

**Aplicación de SIG para el manejo de Información Hidrogeológica del Glacis
del Quindío en los Departamentos de Quindío, Risaralda**

**Andrés Felipe Vargas Pineda
Alejandro Vanegas Cañón**



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA
MANIZALES
2016**

Aplicación de SIG para el manejo de Información Hidrogeológica del Glacis del Quindío en los Departamentos de Quindío, Risaralda

**Andrés Felipe Vargas Pineda
Alejandro Vanegas Cañón**

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar al título de Especialista en Sistemas de Información Geográfica.



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA
MANIZALES
2016**

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias quienes han sido los guías incondicionales de nuestras vidas y quienes nos recuerdan a cada día la importancia de la formación académica.

A nuestros docentes quienes fueron los acompañantes en nuestro proceso académico, en especial el Ing. Carlos Betancourt Correa y Ing. Luis Carlos Correa quienes orientaron nuestro trabajo de grado.

Al ingeniero Alexander Rozo por su asesoría en el desarrollo en la Base de Datos, a la Geóloga Adriana Martínez y el Geólogo Diego Gómez Calle de la empresa GEOSUB por su apoyo y aportes al desarrollo del trabajo.

A personas que pasan por nuestras vidas enseñándonos que lo más importante en nuestro camino es aprender poco a poco y día a día.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
1. ÁREA PROBLEMÁTICA	16
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo General.....	18
2.2 Objetivos Específicos	18
3. JUSTIFICACIÓN	19
4. MARCO TEÓRICO	21
4.1 Antecedentes.....	21
4.1.1 Contexto Global.....	26
5. METODOLOGÍA	31
5.1 Tipo De Trabajo.....	31
INVESTIGACIÓN APLICADA.....	31
5.2 Procedimiento.....	31
Fase Primaria:	31
Fase Construcción:	31
Fase Consulta:	31
6. RESULTADOS	34
6.1 Resultados Objetivo 1.	34
Descripción del Glacis del Quindío.....	34
6.2. Resultados Objetivo 2 y 3.	41
Entidades.....	43
Modelo Relacional BDs Puntos de Agua y Sondeos Eléctricos verticales.....	47
Migración de la Información.....	48
6.3 Resultados Objetivo 4.	54

6.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
7. CONCLUSIONES	58
8. RECOMENDACIONES.....	59
BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS.....	63

LISTA DE MAPAS

	Pág.
Mapa 1. Área de estudio _____	17
Mapa 2. Puntos de agua por Departamento _____	37
Mapa 3. Usos del Agua del Departamento de Risaralda. _____	38
Mapa 4. Usos del agua del departamento del Quindío _____	39
Mapa 5. Sondeos verticales _____	40

LISTA DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 1. Discriminación de la metodología por Momentos.</i> _____	32
<i>Tabla 2. Puntos de agua encontrados en glacis del Quindío.</i> _____	35

LISTA DE IMAGENES

	Pág.
Imagen 1. Modelo Entidad-Relación BD Puntos de Agua. _____	42
Imagen 2. Modelo Entidad-Relación BD de estudios geofísicos _____	45
Imagen 3. Esquema Relacional _____	47
Imagen 4. Definición de tablas en SQL manager for PosgreSQL _____	48
Imagen 5. Tabulación de la Información _____	49
Imagen 6. Crear una base de datos en PostGIS _____	50
Imagen 7. Construcción de Tablas y Campos _____	50
Imagen 8. Migrar información espacial de QGIS a PostGIS _____	52
Imagen 9. Guardar tablas como Script. _____	53
Imagen 10. Importar tablas a SQL Manager for PostgreSQL _____	53
Imagen 11. Puntos de agua del Departamento de Risaralda. _____	55
Imagen 12. Puntos de agua de uso doméstico _____	56

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Tabla de puntos de agua _____	63

GLOSARIO

Abatimiento: Bajo condiciones de extracción o inyección de un pozo, la carga hidráulica inicial en cualquier punto del acuífero cambia. En condiciones de extracción de un pozo, la distancia vertical entre la carga hidráulica inicial en un punto en el acuífero y la posición baja de la carga hidráulica para el mismo punto es llamado abatimiento. Para un acuífero libre el nivel del agua en el nivel freático está determinado por la distancia $s(x,y,z,t)$, la cual es el abatimiento. Para el caso del acuífero confinado, el abatimiento es definido con respecto a la superficie piezométrica. Este descenso de niveles, define la curva de abatimiento, por lo tanto es claro que el abatimiento presente su menor valor en lejanías del pozo y el mayor valor en el pozo. La dimensión del abatimiento es la longitud [L]. El abatimiento es generalmente expresado en metros de agua. (Garzon, 1999).

Acuífero: Sedimentos porosos o rocas fracturadas, permeables capaces de almacenar y transmitir agua en cantidades aprovechables por el hombre diferentes usos.

Actividades potencial mente peligrosa: son las que almacenan, utilizan, generan, vierten o desechan sustancias o elementos que representan riesgos para la salud humana o para los ecosistemas.

Aljibe: Perforación excavada en forma manual, de diámetro mayor a 1m y con profundidades generalmente inferiores a 30m, algunas veces revestidos en ladrillo o anillos de cemento.

Bases de datos: es un conjunto de archivos o información digital, almacenada y organizada en un contexto o plataforma para su uso y vinculación.

Base de datos geográfica: Una Base de Datos Geográfica es un conjunto de datos geográficos organizados de tal manera que permiten la realización de análisis y la gestión del territorio dentro de aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Además, una BDG se utiliza de soporte para la implantación de servicios geográficos relacionados con las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), y su contenido es la base fundamental en los procesos de producción cartográficos. (geografica, 2016)

Carga contaminante: sustancia vertida o dispuesta superficialmente o sub-superficialmente como resultados de la actividad humana, que puede ocasionar alteraciones en la calidad natural de las aguas subterráneas.

Estudios Geofísicos: Son estudios que utilizan un método geofísico en particular Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) para geotecnia, ingeniería o la exploración de aguas subterráneas que permiten describir las características del subsuelo a determinadas profundidades.

Glacis del Quindío: Denominada a la unidad geológica de gran extensión de origen fluvio volcánico que se extiende sobre una porción de los departamentos de Risaralda, Quindío y Valle del Cauca. También en la literatura geológica ha sido denominado Abanico Armenia – Pereira, Formación Armenia y Formación Pereira.

Para el caso de este estudio se tomará la denominación Glacis del Quindío al principal área de interés.

Hidrogeología Ambiental: trata sobre las características y el comportamiento del agua subterránea y su relación con el ambiente. Dado que al ambiente lo componen los recursos naturales y el hombre, en el análisis ambiental del agua subterránea, deben considerarse las vinculaciones e incidencias mutuas entre ésta, el suelo, el aire, el agua superficial, el agua meteórica y la biota (animales, vegetales y el hombre).

Manantial: Es un flujo de agua que surge del interior de la tierra (rocas) en un área limitada y puede ir a terminar en un río, lago o laguna.

Modelo entidad-relación: El Modelo de Entidad Relación es un modelo de datos basado en una percepción del mundo real que consiste en un conjunto de objetos básicos llamados entidades y relaciones entre estos objetos, implementándose en forma gráfica a través del Diagrama Entidad Relación. (Guillermo Storti, 2007).

Modelo Relacional: es un modelo de datos basado en la lógica de predicados y en la teoría de conjuntos y permite convertir los enunciados en campos o tablas de manera puntual.

Monitoreo de calidad de aguas subterráneas (análisis fisicoquímicos): actividad que consiste en el análisis periódico de muestras de agua subterránea tomadas en pozos, aljibes o manantiales, para establecer la calidad de las aguas subterráneas y alertar los procesos de contaminación que se presentes.

Nivel dinámico: También llamada nivel de bombeo, porque es producido cuando comienza la descarga del acuífero por el pozo. Este nivel depende del caudal de bombeo, del tiempo de bombeo y de las características hidrogeológicas del acuífero. También se debe tener en cuenta la técnica desarrollada en el diseño de pozo. (Garzon, 1999).

Nivel estático: Es el nivel de agua presente en la formación acuífera antes de comenzar el bombeo. Este nivel se ve afectado por efectos meteorológicos (precipitación, infiltración) estacionales o por cargas adicionales (edificaciones), o por la descarga producida por pozos cercanos. (Garzon, 1999).

POMCA: Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca Hidrográfica

Pozo: Perforación profunda, generalmente mayor a 50m, realizada con maquinaria especializada, y va revestida de una tubería con el fin de impedir que se derrumbe.

Pruebas hidráulicas: Se realiza para evaluar un acuífero, estimulando por medio de bombeo, y observando cambios en los niveles de agua a tiempos establecidos y además de estos evalúan otro tipo de características.

Sistema de información geográfico: Un sistema de software y hardware que relaciona objetos espaciales con variables que los caracterizan y proporciona herramientas para el almacenamiento, visualización, manipulación, análisis y mapeo de información.

Sondeos Eléctricos Verticales: es un método tetra- electródico, que consiste en la inserción de electrodos de corriente y reciben señales por electrodos de potencia y se utilizan para obtener caracterizaciones del subsuelo hasta altas profundidades.

RESUMEN

La **Aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) para el manejo de Información Hidrogeológica del Glacis del Quindío en los Departamentos de Quindío y Risaralda** es un proyecto que pretende la recolección e identificación de puntos de agua (pozos, Aljibes o manantiales), además sistematiza de forma organizada en una base de datos construida en el software PostgreSQL y su extensión PostGIS para el manejo del componente espacial, esta contiene la información referente a los puntos de agua, como los procesos de análisis, pruebas, sondeos que se realizan con periodicidad a varios de estos, la función principal es la consulta rápida de información alfanumérica y la posterior visualización en mapas o gráficos en QGIS que muestren un panorama claro de cada una de las consultas realizadas.

PALABRAS CLAVES: puntos de agua (pozos, aljibes o manantiales), hidrogeología, Glacis del Quindío, bases de datos y Sistema de información geográfica.

ABSTRACT

Application of geographic information systems (GIS) for the management of the hidrogeological information of Quindio's Glacis in the departamentos of Quindio, Risaralda, is a proyect that Aims the recollection and identification of water points like wells, cisterns or springs, also systematizes in an organized way in a data base built in software PostgreSQL and its extention PostGIS for spatial management component, this contains the information about water points as the processes of anlysis, tests, surveys, that are realized periodically to several of these, the main function is the fast query of alphanumeric information and the later viewing in maps, graphics in QGIS that shows the course of eachrealized consultations.

KEY WORDS: waterpoints, wells, cisterns, springs, hidrogeologic, Quindio's Glacis, database and geographic information system

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se conoce que el 68,7% del agua dulce del planeta se encuentra en los glaciales y mantos de hielo, el 30,1% se encuentra almacenada en la corteza terrestre como agua subterránea y el 0,4% corresponde al agua superficial, que se encuentra en los ríos, lagos y humedales (Margat & Gun, 2013). En términos cuantitativos El recurso hídrico subterráneo representa una proporción mucho mayor respecto al agua almacenada en la superficie de la tierra, siendo así una de las mayores reservas de agua dulce en el planeta. Sin embargo, su importancia, no sólo se describe en términos de cantidad, sino también, porque para muchas poblaciones del mundo, donde el acceso al agua superficial es limitado, constituye un recurso alternativo esencial en el abastecimiento de agua , tanto en viviendas individuales, como en centros urbanos, así como para el uso en actividades agropecuarias e industriales (Delleur, 2007).

En la actualidad la variabilidad climática y los impactos que viene ocasionando los seres humanos sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos han alertado a todas las entidades de origen público y privado para que se estudien de manera precisa las formas y las afectaciones que se puedan o que estén deteriorando la calidad de las aguas, por esta razón las empresas privadas y entidades públicas han venido efectuando un seguimiento periódico a la calidad y cantidad de agua almacenada o circúndate en acuíferos, como también a los focos y formas de contaminación de estas.

Pero toda la información recolectada por corporaciones autónomas, entidades territoriales, universidades, empresas privadas y dueños de los lugares donde se encuentran ubicados los pozos, aljibes o manantiales, reposa de manera aislada en cada uno de ellos, convirtiendo este importante tema en el estudio de sectores y fragmentos de un territorio.

Es por lo anterior que mediante la identificación y recolección de información de diferentes fuentes¹ se compila en dos bases de datos geográficas (PostgreSQL y PostGIS) la información correspondiente al Glacis del Quindío, que se enmarca dentro de los Departamentos de Risaralda y Quindío, Aportando desde las herramientas de sistemas de información geográfica una manera fácil, precisa y actualizada de consultar e ingresar información sobre los puntos de agua ubicados dentro del glacis del Quindío y que sirva como insumo para la planeación, la gestión técnica en el sector consultorias, el desarrollo de planes ambientales como los POMCAS, planes de manejo ambiental, planes de gestión del riesgo entre otros.

¹ Las fuentes de estudios geofísicos y de pruebas de bombeo, entre otros provienen de manera significativa del sector privado.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

El sector aguas subterráneas en Colombia ha presentado avances significativos en el control manejo y conocimiento en los últimos años, no obstante las herramientas para la evaluación control y monitoreo tienen diferentes dificultades asociadas a la disponibilidad de la información, el conocimiento del impacto, los monitoreos realizados y la gestión que hacen el sector privado y público con el ánimo de proveer abastecimiento hídrico a partir de fuentes Subterráneas.

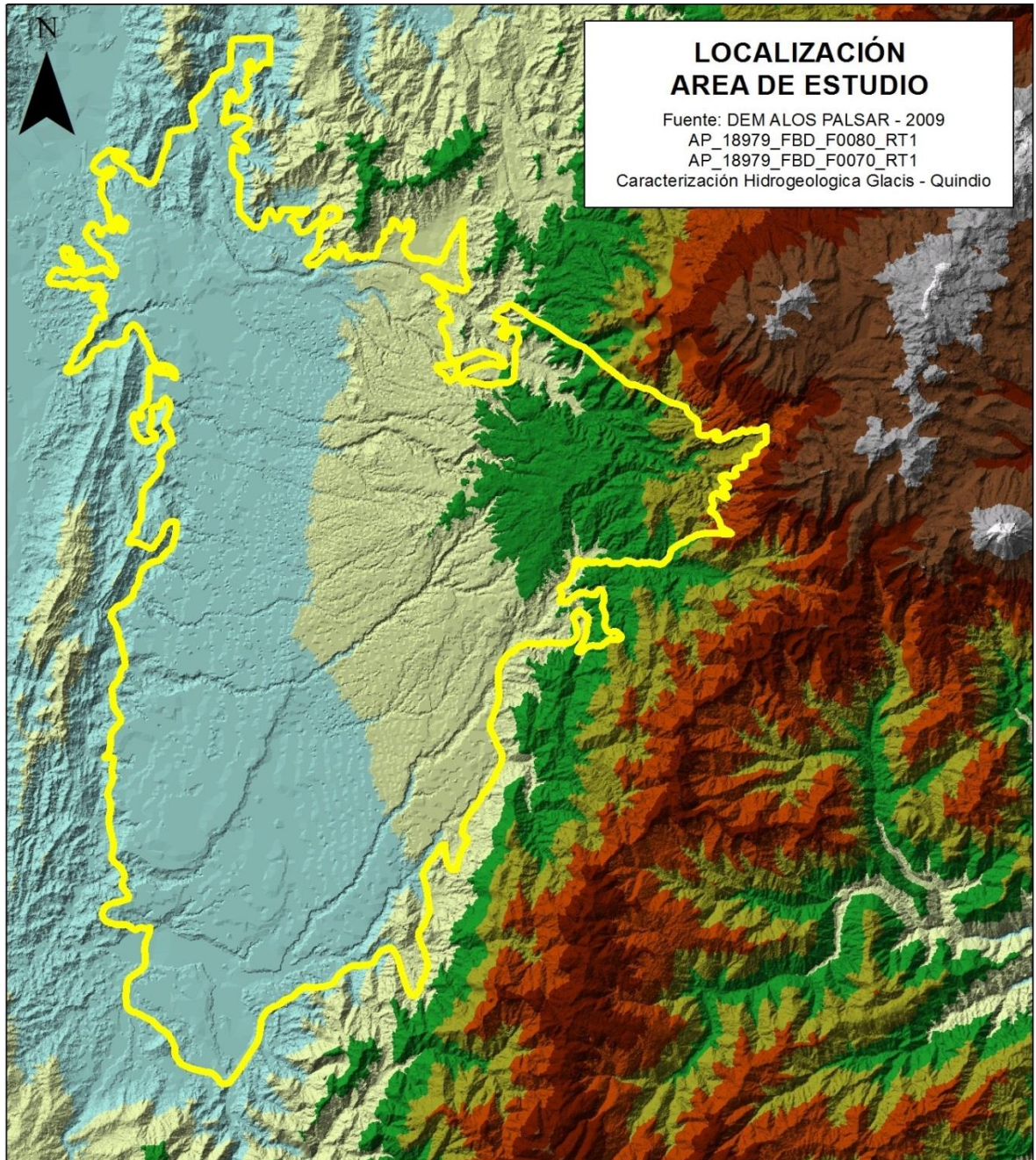
Los Sistemas de Información Geográfica son un instrumento para el manejo y análisis de la información que permite la manipulación manejo y administración de datos e información en diferentes capas temáticas concebidos como elementos de apoyo para el análisis de fenómenos espaciales complejos (Quiroz, Escobar, Martínez, Betancur, & Massone, 2007).

El Glacis del Quindío es un depósito Volcano-sedimentario de edad Plioceno-Pleistoceno y origen múltiple, que ha recibido los nombres de Flujo de Lodo del Quindío, Formación Armenia y Formación Pereira.

En el Departamento de Quindío y Risaralda existen gran cantidad de pozos profundos para aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo con múltiples destinos y usos, los cuales se encuentran detallados en registros y documentos técnicos en las compañías de exploración y consultoras, centros académicos como universidades, entidades ambientales e instituciones gubernamentales.

Dicha información se encuentra almacenada en cada institución de manera aislada de acuerdo al manejo y gestión de archivo de cada uno, consignadas en documentos de permisos y concesiones en las corporaciones o autoridades ambientales respectivas, o en instituciones y compañías a través de informes técnicos o reportes de obras. Sin embargo, no existe información integrada de puntos de agua (aljibes, pozos y manantiales), de estudios geofísicos de exploración de aguas subterráneas y en especial de pozos antiguos y actuales lo que dificulta el manejo, consulta y utilización idónea de los datos hidrogeológicos ya que se encuentra dispersa y aislada.

Mapa 1. Área de estudio



2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Aplicar tecnologías de Sistemas de Información Geográfica para la estructuración y publicación de información hidrogeológica del Glacis del Quindío que abarca los Departamentos de Quindío y Risaralda.

2.2 Objetivos Específicos

- Estructurar y elaborar el inventario de puntos de agua y estudios geofísicos ubicados en el glacis del Quindío recopilando información de diferentes fuentes y entidades tanto públicas como privadas.
- Modelar una base de Datos geográfica de puntos de agua y de estudios geofísicos del Glacis del Quindío.
- Migrar la información estructurada de puntos de agua y estudios geofísicos al modelo de base de datos geográfico creado.
- Aplicar por medio de consultas SQL sobre la base de datos PostgreSQL con la extensión PostGIS y la plataforma QGIS procesos de consulta y resultados visuales a partir de las bases de datos geográficas creadas.

3. JUSTIFICACIÓN

La creciente crisis por el déficit en el suministro de agua potable a escala mundial, ha conllevado a un mayor aprovechamiento de fuentes alternas como las aguas subterráneas. Sin embargo, éste aprovechamiento es realizado generalmente en sitios donde el conocimiento de los acuíferos es limitado, generando, en muchas ocasiones, daños irreparables al medio ambiente como sequía de fuentes superficiales y de pozos someros, fenómenos de subsidencia del terreno, acentuación o inducción de procesos de contaminación natural o antrópica, entre otros. Esta situación demuestra la urgente necesidad de administrar apropiadamente este estratégico recurso, de tal modo que se garantice a las futuras generaciones su permanencia, su calidad y un uso con mínima afectación al medio ambiente. (Risaralda, 2007)

El glacis del Quindío es una zona hidrogeológicamente estratégica y de importancia para el abastecimiento de agua, ya que en la zona de estudio el recurso hídrico subterráneo es utilizado en diferentes actividades domésticas, agrícolas, pecuarias, industriales entre otras.

Para entender a fondo la relevancia en el desarrollo de la región involucrada es conveniente visualizar escenarios y construir mapas temáticos y bases de datos que permitan el almacenamiento, entendimiento e identificación del comportamiento hidrogeológico de la zona de interés en el Glacis del Quindío. Para esto es recomendable en primera instancia Almacenar, documentar y analizar información de aguas subterráneas principalmente de los pozos profundos, con su respectiva información hidráulica, litológica y registros, que permita tener referentes históricos del estado del recurso y los cambios que se pueden dar en el tiempo.

Los resultados obtenidos se podrán convertir en una herramienta interinstitucional para la toma de decisiones especialmente para los permisos de nuevas captaciones subterráneas. De similar manera para la valoración y conocimiento hidrogeológico, la gestión académica, el desarrollo de nuevos estudios y consultorías, para la identificación de focos de contaminación, para análisis piezométricos y para la construcción de instrumentos de planificación acordes con la realidad de la zona, dando cumplimiento en algunos aspectos del Plan de Manejo Integrado de Aguas Subterráneas Pereira 2007 y la resolución 444 de 2008 por medio de la cual se adoptan determinación para la protección y conservación de la calidad de las aguas subterráneas en Pereira.

Al utilizar software y herramientas pertenecientes a los SIG y aplicarlos en trabajos ambientales. Para este caso específico de la organización, análisis y visualización de información de pozos profundos se cumple con el perfil de formación del especialista en SIG que dice que el egresado tendrá las

competencias necesarias en la aplicación de los conceptos de los sistemas de información para desarrollar y gestionar sistemas de información geográfica, infraestructuras de datos espaciales y metodologías en el campo de los sensores remotos. Su formación posibilita el diseño de herramientas para la gestión del conocimiento en una gran cantidad de ámbitos como, urbanismo, medio ambiente, salud, educación, desarrollo territorial, minería, agricultura y turismo, entre otros.

Aunque el Glacis del Quindío es un Sistema Acuífero que cubre diversos municipios en los Departamentos de Risaralda, Quindío y Valle del Cauca y no obedece a divisiones político administrativas, para este proyecto se tomaron datos provenientes del Departamento de Risaralda y del Quindío y se obviaron los datos pertenecientes al Valle del Cauca por la dificultad en la consecución de información; No obstante el modelo diseñado es apto para el futuro ingreso y poblamiento con los datos provenientes de dicha área.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Antecedentes

Dentro de los trabajos relacionados con aguas subterráneas donde se han utilizado herramientas de SIG se destacan trabajos como:

“Los sistemas de información geográfica como herramientas de apoyo en los estudios hidrológicos, dos casos de estudio en América Latina” en el cual se detallan la forma en la que el SIG sirve como propuesta innovadora para la obtención de recursos hidrológicos subterráneos.

La primera intervención fue realizada en la cuenca del río Quequen en Argentina, en la cual se han realizado diversos estudios en especial la Universidad Nacional del Mar de Plata con la intención de aprovechar y potenciar los beneficios que éste puede presentar para el desarrollo económico y social de la región. (Quiroz. M, Escobar. J, Martínez. D, Betancourt. T, Massone H, 2007). Sin embargo durante el proceso de investigación se identificaron tres aspectos dificultadores para la organización y estandarización adecuada de la información, estos fueron: escasez en la información hidrogeológica sobre la evolución de los acuíferos. Diversidad de los formatos en los cuales se encontraban aspectos climatológicos, lo cual hacía más complejo el análisis y entendimiento de los datos. En última instancia se mencionan los problemas referentes a la unificación y almacenamiento de la información disponible la cual se encontraba repartida en diferentes instituciones públicas y privadas de la zona.

Con todo lo anterior, se procedió a realizar la aplicación del SIG con la intención de estructurar de manera óptima la información y posterior ejecución de acciones que permitiesen el aprovechamiento del recurso hídrico en la cuenca del río Quequen.

El primer procedimiento correspondió a la recolección de información referente al recurso hídrico, posteriormente se dio paso a la clasificación de parámetros como precipitación, temperaturas, presión, humedad, dirección del viento, análisis fisicoquímicos, niveles freáticos entre otros para finalmente incluirlos en una base de datos geográficos (BDG) que permitan tener un conocimiento más específico y adecuado sobre el acuífero y de este modo conocer cada una de sus variaciones.

El otro escenario de intervención fue en el bajo Cauca antioqueño de Colombia, en este espacio se encuentran los municipios de Cáceres, Traza, Caucasia, El Bagre, Nechi y Zaragoza. En esta zona se encuentran los ríos el Cauca, Man y Nechi, el elemento dificultador imperante en este caso es la precariedad en la demanda del recurso para satisfacer el consumo humano razón por la cual el agua subterránea deviene como una solución adecuada para el entorno, sin embargo, la

extracción del agua se hace de forma poco planificada. Es por esto, que se propone la aplicación del SIG, de manera tal que pueda realizarse una corrección en los procesos que han sido aplicados erróneamente sobre los recursos hídricos y mejorar la extracción de los acuíferos.

Para llevar a cabo la implementación del SIG se llevó a cabo la recopilación, adecuación y corrección de la información que se tenía disponible, posterior a esto, se realizó el análisis de los mapas de Antioquia y se revisó el mapa geomorfológico.

Los resultados obtenidos evidenciaron que la información con la cual se estaba trabajando no se había revisado desde hace algún tiempo, caso tal el de algunas de las planchas con las cuales se estaban trabajando y que habían sido creadas hace más de 30 años.

Por medio de imágenes aéreas y la aplicación del sistema de información geográfico se logró actualizar los datos requeridos que posibilitaran la utilización de los acuíferos de forma más adecuada y que logren dar abasto a los seis municipios ubicados en el bajo Cauca Antioqueño.

Con todo lo mencionado hasta el momento, es factible entonces resaltar la incidencia que tiene el SIG en los estudios de los recursos Naturales permitiendo no solo optimizar la demanda para el consumo humano y la mejora a nivel económico y social, además permite conocer y actualizar información necesaria que propicie la extracción de aguas subterráneas.

La validez y veracidad de los datos son un tema de suma importancia para garantizar la funcionalidad de los sistemas de información geográfica, es por esto que la recolección de información debe abarcar la mayor cantidad de datos que permitan obtener un conocimiento general sobre el área en la cual se realiza el estudio. Para especificar este apartado, se retoma la investigación realizada en el acuífero del valle de Toluca (altiplano mexicano) en el cual se aplica el SIG para obtener información sobre el recurso hidrogeológico y su aprovechamiento.

Al inicio del proyecto se aclara que el valle de Toluca se encuentra ubicado en la porción central del estado de México, lo que lo convierte en un recurso hídrico primordial para esta zona. De esta fuente hidrológica se extraen recursos para abastecer la demanda de consumo humano, actividades agropecuarias y para uso industrial, aparte de esto se aclara que la ciudad de México recibe otra porción de esta fuente para cubrir sus necesidades de agua potable. El agravante se presenta en las entradas y salidas de este acuífero, pues a lo largo de los años se ha podido identificar que las entradas son menores a las salidas, es decir, que se está utilizando mucho más recursos de los que éste genera. Esto ha causado efectos negativos como subsidencia, desencadenación de humedales y manantiales, disminución del valle de Toluca y terrenos adyacentes.

Se especifica además, que en el valle de Toluca se encuentran ubicadas industrias y es escenario de actividad agrícola por lo cual se destaca la aparición de residuos e implementación de fertilizantes y plaguicidas, esto representa entonces un riesgo alto para el debido mantenimiento de este recurso natural lo que deja en claro su vulnerabilidad. (Esteller. M, Quentin. E, 2016.)

Para realizar la recolección de información se dispuso de las lecturas y mapas del nivel de profundidad de piezómetros que datan del año de 1996, y para el análisis de los datos se utilizó el paquete de datos IDRISI en el cual se aplicaron los métodos de interpolación INTERPOL, TRIN, KRIGIN y TREND.

El estudio reveló que a partir de la implementación del SIG, en este caso, se evidenciaron ventajas en diversos aspectos tales como: el procesamiento de la información a partir de la integración de los datos, los formatos matriciales del SIG posibilitan dar una representación de superficies continuas más completas y congruentes, La automatización dentro de los SIG, por medio de macro-comandos o programación, facilita la repetición de una misma secuencia de operaciones, permite comparar diferentes métodos, encontrando los resultados más reales y más sencillos y por último brinda la posibilidad de superponer unas capas a una capa inicial para mejorar la interpolación lo que mejora el análisis de los resultados.

Con todo lo anterior, se puede afirmar entonces que la utilización del SIG se presenta como una herramienta más útil y práctica que garantiza organización, manejo de los datos, funcionalidad, practicidad y ventajas en los resultados respecto a otros programas utilizados en la recopilación de información geográfica.

Otro estudio fue el realizado en el Municipio de Chía Cundinamarca que lleva como título “Análisis Geo estadístico para Mejorar el Aprovechamiento de las Aguas Subterráneas”, surge de la necesidad para el abastecimiento de agua ya que el crecimiento de la población y el desarrollo de diferentes industrias del turismo, la construcción, artesanal y agroindustrial (principalmente de las flores, la cual se ha fortalecido a partir de la década del setenta), han generado un aumento en la demanda de los recursos hídricos, lo cual ha llevado a que, en el ámbito superficial, éstos se hayan ido agotando y en muchos casos deteriorando en calidad.

Es así como desapareció la fuente Tíquiza, quebrada sagrada para los antiguos muiscas. Esta fuente proveía de agua al municipio por medio de un acueducto, que fue inaugurado en el año de 1892. De igual manera desaparecieron los nacimientos de El Codito y gran cantidad de quebradas del cerro de Yerbabuena.

Debido al agotamiento del agua superficial el municipio de Chía le compraba agua al D.C Bogotá para cubrir dicha necesidad. Con el ánimo en dar solución al

problema surge el proyecto, en el cual utilizan técnicas geoestadísticas que vienen incluidas en el software ARC GIS como el Variograma el Kriging y otro tipo de herramientas de software. (Orlando Riaño Melo, 2001).

En la zona de estudio se han realizado algunos estudios hidrogeológicos referentes que son importantes mencionar:

- “Evaluación Hidrogeológica del Área de Cerritos – Departamento de Risaralda” 1990

Dicho estudio de la Facultad de Geología de la Universidad de Caldas presenta de manera resaltada para la época una valoración de las condiciones hidrogeológicas del corregimiento de Cerritos en la ciudad de Pereira constituyéndose en el primer estudio hidrogeológico regional de dicha sector, cuyo objetivo estaba enfocado en determinar el potencial acuífero como fuente alterna para el futuro suministro de agua potable a las poblaciones, centros agrícolas que carecen de dicho servicio.

Los resultados de esta valoración señalan el modelo de la Formación Armenia para la zona de estudio el cual muestra dos unidades acuíferas. La unidad A o la superficial inicia en el contacto con la base de las cenizas volcánicas aproximadamente de los 20 a los 60 metros. La unidad B se extiende en promedio desde los 65 hasta los 150 metros de profundidad.

Así mismo indican que el agua subterránea de Cerritos se califica como bicarbonatada, magnésica de dureza carbonatada, lo cual refleja la influencia de las rocas volcánicas por donde se infiltra y circula.

Particularmente recomienda realizar monitoreo de los pozos existentes o de una red de acogida para ampliar el conocimiento de las características hidráulicas de los acuíferos mediante la realización de pruebas de bombeo, tanto a pozos existentes como a cada nuevo y también para determinar su vida útil.

- “Caracterización Hidrogeológica preliminar del Abanico Pereira-Armenia a escala 1:200.000” Abril de 2004

El anterior estudio elaborado como tesis en el programa de Geología de la Universidad de Caldas los autores presentan una descripción de los estudios geoelectricos, inventario de puntos de agua, registros geoelectricos para unificar las correlaciones dando como resultado un modelo general del Abanico Pereira – Armenia en 3 capas: asociando la capa 1 a Cenizas Volcánicas alteradas, la capa 2 a Depósitos Fluviovolcánicos del miembro medio del Abanico Pereira – Armenia y la capa 3 a Tobas Líticas con diferente grado de consolidación.

Se menciona la dificultad de analizar características hidráulicas de las unidades que atraviesan los pozos, por la escases de datos pudiendo analizar solo Nivel Estático y Dinámico.

Adicionalmente se anota de acuerdo a los usos de los pozos indagados en la época que mayor parte del agua subterránea extraída del Abanico Pereira – Armenia se utiliza con fines domésticos ya que el 56,3% de los pozos que presentaban dicha información (59,7% del Total) son utilizados para dicho fin.

“Exploración del Recurso Hídrico Subterráneo en el Municipio de La Tebaida, Departamento del Quindío” Agosto 1994

El proyecto desarrollado dentro del programa de Exploración y Evaluación de Fuentes de Aguas Subterráneas impulsado por INGEOMINAS pretendía en conjunto con la Corporación Regional del Quindío y el Municipio de La Tebaida explorar el recurso hídrico en un área aproximadamente de 95 km² situada al suroriente del Municipio de Armenia. La investigación incluyó la realización de cartografía geológica, inventario de puntos de agua, prospección geofísica, hidrogeoquímica e hidrogeología, obteniendo información que permitió conocer el potencial del agua subterránea para abastecimiento público e irrigación.

Cabe notar que las anotaciones argumentadas en dicho proyecto mencionan el acuífero de los Depósitos del Glacis del Quindío como unidad explotada mediante aljibes y pozos con caudales de hasta 45 lps; utilizándose el agua principalmente para consumo humano e irrigación. Detallando un espesor conocido de 200 m y la calidad físico-química de las aguas indica que es apta para el consumo humano y para riego.

El proyecto para la **Aplicación de los SIG en el manejo de Información Hidrogeológica del Glacis del Quindío en los Departamentos de Quindío y Risaralda**, no realizará un análisis variables geo estadísticas pero organizará la información hidrogeológica de los pozos en bases de datos geográficas que permitirán a futuro el continuo poblamiento y actualización de datos, a partir de los cuales se puedan desarrollar propuestas encaminadas a la realización de este tipo de estudios que se conviertan en la alternativa para la identificación, uso adecuado, gestión y protección de zonas potencialmente aprovechables en aguas subterráneas.

4.1.1 Contexto Global.

El agua subterránea se convierte en una de las fuentes principales para el consumo humano porque son aguas con características contaminantes bajas ya que está sometida a la capacidad de filtración del suelo que la hace generalmente más pura que las aguas superficiales. De igual manera, el volumen de agua subterránea almacenada es por lo general mayor que los volúmenes almacenado en superficie, por lo que el abastecimiento a partir de este recurso no suele verse afectado por las sequías prolongadas (Vélez, 1999), y su explotación puede mantenerse e incluso aumentar si fuera preciso en periodos secos (Sahuquillo *et al.*, 2009).

En los países desarrollados la utilización del agua subterránea en sectores urbanos es muy importante, siendo superior al 70% en muchos países de Europa, más del 50% en los Estados Unidos y casi el 100% en Dinamarca. El riego con aguas subterráneas supera el 50% en la mayoría de los estados del Oeste de EE.UU (*Ibit*). Además, cumplen una función ambiental en la naturaleza, por su contribución a los caudales de ríos, manantiales, lagos, humedales y estuarios (Custodio, 2001). Aun así, pese a su gran valor, el agua subterránea aún constituye un recurso ampliamente desconocido, infravalorado, mal administrado y poco protegido (Foster *et al.*, 2013).

El uso creciente del agua subterránea, que a menudo se ha realizado sin un conocimiento profundo de sus dinámicas, especialmente de interacción con los demás componentes del sistema hidrológico como lo son los procesos de recarga y descarga (Shanafield & Cook, 2014), ha llevado a diferentes acuíferos a condiciones de explotación intensiva en muchas áreas del mundo, especialmente en las regiones áridas y semiáridas, en las pequeñas islas y zonas costeras.

La perturbación antropogénica de los sistemas de aguas subterráneas se aceleró notablemente durante el siglo XX, como resultado de la explotación masiva de acuíferos, los cambios radicales en el uso del suelo, principalmente en las zonas de recarga y de abastecimiento de agua en zonas urbanas y la agricultura de regadío (Foster *et al.*, 2013). Estas condiciones de sobreexplotación han ocasionado descensos significativos de los niveles freáticos, disminución de los caudales de ríos y manantiales, impactos en ecosistemas acuáticos, principalmente en los humedales, y degradación de la calidad del agua por intrusión marina en los acuíferos costeros (Llamas & Custodio, 1999).

Ha surgido una creciente preocupación por la sostenibilidad de los recursos, la degradación de la calidad y los impactos en los ecosistemas dependientes de los sistemas subterráneos, pero a pesar de los notables avances tecnológicos, no es fácil proporcionar una evaluación global cuantitativa del estado de las aguas subterráneas, debido a su amplia distribución, dificultad de agregación y la insuficiente inversión en el monitoreo. El desafío de identificar disposiciones de

gobernanza adecuados y de traducirlos en acuerdos institucionales eficaces para la administración local de los recursos y protección de la calidad también es considerable, pero algunos éxitos se han logrado recientemente (Foster *et al.*, 2013).

En este contexto, los estudios científicos recientes han avanzado hasta el punto que la gestión de las aguas subterráneas ya no se piensa que es independiente de la gestión del recurso hídrico superficial (Sophocleous & Perkins, 2000), puesto que no son componentes aislados del sistema hidrológico, sino que ambos interactúan según las características geomorfológicas y climáticas del paisaje, y por tanto los impactos sobre cualquiera de estos componentes afectara inevitablemente la cantidad o calidad del otro (Sophocleous, 2002).

En la actualidad, la gestión de los recursos hídricos tiene que considerar una cuenca como un sistema integrado en el que las interacciones entre las aguas superficiales, las aguas subterráneas, el uso de los recursos hídricos y los efectos sobre los ecosistemas tienen lugar. Los tomadores de decisiones requieren de información adecuada sobre estas interacciones a fin de formular estrategias de desarrollo sostenible de los recursos hídricos (Zhou & Li, 2011).

Sin ninguna diferencia al resto del mundo en Colombia el uso de agua subterránea se ha realizado tradicionalmente sin previa evaluación técnica y sin control de la explotación, generando en muchos casos impactos negativos sobre el medio ambiente.

Por estas razones el Gobierno Colombiano consiente de ésta situación, firma en 1997 el convenio de Cooperación Técnica Internacional entre los Gobiernos de Colombia y del Reino Unido a través del Departamento para el Desarrollo Internacional, (DFID), creado en Mayo del mismo año; con el fin de realizar el denominado “Proyecto Piloto de Manejo Integral de Aguas Subterráneas”, Cuyos principales objetivos fueron implementar una metodología socialmente equitativa, económicamente viable y ambientalmente aceptable para el manejo de las aguas subterráneas y establecer una estrategia de réplica en otras regiones del país, IDEAM, 2001.

Este proyecto en su Fase I, fue realizado en dos zonas piloto, Isla de San Andrés y en el departamento del Valle del Cauca, proyectos ejecutados por la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA) y la Corporación Autónoma del Valle del Cauca (CVC), respectivamente. El proyecto contó con la coordinación del INGEOMINAS, el acompañamiento de IDEAM, Ministerio del Medio Ambiente y la asistencia técnica de Water Management Cosultants Ltd, firma consultora contratada por el Gobierno del Reino Unido.

En el año 2000 finaliza la Fase I, con la formulación de los planes de manejo integrado del agua subterránea en San Andrés y Valle del Cauca.

En el 2001 se inicia el proyecto de Réplica, Fase II, denominado “Manejo Integrado y Sostenible de Aguas Subterráneas en América Latina - RLA/8/031” que contó en su inicio con la cooperación técnica del Reino Unido y posteriormente con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), y que fue ejecutado simultáneamente en siete países latinoamericanos: Ecuador, Perú, Paraguay, Uruguay, Costa Rica, Chile y Colombia. Por Colombia participaron INGEOMINAS como coordinador interinstitucional, CVC, CARSUCRE, CORPOGUAJIRA y CARDER.

El objetivo del proyecto a nivel Latinoamérica, fue desarrollar una política de gerencia sostenible del agua subterránea dirigida a solucionar problemas de escasez y de utilización inapropiada del recurso, con el apoyo de técnicas isotópicas y su integración con técnicas hidrogeológicas “La hidrogeología es la disciplina que se ocupa del estudio de las aguas subterráneas y de las características de los medios en los cuales ellas se almacenan y circulan. La investigación hidrogeológica básica se realiza mediante la aplicación de técnicas convencionales que permiten determinar las condiciones geométricas e hidráulicas de un acuífero y plasmarlas en un modelo conceptual convencionales”. Los proyectos estuvieron orientados a mejorar el conocimiento sobre disponibilidad, calidad, y riesgos de contaminación del agua subterránea; y a la optimización de la gerencia del recurso a través de estudios multidisciplinarios e interinstitucionales; y de la cooperación horizontal entre los países involucrados en el proyecto. http://www-tc.iaea.org/tcweb/projectinfo/projectinfo_body.asp

El proyecto contó con la Asesoría técnica del OIAE especialmente en la aplicación e interpretación de técnicas isotópicas, en la donación de equipos, la financiación de múltiples eventos de capacitaciones del personal de CARDER, reuniones técnicas de coordinación nacional, reuniones de los proyectos Latinoamericanos y diferentes mecanismos de difusión del proyecto.

En CARDER, el proyecto comienza en el 2000, con la definición de un plan operativo y con el diseño y ejecución de una estrategia de participación de los diferentes actores relacionados con el recurso hídrico subterráneo en la región. La segunda fase, estuvo concentrada en la planeación y ejecución de diferentes actividades técnicas mediante estudios interdisciplinarios tendientes a mejorar el conocimiento del acuífero e identificar los vacíos de información existentes y una tercera fase estuvo dirigida a la integración de estos estudios para definir un modelo conceptual del acuífero en fase preliminar, línea técnica base para la formulación del Plan. Paralelamente fue realizado un diagnóstico y ajuste de los instrumentos de gestión de la Corporación.

Para 2001 CARDER inicia una serie de actividades que conllevan a la definición de un modelo conceptual hidrogeológico entre estas están: ajuste de la cartografía geológica, zonificación por pendientes, reinterpretación de datos geofísicos, rotulación y georrefenciación de captaciones, adecuación de pozos para medición de niveles, actualización del inventario de puntos de agua, sistematización de información sobre captaciones, diseño de redes de monitoreo de niveles e hidroquímico, muestreo y análisis isotópico de aguas lluvias, superficiales y subterráneas, estudios de vulnerabilidad y peligro potencial de contaminación, entre otros.

Teniendo en cuenta que se ha empezado a llevar un control sobre la calidad y cantidad de agua por medio del plan de manejo de aguas subterráneas, no se puede olvidar que la información recogida queda almacenada en documentos físicos aislados en varias dependencias y entidades de carácter público y privado, ocasionando así multiplicidad o incoherencia en la información. Por esta razón se ve la necesidad de tener una base de datos que integre y clasifique la información de las diferentes variables y parámetros del agua subterránea, es aquí donde aparece los sistemas de información geográfica “Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos” como una opción la sistematización y visualización de información, en esta ocasión se utilizaran varias herramientas y software de los SIG, entre ellos: DÍA, MySQL, SQL Manager for PostgreSQL, PostgreSQL, PostGIS, y QGIS.

Para entender este proyecto también es necesario conocer los conceptos para el manejo de información, que comienza con entender que una base de datos es una herramienta para recopilar y organizar información. En las bases de datos, se puede almacenar información sobre personas, productos, pedidos o cualquier otra cosa. (Sierra, 2009)

Toda base de datos debe tener una serie de características tales como seguridad (sólo personas autorizadas podrán acceder a la información), integridad (la información se mantendrá sin pérdidas de datos), e independencia (esta característica es fundamental ya que una buena base de datos debería ser independiente del sistema operativo o programas que interactúen con ella). Hay más características que debe reunir una base de datos como ser consistente (es decir, que la información se guarde sin duplicidades y de manera correcta). Y finalmente, las bases de datos actuales permiten el manejo correcto de transacciones. Esto significa que se ha de permitir efectuar varias operaciones sobre la base de datos pero tratadas a modo de una sola. (Sierra, 2009)

Con el uso y el incremento del tipo de base de datos de desarrollas sistemas informativos que gestionan toda la funcionalidad de la base datos propiamente dicha intentando que sea de manera más clara, directa y sencilla.

Para el presente trabajo se utiliza un sistema gestor de bases de datos que es el PostgreSQL, muy conocido y usado en entornos de software libre porque cumple los estándares SQL92 y SQL99, y también por el conjunto de funcionalidades avanzadas que soporta, lo que lo sitúa al mismo o a un mejor nivel que muchos SGBD comerciales.

Además de estos PostgreSQL se caracteriza por ser un sistema manejador de datos que incluye herencia entre tablas convirtiéndose en un gestor relacional, soporta diferentes tipo de datos y alta concurrencia.

Y otra de las más grandes ventajas de PostgreSQL es que cuenta con una extensión llamada PostGIS que permite los usos de los sistemas de información geográfica conteniendo funciones básicas para el análisis GIS, para dar origen a las bases de datos geográficas que son una colección de datos organizados de tal manera que sirvan efectivamente para una o varias aplicaciones SIG. Esta base de datos comprende la asociación entre sus dos principales componentes: datos espaciales y atributos o datos no espaciales. (ESRI, 1998).

Al tener una base de datos geográfica en PostGIS nos garantiza que la mayor parte de las consultas en el lenguaje SQL que se realicen dentro la base de datos pueda tener una representación gráfica y visual obteniendo un entorno de trabajo más claro. Estas representaciones se pueden obtener de orden de sentencias SQL en el sistema de información geográfica QGIS.

5. METODOLOGÍA

5.1 Tipo De Trabajo

INVESTIGACIÓN APLICADA

El proyecto de grado (**Aplicación de los SIG para el manejo de Información Hidrogeológica del Glacis del Quindío en los Departamentos de Quindío y Risaralda**) aplica como una investigación aplicada ya que parte de una situación problemática que requiere ser intervenida y mejorada. Comienza con la descripción sistemática de la situación deficitaria, luego se enmarca en una teoría suficientemente aceptada de la cual se exponen los conceptos más importantes y pertinentes; posteriormente, la situación descrita se evalúa a la luz de esta Teoría y se proponen secuencias de acción o un prototipo de solución. (<http://www.unisabana.edu.co/carreras/comunicacion-social-y-periodismo/trabajo-de-grado/opciones-de-trabajo-de-grado/investigación-aplicada/>).

5.2 Procedimiento

La aplicación de SIG para el presente proyecto consistirá en el levantamiento de una base de datos geográfica de pozos profundos delimitados en el glacis del Quindío, que almacenar características hidráulicas, de diseño y análisis físico químico, a partir de las cuales se realizarán consultas SQL con la herramienta PostGIS y QGIS

Fase Primaria:

Recolección de información de pozos profundos, estudios de exploración geofísica y geo eléctrica con información de Sondeos Eléctricos Verticales georreferenciados.

Fase Construcción:

Estructuración de la Base de Datos Espacial,
Consolidación de los registros físicos y analógicos recopilados en la Base de Datos Geográfica

Fase Consulta:

Hacer una prueba por medio de consultas SQL que sirvan como prueba al funcionamiento de la base de datos.

Tabla 1. Discriminación de la metodología por Momentos.

MOMENTO	PROCESO	PROCEDIMIENTO	TÉCNICAS	HERRAMIENTAS
Aprehensivo	Administración y organización de la información.	Revisión de la información	Revisión documental	Fichas bibliográficas. Diario de Campo.
			Observación	Lista de chequeo
			Entrevista	Guía (entrevista semiestructurada)
		Selección de la información.	Análisis de la información	Tabla de recopilación de información
		Síntesis de la información.	Organización de la información	Documento síntesis de información.
Construcción	Diseño de las base de datos	Construcción de los modelos Entidad- Relación	Definición de entidades, relaciones y atributos.	Software DÍA
		Construcción de los modelos relacionales	Definición de tablas y relaciones por medio de llaves primarias y foráneas.	Software SQL Manager for PostgreSQL

MOMENTO	PROCESO	PROCEDIMIENTO	TÉCNICAS	HERRAMIENTAS
		Construcción de tablas	Definición de la estructura de la información (Campos y relaciones)	PostgreSQL Y extensión PostGIS
Construcción	Alimentación de la base de datos	Organización de la información en Excel	Construcción de tablas y conversión a formato txt.	Microsoft Excel
		Migración de la información a postGIS utilizando PGAdmin y SQL Manager for PostgreSQL	Ordenación de la información de acuerdo al tipo de datos y uso de la función "import" en cada tabla	Pgadmin y Software SQL Manager for PostgreSQL y QGIS
Visualización	Prueba de las bases de datos	Construcción de sentencias SQL y presentación grafica en mapas	Lenguaje SQL y representación en QGIS	Software PostGIS y QGIS

6. RESULTADOS

6.1 Resultados Objetivo 1. Estructurar y elaborar el inventario de puntos de agua y estudios geofísicos ubicados en el glacis del Quindío recopilando información de diferentes fuentes y entidades tanto públicas como privadas.

Descripción del Glacis del Quindío.

Este sistema acuífero comprende los municipios de La Tebaida, Calarcá, Salento, Quimbaya; la Virginia, Dosquebradas, Caicedonia, Armenia Filandia, Circacia, Ulloa, Alcalá, Montenegro y Pereira.

Esta zona tiene unas generalidades hidroclimáticas donde se presenta pisos térmicos cálidos, medio, frío y paramo, con temperatura promedio anual que varía desde 22 °C en el valle del río Risaralda a 5°C en el Parque Natural de los Nevados. El régimen de precipitación es bimodal con máximos de hasta 2800mm en el periodo de abril-mayo y octubre-noviembre y mínimos de 1700mm en los meses de enero, febrero, julio y agosto (CARDER 1998). El sistema hidrográfico está constituido por los ríos Cauca, Barbas, La Vieja, Otún y Consota y las quebradas Cestillal y El Piñal. (Nelson Omar Vargas, 2013)

Las unidades aflorantes, comprenden rojas desde el Paleozoico inferior al reciente, están representadas las más antiguas sobre el Complejo Polimetamórfico de la Cordillera Central (Pes), compuesto principalmente por exquisitos verdes, que afloran en la zona Pereira-Dosquebradas en una pequeña franja aledaña el río Barbo afluente del río Otún. Las unidades cretáceas, corresponden a las formaciones, Quebrada grande (Kvc), constituidas por dos secuencias rocas volcánicas básicas (Kvc) y rocas sedimentarias (Ksc) La Formación Barroso se refiere a un complejo volcánico lávico volcanoclastico, de composición básica que aflora al norte y al sur del casco urbano de Pereira con una geoforma de pico alargado. El Stock Grabóico de Pereira (Kgp) aflora al Este del casco urbano de Dosquebradas y de Pereira, y el Complejo Arquía (Kiea) que está compuesto por esquistos verdes y sercíticos se observa al norte de Dosquebradas. La secuencia Terciaria se inicia con la formación Cartago (Toc), que conforma el Sinclinal de Miravalles al límite SW del casco urbano en Pereira y está compuesta limolitas, intercaladas con areniscas arcádicas y algunos niveles tobáceos. La formación de Zarzal (Tpz), conformada en la zona por depósitos fluviales de gravas y arena ocasionalmente intercalados con tobas, arenas finas y limos. (Nelson Omar Vargas, 2013)

Los sedimentos Cuaternarios están representados por Flujos de lodo volcánico o lahares (Qfl) que se encuentran en los municipios del Quindío (La Tebaida, Calará, Salento, Quimbaya, Armenia, Filandia, Circasia, Montenegro) conformando la Formación Armenia (MacCourt, 1984 en Suter, F. et al. 2008) también llamada por otros autores Glacis del Quindío. En Risaralda se presentan geoformas suaves que basculan hacia el occidente en Pereira y Santa Rosa. Asimismo se presentan depósitos piroclásticos (Qpr) que cubren los flujos de lodo volcánicos y sedimentos fluviales, Aluviones Recientes (Qar) que rellenan los valles de los ríos Cauca y Risaralda en la región de la Virginia y el río Otún en el sector de Pereira y se diferencian los depósitos fluviolacustres de Dosquebradas (Qld), conformados especialmente por gravas, arcillas y algunos paquetes limo-arenosos. (Nelson Omar Vargas, 2013)

Para elaborar el diagnóstico de los puntos de agua existentes en el glacis del Quindío se tomaron como referencia los proyectos de grado que llevan como título Caracterización Hidrogeológica preliminar del abanico Pereira – Armenia a escala 1:200.000 de 2004, Evaluación hidrogeológica del área de cerritos 1990, Informes de mantenimiento de pozos de la empresa GEOSUB, proyectos de monitoreo de calidad y niveles de aguas subterráneas en convenio entre la Universidad Tecnológica Pereira y la Corporación Autónoma Regional de Risaralda y registro de concesiones de aguas subterráneas que reposan en la CARDER y CRQ.

Los puntos encontrados fueron los siguientes: ver anexo 1

Tabla 2. Puntos de agua encontrados en glacis del Quindío.

Nombre del Punto	Coord_X	Coord_Y	Altitud
Ac. Cerritos (San Isidro)	1136900	1022855	1186.57
Aceves	1129800	1018500	905.92
Finca Alcázares	1138880	1023213	1156.49
Alejandría	1138816	1023102	1182.39
Finca La Alquería	1139017	1022904	1185.71
Pozo Anapoina	1143720	984812	1215.11
Andalucía	1136710	1024540	1176.30
Bosques de Alcalá	1145413	1012597	1233.77
Brisas del Pacífico	1139400	992150	1201.56
Buenavista	1136500	992300	1148.55
Caimalito	1134071	1031736	892.37
Los Cábulos	1137880	1025345	1155.21

Nota: esta tabla es un ejemplo de la recopilación de la información de puntos de agua que está contenida en el Anexo 1.

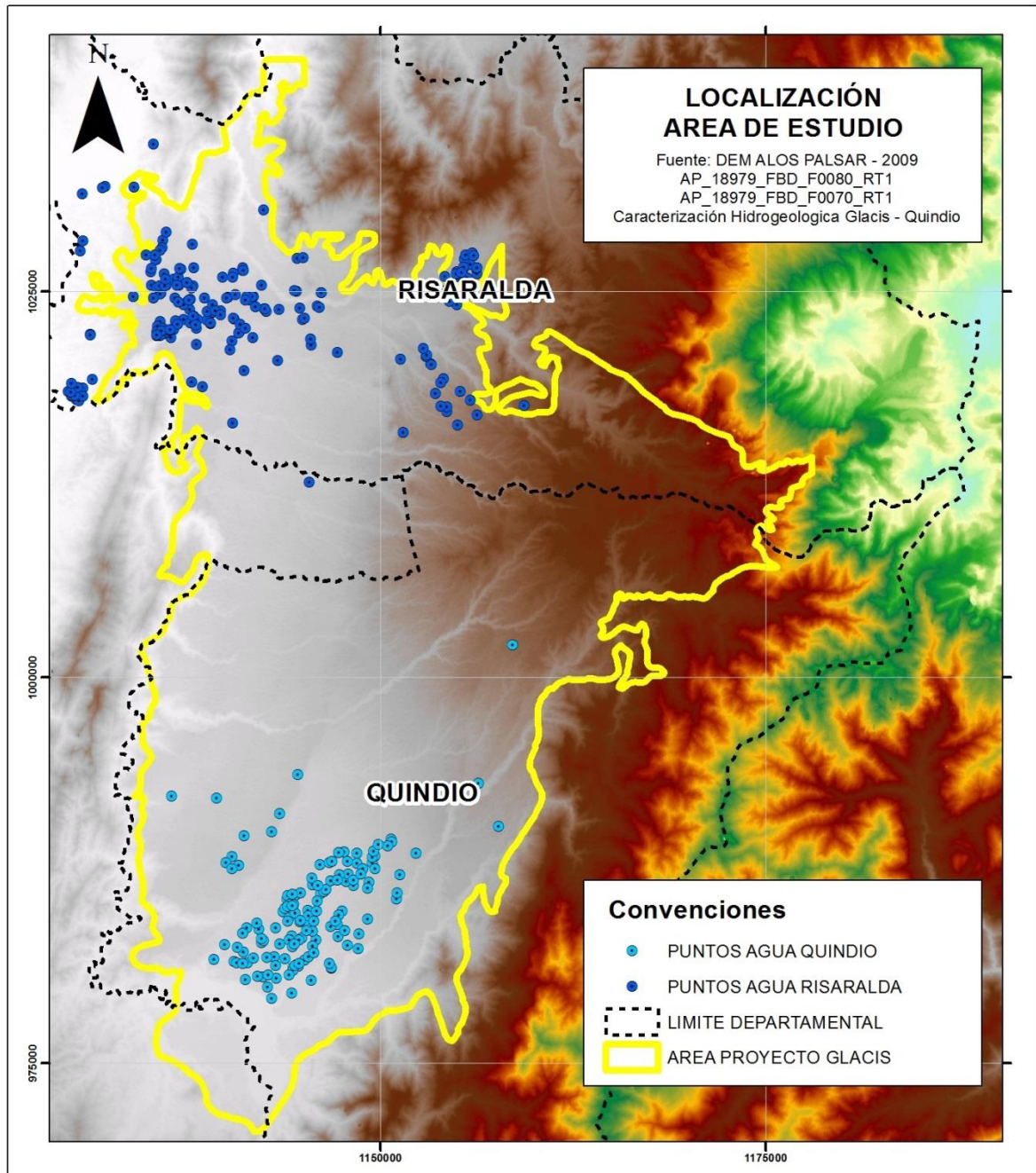
De los 1436 puntos encontrados podemos decir que el 26 % (347) son pozos profundos, el 73% (1088) son Aljibes y el 1 % (1) a Manantiales pero para la base de datos de puntos de agua solo se tuvieron en cuenta los pozos profundo ya que los aljibes y manantiales solo tenían datos como hombre y ubicación, además los pozos profundos al ser construidos son más importantes ya que toman agua de capas profundas de la tierra, garantizando de esta manera una mejor calidad del agua y una menor posibilidad de ser contaminados.

Aunque cabe anotar que los aljibes son la mayor fuente abastecimientos en el conjunto de todos los usos del agua, ya que existe facilidad para acceso y construcción de estos.

A pesar de que solo existen 21 pozos en estado de reserva se puede considerar un potencial de agua para la explotación o un amortiguador de la cantidad de recurso en temporadas de verano.

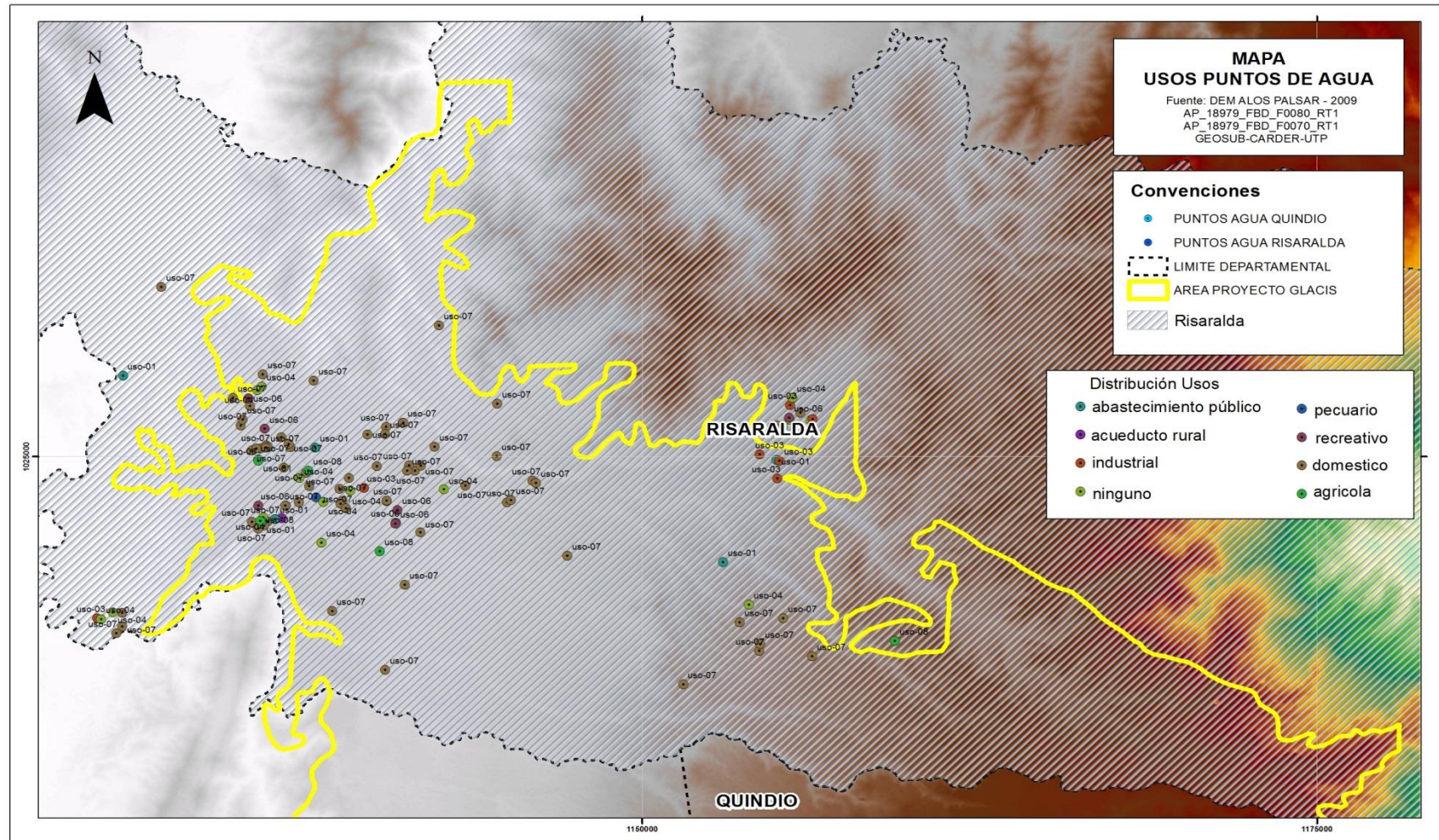
También podemos decir que la mayor explotación del recurso hídrico subterráneo se encuentra en el departamento de Risaralda con una concentración de 206 puntos de agua de un total de 347.

Mapa 2. Puntos de agua por Departamento

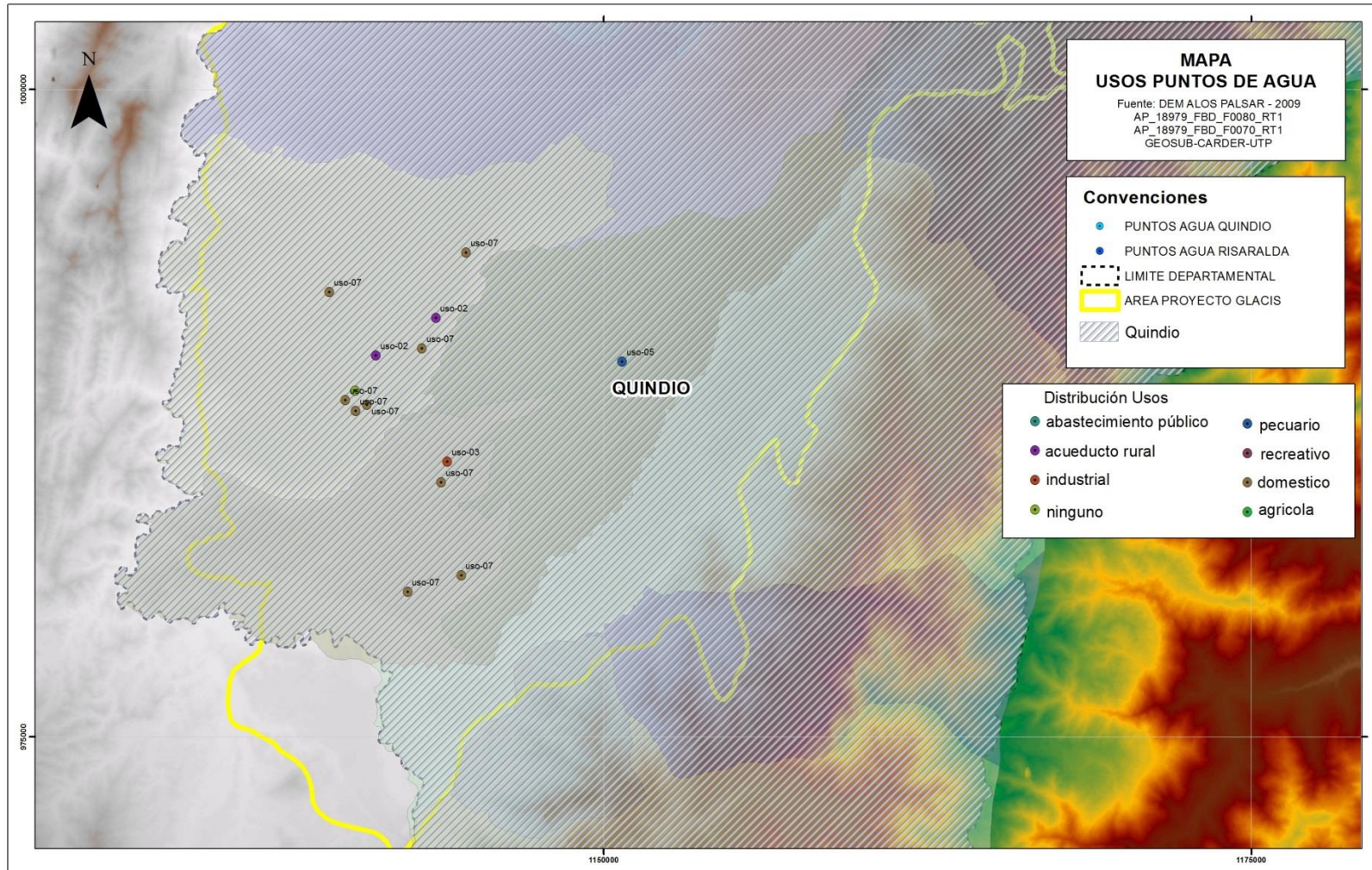


En el agua subterránea en esta zona de estudio está siendo utilizada en un 25.4% para uso Doméstico individual y colectivo, 0.57 % para uso Pecuario, 2.30 % para uso industrial 1.72 % para uso agrícola y 2.01 % para uso recreativo.

Mapa 3. Usos del Agua del Departamento de Risaralda.

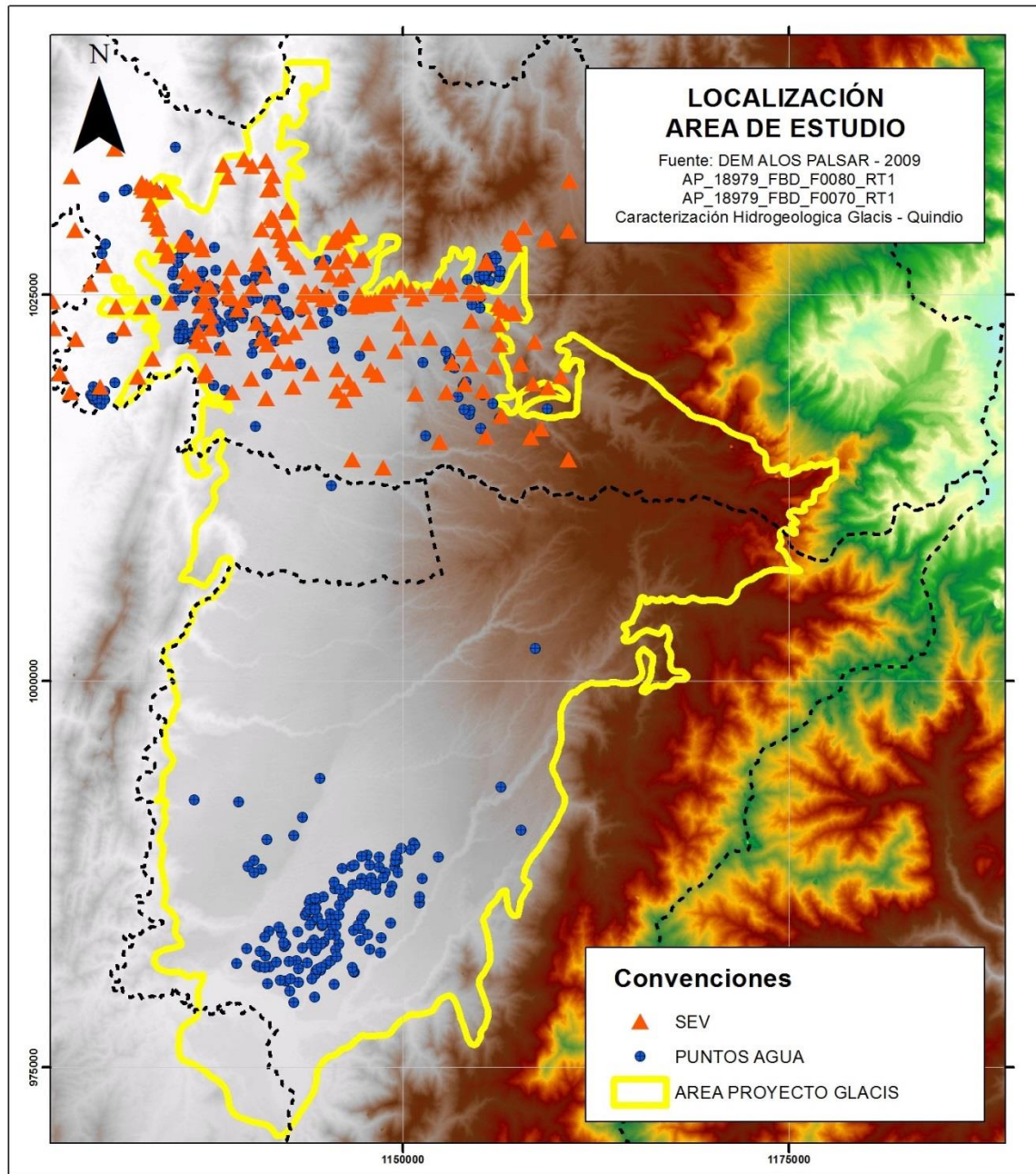


Mapa 4. Usos del agua del departamento del Quindío



Los sondeos eléctricos verticales se realizan como exploración a posibles construcciones de pozos o a la búsqueda de fuentes de agua subterráneas.

Mapa 5. Sondeos Eléctricos Verticales

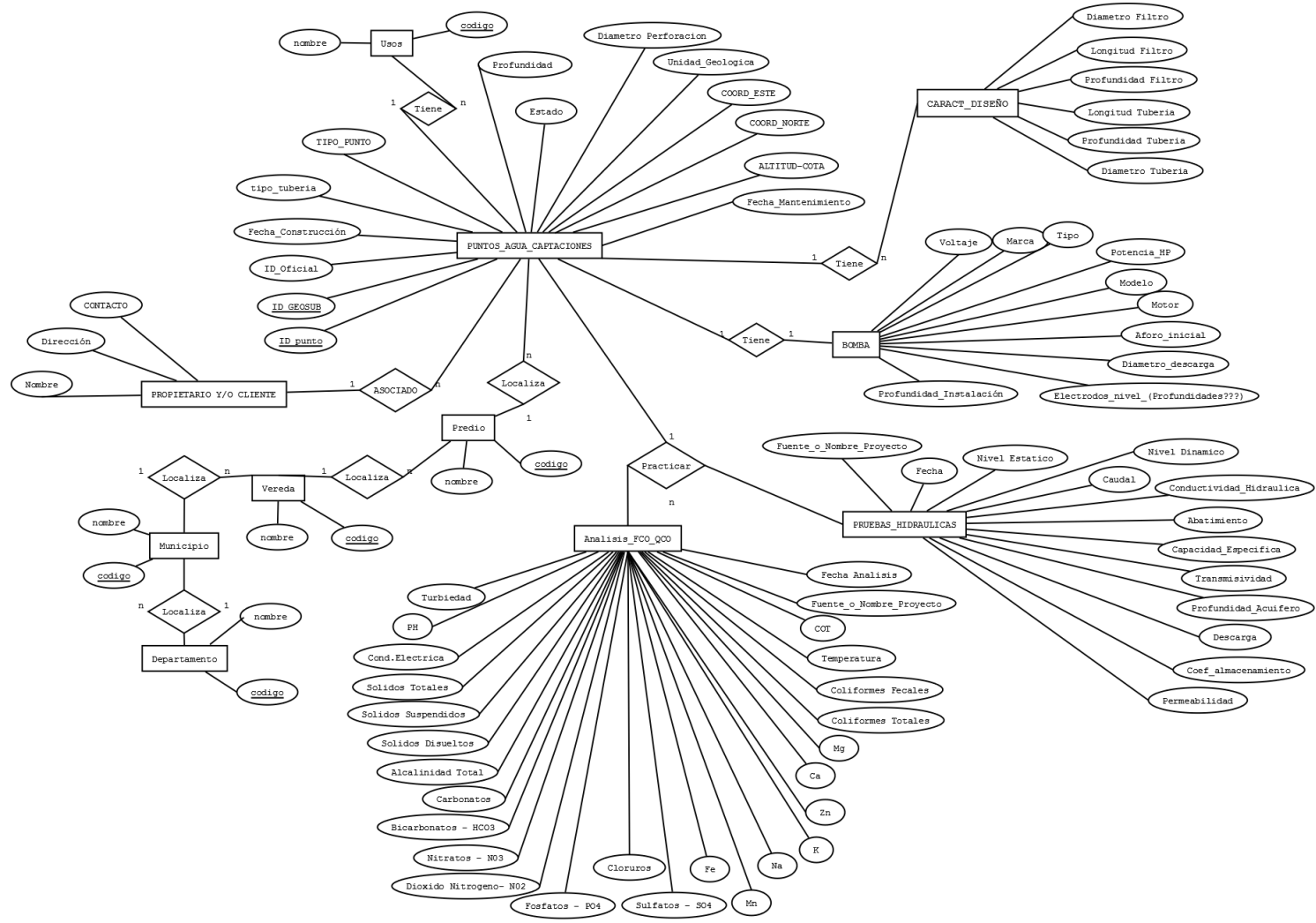


6.2. Resultados Objetivo 2 y 3. Modelar una base de Datos geográfica de puntos de agua y de estudios geofísicos del Glacis del Quindío y Migrar la información estructurada de puntos de agua y estudios geofísicos al modelo de base de datos geográfico creado.

Para la construcción de la base de datos se comienza con la elaboración del modelos entidad relación que permite representar cualquier abstracción, percepción y conocimiento en un sistema de información formado por un conjunto de objetos denominados entidades, relaciones y atributos, incorporando una representación visual conocida como diagrama entidad-relación.

Para este modelo se definen entidades como puntos de agua, características de diseño, bomba, pruebas Hidráulicas, Análisis Físicoquímicos, propietario o cliente, predio, vereda, municipio y departamentos y a cada una se le define unos atributos como lo muestra la imagen 1.

Imagen 1. Modelo Entidad-Relación BD Puntos de Agua.



Entidades

Puntos de agua: esta entidad representa cada uno de los pozos, aljibes y manantiales ubicados en la zona de estudio, contiene los datos o características generales de cada punto de agua como: fecha de construcción, el tipo de tubería (PVC, cemento o metálica), tipo de punto, la profundidad del punto medida desde la base o boca, estado (activo, suspendido o sellado), la ubicación en coordenadas de cada uno de los puntos y la unidad geológica donde se encuentra ubicado. Esta es la entidad principal ya que a ella se conectan por medio de relaciones a las entidades secundarias.

Propietario o Cliente: es la persona encargada de contratar un servicio de mantenimiento de puntos de agua o el dueño del predio donde se encuentra ubicado el punto y en muchas ocasiones la empresa que se beneficia del recurso subterráneo, esta entidad contiene atributos el nombre, la dirección y el contacto del cliente o propietario. Tiene una relación de 1 a n en dirección de la entidad puntos de agua a la entidad propietario o cliente, entendiéndose de que cada punto de agua puede tener uno o varios propietarios o clientes.

Predio, Vereda, Municipio y Departamento: estas entidades contiene la ubicación política administrativa del punto de agua identificado en cada una el nombre de las divisiones a la que pertenece. Tiene una relación n a 1 ya que muchos predios pueden pertenecer o estar ubicados dentro del mismo predio, vereda, municipio o Departamento.

Características de Diseño: Son las especificaciones técnicas con las que se construye un pozo profundo o aljibe, entre están se encuentran las siguientes: Diámetro y longitud de la tubería por tramos ya que un punto de puede tener varios tramos de tubería dentro de su profundidad, dentro de estas tuberías se ubican uno o varios filtros los cuales tiene una longitud y una profundidad de ubicación interna dentro de la tubería y su función principal es la mejor la calidad del agua que se extrae del punto de agua. El punto de agua tiene una relación de 1 a n con la entidad característica de diseño ya que cada punto de agua puede tener una o varias de las características descritas según la empresa que lo construyo o si fue el mismo dueños el que lo hizo de forma artesanal.

Análisis Físicoquímico: la legislación ambiental, específicamente las que definen los parámetros de calidad de agua para consumo humano y las que controlan los vertimientos generados por los sectores industrial, comercial, institucional y domestico han alertado a las entidades ambientales para que obliguen a los usuarios a cumplir con unos análisis establecidos que determinen los usos del agua y los tratamientos a seguir dependiendo para que se va a utilizar el punto de agua y además con el fin de identificar los posibles focos de contaminación. Dentro de esta entidad se encontraran valores de informes de laboratorios con sus respectivas fechas y valores por parámetro analizado. La entidad puntos de

agua tiene una relación de 1 a n con la entidad análisis fisicoquímico, entendiendo que un punto de agua tiene informes periódicos.

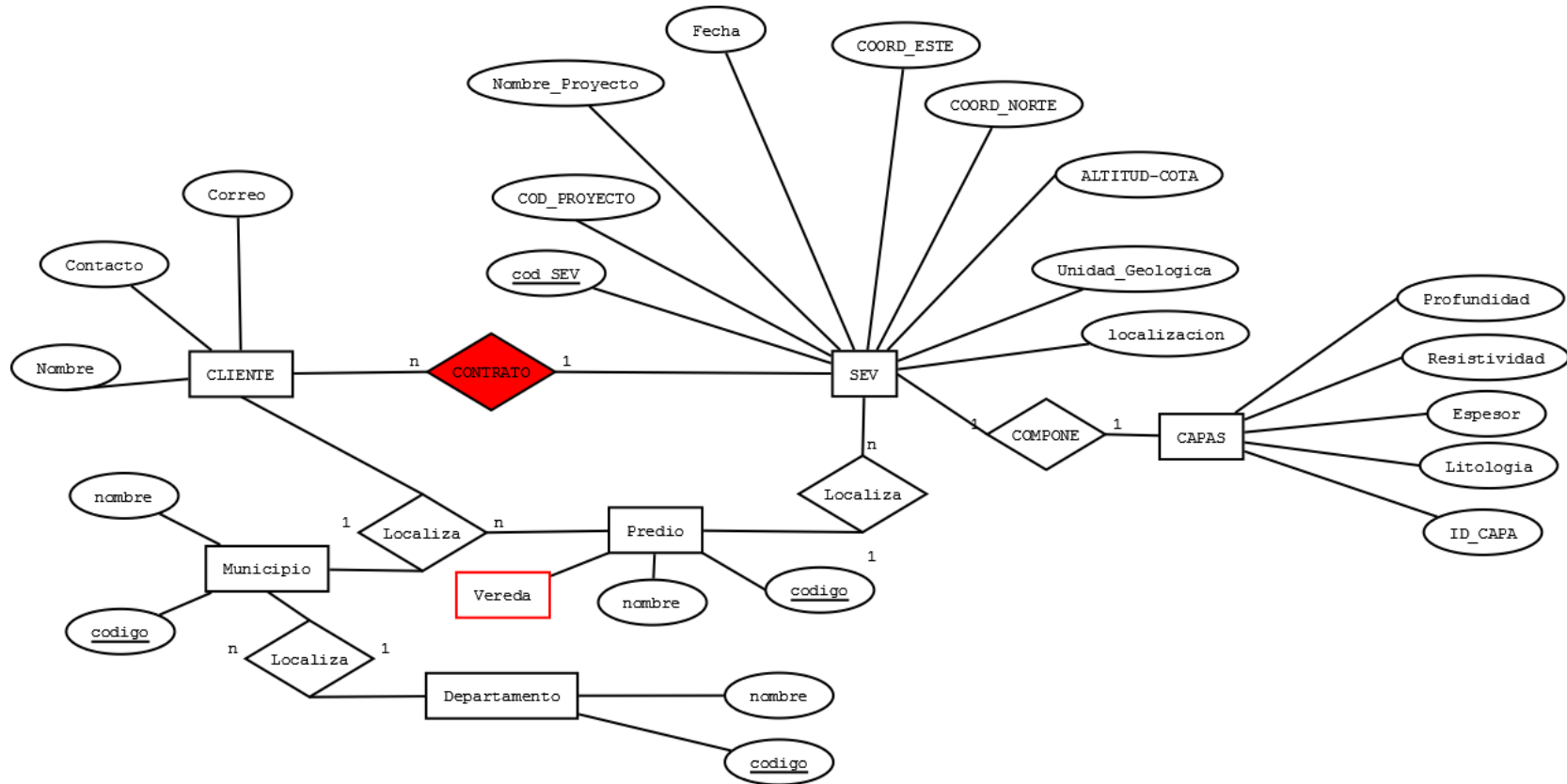
Pruebas hidráulicas: La prueba tiene el propósito fundamental de obtener con una precisión aceptable, los valores de las características hidráulicas del pozo y del acuífero, para ello deberá evaluarse el lugar de la prueba y conocer previamente algunas características del acuífero. Dentro de esta entidad aparecen atributos como el nivel estático y dinámico, el caudal, transmisividad, el abatimiento, profundidad del acuífero y la fuente de la prueba o informe de donde se levantó la información. La entidad puntos de agua tiene una relación de 1 a n con la entidad prueba hidráulica, entendiendo que un punto de agua tiene informes periódicos de pruebas realizadas por varias instituciones.

Bomba: cada punto de agua (pozo, aljibe o manantial) necesita una bomba eléctrica, a gasolina o ACPM para realizar la explotación del punto de agua, por esta razón es importante conocer las especificaciones de cada bomba como el tipo (lapicero, sumergible), la capacidad o diámetro de descarga, el voltaje, potencia y marca. La entidad bomba tiene una relación 1 a 1 con la entidad puntos de agua ya que un punto de agua tiene una sola bomba.

Usos: dentro de esta entidad se encuentra información del destino que se le da al agua extraída del pozo profundo, aljibe o manantial y tiene una relación 1 a n desde puntos de agua hacia usos ya que un punto de agua puede tener varios usos.

Acatando la necesidad y las indicaciones para la cual se está construyendo la base de datos geográfica de puntos de agua se presenta la construcción de una segunda base de datos geográfica de estudios geofísicos asociada a los puntos de agua, desde los sondeos eléctricos verticales realizados por la empresa GEOSUB dentro del glacis del Quindío.

Imagen 2. Modelo Entidad-Relación BD de estudios geofísicos



Dentro de la BD de estudios geofísicos (Sondeos Eléctricos Verticales) se definen las siguientes entidades: SEV (Sondeos Eléctricos Verticales), Cliente, Predio, Vereda, Municipio, Departamento y Capas que se describen a continuación.

SEV (Sondeos Eléctricos Verticales): permiten obtener caracterizaciones del subsuelo hasta altas profundidades, al ser la entidad principal tendrá relación con las demás entidades, la entidad contendrá la ubicación del sondeo, la fecha de realización y el resultado que es la unidad geológica determinada por la prueba.

Capas: debido a que un sondeo eléctrico tiene una capa dentro del predio o zona a realizarse se evalúan parámetros iguales para cada una de las zona con obteniendo valores o descripciones para profundidad, resistividad, espesor y litología. Esta entidad tiene una relación de 1 a 1 ya que SEV evalúa una capa que contiene varios puntos.

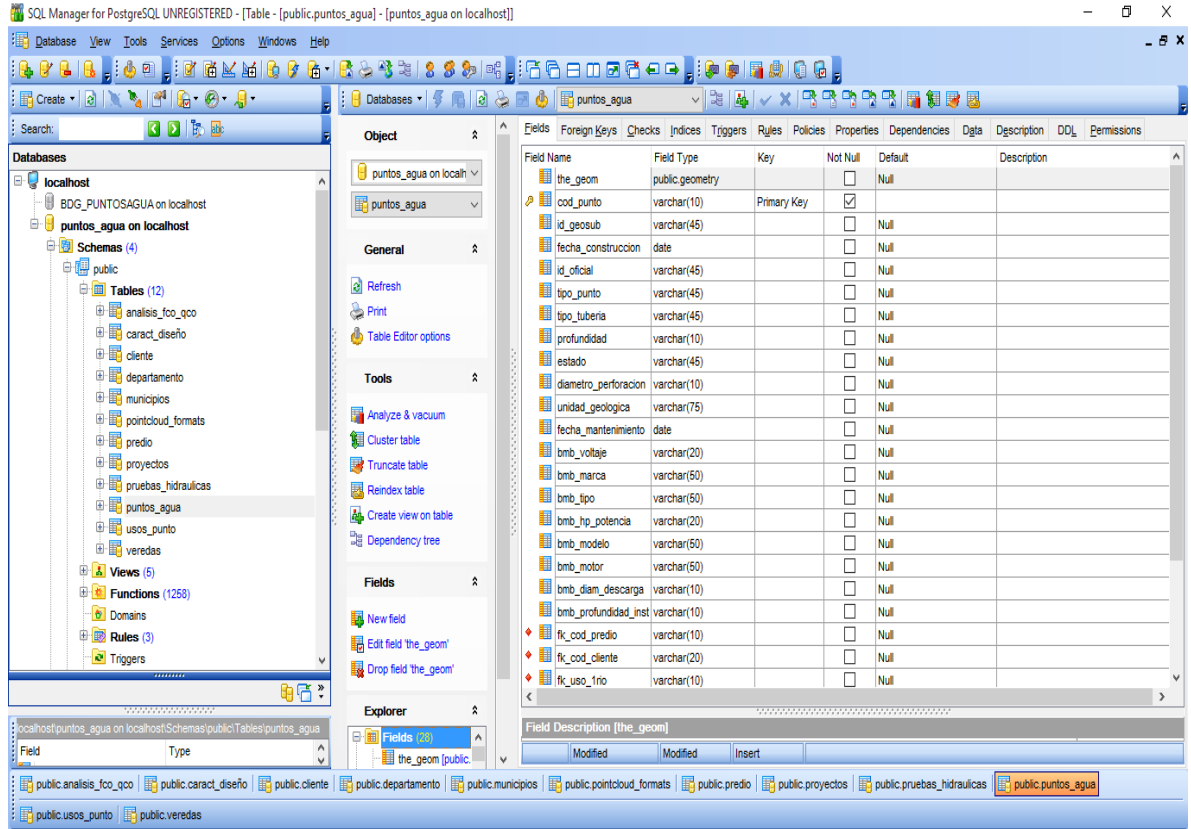
Cliente: es la persona encargada de contratar un servicio de mantenimiento de puntos de agua o el dueño del predio donde se encuentra ubicado el punto y en muchas ocasiones una empresa o entidad interesada en conocer la unidad geológica y por ende la dinámica de las aguas subterráneas en la zona. Tiene una relación de 1 a n en dirección de la entidad SEV a la entidad propietario, entendiéndose de que SEV puede tener uno o varios propietarios.

Predio, Vereda, Municipio y Departamento: estas entidades contiene la ubicación política administrativa del punto donde se va a realizar el SEV identificado uno a uno el nombre de las divisiones a la que pertenece. Tiene una relación n a 1 ya que muchos predios pueden pertenecer o estar ubicados dentro del mismo predio, vereda, municipio o Departamento.

Al continuar con la construcción de la base de datos se desarrolla el modelo relacional en el software SQL Manager for PostgreSQL para las dos BD, que consiste en la organización y representación de la información que se pretende almacenar en una base de datos. Se trata de un modelo teórico matemático que, además de proporcionarnos los elementos básicos de modelado (las relaciones), incluye un conjunto de operadores (definidos en forma de un álgebra relacional) para su manipulación, sin ambigüedad posible. El carácter formal del modelo relacional hace relativamente sencilla su representación y gestión por medio de herramientas informáticas. (A.Silberschatz, 2002).

BD Puntos de Agua y Sondeos Eléctricos Verticales

Imagen 4. Definición de tablas en SQL manager for PostgreSQL



Migración de la Información

Para la migración de la información a la base de datos se realizó un filtro detallado de toda la información recolectada de los diferentes proyectos, seleccionando y depurando aquellas variables que se predefinieron en el modelo de datos y algunas que no se tendrían en cuenta.

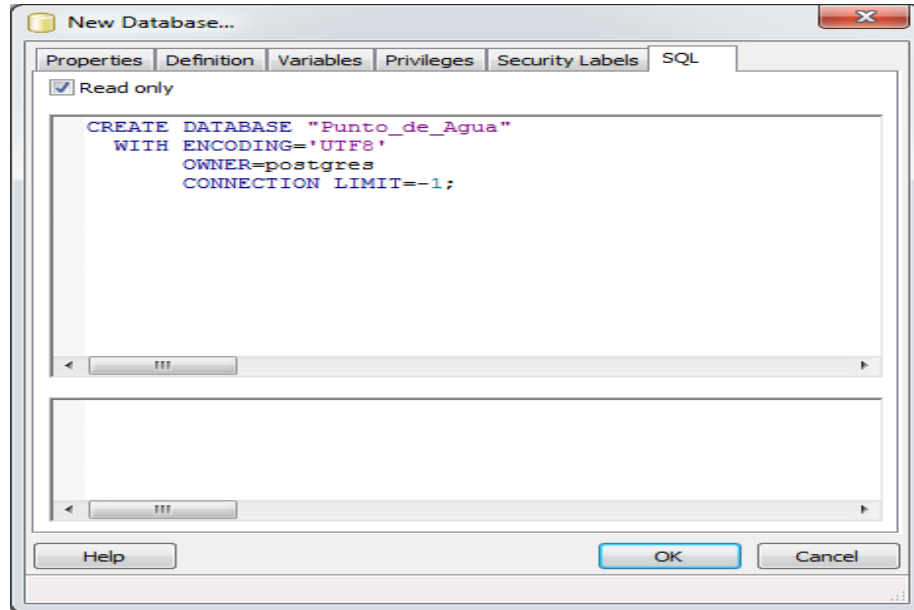
Imagen 5. Tabulación de la Información

INVENTARIO_HOJA_V4_UNIFICADO [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

Q	E	F	G	H	I	J	K	M	P	Q	AB	AC
fecha_construccion	id_oficial	Tipo	X(ESTE)	Y(NORTE)	FECHA_DATOS	COTA m. s. n. m.	Profundidad	PROYECTO	Nombre del punto	Uso Principal	Caudal (Lps)	Nivel Estático (m)
1107	224-H-D-POZO	1023030	1135561	2002/1930	1100	60	98	EVAL-HIDROGEO-CERRITOS 1930	Manuecos			
1108	224-H-D-POZO	1025323	1036801	2002/1930	1192	98	98	EVAL-HIDROGEO-CERRITOS 1930	Villa Normah			
1109	224-H-D-POZO	1024630	1137161	2002/1930	1202			EVAL-HIDROGEO-CERRITOS 1930	El Diamante			
1110	224-H-D-POZO	1023150	1137301	2002/1930	1192	33		EVAL-HIDROGEO-CERRITOS 1930	La Grana		0.12	13.00
1111	224-H-D-POZO	1024630	1137411	2002/1930	1192			EVAL-HIDROGEO-CERRITOS 1930	Egajo		25.20	28.00
1112	224-H-D-POZO	1023840	1137641	2002/1930	1164	21		EVAL-HIDROGEO-CERRITOS 1930	Indaco		0.39	1.95
1113	224-H-D-POZO	1022905	1137761	2002/1930	1185	52		EVAL-HIDROGEO-CERRITOS 1930	Santa Inés			
1114	224-H-D-POZO	1022900	1140500	2002/1930	1190	30		EVAL-HIDROGEO-CERRITOS 1930	La Provenza			
1115	224-H-D-POZO	1024405	1141576	2002/1930	1195	100		EVAL-HIDROGEO-CERRITOS 1930	La Juliana			
1116	224-H-D-POZO	1024000	1142026	2002/1930	1210	180		EVAL-HIDROGEO-CERRITOS 1930	Galecia		2.89	14.05
1117	224-H-D-POZO	1023650	1142351	2002/1930	1211	135		EVAL-HIDROGEO-CERRITOS 1930	Coca-Cola			
1118	224-H-D-POZO	1022025	1152701	2002/1930	1186	90		EVAL-HIDROGEO-CERRITOS 1930	La Herrtal			
1119	224-H-A-POZO	1031840	1132401	2002/1930	930	63		EVAL-HIDROGEO-CERRITOS 1930	Induco pndana			
1120	POZO	1145123	1023861	2002/1930	1256	109		EVAL-HIDROGEO-CERRITOS 1930	Luz-1		3.00	37.40
1121	POZO	1136633	1024541	2002/1930	1150	54		EVAL-HIDROGEO-CERRITOS 1930	Andaluca		0.75	26.50
1122	POZO	1155149	1027581	2002/1930	1430	100		EVAL-HIDROGEO-CERRITOS 1930	Cantones y Papeles			
1123	POZO	1145149	1023851	2002/1930	1250			EVAL-HIDROGEO-CERRITOS 1930	Luz-Cola 2			
1124	POZO	1154450	1025248	2004/2004	1425	30		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	ASE-ITL		3.70	26.3
1125	POZO	1136900	1022855	2004/2004	1205	152		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Ac. Centos (S. Lido)	Domestico	30.00	51
1126	1989 POZO	1123600	1018500	2004/2004	900	50		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Aceves	Industrial	3.75	
1127	POZO	1138980	1023270	2004/2004	1177	43		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Alcázar	Domestico		
1128	POZO	1138950	1023250	2004/2004	1200	40		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Alexandra	Domestico		
1129	POZO	1139003	1022800	2004/2004				CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Alqueria			
1130	POZO	1143720	984812	2004/2004		176		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Anapoma (Teabida 3)	Domestico	45.00	16.7
1131	1969 POZO	1136710	1024540	2004/2004	1150	54		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Andaluca	Domestico	0.75	26.5
1132	POZO	1145413	1012537	2004/2004				CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Bisques de Alcalá			
1133	POZO	1139400	992150	2004/2004		80		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Brisas del Pacifico	Dom. Riego	8.00	23
1134	POZO	1138500	992300	2004/2004		54		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Buenavista		2.10	22.91
1135	POZO	1142532	1027623	2004/2004				CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Campesin de Cumbia		7.00	
1136	POZO	1144128	984418	2004/2004		122		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Canarico		14.40	35.52
1137	POZO	1131975	1023625	2004/2004	1170	150		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Carguecol	Sin Uso	3.00	3.92
1138	POZO	1155332	1027480	2004/2004	1437	220		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Cantones y papeles 2		6.34	7.55
1139	POZO	1154160	1027580	2004/2004	1430	100		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Cantones y papeles 1			
1140	1991 POZO	1143440	1023870	2004/2004	1150	101		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Cholav	Domestico		16
1141	POZO	1144780	984121	2004/2004		132		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Chelosa		20.00	37.43
1142	POZO	1135300	1027660	2004/2004	1050			CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	C. pozos de agriato	Ninguno		
1143	1991 POZO	1139575	1021325	2004/2004	1185	160		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Citicos Cuadalupe	Agro	16.00	17
1144	POZO	1156383	993121	2004/2004		140		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Ciudad Milagro		2.73	30.5
1145	POZO	1130580	1018500	2004/2004		50		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Club Slavaria		2.00	
1146	POZO	1145630	985225	2004/2004		60		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Club Campeste		8.00	16.33
1147	POZO	1141100	1023100	2004/2004		150		CARACT-HIDROGEO-ABANICO PEI-ARM-2004	Club Campeste	Recreativo	4.00	10

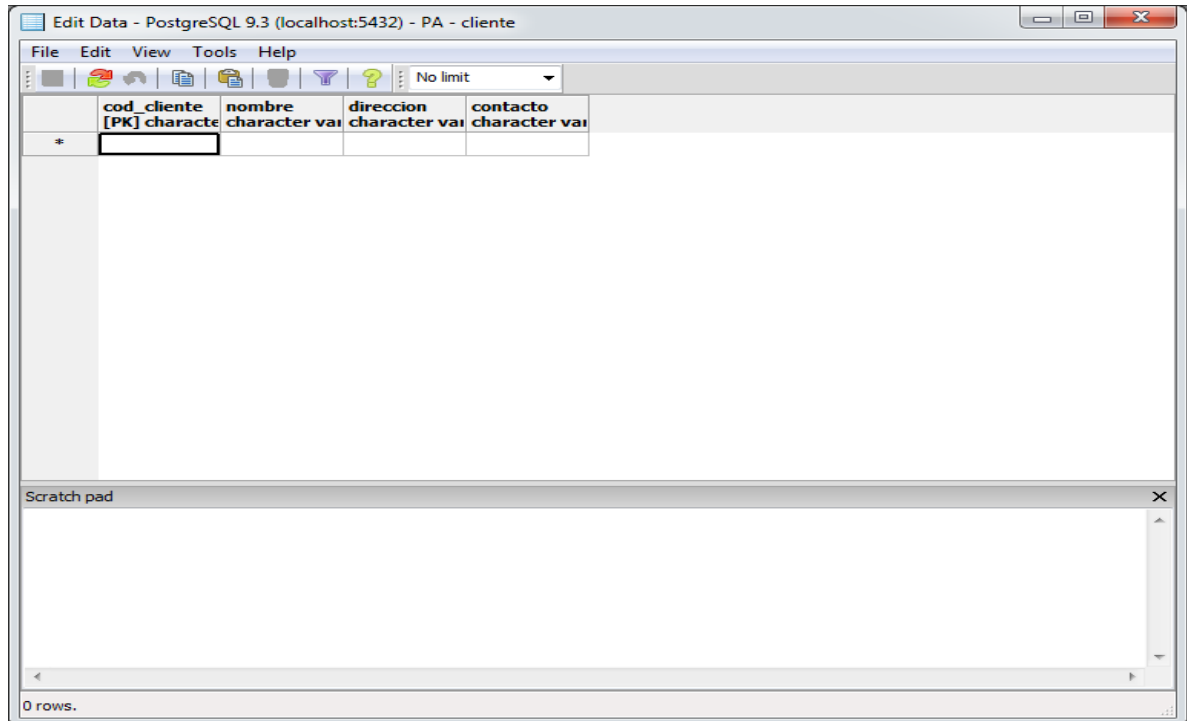
Para continuar con el desarrollo metodológico para la construcción de una base de datos geográfica se emplea el software PostgreSQL en el cual se crea la base de datos que corresponde a puntos de agua mediante las herramientas de este software (sentencias SQL).

Imagen 6. Crear una base de datos en PostGIS



Para crear la BD puntos de agua se aplican la función o sentencias que muestra la imagen 6, para posteriormente tomar como guía los modelos relacionales y construir la estructura de cada tabla y los campos que tendrán.

Imagen 7. Construcción de Tablas y Campos



La estructura de la tabla que aparece en la imagen 7. Corresponde a la tabla cliente, donde se muestra el tipo y el tamaño de cada campo y los campos definidos con llaves primarias y foráneas.

Para crear las tablas y los campos se aplicaron sentencias SQL y en ocasiones con la ayuda grafica asistida que le proporciona el software:

```
CREATE TABLE cliente
(cod_cliente character(10)[] NOT NULL,
 nombre_cliente character(45)[],
 direccion character(45)[],
 fk_cod_municipio character(10)[],
 contacto character(45)[],
 CONSTRAINT cod_cliente PRIMARY KEY (cod_cliente),
 CONSTRAINT fk_cod_municipio FOREIGN KEY (fk_cod_municipio)
 REFERENCES municipios (cod_municipio) MATCH SIMPLE
 ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION
```

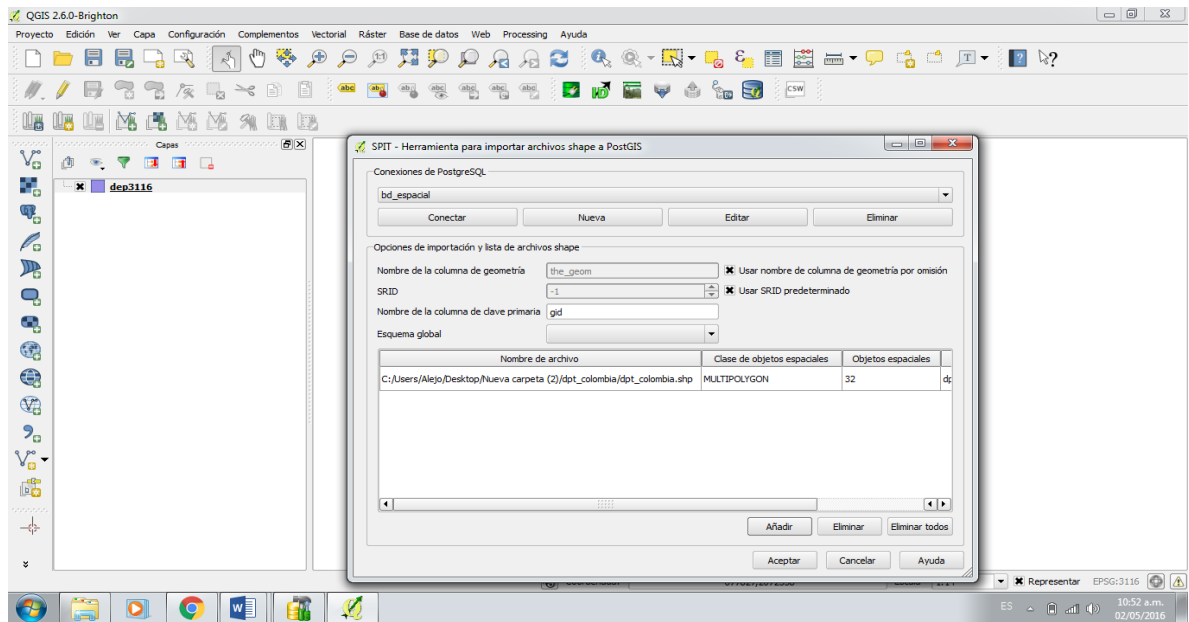
Al definir la estructura de las bases de datos y tener un volumen considerable de información en formato XLM que no corresponde a la estructura de las BDs, se continua con la organización de la información en Excel 2010 donde ordenan las tablas siguiendo estrictamente la estructura desarrollada en PostgreSQL para poder realizar con existo la migración de los datos desde Excel a PostgreSQL.

La información previamente tabulada y organizada en Excel se adecuo según la estructura de la base de datos para poder realizar la migración de toda la información alfanumérica y espacial.

La información se dividió en dos tipos: las tablas con características alfanuméricas y espaciales (vereda, predio, municipio, departamento, punto de agua y Sondeos eléctricos verticales (SEV)) y las tablas que solo contiene información alfanumérica (análisis físico-químico, Pruebas Hidráulicas, características de diseño, usos del suelo, Proyectos y clientes), esta división se hace para definir el procedimiento de migración de cada uno de los tipos de información.

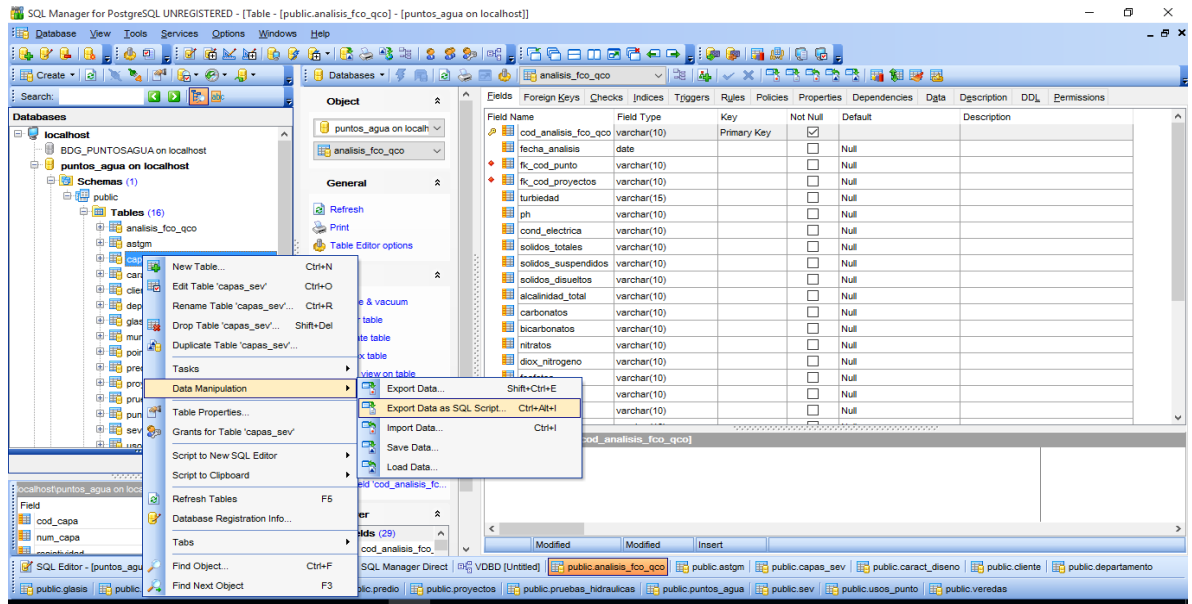
Para migrar las tablas que contiene información espacial y se encuentran en formato XML se cargan las tablas en ArcMap con la función **Add XY data** para luego exportarlas (**xport Data**) como Shape fiel en cual será montado en **QGIS** y exportado a PostGIS con la función **SPIT** que se encarga de importar archivos shape a PostGIS con toda la información alfanumérica que contenga.

Imagen 8. Migrar información espacial de QGIS a PostGIS



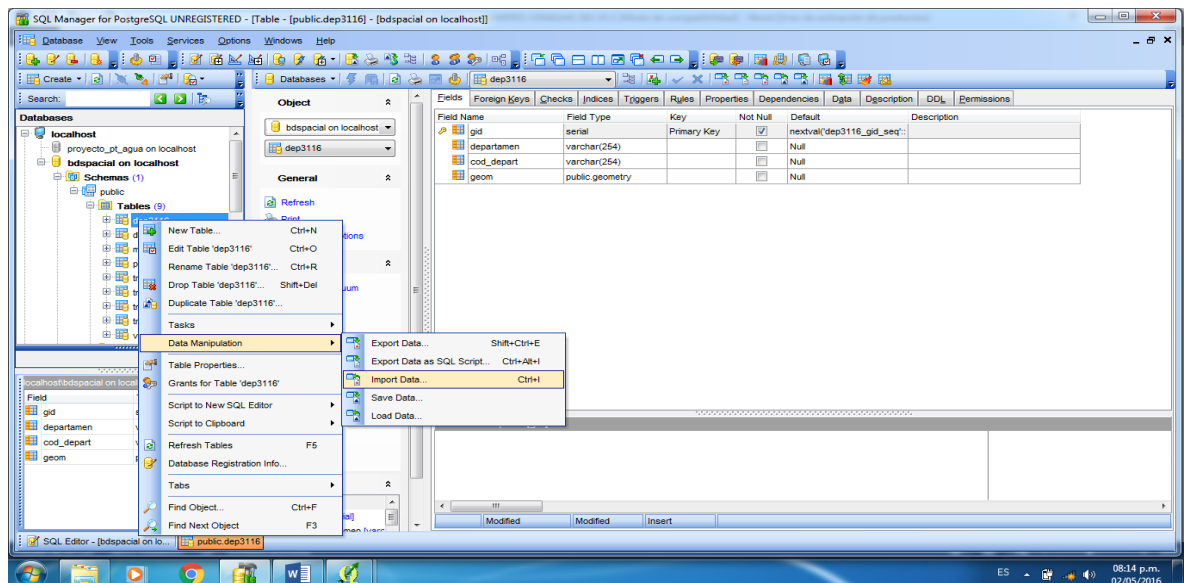
Cuando las tablas se encuentran en una base de datos en PostgreSQL como es el caso de predios y veredas que se encontraron en una base de datos perteneciente al IGAC se procede a conectar la base datos que contiene la información del IGAC al software SQL manager for PostgreSQL, se extrae la tabla y se convierte a un script utilizando la herramienta **export data a SQL Script** para posteriormente ser montado a la base de datos de Postgres y PostGIS.

Imagen 9. Guardar tablas como Script.



Para cargar las tablas en formato XML que contiene información alfanumérica sin relación espacial se utilizan las tablas construidas en el Software SQL manager for PostgreSQL y por medio de la herramienta import se llevan a la base de datos espacial.

Imagen 10. Importar tablas a SQL Manager for PostgreSQL



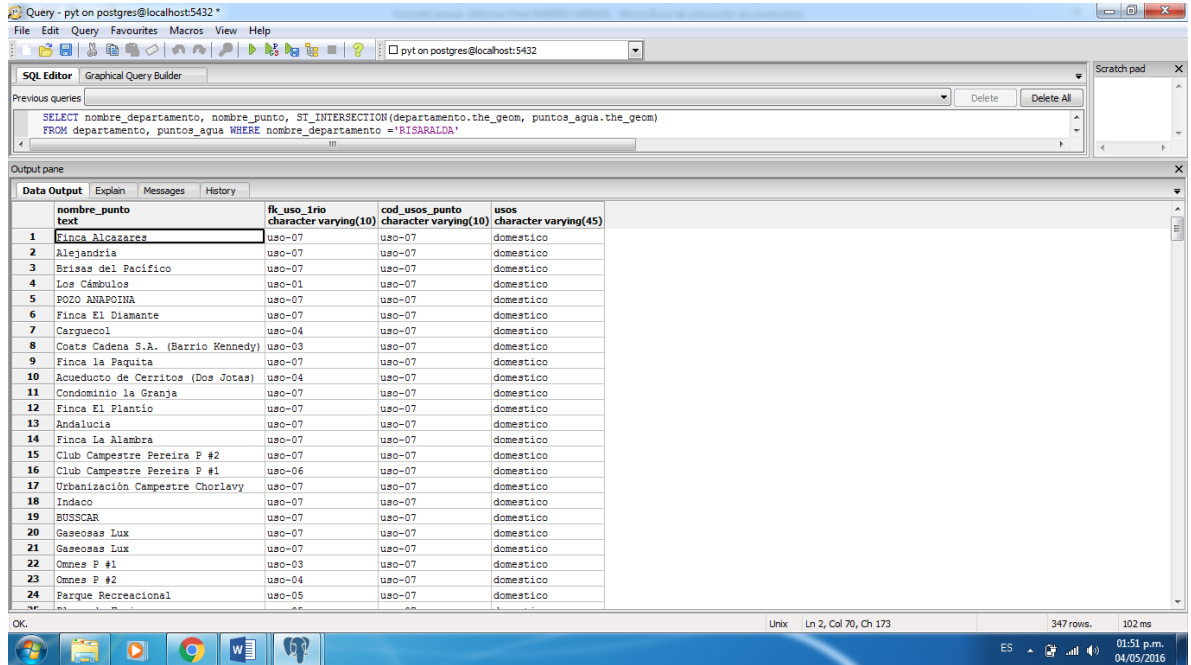
Con fin de completar la base de datos espacial puntos de agua se hace necesario añadir información tipo polígono o raster que no está enlazada a ninguna tabla (la delimitación del glacis y la imagen raster de la zona de estudio). Para carga la información de polígono a PostGIS se utiliza la herramienta Spite de QGIS.

- **6.3 Resultados Objetivo 4.** Aplicar por medio de consultas SQL sobre la base de datos PostgreSQL con la extensión PostGIS y la plataforma QGIS procesos de consulta y resultados visuales a partir de las bases de datos geográficas creadas.

1. ¿Mostrar los pozos ubicados en el departamento de Risaralda?

```
select nombre_departamento, nombre_punto
from departamento, puntos_agua
where departamento.cod_departamento = '66' and
ST_INTERSECTS(departamento.the_geom,puntos_agua.the_geom)
```


Imagen 12. Puntos de agua de uso doméstico



The screenshot shows a PostgreSQL query editor window titled "Query - pyt on postgres@localhost:5432". The SQL query in the editor is:

```
SELECT nombre_departamento, nombre_punto, ST_INTERSECTION(departamento.the_geom, puntos_agua.the_geom)
FROM departamento, puntos_agua WHERE nombre_departamento = 'RISARALDA'
```

The output pane displays a table with 24 rows and 5 columns. The columns are: nombre_punto (text), fk_uso_riero (character varying(10)), cod_usos_punto (character varying(10)), and usos (character varying(45)). The first row is highlighted.

	nombre_punto text	fk_uso_riero character varying(10)	cod_usos_punto character varying(10)	usos character varying(45)
1	Finca Alcazares	uso-07	uso-07	domestico
2	Alejandria	uso-07	uso-07	domestico
3	Brisas del Pacifico	uso-07	uso-07	domestico
4	Los Cábulos	uso-01	uso-07	domestico
5	POZO ANAPOINA	uso-07	uso-07	domestico
6	Finca El Diamante	uso-07	uso-07	domestico
7	Carguecol	uso-04	uso-07	domestico
8	Coats Cadena S.A. (Barrio Kennedy)	uso-03	uso-07	domestico
9	Finca la Paqueta	uso-07	uso-07	domestico
10	Acueducto de Cerritos (Dos Jotas)	uso-04	uso-07	domestico
11	Condominio la Granja	uso-07	uso-07	domestico
12	Finca El Plantio	uso-07	uso-07	domestico
13	Andalucia	uso-07	uso-07	domestico
14	Finca La Alambra	uso-07	uso-07	domestico
15	Club Campestre Pereira P #2	uso-07	uso-07	domestico
16	Club Campestre Pereira P #1	uso-06	uso-07	domestico
17	Urbanización Campestre Chorlavy	uso-07	uso-07	domestico
18	Indaco	uso-07	uso-07	domestico
19	BUSSCAR	uso-07	uso-07	domestico
20	Gaseosas Lux	uso-07	uso-07	domestico
21	Gaseosas Lux	uso-07	uso-07	domestico
22	Omnes P #1	uso-03	uso-07	domestico
23	Omnes P #2	uso-04	uso-07	domestico
24	Parque Recreacional	uso-05	uso-07	domestico

The status bar at the bottom indicates "OK", "Unix", "Ln 2, Col 70, Ch 173", "347 rows", "102 ms", and the system tray shows "ES", "01:51 p.m.", and "04/05/2016".

Los puntos que aparecen en la imagen son los pozos profundos que son utilizados para uso doméstico individual o el abastecimiento de viviendas ubicadas dentro de los predios.

6.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el desarrollo del documento se hizo una búsqueda en diferentes fuentes documentales pertenecientes a empresas privadas, instituciones públicas y proyectos de grado de personas naturales, con el fin de recolectar información de diferentes puntos de agua (pozos, Aljibes y manantiales). Encontrado 1436 puntos de agua de los cuales 1088 son aljibes, 347 pozos profundos y 1 manantial, pero al revisar y filtrar la información se estableció que en la base de datos solo se ingresarían los puntos correspondientes a pozos profundos ya que son los que contienen mayor cantidad de datos y características que solicitaba la base de datos espacial puntos de agua, los aljibes y manantiales quedara en un repositorio de información de la empresa GEOSUB donde se almacenaran en formato XML para ir completando la información y posteriormente cárgala a la base de datos.

La información recolecta es un mosaico de información que re recopiló por la necesidad e iniciativa de la empresa GEOSUB de conocer las condiciones históricas y actuales del glacis del Quindío y colocar un punto de partida a como se deben de hacer todos los estudios sobre un territorio, que deben ser integradores y objetivos considerando las diferentes fuentes existentes y proceso histórico de la información.

La construcción de la base de datos espacial de puntos de agua y sondeos eléctricos es un proceso que llevo la ejecución de varios procedimientos que incluyeron la utilización de varios software, los procedimientos llevaron la siguiente secuencia la organización y filtración de la información en Excel, la construcción del diseño el software DÍA y la estructura de la base de datos en SQL manager for PostgreSQL y PostgreSQL, para luego migrar la información contenida en formato XLM a la estructura de la base de datos y activar la extensión PostGIS y la ventana de visualización que es QGIS.

Al migrar la información se tuvieron varios problemas de formato de celdas, tamaños de celdas y problemas con la codificación de información que se solucionaron por medio de sentencias SQL dentro del programa SQL manager for PostgreSQL. Ver sentencias desarrolladas para la construcción y solución de problemas en el anexo 2.

La prueba de la base de datos se hace por medio de dos sentencias SQL que arroja como resultado las **imágenes 11 y 12** contenidas en el objetivo 4 y **el mapas 2 y 3**.

7. CONCLUSIONES

- Las base de datos de agua subterráneas del Glacis del Quindío es una herramienta en la que se tiene en cuenta una unidad geológica que rompe los límites municipales y departamentales, unificando el estudio de zonas geológicas completas, para tener mejores resultados extraídos de una panorama general y no fragmentado de territorios afines.
- Se construyó el diagrama de entidad-relación utilizando el software DIA el cual permite establecer las relaciones entre los atributos y/o variables que determinan la estructura de la base de datos de pozos. Las relaciones se construyeron de uno a muchos, teniendo en cuenta como atributos principales los pozos, clientes, predios, municipios y departamento, y las características de los pozos, como el diseño y los análisis específicos.
- A partir del diagrama se elaboró el modelo relacional utilizando el software SQL Manager for PostgreSQL en el cual, para efectos del presente proyecto, se construyeron 13 tablas principales, con las respectivas llaves foráneas para la relación entre estas. Dicho software permite conectividad con postgres lo que posibilita un fácil acceso a la Base de datos.
- Para la elaboración de la Base de Datos relacional se utilizó el software Postgresql 9.5 como SMBD y su extensión PostGIS para el manejo de la información espacial, definiendo preguntas como base para la elaboración de las consultas.
- Respecto al ejercicio, se identifica la importancia de establecer un modelo relacional que sea flexible y permita la posterior incorporación de variables, sin que afecte directamente la estructura de las tablas.
- El poder consultar información desde una base de datos geográfica y obtener información visual (mapas, gráficos y tablas) es una forma de entender, facilitar y generar resultados acordes a las condiciones del territorio.
- La base de datos del glacis del Quindío, es una herramienta institucional y privada para el accionar en procesos de seguimiento, control y manejo de las aguas subterráneas.
- La compilación y organización de toda la información del glacis del Quindío en una base de datos geográficos es un referente para la construcción de planes de manejo ambiental, planes de ordenamiento de cuencas hidrográficas y otros instrumentos de planeación municipal y departamental.

8. RECOMENDACIONES

- La base de datos de puntos de agua del glacis del Quindío debe seguir en constante actualización y desarrollo.
- Hace falta un formulario electrónico que permita el ingreso de información de nuevos pozos y actualización de pozos ya existentes.
- Las instituciones públicas y las empresas privadas debería acogerse a una base de datos geográfica que permita la compilación espacial y temporal garantizando la organización y almacenamiento de información.
- Las coordenadas que hacen referencia a la ubicación de los puntos de agua, deben estar estandarizadas bajo un mismo sistema de referencia (MAGNA SIRGAS) que garantice la gestión adecuada para el trabajo en campo y en el procesamiento digital de la información.

BIBLIOGRAFÍA

- A.Silberschatz, H. F. (2002). Fundamento de base de Datos. *McGraw Hill*.
- Alzate Ana Isabel - C.R.Q. (2003). *Análisis del grado de vulnerabilidad de las aguas subterráneas del departamento del Quindío*. Armenia.
- Auge, D. G. (2008). *Hidrogeología Ambiental*. Buenos Aires: Departamento de Geología Universidad de Buenos Aires.
- CARDER. (2007). *Plan de manejo integrado de aguas subterráneas en Pereira y Dosquebradas*. Pereira.
- CARDER, UTP, MADS. (2014). *FORMULACIÓN PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RÍO OTÚN Y QUEBRADA DOSQUEBRADAS*. Pereira.
- CRQ. (2011). *Plan de Manejo Subcuenca Río Quindío*. Armenia: Corporación Autónoma Regional del Quindío.
- CRQ, CARDER, CVC, UAESPNN, IDEAM. (2008). *PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO LA VIEJA*. Armenia.
- Delleur, J. W. (2007). *The Handbook of Groundwater Engineering*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- ESRI. (1998). *bases de datos geograficas*.
- Garzon, L. D. (1999). *Hidraulica de Pozos 2*.
- GEOEX LTDA - CRQ. (1995). *Estudio Hidrogeológico de un area entre los Municipios de Montenegro, Armenia y La Tebaida Departamento del Quindío*. Pereira.
- GEOEX, & Gómez Calle, D. (1994). *El Agua Subterránea como Alternativa de Abastecimiento en el Sector de Cerritos*. Pereira: GEOEX LTDA.
- Geografica, C. N. (2016). *Cartografia y Bases Geograficas española*.
- GOMEZ CALLE, D., & ARISTIZABAL RESTREPO, J. J. (1990). *Evaluación Hidrogeológica del area de cerritos – Departamento de Risaralda Manizales: Universidad de Caldas, Programa de Geología, Tesis de grado para optar al título de geólogos*.

- Gómez Calle, D., & Arias Rondón, G. F. (1996). *Estudio Geológico con énfasis en Hidrogeología para el aprovechamiento de Aguas Subterráneas en los Corregimientos de Tribunales y La Bella Pereira- Risaralda*. Pereira: GEOEX - CARDER-Area Desarrollo Recurso Hídrico.
- Guillermo Storti, G. R. (2007). Base de datos. 3.
- IDEAM. (2013). *Aguas Subterráneas: una Visión General*. Bogotá : PUBLICACIONES IDEAM.
- INGEOMINAS - CRQ. (1994). *Exploración del Recurso Hídrico Subterráneo en el Municipio de La Tebaida, Departamento del Quindío*. Santafé de Bogotá, D.C.
- JIMÉNEZ, J. D., & OLARTE QUINTERO, J. (2004). *Caracterización Hidrogeológica Preliminar del Abanico Pereira - Armenia a Escala 1:200.000*. Manizales: Universidad de Caldas, Programa de Geología, Tesis de grado para optar al título de geólogos.
- Maidment D. R. - ESRI. (2002). *Arc Hydro: GIS for Water Resources*. ESRI Press ISBN: 9781589480346.
- MAIDMENT, D. ; y PIERCE, S. . (2005). *Groundwater GIS in Water Resources*. University of Texas at Austin: Center for Research in Water Resources.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. (1991). *Memoria explicativa Mapa geológico generalizado del departamento del Quindío*. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLÓGICO-MINERAS.
- Margat, J., & Gun, J. (2013). *Groundwater around the World - A Geographic Synopsis* . Leiden: CRC Press/Balkema.
- Marín Millán, G. C., & Quintana León, P. A. (2002). *Evaluación de Agua Subterránea como fuente alterna para el abastecimiento de agua en la zona de expansión urbana localizada en el Sector Occidental de la Ciudad de Pereira - Trabajo de Grado*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira - Escuela Administración del Medio Ambiente.
- Nelson Omar Vargas, A. K. (2013). *Aguas*. Bogota: Imprenta Nacional de Colombia.
- Orlando Riaño Melo, J. B. (2001). análisis geoestadístico para mejorar el aprovechamiento de aguas subterráneas. *Hipotesis / apuntes científicos UNIANDINOS*.

- O., M. (2006). *Técnicas geoestadísticas en hidrogeología, caso de estudio Bajo Cauca antioqueño*. Medellín: Especialización en Sistemas de Información Geográfica, Universidad San Buenaventura.
- Quiroz, M., Escobar, J., Martínez, D., Betancur, T., & Massone, H. (2007). Los Sistemas de información geográfica como herramienta de apoyo en los estudios hidrogeológicos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 25.
- Risaralda, C. a. (2007). *Plan de manejo integrado de agua subterráneas en Pereira*. Pereira.
- Rivera Quiceno, Z. (2004). *Peligro Potencial de Contaminación de Acuíferos en los Corregimientos de Cerritos, Caimalito y Puerto Caldas*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira - Escuela Administración del Medio Ambiente - Trabajo de Grado.
- Samper Pérez, Jorge Mauricio; Zuluaga Henao, Germán Leonardo;. (1995). *Estudio Geológico con énfasis en Hidrogeología al Noroeste del Municipio de Pereira - Risaralda*. Pereira: CARDER - Área de Manejo del Recurso Hídrico.
- Sierra, M. (2009). que es una base de datos y cuales son los principales tipos de base de datos.
- Strassberg G, M. D. (2007). *A Geographic Data Model for Representing Ground Water Systems*.
- Teresita Betancur Vargas - Universidad de Antioquia - CORANTIOQUIA. (2014). *Atlas Hidrogeológico de el Bajo Cauca Antioqueño*. Medellín.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de puntos de agua

Nombre del Punto	Coord_X	Coord_Y	Altitud
Ac. Cerritos (Sn Isidro)	1136900	1022855	1186.57
Aceves	1129800	1018500	905.92
Finca Alcazares	1138880	1023213	1156.49
Alejandría	1138816	1023102	1182.39
Finca La Alquería	1139017	1022904	1185.71
POZO ANAPOINA	1143720	984812	1215.11
Andalucía	1136710	1024540	1176.30
Bosques de Alcalá	1145413	1012597	1233.77
Brisas del Pacífico	1139400	992150	1201.56
Buenavista	1136500	992300	1148.55
Caimalito	1134071	1031736	892.37
Los Cábmulos	1137880	1025345	1155.21
Condominio Campiñas de Combia	1145031	1027181	1215.26
Cantarito	1144128	984418	1189.24
Carguecol	1139175	1023625	1138.68
Carmelitas	1135301	1034530	983.61
Cartones y Papeles P #1	1155992	1027480	1443.45
Cartones y Papeles P #2	1156078	1027298	1438.14
Urbanización Campestre Chorlavy	1143435	1023828	1225.11
Chiclosa	1144790	984121	1243.52
Hacienda Guadalupe - Cítricos	1140266	1021200	1158.30
Ciudad Milagro	1156383	993121	1468.37
Club Bavaria	1130580	1018500	937.90
CLUB CAMPESTRE-Tebaida	1145630	986525	1195.41
Club Campestre Pereira P #1	1135769	1023028	1171.52
Club Campestre Pereira P #2	1136113	1022390	1187.18
Club Campestre Internacional	1140926	1022834	1170.50
Coats Cadena S.A. (Barrio Kennedy)	1155000	1024120	1397.83
Col. Sn Marino Solano	1157692	990312	1451.47
Colegio De La Salle	1142304	1025388	1179.87
Finca Los Rosales	1135194	1025385	1120.16
Comfamiliar P #1	1140870	1022340	1159.95
Comfamiliar P #2	1140850	1022300	1161.45
Condominio El Gran Cañón	1135868	1022248	1177.39
Cond. La Cabaña	1154106	1019323	1532.82

Nombre del Punto	Coord_X	Coord_Y	Altitud
ACUASEO - Sabanitas	1145556	1021495	1216.37
Condominio la Granja	1153600	1018350	1586.84
Condominio Sierra Morena	1155214	1018507	1597.53
Correccional	1144480	984693	1205.53
Cristales I	1146860	981148	1166.29
Cristales II	1146850	981164	1167.80
Acueducto de Cerritos (Dos Jotas)	1136784	1023030	1181.80
C. pozos de egipto	1135900	1027800	1119.81
El Agrado	1143513	991158	1264.95
El Arco	1144280	983212	1195.70
El camino	1144600	1025000	1235.10
Condominio El Cofre	1144625	1027100	1203.87
Hacienda El Danubio	1138115	1021535	1162.36
Finca El Diamante	1137519	1024324	1152.35
El Eden	1146791	986810	1174.93
Hacienda El Hatico P #1	1136613.25	1025760.78	0.00
EL HORIZONTE	1145470	984048	1208.06
Rincón del Monte	1139812	1025880	1138.63
El Tigre - San Felipe	1141200	1019850	1152.75
Est. Bombeo Versailles	1158595	1002066	1762.08
Est. Villegas	1140520	1023200	1173.22
EXCO COLOMBIANA S.A.	1139681	1023741	1144.02
Condominio Cipango	1154360	1017473	1585.63
Finca El Plantío	1136969	1025362	1169.76
Finca La Alambra	1135847	1025309	1274.36
Finca la Paquita	1144675	993675	1269.29
Finca La Paz	1135843	1022407	1178.13
Finca Palo Verde	1135990	1022220	1174.96
Finca Provenza	1136894	1025499	0.00
San Martín	1135540	1025240	1167.39
Finca Tapias I	1135940	1022560	1168.63
Finca Villa Diana	1136040	1025340	1269.68
Finca Villa Gómez	1136133	1025368	1285.66
Finca Villa María	1136060	1025430	1339.18
Galicia Alta	1141913	1023995	1192.34
Gaviotas	1142424	980572	1167.11
Granja El Pílamó - CDTS	1142466	1030254	1112.48
Hda El Rancho	1137618	1024413	1155.76
Hda El Trapiche	1135770	1024825	1171.89
Hacienda Hato Viejo	1134821	1027333	1082.05
Hda J. C Velez	1141700	1024640	1190.46
Hacienda La Ponderosa	1141771	1021960	1162.78
Hacienda Taboga	1140150	1024600	1159.02

Nombre del Punto	Coord_X	Coord_Y	Altitud
Hacienda Brasilia - Alcántares	1140466	1025883	1158.93
Brooklyn	1141356	1024631	1197.89
Hacienda El Hatico P#2	1136114	1025763	1000.93
Hda. La Adriana	1140400	988352	1235.76
La Paz	1137775	1019100	1175.17
Hacienda Sotará P #1	1131240	1022180	960.93
Hacienda Sotará P #2	1131220	1022160	956.39
Ind. Printex	1143959	985611	1186.51
Indaco	1137646	1023809	1163.42
Indiviso Pindaná (Pindana II)	1132180	1031780	894.14
BUSSCAR	1138788	1023694	1157.29
ISA	1135933	1028288	1110.00
La Betulia	1140014	987974	1231.47
La Carmelita	1135300	1024540	1153.90
La Disculpa P #1	1135470	1027020	1119.24
La Disculpa P #2	1135450	1027010	1120.13
La Elvira	1147340	988623	1188.07
La Española	1136640	1022520	1194.57
La Gitana	1137278	1023154	1189.67
La Gloria	1141200	989700	1245.97
Finca La Guaca	1135551	1022126	1168.25
La Maria	1140407	987571	1242.21
La Marina (Tebaida 2)	1145870	982958	1176.60
Hacienda Provincia	1140412	1021775	1172.39
La Rosa P #1	1155450	1026470	1431.52
La Rosa P #2	1155440	1026535	1428.22
Finca Mi Tierrita P #1	1135760	1022106	1181.99
Finca Mi Tierrita P #2	1135766	1022162	1180.71
Las Aves - La Marina	1135740	1027650	1109.02
Hacienda Chapas	1131360	1019270	954.35
Finca Linares	1141290	1024425	1195.28
Llano verde	1140468	1016438	1147.20
Los Guayacanes	1136000	1026100	1157.07
Los Lagos	1135410	1027325	1113.71
Los Samanes P #1	1129980	1019015	931.36
Los Samanes P #2	1130380	1018750	913.08
Gaseosas Lux	1145924	1024025	1265.95
Gaseosas Lux	1146062	1023926	1271.88
Hostal Malabar	1140611	1024780	1169.96
Marruecos P #1	1136903	1025915	1175.90
Marruecos P #2	1137921	1026527	1131.79
Urbanización Milán	1155640	1025855	1433.95
Céfiro	1153950	1019050	1541.16
Nicole S.A.	1154210	1025950	1420.82

Nombre del Punto	Coord_X	Coord_Y	Altitud
El Oasis	1144825	1023876	1200.31
Omnes P #1	1156293	1026125	1451.45
Omnes P #2	1156238	1026448	1462.86
Panamco - Indega S.A P #1	1142649	1023681	1203.86
Panamco - Indega S.A. P #2	1142517	1023838	1201.00
Panamco - Indega S.A. P #3	1142550	1023835	1201.00
Papeles Nacionales P#1	1130069	1018187	906.58
Papeles Nacionales II	1130000	1018180	907.32
Papeles Nacionales III	1130230	1018230	912.08
Papeles Nacionales P#4	1130305	1017988	907.48
Papeles Nacionales V	1130500	1017900	904.55
Parque Recreacional	1150710	989476	1299.54
Plaza de Ferias	1137917	1023358	1168.61
Porcícola Alabama P #1	1146195	1024896	1267.00
Porcícola Alabama P #2	1146187	1024893	1266.81
Postobón P #2	1154960	1026125	1424.64
Postobón P #2A	1155290	1026200	1427.97
Postobón P #3	1155195	1026185	1425.74
Postobon I	1155080	1025945	1424.59
Providencia	1143375	1020500	1167.31
Acueducto Puerto Caldas	1130720	1018180	909.33
Condominio Quintas de la Rioja	1145500	1021900	1233.26
Colegio Sagrados Corazones	1156290	1016979	1675.01
Santa Barbara	1140520	1023200	1173.22
Santa Inés	1138119	1022597	1167.66
Hacienda Santana	1130560	1027613	928.97
Santa Marta I Finca	1145125	1023250	1209.12
Santa Marta II Casa	1144975	1023150	1217.60
Suzuki Motor	1139298	1023733	1150.85
Urbanización Tacurumbí	1139130	1024125	1159.53
Transformadores ABB	1154460	1025246	1431.82
Trapiche Egipto II	1140858	987806	1240.03
Gavilanes - Trapiche	1138500	1018800	1171.28
Umbría	1142969	989971	1260.37
Urbanización La Martha	1141131	1026348	1134.21
Veracruz	1141100	1026500	1123.44
Finca Villa Almecca	1135690	1025310	1179.94
Villa Alexandra	1154997	1026243	1421.27
Villa Campestre	1136390	1022476	1186.15
Villa Concha	1137700	1022952	1177.89
Villa Juliana	1141575	1024415	1200.71
Finca Villa Natalia	1135538	1022364	1158.64
Villa Patricia - Normarh P #1	1136834	1025371	1166.77
Villa Patricia - Normarh P #3	1135181	1026479	1108.32

Nombre del Punto	Coord_X	Coord_Y	Altitud
Finca Villa Paula	1159359	1017591	1816.25
Condominio Villas de Toledo	1147222	1021013	1263.67
Vivero Jaibaná	1137482	1025551	1170.70
Yacanto (Cafelia)	1137718	1024450	1149.84
Alen+Pro	1129960	1018468	905.01
Hacienda El Cofre	1141282	1022591	1158.22
Hacienda Maracay - El Palomar	1136915	1024281	1166.90
Hacienda Sausalito	1136135	1028814	1105.46
Hacienda Los Cerros	1140062	1024552	1159.67
Hacienda Jaibaná	1130696	1031312	900.88
Hacienda La Carmelita	1134027	1024630	1092.54
Finca La Paz (Cafelia)	1138638	1024534	1147.08
Los Carboneros	1137805	1025193	1143.65
Trapiche Egipto P #1	1137032	1026476	1159.71
Finca Los Abuelos	1139653	1023456	1183.52
Hacienda La Lorena	1137898	1023357	1166.79
Condomino El Camino	1144469	1025017	1233.59
Condominio La Granja	1155057	1016315	1637.96
Finca El 13	1151325	1020577	1420.84
Bavaria	1154502	1024326	1390.50
La Paz	1137775	1019100	1175.17
Finca Veracruz	1138040	1022820	1165.09
Trapiche Egipto P #2	1137100	1026430	1165.66
Finca Tapias P #2	1135910	1022580	1167.08
Reserva Loft Resort	1136095	1022295	1177.36
Condominio Jamaica	1153347	1020250	1488.00
Vallarta	1153966	1017526	1556.43
La Tarde	1153054	1020826	1452.96
Buenos Aires	1152800	1021270	1461.44
Piezometro Cerritos	1136751	1023076	1185.30
Piezometro Jamaica	1153280	1020270	1482.55
Valher	1155853	1026739	1437.41
Papeles Regionales	1154961	1024850	1444.26
Hacienda Andalucía	1135122	1026239	1098.16
	1140516	1023220	1171.87
Hacienda Hungría	1137823	1028034	1089.42
Hacienda El Trapiche	1135774	1024866	1178.26
Finca La María	1137293	1024122	1157.24
Finca Monticello	1141125	1026351	1133.97
Urbanización Arco Iris	1151509	1015849	1554.31
Finca Tapias P #1	1135895	1022394	1181.93
	1141784	1024629	1191.55
Conjunto Cerrado Las Cabañas	1155848	1017928	1617.56

Nombre del Punto	Coord_X	Coord_Y	Altitud
	1137624	1024412	1155.08
	1135524	1022135	1170.30
	1122770	1024554	936.55
	1154353	1025083	1440.57
	1155477	1027058	1421.36
	1155078	1024814	1442.31
	1156311	1026485	1468.44
	1155045	1026079	1419.00
	1155553	1027335	1433.95
	1138184	1023165	1167.88
	1136391	1022480	1185.95
	1129941	1018468	904.38
	1130752	1028236	893.40
	1130727	1018719	927.71
	1136760	1023029	1181.04
	1140495	1026177	1133.46
	1154332	1017208	1575.88
	1152987	1020754	1469.98
	1139014	1022915	1184.74
	1136460	1021978	1188.86
	1137482	1025551	1170.73
ANDALUCIA	1145650	983530	1189.87
ATLANTIDA	1142170	983670	1193.07
AVICOLA EL BROCHE	1149300	986690	1237.68
BALALAIKA	1144530	985890	1196.27
BESORABIA	1147700	988690	1204.73
BONANSA	1144180	985790	1190.34
CASIZALES	1144380	981200	1174.92
CEDRITOS	1148490	987930	1225.84
CERRITO	1144580	981340	1174.04
CRISTALITO	1147530	984820	1203.47
EL BRASIL	1144040	985840	1192.70
EL BRASIL	1143830	985030	1194.86
EL CARMELO	1150780	989340	1334.36
EL CINCO	1141140	982180	1190.55
EL CONTENTO	1144000	984170	1194.44
EL EDEN	1146140	985950	1182.64
EL ENCANTO	1143520	982720	1179.05
EL LUJAN	1142700	979900	1150.58
EL OCASO	1142340	982770	1185.89
EL PARANA	1142760	980700	1167.88
EL PORVENIR	1141400	981470	1166.20
EL PORVENIR	1144940	983090	1202.06
EL PORVENIR	1143140	981890	1175.67
EL QUIROGA	1142080	980610	1172.98

Nombre del Punto	Coord_X	Coord_Y	Altitud
EL RANCHO	1151090	985620	1298.28
EL RECUERDO	1141360	983770	1187.15
EL SALTO	1143260	980480	1144.09
EL SEIS	1140560	981580	1155.74
EL SINAI	1144870	986030	1201.14
EL TESORITO	1147350	984560	1192.40
EL TREBOL	1144700	981260	1171.20
EL TRIUNFO	1144760	982960	1198.18
EL ZAFIRO	1144370	981010	1169.73
HOLANDA	1149500	987960	1258.25
LA ALSACIA	1148280	986500	1305.20
LA ANDALUCIA	1145330	984900	1200.11
LA ARGENTINA	1143250	981330	1181.87
LA ARGENTINA	1141260	980390	1155.00
LA ATLANTIDA	1142000	984040	1174.15
LA BETANIA	1141820	981790	1190.25
LA BETULIA	1146100	987840	1175.32
LA CASCADA	1140720	981480	1141.30
LA CECILIA	1145370	984540	1220.12
LA CRISTALINA	1149700	988420	1263.65
LA CUBA	1141110	981420	1160.06
LA DIANITA	1149700	987580	1260.25
LA ELENA	1147800	986750	1262.78
LA ELVIRA	1147340	988623	1188.07
LA ENEDA	1148510	988560	1224.70
LA ESMERALDA	1147260	983960	1184.74
LA ESMERALDA	1147280	983190	1187.27
LA ESMERALDA	1142440	982900	1188.99
LA ESMERALDA	1150530	989050	1278.98
LA ESMERALDA	1151120	986020	1292.87
LA ESMERALDITA	1149520	988340	1262.63
LA ESPERANZA	1147880	988040	1227.02
LA ESPERANZA	1147960	987240	1218.00
LA GABRIELA	1145250	983560	1222.51
LA GABRIELA	1144090	982960	1186.09
LA GITANA	1149580	988700	1247.03
LA GONDOLA	1144340	982510	1198.48
LA IRLANDA	1144340	985910	1196.54
LA IRLANDA	1146820	983820	1173.97
LA ISABELLA	1151280	987200	1305.36
LA MARSELLESA	1146700	987970	1138.28
LA MESA	1148900	987560	1247.10
LA MESA	1148290	986840	1245.05
LA PAMPA	1142660	981840	1197.01
LA PLATA	1144450	982700	1195.86

Nombre del Punto	Coord_X	Coord_Y	Altitud
LA PONDEROSA	1147890	982630	1189.72
LA PRIMAVERA	1145100	981640	1202.29
LA PUERTA	1145560	980350	1154.57
LA RIVERA	1142980	979190	1108.31
LA ROMELIA	1147120	984180	1190.23
LA UNION	1149910	989150	1279.34
LAS PALMAS	1145640	982560	1182.28
LAS PALMAS	1149190	986320	1239.44
LAS VEGAS	1146360	986120	1166.53
LOS ALAMOS	1146500	986250	1175.62
LOS CAMBULOS	1144500	981320	1181.48
LOS CIPRECES	1145920	985470	1199.02
LOS DISANOS	1144750	981420	1185.61
MARSELLESA	1146890	988040	1179.77
MAURITANIA	1143850	981760	1182.21
MONTEBELLO	1139910	982640	1120.24
MONTEBELLO	1140770	982490	1136.14
PARQUE RECREACION	1147363	987198	1200.33
PATIO BONITO	1144120	980710	1160.60
PITALITO	1144400	985260	1221.48
PORTUGALITO	1144300	979520	1128.56
PRAGA	1145720	984170	1212.77
QUINTAS SAN SEBASTIAN	1144170	985280	1203.17
QUINTAS SAN SEBASTIAN	1144010	985160	1189.93
RISARALDA	1148580	982400	1232.16
RIVARABIA	1139240	981700	1084.87
SAMANES	1145880	984840	1060.96
SAN ANTONIO	1144840	984240	1252.29
SAN ANTONIO	1148640	983360	1033.36
SAN CAYETANO	1149220	984300	1248.33
SAN FERNANDO	1143220	983730	1194.77
SAN JORGE	1145580	986970	1192.18
SAN SEBASTIAN	1144340	985200	1206.09
SANTA LUCIA	1146730	981430	1167.75
SANTA MARIA	1142310	983040	1187.39
SIERRA LEONA	1147740	983590	1207.96
TEQUENDAMA	1141100	983390	1161.22
TEQUENDAMA	1141100	983390	1161.22
VILLA CRISTINA	1145970	986470	1191.63
VILLA DE MAYORCA	1145360	981860	1165.60
VILLA DIANE	1148760	987220	1239.22
VILLA GLORIA	1152340	988560	1347.27
VILLA ROA	1147260	986820	1191.00
VILLA SONIA	1145730	982145	1157.84
ZAFIRO ALTO	1144490	981220	1172.43

Nombre del Punto	Coord_X	Coord_Y	Altitud
Hacienda Dos Jotas - San Isidro	1135557	1022720	1162.96
Finca Tapias II	1135910	1022580	1167.08
Hacienda Pindaná	1132007	1031696	898.60

Anexo 2. Sentencias SQL Utilizadas para la construcción de la base de datos y solución de problemas al migrar la información.

```
select * from establecimiento  
limit 10
```

```
select * from encuesta.tbl_log_registro_encuesta
```

```
select * from establecimiento  
where codigo_estado = 1  
limit 10
```

```
update establecimiento set codigo_estado = 1
```

```
delete from encuesta.tbl_log_registro_encuesta
```

```
INSERT INTO "encuesta"."tbl_respuestas_25042016"  
SELECT * FROM "encuesta"."tbl_respuestas";
```

```
delete FROM "encuesta"."tbl_respuestas";
```

```
insert into departamento  
(cod_departamento,nombre_departamento,the_geom)  
select cod_depart,departamen,the_geom from dpt_colombia_proy
```

```
insert into municipios  
(cod_municipio,nombre_municipio,fk_cod_departamento,the_geom)  
select cod_mun,nombre,cod_dep,the_geom from g_municipios  
where cod_dep = '66' or cod_dep = '63'
```

```
delete from departamento cascade
```

```
delete from municipios
```

```
insert into veredas  
(cod_vereda,nombre_vereda,fk_cod_municipio,the_geom)  
select codigo,nombre,'66001',the_geom from m66001_vereda
```

```
select codigo, count(codigo) from m66001_vereda  
group by codigo
```

```
insert into predio (cod_predio,fk_cod_vereda,the_geom)  
select codigo,vereda_id,the_geom from m66001_terreno_predio_rural
```



```
delete from m66001_terreno_predio_rural where codigo in (  
select codigo from m66001_terreno_predio_rural  
group by codigo having count(codigo) > 1)
```

```
delete from m66001_terreno_predio_rural where codigo in (  
select codigo from m66001_terreno_predio_rural where vereda_id  
not in (  
select cod_vereda from veredas))
```

```
insert into puntos_agua (cod_punto,the_geom)  
select cod_punto,the_geom from tbl_puntos_agua_simp1
```

```
insert into sev (cod_sev,the_geom)  
select cod_sev,the_geom from tbl_puntos_sev_simp
```

```
update puntos_agua_excel set fk_uso_2rio = 'uso-00'  
where fk_uso_2rio = '' or fk_uso_2rio is null
```

```
update puntos_agua_excel set fk_cod_cliente = 'c1000'  
where fk_cod_cliente = '' or fk_cod_cliente is null
```

```
update puntos_agua_excel set fk_cod_predio = '000000000000000000'  
where fk_cod_predio = '' or fk_cod_predio is null
```