

**APOYO TÉCNICO EN EL ÁREA DE GEOTECNIA PARA LOS PROYECTOS DE
EXTENSIÓN DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOMÁTICA, GESTIÓN Y
OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS.**

CHRISTIAN CAMILO MONTAÑA CELY



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA

2014

Informe final del trabajo de grado en la modalidad de práctica empresarial
**APOYO TÉCNICO EN EL ÁREA DE GEOTECNIA PARA LOS PROYECTOS DE
EXTENSIÓN DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOMÁTICA, GESTIÓN Y
OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS.**

CHRISTIAN CAMILO MONTAÑA CELY

Trabajo de grado en la modalidad de práctica empresarial para optar el título de
ingeniero civil

Director

Msc. Ing. Wilfredo del Toro Rodríguez

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA

2014

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto logró llegar a su culminación gracias a la participación y colaboración de las personas que conforman el grupo de investigación Geomática, que más que un grupo de investigación son una gran familia que trabaja en pro del desarrollo de la región, gracias a todas y cada una de ellas que en cabeza de su director el ingeniero Hernán Porras Díaz estuvieron dispuestos a brindarme su apoyo y sus conocimientos durante las diferentes etapas del desarrollo de la práctica. Muchas gracias a mi director de proyecto el ingeniero Wilfredo del toro Rodríguez y a mi tutor el ingeniero Héctor Torres por ser grandes guías y enseñarme todo lo que consigo trae la responsabilidad de ser un ingeniero. A mi familia por su amor, compañía y comprensión durante toda la experiencia de obtener el título de Ingeniero Civil y a Dios por darme la oportunidad de vivir y gozar de esta maravillosa experiencia y por darme la oportunidad de conocer y compartir esta hermosa rama de la ingeniería.

DEDICATORIA

Dedicado a Dios que me permite dar cada día un paso más hacia mi sueño y a toda mi familia que con su apoyo y comprensión me permitieron cumplir esta meta.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	12
1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR	13
1.1 Apoyo para prospección de suelos con equipo GPR.....	13
1.2 Apoyo para demás actividades de campo.	13
1.3 Apoyo para prospección de suelos con equipo GPR.....	13
1.3.1 Fase de investigación.....	14
1.3.2 Radar de penetración terrestre (GPR)	14
2 Funcionamiento del georradar en la búsqueda de tuberías.....	16
3 Metodología para la detección de tuberías en campo	17
3.1 Fase de validación de la estructura de trabajo	20
3.2. Fase de planeación y aplicación del levantamiento con GPR como método no invasivo en la identificación de las redes de servicio.	23
3.3. Elaboración de una guía para la implementación del radar de penetración terrestre sir-3000, como método no destructivo para catastro de redes.	24
3.4. Apoyo para demás actividades de campo	24
3.4.1. Apoyo técnico de trabajos en campo en el proyecto Vélez	27
3.4.2. Apoyo técnico de trabajos en campo en el proyecto villa olímpica	29
4. ABREVIATURAS Y ACRONIMOS.....	31
5. CONCLUSIONES.....	32
6. RECOMENDACIONES.....	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

LISTA DE TABLAS

	Pagina
Tabla 1. Valores de dieléctrico según condiciones de suelo. Fuente: Manual del sistema SIR-3000 [2]	15
Tabla 2 Valores de frecuencias de antenas y su aplicación. Fuente: Manual del sistema SIR-3000 GSSI	16

LISTA DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1 Radar de penetración terrestre (GPR) con cada una de sus partes.	14
Figura 2 Funcionamiento del GPR en la ubicación de tuberías.	16
Figura 3. Radargrama tipo de un barrido transversal de la tubería, encerrado en el círculo la reflexión típica de una tubería.....	17
Figura 4. Explicación grafica del método de prospección	18
Figura 5. <i>Radargrama presentado cuando la prospección se da en dirección al eje de la tubería</i>	19
Figura 6. Verificación de la ubicación de una tubería con un barrido transversal.	19
Figura 7. Sector a prospectar (Tomado del plano hidráulico sanitario de la universidad).	21
Figura 8. Radargrama tipo. A la izquierda se muestra la imagen sin procesar, a la derecha la imagen procesada mediante software RADAN6 [3]..	22
Figura 9. Verificación de la profundidad de la tubería mediante inspección. Fuente: Elaboración propia.	22
Figura 10. Áreas a prospectar dentro del proyecto usando el radar de penetración terrestre (GPR) Fuente: Elaboración propia.	23
Figura 11. Ubicación de algunas tuberías dentro del proyecto villa olímpica mediante uso del GPR.....	24
Figura 12. Cámara ladybug.....	25
Figura 13. Imagen tomada con la cámara ladybug	25
Figura 14. Componentes del sistema RTK.	26
Figura 15. Imagen de un Mojón típico Georreferenciado por el IGAC (instituto Geográfico Agustín Codazzi)..	27
Figura 16. Funcionamiento del sistema RTK	27
Figura 17. Equipo completo para la caracterización predial, en la Figura se observa el sistema RTK y la cámara Ladybug sobre la camioneta del grupo de investigación Geomática.....	28
Figura 18. Acompañamiento en el uso del escáner láser terrestre.	29
Figura 19. Georreferenciación de algunos pozos de inspección Fuente: Elaboración propia	30
Figura 20. Fragmento del plano del sector aledaño a la villa olímpica, en esta figura se muestran en color amarillo los pozos de inspección georreferenciados mediante sistema RTK.....	30

TÍTULO: APOYO TÉCNICO EN EL ÁREA DE GEOTECNIA PARA LOS PROYECTOS DE EXTENSIÓN DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOMÁTICA, GESTIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS. *

AUTOR: CHRISTIAN CAMILO MONTAÑA CELY †

PALABRAS CLAVES: Radar de penetración terrestre, georradar, GPR, prospección, detección no destructiva, redes hidráulicas, sistema de posicionamiento por satélite, apoyo técnico.

RESUMEN:

Se presentan algunas de las actividades llevadas a cabo durante el desarrollo del proyecto de grado en la modalidad de práctica empresarial, como apoyo técnico para el grupo de investigación Geomática, gestión y optimización de sistemas con énfasis en las tareas pertinentes al área de geotecnia y prospección de suelos. Durante el desarrollo de la misma, se implementaron nuevas tecnologías, con las que cuenta el grupo de investigación, como son el radar de penetración terrestre (GPR) utilizado para la detección de tuberías y verificación de refuerzos estructurales, como método no destructivo, los sistemas de posicionamiento global con corrección en tiempo real RTK, la cámara Ladybug usada para caracterizaciones prediales y el escáner laser terrestre usado como método para levantamientos topográficos en 3 dimensiones. El apoyo brindado al grupo de investigación se da en el marco de los diferentes proyectos adelantados por este, con la finalidad de aplicar los conocimientos adquiridos durante el transcurso del pregrado y adquirir nuevos conocimientos en cuanto al uso de nuevas tecnologías aplicadas a la Ingeniería civil. Cabe resaltar que los proyectos adelantados por el grupo de investigación están encaminados hacia el desarrollo de la región y buscan ampliar las relaciones entre la academia y la sociedad.

* Proyecto de grado

† Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingeniería civil. Director: Wilfredo del Toro Rodríguez, Msc. Ing. Wilfredo del Toro Rodríguez

TITLE: TECHNICAL SUPPORT AREA GEOTECNIA FOR EXTENSION PROJECT
RESEARCH GROUP GEOMÁTICA, GESTIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS.
‡

AUTHOR: CHRISTIAN CAMILO MONTAÑA CELY §

KEY WORDS: Ground penetrating radar, georadar, GPR, prospection, no destructive detection, hydraulics networks, satellite positioning system, technical support.

ABSTRACT:

The activities presented on this thesis, under the modality of business practice, are for technical support for the research group Geomática, gestión y optimización de Sistemas. These activities are relevant in the following areas: Geotechnics and Soil survey. During the development of this thesis, new technologies acquired by the research group such as the georadar or ground penetrating radar (GPR) used for detection of pipes and structural reinforcement verification, as a nondestructive method, global positioning systems with time correction implemented Real RTK, camera Ladybug used for farm characterization and terrestrial laser scanner used as a method for 3-dimensional topographical were implemented. The support provided to the research group is given in the framework of different projects developed by this, in order to apply the knowledge acquired during the course of undergraduate and acquire new knowledge in the use of new technologies applied to civil engineering. It should be noted that the projects developed by the research group are directed towards the development of the region and seek to expand relations between academia and society.

‡ Proyecto de grado

§ Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingeniería civil. Director: Wilfredo del Toro Rodríguez, Msc. Ing. Wilfredo del Toro Rodríguez

INTRODUCCIÓN

La Escuela de ingeniería Civil a través del grupo de investigación Geomática, Gestión y optimización de sistemas, en sus actividades de extensión se encuentra participando en importantes proyectos relacionados con el desarrollo de la región, como lo son diferentes estudios y diseños de algunos proyectos estratégicos enmarcados en el plan de desarrollo municipal de Barrancabermeja ciudad futuro entre otros. Durante el cumplimiento del proyecto de grado en la modalidad de práctica empresarial dentro de dicho grupo, se requirió de la participación en cada algunos de los proyectos, con responsabilidades en dos grandes actividades: Prospecciones de suelos con radar de penetración terrestre y apoyo en otras tareas de campo y oficina encomendadas, estas actividades permiten ampliar los conocimientos prácticos en el ejercicio de la profesión, así como facilitar el correcto desarrollo de las actividades del grupo en sus diferentes proyectos.

1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Dado que el proyecto se desarrolla en la modalidad de práctica empresarial, la definición de las actividades a realizar se enmarcó dentro del área de Geotecnia de la Escuela de Ingeniería Civil y del grupo de investigación, donde inicialmente, se pudieron agrupar de la siguiente forma:

1.1 Apoyo para prospección de suelos con equipo GPR.

Una de las actividades para las cuales se requería de una persona capacitada, era en la prospección de suelos para la verificación e identificación de estructuras subterráneas tales como redes de servicio. Lo anterior con el fin de reducir la incertidumbre desde el diseño para los proyectos en ejecución. Como novedad, el grupo de investigación adquirió un equipo GPR marca Geophysical Survey Systems, Inc como método no destructivo, y establecido esto, se dio apoyo en las actividades de campo y oficina requeridas.

1.2 Apoyo para demás actividades de campo.

Dado que los trabajos de apoyo en el área de Geotecnia no solo se limitan a los mencionados anteriormente, una importante actividad consistía en dar acompañamiento y supervisión a las diferentes actividades de campo y oficina que se requirieran por parte del grupo de investigación. En algunas ocasiones, las actividades requerían del conocimiento en el manejo de nueva tecnología, como por ejemplo, los sistemas de posicionamiento global con corrección en tiempo real RTK.

1.3 Apoyo para prospección de suelos con equipo GPR.

Dentro de esta actividad se presenta una fase de investigación acerca del funcionamiento y uso del georadar, una fase de validación de la estructura de trabajo con el equipo y una fase de planeación y aplicación del equipo como método no invasivo en la identificación de las redes de servicio, georeferenciadas con sistema RTK (Real Time Kinematic).

Dentro de esta actividad y a manera de aporte de la práctica se realizó una guía para el uso del georadar como método no invasivo para la detección de tuberías.

A continuación se presenta cada una de las fases de la actividad.

1.3.1 Fase de investigación

1.3.2 Radar de penetración terrestre (GPR)

El radar de penetración terrestre o Georadar (Figura 1) es una técnica geofísica no destructiva, fundamentada en la emisión y propagación de ondas electromagnéticas de alta frecuencia, que varían desde 1 MHz hasta los GHz, a través del suelo, las cuales al incidir sobre este y al ser reflejadas, detectan los cambios de propiedades de los materiales presentes en el subsuelo. Estos datos son registrados en forma de radargramas (Figura 3), en una unidad de control en la cual se pueden interpretar y almacenar para su posterior uso.

Figura 1 Radar de penetración terrestre (GPR) con cada una de sus partes.



Fuente: Elaboración propia

Las variables que intervienen en el funcionamiento de este método son las propiedades electromagnéticas del suelo o medio de propagación, como la permitividad o constante dieléctrica, la permeabilidad magnética y la conductividad [1]. En la Tabla 1 se muestran los valores de la constante dieléctrica de diferentes materiales presentes en el suelo.

Tabla 1. Valores de dieléctrico según condiciones de suelo.
Fuente: Manual del sistema SIR-3000 [2]

MATERIAL	CONSTANTE DIELECTRICA
Aire	1
Suelos arcillosos	2,5
Arcilla seca	4
Arenas secas	4
Asfalto	5
Arena y Grava congelada	5
Concreto seco	5,5
Caliza seca	5,5
Arenas y Gravas secas	5,5
Suelos arenosos/minerales secos	6
Arenisca húmeda	6
Granito húmedo	6,5
Caliza húmeda	8
Cultivos	11
Concreto húmedo	12,5
Arenas húmedas	15
Suelos arenosos húmedos	23,5
Arenas Saturadas	25
Arcillas húmedas	27
Turbas saturadas	61,5
Suelos Orgánicos	64
Agua de mar	81
Agua	81

La selección de la antena a utilizar depende del objetivo de la prospección (ver Tabla 2). Generalmente para ensayos en elementos estructurales es recomendado usar frecuencias mayores a 1GHz debido a su corta penetración pero a su calidad de detalle, por ejemplo a la hora de encontrar patologías en el concreto o en las barras de refuerzo.

En ensayos geotécnicos se usan antenas de frecuencias entre 25 MHz y 800 MHz.

Tabla 2 Valores de frecuencias de antenas y su aplicación.
Fuente: Manual del sistema SIR-3000 GSSI

FRECUENCIA	EJEMPLO DE APLICACIONES	PROFUNDIDAD TIPICA MAXIMA metros
2,6 (GHz)	Hormigón o concreto estructural, carreteras, lozas, tableros de puentes	0,3
1,6 (GHz)	Hormigón o concreto estructural, carreteras, lozas, tableros de puentes	0,5
400 MHz	Geología no profunda, ambiental, arqueología	3
200 MHz	Geología, ambiental	8

2 FUNCIONAMIENTO DEL GEORRADAR EN LA BÚSQUEDA DE TUBERÍAS

Para el radar de penetración terrestre una tubería enterrada es básicamente un elemento con valores de dieléctrico diferentes al del medio que lo rodea. Cuando las ondas electromagnéticas emitidas por la antena chocan con este, parte de la onda es reflejada para ser detectada por la antena (ver Figura 2).

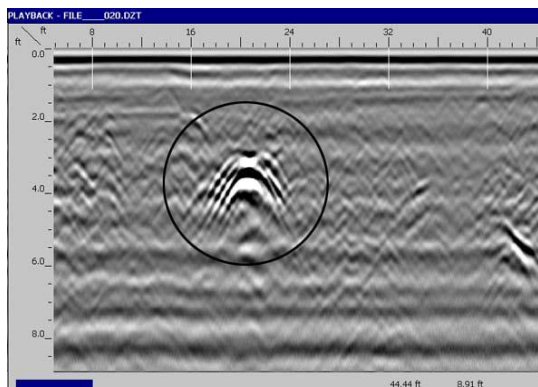
Figura 2 Funcionamiento del GPR en la ubicación de tuberías.



Fuente: Editada de imagen georradar <http://www.trxconsulting.com/>

Al desplazar la antena por la superficie y a medida que esta se va acercando a la posición de la tubería enterrada, el georradar (GPR) calcula y graba el tiempo transcurrido desde la emisión de la señal, hasta la llegada de su reflexión al chocar con la tubería, por tanto entre más nos acercamos con la antena a la tubería, más corto es el tiempo de retorno y por ende la distancia del recorrido de la onda reflejada, obteniéndose la forma de parábola mostrada en la Figura 3

Figura 3. Radargrama tipo de un barrido transversal de la tubería, encerrado en el círculo la reflexión típica de una tubería



Fuente: elaboración propia, radargrama tomado de software RADAN6 [3].

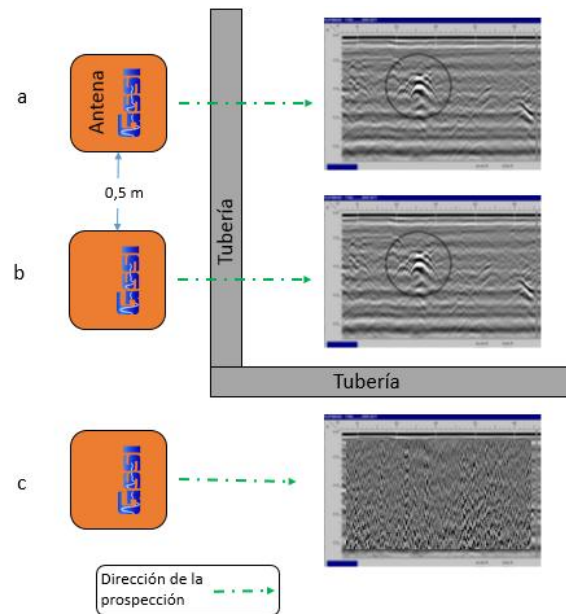
3 METODOLOGÍA PARA LA DETECCIÓN DE TUBERÍAS EN CAMPO

Para iniciar con la detección de tuberías se parte de los pozos de inspección ya que estos nos dan un indicio de su dirección y además nos dan un valor inicial de la profundidad a la que estas se encuentran, de esta forma podemos verificar que los valores que observamos en los radargramas están bien y que el equipo está trabajando de forma correcta.

Mediante barridos aleatorios (en diferentes direcciones) podemos ir observando en la unidad de control si se presenta algún radargrama como el mostrado en la Figura 3 lo que nos indica que pasamos en forma ortogonal a una tubería. Para corroborar que se trata de una tubería y no de un objeto de forma similar, se prosigue a hacer un barrido paralelo 0,5 metros después de la ubicación en la que se presentó el radargrama tipo (ver Figura 4). Si en el radargrama se sigue presentando el mismo patrón hiperbólico hacemos el mismo procedimiento

anterior (Figura 4b). En caso tal que se deje de presentar este patrón es porque tal vez la tubería ha cambiado de dirección, en ese caso se debe buscar la dirección de la misma haciendo barridos aleatorios (Figura 4c), de esta forma podemos ir marcando en campo o en algún plano la dirección de las tuberías.

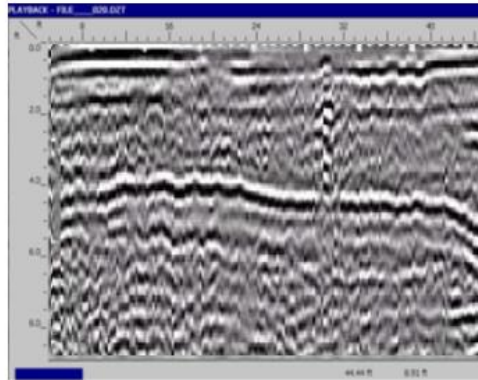
Figura 4. Explicación grafica del método de prospección



Fuente: Elaboración propia

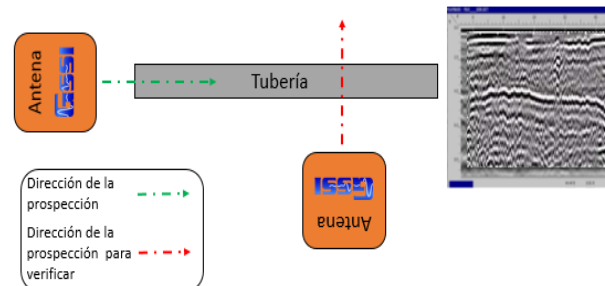
Si al hacer el barrido lo que se presenta es un radargrama como el mostrado en la Figura 5 se puede pensar que se está pasando en dirección del eje de la tubería, en ese caso se debe hacer un barrido transversal a la dirección en la que se presentó ese radargrama (Figura 6).

Figura 5. Radargrama presentado cuando la prospección se da en dirección al eje de la tubería



Fuente: Software RADAN6 [3]

Figura 6. Verificación de la ubicación de una tubería con un barrido transversal.



Fuente: Elaboración propia

Siempre es necesario efectuar barridos longitudinales y transversales para verificar que se trate de una tubería, buscando de esta forma continuidad y dirección en los tramos de esta.

3.1 Fase de validación de la estructura de trabajo

Para esto se planeó dentro de las instalaciones de la Universidad Industrial de Santander en el sector comprendido entre el aula máxima de física, y el CDIHR (ver Figura 7) algunas prospecciones que nos permitieran practicar con el equipo

El objetivo de la prospección fue interpretar los radargramas obtenidos para corroborar la dirección y la profundidad de las tuberías a su llegada a los pozos de inspección ubicados en el sector, teniendo como base la información del plano general hidráulico sanitario de la universidad (Figura 7).

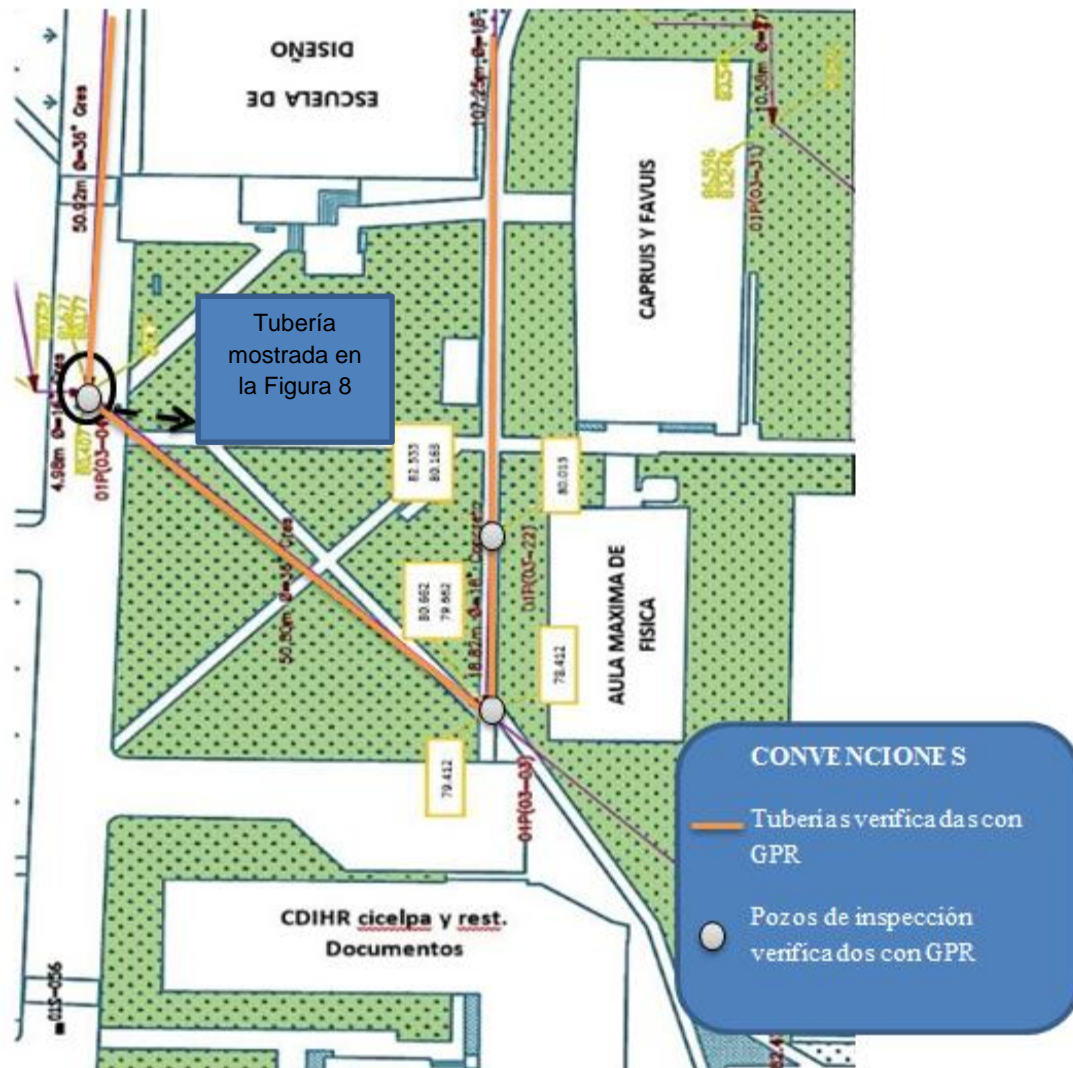
El equipo GPR utilizado fue el SIR 3000 de la empresa GSSI (Geophysical survey systems, inc), con una antena de frecuencia de 400 MHz en la carretilla de prospección, programado en el modo utilityscan, tomando datos mediante barridos longitudinales y transversales al eje de las tuberías.

A los radargramas obtenidos se les aplicó una serie de etapas de procesamiento con el fin de resaltar los contrastes presentes en la señal y filtrar los componentes de ruido producidos por la antena, todo esto mediante el uso del software RADAN 6 [3].

A continuación se enumeran las etapas de procesamiento utilizadas:

1. Time zero: elimina el vacío presente entre la antena y el suelo, esto le dará un cálculo de la profundidad más preciso, ya que establece la parte superior de la exploración a una aproximación cercana de la superficie del suelo.
2. Background removal: elimina el ruido producido por la antena.
3. Aplicación exponencial de ganancia: hace que sea más fácil detectar objetivos de menor amplitud. La alteración de la ganancia de la pantalla no cambia los valores de datos [4].

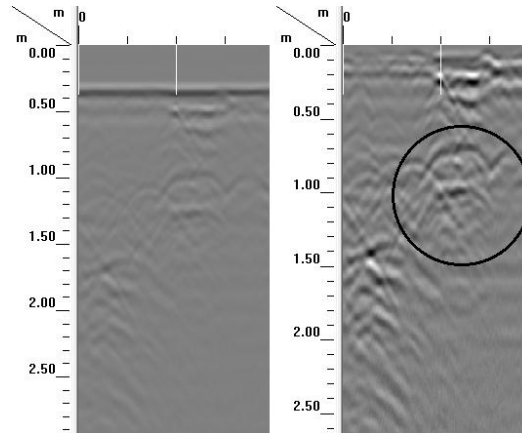
Figura 7. Sector a prospectar (Tomado del plano hidráulico sanitario de la universidad)



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 8 se muestra un ejemplo de un radargrama original y junto a él el resultado después de realizar el procesamiento.

Figura 8. Radargrama tipo. A la izquierda se muestra la imagen sin procesar, a la derecha la imagen procesada mediante software RADAN6 [3].



Fuente: imagen tomada de software RADAN6 [3].

En el radargrama mostrado en la Figura 8 se observa señalada en un círculo la ubicación de la tubería a una profundidad de 0.65 m, corroborando esta profundidad según el plano hidráulico sanitario de la universidad en el sector estudiado.

Para corroborar la información del georradar y del plano hidráulico sanitario, se realizaron inspecciones visuales (Figura 9).

Figura 9. Verificación de la profundidad de la tubería mediante inspección.



Fuente: Elaboración propia.

3.2. Fase de planeación y aplicación del levantamiento con GPR como método no invasivo en la identificación de las redes de servicio.

Objetivo de la prospección

Realizar prospecciones con el radar de penetración terrestre, en el área de desarrollo del proyecto “Diseño urbanístico del espacio público de la villa olímpica y diseño de un centro polifuncional de eventos en el municipio de Barrancabermeja, Santander”, específicamente en los sectores aledaños al diseño del polifuncional, con el fin de detectar la dirección y continuidad de las redes de alcantarillado, para evitar el rompimiento o daño de estas durante el desarrollo del proyecto. Adicional a eso generar información que permita tener un esquema de catastro de redes que contribuyan al diseño hidrosanitario del mismo.

Verificar y complementar la información proveniente del plano de redes de alcantarillado del municipio de Barrancabermeja, en los sectores mostrados en la Figura 10 y detectar la dirección de la red de alcantarillado de las tuberías faltantes.

Figura 10. Áreas a prospectar dentro del proyecto usando el radar de penetración terrestre (GPR)

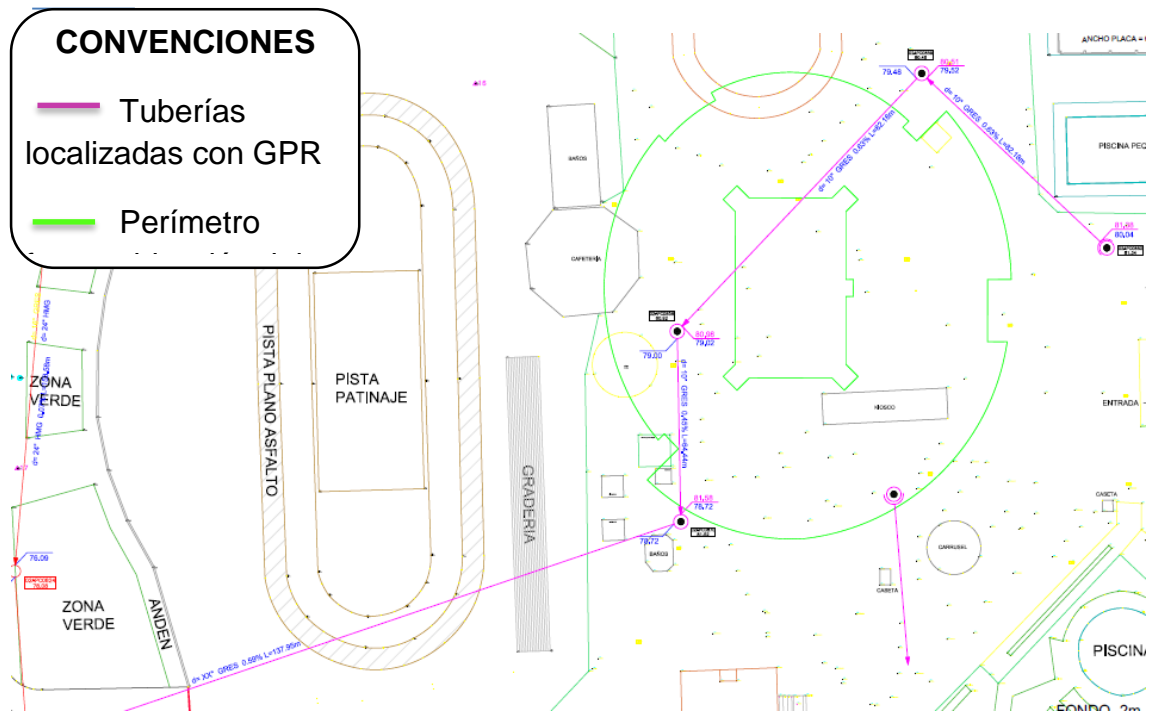


Fuente: Elaboración propia.

La aplicación del georradar en el proyecto villa olímpica se efectuó durante un día, obteniendo la ubicación y dirección de algunas tuberías dentro del área de estudio y además validando información del plano de alcantarillado del municipio.

Con la aplicación del georradar se identificó la ubicación y la dirección de algunos de los tramos de tuberías mostrados en la Figura 11

Figura 11. Ubicación de algunas tuberías dentro del proyecto villa olímpica mediante uso del GPR



Fuente: Elaboración propia

3.3. Elaboración de una guía para la implementación del radar de penetración terrestre sir-3000, como método no destructivo para catastro de redes.

Como aporte de la práctica se generó una guía que les permita a los estudiantes o futuros usuarios del GPR capacitarse de forma rápida y fácil en cuanto al uso de este equipo para la detección de tuberías, esta guía fue entregada al grupo de investigación Geomática.

3.4. Apoyo para demás actividades de campo

Para comprender las actividades que se presentan a continuación se hace necesaria hacer una breve introducción al funcionamiento de las tecnologías aplicadas en estas.

Cámara ladybug

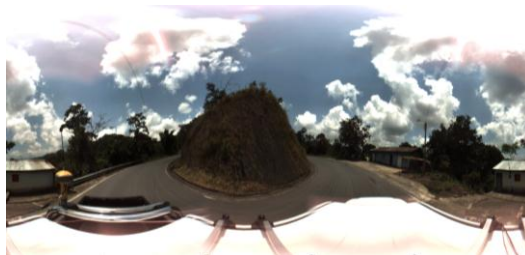
Básicamente la cámara ladybug (Figura 12) es un conjunto de 5 cámaras que permite tomar fotos 360° como la que se muestra en la Figura 13

Figura 12. Cámara ladybug.



Fuente: www.ptgrey.com [5]

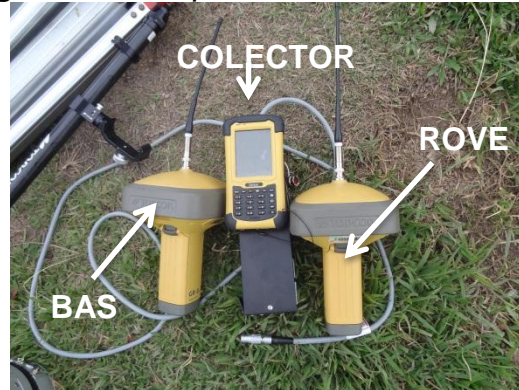
Figura 13. Imagen tomada con la cámara ladybug,



*Fuente: tomada del proyecto de caracterización predial de Vélez, Geomática
2014*

Sistema RTK

Figura 14. Componentes del sistema RTK.



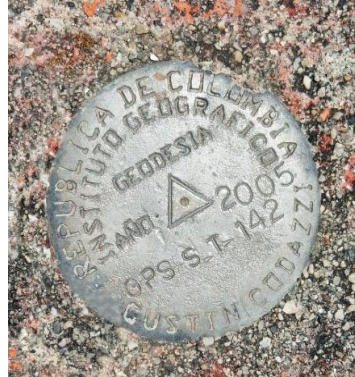
Fuente: Elaboración propia.

El RTK (real time kinematic) es un sistema de posicionamiento por satélite que combina los tres sistemas de posicionamiento originales: GPS, GLONASS y GALILEO [6], en donde una estación de referencia (base) proporciona correcciones en tiempo real al punto a georreferenciar (Rover) ver Figura 14, obteniendo una exactitud milimétrica en cuanto a la ubicación del punto.

Metodología de funcionamiento

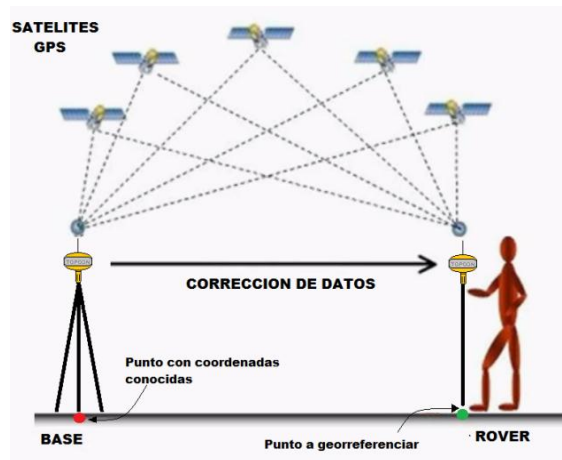
En un punto con coordenadas conocidas se instala la base, por lo general estos puntos han sido georreferenciados por el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) a estos puntos se les llama mojones (Figura 15), la base se configura mediante el colector y se deja estática en ese punto, luego el rover a través del colector se configura y se correlaciona a la base esto para poder corregir su ubicación (ver Figura 16) obteniendo una exactitud milimétrica.

Figura 15. Imagen de un Mojón típico Georreferenciado por el IGAC (instituto Geográfico Agustín Codazzi).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Funcionamiento del sistema RTK



Fuente: Elaboración propia

3.4.1. Apoyo técnico de trabajos en campo en el proyecto Vélez

Caracterización predial del casco urbano usando cámara ladybug

Este trabajo de campo se realizó a principios del mes de abril, en el cual mediante el uso de una cámara ladybug se hizo la caracterización predial del área urbana del municipio de Vélez.

Resumen del procedimiento:

Sobre la camioneta se instala la cámara ladybug (ver Figura 17) esta va tomando fotos 360° mientras la camioneta va haciendo el recorrido por el casco urbano del municipio y el corregimiento de alto Jordán, obteniendo de esta forma las imágenes del municipio, la georreferenciación de las imágenes tomadas por la cámara se hace mediante el uso del sistema RTK.

Figura 17. Equipo completo para la caracterización predial, en la Figura se observa el sistema RTK y la cámara Ladybug sobre la camioneta del grupo de investigación Geomática



Fuente: Elaboración propia

Levantamiento topográfico mediante escáner laser terrestre

Figura 18. Acompañamiento en el uso del escáner láser terrestre.



Fuente: *Elaboración propia*

Se realizó el levantamiento de puntos como apoyo para la georreferenciación de targets del levantamiento con escáner láser terrestre en el municipio de Vélez y corregimiento de Alto Jordán, con trabajo de campo realizado entre los días 15 al 19 de abril como apoyo al desarrollo del proyecto de evaluación de amenazas por remoción en masa, vulnerabilidad relativa y riesgo indicativo en el municipio de Vélez, y el corregimiento de alto Jordán (Figura 18)

3.4.2. Apoyo técnico de trabajos en campo en el proyecto villa olímpica Apoyo para la georreferenciación de puntos para la revisión de catastro de redes con sistema RTK (Real Time Kinematic)

Se ubicaron algunos pozos de inspección faltantes en el plano de catastro de redes del municipio en el sector aledaño a la villa olímpica, georreferenciándolos mediante el uso de RTK. (Figura 19)

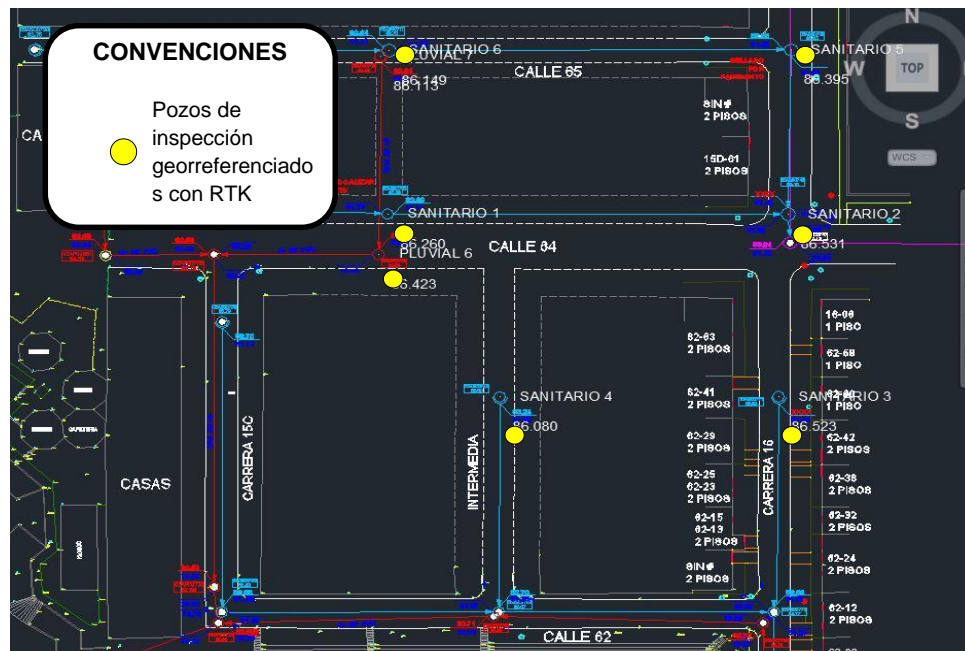
Figura 19. Georreferenciación de algunos pozos de inspección



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 20 se muestra un fragmento del plano de redes hidráulicas del sector aledaño a la villa olímpica en la cual se muestran los pozos georreferenciados con el sistema RTK.

Figura 20. Fragmento del plano del sector aledaño a la villa olímpica, en esta figura se muestran en color amarillo los pozos de inspección georreferenciados mediante sistema RTK



Fuente: Elaboración propia

4. ABREVIATURAS Y ACRONIMOS

GPR: Ground penetrating radar

GSSI: Geophysical Survey Systems, Inc.

RTK: Real Time Kinematic

5. CONCLUSIONES

Las prácticas empresariales como modalidad de proyecto de grado dentro de este grupo de investigación permiten al estudiante aplicando nuevas tecnologías adquirir conocimientos en diferentes campos de la ingeniería, esto le da la oportunidad de entrar en contacto, conocer y asimilar el conocimiento de vanguardia.

La presencia de agua en los suelos dificulta la aplicación del georradar pues el agua absorbe las ondas electromagnéticas producidas por la antena y evita que la onda se propague en el suelo

El GPR proporciona un importante valor agregado a nivel económico y a nivel de mitigación de riesgos, ya que al llevar a cabo estas tareas con métodos tradicionales (destrutivos) se corre el riesgo de romper tuberías bien sea de gas, energía eléctrica etc., lo cual puede ocasionar pérdidas humanas o cortes de servicio a comunidades, y por supuesto sobrecostos para el ejecutor de la obra. Además debido a su fácil manejo y movilización se reducen tiempos de operación y por ende costos en personal y en tiempos de obra

La aplicación del GPR para determinar la ubicación, dirección y profundidad de las tuberías resulta eficaz, pero resulta muy complicado calcular su diámetro.

6. RECOMENDACIONES

La aplicación del GPR en el campo de la ingeniería es muy amplia y va más allá que del uso de este para la detección de tuberías, se hace necesaria la investigación de su funcionamiento y uso en diferentes áreas y actividades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [5] Cámara ladybug;
http://www.ptgrey.com/products/ladybug3/images/LD3_black_large.jpg
[citado 5 mayo 2014].
- [2] Geophysical Survey Systems, Inc., manual del Sistema SIR-3000; Salem, New Hampshire 2009.
- [4] Geophysical Survey Systems, Inc., RADAN7 user manual; Salem, New Hampshire July 2012.
- [3] RADAN 6. Disponible: <http://www.geophysical.com/software.htm> [citado 3 mayo 2014].
- [1] Richard Anselmi Perez Roa; Uso del georadar como herramienta para la ubicación de utilidades y vacíos en zonas urbanas y aplicación de los perfiles de resistividad y polarización inducida en prospección minera; (pregrado); Universidad Simón Bolívar; Sartenejas, Febrero de 2007.
- [6] Sistema RTK; <http://www.topconpositioning.es/productos/GR-5.php> [citado 5 mayo 2014].