ / 100 MHZ

2.2.2 Metodología y principio de operación

La técnica de georradar utiliza ondas electromagnéticas para inspeccionar el suelo, estructuras de concreto y vías. El sistema de adquisición de datos (véase la Figura 2.1) por medio de una antena en una frecuencia fija emite ondas que viajan a través de la estructura, en donde estas chocan contra los diferentes elementos que se encuentran enterrados y parte de la energía de la onda se refleja y parte se refracta. El equipo por medio de un receptor capta la respuesta de cada una de estas ondas

y despliega la respuesta en una pantalla, lo cual permite que esta información sea almacenada para un posterior tratamiento de los datos.

La técnica del georradar, al igual que otras técnicas geofísicas, tiene dentro de sus posibilidades y alcance una resolución que le permite el poder detectar a cierta profundidad la ubicación de objetivos; los cuales deben cumplir con ciertas características para que puedan ser identificados. Dentro de estas características se tiene su tamaño, puesto que dentro de los estudios y pruebas realizadas con el georradar se tienen establecidos límites de los tamaños mínimos que debería tener cada objetivo para poder lograr ser visualizado por el equipo georradar. Es así como en el documento "Method Ground Penetrating Radar - GPR", se presenta una tabla de resolución para los objetivos, la cual se muestra en la Tabla 2.2. Allí mismo es posible observar una dependencia de la litología, es decir del tipo de material sobre el cual se lleva a cabo la prospección con el georradar, que determina el alcance en resolución que logra obtener el equipo GPR en la detección de objetivos de mayores dimensiones, con respeto a los valores mínimos que se muestran en la Tabla 2.2.



Figura 2.1 Equipo Georradar modelo ProEx

Tabla 2.2 Resolución en la técnica de Georradar

Resolution						
Lithology	v(m/ns)	50 MHz	100 MHz	250 MHz	400 MHz	500 MHz
Dry sand	0.135	1.35	0.675	0.27	0.16875	0.135
Wet sand	0.07	0.7	0.35	0.14	0.0875	0.07
Dry clay	0.16	1.6	0.8	0.32	0.2	0.16
Wet clay	0.06	0.6	0.3	0.12	0.075	0.06
Silt	0.09	0.9	0.45	0.18	0.1125	0.09
Water	0.03	0.3	0.15	0.06	0.0375	0.03

Table 2: Calculation of the vertical resolution (metre) at different frequencies and lithologies.

Este tipo de comportamiento se presenta, debido a que la técnica de georradar se ve afectada por la composición del terreno lo cual incide en la penetración de la energía emitida por la antena del georradar y por ende disminuye su profundidad de exploración, es así que para terrenos con alto contenido de arcilla no se logra alcanzar a una gran profundidad dadas las propiedades físicas de este

material. Ante este tipo de suelo se opta siempre por utilizar antenas de frecuencia media baja, como las antenas de 250MHz ó 100MHz.

La antena del georradar emite ondas electromagnéticas que penetran en el suelo o en estructuras de concreto, y al encontrar un cambio de material generan una respuesta (véase la Figura 2.2) que es captada de nuevo por el receptor de la antena y la unidad de adquisición de datos que a su vez muestra en el monitor. Estos radargramas que se despliegan en pantalla son el resultado de colocar cada una de las señales de respuesta una junta a la otra, con lo cual se aprecia en conjunto una Figura en dos dimensiones. En la escala horizontal está el espacio recorrido por el equipo y en la escala vertical la profundidad de penetración del GPR de acuerdo a la frecuencia de la antena y la configuración que se esté utilizando para la adquisición de datos. A su vez, los radargramas pueden mostrar formas hiperbólicas (véase la Figura 2.2) que representan posibles objetivos o líneas continuas que pueden representar cambios de estratos en los diferentes materiales.

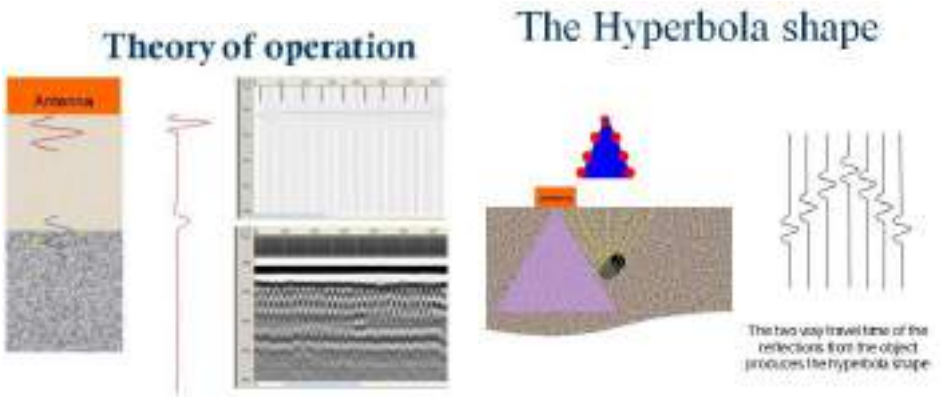


Figura 2.2 A la izquierda Operación del GPR , y a la derecha visualización de un objetivo.

Al utilizar antenas de frecuencia media baja se logra una profundidad de penetración mayor, pero al mismo tiempo se tiene un efecto colateral y es la perdida de resolución, en lo que respecta a la búsqueda de objetivos pequeños o también o se presenta el caso de objetivos que están muy cercanos el uno del otro y que sean observados como un sólo objetivo de mayor tamaño (Figura 2.3).

Debido a este tipo de limitación que presenta la técnica se plantean alternativas, como la adquisición de datos con dos antenas. Una de frecuencia media baja (250MHz) en combinación con una antena de baja frecuencia (100MHz) para ayude en la posible identificación de posibles objetivos profundos, por lo tanto entre mayor sea la profundidad de penetración los objetivos de menor tamaño no podrán ser observados por esta técnica.



Figura 2.3 Resolución de la técnica georradar.

En terrenos con un alto nivel freático las señales electromagnéticas pierden alcance en profundidad, por lo cual se aprecia una clara disminución en la profundidad de exploración de la técnica de georradar. También en sitios con cuerpos de agua dulce no es recomendable realizar la prospección, ya que el agua no permite que las señales penetren en el suelo.

La inspección en el área se llevará a cabo de la siguiente manera:

- Para la detección de objetivos se utiliza la antena de 250MHz ó 100MHz.
- La resolución para la antena de 250MHz en un terreno de arcilla está entre 12 centímetros y 32 centímetros y para la antena de 100MHz en un terreno de arcilla está entre 30 centímetros y 80 centímetros (tabla 1).
- La profundidad de penetración máxima en un terreno con buenas condiciones (ambiente geológico normal sin presencia de material con baja resistividad) para la antena de 250MHz es de 6 metros y para la antena de 100MHz es de 10 metros.

Los equipos a utilizar con el georradar modelo SIR-3000 el cual es una unidad de canal sencillo fabricado por Geophysical Survey Systems, USA; y el georradar modelo ProEx (Professional Explorer) es el de más alta especificación técnica fabricado por Mala GeoScience, Suecia, siendo esta última la empresa líder a nivel mundial en la fabricación de georradares y antenas de frecuencias bajas, medias y altas.

Este georradar, además de trabajar en modos multicanal, multifrecuencia y abarcar todo el espectro de antenas, tiene la posibilidad de guardar los datos crudos en memoria para luego hacer la descarga en un computador. Una vez descargados los datos crudos de georradar se pueden post-procesar mediante algoritmos de inversión, filtros y demás técnicas de procesamiento de señales que se encuentran disponibles en los softwares dedicados para tales fines como el RadExplorer, RADAN y GPRSlice.

El post-procesamiento permite mejorar la relación señal/ruido y así mejorar los datos del georradar con relación a su visualización en las pantallas de visualización de los sistemas de interpretación en tiempo real de georradares de baja especificación.

Con la mejora en los datos adquiridos, las condiciones para llevar a cabo la tarea de interpretación se facilitan, al realizarlo en un computador con software especializado en relación con el trabajo en campo, permitiendo disminuir el nivel de error al identificar y unir anomalías puntuales para convertirlas en anomalías lineales (tuberías, cables, refuerzos de acero). Cuando el ámbito de trabajo corresponde a zonas urbanas, plantas, refinerías o estaciones, la interpretación en tiempo real suele ser muy difícil por el gran nivel de congestión de tuberías y cables.

La presencia de muchas líneas enterradas (tuberías y cables) hace difícil la correlación de las anomalías puntuales, complicando de sobremanera la definición de las trazas (anomalías lineales). Esto último solamente se puede hacer en el computador mediante la utilización del software especializado que permite ir observando la disposición espacial de las anomalías puntuales en un plano en planta automático (eventual alineación de las anomalías puntuales para conformar una anomalía lineal: tubería o cable).

Tabla 2.3 Características del Georradar Modelo ProEx

Georradar
MALA, modelo ProEx
Antena: Es compatible con toda la gama de antenas MALÅ (baja, media y alta frecuencia)
Baterías: 5 horas dependiendo de la configuración
Almacenamiento: El Monitor MALÅ XV es una plataforma de adquisición de datos basada en Windows para adquirir datos y almacenar los datos crudos de georradar para su posterior post procesamiento.
Multicanal: Hardware de Doble Canal (Dual hardware channel); Cuatro canales de datos. Soporta máximo ocho (8) antenas
Configuraciones: Soporta configuración de antena simple, múltiple o arreglos de antenas
Diseño modular
Condiciones de Operación: IP67
Temperatura de Operación: -20° hasta +50°C / 0° hasta 120°F

- Aplicaciones:
- Detección y Mapeo de Utilidades (Cables y Tuberías)
- Arqueología y Forense
- NDT Concretos e Ingeniería Civil
- Ambientales
- Geología y Minería
- Mediciones de espesor de Hielo y Nieve
- Investigación

- Vías y Transporte

La detección de anomalías y objetivos como tuberías está sujeta a la resolución de la antena que se utilice durante la prospección geofísica para la adquisición de datos, también al tipo de material sobre el cual se realiza la prospección y a las condiciones climáticas del momento; todo esto en conjunto determina cuáles serán los posibles objetivos que pueden ser detectados/vistos por el equipo georradar y también, como hace referencia la teoría de la técnica georradar, en torno a la resolución mínima de cada antena.

2.3 ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA ACTIVIDAD DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

2.3.1 Actividades Previas

Evaluación preliminar: El objetivo de esta actividad es el de revisar la información con que se cuente relacionada con planos del lugar, imágenes y fotografías que sirvan de orientación para determinar los sitios probables en los cuales se realizará la adquisición de datos, la información que se tenga sobre el terreno y que sirva para la posterior configuración del equipo georradar en campo, así como para planificar como se llevará a cabo la adquisición de datos en campo con los equipos.

2.3.2 Actividades Realizadas en el Sitio

Reconocimiento del sitio: El objetivo de esta actividad es llevar a cabo una inspección del sitio para determinar los elementos presentes en el lugar y dadas las características del terreno, como la irregularidad del terreno, obstáculos, planear la forma en la cual se va a realizar la adquisición de datos en campo con el equipo georradar. Así se determina en campo el área en la que efectivamente se va a llevar a cabo la prospección geofísica, se establecen las dimensiones de las grillas o cuadriculas de adquisición de datos, se establece un protocolo para identificar las grillas, el trazado u orden que se va a seguir para la adquisición de datos en campo y la configuración del equipo georradar que será utilizada

Prospección Geofísica con Georradar: Con la información preliminar y del reconocimiento previo del sitio, se realizan las tareas propias de la adquisición en campo de datos con el equipo. Para esto se delimita y mide el área en la que se van a adquirir los datos con el equipo. Se determina el tipo y forma de la grilla o cuadricula que se va a utilizar para luego proceder a hacer la demarcación de esta sobre el terreno. Se realiza el ajuste/configuración del equipo para la adquisición de datos de acuerdo

al tipo de terreno y se selecciona la antena que se va a utilizar de acuerdo a la profundidad de exploración requerida. Se lleva a cabo la adquisición y almacenamiento de datos con el georradar. Se hacen anotaciones y registros sobre cada una de las grillas de datos en un diario de campo y luego se hace una copia en un medio de almacenamiento externo de la información adquirida con el equipo

La configuración de los parámetros del equipo georradar están sujetas a las condiciones del terreno que se encuentre en el lugar de la prospección. Para el caso particular de esta prospección el tipo de suelo es una vía en concreto con circulación vehicular. En general, el sitio de estudio comprende varias zonas en el proyecto para la ubicación de los posibles túneles en el barrio de Villa Lucia y sus alrededores de la ciudad de Pasto. Estos sitios son planos y son de forma regular lo cual permite el paso del equipo georradar para llevar a cabo la adquisición de datos.

La adquisición de los datos de acuerdo al objetivo de la búsqueda, que en este caso es realizar la inspección de varias zonas verdes y otras de suelo destapado, se desarrolla por medio de la demarcación de grillas o cuadriculas en la superficie con separaciones fijas. Esto se hace tomando una medición en campo del sitio, para determinar el/los rectángulos que cubrirán el área de interés, para luego demarcar perimetralmente la zona y proceder a hacer marcas sobre el terreno con separaciones fijas, para este caso en particular se han realizado mediciones con cuadriculas cuya separación es de 50 centímetros entre perfil y perfil de datos. Posteriormente mediante software especializado se llevan a cabo tareas de filtrado y conversión de la información para llegar a generar un modelo tridimensional del sitio en particular donde se halla hecho la adquisición de los datos de la cuadricula. También se define el protocolo para identificar cada una de estas grillas, para su posterior ubicación en planos.

Procesamiento de la información: Se llevan a cabo todas las tareas relacionadas con la forma e intensidad de la señal, flujos de procesamiento de señal, limpieza de ruido sobre cada uno de los perfiles adquiridos y se generan luego modelos en tres dimensiones para la interpretación y así determinar los posibles hallazgos relacionados con el objeto de la búsqueda por parte de la prospección geofísica. Una vez procesada la información, e identificados los posibles hallazgos se tiene una precisión de +/-10% al 20%. Ahora que cuando se tienen terrenos muy quebrados se dificultan las labores de interpretación al presentar segmentos a diferentes alturas que no permiten observar la continuidad de los elementos de interés en la búsqueda.

Integración de la información: Con los datos obtenidos del procesamiento de la información y demás información de referencia, se integrarán para generar el producto requerido, un diagrama o modelo en tres dimensiones que agrupa cada una de las grillas para dar una visualización general y con esto poder observar a diferentes profundidades el interior de las mismas y determinar la presencia o no de materiales extraños que fueron objeto del estudio con el equipo georradar.

2.3.3 Observaciones

Se realizan tomas de datos en un sentido (en el eje Y) ya que se desea conocer el detalle de los posibles túneles. Se utiliza la antena de 100MHz para alcanzar profundidades de hasta 8 metros y

lograr dar alcance a la estructura en el área de interés y de igual manera se usa la antena de 250MHz para un mayor detalle en todos los sitios a prospectar.

Se presentan en las imágenes una ubicación aproximada de las grillas. Luego se muestra el detalle de cada una de estas por medio de fotografías del sitio donde se realizó la prospección y las imágenes del modelo en tres dimensiones en cortes a diferentes profundidades como resultado del procesamiento de los datos adquiridos con el georradar.

2.4 REPORTE Y RESULTADOS DE LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

El software GPR-Slice fue implementado en la interpretación de los datos capturados en campo. Para su uso, se cuenta con la licencia de la empresa Geosense S.A.S. que la adquirió mediante compra realizada a Screening Eagle – Proceq; licencia que no se otorga a un equipo de cómputo en particular, pues el permiso de acceso es suministrado a través de una llave (USB), que permite su uso licenciado en cualquier equipo en el que el software esté instalado. En el Anexo A son visibles los soportes de adquisición de la licencia.

2.4.1 Descripción general del Sitio

Las áreas que fueron prospectadas están ubicadas en las vías vehiculares para la ubicación de los posibles túneles en el barrio de Villa Lucia y sus alrededores de la ciudad de Pasto. En el sitio se tienen superficies regulares que permiten el paso del equipo; por todo lo anterior se utiliza la configuración de carrito con la antena de 250MHz y rueda libre con la antena de 100MHz.

Tabla 2.4 Grillas ejecutadas de prospección con Georradar

GRILLA	LARGO (m)	ANCHO (m)	DIRECCIÓN
G-01	78	4	CRA20A de CLL9 hasta CLL11
G-02	100	4	CRA20A de CLL6 hasta CLL9
G-03	122	4	CLL9 de CRA20 hasta CRA21A
G-04	94	4	CRA21 de CLL6 hasta CLL9
G-05	122	4	CLL6 de CRA20B hasta CRA21A
G-06	73	4	CRA20B de CLL6 hasta FIN
G-07	136	6	CRA21A de CLL5A hasta CLL9
G-08	47	6	CLL9 de CRA21A hasta CRA22
G-09	59	4	CLL6 de CASA hasta CRA21A
G-10	55	4,5	CLL8 de CRA22 hasta CRA21A

GRILLA	LARGO (m)	ANCHO (m)	DIRECCIÓN
G-13	72	4	CRA22 de CLL5A hasta CLL8
G-14	28	14	Cancha 1 de polideportivo
G-15	28	15	Cancha 2 de polideportivo
G-16	29,5	15	cancha sobre CLL9 y CRA20A
G-17	73	4	CRA21 de CLL3 hasta CLL5A
G-18	104	4	CLL3 de CRA21 hasta CRA21A
G-19	102	4	CLL5 de CRA21 hasta CRA21A
G-20	104	4	CLL4 de CRA21 hasta CRA21A
G-21	55	3	Callejón + CRA20 de CLL9 hasta CLL11
G-22	42	3	CRA20 de CLL9 hasta CLL11

GRILLA	LARGO (m)	ANCHO (m)	DIRECCIÓN
G-11	82	5,5	CRA22 de CLL8 hasta CLL9
G-12	21	4,5	CLL8 de CRA22 hasta CRA22 cruce

GRILLA	LARGO (m)	ANCHO (m)	DIRECCIÓN
G-23	12	4	CLL9 de CRA20 hasta callejón
G-24	6	6	Faltante callejón + CRA20 de CLL9 hasta CLL11



Figura 2.4 Plano general del proyecto y sitios a prospectar

En el área de estudio de se realizaron veintiuna grillas o cuadriculas que fueron numeradas en orden ascendente. Estas grillas tienen una separación entre perfil y perfil de cincuenta centímetros, dado que se desea realizar una inspección de los posibles túneles (Tabla 2.4). En la Figura 2.4 se muestran un plano general del sitio y un listado general de las grillas, y en el Anexo A se incorporan los resultados de esta primera fase en formato GIS (Ráster y shape con la distribución espacial de las grillas y sus resultados, y con los puntos en los que se hallaron las mayores anomalías).

2.4.2 Grillas ejecutadas

2.4.2.1 GRILLA-01

Descripción de la Grilla 01

La GRILLA-01 se encuentra en la CRA20A con CLL9 sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la

ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.5 GRILLA-01: Fotografía del sitio.



Figura 2.6 GRILLA-01: Fotografía del sitio.

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 01

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

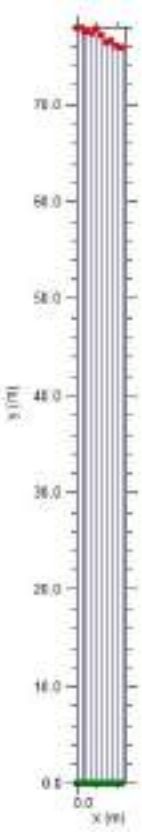


Figura 2.7 GRILLA-01: Mapa de perfiles de datos

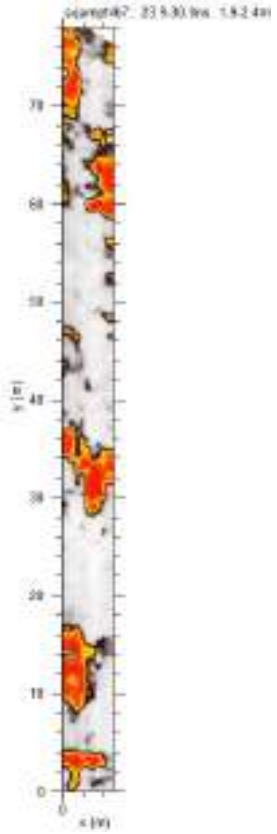


Figura 2.8 Resultados Procesamiento a 1.9m de profundidad

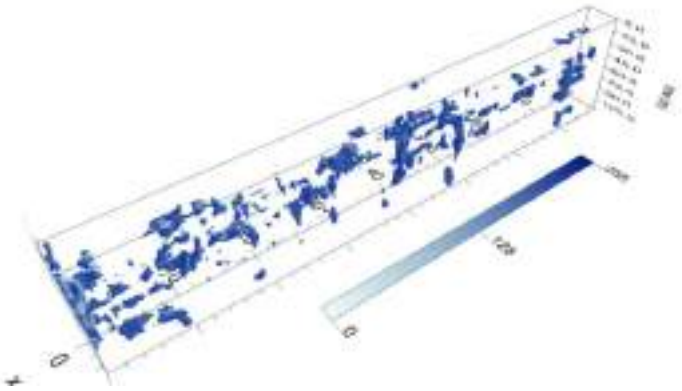


Figura 2.9 GRILLA-01: Modelo 3D resultado de procesamiento

2.4.2.2 GRILLA-02

Descripción de la Grilla 02

La GRILLA-02 se encuentra en la CRA20A con CLL6 sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la

ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.10 GRILLA-02: Fotografía del sitio



Figura 2.11 GRILLA-02: Fotografía del sitio

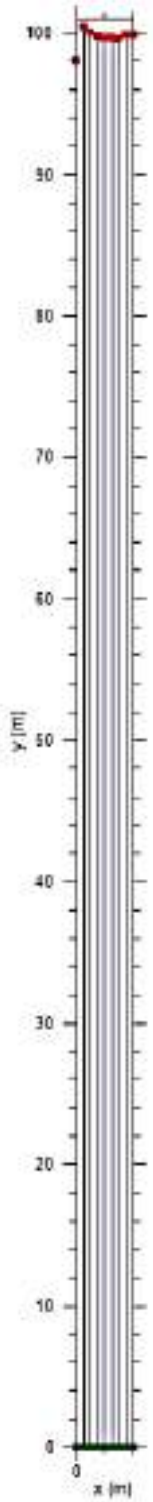


Figura 2.12 GRILLA-02: Mapa de perfiles de datos

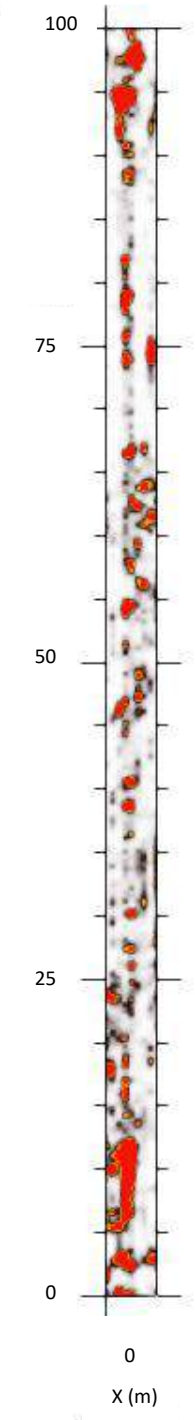


Figura 2.13 GRILLA-02: Resultados Procesamiento a 1.8m de profundidad

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 02

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

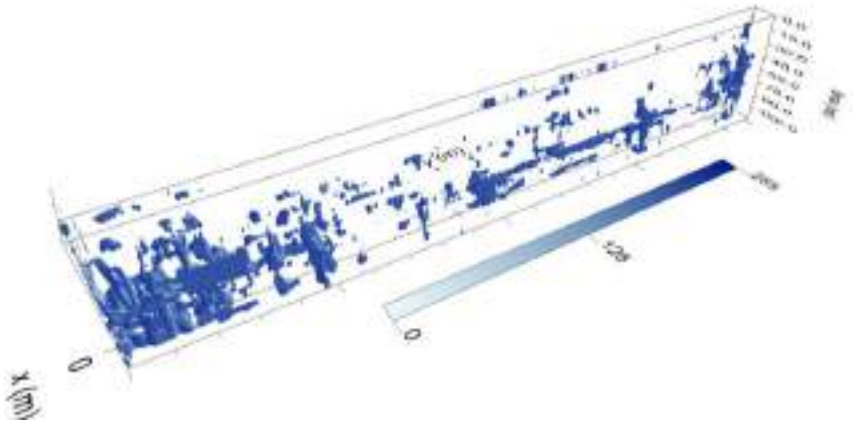


Figura 2.14 Modelo 3D resultado de procesamiento

2.4.2.3 GRILLA-03

Descripción de la Grilla 03



Figura 2.15 GRILLA-03: Fotografía del sitio

La GRILLA-03 se encuentra en la CLL 9 con CRA20 sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.16 GRILLA-03: Fotografía del sitio

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 03

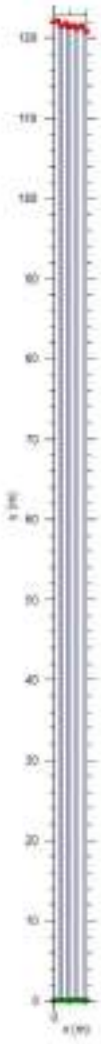


Figura 2.17 GRILLA-03: Mapa de perfiles de datos

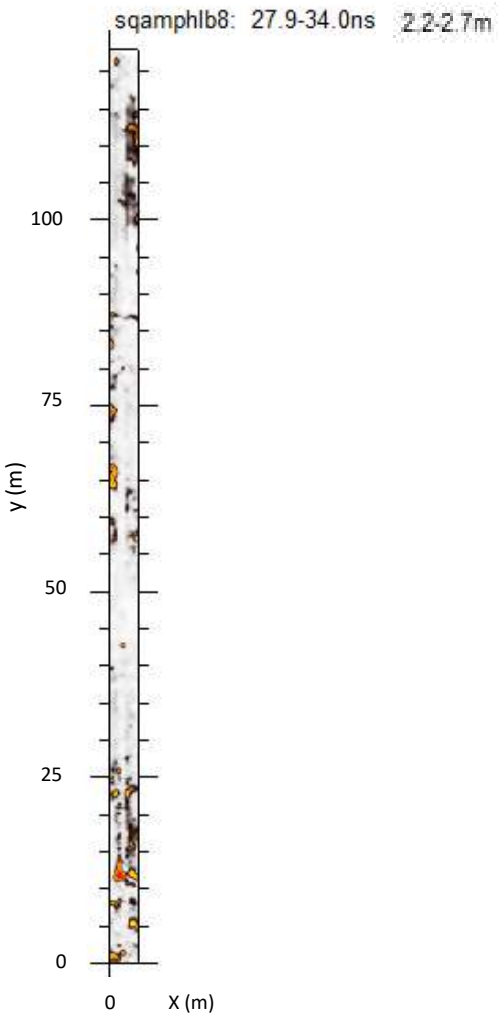


Figura 2.18 GRILLA-03: Resultados Procesamiento a 2.2m de profundidad

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

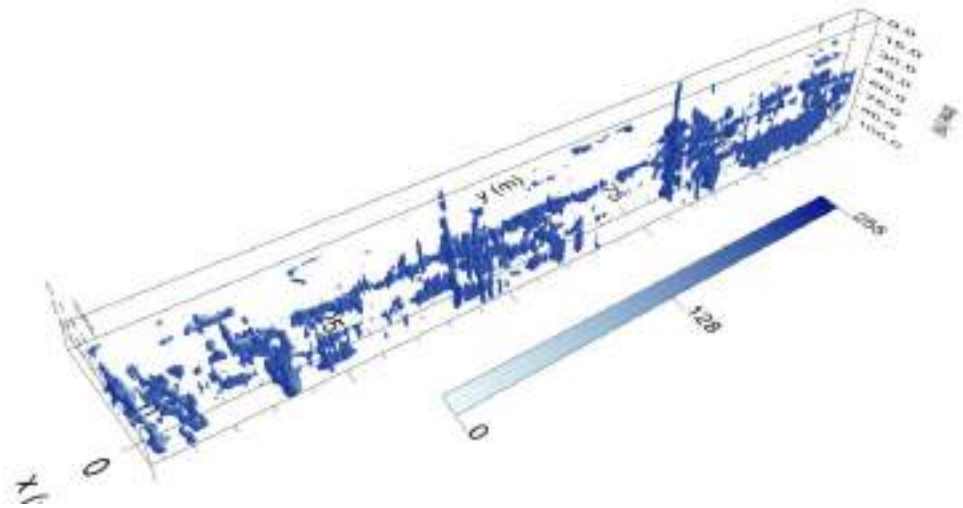


Figura 2.19 GRILLA-03: Modelo 3D resultado de procesamiento

2.4.2.4 GRILLA-04

Descripción de la Grilla 04

La GRILLA-04 se encuentra en la CRA21 con CLL6 sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.20 GRILLA-04: Fotografía del sitio



Figura 2.21 GRILLA-04: Fotografía del sitio



Figura 2.22 GRILLA-04: Mapa de perfiles de datos

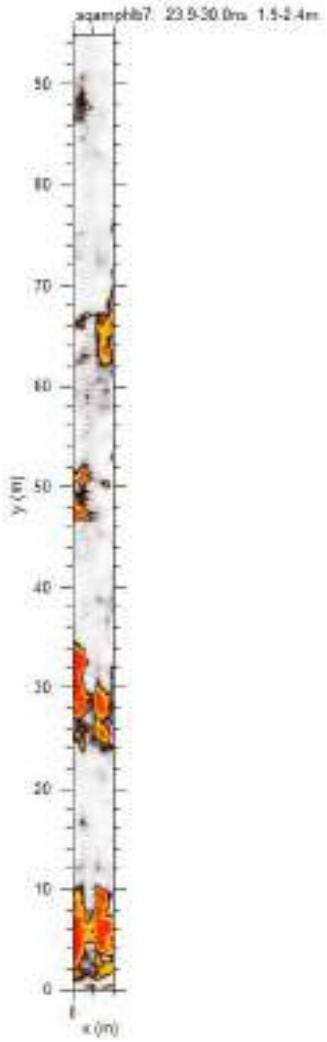


Figura 2.23 GRILLA-04: Resultados Procesamiento a 1.9m de profundidad

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 04

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

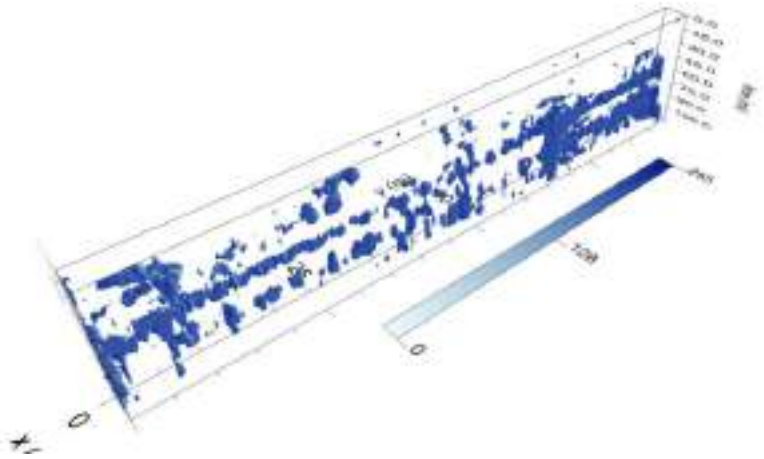


Figura 2.24 GRILLA-04: Modelo 3D resultado de procesamiento

2.4.2.5 GRILLA-05

Descripción de la Grilla 05

La GRILLA-05 se encuentra en la CLL6 con CRA20B sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.25 GRILLA-05: Fotografía del sitio.



Figura 2.26 GRILLA-05: Fotografía del sitio



Figura 2.27 GRILLA-05: Mapa de perfiles de datos

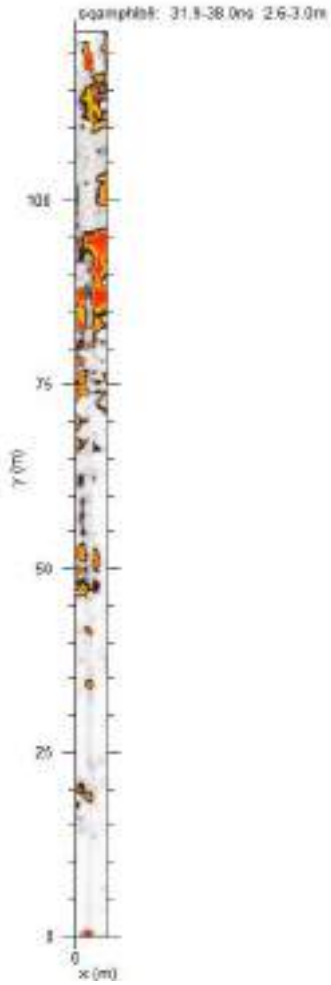


Figura 2.28 GRILLA-05: Resultados Procesamiento a 2.6m de profundidad

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 05

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

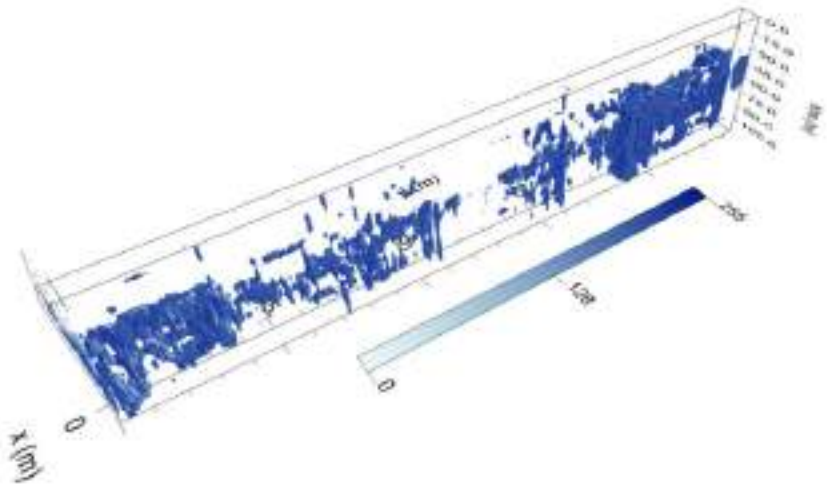


Figura 2.29 GRILLA-05: Modelo 3D resultado de procesamiento.

2.4.2.6 GRILLA-06

Descripción de la Grilla 06

La GRILLA-06 se encuentra en la CRA20B con CLL6 sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.30 GRILLA-06: Fotografía del sitio



Figura 2.31 GRILLA-06: Fotografía del sitio

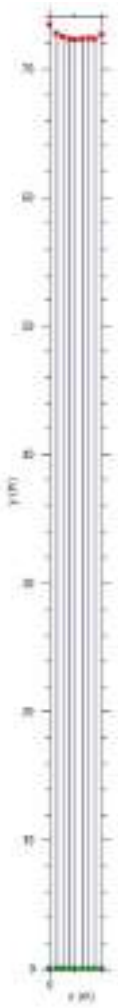


Figura 2.32 GRILLA-06: Mapa de perfiles de datos

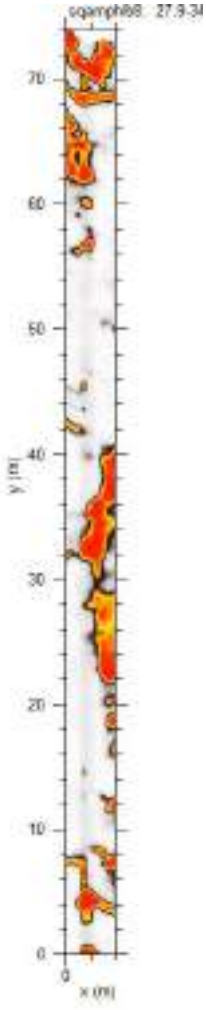


Figura 2.33 GRILLA-06: Resultados Procesamiento a 2.2m de profundidad

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 06

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

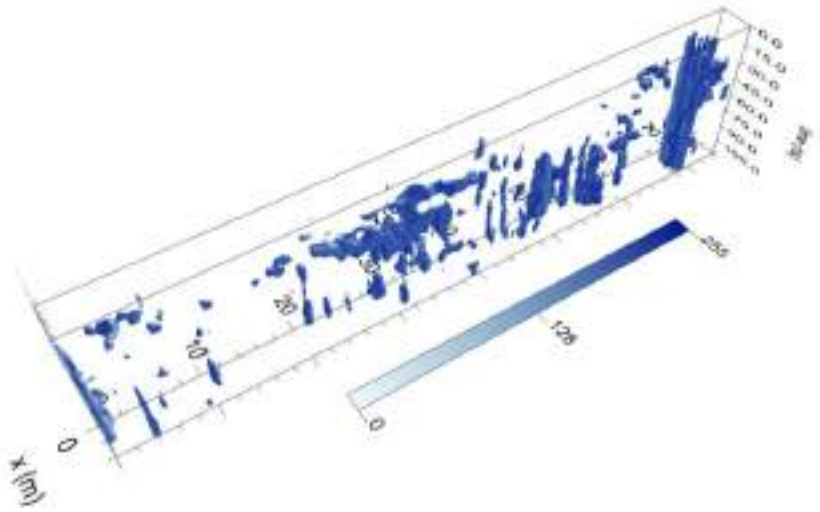


Figura 2.34 GRILLA-06: Modelo 3D resultado de procesamiento

2.4.2.7 GRILLA-07

Descripción de la Grilla 07

La GRILLA-07 se encuentra en la CRA21A con CLL5A sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.35 GRILLA-07: Fotografía del sitio



Figura 2.36 GRILLA-07: Fotografía del sitio

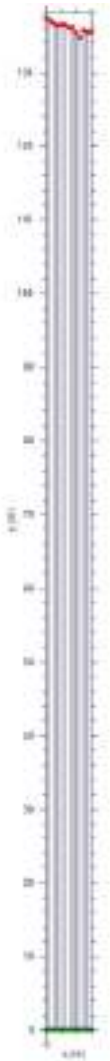


Figura 2.37 GRILLA-07: Mapa de perfiles de datos

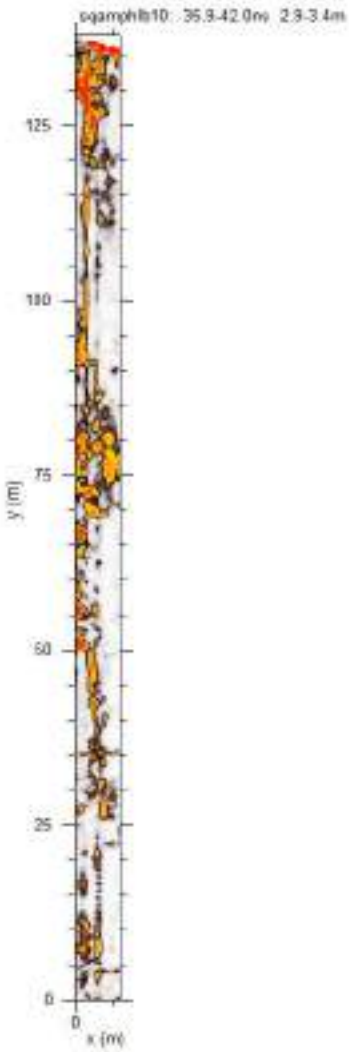


Figura 2.38 GRILLA-07: Modelo 3D resultado de procesamiento

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 07

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

2.4.2.8 GRILLA-08

Descripción de la Grilla 08

La GRILLA-08 se encuentra en la CLL9 con CRA21A sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.39 GRILLA-08: Fotografía del sitio



Figura 2.40 GRILLA-08: Fotografía del sitio

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 08

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

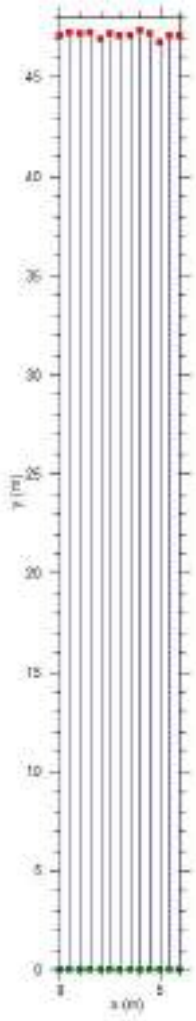


Figura 2.41 GRILLA-08: Mapa de perfiles de datos

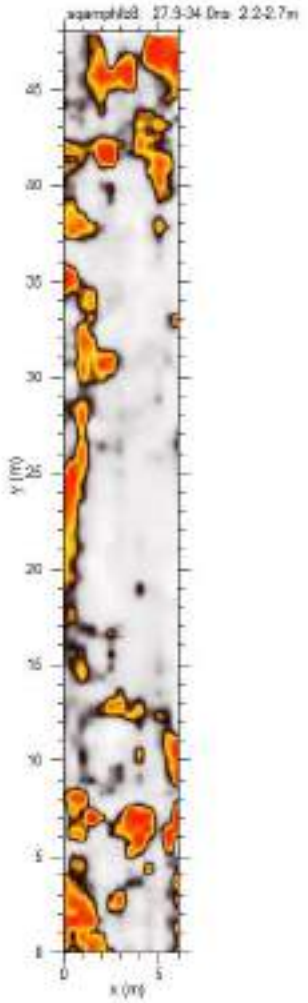


Figura 2.42 GRILLA-08: Modelo 3D resultado de procesamiento

2.4.2.9 GRILLA-09

Descripción de la Grilla 09

La GRILLA-09 se encuentra en la CLL6 con CRA21A sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la

ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.43 GRILLA-09: Fotografía del sitio



Figura 2.44 GRILLA-09: Fotografía del sitio

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 09

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

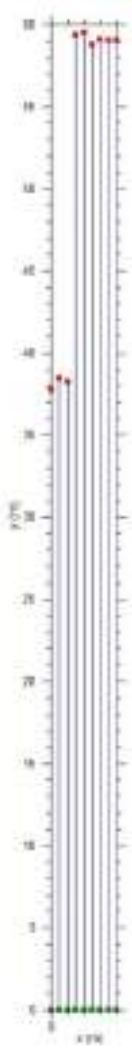


Figura 2.45 GRILLA-09: Mapa de perfiles de datos.

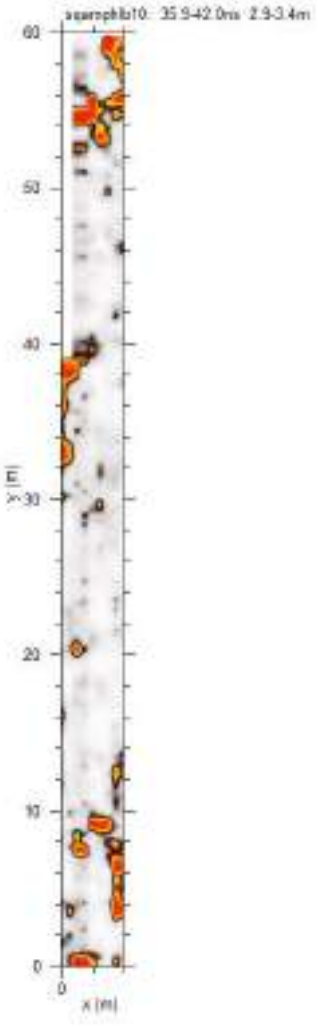


Figura 2.46 GRILLA-09: Resultados Procesamiento a 2.9m de profundidad.

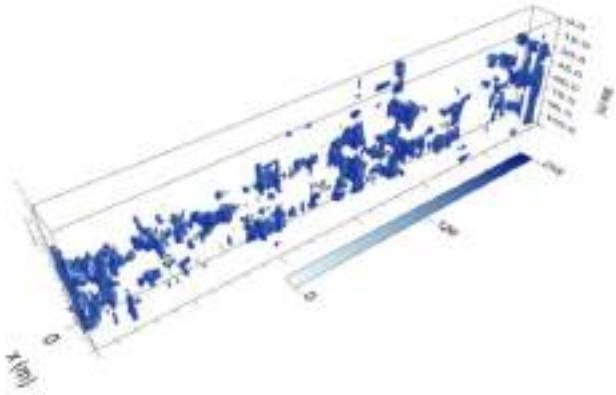


Figura 2.47 GRILLA-09: Modelo 3D resultado de procesamiento

2.4.2.10 GRILLA-10

Descripción de la Grilla 10

La GRILLA-10 se encuentra en la CLL8 con CRA22 sobre un suelo afirmado. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.48 GRILLA-10: Fotografía del sitio



Figura 2.49 GRILLA-10: Fotografía del sitio



Figura 2.50 GRILLA-10: Mapa de perfiles de datos

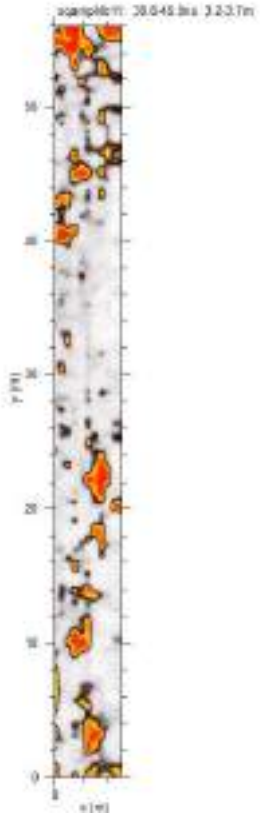


Figura 2.51 GRILLA-10: Resultados Procesamiento a 3.2m de profundidad

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 10

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

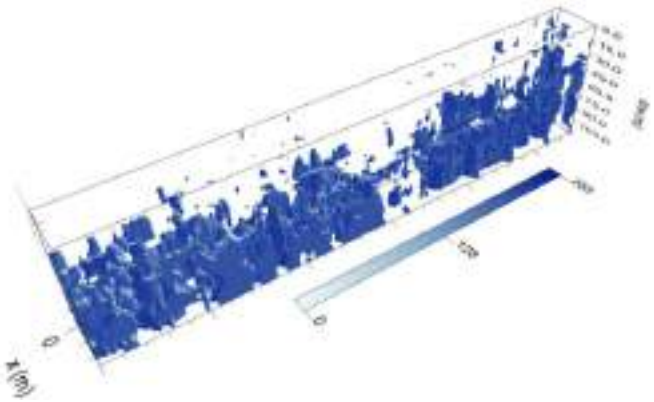


Figura 2.52 GRILLA-10: Modelo 3D resultado de procesamiento

2.4.2.11 GRILLA-11

Descripción de la Grilla 11

La GRILLA-11 se encuentra en la CRA22 con CLL8 sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.53 GRILLA-11: Fotografía del sitio.



Figura 2.54 GRILLA-11: Fotografía del sitio.

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 11



Figura 2.55 GRILLA-11: Mapa de perfiles de datos

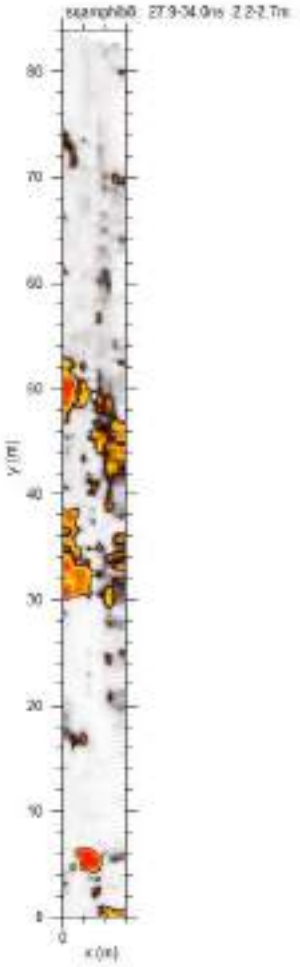


Figura 2.56 GRILLA-11: Resultados Procesamiento a 2.2m de profundidad

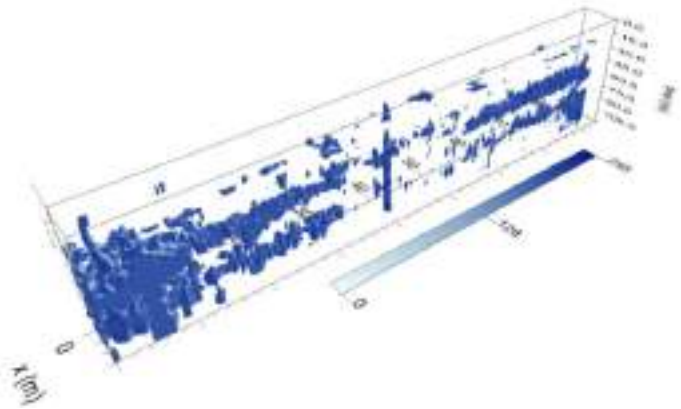


Figura 2.57 GRILLA-11: Modelo 3D resultado de procesamiento

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

2.4.2.12 GRILLA-12

Descripción de la Grilla 12

La GRILLA-12 se encuentra en la CLL8 con CRA22 sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.58 GRILLA-12: Fotografía del sitio.



Figura 2.59 GRILLA-12: Fotografía del sitio.



Figura 2.60 GRILLA-12: Mapa de perfiles de datos

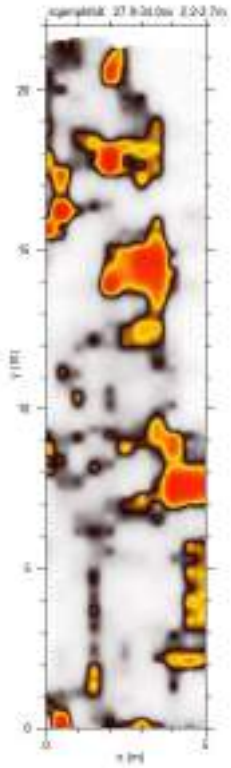


Figura 2.61 GRILLA-12: Resultados Procesamiento a 2.2m de profundidad

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 12

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

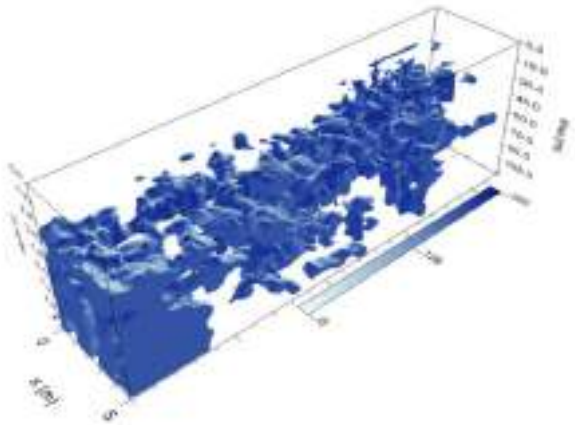


Figura 2.62 GRILLA-12: Modelo 3D resultado de procesamiento

2.4.2.13 GRILLA-13

Descripción de la Grilla 13

La GRILLA-13 se encuentra en la CRA22 con CLL5A sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.63 GRILLA-13: Fotografía del sitio



Figura 2.64 GRILLA-13: Fotografía del sitio

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 13



Figura 2.65 GRILLA-13: Mapa de perfiles de datos



Figura 2.66 GRILLA-13: Resultados Procesamiento a 2.2m de profundidad

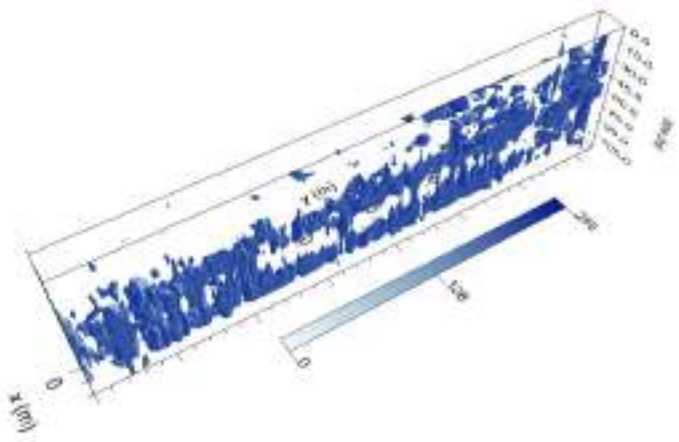


Figura 2.67 GRILLA-13: Modelo 3D resultado de procesamiento

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en

posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

2.4.2.14 GRILLA-14

Descripción de la Grilla 14

La GRILLA-14 se encuentra en la CANCHA 1 de Polideportivo sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.68 GRILLA-14: Fotografía del sitio



Figura 2.69 GRILLA-14: Fotografía del sitio

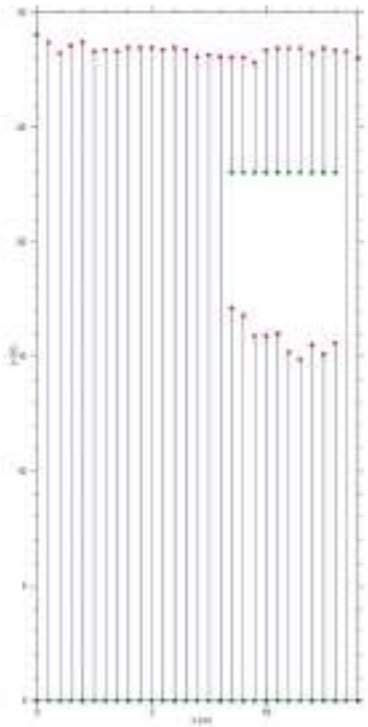


Figura 2.70 GRILLA-14: Mapa de perfiles de datos

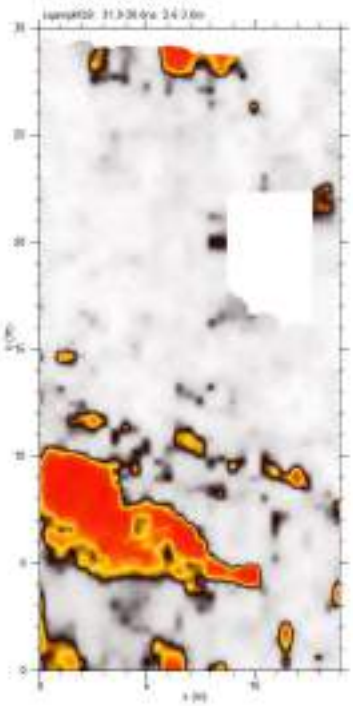


Figura 2.71 GRILLA-14: Resultados Procesamiento a 2.6m de profundidad

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 14

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

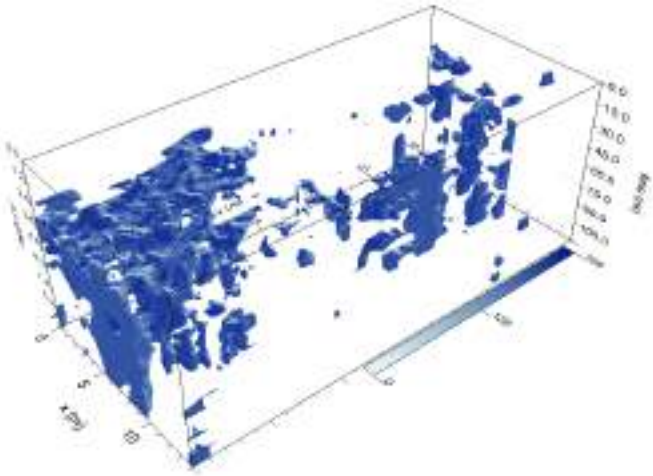


Figura 2.72 GRILLA-14: Modelo 3D resultado de procesamiento.

2.4.2.15 GRILLA-15

Descripción de la Grilla 15

La GRILLA-15 se encuentra en la CANCHA 2 de Polideportivo sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.73 GRILLA-15: Fotografía del sitio



Figura 2.74 GRILLA-15: Fotografía del sitio

Resultados de la Prospección Geofísica para La Grilla 15

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en

posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

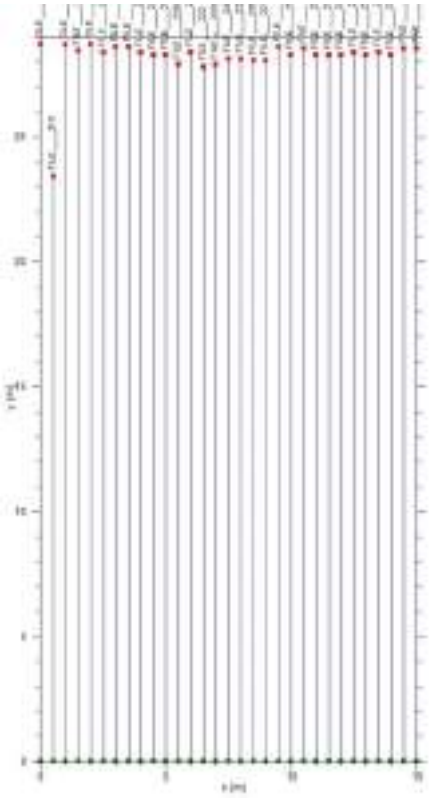


Figura 2.75 GRILLA-15: Mapa de perfiles de datos

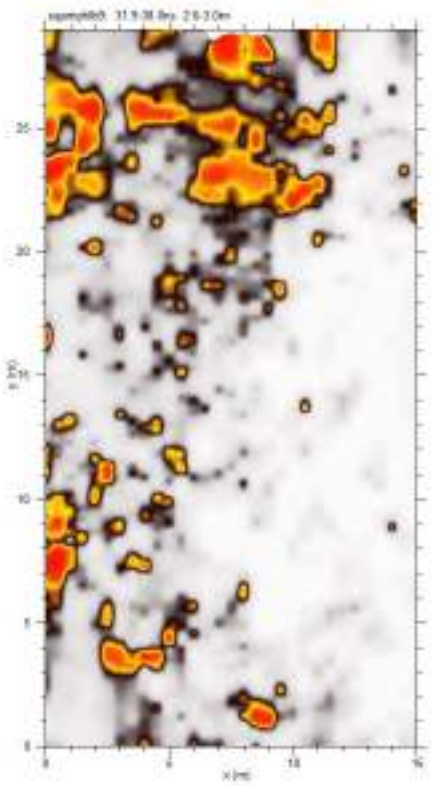


Figura 2.76 GRILLA-15: Resultados Procesamiento a 2.6m de profundidad

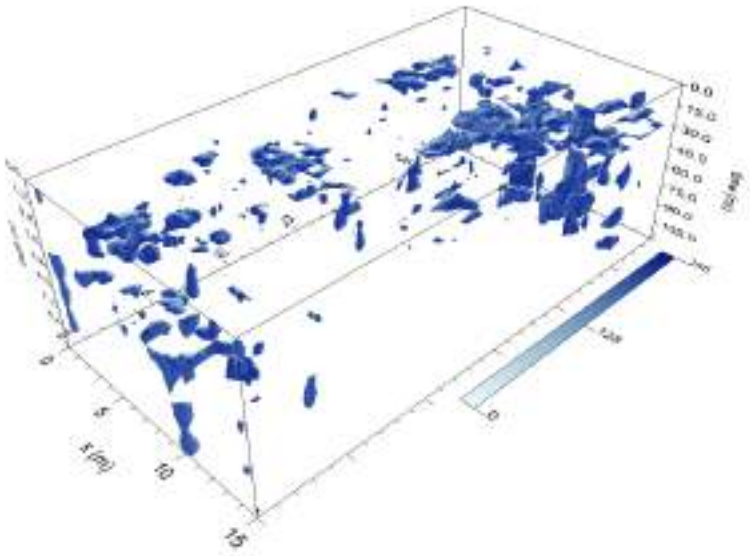


Figura 2.77 GRILLA-15: Modelo 3D resultado de procesamiento

2.4.2.16 GRILLA-16

Descripción de la Grilla 16

La GRILLA-16 se encuentra en la CANCHA sobre CLL9 con CRA20A sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.78 GRILLA-16: Fotografía del sitio.



Figura 2.79 GRILLA-16: Fotografía del sitio

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 16

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en

posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

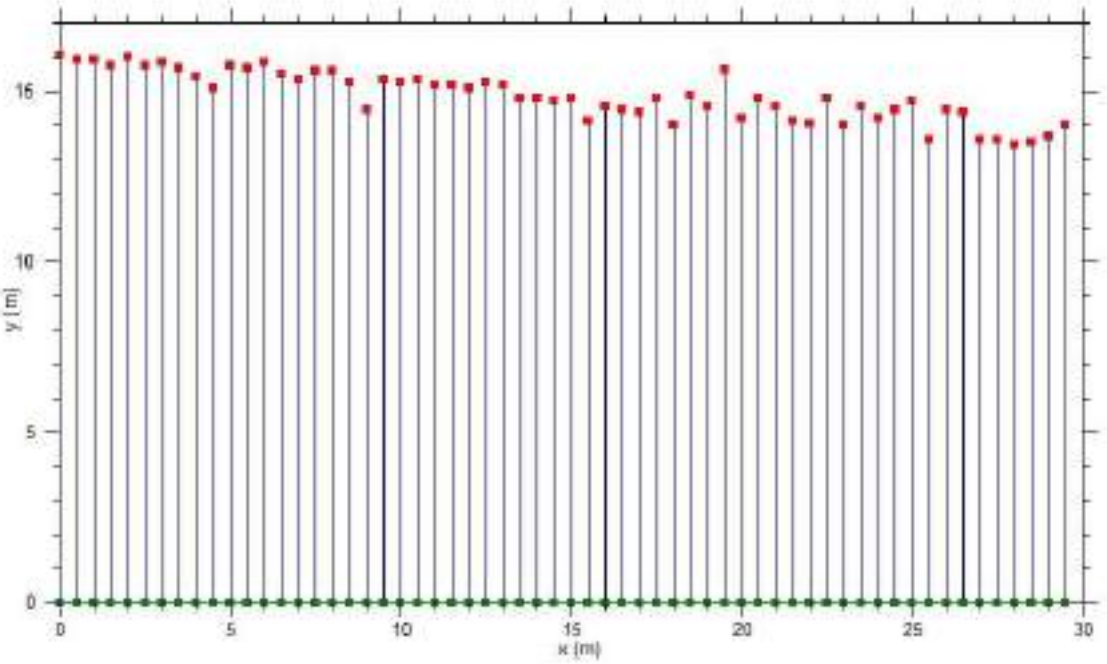


Figura 2.80 GRILLA-16: Mapa de perfiles de datos.

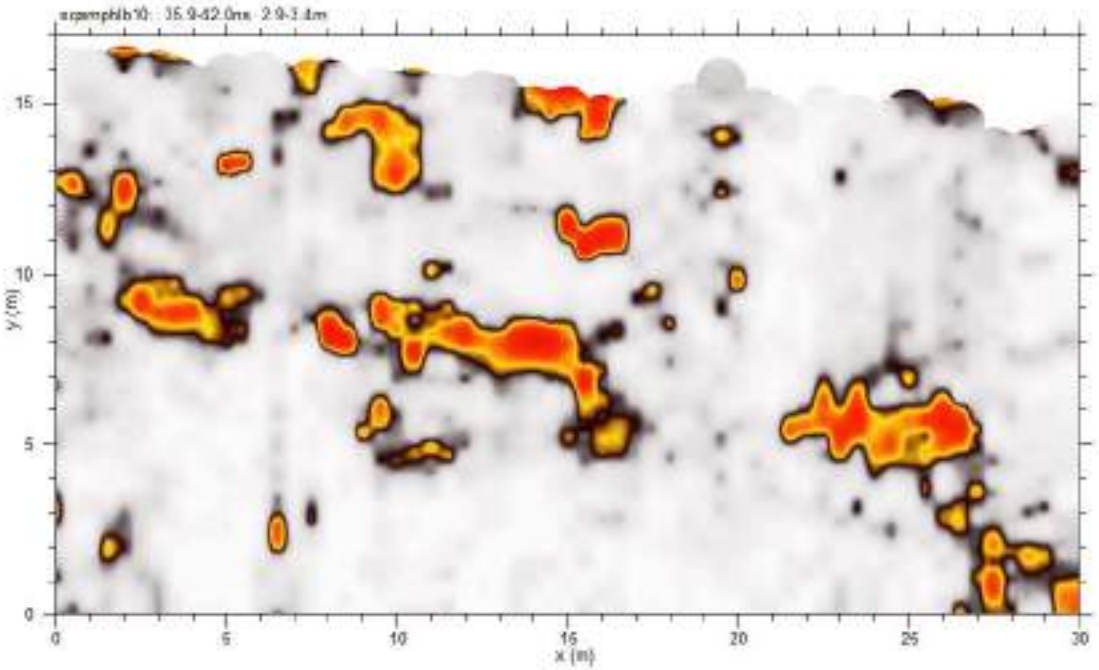


Figura 2.81 GRILLA-16: Resultados Procesamiento a 2.9m de profundidad.

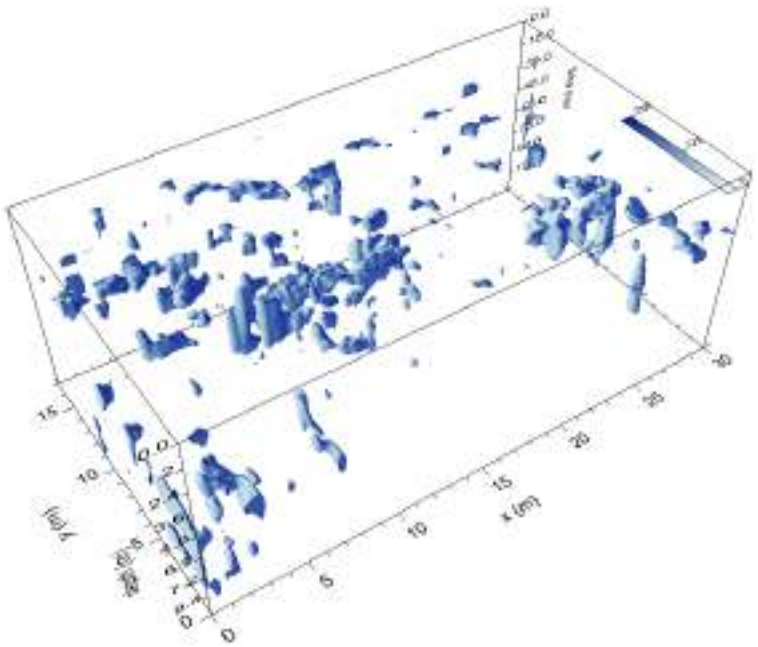


Figura 2.82 GRILLA-16: Modelo 3D resultado de procesamiento.

2.4.2.17 GRILLA-17

Descripción de la Grilla 17

La GRILLA-17 se encuentra en la CRA21 con CLL3 sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.83 GRILLA-17: Fotografía del sitio



Figura 2.84 GRILLA-17: Fotografía del sitio



Figura 2.85 GRILLA-17: Mapa de perfiles de datos

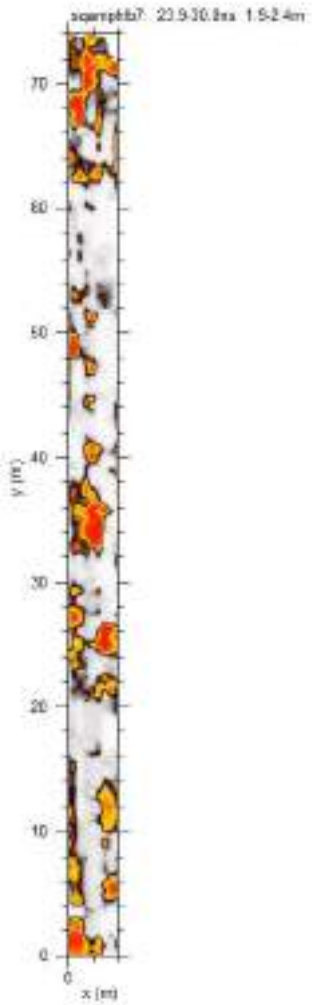


Figura 2.86 GRILLA-17: Resultados Procesamiento a 1.9m de profundidad

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 17

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

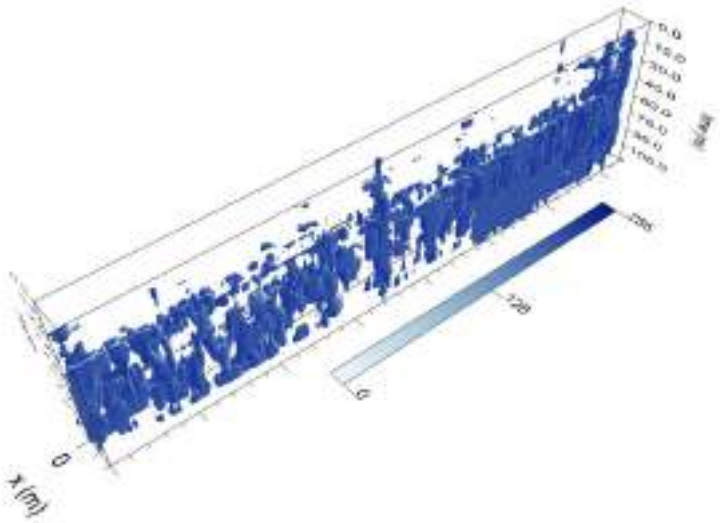


Figura 2.87 GRILLA-17: Modelo 3D resultado de procesamiento.

2.4.2.18 GRILLA-18

Descripción de la Grilla 18

La GRILLA-18 se encuentra en la CLL3 con CRA21 sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.88 GRILLA-18: Fotografía del sitio



Figura 2.89 GRILLA-18: Fotografía del sitio



Figura 2.90 GRILLA-18: Mapa de perfiles de datos

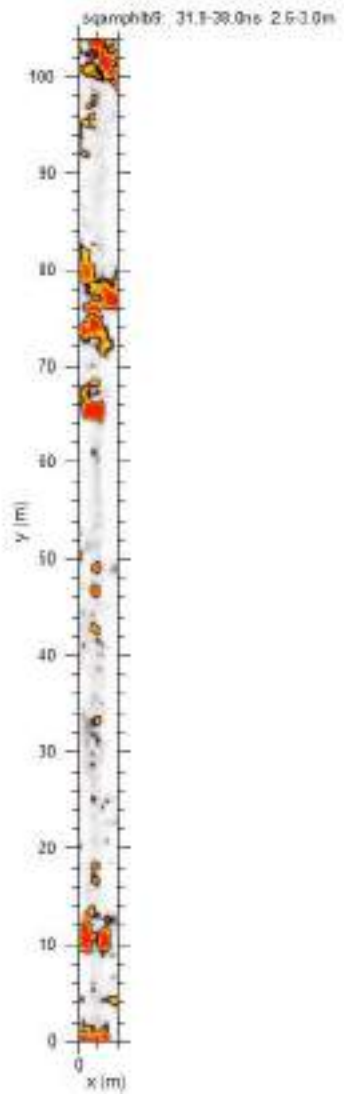


Figura 2.91 GRILLA-18: Resultados Procesamiento a 2.6m de profundidad

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 18

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

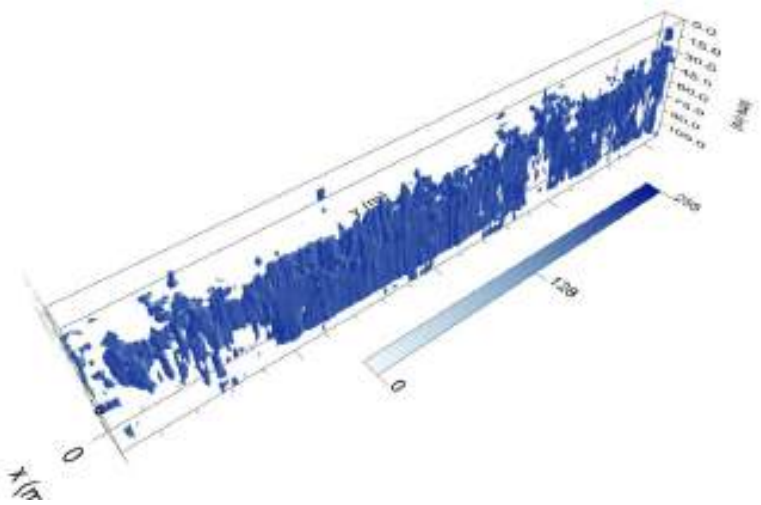


Figura 2.92 GRILLA-18: Modelo 3D resultado de procesamiento

2.4.2.19 GRILLA-19

Descripción de la Grilla 19

La GRILLA-19 se encuentra en la CLL5 con CRA21 sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.93 GRILLA-19: Fotografía del sitio



Figura 2.94 GRILLA-19: Fotografía del sitio

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 19



Figura 2.95 GRILLA-19: Mapa de perfiles de datos

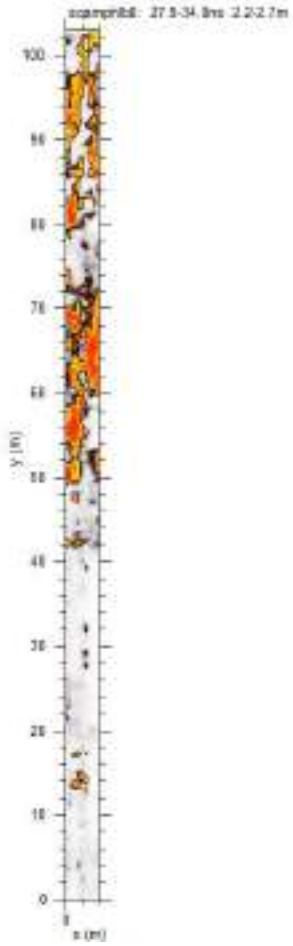


Figura 2.96 GRILLA-19: Resultados Procesamiento a 2.2m de profundidad

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

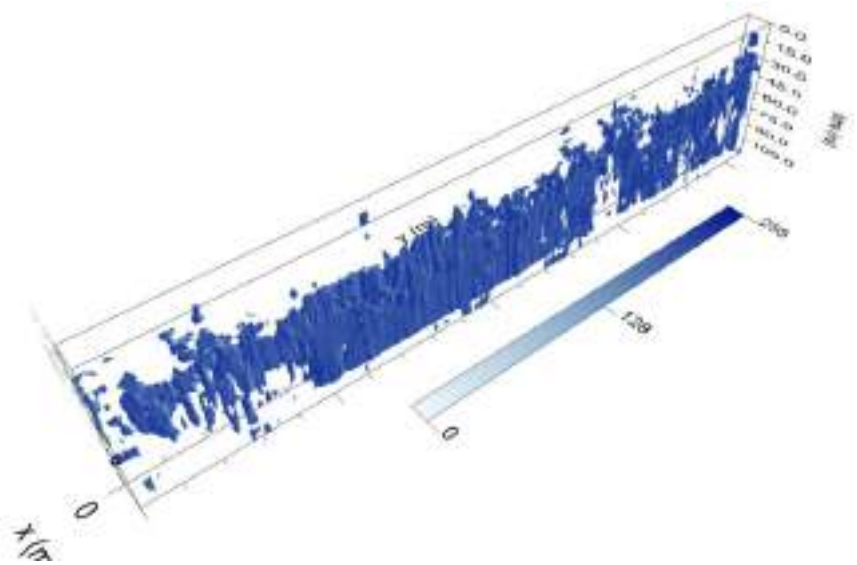


Figura 2.97 GRILLA-19: Modelo 3D resultado de procesamiento.

2.4.2.20 GRILLA-20

Descripción de la Grilla 20

La GRILLA-20 se encuentra en la CLL4 con CRA21 sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.98 GRILLA-20: Fotografía del sitio



Figura 2.99 GRILLA-20: Fotografía del sitio



Figura 2.100 GRILLA-20: Mapa de perfiles de datos

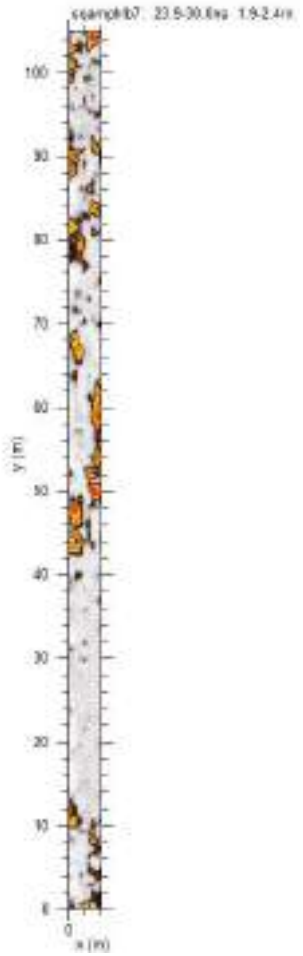


Figura 2.101 GRILLA-20: Resultados Procesamiento a 1.9m de profundidad

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 20

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

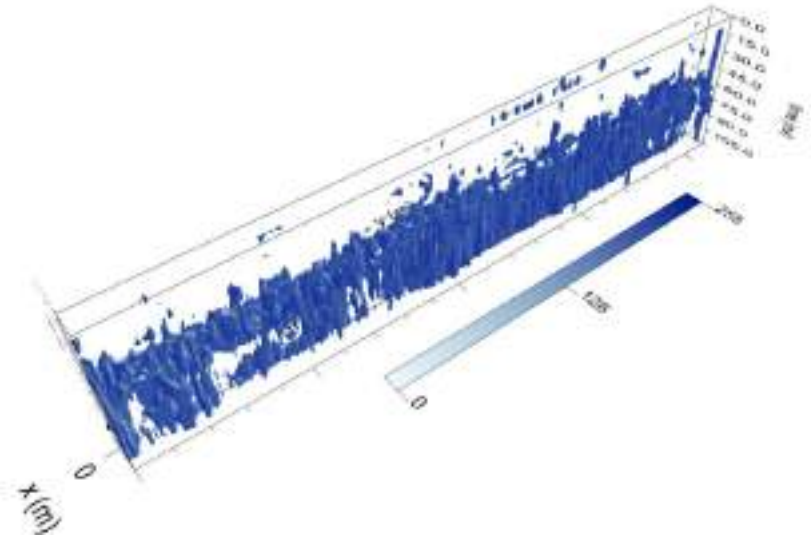


Figura 2.102 GRILLA-20: Modelo 3D resultado de procesamiento

2.4.2.21 GRILLA-21



Figura 2.103 GRILLA-21: Fotografía del sitio



Figura 2.104 GRILLA-21: Fotografía del sitio

Descripción de la Grilla 21

La GRILLA-21 se encuentra en la calleja en CRA20 y CLL9 sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 21

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.



Figura 2.105 GRILLA-21: Mapa de perfiles de datos

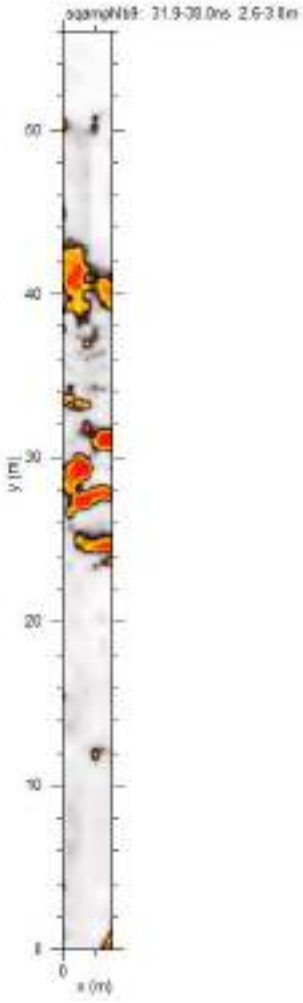


Figura 2.106 GRILLA-21: Resultados Procesamiento a 2.6m de profundidad

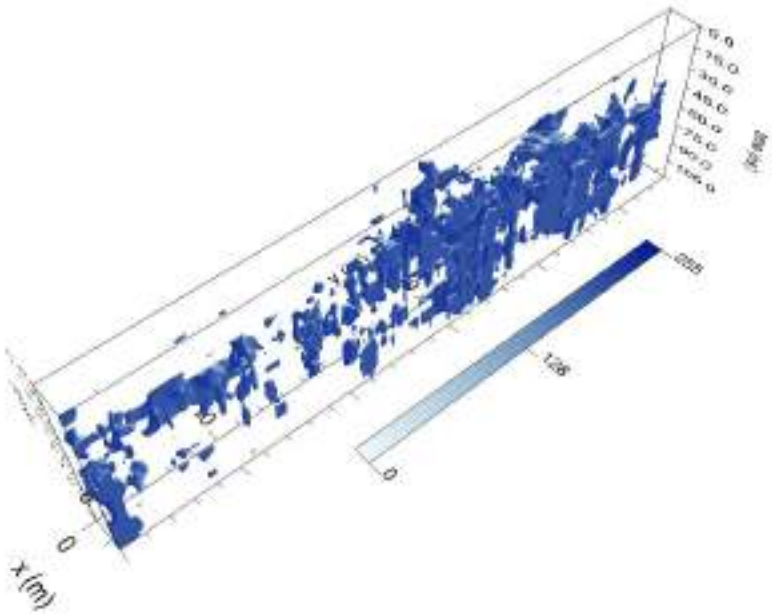


Figura 2.107 GRILLA-21: Modelo 3D resultado de procesamiento.

2.4.2.22 GRILLA-22

Descripción de la Grilla 22

La GRILLA-22 se encuentra en la CRA20 con CLL9 sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.108 GRILLA-22: Fotografía del sitio



Figura 2.109 GRILLA-22: Fotografía del sitio



Figura 2.110 GRILLA-22: Mapa de perfiles de datos.

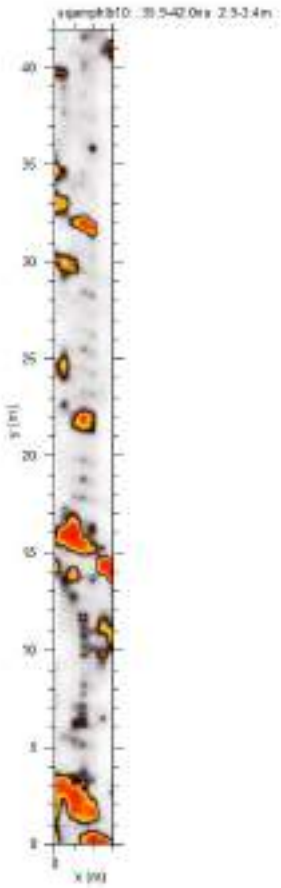


Figura 2.111 GRILLA-22: Resultados Procesamiento a 2.9m de profundidad

Resultados de la Prospección Geofísica

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

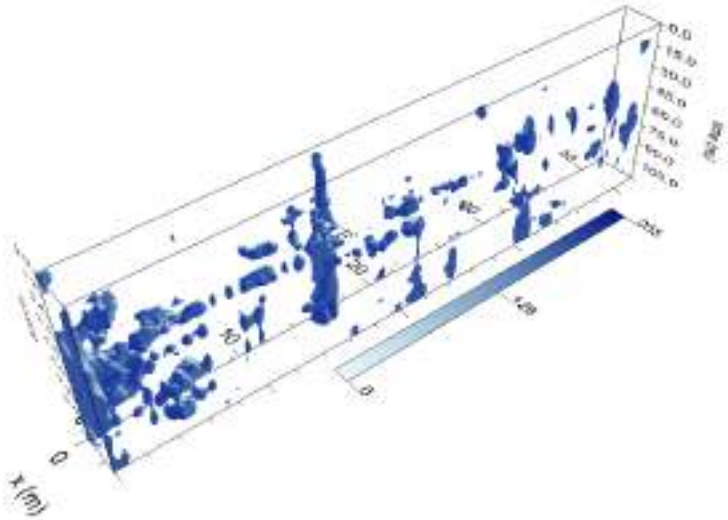


Figura 2.112 GRILLA-22: Modelo 3D resultado de procesamiento

2.4.2.23 GRILLA-23

Descripción de la Grilla 23

La GRILLA-23 se encuentra en la CLL9 con CRA20 sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.113 GRILLA-23: Fotografía del sitio

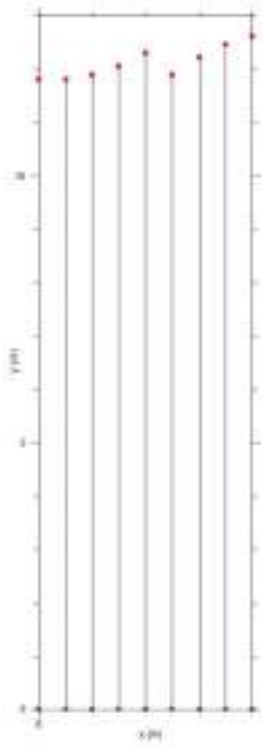


Figura 2.114 GRILLA-23: Mapa de perfiles de datos

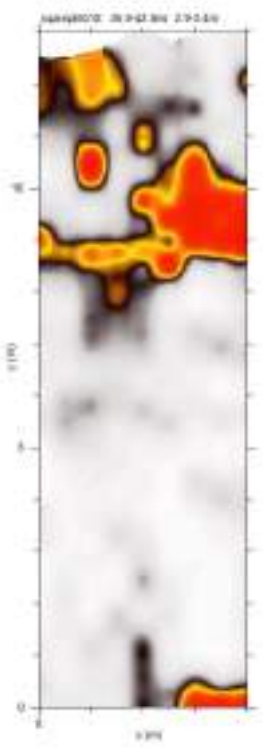


Figura 2.115 GRILLA-23: Resultados Procesamiento a 2.9m de profundidad

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 23

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

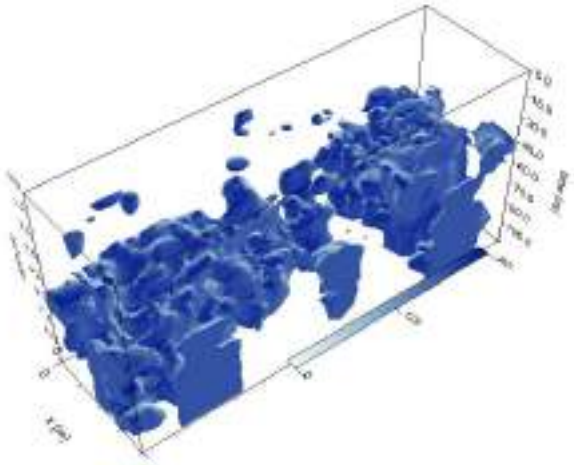


Figura 2.116 GRILLA-23: Modelo 3D resultado de procesamiento

2.4.2.24 GRILLA-24

Descripción de la Grilla 24

La GRILLA-24 se encuentra en la calleja en CRA20 y CLL9 sobre un suelo en concreto. El sitio no presenta obstáculos por lo cual se realiza la cuadricula para pasar el equipo. Se muestra en la imagen la ubicación aproximada de la grilla y se aprecia la ubicación con respecto al origen (punto 0,0) en el plano cartesiano.



Figura 2.117 GRILLA-24: Fotografía del sitio.

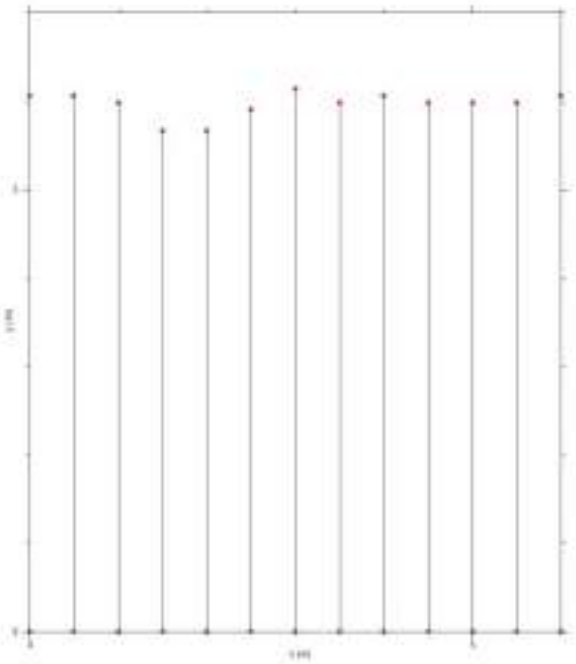


Figura 2.118 GRILLA-24: Mapa de perfiles de datos

Resultados de la Prospección Geofísica para la Grilla 24

Se presentan los resultados del post-procesamiento, por medio de imágenes del modelo tridimensional con la antena de 100MHz. Se muestra una vista del modelo 3D generado y en posteriores imágenes se aprecian los posibles rasgos de interés y la profundidad encontradas para estos.

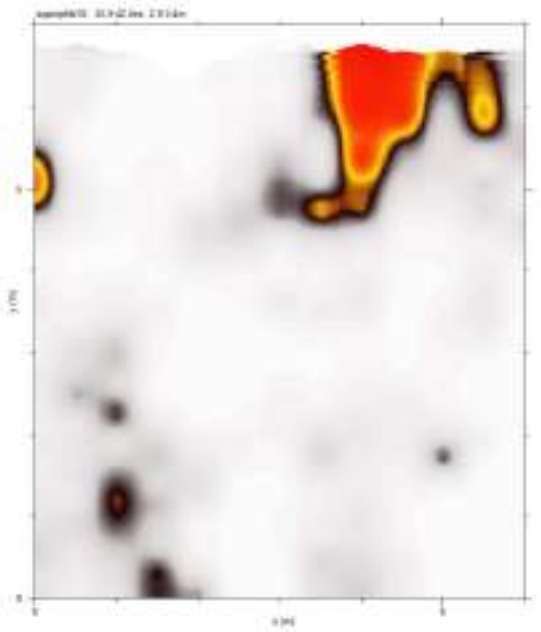


Figura 2.119 GRILLA-24: Resultados Procesamiento a 2.9m de profundidad

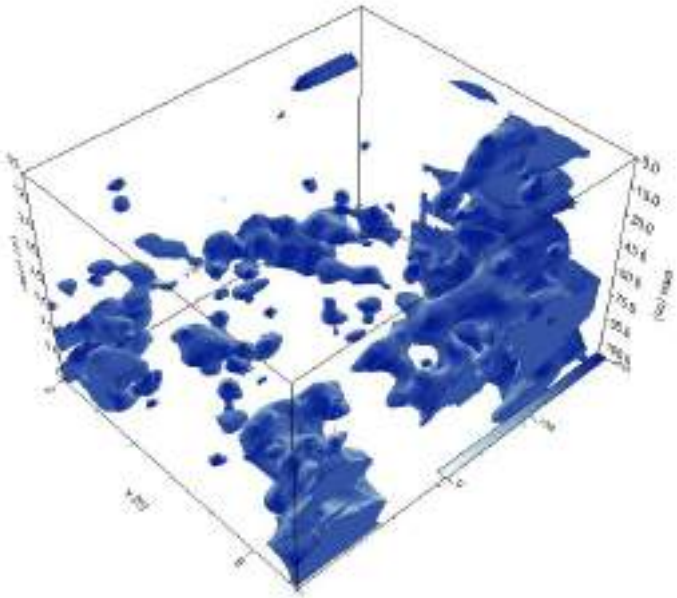


Figura 2.120 GRILLA-24: Modelo 3D resultado de procesamiento.

3 CONCLUSIONES

- La primera semana de actividades del contrato se ha destinado al desarrollo de las labores de levantamiento e interpretación de la información subsuperficial con la tecnología de georradar, en su primera fase, con lo que se espera obtener valiosos elementos de juicio para seleccionar los sitios de mayor utilidad tanto para realizar las perforaciones, como para instalar la instrumentación destinada al monitoreo multitemporal.
- Mediante la prospección geofísica con georradar se logró inspeccionar los sitios, para determinar la posible existencia de los túneles.
- Se puede apreciar en algunos de los modelos en 3D generados el detalle al interior del subsuelo en cada área.
- Al revisar los resultados obtenidos con el post-procesamiento de los datos y junto con los modelos en 3D generados, se pueden apreciar en cada una de las grillas posibles anomalías (véase el Anexo A).
- En las áreas exploradas para realizar el análisis de la información se tiene en cuenta el tipo de material y los elementos que se pueden observar, durante la prospección que se lleva a cabo en el sitio.
- El alcance de la técnica de georradar está sujeto a las condiciones y tipo de material presente en el sitio.
- La próxima semana se dará inicio a las labores de perforaciones partiendo por las perforaciones de la zona 1, según lo socializado con la comunidad del Barrio Villa Lucia y la trabajadora social.

JESÚS RAFAEL GARCÍA
DIRECTOR DE CONSULTORIA
CI AMBIENTAL SAS