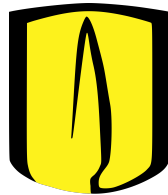


Manual de primer uso del GPR del proyecto Desminado Humanitario



Universidad de los Andes
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Roberto Bustamante Miller
Gabriel Andrés Pérez González

Octubre 2021

Índice

1. Introducción	2
2. GPR del Laboratorio Desminado Humanitario	2
2.1. Controlador de posición	2
2.2. Analizador Vectorial de Redes	3
2.3. Antenas	4
3. Establecer conexión con el Analizador Vectorial de Redes	4
4. Establecer conexión con el posicionador	6
5. Instalación del programa GPR-V2	6
6. Configurar el programa GPR-V2 y almacenar las mediciones	8
7. Procesamiento de las mediciones	9
7.1. Obtención del A-Scan en el dominio del tiempo	9
7.2. Compresión de las mediciones en un archivo .h5	10
7.3. Remoción del fondo de las mediciones	10
7.4. Ejecución del algoritmo de migración	10
8. Obtención de las gráficas del B-Scan y C-Scan	11

1. Introducción

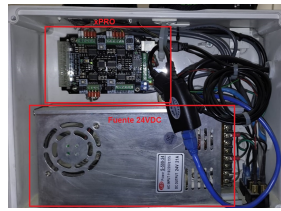
El presente documento tiene el objetivo de guiar al usuario en la utilización del GPR del proyecto Desminado Humanitario y sus respectivos programas para el control y toma de mediciones y procesamiento y obtención de imágenes. Se recomienda adicionalmente, para tener información a detalle de los equipos, funciones de los programas y algoritmos implementados, revisar los documentos “Manual de usuario GPR” [1], “Manual de programador GPR” [2] y “Procesamiento de datos GPR” [3] presentes en la carpeta `/manuales/` del repositorio de este proyecto [4]. En este documento, además, se presentarán los pasos a seguir teniendo un equipo con sistema operativo Windows. Sin embargo, puede hacerse de manera similar con un sistema operativo GNU/Linux.

2. GPR del Laboratorio Desminado Humanitario

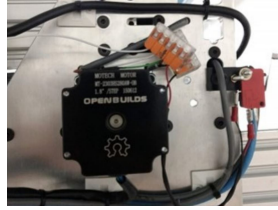
EL GPR del laboratorio se conforma por 3 principales dispositivos. El primero se trata de un posicionador, encargado de situar con precisión el sensor en una posición específica. En segundo lugar, está un Analizador Vectorial de Redes (VNA) Anritsu MS2026C que se encarga de adquirir las mediciones de los parámetros S21 que posteriormente serán procesadas. El VNA, funciona conectado al tercer dispositivo del GPR, un par de antenas PowerLOG 70180. Las antenas van conectadas a los puertos 1 y 2 del VNA por medio de cables coaxial. A continuación, se describe el dispositivo y se muestra la ubicación de este en el GPR.

2.1. Controlador de posición

El posicionador o controlador de posición es un sistema electromecánico cuya base es la tarjeta controladora Spark-Concepts xPro V3.2 la cual está programada con el firmware GRBL. La tarjeta da las órdenes a dos motores de paso NEMA-23 referencia MT-2303HS280AW-0B para posicionar el sistema con precisión. Además, la alimentación del posicionador se suple con una fuente de voltaje de 24VDC y en el puerto USB de la tarjeta xPRO. En la figura 1 se muestran las partes que componen el posicionador.



(a) Electrónica del posicionador



(b) Motor NEMA-23



(c) Correa, rodamientos y rieles del posicionador

Figura 1: Componentes del controlador de posición

El posicionador se encuentra situado en el laboratorio justo encima de una caja de tierras donde son puestos los objetos en estudio. Es un sistema fijo el cual está pensado para tomar mediciones de laboratorio y no ser transportado. Este sistema es controlado mediante conexión USB. En la figura 2 se muestra una vista desde arriba del GPR donde se observa la caja de tierras, los rieles del posicionador y se señala la colocación del VNA.

2.2. Analizador Vectorial de Redes

El VNA Anritsu MS2026C es un equipo de alta precisión con el cuál se obtienen los parámetros S12/S21. Algunas características técnicas relevantes del equipo son:

- Rango de frecuencias 5KHz - 6GHz.
- Sensibilidad típica promedio de -94dBm (las sensibilidades varían de acuerdo al rango de operación).
- Velocidad de toma de muestras de 350 μ s por punto.
- Cantidad de puntos de barrido de frecuencia seleccionables de 2 a 4001.

El VNA se encuentra colocado pantalla arriba en una plataforma de MDF que se encuentra en el posicionador. Es necesario montar el equipo calibrado en su sitio y luego conectarlo a las antenas. También, el VNA se conecta a la corriente alterna y un cable de red, estas conexiones están colocadas al alcance del sitio donde el VNA se monta y diseñadas para que puedan moverse de conforme al barrido que realice el posicionador. En la figura 2 se muestra una vista superior del GPR donde se señala la ubicación del VNA.

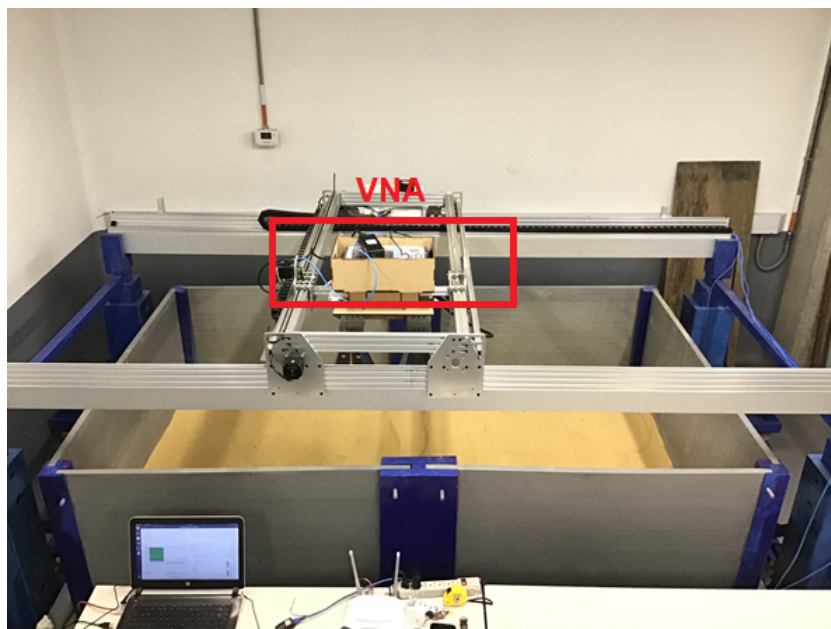


Figura 2: Vista superior del GPR

2.3. Antenas

Las antenas de la marca Aaronia referencia PowerLOG 78180 son antenas de trompeta de alta potencia y ancho de banda. Funcionan con potencia máxima de 500W pico y en un rango de frecuencia desde 700MHz y 18GHz. El GPR tiene dos de estas antenas conectadas por cable coaxial con conector tipo N a los puertos 1 y 2 del VNA. Las antenas a su vez se atornillan en un acople en forma de "L" que se fija con tornillos a la parte inferior de la plataforma de MDF donde se apoya el VNA, tal como se observa en la figura 3.

Por último, cabe recalcar que estos dispositivos funcionan en conjunto con un computador personal (PC) donde se instalan los programas presentes en el repositorio de este proyecto. Las conexiones entre VNA-PC y Posicionador-PC se detallan en las secciones 3 y 4 del presente documento.

3. Establecer conexión con el Analizador Vectorial de Redes

Esta sección tiene como objetivo guiar al usuario para que se establezca una conexión entre un ordenador y el Analizador Vectorial de Redes (VNA) Anritsu MS2026C para así poder enviarle a este último comandos SCPI y controlarlo con el programa **GPR-V2** o **GPR-V2-Portable**. Para esto, conviene en pri-

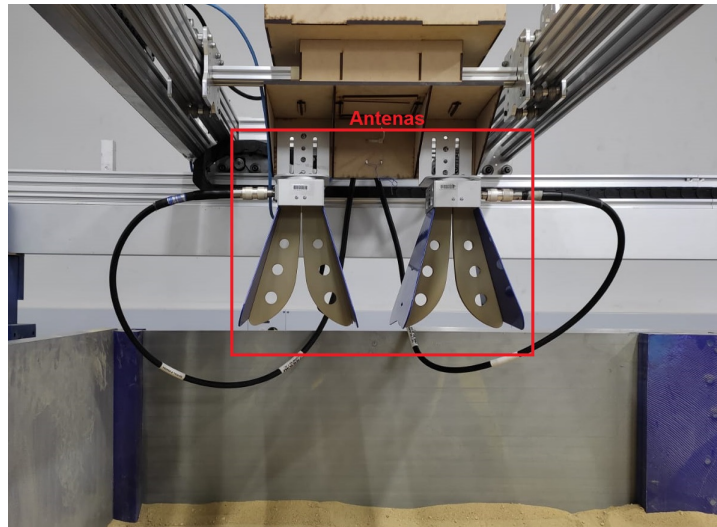


Figura 3: Antenas del GPR

mer lugar tener calibrado el VNA y haber seleccionado la medición de la traza S21.

La conexión con el VNA Anritsu MS2026C puede hacerse mediante USB o Ethernet. Sin embargo, debido a la mayor rapidez y ancho de banda que posee la conexión vía Ethernet frente a la USB, el programa GPR-V2 se diseñó para usarse con el VNA conectado vía Ethernet para la adquisición de los parámetros S21. Para ello, es necesario contar con una subred donde se encuentre el VNA Anritsu MS2026C y el ordenador donde se almacenan las muestras. La figura 4 muestra una infraestructura de red LAN básica con la cuál se puede conectar un ordenador al VNA del sistema.

La conexión se realiza entonces por medio de la interfaz Ethernet con conector RJ-45. Una vez conectado el VNA a la LAN, se debe encender este equipo y asignarle una dirección IP. Para esto, se deberá hacer lo siguiente en el VNA.

1. Presionar la tecla **Shift**.
2. Presionar la tecla **System (8)**.
3. Seleccionar en el menú **System Options**.
4. Seleccionar en el menú **Ethernet Config**.

En este punto se puede asignar una IP automáticamente mediante el protocolo DHCP o de forma manual, indicando en el equipo la dirección IP que se va a asignar, la máscara de subnet y la puerta de enlace predeterminada de la red LAN. Finalmente, se puede visualizar la IP del dispositivo siguiendo los

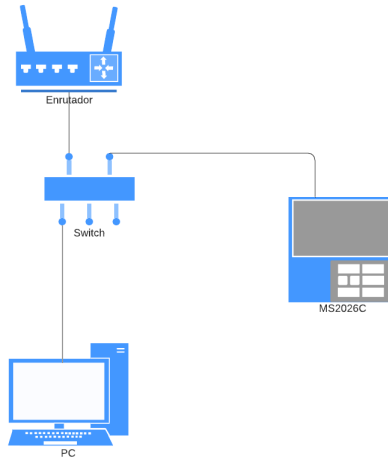


Figura 4: Conexión del MS2026C a una red local.

misimos pasos anteriores. Se recomienda realizar un **ping** a la IP asignada desde un ordenador conectado en la subred para asegurarse que el VNA se encuentre.

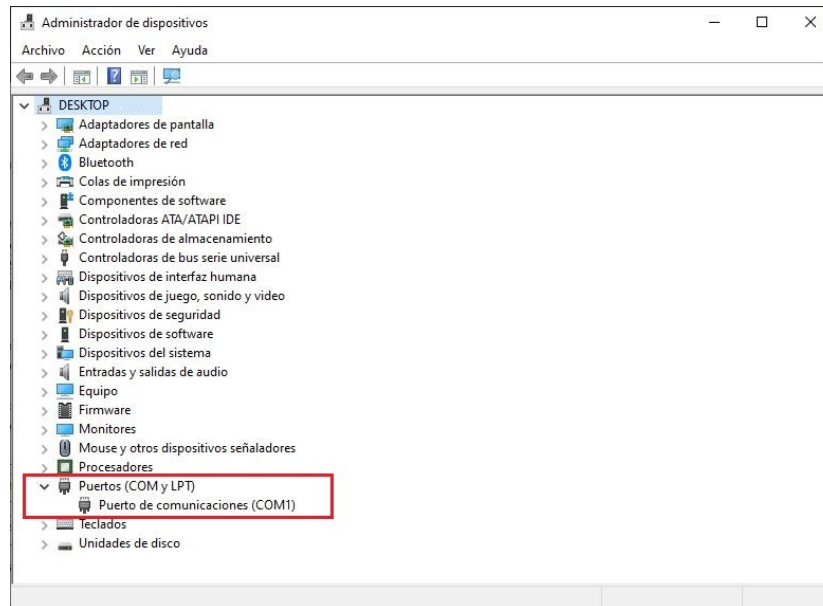
4. Establecer conexión con el posicionador

El controlador de posición del GPR consiste en una tarjeta xPro en el caso del GPR del laboratorio o una tarjeta Arduino en el caso del GPR portable. Para establecer la conexión con el equipo, será necesario conectar el ordenador, mismo con el cuál se estableció conexión con el VNA, a la tarjeta controladora vía USB. Una vez conectado, se deberá identificar el puerto COM al cual corresponde el posicionador. Para hacer esto, se recomienda abrir el Administrador de Dispositivos de Windows y ubicar la sección de “Puertos (COM y LPT)”, como se muestra en la figura 5a. Después, conectar vía USB el controlador de posición, el nuevo puerto COM detectado corresponde al de este dispositivo, como se muestra en la figura 5b. Si el usuario usa un sistema operativo distinto a Windows, lo anterior puede hacerse en el mismo programa GPR-V2 ya que este detecta los puertos COM disponibles.

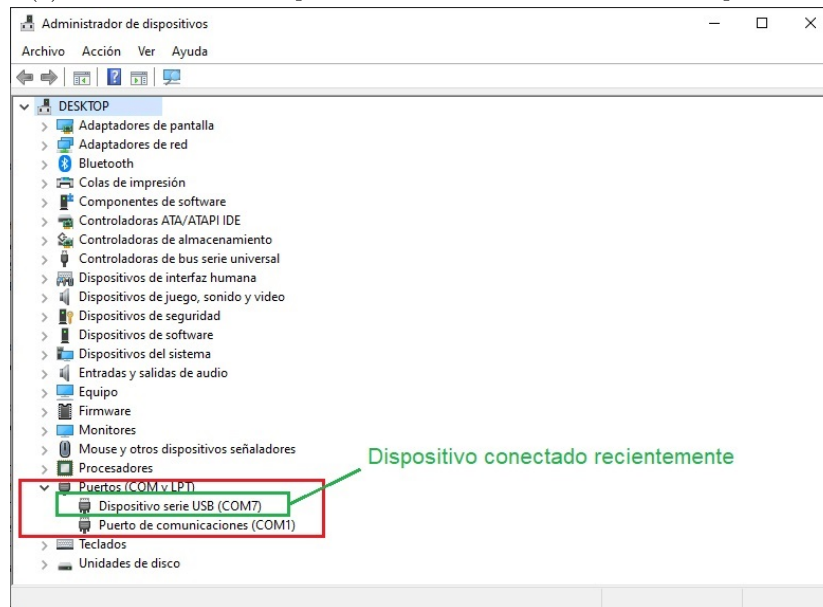
5. Instalación del programa GPR-V2

Una vez descargado el repositorio del proyecto, se deberá, situado en la carpeta donde se encuentran dichos archivos, introducir el siguiente comando en consola.

```
pip install -r requirements.txt
```



(a) Administrador de dispositivos sin conectar el controlador de posición.



(b) Administrador de dispositivos después de conectar el controlador de posición.

Figura 5: Puertos COM en el administrador de dispositivos.

Cabe recalcar que para que esto funcione correctamente, es necesario tener insta-

lado Python de versión 3.7 o mayor. Adicionalmente, en los manuales de usuario [1] y de programador [2] que se encuentran en la carpeta `/manuales/` del repositorio del proyecto [4], se encuentra más información sobre las librerías y dependencias de Python con las que funciona el programa.

Una vez instalados todos los paquetes necesarios, situarse en la carpeta `/GPR-V2` y correr el siguiente comando en consola.

```
python main.py
```

Lo cuál desplegará en ventana la interfaz del programa y estará listo para configurarlo como se indicará en la sección 6.

De manera complementaria, se puede saltar las instalaciones anteriores y sólo abrir el archivo `main.exe` que se encuentra en el siguiente enlace de descarga¹. Sin embargo, se debe tener en cuenta que este archivo no servirá si se requiere hacer modificaciones en su código fuente.

6. Configurar el programa GPR-V2 y almacenar las mediciones

En esta sección, se indicará cómo configurar el programa para obtener los parámetros S21 del GPR. Lo primero será conectarse al VNA y al posicionador desde el programa. En la figura 6 se muestra una vista de la parte superior del programa, donde se muestran los botones y parámetros a modificar, etiquetados con los números 1-5. Lo primero es conectar el posicionador, para esto se debe pulsar el botón “Actualizar” (1) y seleccionar el puerto COM asignado al posicionador (2), mismo cuál se asignó en la sección 4 de este documento. Finalmente se presiona en el botón “Conectar” (3) y el posicionador comenzará a calibrarse, lo cual toma unos cuantos minutos. A continuación se deberá conectar el VNA. Para ello, basta con introducir la IP del dispositivo (misma IP asignada anteriormente en la sección 3 de este documento) en el campo de texto “IP” (4) y pulsar el botón “Conectar” (5). Si se estableció correctamente la conexión, se procederá a configurar la toma de muestras; de lo contrario, si algún paso fue mal ejecutado el programa se cerrará y se deberá revisar que los equipos se encuentren conectados correctamente (secciones 3 y 4) y volver a ejecutar lo anterior.

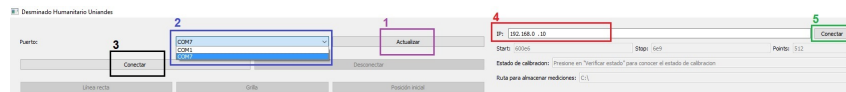


Figura 6: Conexión de los equipos en el programa.

Lo siguiente será verificar el estado de la calibración, el cuál deberá dar como respuesta “OK, Accuracy High”. Si esto es correcto, proceda a pegar la ruta

¹<https://drive.google.com/file/d/1NqOXWrwbG2JvvWFHMna8itzLz5JzOeY/view?usp=sharing>

donde desea almacenar las mediciones 7 (3) y confirmar la ruta, de lo contrario se necesitará calibrar nuevamente el VNA.



Figura 7: Configuraciones del GPR.

Finalmente, se puede comenzar a tomar mediciones. Existen 3 trayectorias programadas, las cuales son Línea “Recta”, “Grilla” y “Posición” inicial. Al seleccionar cada una se le pedirá al usuario información sobre los puntos iniciales, finales y cantidad de pasos para la trayectoria. Se recomienda seleccionar la trayectoria “Grilla” la cuál hará un barrido por el área indicada y los datos resultantes, localizados en la carpeta seleccionada anteriormente, contarán con la forma para ser procesados con el programa APP-Procesamiento o como se indica en la sección 7.

7. Procesamiento de las mediciones

*NOTA: Las secciones 7 y 8 del presente documento explican cómo procesar y graficar los datos de un escaneado hecho con la trayectoria “Grilla” del GPR por medio de comandos en consola que corren scripts de Python. Todo este proceso, se facilitó para el usuario y se hizo un programa con interfaz gráfica que lleva a cabo las funciones de procesado y graficación de datos. Por lo tanto, puede acceder al **Manual de uso para la aplicación de procesamiento de datos de GPR** [5] donde encontrará una guía para, de manera más práctica, llevar a cabo los procesos de la sección 7 y 8 de este documento.*

Una vez terminada la toma de mediciones, se procederá a preprocesar estas para obtener (en la siguiente sección 8) gráficas en tiempo que se usarán posteriormente en la detección de objetos. Se puede saber en más profundidad acerca de los métodos que se usan en este preprocesado revisando el documento [3]. Los pasos a seguir son los siguientes y se realizan usando los *scripts* presentes en la carpeta `/scripts procesamiento/` del repositorio del proyecto [4].

7.1. Obtención del A-Scan en el dominio del tiempo

El procedimiento consiste en situarse en la carpeta del proyecto `/scripts procesamiento/01_ifft_gpr/` y ejecutar el siguiente comando en consola.

```
python ifft_multiple_files.py
```

Esto hará que aparezca en pantalla una ventana del explorador de archivos. Lo siguiente será seleccionar, en la ventana emergente, la carpeta donde

se almacenaron las mediciones hechas por el GPR. Como resultado, el script ejecutado creará en la dirección seleccionada una carpeta llamada “Time” con los archivos del A-Scan en el dominio del tiempo y un archivo adicional con el vector de tiempos de las muestras.

7.2. Compresión de las mediciones en un archivo .h5

Este proceso permitirá ahorrar un 79%-82% [3] de memoria al comprimir las muestras. Para esto, será necesario situarse en la carpeta `/scripts procesamiento/02_gpr_utilities` y ejecutar el siguiente comando en consola.

```
python merge_ascans.py
```

Nuevamente, una ventana emergente aparecerá en pantalla. Se debe seleccionar la carpeta con las mediciones en tiempo. Como resultado, en esta última carpeta se creará una carpeta llamada “C_Scans” con un archivo llamado “C_Scan_default_title.h5”.^{el} cuál se recomienda renombrar a criterio del usuario. Con este archivo se realizará la siguiente etapa del procesado.

7.3. Remoción del fondo de las mediciones

Esta etapa es necesaria para las mediciones que contienen objetos u obstáculos. No será necesario para las mediciones hechas del escenario con sólo arena. Sin embargo, el archivo .h5 de dicho escenario será utilizado más adelante. En esta etapa se debe situarse en `/scripts procesamiento/03_processing` y ejecutar el siguiente comando en consola.

```
python c_scan_background_removal.py
```

Se abrirá una ventana emergente en la cuál se deberá seleccionar el archivo .h5 de la medición en cuestión que previamente se creó en la sección 7.2. El resultado será un archivo en la misma ubicación, de nombre “C_Scan_time_background_removed.h5”. También, se puede sustraer el ruido de fondo de una medición, para aislar el efecto de los obstáculos en el escaneo. Para esto, situarse en `/scripts procesamiento/03_processing` y ejecutar el siguiente comando en consola.

```
python c_scan_background_subtraction.py
```

Se abrirá una ventana emergente en la cuál se deberá seleccionar el archivo .h5 de la medición en cuestión que previamente se creó en la sección 7.2. Luego, se abrirá otra ventana emergente donde deberá seleccionarse el archivo .h5 que se tomó del escenario únicamente (sin obstáculos u objetos en la arena). El resultado será un archivo llamado “C_Scan_time_background_subtracted.h5”.

7.4. Ejecución del algoritmo de migración

Para esto, situados en la carpeta `/scripts procesamiento/03_processing` y modificar el archivo `parallel_kirchhoff_migration.py`. Se deben modificar las siguientes variables:

1. *er*: Permitividad dieléctrica relativa de la arena.
2. *pol*: Eje de orientación de las antenas.

Después, ejecutar el siguiente comando en consola.

```
python parallel_kirchhoff_migration.py
```

En la ventana emergente que aparece en pantalla, seleccionar el archivo .h5 con el fondo removido. Esto hará que se ejecute el algoritmo de migración, por lo que tocará esperar que se termine el proceso. Una vez terminado, en la misma ubicación del archivo .h5 seleccionado anteriormente, se creará un archivo llamado “migration_erX.h5” (con X como el valor de la variable *er* asignado en el código).

8. Obtención de las gráficas del B-Scan y C-Scan

En la carpeta `/scripts procesamiento/04.plotting` se encuentran distintos scripts que permiten obtener gráficas para los distintos archivos .h5 obtenidos anteriormente, para distintas etapas. Introducir los siguientes comandos en consola y al momento de que aparezca una ventana emergente, seleccionar el archivo .h5 acorde a la tabla 1

Comando	Archivo a seleccionar
<code>python b_scan_plot.py</code>	Mediciones en tiempo obtenidas en la sección 7.2 o con el fondo removido obtenido en 7.3.
<code>python c_scan_plot.py</code>	Mediciones en tiempo obtenidas en la sección 7.2 o con el fondo removido obtenido en 7.3.
<code>python migrated_image_plot.py</code>	Archivo migrado obtenido en 7.4

Tabla 1: Comandos para la visualización gráfica de las mediciones.

Referencias

- [1] D. J. González Ramírez, L. E. Quibano Alarcón, and R. Bustamante Miller, “Manual de usuario para el gpr de laboratorio,” *Microwave Detection of Improvised Explosive Devices in Colombia (MEDICI)*, Junio, 2018. [Online]. Available: https://github.com/gaboandres1/GPR-Uniandes/blob/main/manuales/Manual_Usuario_GPR.pdf
- [2] —, “Manual de programador para el gpr de laboratorio,” *Microwave Detection of Improvised Explosive Devices in Colombia (MEDICI)*, Junio, 2018. [Online]. Available: https://github.com/gaboandres1/GPR-Uniandes/blob/main/manuales/Manual_Programador_GPR.pdf
- [3] D. J. González Ramírez and R. Bustamante Miller, “Guide of gpr-20 data: specification, formatting, preprocessing and processing,” *Microwave Detection of Improvised Explosive Devices in Colombia (MEDICI)*, Junio, 2021. [Online]. Available: <https://github.com/gaboandres1/GPR-Uniandes/blob/main/manuales/01%20procesamiento%20de%20datos%20de%20GPR.pdf>
- [4] D. H. Uniandes, “GPR-Uniandes,” 10 2021. [Online]. Available: <https://github.com/gaboandres1/GPR-Uniandes>
- [5] G. A. Pérez González and R. Bustamante Miller, “Manual de uso para la aplicación de procesamiento de datos de gpr,” *Proyecto Desminado Humanitario*, Octubre, 2021. [Online]. Available: https://github.com/gaboandres1/GPR-Uniandes/blob/main/manuales/Manual_APP_Procesamiento.pdf