

LOCALIZACIÓN Y GEOREFERENCIACIÓN DE PUNTOS DE AGUA
SUBTERRÁNEA DE LOS POZOS UBICADOS EN LA PARTE OCCIDENTAL DE
LA CIUDAD DE BUCARAMANGA Y EL RÍO DE ORO

LUIS MARIO DURAN GONZALEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICO MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2014

LOCALIZACIÓN Y GEOREFERENCIACIÓN DE PUNTOS DE AGUA
SUBTERRÁNEA DE LOS POZOS UBICADOS EN LA PARTE OCCIDENTAL DE
LA CIUDAD DE BUCARAMANGA Y EL RÍO DE ORO

LUIS MARIO DURAN GONZALEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Directora:
SULLY GOMEZ ISIDRO
Ingeniero Civil, MsC., PhD

Co Director
ANDRES FELIPE PRADA SEPULVEDA
Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICO MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2014

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a la directora del proyecto, la doctora Ing. PhD Sully Gómez Isidro, por su apoyo y confianza en la realización del proyecto.

Agradezco al Ingeniero Civil Andrés Felipe Prada, además de ser el Co-Director de este proyecto, su apoyo incondicional y aportes en la investigación.

Agradezco a mi compañero Javier Torrado que no fue compañero de tesis su gran aporte y empeño de aprender el programa SURFER 10.

Mi agradecimiento infinito a la Universidad Industrial de Santander, por todo lo aprendido en sus aulas de clases, lo cual me permitió adquirir un mundo de conocimientos.

A mi familia por brindarme todo su apoyo y comprensión en la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme la vida, salud y sabiduría.

A mi héroe, mi mentora, mi madre por su enorme sacrificio sin límites, me enseñaste a valorar y disfrutar las oportunidades que nos da la vida, te debo la vida y todo lo que me enseñaste, Eres mi héroe mamá

A mis hermanas; Vida y Linda por su apoyo incondicional, que siempre fue la vida Linda de Luis Ma.

A mi sobrina hermosa Laura Margarita, que llegaste este año para imprimírle el acelerador a culminar este proceso.

Al Amor de mi vida Laura Marcela, mi amiga, mi compañera, mi novia, mi amor por siempre, la persona ideal de mi vida, gracias te doy por estar a mi lado en todo momento.

A todos mis compañeros de clases que contribuyeron para alcanzar esta meta.

Luis Mario

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1. GENERALIDADES	15
2. INFORMACIÓN HIDROGEOLÓGICA	17
3. METODOLOGÍA	20
3.1 SALIDAS DE CAMPO.....	20
3.2 SOFTWARE UTILIZADO.....	21
3.3 DESCRIPCIÓN DE POZOS Y PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA	22
3.3.1 Pozos Profundos.....	22
3.3.2 Cisternas o Aljibes	23
3.3.3 Manantiales.....	23
3.4 EQUIPOS UTILIZADOS	24
3.4.1 Conductivity meter SG3	24
3.4.2 pH meter SG2	25
3.4.3 Sonda de Nivel freático	26
3.4.4 GPS Trimble	27
3.4.5 Protocolos.....	27
3.4.6 Calibración	28
4. RESULTADOS.....	29
4.1 DIRECCIONES DE FLUJO E ISOPIEZAS	30
4.2 RESULTADOS DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y PH	34
4.3 pH.....	36
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	38
6. CONCLUSIONES	40
7. RECOMENDACIONES.....	42
BIBLIOGRAFIA.....	43
ANEXOS.....	45

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Listado Captación Inventariadas en la Zona Occidental	29
Tabla 2. Puntos de Aguas Subterráneas Localizados en el Acuífero Profundo	30
Tabla 3. Cálculo del Gradiente Hidráulico Acuífero Profundo.....	33
Tabla 4. Conductividad y pH de los Puntos de Aguas	34

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Zona de Estudio y Localización de los Puntos de Aguas Subterráneas .	16
Figura 2. Geología Local y del Área de Estudio.....	18
Figura 3. Perfil Geológico y del Acuífero Profundo de Bucaramanga de Oriente a Occidente.....	19
Figura 4. Variograma Lineal Ajustado al Acuífero Profundo	31
Figura 5. Direcciones de flujo los puntos de agua subterránea, en el mes de Septiembre de 2014.....	32
Figura 6. Isopiezas de los puntos de agua subterránea en el mes de septiembre de 2014.....	33
Figura 7. Conductividad eléctrica del área de estudio en el mes de septiembre de 2014.....	35
Figura 8. pH del área de estudio en el mes de septiembre de 2014.....	36
Figura 9. Variograma Lineal de pH Ajustado al Acuífero Profundo.....	37

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Conductivity meter SG3	24
Imagen 2. pH meter SG2	25
Imagen 3. Sonda de Nivel Freático	26
Imagen 4. GPS Trimble	27

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A. Inventario De Pozos De Agua Subterránea Acuífero Profundo.....	46
Anexo B. Mapa De Dirección De Flujo.....	47
Anexo C. Mapa De Isopiezas.....	48
Anexo D. Mapa De Conductividad Electrica	49
Anexo E. Mapa De Ph	50
Anexo F. Mapa En Arcgis 9 Que Contiene La Localización Del Inventario.....	51
Anexo G. Formato Diseñado Para El Inventario	52

RESUMEN

TITULO:

LOCALIZACIÓN Y GEOREFERENCIACIÓN DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LOS POZOS UBICADOS EN LA PARTE OCCIDENTAL DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA Y EL RÍO DE ORO*

AUTOR:

DURAN GONZALEZ, Luis Mario**

PALABRAS CLAVES:

ACUIFERO, ISOPIEZAS, INVENTARIO, CONDUCTIVIDAD ELECTRICA, PH.

DESCRIPCION:

El acuífero profundo de Bucaramanga se encuentra conformado por el miembro órganos de la formación aluvial de Bucaramanga, tiene como basamento la formación Girón, constituida en la zona de estudio, principalmente, por limolitas de baja permeabilidad.

El uso de este acuífero se ha incrementado a partir del año 2000 y ha sido utilizado para uso industrial, lavadero de carros, estaciones de servicio y consumo humano, aun siendo una fuente de agua importante en los municipios de Girón, Floridablanca y sus alrededores. En este trabajo se presentan los resultados de la localización y geo-referenciación de un total de 20 puntos de aguas subterráneas encontrados en el año 2014, los cuales se ubican sobre un modelo geológico digital. Se realizan y presentan los mapas de isopiezas que permiten determinar direcciones de flujo y gradientes hidráulicos; así como mapas de conductividad eléctrica, mapa de pH y su variación o comportamiento en la zona de estudio. Las líneas de isopiezas permiten observar la interrelación entre el acuífero profundo de Bucaramanga y el río de Oro.

A partir del modelo digital en escala de 1:10.000 de la zona de estudio y de los resultados de este trabajo, se espera contribuir al modelo hidrogeológico en el acuífero profundo de Bucaramanga, además se ubicó el inventario de puntos de agua subterránea localizados al occidente de la ciudad de Bucaramanga y el río de Oro en el Sistema de Información Geográfica, mediante la herramienta computacional de ArcGis 9.

* Trabajo de Grado: Trabajo de Investigación

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ing. M. Sc., Ph SULLY GOMEZ ISIDRO.

ABSTRACT

TITLE:

GEOREFERENCING POINT LOCATION AND GROUNDWATER WELLS LOCATED IN THE WESTERN PART OF THE CITY AND THE RIVER BUCARAMANGA GOLD*

AUTHOR:

DURAN GONZALEZ, Luis Mario**

KEYWORDS:

AQUIFER, ISOPIEZAS, INVENTORY, ELECTRICAL CONDUCTIVITY, PH

DESCRIPTION:

Bucaramanga The deep aquifer is composed of the bodies of the member alluvial formation of Bucaramanga, Girón has as base, incorporated in the study area mainly by low-permeability siltstones.

Use of this aquifer has increased since 2000 and has been used for industrial use, car wash, gas stations and human consumption, although an important source of water in the municipalities of Girón, Floridablanca and surroundings. In this paper the results of the location and geo-referencing of a total of 20 groundwater points found in 2014, which are located on a digital geological model are presented. Are performed and presented isopiezas maps for determining directions of flow and hydraulic gradients; and electrical conductivity maps, map of pH and its variation or behavior in the study area. Isopiezas lines allow us to observe the interplay between the deep aquifer Bucaramanga and Gold River.

From digital model scale of 1: 10,000 of the study area and the results of this work are expected to contribute the hydrogeologic model in the deep aquifer Bucaramanga, plus inventory points groundwater located west started city of Bucaramanga and Rio de Oro in the GIS, using the computational tool of ArcGIS 9.

* Graduation Project: research work

** Faculty of Physical and Mechanical Engineering, School of Civil Engineering, Ing. M. Sc., Pd SULLY GOMEZ ISIDRO

INTRODUCCIÓN

El agua subterránea en la ciudad de Bucaramanga se empezó a conocer en forma técnica, hacia la década de los años 60, cuando se creó la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), y defensa de sus escarpas. Hacia el inicio del año 2000, el agua subterránea adquirió otro significado y empezó a ser utilizada por la comunidad, hecho que se evidencia en el número importante de concesiones solicitadas a la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) hasta la fecha. Aunque el uso más conocido es el bombeo de pozos construidos por lavaderos de carros y estaciones de servicio, principalmente, en el acuífero superficial de la meseta, también se conocen pozos dedicados a lavaderos de carros, a industrias y al consumo humano, localizados en el acuífero profundo, en la zona industrial y gran parte del municipio de Girón.

El uso del agua subterránea es de vital importancia y, más aún, cuando se trata de su despilfarro y contaminación. Por tal motivo, se hace necesario un estudio de la localización y georeferenciación de los puntos de pozos de aguas subterránea, la medición de niveles de agua, el análisis de conductividad eléctrica y su pH, para determinar dónde está la explotación del agua subterránea.

Este estudio se centra en la zona aluvial y sedimentaria de Bucaramanga (Figura 1), la cual está definida por el área comprendida entre la divisoria Suroccidental y Noroccidental de la cuenca superior del Río Lebrija; donde se encuentran los municipios de Girón y parte de Bucaramanga y Floridablanca. Además, se incluye una pequeña parte del Macizo de Santander, al Oriente de Bucaramanga, siendo la principal fuente de recarga del acuífero de Bucaramanga.

1. GENERALIDADES

Se han realizado investigaciones e identificaciones de recargas y modelos conceptuales de flujo, así como un análisis de vulnerabilidad intrínseca, basado en los conocimientos de los sistemas acuíferos (Rueda, 2013). Estos proyectos han incluido parámetros propios de la región como la presencia de estructuras tectónicas compuestas de roca fracturada, que influyen en el régimen del flujo subterráneo.

El crecimiento del área metropolitana hacia la zona occidental, municipio de Girón y zona industrial de Bucaramanga, ha incrementado el uso de pozos subterráneos; pero la falta de control por parte de los entes gubernamentales y ambientales sobre estas concesiones, ha conllevado a una potencial contaminación indiscriminada del acuífero profundo. Sin olvidar que el actual relleno sanitario se encuentra en contacto con este acuífero.

MUNICIPIO DE BUCARAMANGA

Bucaramanga es la capital del departamento de Santander y se encuentra ubicada sobre la cordillera Oriental. Su población actual asciende aproximadamente a 684.238 habitantes según proyecciones del (DANE) para el año de 2014. Su superficie es de 162 km², y su altura sobre el nivel del mar es de 960 m.s.n.m., y con una temperatura promedio de 25°C.

MUNICIPIO DE GIRÓN

San Juan de Girón “Monumento Nacional” se encuentra ubicado en el departamento de Santander a 7 kilómetros al occidente de la capital Bucaramanga, el municipio de Girón hace parte del Área Metropolitana, además de los municipios de Floridablanca y Piedecuesta, su población actual es aproximadamente de 170.770 habitantes según proyecciones del (DANE) para el año de 2014. Su superficie es

de 475.4 km², y su altura sobre el nivel del mar es 777 m.s.n.m., y cuenta con una temperatura promedio de 29°C.

MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA

El municipio de Floridablanca se encuentra ubicado en el departamento de Santander al sur de la capital Bucaramanga, su población actual es aproximadamente de 258.509 habitantes según proyecciones del (DANE) para el año 2014. Su superficie es de 925 km², y su altura sobre el nivel del mar es 925 m.s.n.m., y cuenta con una temperatura promedio de 25°C.

Figura 1. Zona de Estudio y Localización de los Puntos de Aguas Subterráneas



Fuente: Google Earth (2014), modificado por el autor

2. INFORMACIÓN HIDROGEOLÓGICA

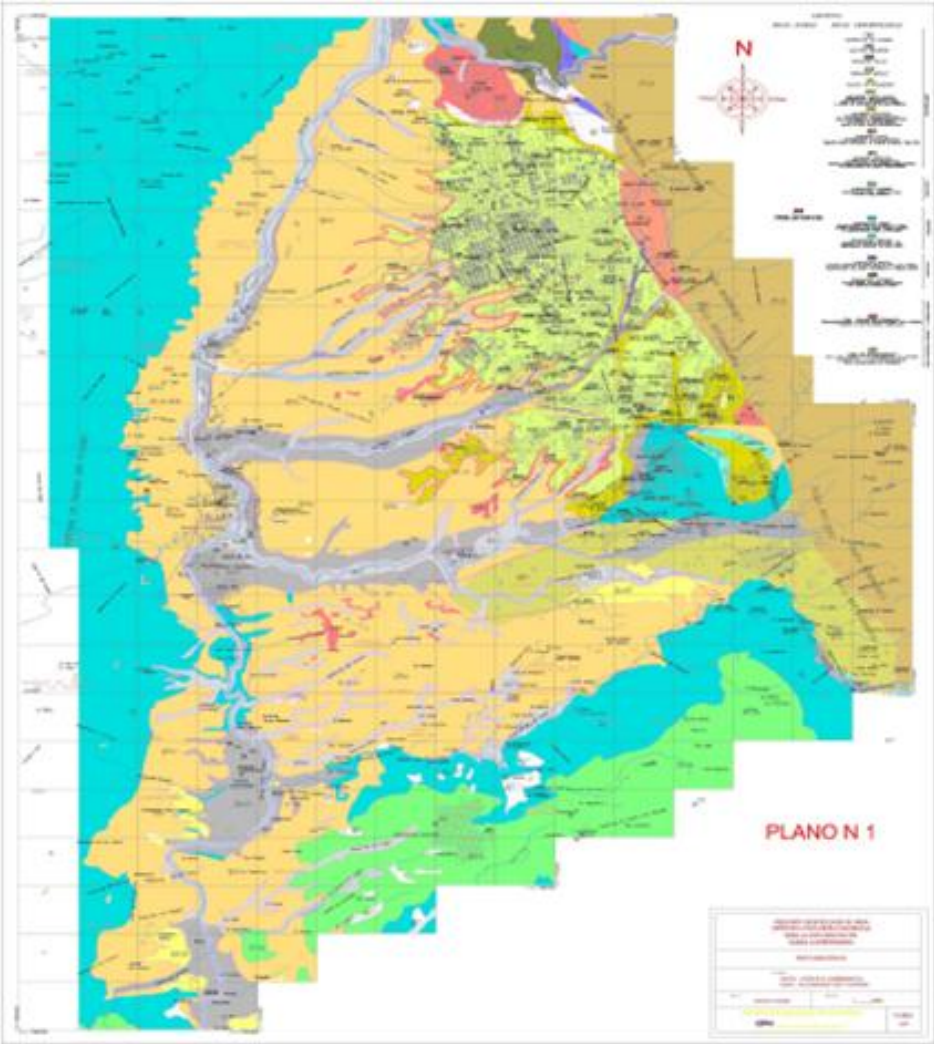
Los acuíferos de Bucaramanga se encuentran conformados por rellenos aluviales sobre formaciones sedimentarias y rocas ígneas metamórficas. El acuífero superficial se encuentra en el miembro gravoso de la formación Bucaramanga, como se observa en la Figura 2.

El acuífero profundo es considerado semi-confinado a libre en la zona de estudio, y pertenece al miembro órganos de la formación Bucaramanga, el cual posee un espesor variable de entre 220 y 300 m. Su parte superior, con espesores de entre 120 y 170 m., está compuesta por materiales gruesos; mientras que, su parte inferior posee materiales más finos y de menor permeabilidad con espesores que varían entre 40 y 140 m (Vázquez & Bermúdez, 2004).

Rodeando el perímetro del área metropolitana de Bucaramanga, se presentan extensiones notables de rocas sedimentarias clásticas, de edad Jurásico, conformando la formación Jordán (Jj) ubicada al noroccidente de Bucaramanga, norte de Floridablanca y alrededores de Piedecuesta. La formación Girón (Jg) se ubica principalmente al occidente del área metropolitana de Bucaramanga, noroccidente de Piedecuesta y norte de Floridablanca constituyendo una gran parte, del basamento que subyace los depósitos aluviales sobre los cuales está construida la ciudad de Bucaramanga (INGEOMINAS, 2001).

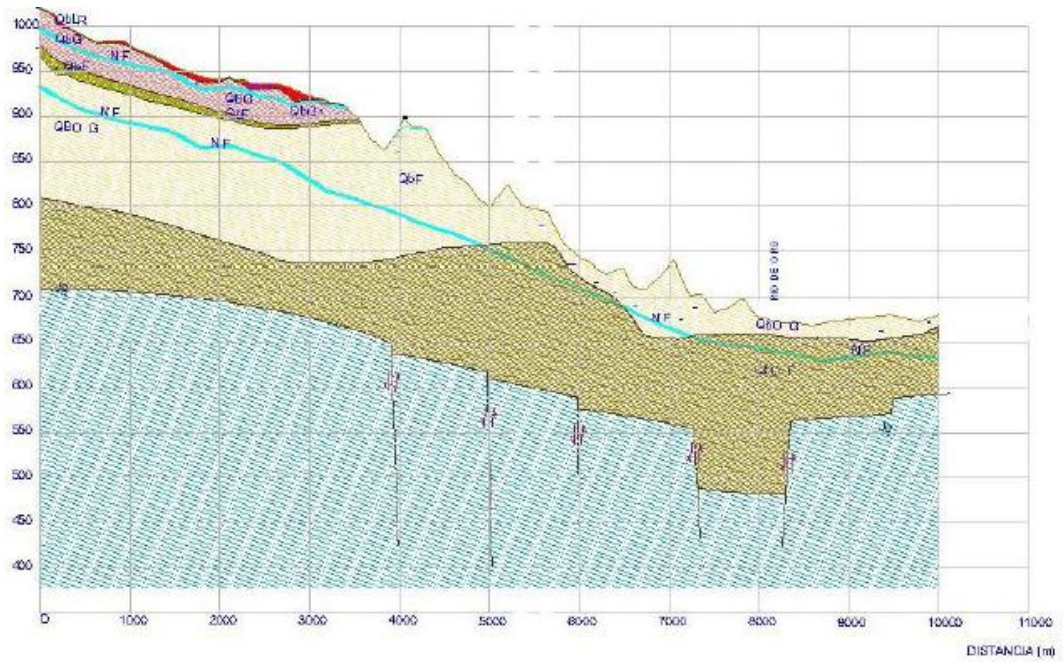
Existen también depósitos aluviales (Qal, Qal1 y Qal2) - ver Figura 3- distribuidos de acuerdo a su posición en los valles de los principales ríos, donde se localiza parte de la población de Girón. Localmente se presentan depósitos coluviales de ladera (Ql), la mayoría de pequeña extensión, provenientes en gran parte de fenómenos de remoción en masa o por efectos de gravedad los cuales se acumulan en las laderas o pie de éstas (INGEOMINAS, 2001).

Figura 2. Geología Local y del Área de Estudio



Fuente: INGEOMINAS (2001)

Figura 3. Perfil Geológico y del Acuífero Profundo de Bucaramanga de Oriente a Occidente



Fuente: González, J., Camargo, L. (2010)

3. METODOLOGÍA

Para la realización del presente trabajo se tuvieron en cuenta las salidas de campo realizadas en el mes de Julio del presente año, utilizando un Conductivity meter SG3, un pH meter SG2, un GPS Trimble y una sonda de nivel freático. Una vez realizadas las salidas de campo, se procedió a registrar los datos en un formato y, posteriormente, ingresadas en el programa SURFER 10 desarrollado por Golden Software.

Para la realización de este inventario se tuvo en cuenta el inventario realizado por Torres & Rodríguez, (2011) donde se observó que solo se encuentran 10 puntos de agua subterránea del acuífero profundo, de los cuales algunos pozos de aguas subterráneas cuentan con concesión de caudales de la autoridad ambiental y que algunos pozos fueron sellados por construcciones.

3.1 SALIDAS DE CAMPO

El inventario de pozos de aguas subterráneas, se realizó mediante visitas e inspecciones oculares de campo. Se pudo observar que la mayoría de los sitios visitados son lavaderos de carros ubicados, principalmente, a los costados del anillo vial que comunica Floridablanca con el Norte de Bucaramanga; Además, se visitaron los lavaderos de carros que se encuentran en la vía que comunica la terminal de transportes de Bucaramanga con el municipio de Girón.

En las diferentes visitas de campo programadas, se recopiló información mediante un formulario diseñado con base en las recomendaciones de INGEOMINAS, la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB9) y el Grupo en Predicción y Modelamiento Hidroclimático (GPH) de la Universidad Industrial de Santander. En el formulario se registraron las coordenadas norte y este, cotas sobre el nivel del mar de los puntos de agua subterránea; así como la profundidad de los respectivos niveles freáticos, tipo de captación, profundidad de excavación del pozo,

y la medición de los parámetros físico-químicos (Conductividad Eléctrica y pH). También, se identificó la actividad económica a la cual estaba destinado el establecimiento donde se encontraba el pozo de agua subterránea.

3.2 SOFTWARE UTILIZADO

El programa seleccionado fue SURFER 10, ya que este programa computacional posibilita utilizar variogramas y algoritmo Kriging para hacer la distribución espacial de los datos.

El programa SURFER 10 implementa varios métodos de interpolación de acuerdo con las necesidades del usuario. Se aplicó el método geo estadístico de Kriging (los modelos geo estadísticos además de tomar en cuenta los múltiples factores geométricos, también incluyen una relación estadística entre los distintos puntos medidos para generar la predicción y establecer la fiabilidad del modelo), que permitió integrar información de la cartografía digital en la escala 1:10.000 a partir de archivos de formato shape. Con este software se pudo generar los respectivos mapas de isopiezas, direcciones de flujo, conductividad eléctrica y pH (Cartografia.cl).

Cabe resaltar, que uno de los productos obtenidos fue el Sistema de Información Geográfica, con la ayuda de la herramienta computacional ArcGis 9, que permitió visualizar la cartografía digital, sobre la cual se trabajó; utilizando, además, una cartografía base suministrada por el Grupo en Predicción y Modelamiento Hidroclimático (GPH) y la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), en una escala de 1:10.000 para anexar y localizar los puntos de aguas subterráneas inventariados mediante el formato de shape (Ver anexo 6)

El uso del software de ARGIS 9 posibilitó exportar la base cartográfica suministrada en escala 1:10.000 al programa SURFER 10, a través del formato shape o formato de salida. Y con la tabla de atributos se muestra la información recolectada en campo, es decir, en la tabla de información se pueden observar los datos

digitalizados del formato, utilizado en las salidas de campo, como lo son: las coordenadas norte, este y las cotas del terreno, las cotas piezométricas o nivel del agua en el pozo, pH, conductividad eléctrica, tipos de pozos encontrados, diámetros de los mismos, etc., además se puede visualizar la cartografía digital del terreno en escala 1:10.000.

Esta cartografía digital permitió elaborar mapas tipo SIG (Sistema de Información Geográfica) para referenciar y almacenar los puntos de aguas subterráneas, en otras palabras, localizar los pozos estudiados en el sistema de Coordenadas Magna Sirgas (IGAC).

3.3 DESCRIPCIÓN DE POZOS Y PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA

Los inventarios de puntos de agua subterránea permitieron tener acceso a la información disponible y ordenada de los puntos de captación o salidas naturales

Durante la inspección realizada en las salidas de campo se observó que en la región hay pozos profundos, cisternas o aljibes y manantiales, que se describen a continuación:

3.3.1 Pozos Profundos. Es la manera más antigua de captar agua subterránea, se realiza una excavación o perforación con una máquina rotativa hasta cierta profundidad. Por lo general, un pozo se caracteriza por tener una forma cilíndrica y un diámetro de perforación menor que la profundidad a la cual fue excavada; Estos pozos excavados son recubiertos por tuberías en PVC o Acero Galvanizado, con el fin de revestir el pozo ya perforado y ayudar a que el agua penetre creando un flujo de tipo radial (Torres & Rodríguez, 2011).

3.3.2 Cisternas o Aljibes. Son excavaciones perforadas a mano, con un diámetro aproximado de 1.5 a 2.0 metros, su profundidad puede oscilar entre los 2 metros y los 20 metros. En esta clase de obras es necesario revestirlas para evitar algún tipo de derrumbe de las paredes laterales, utilizando piedras, ladrillos y, en algunos casos, maderas (Torres & Rodríguez, 2011).

3.3.3 Manantiales. Un manantial es un flujo de agua subterránea natural que surge a la superficie en un solo punto o en un área muy pequeña. Los manantiales pueden ser permanentes o intermitentes y tener un origen en el agua lluvia que se pueda filtrar por el suelo o tener un origen ígneo (Torres & Rodríguez, 2011).

3.4 EQUIPOS UTILIZADOS

Los equipos que se utilizaron en las salidas de campo, la verificación de cotas, coordenadas, niveles freáticos, conductividad eléctrica y pH, pertenecen al grupo GPH y se describen brevemente a continuación

3.4.1 Conductivity meter SG3. Es un medidor de Conductividad eléctrica, el cual se introduce el electrodo dentro del agua subterránea a la que se pretende analizar su conductividad eléctrica, (Véase la Imagen 1).

Imagen 1. Conductivity meter SG3



3.4.2 pH meter SG2. Es el medidor de pH del agua, este equipo debe utilizarse con mucha precaución, ya que el electrodo que permite la lectura del pH de la muestra es muy delicado y siempre se debe encontrar sumergido en una sustancia de cloruro de potasio "kcl", (Véase la Imagen 2).

Imagen 2. pH meter SG2



3.4.3. Sonda de Nivel freático. La sonda de nivel freático es una sonda acústica, que consiste en un pequeño tubo metálico de material de (cobre o acero) de 1 a 2 cm de diámetro y 5 a 15 cm de largo, cerrado en su extremo superior y conectado a una cinta de plástico graduada. Cuando la sonda se introduce al interior del pozo de agua subterránea y hace contacto con el agua emite un sonido muy característico que nos permite registrar con ayuda de la cinta graduada el nivel del agua tomando como referencia la superficie del pozo.

Imagen 3. Sonda de Nivel Freático



3.4.4 GPS Trimble. El GPS Trimble y sus principales características son:

- GPS simétrico en tiempo real
- Precisión de 50 cm
- Disco duro e integrado de 1 GB y tarjeta SDHC.
- Sistema operativo Windows Mobile.

Imagen 4. GPS Trimble



3.4.5 Protocolos. Al llegar a los diferentes pozos estudiados, se realiza el registro de cada uno de los datos de los equipos utilizados en el formato diseñado por INGEOMINAS y la CDMB (Véase anexo 7).

Para observar la conductividad eléctrica se tomaron los datos del Conductivity meter SG3, recolectando una muestra de agua del pozo de agua subterránea y utilizando el electrodo para la lectura correspondiente. Para tomar el pH del agua, se tomaba una nueva muestra de agua, a la que se le introducía el electrodo.

Con la sonda de nivel freático se tomaba la altura a la cual estaba el agua con respecto a la parte superior del pozo.

Para geo referenciar los puntos de agua subterránea, fue utilizado el GPS

Cabe resaltar, que todos los equipos fueron previamente inspeccionados para observar su adecuado funcionamiento; además, calibrados y limpiados antes y después de cada toma, para evitar errores en la lectura de las muestras.

3.4.6 Calibración. Para la calibración del Conductivity meter SG3, se colocaba el electrodo de conductividad en el buffer o líquido estándar de calibración definido, que se puede encontrar dentro la fecha estipulada por el fabricante, se pulsaba el botón de Cal, “Calibración” y, por defecto, el medidor de conductividad llega al punto final de valor de 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Una vez la señal se estabilizaba se aceptaba el valor estándar y se procedía a volver a la medición de muestras, pulsando Read. Se realizaba la graduación del equipo en cada una de las jornadas en las que se utilizaba el equipo; es decir, en la mañana y en la tarde; esto con el fin de tener calibrado el equipo constantemente.

Para la calibración del pH meter SG2 se colocaba el electrodo de pH en buffer o líquido estándar de calibración definido y que se encontrara dentro de la fecha claramente identificada por el fabricante.

4. RESULTADOS

Durante la realización del trabajo se identificaron 20 puntos; conformados por pozos profundos, cisternas (aljibes), y manantiales, se evidencia que se encuentran más pozos profundos que cisternas y un solo manantial. Los datos se encuentran consignados en la Tabla 1.

Tabla 1. Listado Captación Inventariadas en la Zona Occidental

Tipos de Captación	Número
Pozos Profundos	16
Cisternas o Aljibes	3
Manantiales	1
Total	20

Igualmente, de estos pozos se recopiló, información como la profundidad del pozo, el tipo de captación y el uso del agua subterránea, datos que se pueden apreciar en la Tabla 2.

Tabla 2. Puntos de Aguas Subterráneas Localizados en el Acuífero Profundo

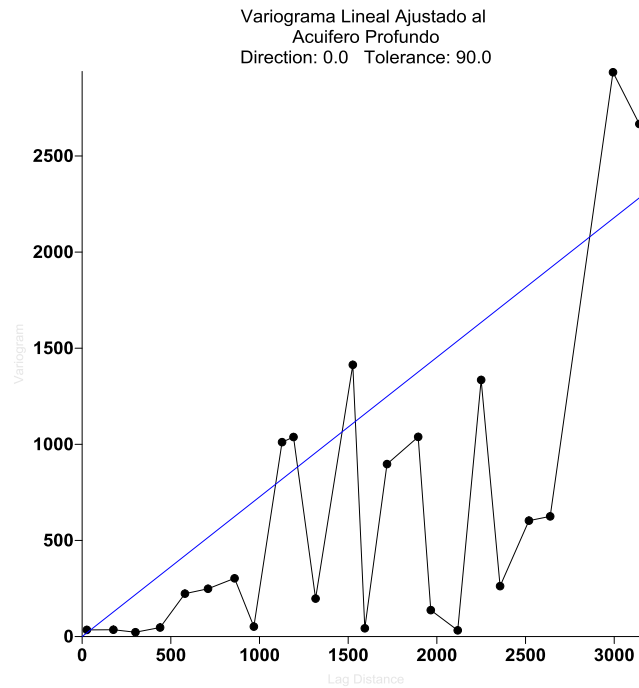
N°	Norte	Este	Cota	Tipo de Captacion	Municipio
1	1274910,50	1100162,34	703,65	Pozo Profundo	Giron
2	1275599,02	1103907,80	780,06	Pozo Profundo	Bucaramanga
3	1273950,01	1100345,34	695,63	Pozo Profundo	Giron
4	1273944,09	1100326,65	690,00	Pozo Profundo	Giron
5	1273191,35	1100924,70	710,39	Pozo Profundo	Giron
6	1272838,11	1107194,56	829,55	Pozo Profundo	Florida
7	1273117,57	1100764,68	702,67	Pozo Profundo	Giron
8	1275632,38	1100230,54	685,51	Pozo Profundo	Giron
9	1277500,44	1100843,92	694,40	Pozo Profundo	Giron
10	1272964,00	1100329,69	693,92	Pozo Profundo	Giron
11	1272949,39	1100299,59	704,46	Pozo Profundo	Giron
12	1273059,53	1107910,08	857,29	Pozo Profundo	Florida
13	1273459,59	1101372,79	730,83	Cisterna	Giron
14	1273084,21	1102035,44	758,59	Cisterna	Giron
15	1278547,80	1101641,08	670,73	Cisterna	Giron
16	1275682,46	1104189,77	785,91	Pozo Profundo	Bucaramanga
17	1275391,53	1100952,61	705,06	Pozo Profundo	Giron
18	1273311,15	1100526,28	711,62	Pozo Profundo	Giron
19	1275357,37	1103256,31	797,94	Pozo Profundo	Bucaramanga
20	1274096,62	1105955,14	803,99	Manantial	Bucaramanga

En los 20 puntos identificados, se midieron los niveles freáticos correspondientes al mes de Septiembre de 2014, con los cuales se trazaron los mapas de flujo de isopiezas, de dirección del flujo del agua subterránea, de conductividad eléctrica y de pH, que se analizan a continuación.

4.1 DIRECCIONES DE FLUJO E ISOPIEZAS

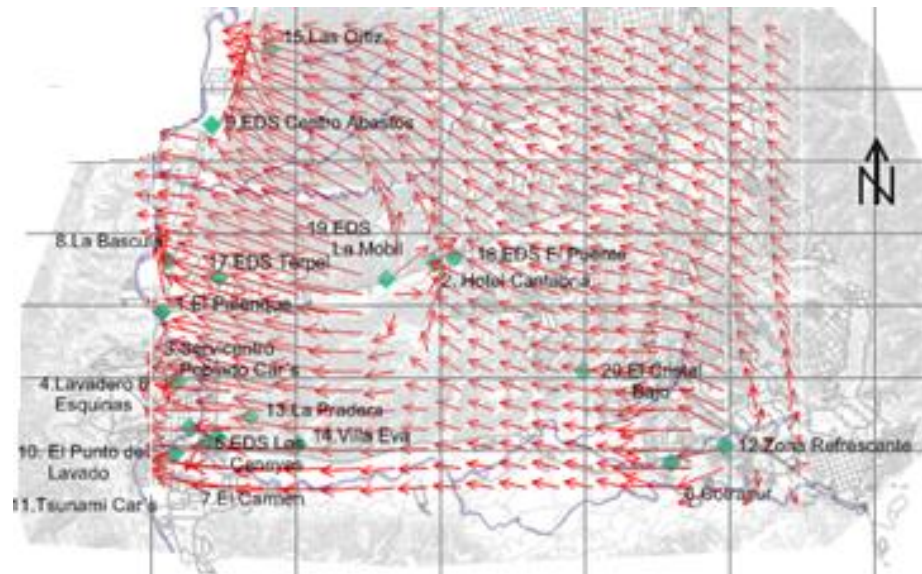
Con el software SURFER 10 se construye un mapa de isopiezas (ver Figura 4), ajustando la continuidad espacial con los datos obtenidos, algoritmos de Kriging basado en el uso de variogramas de diferentes tipos, como el exponencial, el gaussiano, entre otros. El variograma que el software utilizó es lineal, porque el vector que utiliza incluye la mayoría de los puntos con un ángulo de 89.85 y una pendiente de 0.3632 (ver Figura 5 o Anexo 3).

Figura 4. Variograma Lineal Ajustado al Acuífero Profundo



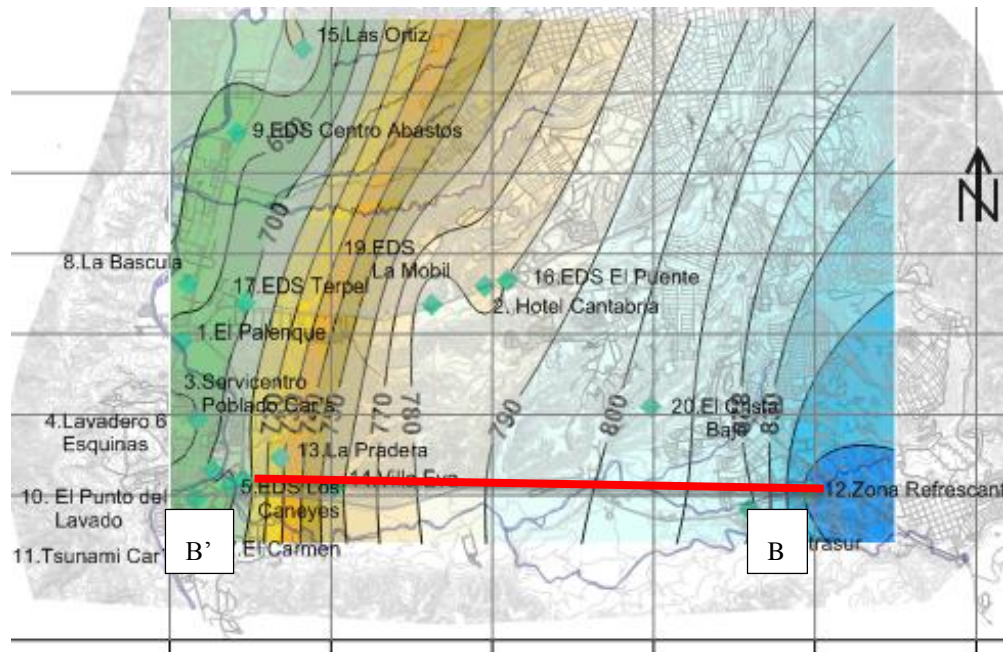
El mapa de dirección de agua subterránea indica que la dirección de ésta va de oriente a occidente, con una llegada al Río de Oro, ubicado en la parte occidental de la Meseta de Bucaramanga (Véase Figura 5 o Anexo 2).

Figura 5. Direcciones de flujo los puntos de agua subterránea, en el mes de Septiembre de 2014.



Las isopiezas son curvas de nivel freáticas y se obtienen a partir de los datos tomados en campo con los niveles freáticos, generalmente en los mapas de isopiezas no se dibujan las líneas de flujo (Véase Figura 6 o Anexo 3).

Figura 6. Isopiezas de los puntos de agua subterránea en el mes de septiembre de 2014.



En la Figura 6 del mapa de isopiezas, se puede observar la línea B-B', que contiene los pozos estudiados; es trazada entre dos puntos de aguas subterráneas conocidos y cuya longitud se calculó por coordenadas, que permitió valorar el gradiente hidráulico del acuífero profundo y los datos se encuentran en la Tabla 3.

Tabla 3. Cálculo del Gradiente Hidráulico Acuífero Profundo.

Cota Inicial (m.s.n.m)	852,79
Cota Final (m.s.n.m)	705,19
Long. (m)	6986,62
Gradiente Hidráulico (Sf)	2%

Este gradiente hidráulico permite deducir que decrece la energía del agua del acuífero en un 2% con respecto a la longitud entre la línea de perfil B-B'.

4.2 RESULTADOS DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y PH

La conductividad eléctrica es la facilidad del agua de conducir corriente eléctrica y es directamente proporcional a la cantidad de sales disueltas en el agua (iones disueltos). El agua pura es un buen conductor de la electricidad. Sin embargo, el agua subterránea está bastante influenciada por los cationes y aniones que el medio circundante aporta en ella (Custodio y Llamas, 1983).

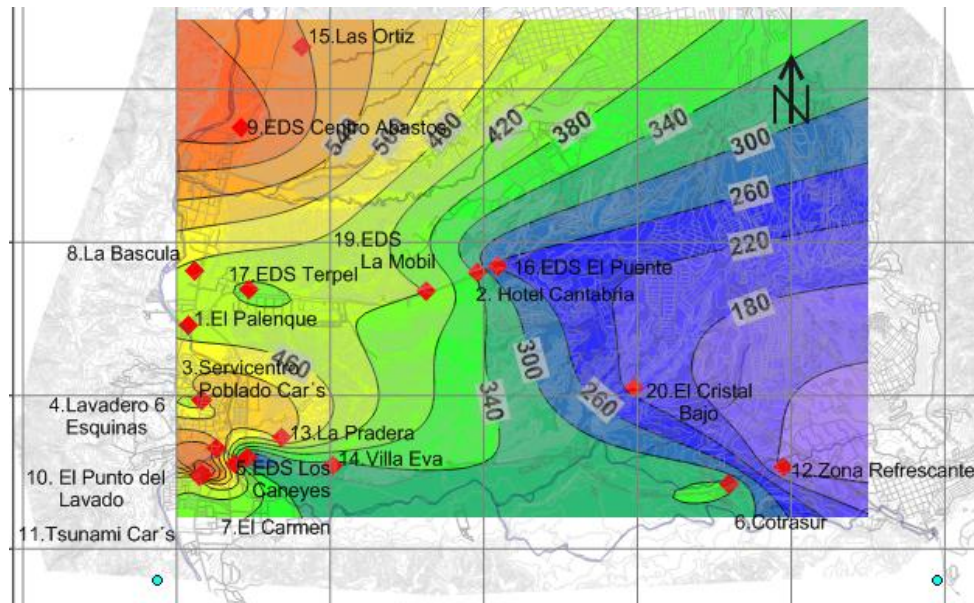
Los valores de la conductividad eléctrica medidos en el agua subterránea de la zona de estudio se pueden apreciar en la Tabla 4

Tabla 4. Conductividad y pH de los Puntos de Aguas

Nº	Norte	Este	Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	PH	Municipio
1	1274910,50	1100162,34	442,10	6,79	Giron
2	1275599,02	1103907,80	340,00	6,60	Bucaramanga
3	1273950,01	1100345,34	550,10	6,84	Giron
4	1273944,09	1100326,65	420,80	6,91	Giron
5	1273191,35	1100924,70	229,00	6,92	Giron
6	1272838,11	1107194,56	350,70	6,87	Florida
7	1273117,57	1100764,68	413,00	6,85	Giron
8	1275632,38	1100230,54	450,60	6,80	Giron
9	1277500,44	1100843,92	647,20	6,89	Giron
10	1272964,00	1100329,69	739,00	6,86	Giron
11	1272949,39	1100299,59	433,00	6,83	Giron
12	1273059,53	1107910,08	126,20	6,76	Florida
13	1273459,59	1101372,79	520,40	6,53	Giron
14	1273084,21	1102035,44	321,10	6,75	Giron
15	1278547,80	1101641,08	583,40	6,82	Giron
16	1275682,46	1104189,77	250,50	6,79	Bucaramanga
17	1275391,53	1100952,61	410,50	6,85	Giron
18	1273311,15	1100526,28	580,30	6,90	Giron
19	1275357,37	1103256,31	420,10	6,83	Bucaramanga
20	1274096,62	1105955,14	210,00	6,27	Bucaramanga

Se construyó el mapa de Conductividad eléctrica (ver Figura 7 o Anexo 4), ajustando la continuidad espacial de los datos con algoritmos de Kriging basado en el uso de variogramas de diferentes tipos.

Figura 7. Conductividad eléctrica del área de estudio en el mes de septiembre de 2014.



4.3 pH

En las aguas subterráneas de la zona de estudio el valor de pH comprende un rango de 6.27 a 6.92 lo que significa que son aguas ácidas. Los valores del pH para el agua subterránea se pueden apreciar en la Tabla 4.

Con el software 10 se construyó un mapa de pH (ver Figura 8 o Anexo 5). El variograma que mejor se ajustó resultó ser lineal (ver Figura 9)

Figura 8. pH del área de estudio en el mes de septiembre de 2014

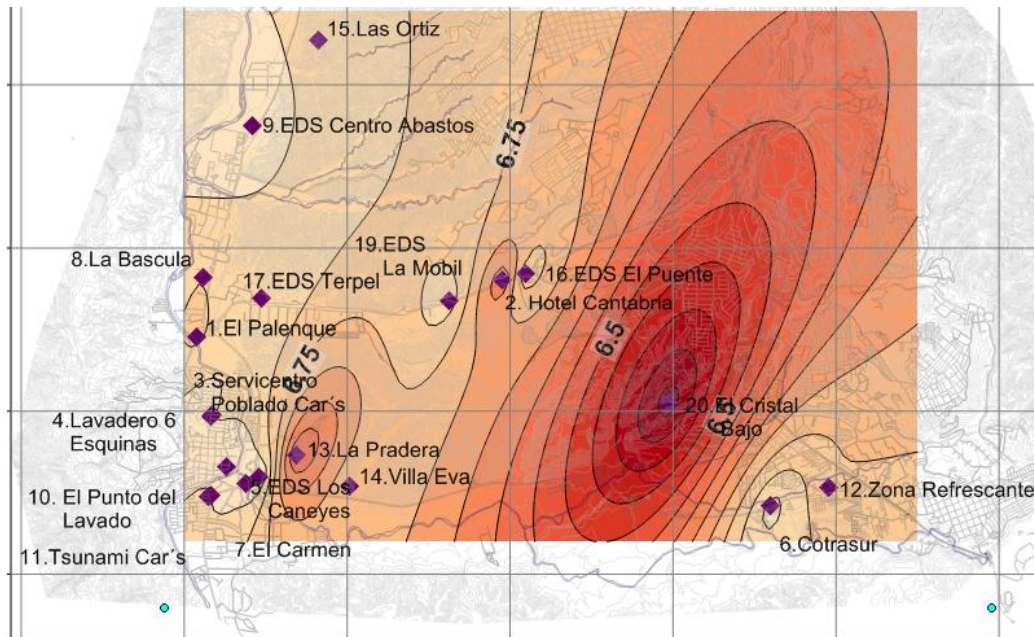
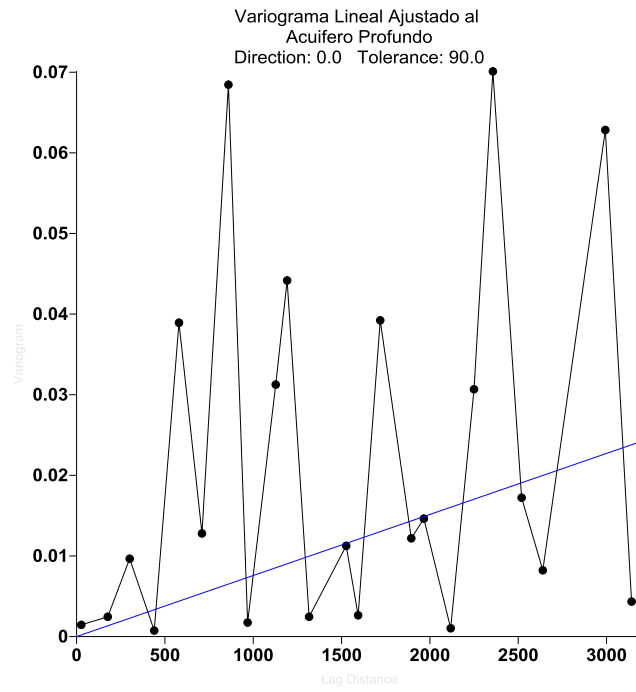


Figura 9. Variograma Lineal de pH Ajustado al Acuífero Profundo



5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el mapa de dirección de flujo de la Figura 4, se observa que las líneas de flujo tienen una dirección de oriente a occidente con confluencia o llegada al Río de Oro, lo cual expresa que el acuífero profundo alimenta el flujo base del Río de Oro. Sin embargo en la zona (vía a Girón), se observa una distorsión en el comportamiento de dicho flujo.

En el análisis del mapa de isopiezas se observa que el programa SURFER traza la red de flujo sin más datos que las condiciones de contorno tomados a partir de los datos de campo como los son los niveles freáticos, además ayuda a observar el resultado del mapa de dirección de flujo anteriormente descrito. El mapa de isopiezas presenta intervalo de curvas de 10 metros de entre curva y curva de isopieza. La información de las curvas de isopiezas comienza en la zona de cañaveral más específicamente en la zona refrescante de cañaveral, con un valor de 830 m.s.n.m y termina en el parque industrial de Bucaramanga con un valor de 680 m.s.n.m. Las líneas de isopiezas van en dirección de oriente a occidente con llegada al río de Oro en el municipio de Girón.

El gradiente hidráulico del acuífero profundo de Bucaramanga dio un resultado del 2% y se calculó a partir de los datos obtenidos en el mapa de curvas de isopiezas, la línea del corte B-B' cuya longitud es de 6986,82 metros lineales. Este perfil se encuentra paralelo al anillo vial el cual comunica al municipio de Floridablanca con el municipio de Girón.

El análisis de resultados del mapa de la conductividad eléctrica muestra que los datos tomados en las salidas de campo, oscilan valores entre 126.20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 739 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y comienza con valores de 120 en la zona refrescante y se observa el incremento de la conductividad eléctrica en sentido de oriente a occidente. Los valores de la conductividad eléctrica en la zona del parque industrial del municipio

de Bucaramanga son de 647 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y hacia la vía que comunica el municipio de Girón con el municipio de Zapatoca se observan valores de la conductividad eléctrica de 739 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Con los resultados presentados al momento de generar el mapa de conductividad eléctrica se puede observar los puntos de mayor valor en la conductividad eléctrica y se evidencian unos pequeños contornos en forma de islas, lo cual indica un valor elevado con respecto a los demás datos observados; estos datos de conductividad eléctrica elevada se encuentran muy cerca de la ribera del Río de Oro.

De los datos obtenidos en campo en la muestra de pH, se observa que el pH varía entre 6.27 y 6.92, el valor de pH más bajo tomado pertenece al tomado en el manantial del barrio Cristal Bajo, y el valor más alto del pH se puede observar en el municipio de Girón, ubicándose en el lavadero de carros de la E.D.S. de los Caneyes.

El pH tomado en el manantial del barrio el Cristal Bajo, se encuentra cercano a la quebrada El Macho, de la cual también se tomó una muestra de agua que dio un valor del pH de 6.85 y el valor tomado del manantial fue de 6.25, demostrando que no presentan el mismo pH y que la recarga de este manantial se hace directamente del acuífero y que la quebrada El Macho no recarga el acuífero.

En el mapa de pH se observa que los valores no muestran ningún cambio en la zona de estudio lo cual se considera como un pH homogéneo. Además del mapa de pH se puede observar que los colores o contornos más oscuros son los valores más bajos del pH de la zona de estudio.

6. CONCLUSIONES

En el inventario realizado de los puntos de aguas subterráneas identificados en la zona comprendida entre la parte occidental de la meseta de Bucaramanga y el Río de Oro, se identificaron en este trabajo un total de 20 puntos conformados por pozos profundos, cisternas o aljibes y manantiales. El mayor uso que se le da a las captaciones de aguas subterráneas es para los lavaderos de carros; existen muy pocas cisternas utilizadas en el uso doméstico y la agricultura. No obstante, la gran mayoría de estas captaciones no cuentan con una concesión, ni información de la estratigrafía al momento de hacer la perforación.

A partir de las mediciones realizadas de niveles freáticos en 20 puntos que captan el agua del acuífero profundo, se pudo realizar un mapa de isopiezas que permite verificar que el flujo subterráneo ocurre en dirección oriente a occidente. Se observa que el acuífero alimenta el flujo base del Río de Oro.

En este mapa también se logró observar que existe un cambio brusco en la dirección del flujo subterráneo en una zona donde los pozos se encuentran cercanos entre sí y este bombeo está generando abatimientos fuertes en el acuífero en los lavaderos de carros ubicados sobre la vía que comunica la Terminal de Transportes de Bucaramanga con el municipio de Girón.

En el mapa de conductividad eléctrica se observa que su valor oscila entre 126.20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 739.09 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la conductividad eléctrica en el acuífero profundo de Bucaramanga aumenta su valor en la dirección del flujo, siendo estos valores elevados hacia la zona del Parque Industrial del municipio de Bucaramanga y la vía que comunica el municipio de Girón con el municipio de Zapatoca. Se muestran algunas zonas de alta conductividad eléctrica cerca al río de Oro, que posiblemente se deba a una contaminación.

En el mapa de pH se puede observar que los valores de pH no presentan cambios considerables siempre los valores de pH oscilan entre 6.25 y 6.92 en la zona de estudio del inventario de pozos de agua subterránea.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda en un futuro tomar más parámetros físico químico tales como: DBO, sólidos disueltos, sólidos totales, con el fin de poder determinar qué tipo de contaminación presenta el agua proveniente del acuífero.

Es muy importante realizar varias pruebas y toma de datos de campo para tener un índice estadístico de los resultados y, en lo posible, recolectar datos de cada uno de los meses del año para observar y llevar un control sobre el comportamiento de los datos obtenidos y diseñar posibles estrategias a futuro.

Realizar un control o inspección de los vertimientos que se hacen a los pozos de agua subterránea por parte de los lavaderos de carros.

La información suministrada por la cartografía digital del ArcGis 9 que permitió elaborar mapas tipo SIG (Sistema de Información Geográfica) para referenciar y almacenar los puntos de aguas subterráneas puede ser utilizada en futuros proyectos de inventarios de puntos de agua subterránea en el acuífero profundo.

CITAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Rueda, J. A. (2013). Modelo hidrogeológico conceptual y revisión de la vulnerabilidad, amenaza y peligro a la contaminación del agua subterránea en la CSRL. Tesis de maestría, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- [2] Vásquez, L., Bermúdez, O. (2004). Estudio geológico-geofísico para el Área Metropolitana de Bucaramanga. Informe INGEOMINAS
- [3] Estudio de Laderas INGEOMINAS (2001)
- [4] Cartografía. Recuperado de <http://cartografia.cl/beta/index.php/noticias/606-surfer-10-con-map-projections-y-google-earth-export-ya-esta-disponible>.
- [5] Torres, D. C., Rodríguez, J. C., (2011). Inventario de puntos de aguas subterráneas y distribución espacial de niveles de acuíferos en la parte aluvial y sedimentaria en la región de Bucaramanga. Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- [6] Custodio E. y Llamas M. Hidrología Subterránea. Volumen I y II. Ediciones Omega. 2da Edición 1996.

BIBLIOGRAFIA

CUSTODIO, E y LLAMAS, M. Hidrología Subterránea. Volumen I y II. 2ed. Barcelona: Ediciones Omega. 1996.

GÓMEZ, S., COLEGIAL, J. Interacción entre los Sistemas Hidrogeológicos en el Macizo de Santander para el Estudio de la Recarga e Identificación de Acuíferos. Informe de investigación, Proyecto financiado por Colciencias. Bucaramanga. 2003

GÓMEZ, S. Predicción de Niveles Freáticos a partir de la Precipitación y su Influencia en la Estabilidad de Taludes (caso de aplicación en la meseta de Bucaramanga). Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 1990.

GÓMEZ, S., GUTIÉRREZ, F., TORRES, C. Vulnerabilidad, Amenaza y Peligro a la Contaminación de las Aguas Subterráneas en la Región de Bucaramanga. Revista UIS-Ingenierías. Vol. 10, No. 1. 2011

JOYA, G. y DEANTONIO, W. Modelo Digital de Elevaciones de la Zona Metropolitana de Bucaramanga para Basamentos y Capas de Acuíferos. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2012.

RUEDA, J. Modelo hidrogeológico Conceptual y Revisión de la Vulnerabilidad, Amenaza y Peligro a la Contaminación del Agua Subterránea en la CSRL. Tesis de maestría. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2013.

TORRES, D. y RODRÍGUEZ, J. Inventario de Puntos de Aguas Subterráneas y Distribución Espacial de Niveles de Acuíferos en la Parte Aluvial y Sedimentaria en la Región de Bucaramanga. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2011.

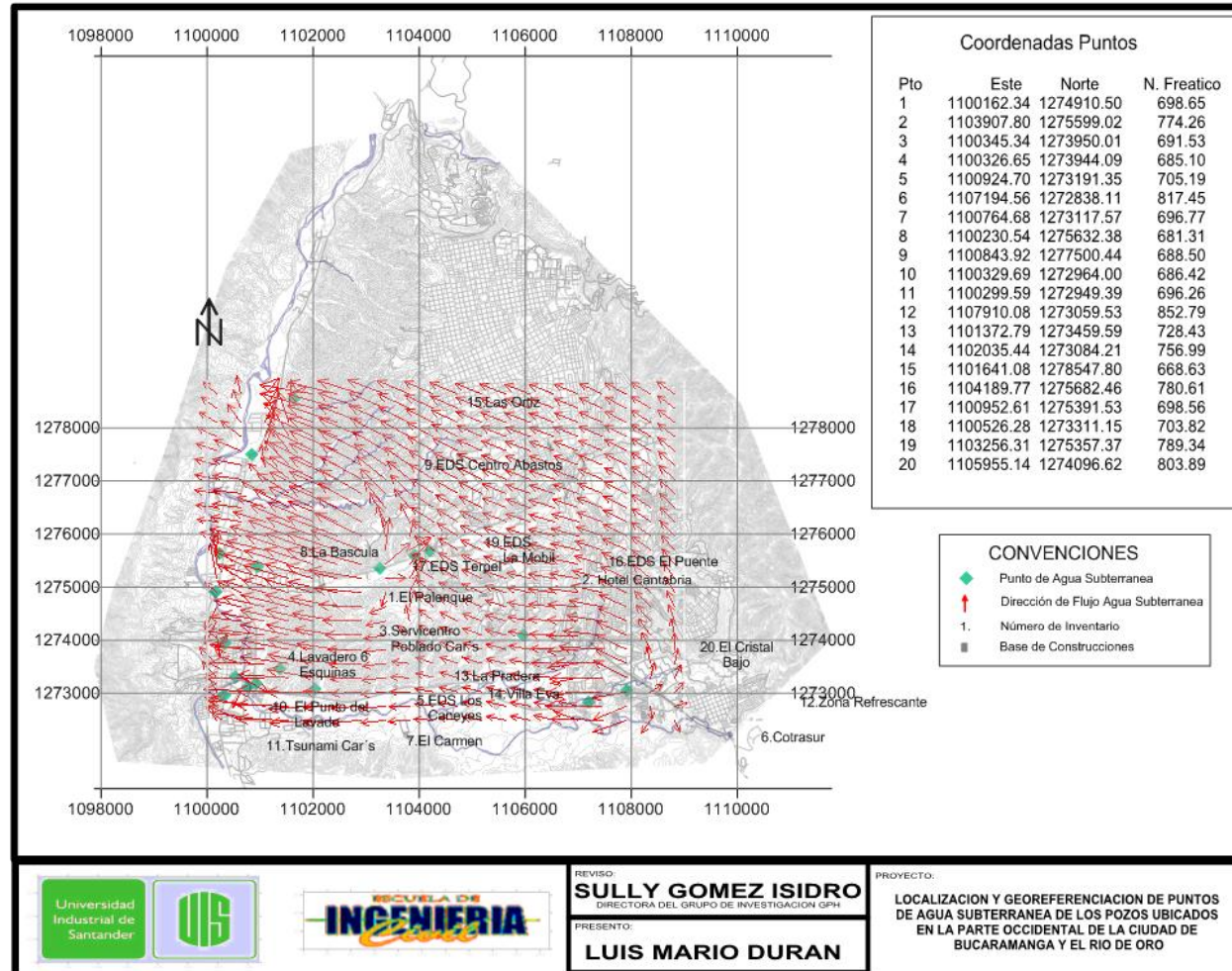
ANEXOS

Anexo A. Inventario De Pozos De Agua Subterránea Acuífero Profundo

N°	Norte	Este	Cota	N. Freat.	Cota N. Freat.	Conductividad μS/cm	PH	Temp.	Tipo de Captacion	Uso	Prof. Perf.	Prof. Succion	Diam. Ext.	Tipo de Bomba	Municipio	Fecha
1	1274910,50	1100162,34	703,65	5,0	698,65	442,10	6,79	29,60	Pozo Profundo	Lav. De Carros	45	-	4	Moto Bomba 1HP	Giron	12/09/2014
2	1275599,02	1103907,80	780,06	5,8	774,26	340,00	6,60	28,50	Pozo Profundo	Lav. De Carros	35	-	4	Bomba Lapicero	Bucaramanga	13/09/2014
3	1273950,01	1100345,34	695,63	4,1	691,53	550,10	6,84	29,20	Pozo Profundo	Lav. De Carros	-	-	-	-	Giron	12/09/2014
4	1273944,09	1100326,65	690,00	4,9	685,10	420,80	6,91	28,10	Pozo Profundo	Lav. De Carros	-	-	-	Moto Bomba 0.5HP	Giron	15/09/2014
5	1273191,35	1100924,70	710,39	5,2	705,19	229,00	6,92	28,60	Pozo Profundo	Lav. De Carros	15	13	4	Bomba Lapicero	Giron	12/09/2014
6	1272838,11	1107194,56	829,55	12,1	817,45	350,70	6,87	29,80	Pozo Profundo	Lav. De Carros	-	-	-	-	Florida	13/09/2014
7	1273117,57	1100764,68	702,67	5,9	696,77	413,00	6,85	28,60	Pozo Profundo	Lav. De Carros	13	10	4	Bomba Lapicero	Giron	12/09/2014
8	1275632,38	1100230,54	685,51	4,2	681,31	450,60	6,80	29,50	Pozo Profundo	Lav. De Carros	-	-	-	-	Giron	13/09/2014
9	1277500,44	1100843,92	694,40	5,9	688,50	647,20	6,89	30,10	Pozo Profundo	Lav. De Carros	35	-	4	Bomba Lapicero	Giron	12/09/2014
10	1272964,00	1100329,69	693,92	7,5	686,42	739,00	6,86	29,50	Pozo Profundo	Lav. De Carros	16	14	4	Bomba Lapicero	Giron	12/09/2014
11	1272949,39	1100299,59	704,46	8,2	696,26	433,00	6,83	28,90	Pozo Profundo	Lav. De Carros	15	11	4	Bomba Lapicero	Giron	12/09/2014
12	1273059,53	1107910,08	857,29	4,5	852,79	126,20	6,76	28,20	Pozo Profundo	Lav. De Carros	18	15	4	Moto Bomba 1HP	Florida	14/09/2014
13	1273459,59	1101372,79	730,83	2,4	728,43	520,40	6,53	28,90	Cisterna	Lav. De Carros	2,6	-	2	-	Giron	14/09/2014
14	1273084,21	1102035,44	758,59	1,6	756,99	321,10	6,75	30,10	Cisterna	Lav. De Carros	3	-	2	-	Giron	15/09/2014
15	1278547,80	1101641,08	670,73	2,1	668,63	583,40	6,82	29,10	Cisterna	Lav. De Carros	3,5	-	1,8	-	Giron	15/09/2014
16	1275682,46	1104189,77	785,91	5,3	780,61	250,50	6,79	29,50	Pozo Profundo	Lav. De Carros	36	-	4	Moto Bomba 1HP	Bucaramanga	15/09/2014
17	1275391,53	1100952,61	705,06	6,5	698,56	410,50	6,85	29,20	Pozo Profundo	Domestico	48	-	-	Moto Bomba 1HP	Giron	15/09/2014
18	1273311,15	1100526,28	711,62	7,8	703,82	580,30	6,90	29,10	Pozo Profundo	Domestico	16	12	4	Bomba Lapicero	Giron	13/09/2014
19	1275357,37	1103256,31	797,94	8,6	789,34	420,10	6,83	29,00	Pozo Profundo	Domestico	42	-	4	Bomba Lapicero	Bucaramanga	13/09/2014
20	1274096,62	1105955,14	803,99	0,1	803,89	210,00	6,27	26,30	Manantial		-	-	-	-	Bucaramanga	08/10/2014

Anexo B. Mapa De Dirección De Flujo

Mapa de Isopiezas y Flujo de Agua Subterranea en la Zona Occidental de la Meseta de Bucaramanga y el Río de Oro



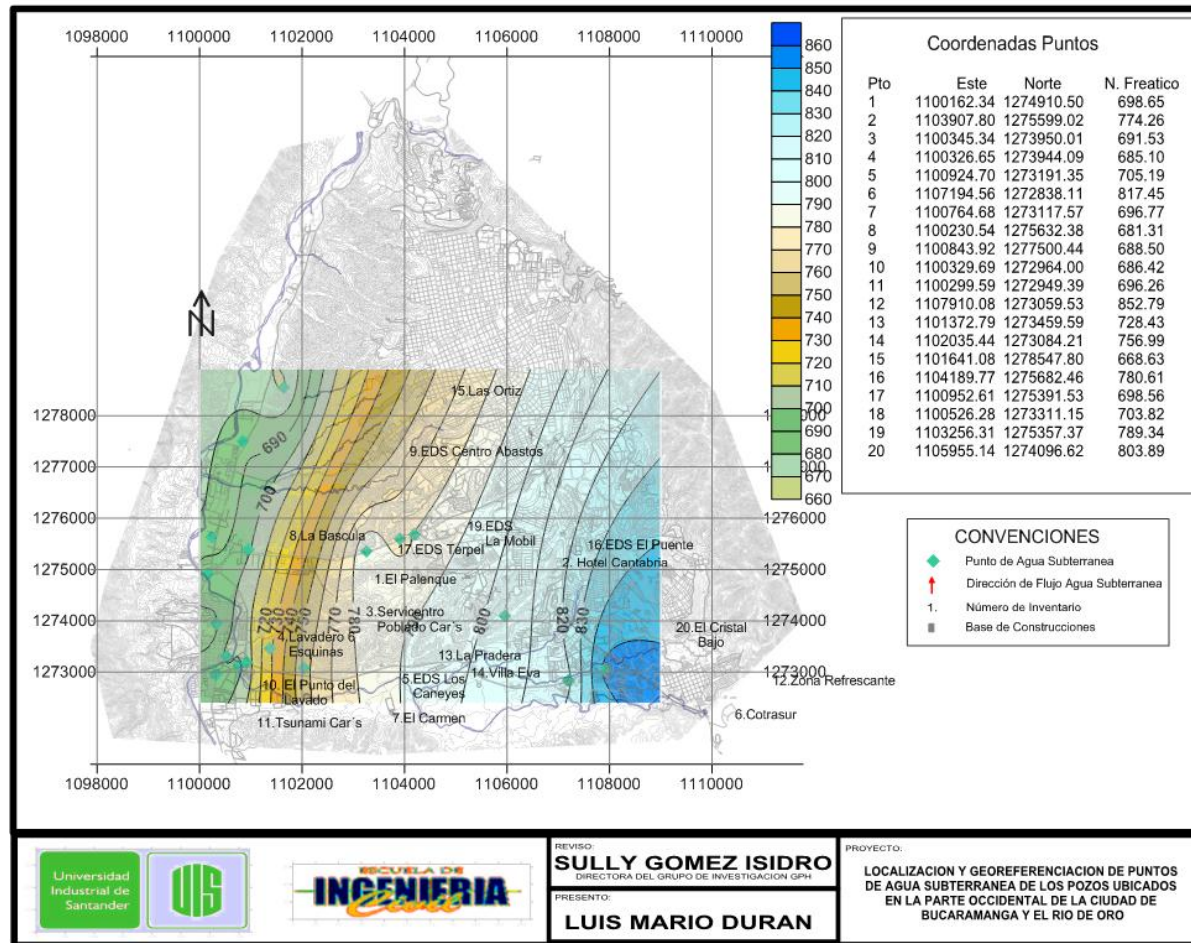
REVISÓ:
SULLY GOMEZ ISIDRO
DIRECTORA DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GPH

PRESENTÓ:
LUIS MARIO DURAN

PROYECTO:
LOCALIZACION Y GEOREFERENCIACION DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRANEA DE LOS POZOS UBICADOS EN LA PARTE OCCIDENTAL DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA Y EL RIO DE ORO

Anexo C. Mapa De Isopiezas

Mapa de Isopiezas y Flujo de Agua Subterranea en la Zona Occidental de la Meseta de Bucaramanga y el Río de Oro



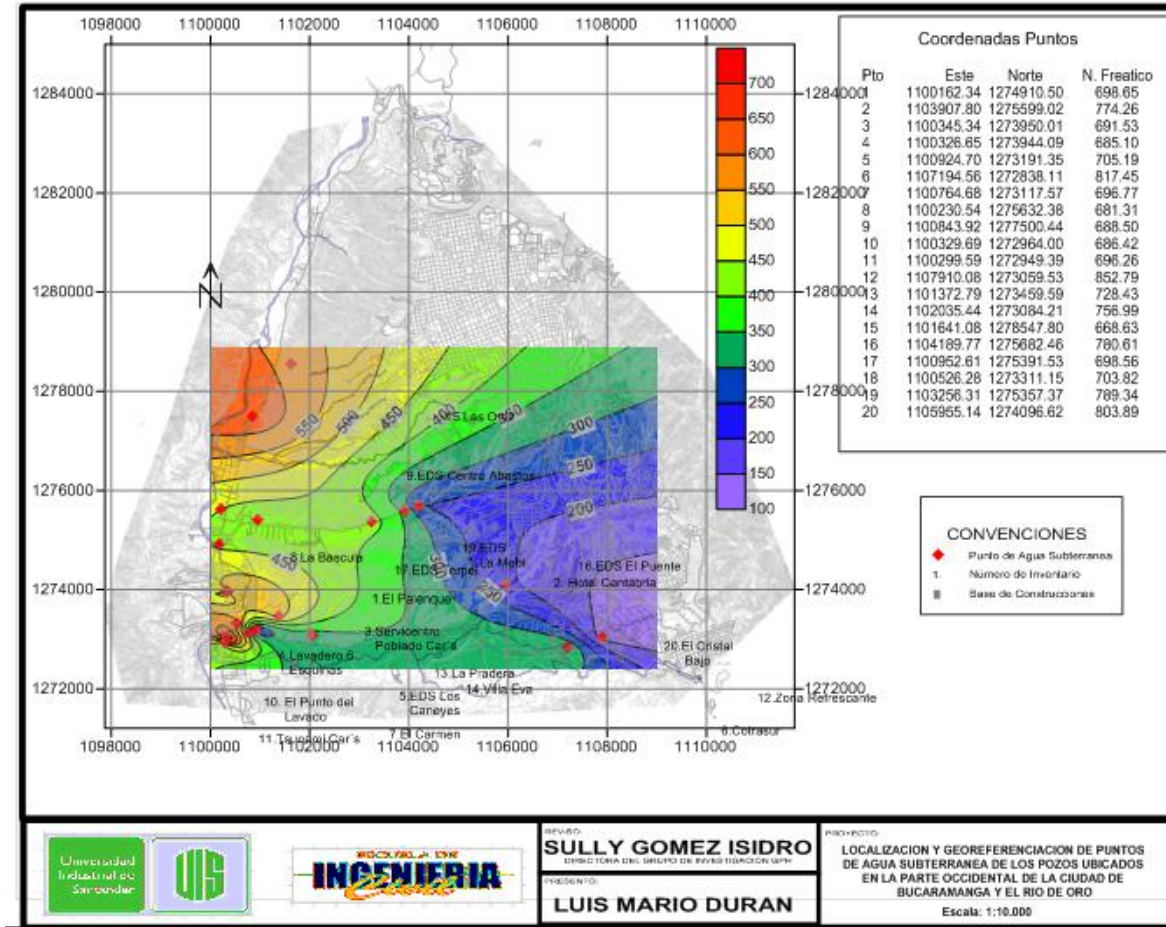
REVISÓ:
SULLY GOMEZ ISIDRO
 DIRECTORA DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GMI

PRESENTÓ:
LUIS MARIO DURAN

PROYECTO:
LOCALIZACION Y GEOREFERENCIACION DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRANEA DE LOS POZOS UBICADOS EN LA PARTE OCCIDENTAL DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA Y EL RIO DE ORO

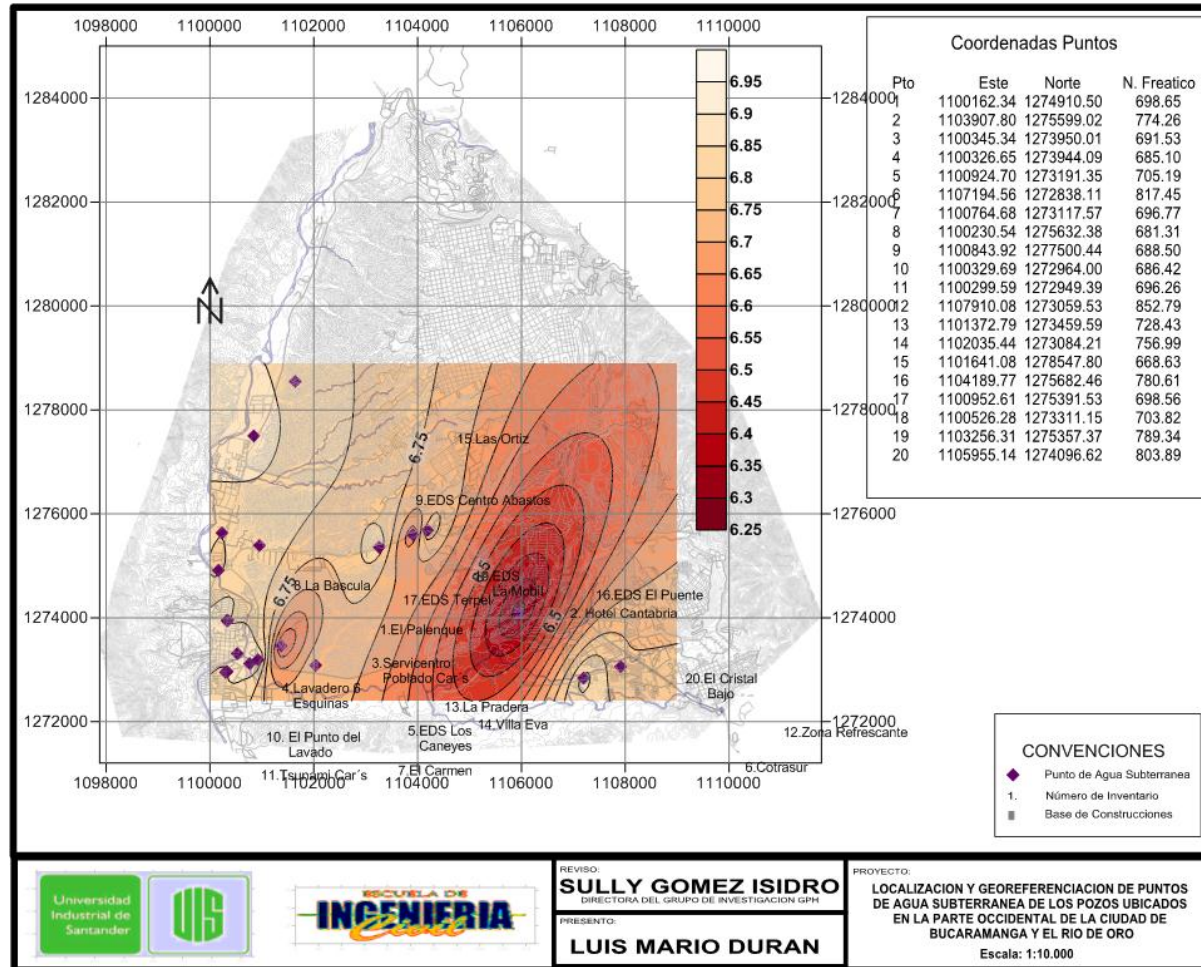
Anexo D. Mapa De Conductividad Electrica

Mapa de Conductividad en la Zona Occidental de la Meseta de Bucaramanga y el Río de Oro



Anexo E. Mapa De Ph

Mapa de pH en la Zona Occidental de la Meseta de Bucaramanga y el Río de Oro



REVISÓ:
SULLY GOMEZ ISIDRO
DIRECTORA DEL GRUPO DE INVESTIGACION GPM

PRESENTÓ:
LUIS MARIO DURAN

PROYECTO:
LOCALIZACION Y GEOREFERENCIACION DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRANEA DE LOS POZOS UBICADOS EN LA PARTE OCCIDENTAL DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA Y EL RIO DE ORO

Escala: 1:10.000


Anexo F. Mapa En Arcgis 9 Que Contiene La Localización Del Inventario


The screenshot shows the ArcGIS 9.3.1 interface. The main map area displays a topographic map with a data layer 'Inventario de Puntos de Agua Subterránea Acuífero Profundo' overlaid. The 'Identify' window is open, showing the following metadata for a selected feature:

Field	Value
Location:	1.100.909,702 1.273.178,084 Meters
FID	4
Shape	Point
Nº	5
Descripcio	EDS los Caneyes
Norte	1273191,35
Este	1100924,7
Cota	710,39
N_Freatic	5,2
Cota_N_Fr	705,19
Conductivi	229
PH	6,92
Temp.	28,6
Tipo_de_Ca	Pozo Profundo
Prof_Perf	15
Prof_Succ	13
Diametro_E	4
Tipo_de_Bo	Bomba Lapicero
Direccion	Av. Los Caneyes EDS
Municipio	Giron
Fecha	12/09/2014

The map shows several green circular markers indicating the locations of the inventory points. The status bar at the bottom right shows the coordinates 1100981,69 1274783,418 Meters.

Anexo G. Formato Diseñado Para El Inventario

	FORMULARIO PARA EL INVENTARIO DE CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	
	Revisión Numero: _____	Página: 1 de 2
1. DATOS DE SOLICITUD Nombre: _____ Expediente: _____ Fecha Visita: _____ Tipo de Captación Pozo Profundo <input type="checkbox"/> Manantial <input type="checkbox"/> Cisterna o Aljibe <input type="checkbox"/>		
2. LOCALIZACION DEL PUNTO Municipio: _____ Coordenada Norte: _____ Vereda: _____ Coordenada Este: _____ Ubicación: _____ Cota: _____ Subcuenca: _____ Plancha IGAC: _____ Microcuenca: _____ Predio: _____ Fuente: _____ Formación: _____		
3. CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS Datos de la Construcción Pozo Antiguo <input type="checkbox"/> Pozo Nuevo <input type="checkbox"/> Material de Revestimiento Fecha: _____ Acero y Tipo: _____ Método de Extracción del Agua Perforador del Pozo: _____ Galvanizado: _____ Bomba Sumergible <input type="checkbox"/> Diametro Exterior: _____ P.V.C: _____ Bomba Manual <input type="checkbox"/> Prof. Perforación: _____ Filtro: _____ Compresor <input type="checkbox"/> Prof. De Succión: _____ Numero de Filtros: _____ Tipo de Bomba: _____ Loc. de Filtros: _____		
4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MANANTIALES Tipo de Manantial Ascendente <input type="checkbox"/> Permanencia Descendente <input type="checkbox"/> Estacional <input type="checkbox"/> Goteo <input type="checkbox"/> Intermitente <input type="checkbox"/> Filtración <input type="checkbox"/> Sin Información <input type="checkbox"/> Otro: _____ Medio de Sumergencia Rasgo Kárstico <input type="checkbox"/> Observaciones: _____ Fractura <input type="checkbox"/> Intergranular <input type="checkbox"/> Descarga desde Conducto <input type="checkbox"/> Roca Suelta <input type="checkbox"/> Observaciones: _____ Plano de Lecho <input type="checkbox"/> Drenaje de Mina <input type="checkbox"/> Cueva <input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Fractura <input type="checkbox"/> Relleno <input type="checkbox"/> Talud <input type="checkbox"/> Contacto <input type="checkbox"/>		
5. CARACTERÍSTICAS DE LOS ALJIBES Datos de la Construcción Aljibe Antiguo <input type="checkbox"/> Aljibe Nuevo <input type="checkbox"/> Material de Revestimiento Fecha: _____ Ninguno: <input type="checkbox"/> Bomba Sumergible <input type="checkbox"/> Diametro: _____ Piedra: <input type="checkbox"/> Bomba Manual <input type="checkbox"/> Profundidad: _____ Ladrillo: <input type="checkbox"/> Compresor <input type="checkbox"/> Largo: _____ Madera: <input type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Ancho: _____ Concreto: <input type="checkbox"/> Otro - Cual: _____		
6. MEDICION DE NIVELES (Para Pozos y Aljibes) Prueba de Bombeo: <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no Método de Medida Caudal del Pozo T. de Bombeo (hr): _____ Volumétrico (ps): _____ Prof. Bomba (m): _____ Vertedero (ps): _____ Nivel Estático (m): _____ Microminete (ps): _____ Nivel Dinámico (m): _____ Estimado (ps): _____ Transmisividad (m ² /d): _____ Coef. de Almacenamiento (s): _____ Conductividad (µS/cm): _____ Volumétrico (ps): _____ PH: _____ Utiliza Pozo de Observación: <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no Temperatura(°C): _____		

	FORMULARIO PARA EL INVENTARIO DE CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS							
	Revisión Numero: _____	Página: 2 de 2						
7. USOS DEL AGUA Domestico (N° de usuarios): _____ Abast. (N° de usuarios): _____ Riego (Área regada): _____ Ganado (N° de animales): _____ Industrial (Cual): _____ Otro (Cual): _____		8. USOS DEL SUELO Urbano <input type="checkbox"/> Agrícola <input type="checkbox"/> Ganadería <input type="checkbox"/> Forestal <input type="checkbox"/> Reserva Hídrica <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/>						
9. LITOLOGIA Y DISEÑO DEL POZO <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">Columna Litológica</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Registro de Sondeo</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Pozo</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 200px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 200px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 200px;"></td> </tr> </table> <p style="font-size: small;">Nota: Anexar una copia del mapa topográfico Anexar propiedades físico químicas del agua</p> <p style="text-align: right;">Firma del Geólogo: _____</p>			Columna Litológica	Registro de Sondeo	Pozo			
Columna Litológica	Registro de Sondeo	Pozo						
10. CROQUIS DEL SITIO <div style="border: 1px solid black; height: 100px;"></div>		11. DATOS GRAFICOS Fotos: _____ Fecha: _____						
12. OBSERVACIONES GENERALES <div style="border: 1px solid black; height: 100px;"></div>								
_____ Diligenciado por								