

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS				  	
CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA
						1 de 1

Neiva, 12 de Julio de 2018

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

La suscrita:

Bernarda Martínez de Gamboa, con C.C. No.36.160.791, autora de la tesis y/o trabajo de grado o

Titulado “Caracterización Hidrogeológica y Evaluación de la Calidad y Aptitud del Recurso Hídrico Subterráneo del Pozo Usco-1 de la Universidad Surcolombiana” presentado y aprobado en el año 2018 como requisito para optar al título de Magister en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos:

Autorizo al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

LA AUTORA:


 BERNARDA MARTINEZ DE GAMBOA

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 4

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Caracterización hidrogeológica y evaluación de la calidad y aptitud del recurso hídrico subterráneo del pozo usco-1 de la Universidad Surcolombiana

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Martínez de Gamboa	Bernarda

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Vargas Cuervo	Roberto

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Vargas Cuervo	Roberto

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Magister

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Maestría en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos

CIUDAD: Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2018 **NÚMERO DE PÁGINAS:**

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas__X__ Fotografías__X__ Grabaciones en discos__ Ilustraciones en general__X__ Grabados__
Láminas__ Litografías__ Mapas__X__ Música impresa__ Planos__X__ Retratos__X__ Sin ilustraciones__
Tablas o Cuadros__X__

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA						
	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 4

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: NA

MATERIAL ANEXO: NA

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria): NO

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Agua subterránea,	Groundwater,
2. Calidad del agua,	Water quality,
3. Aptitud del agua,	Water suitability,
4. Ciclo hidrológico,	Hidrological cycle
5. Análisis fisicoquímico,	Chemical physical analysis,
6. Estratigrafía.	Geological and stratigraphic description.

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Después de 50 años de ser inaugurada la sede central de la Universidad Surcolombiana, no se cuenta con la cartografía topográfica ni geológica necesaria para la toma de decisiones respecto a su entorno físico, es por esto que uno de los grandes aportes de este trabajo es el entregarle a la Universidad Surcolombiana, el mapa geológico del Campus Universitario y toda la descripción geológica y estratigráfica del Pozo USCO-1, así como también el completamiento y características técnicas del estado inicial y los ajustes realizados recientemente en el Pozo.

Con el propósito de minimizar el consumo de agua potable en la Universidad Surcolombiana Sede Central, debido a que actualmente este preciado líquido es utilizado en las diferentes actividades académico – administrativas de aseo general, riego de jardines, mantenimiento de zonas verdes, y uso en baterías sanitarias para toda la comunidad universitaria de la sede central (más de 8.000 estudiantes); considerando la existencia de reservas acuíferas, se realizó el estudio de la calidad y aptitud del agua del Pozo USCO-1 ubicado en el Campus de la Universidad Surcolombiana. Teniendo en cuenta los análisis fisicoquímicos realizados del 2006 al 2014, y según Decreto 1594 de 1984 (artículo 38 hasta 43), Decreto 475 de 1998, el cual fue modificado por el Decreto 1575 de 2007 y sus resoluciones reglamentarias 2115 de 2007, 0811 de 2008, determinando que el agua del Pozo USCO-1, y la fuente, son aceptables y seguras para la

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 4

utilización en usos domésticos, agrícolas, pecuarios y recreativos; se podrá usar para consumo humano al realizarle un sencillo procedimiento de desinfección y estabilización. Según la Organización Mundial de la Salud, Riverside (Richards, 1954) y FAO (Ayers y Westcott, 1985), es agua segura y potable de acuerdo con sus estándares de clasificación, lo cual permite definir las limitaciones que el uso del agua pueda tener, demostrando el poco riesgo que hay de salinización y toxicidad por sodio de la fuente, el acuífero y el suelo; en un futuro, si esta presenta contaminación, será debido a actividades antropogénicas mas no, del ecosistema.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The headquarters of Surcolombiana University has 50 years of existence. However, it still doesn't have a topographic or geological cartography needed to make decisions regarding its physical environment. That is why one of the great contributions of this study is to provide the Institution with a geological map of the University Campus and all the geological and stratigraphic description of the USCO-1 well, as well as the completion and technical characteristics of the initial state and the adjustments recently made in the Well. This was done aiming at minimizing the consumption of drinking water at Universidad Surcolombiana Headquarters, since currently this precious resource is used in the different academic - administrative activities like cleaning, watering of gardens, green areas and in rest rooms for all the members of the university community (approximately 7,000 people). Taking into consideration the existence of aquifer reserves, the study on water quality and suitability in USCO-1 well, located in the Campus was carried out.

Taking into account the physical chemical analyzes carried out from 2006 to 2014, and according to Decree 1594 of 1984 (article 38 to 43), Decree 475 of 1998, which was modified by Decree 1575 of 2007 and its regulatory resolutions 2115 of 2007, 0811 of 2008, establishing that the water in the USCO-1 well, and the source are acceptable and safe for domestic, agricultural, livestock and recreational consumption; it can be used for human consumption by carrying out a simple disinfection and stabilization.

procedure. According to the World Health Organization, Riverside (Richards, 1954) and FAO (Ayers and Westcott, 1985), it is safe and drinkable water according to its classification standards, which allow to define the limitations the water use may have, showing the low risk of salinization and sodium toxicity of the source, aquifer and soil. In the future, if this water is contaminated, it will be due to anthropogenic activities but not the ecosystem.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	4 de 4

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Jurado: ARMANDO TORRENTE TRUJILLO

Firma: 

Nombre Jurado: JENNIFER KATIUSCA CASTRO CAMACHO

Firma: Jennifer Katiusca Castro Camacho

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

CARACTERIZACION HIDROGEOLOGICA Y EVALUACION DE LA CALIDAD Y APTITUD DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO DEL POZO USCO-1 DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

BERNARDA MARTINEZ DE GAMBOA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Magister
en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y
GESTIÓN DE ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS
NEIVA – HUILA
2018**

CARACTERIZACION HIDROGEOLOGICA Y EVALUACION DE LA CALIDAD Y APTITUD DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO DEL POZO USCO-1 DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA



BERNARDA MARTINEZ DE GAMBOA

Director de Tesis:
ROBERTO VARGAS CUERVO
Msc. Geólogo MP 383 C.P.G.



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y
GESTIÓN DE ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS
NEIVA - HUILA
2018**

Nota de aceptación:

MSc. ROBERTO VARGAS CUERVO
Director del proyecto

PhD. ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Jurado

MSc. JHENIFER KATIUSCA CASTRO CAMACHO
Jurado

DEDICATORIA

Bernarda Martínez de Gamboa, dedico este trabajo a:

Mi Familia parte Motivacional para mi permanente superación.

Al Grupo de Maestros que aportaron todos sus conocimientos, acompañamiento y asesorías de manera didáctica y magistral.

A Mi compañero de Maestría DAVID AUGUSTO PLATA RAMIREZ (Q. E. P.D.), por su gran apoyo especialmente en las Prácticas de Campo.

A Nuestro Señor, por darme salud y energías para trabajar y estudiar.

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos a:

Después de mi familia, mis hijos y mis nietos mi más grande motivación, son muchas las personas especiales a quienes me gustaría agradecer su apoyo y compañía en las diferentes etapas de mi vida académica.

A mi director de Trabajo de Grado, Profesor MSc. ROBERTO VARGAS CUERVO, por su permanente e incondicional direccionamiento y su interés especial porque le dejemos a la Universidad Surcolombiana, los análisis claros, y la correspondiente cartografía que levantamos con su asesoría y apoyo.

Al Doctor ARMANDO TORRENTE TRUJILLO, por su generosidad al brindarme también su asesoría y aplicar su vasta experiencia académica y su tiempo precioso en la revisión y corrección de este proyecto. Mis agradecimientos especiales a la MSc. JHENIFER KATIUSCA CASTRO CAMACHO, docente de la Facultad de Ingeniería por aceptar ser jurado de mi trabajo.

A todos los docentes de la Maestría en ECOLOGÍA Y GESTIÓN DE ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS, quienes nos transmitieron lo mejor de sus conocimientos, en especial al doctor ALFREDO OLAYA AMAYA, por su destacado liderazgo e incondicional preocupación por cumplir los objetivos propuestos en esta Maestría.

A mi Dios..., por ser tan especial conmigo.

CONTENIDO GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	16
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVO GENERAL	18
2.1.1	Objetivos Específicos.	18
3	JUSTIFICACION	19
4	MARCO REFERENCIAL	21
4.1	LAS AGUAS SUBTERRANEAS	21
4.1.1	Tipos de Acuíferos.	22
4.2	GEOLOGIA GENERAL Y SU RELACCION CON LAS AGUAS SUBTERRANEAS	24
4.2.1	Estratigrafía.	25
✓	Estudio de Evaluación de la Vulnerabilidad a la Contaminación De Los Acuíferos Que Subyacen a La Ciudad de Neiva y su área de Influencia Para La Posterior Implementación del Estudio de Modelación Hidrogeológica del Área.	36
✓	Estudio Hidrogeológico del valle de Laboyos Pitalito- Huila.	37
4.2.2	Hidrogeología de Neiva.	39
4.2.3	Llanura actual del Río Magdalena.	47
4.2.4	Depósitos Antrópicos.	48
5	EXPLORACION GEOLOGICA, GEOFISICA, Y PERFORACION	50
5.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	50
5.2	GEOLOGIA DEL CAMPUS UNIVERSITARIO	51
5.2.1	Formación Gigante Medio (Tgi).	51
5.2.2	Terraza Muy Baja del Rio Magdalena (Qt4m).	53
5.2.3	Terraza Baja del Rio Magdalena (Qt3m).	53

5.2.4	Terraza Media del Rio Magdalena (Qt2m).	53
5.2.5	Terraza Alta del Rio Magdalena (Qt1m).	54
5.2.6	Depósitos Antrópicos.	54
5.3	DESCRIPCIÓN DE LA TRINCHERA USCO – 2	54
5.4	SONDEOS GEOELECTRICOS	56
5.4.1	Localización de los sondeos.	57
5.4.2	Equipos.	58
5.4.3	Procedimiento.	59
5.4.4	Resultados.	60
5.4.5	Interpretación de los resultados.	60
6	DESCRIPCIÓN DEL POZO USCO-1.....	63
6.1	ESTRATIGRAFIA	63
6.2	CARACTERISTICAS GENERALES DEL POZO USCO-1.....	68
6.2.1	Completamiento del Pozo USCO-1.....	68
6.2.2	Tubería de producción.	70
6.2.3	Mantenimiento general del Pozo USCO 1 año 2016.....	71
6.3	COSTOS DE LA PERFORACION AÑO 2006	74
7	ANÁLISIS CALIDAD DEL AGUA POZO USCO-1	75
7.1	RESULTADOS Y ANÁLISIS	75
7.2	ESTUDIOS DEL POZO USCO-1.....	75
7.2.1	Identificación Hidrogeológica del Pozo USCO-1.	75
7.3	ANÁLISIS FISICOQUÍMICO POZO USCO-1	76
7.3.1	Resultados de los Análisis Fisicoquímicos entregados por los Laboratorios.	76
7.3.2	Resultados de los Parámetros para Análisis de Calidad.....	77

7.4	CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SEGÚN LA NORMA RIVERSIDE	84
7.5	AFORO DEL POZO USCO-1 2017	85
7.6	ADECUACIONES Y TRAMITE DE SOLICITUD DE CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS CAM POZO USCO PLANTA CENTRAL	87
8	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	89
9	CONCLUSIONES.....	91
10	RECOMENDACIONES	94
	BIBLIOGRAFIA.....	94
	ANEXOS.....	101

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Número de estudiantes de la Universidad Surcolombiana usuarios de las Baterías Sanitarias en la Sede Central	20
Tabla 2. Terrazas del Río Magdalena.....	46
Tabla 3. Localización de los Sondeos Geoeléctricos	57
Tabla 4. Resultado Sondeo Geoeléctrico SEV-1	61
Tabla 5. Interpretación Sondeo Geoeléctrico SEV-2	61
Tabla 6. Descripción de los gastos de la perforación.....	72
Tabla 7. Análisis Físicoquímico años 2006 hasta 2016	76
Tabla 8. Parámetros de referencia de la RST.....	79
Tabla 9. Comparación de la dureza en los diferentes años	80
Tabla 10. Concentración de Cloruros	81
Tabla 11. Valores de Cationes y Aniones	83
Tabla 12. Clasificación según la Norma Riverside.....	84
Tabla 13. Datos de los afloros	86
Tabla 14. Ítem necesarios y costos para el trámite de la concesión de explotación del pozo USCO-1.....	87
Tabla 15. Clasificación general de las unidades hidrogeológicas en el área de estudio	89
Tabla 16. Costos del servicio de acueducto sede central Año 2011.....	112
Tabla 17. Costos del servicio de acueducto sede central Año 2012.....	113
Tabla 18. Costos del Servicio de Acueducto Edificio de Economía 2015 - 2017.....	113
Tabla 19. Costos del Servicio de Acueducto Sede Central 2015 - 2017.....	114
Tabla 20. Generalidades del sistema de riego.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 21. Costos de operación año 2014	¡Error! Marcador no definido.

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de elevación digital del área central de la subcuenca de Neiva donde se observa la morfología y relleno aluvial donde se concentran gran número de acuíferos	24
Figura 2. Columna estratigráfica generalizada de la subcuenca de Neiva-Valle Superior del Magdalena Vargas et al, 2005	32
Figura 3. Mapa geológico de la ciudad de Neiva Universidad Nacional de Colombia, 2005. Modificado Vargas- Gamboa, 2017	42
Figura 4. Ubicación del pozo de agua USCO-1	50
Figura 5. Mapa geológico de la Universidad Surcolombiana modificado Vargas-Martínez, 2017	52
Figura 6. Ubicación y orientación de los Sondeos geoeléctricos verticales (SEV)	58
Figura 7. Segmentos 1, 2 y 3	65
Figura 8. Segmentos 4 y 5	66
Figura 9. Segmentos 6, 7 Y 8	67
Figura 10. Estructura del completamiento del pozo USCO-1 Vargas-Martínez, 2017	70
Figura 11. Estructura del fondo del pozo USCO-1 Vargas-Martínez, 2017	71

LISTADO DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Formación Gigante medio (Tgi) en el Campus Universitario	52
Fotografía 2. Trinchera USCO-2 con los diferentes niveles estratigráficos.....	56
Fotografía 3. Equipo utilizado para sondeos geoelectricos, ing. C.A. Rubio.....	59
Fotografía 4. Inicio del Trabajo de Perforación del Pozo Usco-1	63
Fotografía 5. Tubería utilizada en la perforación del Pozo.....	69
Fotografía 6. Aforos año 2017 tiempo 1.....	86
Fotografía 7. Tiempo 3.....	86
Fotografía 8.Tubería para el pozo USCO-1	115
Fotografía 9. Equipo de Perforación	115
Fotografía 10. Inicios de la Perforación	115
Fotografía 11. Riego Jardines y zonas verdes con agua potable, Sede Central .	116
Fotografía 12. (Continuación) Riego Jardines y zonas verdes con agua potable	116
Fotografía 13. (Continuación) Riego Jardines y zonas verdes con agua potable	117
Fotografía 14. (Continuación) Riego Jardines y zonas verdes con agua potable	117
Fotografía 15. (Continuación) Práctica, visita al Municipio de Colombia - Huila: reconocimiento e identificación de Ecosistemas estratégicos	118
Fotografía 16. (Continuación) Práctica, visita al Municipio de Colombia- Huila. (Planeando el desarrollo del trabajo resultado de la visita).....	118
Fotografía 17. (Continuación) Práctica, visita al Municipio de Colombia - Huila. Ecosistemas y culturas de zonas áridas y semiáridas (Bosques Espinosos)	119
Fotografía 18. (Continuación) Práctica, visita al Municipio de Colombia - Huila. Reconocimiento, características panorámicas del área de la ciudad capital – sistemas dinámicos, naturales y culturales	119
Fotografía 19. (Continuación) Practica visita al Municipio de Colombia Huila	120

Fotografía 20. Práctica, Visita Parque Nacional Cueva de los Guacharos	120
Fotografía 21. (Continuación) Práctica: Visita Parque Nacional Cueva de los Guacharos	121
Fotografía 22. (Continuación) Práctica: Visita Cueva de los Guacharos – Majestuosa entrada	122
Fotografía 23. Práctica Geología, Manejo de GPS y observación de erosiones .	123
Fotografía 24. (Continuación), Práctica Geología – Mina de Mármol, Observación y análisis de conformación de rocas, Santa María - Huila	123
Fotografía 25. Práctica Inventario de Macroinvertebrados Acuáticos Hemimetábolos, Limnología y recursos Hidrobiológicos en la Quebrada La Viciosa, y observación de Sistemas Dinámicos Naturales – Guadalupe (Huila)	124
Fotografía 26. (Continuación) Práctica: Inventario de Macroinvertebrados Acuáticos Hemimetábolos en la quebrada La Viciosa, y observación de los Sistemas dinámicos Naturales, Guadalupe Huila)	124
Fotografía 27. (Continuación) Práctica: Inventario de Macroinvertebrados Acuáticos Hemimetábolos en la Laguna Guapoton, y observación de Sistemas Dinámicos Naturales – Guadalupe (Huila)	125
Fotografía 28. (continuación) Práctica Inventario de Macroinvertebrados Acuáticos Hemimetábolos en la Laguna de Guapoton, y observación de Sistemas Dinámicos Naturales – Guadalupe (Huila)	125
Fotografía 29. Práctica: Visita Sede de la Reserva Forestal Protectora Tarpeya	126
Fotografía 30. (Continuación)	126
Fotografía 31. (Continuación)	126
Fotografía 32. (Continuación)	126
Fotografía 33. Práctica: Visita al Laboratorio de Genética – Observación de Procedimiento ADN	127
Fotografía 34. Válvula Pozo USCO-1	¡Error! Marcador no definido.
Fotografía 35. (continuación) Válvula Pozo USCO-1	¡Error! Marcador no definido.
Fotografía 36. Sistema de riego con agua del pozo USCO-1 en cancha de futbol	¡Error! Marcador no definido.

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A. Estudio y obras de captación de aguas subterráneas	102
Anexo B. Informe final de Interventoría al Pozo Agua USCO-1	104
Anexo C. Análisis Fisicoquímico año 2006	107
Anexo D. Análisis Fisicoquímico año 2009	108
Anexo E. Análisis Fisicoquímico año 2014	109
Anexo F. Análisis de Sodio	110
Anexo G. Análisis de Potasio	111
Anexo H. Temperatura mensual en el municipio de Neiva	112

RESUMEN

Después de 50 años de ser inaugurada la sede central de la Universidad Surcolombiana, no se cuenta con la cartografía topográfica ni geológica necesaria para la toma de decisiones respecto a su entorno físico, es por esto que uno de los grandes aportes de este trabajo es el entregarle a la Universidad Surcolombiana, el mapa geológico del Campus Universitario y toda la descripción geológica y estratigráfica del Pozo USCO-1, así como también el completamiento y características técnicas del estado inicial y los ajustes realizados recientemente en el Pozo.

Con el propósito de minimizar el consumo de agua potable en la Universidad Surcolombiana Sede Central, debido a que actualmente este preciado líquido es utilizado en las diferentes actividades académico – administrativas de aseo general, riego de jardines, mantenimiento de zonas verdes, y uso en baterías sanitarias para toda la comunidad universitaria de la sede central (más de 8.000 estudiantes); considerando la existencia de reservas acuíferas, se realizó el estudio de la calidad y aptitud del agua del Pozo USCO-1 ubicado en el Campus de la Universidad Surcolombiana. Teniendo en cuenta los análisis fisicoquímicos realizados del 2006 al 2014, y según Decreto 1594 de 1984 (artículo 38 hasta 43), Decreto 475 de 1998, el cual fue modificado por el Decreto 1575 de 2007 y sus resoluciones reglamentarias 2115 de 2007, 0811 de 2008, determinando que el agua del Pozo USCO-1, y la fuente, son aceptables y seguras para la utilización en usos domésticos, agrícolas, pecuarios y recreativos; se podrá usar para consumo humano al realizarle un sencillo procedimiento de desinfección y estabilización. Según la Organización Mundial de la Salud, Riverside (Richards, 1954) y FAO (Ayers y Westcott, 1985), es agua segura y potable de acuerdo con sus estándares de clasificación, lo cual permite definir las limitaciones que el uso del agua pueda tener, demostrando el poco riesgo que hay de salinización y toxicidad por sodio de la fuente, el acuífero y el suelo; en un futuro, si esta presenta contaminación, será debido a actividades antropogénicas mas no, del ecosistema.

Palabras claves: agua subterránea, calidad del agua, aptitud del agua, ciclo hidrológico, análisis fisicoquímico, y estratigrafía.

ABSTRACT

The headquarters of Surcolombiana University has 50 years of existence. However, it still doesn't have a topographic or geological cartography needed to make decisions regarding its physical environment. That is why one of the great contributions of this study is to provide the Institution with a geological map of the University Campus and all the geological and stratigraphic description of the USCO-1 well, as well as the completion and technical characteristics of the initial state and the adjustments recently made in the Well. This was done aiming at minimizing the consumption of drinking water at Universidad Surcolombiana Headquarters, since currently this precious resource is used in the different academic - administrative activities like cleaning, watering of gardens, green areas and in rest rooms for all the members of the university community (approximately 7,000 people). Taking into consideration the existence of aquifer reserves, the study on water quality and suitability in USCO-1 well, located in the Campus was carried out.

Taking into account the physical chemical analyzes carried out from 2006 to 2014, and according to Decree 1594 of 1984 (article 38 to 43), Decree 475 of 1998, which was modified by Decree 1575 of 2007 and its regulatory resolutions 2115 of 2007, 0811 of 2008, establishing that the water in the USCO-1 well, and the source are acceptable and safe for domestic, agricultural, livestock and recreational consumption; it can be used for human consumption by carrying out a simple disinfection and stabilization.

procedure. According to the World Health Organization, Riverside (Richards, 1954) and FAO (Ayers and Westcott, 1985), it is safe and drinkable water according to its classification standards, which allow to define the limitations the water use may have, showing the low risk of salinization and sodium toxicity of the source, aquifer and soil. In the future, if this water is contaminated, it will be due to anthropogenic activities but not the ecosystem.

Keywords: groundwater, water quality, water suitability, chemical physical analysis, geological and stratigraphic description.

1 INTRODUCCIÓN

La mayoría de los científicos e investigadores afirman que la Tierra es un planeta acuático, por cuanto el 71% de su superficie se encuentra cubierta por agua, esencial para toda forma de vida. Sin embargo, solamente una pequeña cantidad de esta se encuentra disponible para el consumo humano y distribuida de manera muy poco uniforme en las distintas latitudes del planeta.

El 97% del volumen de agua en la Tierra se halla en los mares y los océanos, pero esta, no es apta para el consumo humano. El 3% restante se compone de agua dulce, del cual el 2,997% resulta de muy difícil acceso para el consumo, debido a que se sitúa en los casquetes polares y en los glaciares. Esto significa que tan solo el 0,003% del volumen total del agua de nuestro planeta es accesible para el consumo humano, ya que se encuentra en los lagos, los páramos, la humedad del suelo, el vapor de agua, y en las corrientes fluviales y subterráneas aprovechables. Miller, Tyler. Ecología y Medio Ambiente. Grupo Editorial Iberoamérica, 1994, México.

El Agua subterránea, se encuentra almacenada principalmente en rocas sedimentarias clásticas como las areniscas y conglomerados, como también en cualquier otro tipo de rocas, sean ígneas, sedimentarias no clásticas y metamórficas fracturadas. El agua subterránea más profunda puede permanecer oculta durante millones de años. No obstante, la mayor parte de los acuíferos están a poca profundidad y desempeñan un papel discreto pero constante dentro del ciclo hidrológico.

Basados en los estudios geológicos e hidrogeológicos realizados en la Universidad Surcolombiana por el Museo Geológico y del Petróleo, y la perforación del Pozo USCO 1, se ha demostrado la existencia de aguas subterráneas, las cuales han servido para el riego de la cancha de fútbol, y podrán autoabastecer a la Universidad Surcolombiana Sede Central, y de esta forma

minimizar el gasto económico en pagos de tarifas de agua, que le representa al centro educativo.

Los predios del Campus Universitario no contaban hasta el momento con una caracterización geológica, por esto integrando los datos estratigráficos del Pozo USCO-1, se realizó la cartografía geológica de la Universidad Surcolombiana, Sede Central, y la descripción detallada del Pozo USCO-1.

como aporte para la Facultad de Ingeniería, que servirá como apoyo para las prácticas de topografía y geología de las carreras de pregrado adscritas a esta Facultad.

Esta investigación plantea como alternativa utilizar fuentes alternas de abastecimiento, como las aguas subterráneas del Pozo de agua USCO-1, ubicadas en el Ecosistema Urbano de la Sede Central de la Universidad Surcolombiana.

El estudio de la calidad y aptitud del agua para usos apropiados e integrales, busca disminuir el consumo de agua potable; debido a que solamente un río abastece hoy de agua a la ciudad, pero a futuro y aún bajo conservación, es probable que presentará déficit para el abastecimiento poblacional urbano.

En la denominada subcuenca de Neiva los acuíferos más importantes están relacionados con depósitos no consolidados o poco consolidados y rocas clásticas, algunos de ellos con espesores muy grandes como el acuífero de la formación Gigante Inferior de 680 m y el Honda Inferior de 800 m. (*Vargas et al 2013*).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio Hidrogeológico, Calidad y Aptitud del Agua del Pozo USCO-1 para usos apropiados e integrales en la Universidad Surcolombiana, Sede Central.

2.1.1 Objetivos Específicos.

- ⇒ Analizar e interpretar la calidad y aptitud del agua para usos varios según las clasificaciones de la NTC Normas oficiales para la calidad del agua en Colombia.
- ⇒ Calificar el recurso hídrico subterráneo existente en la Universidad Surcolombiana, Sede central Neiva; describiendo los estudios fisicoquímicos al Pozo USCO-1.
- ⇒ Realizar la geología y estratigrafía del Campus Universitario en USCO-1 Sede central en relación con la hidrogeología local.
- ⇒ Aportar información sobre las aptitudes y usos apropiados e integrales del agua subterránea, por parte de la Universidad Surcolombiana, Sede Central, cómo práctica sustentable del recurso hídrico.

3 JUSTIFICACION

Después de 50 años de ser inaugurada la Sede Central de la Universidad Surcolombiana, no cuenta con la cartografía topográfica ni geológica necesarias para la toma de decisiones con respecto a su entorno físico, es por esto que uno de los grandes aportes de este trabajo es el entregar a la USCO el Mapa Geológico del Campus Universitario, y toda la descripción geológica y estratigráfica del Pozo USCO-1, así como como también el completamiento y características técnicas del estado inicial y los ajustes realizados recientemente en el Pozo.

También el crecimiento de la población en Neiva de acuerdo con los registros del DANE, de 218.422 habitantes que tenía en 1985, pasó a 279.689, diez años después. Y hace apenas siete años, en el 2011, ya contabilizaba más de 330.400 habitantes. En el 2015, el registro fue de 342.117 habitantes, y para el 2020, se estima que superarán los 400.000 mil habitantes. Esto implica un aumento desmedido de la demanda del agua para consumo y uso doméstico, empresarial e industrial, obligando a la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimientos de agua para su utilización como es el caso de las aguas subterráneas, si se tiene en cuenta el caudal promedio del río las Ceibas, el cual no supera los 4.12 m³.seg., y que por varias razones se da por supuesto que gradualmente ira descendiendo con el crecimiento poblacional, obligándonos a buscar soluciones que eviten el desabastecimiento de agua en los próximos 20 años.

El uso de las aguas subterráneas será una alternativa para minimizar el consumo de agua potable en procesos industriales, empresariales, domésticos o en riego de zonas verdes; a su vez su cantidad y calidad juegan un papel importante en el desarrollo socioeconómico de las comunidades (Jamrah et al., 2008).

La calidad del agua subterránea está regida por diversos factores, entre otros, los físicos - químicos, biológicos, rangos y periodos de explotación y tipo de acuífero. La regulación nacional e internacional establece una serie de requisitos que debe

de cumplir el agua según su uso. Entre los parámetros vinculados con la calidad se encuentran el pH, dureza, concentración de sodio, sólidos totales disueltos y cloruros. Dependiendo de la calidad del agua su uso puede ser limitado, atendiendo a los estándares normativos oficiales. Es importante el estudio de la calidad y aptitud del agua para usos apropiados e integrales, aprovechando el recurso hídrico subterráneo del Pozo en el Ecosistema Urbano (Sede Central de la Universidad Surcolombiana) teniendo en cuenta que es un recurso disponible en el campus, a su vez se trata de clasificar el agua del acuífero denominado Pozo USCO-1.

Para ello se tendrán en cuenta los estudios de geología, estratigrafía y físico-químicos del agua del acuífero; con base a ellos se determinará la calidad y aptitud del agua para usos varios utilizando las clasificaciones más usadas, como la Riverside (Richards, 1954) y FAO (Ayers y Westcott, 1985), los límites permisibles de la Organización Mundial de la Salud, el decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura Colombiano en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, y el decreto 475 de 1998 de la Presidencia de la República de Colombia por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable, así como la comparación de los resultados obtenidos de cada método.

La investigación pretende aportar la información necesaria referente a la clasificación de aptitudes de usos apropiados e integrales con el propósito de propender por la sustentabilidad en el consumo de este recurso. De igual forma con esta información motivar e incentivar la minimización de consumo de agua potable en riego a zonas verdes, aseo, y mantenimiento de las instalaciones de la institución en la sede central. Una pequeña muestra de consumo de agua potable en aseo de baterías sanitarias es considerando el número de estudiantes usuarios de este servicio en la sede central de la Universidad Surcolombiana, durante los años 2013 – 2017:

Tabla 1. Número de estudiantes de la Universidad Surcolombiana usuarios de las Baterías Sanitarias en la Sede Central

AÑO	TOTAL DE ESTUDIANTES POR SEMESTRE JORNADAS DIURNA Y NOCTURNA – SEDE CENTRAL
2013	Semestre A: 8.811
	Semestre B: 8.712
2014	Semestre A: 8.856
	Semestre B: 9.009
2015	Semestre A: 9.457

	Semestre B: 9.864
2016	Semestre A: 10.050
	Semestre B: 9.974
2017	Semestre A: 10.116
	Semestre B: 10.011

Fuente: Oficina de Registro y Control Académico.

4 MARCO REFERENCIAL

4.1 LAS AGUAS SUBTERRANEAS

Las aguas subterráneas provienen de la infiltración en el terreno de las aguas lluvias o de lagos y ríos, que después de pasar la franja capilar del suelo, circulan y se almacenan en formaciones geológicas porosas o fracturadas, denominadas acuíferos.

Los acuíferos desempeñan un papel fundamental tanto como conductores de las aguas desde su zona de recarga hasta lagos, ríos, manantiales, pantanos, captaciones construidas por el hombre y como almacenadores de estos recursos que posteriormente pueden ser aprovechados para satisfacer las necesidades de abastecimiento de sus usuarios.

Los tipos de aguas subterráneas clasificados de acuerdo con su origen son:

- ⇒ *Aguas Meteóricas.* Son las aguas subterráneas que se originan por la percolación en el subsuelo de las aguas que provienen de superficie sea cual fuese su origen (aguas lluvias o de lagos y ríos).
- ⇒ *Aguas Connatas.* Son las aguas subterráneas que quedaron atrapadas en el momento de la sedimentación y se han conservado a lo largo del tiempo geológico, Se puede citar el ejemplo de las aguas asociadas al petróleo como también los acuíferos confinados de las formaciones cretácicas como las formaciones Monserrate, Villeta y Caballos.

⇒ *Aguas Juveniles*. Son las que se encuentran asociadas al magma y se pueden asociar a las aguas subterráneas encontradas a gran profundidad dentro de las rocas ígneas y metamórficas.

4.1.1 Tipos de Acuíferos.

Las clasificaciones de los acuíferos pueden variar según el factor que se tome en cuenta para hacerlas. De este modo se pueden clasificar los acuíferos según los materiales litológicos que los constituyan (detríticos, fisurados, volcánicos, etc.) o, tomar el factor de la presión hidrostática del agua encerrada en los mismos, lo cual se traduce en unas circunstancias prácticas muy útiles al hablar de captaciones.

En función de las características de las rocas, se puede hacer la siguiente clasificación:

- ⇒ *Acuícludos*. Se define como aquella formación geológica que, conteniendo agua en su interior incluso hasta la saturación, no la transmite y por lo tanto no es posible su explotación. Se pueden citar como ejemplos los depósitos de arcillas de cualquier origen.
- ⇒ *Acuitardos*. Son las formaciones geológicas que, conteniendo apreciables cantidades de agua la transmiten muy lentamente, por lo que no son aptos para el emplazamiento de captaciones de aguas subterráneas, pero, sin embargo, bajo condiciones especiales permiten una recarga vertical de otros acuíferos, que pueden llegar a ser muy importantes en ciertos casos.
- ⇒ *Acuífugos*. Son aquellas formaciones geológicas que no contienen agua ni la pueden transmitir, como por ejemplo un macizo granítico que no esté fisurado. Existen cuatro clases principales de acuíferos de acuerdo con las condiciones en ellos:
- ⇒ *Acuíferos Libres*. Son aquellos en los cuales existe una superficie libre del agua encerrada en ellos y que se encuentra a presión atmosférica. La superficie del agua será el nivel freático y podrá estar en contacto directo con el aire o no, pero lo importante es que no tenga por encima ningún material impermeable. En estos acuíferos, al perforar pozos que los atraviesen total o

parcialmente, el agua alcanza un nivel que sería el mismo que tendría dentro de la formación geológica, es decir el nivel freático (nivel real) coincide con el nivel piezométrico (nivel ideal que alcanzaría el agua a presión atmosférica).

⇒ *Acuíferos Confinados*. En este tipo de acuífero, el agua que contienen está sometida a cierta presión, superior a la atmosférica y ocupa la totalidad de los poros o huecos de la formación geológica, saturándola totalmente. Están sellados por materiales impermeables que no permiten que el agua ascienda hasta igualar su presión a la atmosférica. Por este motivo al perforar pozos que atravesen el límite superior del material que constituye el acuífero, se observará que el nivel del agua asciende muy rápido hasta que se estabiliza en el nivel piezométrico.

Podrán darse pozos surgentes si el nivel del agua queda por encima del nivel topográfico y pozos artesianos si el nivel se estabiliza por debajo de la cota del terreno. De esta manera, si imaginamos una serie de pozos atravesando un acuífero de este tipo, y unimos los niveles que alcanza el agua en cada uno, obtendríamos una superficie piezométrica que no coincide con el nivel freático que tenía el acuífero en estado natural.

⇒ *Acuíferos Semiconfinados*. Constituyen una variedad de los confinados, y se caracterizan por tener el techo (parte superior) o/y el muro (parte inferior) sellado por materiales que no son totalmente impermeables, sino que constituyen un acuitardo, es decir, un material que permite una filtración vertical que alimenta muy lentamente al acuífero principal. En estos casos, habrá situaciones en los que la recarga podrá hacerse en ambos sentidos en función de la diferencia de potencial.

⇒ *Acuíferos Colgados*. Algunas veces se da una capa de material más o menos impermeable por encima del nivel freático. El agua que se infiltra queda atrapada. En esta capa para formar un lentejón, que normalmente tiene una extensión limitada sobre la zona saturada más próxima. Los acuíferos colgados son más comunes de lo que se pueda suponer, aunque quizá sólo ocupan unos pocos centímetros de espesor, o sólo se alimenten después de una recarga muy excepcional. No suponen un recurso muy fiable, ya que a veces se puede perforar del todo y el pozo construido facilita el drenaje del agua contenida en el lentejón hacia la zona saturada.

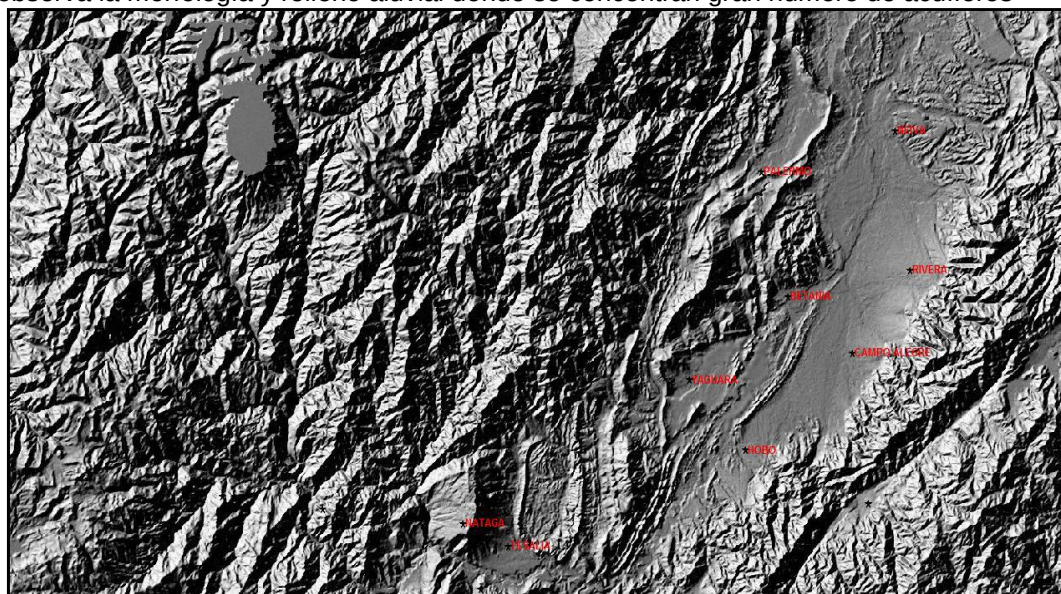
4.2 GEOLOGIA GENERAL Y SU RELACION CON LAS AGUAS SUBTERRANEAS

Las aguas subterráneas se encuentran almacenadas en rocas porosas y permeables distribuidas a través de todo el tiempo geológico y en el Departamento del Huila se han reportado acuíferos desde el precámbrico hasta los depósitos recientes (Vargas 2016 USRA).

Geológicamente la subcuenca de Neiva corresponde a un gran sinclinorio constituido por sedimentos Neógenos, los cuales reposan discordantes sobre sedimentos Pre – Miocenos y el Basamento Pre - Cretáceo (Petrobras, 1999).

Tectónicamente la subcuenca de Neiva constituye una depresión estructural de compresión (Buttler, 1983 en *Petro-Canadá Oil and Gas Inc., 1987.*). Está limitado por fallas de cabalgamiento, con transporte tectónico hacia el occidente en el borde oriental, y transporte hacia el oriente en el borde occidental. En el piedemonte occidental de la Cordillera Oriental el estilo estructural se asocia a deformación compresiva de edad Miocena.

Figura 1. Modelo de elevación digital del área central de la subcuenca de Neiva donde se observa la morfología y relleno aluvial donde se concentran gran número de acuíferos



4.2.1 Estratigrafía.

⇒ *Basamento Ígneo metamórfico Precretáceo.* El basamento Precretáceo está conformado por rocas ígneas intrusivas y extrusivas de composición ácida correspondientes al batolito de Ibagué y la formación Saldaña y rocas de metamorfismo regional correspondiente al llamado Macizo de Garzón (localizado al este del área aquí estudiada).

Está conformado por un núcleo de rocas precámbricas constituidas por migmatitas y gneises, anfibolitas paleozoicas e intrusiones de granitos y cuarzodioritas también de edad paleozoica.

El Jurásico se encuentra representado por una serie de rocas volcánicas y piroclásticas que corresponden estratigráficamente a la formación Saldaña compuesta por riolitas, dacitas, tobas y aglomerados volcánicos principalmente. Así también se presentan rocas ígneas intrusivas ácidas del batolito de Ibagué.

Estas rocas en el piedemonte de las cordilleras central y oriental se encuentran afectadas por grandes fallas regionales que generan un gran fracturamiento ocasionando porosidad secundaria manifestada por la presencia de manantiales, ojos de agua en superficie, desaparición de flujos de aguas en quebradas.

Algunas fincas de estos sectores tienen aljibes en producción y ductos de captaciones de agua en los manantiales. En forma general la extracción de aguas subterráneas presentes en estas unidades litoestratigráficas son puntuales y son utilizadas como captaciones domésticas.

⇒ *Cobertura Sedimentaria Productiva.* La cobertura productiva de carácter sedimentario está determinada por dos secuencias deposicionales diferentes caracterizadas por presentar rocas de origen clástico y químico. La primera se trata de una secuencia clástica marina que abarca desde el Cretáceo Medio (Aptiano - Albiano) hasta el Paleógeno (Paleoceno) de un ambiente marino a transicional desarrollando un ciclo regresivo que permitieron la depositación en

el área de las formaciones Caballos, Villeta, Monserrate y Guaduala, respectivamente.

La segunda secuencia compuesta por rocas sedimentarias de origen continental que abarcan desde el Eoceno hasta el reciente, que corresponden estratigráficamente a las formaciones Gualanday, Potrerillos, Doima, Honda, Gigante y Depósitos Cuaternarios.

- ⇒ *Formación Caballos (Kc)*. En la subcuenca de Neiva esta formación operacionalmente fue dividida en Caballos Inferior, Caballos Medio y Caballos Superior. Flores y Carrillo (1994) redefinieron estas formaciones denominándolas Formación Alpujarra (Caballos Inferior), El Ocal (Caballos Medio) y Caballos (Caballos Superior).
- ⇒ *La Formación Caballos Superior (UKB)*. Es el principal acuífero confinado presente y está conformado con areniscas cuarzosas con excelente porosidad y permeabilidad.
- ⇒ *La Formación Caballos Inferior (LKB)*. Está compuesta por una serie de secuencias arenosas, siendo un depósito continental a la base con cuarzo arenitas y subarcosas de color blanco a gris claro, de grano fino a grueso, localmente conglomeráticas bien seleccionadas con pseudomatriz caolinítica. En la parte media y tope predominan lodolitas negras ricas en restos de plantas, que corresponden a depósitos en llanuras aluviales surcadas por canales sinuosos.

Esta unidad litoestratigráfica es una de las almacenadoras de las aguas subterráneas connatas asociadas al petróleo.

- ⇒ *Formación Villeta (Kv)*. (*Hondita – Loma Gorda*). La formación Villeta es una unidad marina transgresiva en donde sus sedimentos fueron depositados en un ambiente nerítico anóxico. Sus rocas blandas erosionables dan lugar a una topografía suave de valles.

Esta formación se encuentra dividida informalmente en varias unidades almacenadoras de aguas subterráneas que de base a tope son: Caliza de Tetuán y Caliza La Luna o Calizas La Frontera. estas unidades litoestratigráficas están conformadas por calizas finogranulares color marrón oscuro a claro, masivas y muy duras, intercaladas con lodolitas, y calizas

micríticas derivadas de organismos planctónicos rica en materia orgánica de origen marino, de color crema a gris claro, masivas y blocosas. Estas rocas presentan cerca de la superficie procesos de disolución química generando cavernas y porosidad secundaria la cual es una excelente almacenadora de aguas subterráneas.

⇒ *Formación Monserrate (Kg)*. Litológicamente está constituida por cuatro miembros dos arenosos y dos lutíticos. El K4 con un espesor promedio de unos 25 metros está compuesto por arcillolitas y limolitas con un nivel de roca fosfórica. El K3 con un espesor de unos 30 metros está representado por areniscas cuarzosas blancas a grises y de grano fino a medio con buena porosidad y permeabilidad.

La unidad K2 con un espesor de unos 30 metros, está conformada por limolitas silíceas y chert, este miembro presenta dos niveles de roca fosfórica, es muy común el intenso plegamiento y fracturamiento de estas rocas. La unidad K1 posee un espesor de unos 35 metros y está compuesto por cuarzoarenitas de grano grueso con cemento silíceo. De acuerdo con su registro fósil está datada como Campaniano a Maestrichtiano. (Beltrán y Gallo, 1968).

Esta formación de acuerdo con sus propiedades petrofísicas se considera como un excelente acuífero especialmente los miembros K3 y k1, el nivel K2 presenta por su alto fracturamiento porosidad secundaria el cual es manifestado por la presencia de aguas subterráneas en estas rocas.

⇒ *Formación Guaduala. (TKg)*. Esta formación está constituida por dos miembros: el miembro San Francisco compuesto por arcillolitas grises a rojo oscuro a púrpura, blandas, con intercalaciones de limolitas. Hidrogeológicamente se comporta como la roca sello de algunos acuíferos confinados ubicados en las formaciones Caballos y Monserrate. El miembro Teruel está compuesto por areniscas finas verdosas y arcillolitas con algunas capas de carbón, depositados en un ambiente continental. Esta unidad reporta acuíferos semiconfinados en los sectores de Tesalia y Teruel. La formación Guaduala posee un espesor que varía entre 250 y 300 metros. El grado de erosión de estas rocas da lugar a una topografía suave, deprimida que forma valles.

⇒ *Formación Gualanday. (Tg)*. Esta formación está dividida en tres miembros: Palermo, Bache y Tesalia, respectivamente. El miembro Palermo está

representado por una serie de conglomerados grises constituidos por cantos redondeados de líticos, chert y cuarzo e intercalaciones de areniscas en capas de estratificación masiva a gruesa. El miembro Bache está constituido por arcillolitas y lodolitas moteadas y algunos niveles de areniscas y conglomerados. El miembro Tesalia está representado por otra serie de conglomerados oligmíticos con fragmentos de cuarzo lechoso y chert negro, con ligeras intercalaciones de areniscas y arcillolitas varicoloreadas. El material clástico que constituye a los miembros Palermo y Tesalia probablemente fueron derivados de la cordillera central y distribuidos sobre una planicie a manera de amplios abanicos aluviales con fuertes corrientes fluviales. El miembro Bache se depositó sobre una gran planicie asociada a extensos pantanos y algunas corrientes fluviales débiles.

- ⇒ *Formación Doima. (Ted)*. Reposa discordantemente sobre la formación Potrerillos y está constituida por conglomerados poligmíticos con fragmentos de rocas ígneas y metamórficas chert y cuarzo, embebidos en una matriz areno-limosa. Esta formación fue depositada en un ambiente fluvial de grandes corrientes sobre planicies ligeramente onduladas.

Su edad corresponde al Oligoceno inferior. Esta unidad puede presentar acuíferos semiconfinados en los niveles arenosos y conglomerados.

- ⇒ *Formación Honda (Tmh)*. Se puede dividir en Honda Inferior constituida por intercalaciones de arcillolitas rojas, cafés rojizas y grises verdosas, interestratificadas con arenitas, algunas veces conglomeráticas, grises a grises verdosas y Honda Superior, conformada predominantemente por arenitas grises a blancas con algunas intercalaciones de lodolitas cafés rojizos a gris verdosas.

Se depositó en ambientes fluviales, llanura de inundación y lagos pantanosos. Esta formación es uno de los objetivos primordiales en la exploración de aguas subterráneas.

- ⇒ *Formación Gigante. (Tpg)*. Conformada por depósitos vulcanoclásticos provenientes de la actividad volcánica de la cordillera central durante el cuaternario temprano. Litológicamente está compuesta por tobas, aglomerados y rocas clásticas gruesas. El registro fósil de la formación Gigante es muy rico en restos vegetales y xilópalos, material carbonáceo y ocasionalmente restos

óseos. Por dataciones radiométricas esta formación tiene una edad de 8 millones de años.

Por su litología y su extensión geográfica, la Formación Gigante se constituye como el acuífero más importante de la zona de oriental de la subcuenca de Neiva, aunque localmente se encuentra cubierto por abanicos aluviales.

Se considera que la unidad presenta buena porosidad primaria y secundaria, especialmente los niveles conglomeráticos superior e inferior; el nivel medio volcanoclástico, presenta unos niveles muy permeables, pero también presenta niveles muy arcillosos, que le disminuyen las posibilidades como acuífero.

⇒ *Depósitos Cuaternarios.* Son las unidades litológicas más importantes por la alta presencia de acuíferos libres y están conformados por diferentes tipos de depósitos entre los cuales sobresalen: Abanicos coluviales, abanicos Aluviales, Abanicos Aluviales Retrabajados y Terrazas, Aluviones y Coluviones Recientes.

Los abanicos coluviales fueron formados posiblemente en tres o cuatro eventos históricos, por los ríos que nacen en la Cordillera Oriental, que depositaron su material al salir al Valle del Río Magdalena; están bisectados por el drenaje actual, presentan una morfología plana.

El depósito más representativo corresponde al denominado Conglomerado de las Ceibas Los depósitos fueron formados por avenidas torrenciales de los ríos que nacen en la Cordillera Oriental, originando espesos abanicos que han desarrollado una morfología de colinas redondeadas y algunos están desplazados por fallas que han tenido actividad durante el Cuaternario; se extienden al oriente de la ciudad de Neiva y los municipios de Tello y Baraya y otros afloramientos cerca al municipio de El Hobo.

⇒ *Los Abanicos Aluviales.* más comunes se extienden hacia la parte sur de Neiva sobre un gran sector en los municipios de Rivera, Campoalegre, Hobo y Gigante; están conformados por intercalaciones de gravas, arenas gruesas a muy gruesas y arenas lodosas poco consolidadas, variando el tamaño de grano en diferentes sectores, según la cercanía a la zona de aporte, como es común en este tipo de depósitos.

Las gravas son subagulosas -angulosas, mal seleccionadas, con clastos que alcanzan hasta 30 cm (promedio 10 cm de diámetro), que en un 80% corresponden a granodioritas y granitos y un 20 % a migmatitas, neises migmatíticos y chert, se hallan en una matriz café - rojiza del mismo material; las arenas son gruesas a muy gruesas, amarillas, mal seleccionadas, con una matriz lodosa.

Estos depósitos son de gran importancia hidrogeológica por presentar buena permeabilidad, sobre todo si son considerados como acuíferos superficiales, que tienen recarga de las aguas superficiales de la Cordillera.

⇒ *Terrazas, Aluviones y Coluviones Recientes (Qt1, Qt2, Qc y Qal)*. Corresponde a materiales de playa y terrazas aluviales en los bordes de los ríos Magdalena, Villa Vieja, Fortalecillas, Cabrera, Neiva Páez, Suaza y numerosas quebradas que atraviesan el área; siendo los más importantes los formados por el Río Magdalena, que forman hasta cuatro niveles de terraza escalonadas que son; de importancia para la exploración de aguas subterráneas por tener contacto directo con las corrientes superficiales.

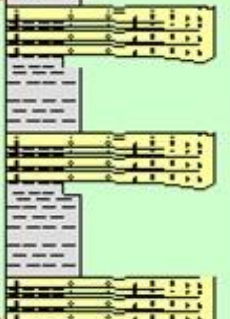
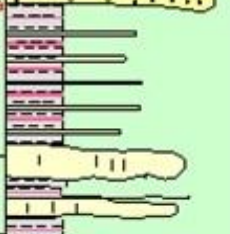
⇒ *Terrazas de Altura Media (Qt1)*. Depósitos que forman terrenos relativamente planos y se encuentran moderadamente consolidados a no consolidados, lo componen principalmente, intercalaciones e interdigitaciones de gravas, arenas y limos. Las gravas son polimícticas, subredondeadas a redondeadas, con clastos de hasta 10 cm, compuestos principalmente por migmatitas, granitos, andesitas, cuarzo y chert, se hallan en matriz arenosa gruesa, subangulosa, textura “sal y pimienta”.

Las arenas son finas a medias, de color gris amarillento, cuarzosas, bien seleccionadas, friables, subangulosas a subredondeadas y arenas lodosas. Las limolitas son de color gris amarillento, con algunos gránulos de cuarzo y feldespato, con abundancia de materia orgánica.

⇒ *Terrazas de Altura Baja (Qt2)*. Son depósitos inconsolidados de gravas polimícticas de hasta 20 cm, subredondeadas, compuestas por granitos, neises biotíticos, migmatitas, chert y cuarzo, en una matriz arenosa, mal seleccionada, con aproximadamente 10 % de limo y presenta imbricación de los cantos. El espesor de estos sedimentos no es muy grande, se estima 5 a 6 m.

⇒ *Depósitos Aluviales Actuales (Qal)*. Son depósitos no consolidados, poco espesos, que se ubican en las llanuras de inundación de los ríos y quebradas y lo componen materiales que dependen de las unidades geológicas que atraviese el río o la quebrada, hallándose capas de limo, arena y gravas.

Figura 2. Columna estratigráfica generalizada de la subcuenca de Neiva-Valle Superior del Magdalena Vargas et al, 2005

				GRUPO	FORMACION	AMBIENTE	LITOLOGIA	
CUATERNARIO								
Neógeno	Secuencia Sin-Orogénica			Plioceno-Holoceno		Gigante / Mesa (1000 mts)	Terrestre, Llanuras de Piedemonte.	
				Mioceno	Medio a Superior	Honda (2500 mts)	Terrestre, Llanuras Aluviales	
					Inferior	Barzalosa (200 - 300 mts)	Terrestre, Lagunas	
Paleógeno	Secuencia Sin-Orogénica			Oligoceno		Doima	Terrestre, Ríos entrelazados.	
				Potrerillo				
				Eoceno	Gualanday	Tesalia		
						Bache		
						Palermo		
				Paleoceno		Guadalupe		
Maastrichtiano	San Francisco							
CRETÁCEO	Superior	Secuencia Preorogénica			Maastrichtiano	Monserate (150 - 200 mts)	Marino Interior Intermareal.	
					Campaniano	K1		
						K2		
						K3		
	Inferior	Secuencia Preorogénica	Santoniano	Villeta (700 - 1100 mts)	Shale Aco	Plataforma Detrítico - Calcárea		
					La Luna			
					Shale Bambuca			
					Caliza Tetuán			
			Albiano	Caballos (90 - 200 mts)	Superior	Fluvial Salobre		
Aptiano	Medio							
	Inferior							
Basamento			Yaví (385 mts)		Superior Intermareal Terrestre.			
			Jurásico		Saldaña (800 - 1500 mts)		Subaéreo Vulcanoclástico	
			Triásico		Intrusivo			
			Precámbrico		metamórfico			

4.2.1.1 Antecedentes de Estudios de Aguas Subterráneas en el Huila.

Como asegura el SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL, a pesar de que las aguas superficiales son la primera alternativa para el suministro de agua para consumo humano, también es cierto que son muy vulnerables a la contaminación. Por este motivo las aguas subterráneas se constituyen en una opción importante por ser menos vulnerables, más abundantes y requerir menor tratamiento para su aprovechamiento. Adicionalmente, las aguas subterráneas pueden ser utilizadas para la industria y las labores agropecuarias, y representan una alternativa importante para aquellas zonas en las que el déficit del recurso hídrico superficial limita el desarrollo normal de estas actividades. Sin embargo, como recurso estratégico para el progreso de una región se debe garantizar su uso racional de acuerdo con las necesidades y proyecciones de desarrollo del área en que se encuentren.

Las primeras investigaciones tendientes a evaluar el potencial de agua subterránea en el territorio del Departamento del Huila se deben a Diezemann & López (1954), quienes hacen referencia a la posibilidad de encontrar agua subterránea mediante la apertura de aljibes en el relleno aluvial del río Magdalena. En los Llanos de Carnicerías no aconsejaron la perforación de pozos para la irrigación, indicando que la población de Carnicerías, hoy Pacarní, podría suplirse de aguas subterráneas contenidas en los conos de deyección existentes en la zona; en la Llanura de Pitalito consideraron favorable la explotación de aguas subterráneas, y reportan la existencia de aljibes entre 5 y 13 m de profundidad que explotaban agua de excelente calidad.

FONADE expone que entre Neiva e Ibagué existe un sistema acuífero semilibre a semiconfinado, conformado por un relleno aluvial del Cuaternario y conglomerados y areniscas del Neógeno. Los pozos perforados en este acuífero tienen profundidades entre 70 y 110 m, con niveles estáticos de 20 a 38 m y una producción que oscila entre 15 y 35 l/seg. El agua extraída es de tipo bicarbonatada cálcica, moderadamente dura.

Por un convenio suscrito entre INGEOMINAS y la Corporación Autónoma del Alto Magdalena "CAM" se cubrieron 2.057 km² en el sector nororiental del Departamento del Huila, con estudio geológico, inventario de puntos de agua, geofísica, hidrogeoquímica, vulnerabilidad e hidrogeología (INGEOMINAS, 1999b). Los resultados fueron presentados a escala 1:50.000. En esta área existen acuíferos en unidades del Cuaternario y Paleógeno-Neógeno, explotados

mediante aljibes y pozos. Los aljibes tienen profundidades entre 1 y 30 m, mientras que en los pozos las profundidades varían entre 8 y 352 m, con caudales entre 0,19 l/seg y 37,2 l/seg. El uso principal del agua explotada es industrial y doméstico.

Como resultado de esta investigación se identificaron tres regiones hidrogeológicas: El Hobo–Baraya, Baraya–San Alfonso y Colombia– Algeciras. El acuífero de mayor potencial, en esta zona, es la parte inferior de la Formación Gigante que tiene un espesor de 680 m y es de carácter confinado a semiconfinado. Como apoyo al Ordenamiento Territorial INGEOMINAS (1999a) dividió el área departamental en tres zonas en las que propone la realización de estudios hidrogeológicos regionales; estas áreas fueron delimitadas con base en el conocimiento litológico y tectónico del área y la información geomorfológica y pluviométrica disponible. Las regiones fueron clasificadas, de mayor a menor importancia, en las categorías 1 a 3, así:

4.2.1.2 Categoría 1. Área de San Agustín-El Hobo.

Comprende más o menos el 50% del departamento desde el Municipio de San Agustín hasta el Municipio de El Hobo. En algunos sectores del valle del Magdalena y en las regiones de Pitalito, Pital, Guadalupe y Garzón, así como en las terrazas de Gigante y Altamira, hay valles aluviales con depósitos cuaternarios, presumiblemente de alta a moderada permeabilidad. Por otra parte, la Formación Caballos y los grupos Olini y Gualanday pueden tener buenas posibilidades acuíferas por permeabilidad secundaria dada por fracturamiento; los niveles calcáreos de las formaciones Loma Gorda y Hondita pueden presentar permeabilidad secundaria por disolución.

4.2.1.3 Categoría 2. Área de Yaguará, Íquira-Aipe.

Comprende los municipios ubicados en la margen izquierda del río Magdalena entre Yaguará e Íquira, al sur, y Aipe, al norte. A lo largo del río Magdalena hay una franja angosta de depósitos aluviales cuaternarios probablemente de alta permeabilidad; además, el Grupo Honda ha probado ser un buen acuífero en otras zonas del departamento. La Formación Caballos y los grupos Olini y Gualanday pueden contener acuíferos por permeabilidad secundaria.

4.2.1.4 Categoría 3. Área Algeciras-Colombia.

Franja angosta al nororiente del departamento, margen occidental de la Cordillera Oriental. Se recomienda estudiar esta zona como complemento al estudio hidrogeológico realizado por INGEOMINAS (1999b).

Así también se pueden resaltar algunos trabajos realizados por el INGEOMINAS relacionados con programas de exploración en aguas subterráneas en el Huila:

✓ **Estudio Hidrogeológico y plan de manejo de aguas Subterráneas En El Sector Nororiental De La Cuenca Del Río Magdalena En El Departamento Del Huila.**

Definir el potencial de aguas subterráneas de la zona nororiental del Departamento del Huila estableciendo técnicas de exploración y manejo de este recurso, con el fin de servir de base a los planteamientos de desarrollo socioeconómico de la región.

Sector nororiental de la cuenca del Río Magdalena en el Departamento del Huila y comprende los siguientes municipios Neiva, Baraya, Campoalegre, Colombia, El Hobo, Rivera, Tello y Villavieja.

- ⇒ *Modelo Hidrogeológico.* Conceptual de carácter Regional el cual considera tres regiones hidrogeológicas la región del Hobo- Baraya; Baraya-San Alfonso y Colombia-Algeciras.
- ⇒ *Tipos de Acuíferos.* Libres (Cuaternarios, Miembro superior Formación Gigante), semiconfinados (Miembro medio Formación Gigante) y Confinados (Miembro inferior Formación Gigante y Formación Honda).
- ⇒ *Extensión Acuíferos.* Región Hobo - Baraya extensión 914 km² (Cuaternario con espesor promedio 40-50 m; Gigante Medio espesor promedio de 420 m; Gigante Inferior espesor promedio de 680 m; Honda Inferior espesor promedio de 1000 a 1200 m). Región Baraya-San Alfonso extensión 584 km² (Honda Superior espesor 250-300 m; Honda Inferior espesor 800 m). Región Colombia - Algeciras extensión 557 km² (Honda Inferior espesor 800 m; Cretácico espesor 110 m).

- ⇒ *Reservas*: Se estimaron en millones de m³, por regiones y acuíferos: Región Hobo-Baraya (Cuaternario " 9140", Gigante Medio "94", Gigante Inferior "136734", Honda Inferior "73120"; Región Baraya-San Alfonso (Honda Superior "4040", Honda Inferior "33936"; Región Colombia-Algeciras (Cretácico" sin información"). Total 257064 Millones M³.
- ⇒ *Caracterización Agua Subterránea*. Gigante (bicarbonatada cálcica), Honda (bicarbonatada sodica), Cuaternario (bicarbonatada cálcica).
- ⇒ *Zonas de Recarga*. Donde las rocas acuíferas afloran en superficie, Cuaternario (en la región Hobo-Baraya), Gigante (en el norte de Neiva, embalse Betania, parte noroccidental-orillas del río Magdalena), Honda (desierto de la Tatacoa).
- ⇒ *Zonas de Descarga*. Principalmente en los ríos Magdalena y Neiva, Acuíferos suprayacentes y manantiales.
- ⇒ *Fuentes de Contaminación*. Actividad Industrial (petróleo, Industria mineras y de refresco), Laguna de Efluentes (Lagunas de oxidación y/o sedimentación en la industria petrolera), Disposición de Residuos Sólidos (relleno de Neiva, Rivera, Campoalegre y Hobo), Actividades Residenciales Urbanas (fugas de redes de alcantarillado, fosas séptica y letrina), Actividades Agrícola (sector Campoalegre y distrito de riego San Alfonso).
- ✓ **Estudio de Evaluación de la Vulnerabilidad a la Contaminación De Los Acuíferos Que Subyacen a La Ciudad de Neiva y su área de Influencia Para La Posterior Implementación del Estudio de Modelación Hidrogeológica del Área.**

Evaluación de la hidrogeología y vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos del área de Neiva, Sector nororiental de la cuenca del Río Magdalena en el Departamento del Huila y comprende el casco urbano de la ciudad de Neiva.

- ⇒ *Modelo Hidrogeológico*. Conceptual de carácter local, el cual identifica el acuífero potencial de mayor interés para el área de evaluación constituido por los estratos permeables de la base del Miembro Medio de Formación Gigante y todo el Miembro Inferior de la misma formación.

- ⇒ *Tipos de Acuíferos.* Libres (terrazas antiguas y recientes, abanicos, depósitos aluviales), semiconfinados y confinados (Miembro medio e inferior de la Formación Gigante y Miembro superior e inferior de la Formación Honda).
- ⇒ *Extensión Acuíferos.* Miembro medio e inferior de la Formación Gigante (extensión de 271,640 millones m² y espesor potencial de 57 m).
- ⇒ *Reservas.* Se estimaron para los acuíferos de los miembros medio e inferiores ascendiendo a un volumen de 1656,1Millones de m³.
- ⇒ *Caracterización Agua Subterránea.* Gigante (bicarbonatada cálcica), Honda (bicarbonatada sodica).
- ⇒ *Zonas de Recarga.* Toda el área evaluada es considera como zona de recarga excepto donde afloran rocas del Miembro Superior de la Formación Honda. Para la zona acuífera de mayor interés constituido por el paquete basal conglomerático del Miembro Medio de la Formación Gigante y de todo el Miembro Inferior de dicha Formación, se espera recarga por goteo de las capas suprayacentes del acuífero semiconfinado constituido por areniscas tobáceas y limolitas del Miembro de la Formación Gigante.
- ⇒ *Zonas de Descarga.* Principalmente en el río Magdalena, Acuíferos suprayacentes y manantiales.
- ⇒ *Fuentes de Contaminación.* Actividad Industrial (Empresa de Transformación de Minerales, Campo de petróleo “campo Tello y Jagua, campo río Ceibas, campo Pijao y batería Campo Santa Clara), Actividades comerciales (Estaciones de servicio de combustible, talleres de mantenimiento de vehículo), Actividades Municipales (red de alcantarillado, relleno sanitario y cementerios, Actividades Agropecuarias (cría de ganado, siembre de arroz y sorgo).

✓ **Estudio Hidrogeológico del valle de Laboyos Pitalito- Huila.**

Definir el potencial de agua subterránea del Valle de Laboyos, zona sur del departamento del Huila estableciendo técnicas de explotación y manejo de este recurso, con el fin de servir de base a los planteamientos de desarrollo

socioeconómico de la región. Sector de las microcuencas de los ríos Guarapas y Guachicos-parte alta de la cuenca del Río Magdalena en el Departamento del Huila.

- ⇒ *Modelo Hidrogeológico*. Conceptual de carácter local, el cual identifica el acuífero potencial de mayor interés para el área de evaluación constituido por los estratos permeables fluviolacustre.
- ⇒ *Tipos de Acuíferos*. En la zona evaluada se presentan tanto acuíferos, acuitardos, acuicierres y acuicludos con porosidades primarias y secundarias, destacándose sedimentos permeables, rocas permeables, rocas poco permeables y rocas impermeables, y distinguiéndose las siguientes unidades hidrogeológicas: Unidad Hidrogeológica I-1 conformada por sedimentos de depósitos cuaternarios aluviales y de abanico; Unidad Hidrogeológica I-2, constituida por sedimentos del depósito Fluviolacustre (Qfl); Unidad Hidrogeológica II-1 (Kc), representada por rocas sedimentarias de la Formación Caballos (Kc); Unidad Hidrogeológica III-1, conformada por la unidades geológicas del depósito de lahar (Qla) y Formación Guacacayo (Tvi); y la Unidad Hidrogeológica IV-1, caracterizada por la unidades geológicas de la Formación Saldaña (JRsv) y del Batolito de la Plata - Suaza (Ji).
- ⇒ *Extensión Acuíferos*. Deposito Fluviolacustre (Qfl), espesor promedio de acuífero de 150 m, y un área de 164.708 millones m.
- ⇒ *Reservas*. Las reservas totales de agua, a nivel de pronóstico, para la Unidad Hidrogeológica I-2, deposito Fluviolacustre ascienden a un volumen de 2.471 Millones de m³.
- ⇒ *Caracterización Agua Subterránea*. Las aguas subterráneas de las diferentes unidades acuíferas presentes en el Valle de Laboyos se clasifican: Para el Depósito de Abanico (Qab) como Bicarbonatadas Cálcidas, en relación directa con el depósito Fluviolacustre subyacente. Para la Formación Caballos (Kc) como Cloruradas. Las asociadas a la Falla Pitalito-Timaná como Bicarbonatadas Cálcidas y a fallas del sur, como Bicarbonatadas Sódicas. Las aguas más superficiales del Depósito Fluviolacustre (Qfl) se clasifican entre Bicarbonatadas Cálcidas y Bicarbonatadas Magnésicas, y las más profundas (> 17 metros), como Bicarbonatadas Sódicas, algunas de estas últimas con presencia del gas sulfuro de hidrogeno.

⇒ *Zonas de Recarga.* Las zonas de recarga de diferentes unidades acuíferas la constituyen prácticamente toda el área donde se exponen en superficie. La Unidad Hidrogeológica I-2 (Qfl) representa la mayor extensión areal en la zona de estudio correspondiendo a la parte plana del Valle de Laboyos.

Las principales zonas de recarga hacia dicha Unidad Hidrogeológica I-2, la constituyen las áreas donde el río Guarapas y especialmente el río Guachicos descargan su flujo y entran desde la cordillera hacia la parte semiplana del valle. Adicionalmente ocurre una notable recarga en las áreas de piedemonte donde generalmente aflora la Unidad (Qab), la cual se encuentra en interconexión hidráulica con la subyacente Unidad Hidrogeológica.

⇒ *Zonas de Descarga.* Las zonas de descarga de la Unidad Hidrogeológica I-2, corresponde al eje del río Guarapas en dirección SE-NW donde ocurre la falla del mismo río, el sector del cruce de la vía Regeros-Timaná, las áreas de los manantiales de la margen derecha del río Guachicos en la vereda Contador, y el sector donde el río Guarapas cambia bruscamente de dirección NW-SW para seguir paralelo a la falla Pitalito-Altamira y sobre el trazo de esta misma hacia la desembocadura del río Guachicos.

⇒ *Fuentes de Contaminación.* Actividad Industrial (Empresa de Transformación de Minerales, Campo de petróleo “campo Tello y Jagua, campo río Ceibas, campo Pijao y batería Campo Santa Clara), Actividades comerciales (Estaciones de servicio de combustible, talleres de mantenimiento de vehículo), Actividades Municipales (red de alcantarillado, relleno sanitario y cementerios, Actividades Agropecuarias (cría de ganado, siembre de arroz y sorgo).

4.2.2 Hidrogeología de Neiva.

Uno de los propósitos del presente trabajo se refiere a compilar los estudios geológicos de la Ciudad de Neiva y sus áreas aledañas con las formaciones geológicas relacionadas con el almacenamiento de aguas subterráneas. Se describen las rocas sedimentarias aflorantes en Neiva y que constituyen el sustrato sobre los que se acumulan los depósitos Cuaternarios. Se describen primero las formaciones sedimentarias consolidadas y luego se presenta un detalle de los depósitos de terraza del río Magdalena.

Para este estudio fue restituido y modificado el mapa geológico de la ciudad de Neiva de acuerdo con controles de campo realizados en este trabajo.

4.2.2.1 Geología Regional.

La Cuenca de Neiva es una depresión tectónica intermontana producto del efecto de los sistemas de fallas de Chusma y Algeciras, con un activo proceso de desarrollo durante el Mioceno y Plioceno, que se reflejó en la apreciable acumulación de sedimentos cercanos a los 2000 metros (Guerrero 1993, Van der Wiel 1991, De Freitas & Vallejo 2000, Sarmiento & Rangel 2004).

El área constituyó un depocentro de sedimentación durante la acumulación del Grupo Honda y del Grupo Huila. Luego sufre un proceso de levantamiento diferencial y las unidades anteriormente mencionadas son parcialmente deformadas dando lugar a una estructura sinclinal generalizado denominado Sinclinal de Neiva. En el área del Campo Río Las Ceibas, al norte de Neiva, el Grupo Honda en la parte basal se asienta directamente sobre la Formación Saldaña (De Freitas & Vallejo 2000), relación que se mantiene hacia el desierto de la Tatacoa y Tello (Guerrero 1997). Por lo tanto, para el Mioceno Medio se habrían formado parte de las estructuras e iniciado el proceso de subsidencia de la Subcuenca de Neiva.

El flanco occidental del sinclinal se reconoce al oeste de Neiva, hacia el sector de Amborco. La estructura en corto espacio pasa de horizontal a prácticamente vertical al contacto entre la Formación Neiva y la Formación la Victoria del Grupo Honda. La Formación Gigante alcanza a ser afectada por el pliegue y como resultado de la estructura se puede apreciar parte de los materiales que constituyen el segmento superior de dicha unidad.

Hacia el centro de Neiva la unidad rápidamente se va horizontalizando de tal manera que sobre el casco urbano de la ciudad aflora la parte media de la Formación Gigante o infrayaciendo los depósitos cuaternarios. Hacia el flanco oriental del Sinclinal de Neiva (aun en el casco urbano) y subyaciendo el Abanico de Neiva, se pueden apreciar los afloramientos del segmento superior de la Formación Gigante.

Por la vía a San Vicente de Caguán, se reconoce un grueso conjunto sedimentario que corresponde a la Formación las Vueltas definido por Van der Wiel (1991). Ya en este sector son claros los afloramientos con buzamientos hacia el oeste indicando el cierre de la estructura sinclinal.

- ⇒ *Formación Villavieja.* La Formación Villavieja (Ngh) es la unidad superior del Grupo Honda (Guerrero, 1993) y aflora al occidente de Neiva, formando una estructura sinclinal amplia en dirección de la localidad de Amborco. Aflora a partir de un anticlinal muy estrecho que puede reconocerse a un kilómetro por la Carretera al Campo Santa Clara a partir de la desviación de la carretera central que conduce de Neiva a Bogotá.

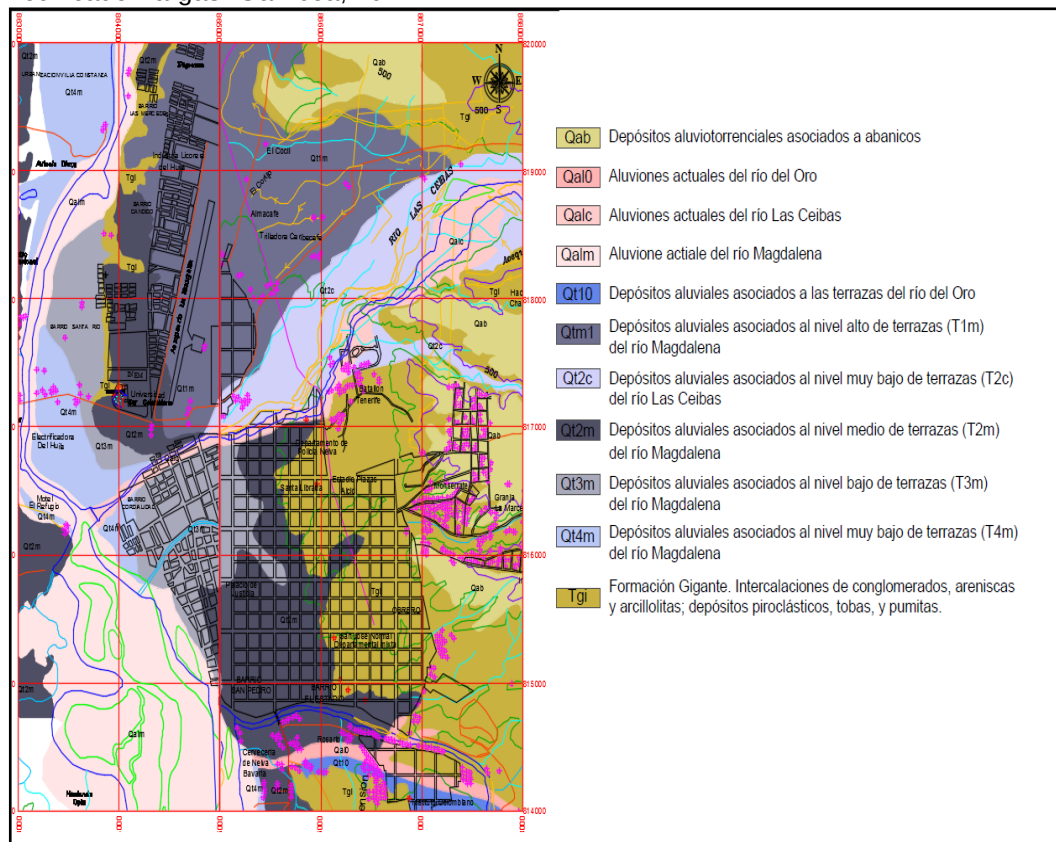
Sobre este sector se reconoce un conjunto de arenitas bien seleccionadas, de grano fino con aporte volcánico e intercalaciones de lodolitas rojizo-café y verde-gris. En la sección estratigráfica por la vía a Santa Clara aflora un paquete de 10 m de dichas lodolitas que subyacen en contacto ligeramente discordante a los conglomerados del segmento inferior de la Formación Neiva. (Guerrero, 1993).

Esta unidad en la región de Neiva presenta niveles estratigráficos de buenos espesores permeables y porosos generando acuíferos libres y semiconfinados y donde se encuentra comúnmente aljibes y algunos pozos profundos.

- ⇒ *Grupo Huila.* El **Grupo Huila** es una unidad neógena de la Subcuenca de Neiva del Valle Superior del Magdalena, constituida por las formaciones Neiva y Gigante. El grupo en su conjunto aflora en el sector occidental de la ciudad, mientras la parte media y superior de la Formación Gigante, forman el sustrato de los depósitos cuaternarios sobre los que se desarrolla la Ciudad de Neiva al oriente del Río Magdalena y en muchos sectores aflora al ser destapada por erosión durante los diversos episodios que dan lugar a las terrazas.
- ⇒ En la columna estratigráfica levantada para este trabajo, la Formación Neiva, de origen aluvio-volcánico, se subdivide a su vez en los segmentos inferior, medio y superior.

La Formación Gigante, de origen volcánico mayoritariamente, constituye igualmente 3 conjuntos litológicos: uno volcánico con intercalaciones de conglomerados, uno intermedio de lito arenitas volcánicas y tobas de ceniza muy fina a lapilli y uno superior de conglomerados. Del conjunto superior solo aflora en el área donde fue levantada la sección la parte inferior, pero presenta excelentes afloramientos hacia el sector oriental de Neiva como en los predios del Batallón Tenerife.

Figura 3. Mapa geológico de la ciudad de Neiva Universidad Nacional de Colombia, 2005. Modificado Vargas- Gamboa, 2017



Se observan afloramientos al lado oriental y occidental del valle del río Magdalena, por las vías Aipe-Neiva, Neiva-Palermo y Neiva-Tello (Memorias de la Plancha 323 “Neiva”, Ferreira et al. 1998 En el área de la ciudad de Neiva se encuentran estas capas ya en posición horizontal a ligeramente inclinada (0° a 3° E). (Sarmiento-Guerrero, UN 2002).

⇒ *Formación Neiva.* La Formación Neiva (Ngn) es una unidad de carácter sedimentario, con alta predominancia de conglomerados y algunos paquetes de areniscas en capas gruesas a medias. En afloramientos dentro de la ciudad de Neiva posee un espesor de 220 m y de acuerdo con estudios realizados por la Universidad Nacional de Medellín y la Universidad Surcolombiana se divide en tres miembros, inferior, medio y superior.

El miembro inferior con un espesor de 35 m presenta una morfología sobresaliente por su granulometría predominantemente conglomerática, lo que permite diferenciarla fácilmente de las arcillolitas grises moteadas de rojo de la parte superior del Grupo Honda. Se caracteriza por capas gruesas conglomeráticas bien seleccionadas de cantos finos a gruesos y esporádicos bloques. Los clastos son redondeados a sub-redondeados y se componen de rocas ígneas intrusivas y volcánicas en un 70% con granitos, andesitas, tonalitas y riolitas principalmente. En una proporción de 20% clastos de rocas metamórficas con predominancia de neiss y cuarcitas y un 10% de rocas sedimentarias compuestas principalmente por cherts y limolitas silíceas. Posee también este segmento intercalaciones subordinadas de capas de litoarenita de grano medio, en una de las cuales se reportan concreciones ovaladas irregulares. Los clastos en los conglomerados se muestran en algunas capas claramente imbricados al NE, en otras capas esta imbricación es menos notoria, pero se conserva la dirección.

El segmento medio posee un espesor de 50 m y por sus características de conjunto arenoso contrasta morfológicamente entre los dos segmentos conglomeráticos. Se compone de arenitas líticas, arenitas conglomeráticas y capas de lodolitas negras físlas subordinadas. Las capas de arenitas son de color verdoso y amarillo con algunos niveles en los que se reportan guijos finos y medios flotantes.

El segmento superior de 140 m de espesor forma un relieve escarpado de capas gruesas de conglomerados polimícticos clastosoportados subredondeados, de moderada selección y con imbricación hacia el SE. Se componen principalmente de rocas ígneas intrusivas y volcánicas, siendo estas riolitas, andesitas y granitos, para un promedio de 75%. En menor grado están las rocas metamórficas con un 15% representada por neises y cuarcitas. Las rocas sedimentarias hasta en un 10% se componen principalmente de cherts y limolitas. La matriz de estos conglomerados son arenitas gruesas de coloración amarillo parduzco, friables y bastante meteorizadas. Intercaladas en el segmento se presenta niveles de litoarenita y arcosas.

Esta formación de acuerdo con sus características petrofísicas presenta acuíferos de caracteres confinados, semiconfinados y libres y es muy común la presencia de aljibes asociados a sus rocas y pozos profundos.

⇒ *Formación Gigante.* La Formación Gigante (Nggi), se presenta como una secuencia Vulcano-clástica conformada por niveles de ceniza volcánicas muy fina, arena, lapilli. Con delgadas intercalaciones de arenitas tobáceas de coloración blanca a gris, de grano muy fino a fino, compuestas principalmente por plagioclasa y fragmentos de pumitas.

La Formación Gigante, se divide en tres miembros de los cuales el superior e inferior presentan mayor aporte clástico, mientras que el segmento medio en el que predominan depósitos de arenitas volcánicas de coloración verdosa con guijos flotantes, aflora en algunas áreas de la ciudad.

El miembro inferior con un espesor de 95 m está conformado por capas gruesas de arenitas tobáceas, arenitas conglomeráticas y algunas capas de conglomerados polimícticos de guijos gruesos y cantos finos y gruesos, clastosoportados de buena selección. Las arenitas presentan desde la base una marcada influencia volcánica y el aspecto en el afloramiento es de coloración amarillo crema, amarillo quemado y verde.

Este segmento solo puede ser apreciado en el conjunto de colinas alargadas en el sector de Amborco al occidental de Neiva.

El segmento medio de la Formación Gigante Medio posee un espesor total de 140 m; es en este segmento donde se reconoce la predominancia de capas de tobas de ceniza fina, ceniza gruesa y tobas de lapilli. A la base se encontraron arenitas tobáceas y tobas de lapilli de coloración gris-verdosa y amarillo verdoso, bastante competentes y porosas. La estratificación es plana paralela a levemente ondulosa. También se registran capas de conglomerados polimícticos clastosoportados, en cuya matriz se evidencia una mayor influencia volcánica.

Se reportan hacia el tope de este segmento esporádicos niveles conglomeráticos matriz soportados de guijos y cantos finos, de composición ígnea (80%) con riolitas, basaltos y granitos, y rocas metamórficas (20%) de esquistos micáceos y cuarcitas. En los componentes ígneos de estos niveles se registran fragmentos subredondeados de tobas de la misma Formación Gigante. Algunos niveles de tobas de ceniza fina y muy fina poseen fragmentos de madera.

El segmento superior de la Formación con un espesor medido de 12m, el segmento superior de la Formación Gigante comienza en esta zona a partir de los 465. Se compone de capas muy gruesas de niveles conglomeráticos polimícticos clastosoportados, de cantos gruesos y finos redondeados a subredondeados, imbricados al SE, de moderada a buena selección. Los clastos son de composición principalmente volcánica (75%), metamórfica (20%) y sedimentaria (5%). Estos conglomerados poseen lentes de arenita subordinados con estratificación planar y cruzada y la matriz, al igual que los lentes se compone de litoarenitas medias a gruesas de color amarillo oscuro.

El segmento superior de la Formación Gigante aflora en el sector occidental de Neiva formando las primeras colinas contiguas al valle del Río Magdalena. Los afloramientos más cercanos al valle se encuentran subhorizontales y ya en este son erosionados. Al oriente de Neiva se reconocen subyaciendo al depósito cuaternario del Abanico de Neiva y se diferencia de este por la composición de los clastos, la mayor selección textural y la ausencia de matriz arcillosa. Afloramientos importantes se pueden reconocer por la Quebrada Avichente.

⇒ *Depósitos Cuaternarios de Neiva y Alrededores.* Los depósitos cuaternarios son diferenciados siguiendo criterios geomorfológicos (niveles de terraza) y sedimentológicos (tipo de material y área fuente). El depósito Cuaternario más antiguo es el Abanico de Neiva el cual se reconoce hacia el oriente de Neiva (Qan). Socavando este depósito se reconocieron los diversos niveles de terraza del Río Las Ceibas (Qtc 1 a 3).

Al Río Magdalena se le reconocieron 4 niveles de terraza (Qtm 470 a 440) y un amplio depósito de llanura aluvial (Qal). El Río del Oro y la Quebrada El Venado forman otros niveles de terraza que fueron generalizados como terrazas de otros drenajes (Qt).

⇒ *Terrazas del río Magdalena.* Con base en los estudios realizados por la Universidad Nacional sede Medellín se ha podido establecer que el Río Magdalena ha venido bajando su nivel de base en los últimos miles de años. Prueba de este hecho se encuentra en los niveles de terraza (4 niveles definidos) que deja el río, los cuales son más fácilmente identificables en su margen oriental a medida que va entallando su cauce. En la siguiente tabla se relacionan estas terrazas.

Tabla 2. Terrazas del Río Magdalena

TERRAZAS DEL MAGDALENA	CRONOLOGIA (relativa) Siendo 1 la más antigua y 4 la más reciente	RANGO m.s.n.m (En que encuentran)
Tm 470	1	470-460
Tm 460	2	460-450
Tm 450	3	450-440
Tm 440	4	440-430
CAUCE ACTUAL	-	423 aprox.

Estas terrazas se encuentran afectadas por procesos erosivos, en especial por la acción de una alta concentración de drenajes. Como respuesta a esto y a la misma naturaleza del material litológico que conforman las terrazas, se genera una fuerte disectación en ellas produciendo un cambio rápido en el modelamiento del paisaje.

La mayor parte del desarrollo industrial del sector sur de la ciudad de Neiva se da sobre las terrazas inferiores del Río Magdalena. Industrias importantes como Bavaria S.A se levantan sobre el nivel de terraza 440.

Otras industrias como Gaseosas Cóndor, Molino Roa y la Central de Surabastos en el nivel de terraza 450. Finalmente se pueden encontrar pocas urbanizaciones como El Cedral y Manzanares en el nivel de terraza 470. Sin embargo, las terrazas no solo se presentan en la margen oriental del Río Magdalena, hacia la parte occidental se han podido identificar las terrazas correlacionables, guiándose por la altura topográfica.

Litológicamente esta unidad está compuesta por capas gruesas de gravas de bloques de tamaños máximos de hasta 3 m, tamaños promedios de cantos gruesos de 10 cm y menores de guijos medios de 2 cm. Son depósitos clastosoportados con buena imbricación de los clastos en dirección al NNW. Composicionalmente es una de las unidades más heterogéneas debido a la misma naturaleza de su génesis. Se observan clastos de rocas graníticas, riolíticas, pórfidos andesíticos, brechas volcánicas, tonalitas, neis y algunos clastos de rocas sedimentarias como cuarzoarenitas y cherts. Los esporádicos bloques de 2 o 3 m son de composición granítica.

Los niveles de gravas presentan intercalaciones de capas gruesas lenticulares de arenitas líticas de grano muy grueso a medio, la gran mayoría con estratificación cruzada de bajo ángulo. Es común encontrar también dentro de estas capas arenosas, niveles “flotantes” de guijos finos a medios. El mayor espesor medido de las secciones estratigráficas fue de 12m en la margen W del río, correspondiente a un depósito de la Terraza 450 del Río Magdalena. Los procesos de meteorización no son dominantes en esta unidad, la gran mayoría de los depósitos se encuentran bien preservados.

4.2.3 Llanura actual del Río Magdalena.

El Río Magdalena en el área de Neiva se caracteriza por poseer dos estilos en su morfología fluvial. Al norte y al sur de Neiva constituye un sistema fluvial submeándrico a rectilíneo con una llanura estrecha y escasos depósitos en barras de punto, y por sectores a más de estar ampliando la llanura aluvial, erosiona el lecho formado por la parte media de la Formación Gigante.

En el área urbana de Neiva el río forma un sistema trenzado caracterizado por subdividirse en varios canales que se entrecruzan entre sí. Este régimen es típico de áreas donde existe disponibilidad de sedimentos, tal que el río no es capaz de removerlos y por lo tanto los redistribuye y va ampliando su valle, dejando islas vegetadas o no, que al cabo del tiempo son inestables. El río cambia continuamente su curso dependiendo de la disponibilidad de carga y de la capacidad de redistribución ahora controlada por la Represa de Betania. Al analizar la razón del aporte anómalo de sedimentos mediante las fotos aéreas se puede apreciar que el Río la Arenosa y la Quebrada Zanjón Hondo se caracterizan por una apreciable disponibilidad de material que proviene de las partes altas y constituyen el lóbulo activo poco desarrollado del Abanico de Rivera. Al no poder el río transportar aguas abajo la carga de sedimentos se transforma en un sistema trenzado. Este ejemplo de dinámica fluvial permite entender el esquema de relación entre los abanicos antiguos y la formación de las llanuras en los niveles de terrazas más amplias.

4.2.4 Depósitos Antrópicos.

Dentro del área urbana del municipio de Neiva existe una amplia ocurrencia de depósitos antrópicos, de composición y estratigrafía heterogénea, espesor y extensión variada. El paisaje disectado por los procesos erosivos naturales sobre el Abanico de Neiva y los sistemas de Terrazas del Río Magdalena ha hecho que se efectúen rellenos sanitarios para estabilizar o adecuar drenajes de ahí su distribución irregular y distinta evolución temporal, en función de la ocupación y desarrollo urbano de una ciudad que actualmente tiene 404 años. No obstante, estos depósitos tienen una menor ocurrencia comparados con las unidades geológicas antes descritas. Estos depósitos artificiales creados por el hombre han sido reconocidos sectorialmente en estudios previos (Servicios Geológicos Integrados SGI 2003, Reyes 2005a y 2005b). Debido a los alcances del presente trabajo solo se identificaron y cartografiaron algunos depósitos nuevos de manera general, como se indica en el mapa geológico mediante el símbolo Dan.

Los depósitos antrópicos evidenciados son acumulaciones de materiales sólidos, heterométricos y de origen mixto, integrados principalmente por fragmentos de rocas y sedimentos areno-lodosos escombros de ingeniería (residuos de edificaciones y vías, predominantemente, basuras (materia orgánica, plásticos, vidrios, materiales metálicos, etc.) y materiales de descapote (restos vegetales y suelos residuales), que han sido dispuestos para efectuar nivelaciones del terreno o conformar terraplenes como sustrato de fundación de viviendas, conjuntos residenciales, rasantes para vías, escenarios deportivos o crear terrazas en zonas de taludes. Según lo manifiesta el geólogo Germán Reyes M. se ha observado en amplios sectores del sur (zona industrial), al norte y oriente de la ciudad, que los materiales arriba descritos son dispuestos, en su mayoría en forma progresiva, sobre terrenos ligeramente ondulados, áreas planas bajas o directamente sobre canales (drenajes) naturales, por voluntad de los dueños de los predios. Estos sitios se constituyen en escombreras que pueden durar hasta varios años expuestas a la intemperie para alcanzar algún grado de compactación por lavado de las aguas lluvias. Posteriormente, la superficie del terreno es homogenizada mediante motoniveladora y los lotes son desarrollados urbanísticamente, sin la aplicación de ningún tipo de compactación, confinamiento o implementación de sistemas de subdrenaje.

Para ejemplificar lo anterior se cita el principal lleno de la microcuenca de la quebrada La Cabuya, localizado a partir del conjunto campestre Altos de Igatemi, en la parte posterior de los conjuntos Paseo de la Castellana, Terrazas de Bizancio, el condominio Portal del Campo y la urbanización Almería al oriente de la ciudad. Para efectuar estas fundaciones se rellenó la parte superior del cauce natural de la quebrada La Cabuya; por lo tanto, actualmente no es posible reconocer su cauce, conforme a la cartografía oficial de Neiva. Esta información fue obtenida de la cartografía geológica elaborada a escala 1:2.000 (Reyes 2005b) y de las exploraciones efectuadas en el estudio geotécnico (Reyes 2005a). Otro de ellos conforma el suelo de fundación de las nuevas viviendas del Barrio La Orquídea, en la parte oriental de la ciudad, sobre la cota 510 msnm de la vertiente norte de la Quebrada La Toma, en donde se evidencian que los materiales constitutivos del depósito provienen de áreas de préstamo del Abanico de Neiva. Por otra parte, en las zonas de bordes del oriente de la ciudad, es decir sobre los taludes y laderas adyacentes a los drenajes urbanos, los residentes han recurrido a la utilización de rellenos para crear terrazas ampliar el área de sus viviendas, cuyas ocupaciones son también inadecuadas desde el punto de vista geotécnico.

5 EXPLORACION GEOLOGICA, GEOFISICA, Y PERFORACION

Para la realización de este proyecto fueron ejecutadas las 5 fases propuestas en el anteproyecto aprobado enfatizando en la caracterización hidrogeológica del campus universitario y del pozo USCO-1.

5.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio está ubicada en la Sede central de la Universidad Surcolombiana, Avenida Pastrana Borrero - Carrera 1 de la ciudad de Neiva, el pozo de agua USCO-1, se encuentra situado en el sector Occidental del campo de futbol (Figura 4); y posee las siguientes coordenadas geográficas con origen Bogotá:

NORTE 817311

ESTE 863797

ALTURA 431m

La zona donde se perforo el Pozo Usco-1 está conformada por una cobertura vegetal de rastrojo y árboles de bosque secundario con temperaturas que oscilan entre las mínimas de 25.9 °C y temperaturas máximas de 30.8 °C, y que van en aumento.

Figura 4. Ubicación del pozo de agua USCO-1



Fuente: Recopilación mapas satelitales y Autor

5.2 GEOLOGIA DEL CAMPUS UNIVERSITARIO

La Sede Central de la Universidad Surcolombiana está conformada estratigráficamente por depósitos volcánicos – sedimentarios pertenecientes a la formación gigante medio y depósitos aluviales recientes correspondientes a los niveles de las terrazas más bajas del río Magdalena.

Fue elaborada la cartografía geológica a escala 1:5.000 y debido a la falta de afloramientos, fueron tomados datos litológicos de las construcciones realizadas para el edificio de Economía y Artes, así también en el área del campo de fútbol fue realizada una trinchera con el objeto de tener un registro litológico de esta área, finalmente fue complementada la información hidrogeológica con el registro de logging del Pozo USCO-1, el cual se encuentra dentro de los archivos del Laboratorio de Rocas de la Universidad Surcolombiana. (Véase figura 3 y Plano Geológico en bolsillo).

5.2.1 Formación Gigante Medio (Tgi).

Esta Unidad Litológica aflora en el sector occidental de la Universidad Surcolombiana y se presenta como una franja alargada de dirección norte–sur, y hacia el occidente del Campus Universitario. En el sector del Pozo USCO-1, fueron identificados dos niveles litológicos de la Formación Gigante Medio que de base a tope son:

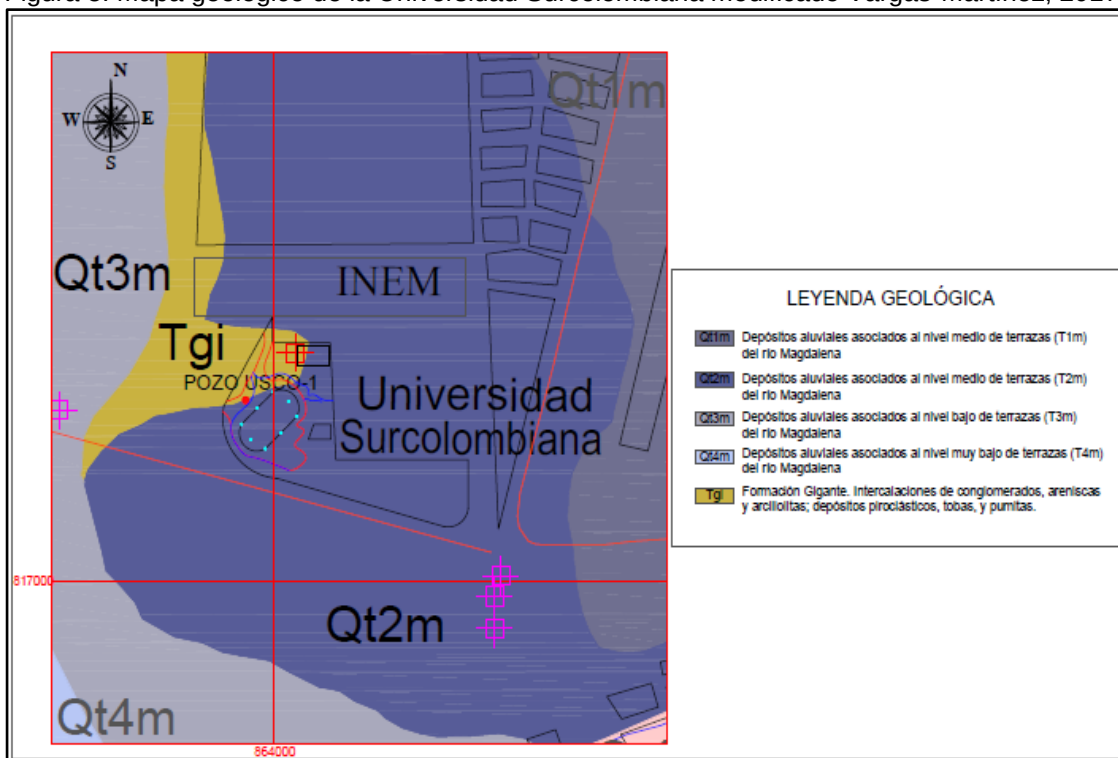
Hacia la Base de esta Unidad en los predios de la Universidad aflora una secuencia de conglomerados de color gris claro amarillento oxidados y texturalmente conformados por fragmentos de cantos rodados (60%), guijas (10%), guijarros (15%), y gránulos (15%), de formas subredondeadas, embebidos en una matriz arenosa y cementados con óxidos de hierro. El espesor observado para esta sección litológica es de uno a dos metros. La caracterización hidrogeológica de los conglomerados, los muestran con buena porosidad y permeabilidad generando un buen acuífero.

Suprayacen a estos conglomerados unos niveles de rocas piroclásticas conformadas por lapilli, arena volcánica y ceniza de color gris claro, localmente amarillento oxidado, gran parte de los fragmentos corresponden a pumitas de composición andesítica.

Fotografía 1. Formación Gigante medio (Tgi) en el Campus Universitario



Figura 5. Mapa geológico de la Universidad Surcolombiana modificado Vargas-Martínez, 2017



5.2.2 Terraza Muy Baja del Rio Magdalena (Qt4m).

En el sector suroccidental del Campus Universitario aflora el nivel más antiguo de terrazas aluviales del rio Magdalena y corresponden litológicamente a un paquete estratificado de conglomerados de color gris claro a amarillento conformado por fragmentos heterogéneos de bloques, cantos, guijas, guijarros y gránulos embebidos en una matriz arenosa, composicionalmente pertenecen a rocas ígneas acidas, rocas metamórficas y sedimentarias.

5.2.3 Terraza Baja del Rio Magdalena (Qt3m).

Aflora en una franja de dirección norte sur hacia el occidente del campus universitario y está conformada litológicamente por conglomerados polimícticos con lentes y arenas, los estos lentes son de colores gris claros y texturalmente conformados por granos gruesos a medios de formas subredondeadas y regularmente seleccionados. Estos lentes son excelentes acuíferos ya que poseen buenas propiedades petrofísicas de porosidad y permeabilidad.

5.2.4 Terraza Media del Rio Magdalena (Qt2m).

Esta Unidad Litológica ocupa en superficie el 80% del Campus Universitario en la parte central y oriental y está conformado por una alternancia de conglomerados con capas lenticulares de areniscas. Este nivel fue observado en la construcción de las bases del Edificio de Artes según registro del Museo Geológico y del Petróleo. Se presenta como una superficie plana de forma tabular y está conformada en mayor proporción por conglomerados de colores grises a cafés y texturalmente se presentan fragmentos de bloques (5%), cantos rodados (60%), guijas (20%), guijarros (5%), y gránulos (10%), embebidos en una matriz de arena gruesa. Estos conglomerados presentan buena porosidad y permeabilidad y hacen parte del acuífero que surte muchos aljibes del sector norte de Neiva.

Las areniscas se presentan en capas de forma lenticular y está conformado por granos de tamaño grueso a medio de formas subredondeadas a subangulares, presentan buena porosidad y permeabilidad considerándose un excelente acuífero de la zona.

5.2.5 Terraza Alta del Rio Magdalena (Qt1m).

Esta Unidad Litológica aflora en el sector oriental del mapa (Véase Fig.5 y Plano 2). Esta Unidad aflora en algunos sectores del Aeropuerto Benito Salas observándose solo algunos niveles de conglomerados policéntricos en forma de capas tabulares de estratificación media gruesa.

5.2.6 Depósitos Antrópicos.

Dentro de los predios de la sede central de la Universidad Surcolombiana se presentan algunos depósitos de carácter antrópico no cartografiarles a la escala del mapa y localizados en los sectores aledaños a la Facultad de Economía, Coliseo Cubierto y los talleres de Servicios Generales y se presentan como restos de material de construcción conformado por ladrillos muy fragmentados, concreto, elementos metálicos, entre otros.

5.3 DESCRIPCIÓN DE LA TRINCHERA USCO – 2

Con el objeto de conocer con mayor detalle las características litológicas presentes en el sector de Pozo USCO-1, fue realizada para este trabajo la excavación de una trinchera realizada en el costado Norte del campo de fútbol y con una longitud de 5.50 metros y un ancho 1.20 metros. Este trabajo se ejecutó en el mes de octubre del 2015 y en él se efectuó el levantamiento estratigráfico y fueron tomadas muestras para análisis petrográfico.

A continuación, se presenta la Descripción litológica de la trinchera levantada.

- ⇒ *Nivel 1.* 0 - 0.10 metros, corresponde a un suelo residual de color gris oscuro a negruzco, estructura en grumos, terroso, frágil, blando, de textura franco-arenosa, composicionalmente corresponde a fragmentos y granos de cuarzo limolita, sílicea y chert embebidos en una matriz limoarcillosa. Altamente bioturbado con raicillas y restos de organismos.
- ⇒ *Nivel 2.* Con un espesor de 0.09 metros, corresponde a un material de relleno antrópico compuesto por un depósito heterogéneo de color gris claro de aspecto blando, compuesto texturalmente por fragmentos de guijarros, guijas y

gránulos de rocas sedimentarias silíceas y residuos alargados de ladrillos y cerámica embebidos en una matriz arenosa parcialmente bioturbada.

- ⇒ *Nivel 3.* Con un espesor de 0.12 metros, está formado por un depósito coluvial de color amarillo pardo blando, compuesto por fragmentos de rocas ígneas metamórficas y sedimentarias embebidos en una matriz areno arcillosa.
- ⇒ *Nivel 4.* Con un espesor de 0.12 metros, está conformado por un depósito de origen piroclástico de color gris claro, localmente amarillento oxidado. Texturalmente está compuesto por fragmentos de lapilli, y arena volcánica embebidos en una matriz areno-arcillosa, gran parte de los fragmentos corresponden a pumitas de composición andesítica.
- ⇒ *Nivel 5.* Con un espesor de 0.12 metros, corresponde a un depósito aluvial conformado por conglomerados de color gris amarillento compuesto texturalmente por guijas, guijarros y gránulos de formas subredondeadas a angulares, mal seleccionados embebidos en una matriz arenosa, este depósito es blando poroso y permeable.
- ⇒ *Nivel 6.* Con un espesor de 1m, corresponde a un depósito piroclástico de color gris claro conformado texturalmente por bombas, lapilli embebidos en una matriz de arena volcánica, el depósito es duro cohesivo y de composición andesítica.

Fotografía 2. Trinchera USCO-2 con los diferentes niveles estratigráficos



5.4 SONDEOS GEOELECTRICOS

Para la perforación del pozo USCO-1 la compañía EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS de Carlos Rubio, realizo dos (2) sondeos geoelectricos en el área de aledaña al campo de futbol, para determinar las resistividades de las diferentes capas presentes en el subsuelo de la zona.

Para la realización de los sondeos se contó con el apoyo del personal de trabajo de la empresa C.A. Rubio. A continuación, se describe la metodología con la cual se desarrolló el trabajo de campo, desde la localización de los sondeos hasta la obtención de los resultados.

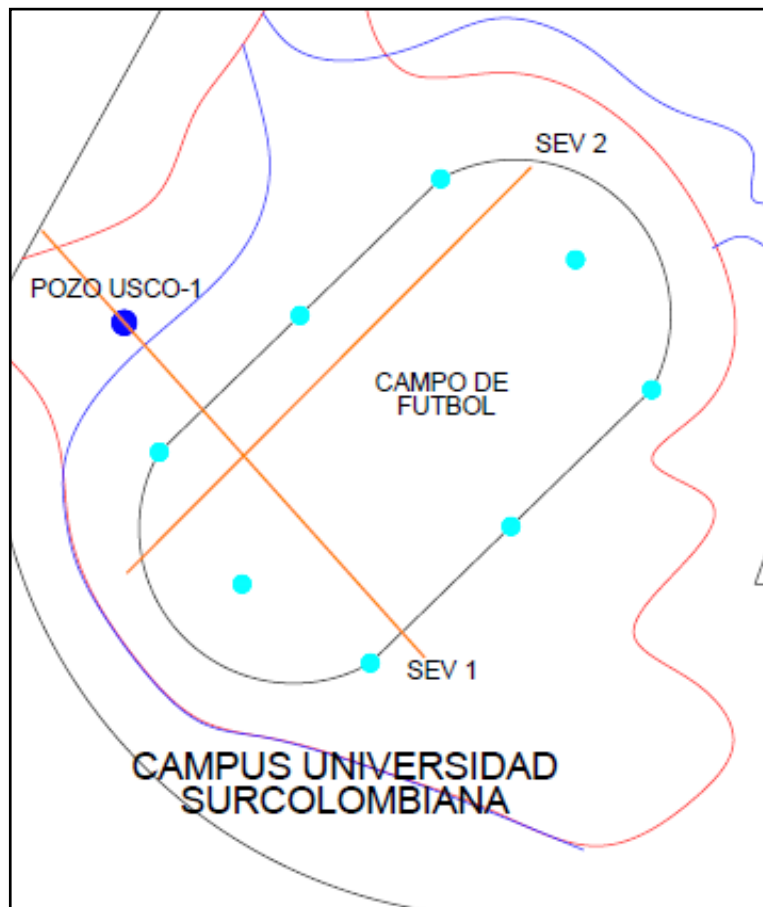
5.4.1 Localización de los sondeos.

Los sondeos se realizaron a lo ancho y largo de la cancha de futbol como se muestran en la figura 6. Cada sondeo tuvo una longitud total de 150 metros entre ala y ala, y orientación 'paralela al rumbo de las capas de la formación Gigante que afloran en la zona. En la Figura 6 se observa la ubicación de los sondeos y en la Tabla 2 se muestran las coordenadas correspondientes a la ubicación de estos.

Tabla 3. Localización de los Sondeos Geoelectricos

SONDEO	LOCALIZACION		ALTURA
	ESTE	NORTE	
SEV 1 P1	863775	817318	460
SEV 1 P2	863870	817197	459
SEV 2 P1	863787	817251	458
SEV 2 P2	863897	817351	457

Figura 6. Ubicación y orientación de los Sondeos geoelectricos verticales (SEV)

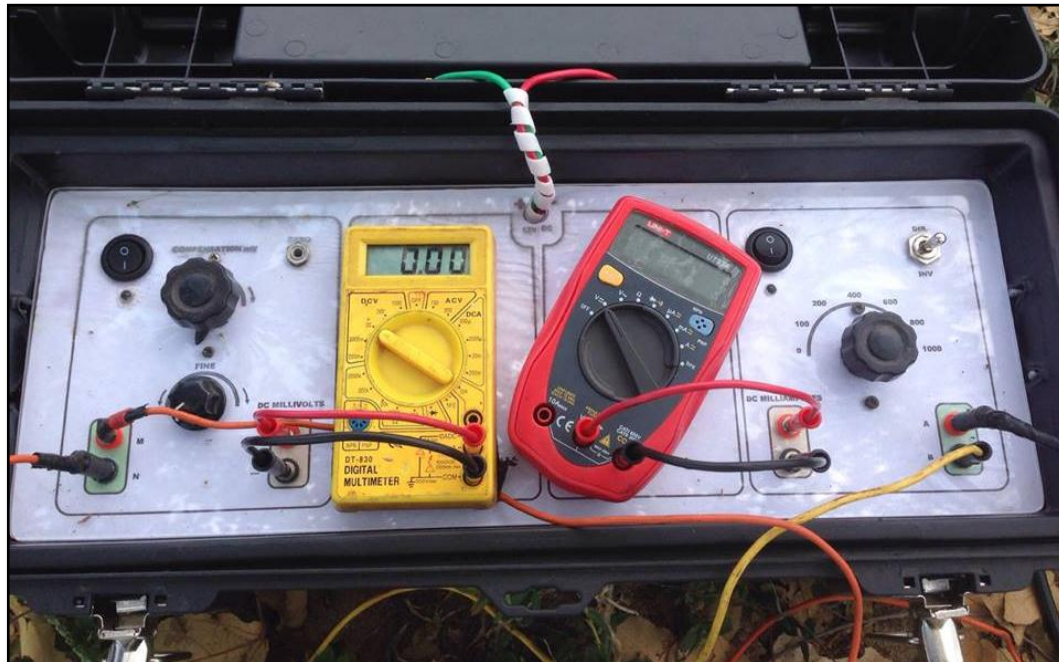


5.4.2 Equipos.

El tipo de dispositivo utilizado corresponde a la configuración Schlumberger. En la Fotografía 3, se muestra el equipo de medición, el cual consta de dos multímetros, uno en el cual se lee el diferencial de potencial (izquierda) y otro en el que se mide la corriente aplicada (derecha) los cuales se acoplan en la caja de mando o control.

En la parte superior de la caja se conectan dos cables provenientes de la fuente de poder, que en este caso es la batería de un vehículo, mientras que en su interior cuenta con una batería de seis voltios (6V).

Fotografía 3. Equipo utilizado para sondeos geoelectricos, ing. C.A. Rubio



El arreglo en general está compuesto por cuatro varillas metálicas, las cuales cumplen la función de electrodos, cuatro carretes de cable de una longitud aproximada entre ciento cincuenta y trescientos metros, cada uno, cuatro pinzas que se usan para conectar los cables de los carretes a las varillas, y cuatro cables de aproximadamente un metro de largo que son utilizados para conectar el cable de los carretes a la caja de mando.

5.4.3 Procedimiento.

Después de desplazar todos los equipos hasta el punto escogido para la realización del sondeo, se clavan los cuatros varillas en la primera posición, con ayuda de un martillo, verificando que estas queden bien enterradas y mojando la zona en la que fueron enterradas con un poco de agua para mejorar la conducción. Por medio del cable de dos de los carretes se conectan las varillas del centro, conocidas teóricamente como electrodos M y N, al lado izquierdo de la caja de mando, permitiendo leer en el multímetro el diferencial de potencial en milivoltios (mV), mientras que las varillas de los extremos o alas, denominadas electrodos de corriente A y B, se conectan al lado derecho de la caja, para así leer con el multímetro la corriente en miliamperios (mA).

Antes de encender la fuente de poder (batería) es importante revisar que todos los puntos del sistema estén bien conectados y tengan continuidad. Se enciende el interruptor y se leen y registran los valores de voltaje y corriente para la primera medida de AB/2, se apaga la fuente, se procede a desenterrar las varillas y a llevarlas hasta la segunda medida de AB/2, donde serán enterradas para repetir el procedimiento, hasta la longitud de AB/2 deseada, para este estudio la amplitud máxima de AB/2 fue de 75 metros.

5.4.4 Resultados.

Con los datos recolectados en campo, correspondientes al voltaje (mV) y corriente (mV) para cada longitud AB/2 (m), se calcula la constante geométrica mediante la ecuación 5, correspondiente al arreglo Schlumberger.

De igual manera, la resistividad aparente (ρ_a) es calculada al reemplazar el valor de K en la ecuación 4. Para el cálculo de las profundidades de las capas y sus respectivas resistividades se utilizó el software IPI2Win, los resultados se observan en los Anexos 6, 7, 8 y 9.

5.4.5 Interpretación de los resultados.

Para la determinación de la litología fue necesario realizar un levantamiento estratigráfico en la zona tanto para realizar el perfil como para determinar los valores base de resistividad correspondiente a cada capa.

Los resultados obtenidos en el software IPI2WIN se resumen en la Tabla 3 y Tabla 4, donde se observan la resistividad (ohm-m), la profundidad (m), el espesor (m) y la descripción litológica de cada una de las capas presentes en cada punto.

De manera empírica se determinó que la profundidad de penetración total de la corriente eléctrica para cada uno de los sondeos fue de aproximadamente 60 metros.

A continuación, se realiza la descripción de cada una de las capas encontradas en dichos perfiles, a partir de la interpretación geoeléctrica y su relación con la geología.

- ⇒ *Capas A.* Se correlacionan con el material del suelo residual. Estas capas no están saturadas de agua y su espesor se interpreta menor de 1 metro.
- ⇒ *Capa B.* Se interpretan como capas de conglomerados, areniscas y niveles de arcillolitas. Con un espesor aproximado de diez metros. Presentes en los dos sondeos.
- ⇒ *Capas C.* Se correlaciona con una capa de conglomerados, con un valor de resistividad alto. En el SEV 1 el valor de la resistividad de esta capa está influenciado por agua, mostrando un valor mayor.

Tabla 4. Resultado Sondeo Geoelectrico SEV-1

CAPA	RESISTIVIDAD ohm-m	PROFUNDIDAD M	ESPESOR M	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
A ₁	11	0.9	0.9	Suelo residual
B ₁	25	6	5.1	Conglomerados, arenas y arcillolitas
C ₁	45	12	5	Conglomerados, arenas acuífero
D ₁	40	30	18	Capa de conglomerados y capas de arenas
E ₁	55	60	30	Conglomerados, arenas acuífero

Tabla 5. Interpretación Sondeo Geoelectrico SEV-2

CAPA	RESISTIVIDAD ohm-m	PROFUNDIDAD m	ESPESOR M	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
A ₁	15	0.7	0.7	Suelo residual
B ₁	32	10	9.3	Conglomerados, arenas y arcillolitas
C ₁	50	12	2	Conglomerados, arenas acuífero
D ₁	40	30	18	Capa de conglomerados y capas de arenas y piroclastos
E ₁	60	70	40	Conglomerados, arenas acuífero

- ⇒ *Capa D.* Correspondiente a una capa de conglomerados o grava y niveles de arenas y piroclastos. Esta capa se encuentra en los dos sondeos realizados con un espesor promedio de 18 metros.
- ⇒ *Capa E.* Correspondiente a una capa de conglomerados haciéndose notoria en los sondeos 1 y 2. Se considera acuífero. En total se identifican cinco capas litológicas correspondientes a rocas sedimentarias clásticas pertenecientes a la formación Gigante medio y depósitos aluviales del río Magdalena.

6 DESCRIPCIÓN DEL POZO USCO-1

La perforación del Pozo de agua se inició el 25 de abril de 2006 y finalizó el 12 de mayo de 2006. La perforación estuvo a cargo del Geólogo Carlos Adán Rubio Luna como contratista, El registro logging y el levantamiento estratigráfico fue realizado por el Geólogo Roberto Vargas con el apoyo de los estudiantes del curso de petrología sedimentaria en el curso 2006-A. En la (fotografía 7) se puede observar el equipo utilizado en la perforación del pozo. Para el presente trabajo realizado por la estudiante Bernarda Martínez de Gamboa fueron retomados los ripios de perforación almacenados en el laboratorio de rocas y reconstruida la columna estratigráfica la cual se presenta inédita para este trabajo lo cual se considera un gran aporte científico para el conocimiento de la Geología de la Universidad Surcolombiana.

Fotografía 4. Inicio del Trabajo de Perforación del Pozo Usco-1



6.1 ESTRATIGRAFIA

En el área donde se perforó el Pozo USCO-1 con una profundidad de 47 metros, afloran rocas sedimentarias clásticas y piroclásticas de la formación Gigante medio y depósitos Aluviales correspondientes a la denominada Terraza 2 del río Magdalena.

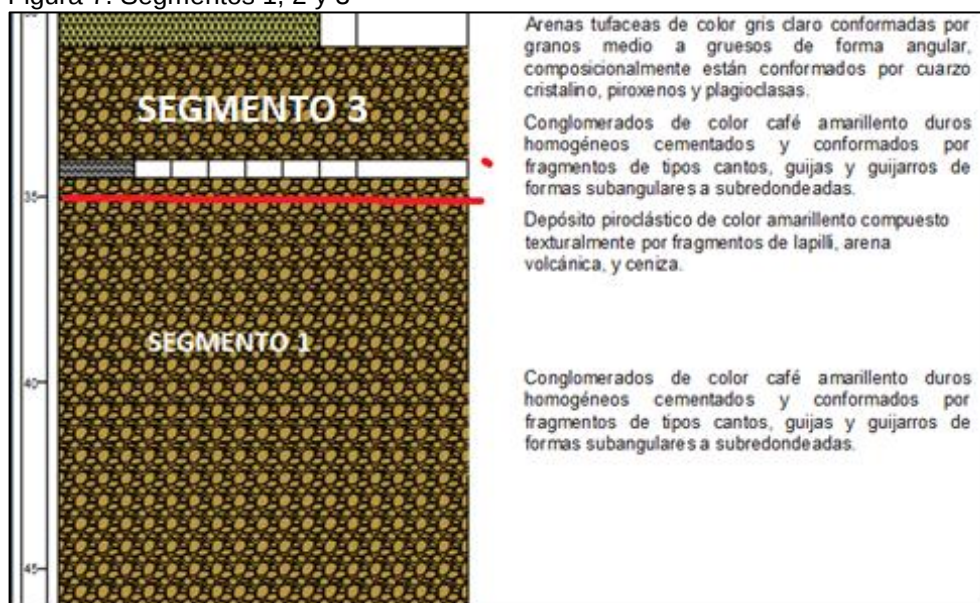
En la perforación del Pozo USCO-1 fue realizado el loggin por parte del área de Geología adscrita al programa de Ingeniería de Petróleos, con la colaboración de los estudiantes de la asignatura "Petrología Sedimentaria" de este programa.

Después de tener el registro del loggin del pozo, fue muestreado cada 40 cm y posteriormente estas muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Rocas de la Facultad de Ingeniería. Para este trabajo fueron retomadas dichas muestras y analizadas nuevamente en compañía de la Especialista Bernarda Martínez de Gamboa, candidata a la Maestría. A continuación, se presenta la descripción estratigráfica del Pozo USCO-1 de la cual se describe de base a techo (de fondo a tope).

⇒ Segmento 1. De 47 a 35 metros se presenta una secuencia de Conglomerados en capas de estratificación gruesa de color café amarillento, duros, homogéneos, cementados, y conformados texturalmente por fragmentos de tipo (cantos 30%, Guijas 50%, Guijarros 15%, y Gránulos 5%, de formas subredondeadas y puntualmente subangulares embebidos en una matriz de arena gruesa.

Composicionalmente estos fragmentos están conformados por Rocas de metamorfismo regional (Gneises y Anfibolitas), Rocas ígneas Intrusivas (Granitos, Granodioritas) y Rocas ígneas extrusivas (Riolitas, Dacitas). Este segmento según los estudios de geofísica y el análisis de los ripios de perforación fue considerado como un acuífero confinado y se programó como productor. (Véase figura 7).

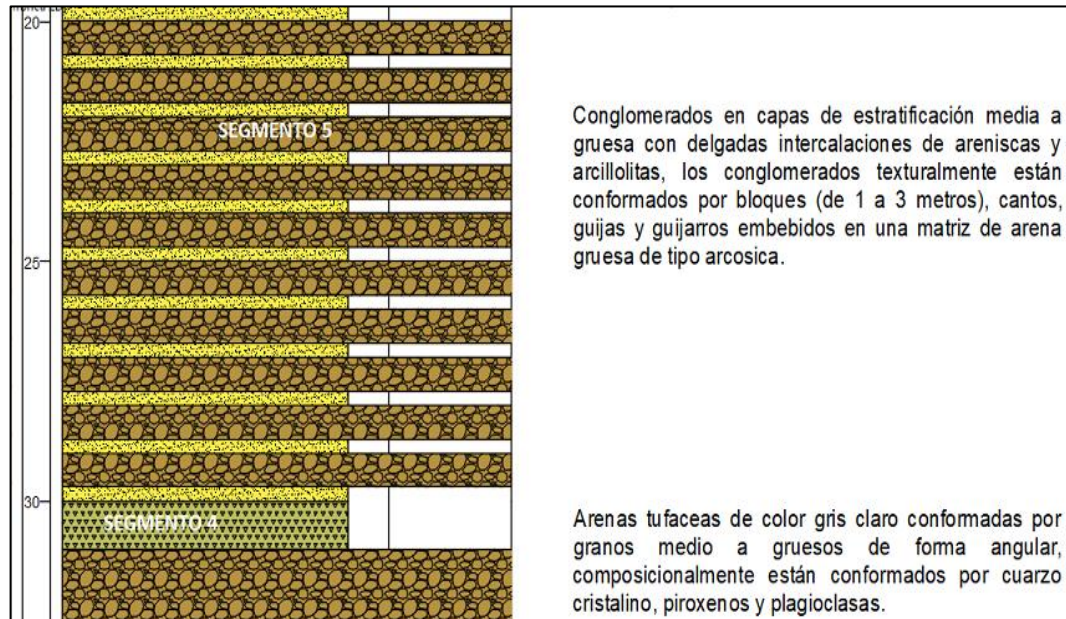
Figura 7. Segmentos 1, 2 y 3



- ⇒ Segmento 2. De 35 a 34 metros aflora una sucesión de capas de depósitos piroclásticos de color amarillento a blanco compuestos texturalmente por fragmentos de Lapilli hacia la base gradando a arena volcánica y hacia la tope ceniza volcánica. Esta capa se comporta como un sello del acuífero confinado del Segmento 1. (Véase figura 7).
- ⇒ Segmento 3. De 34 a 31 metros se presenta una capa de conglomerados de color gris claro amarillento, duros, homogéneos, parcialmente cementados y conformados por fragmentos de tipo cantos 10%, Guijas 80%, y Gujarros y Gránulos 10% de formas subangulares a subredondeadas y conformados composicionalmente por rocas de tipo metamórfico en mayor proporción. Este segmento se comporta también como una unidad Hidrogeológica de tipo Acuífero confinado y el completamiento también fue programado para su producción. (Véase figura 7).
- ⇒ Segmento 4. De 31 a 30 metros se presenta como una capa de arenas tufaceas de color gris claro conformadas por granos medio a gruesos de forma angular, composicionalmente están conformados por cuarzo cristalino, piroxenos y plagioclasas.

- ⇒ *Segmento 5.* (de 30m a 20m). Conglomerados en capas de estratificación media a gruesa con delgadas intercalaciones de areniscas y arcillolitas, los conglomerados texturalmente están conformados por bloques (de 1 a 3 metros), cantos, guijas y guijarros embebidos en una matriz de arena gruesa friable de tipo arcósica.

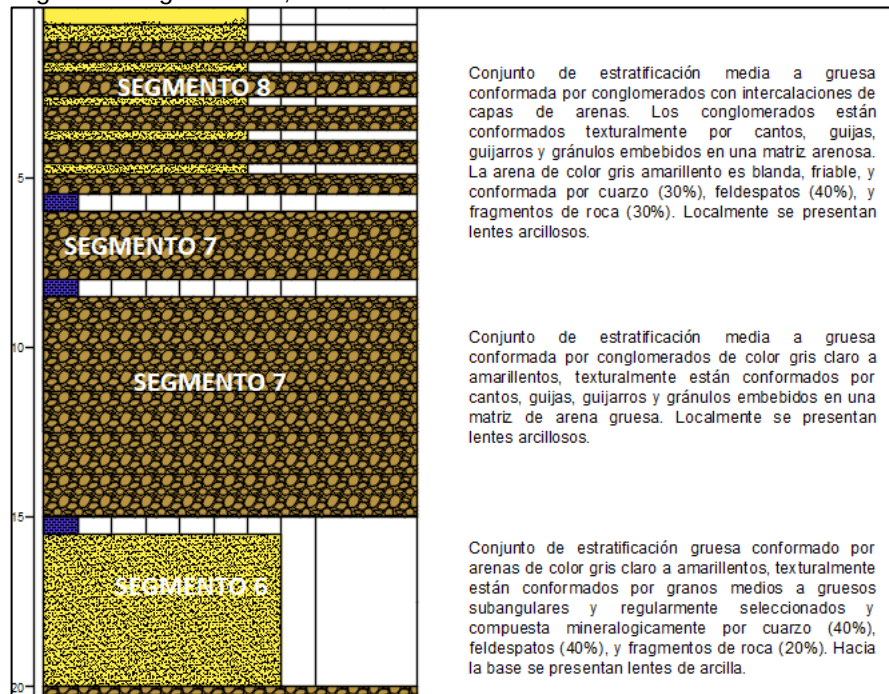
Figura 8. Segmentos 4 y 5



- ⇒ *Segmento 6.* (de 20m a 15m) Conjunto de estratificación gruesa conformado por arenas de color gris claro a amarillentos, texturalmente están conformados por granos medios a gruesos subangulares y regularmente seleccionados y compuesta mineralógicamente por cuarzo (40%), feldespatos (40%), y fragmentos de roca (20%). Hacia la base se presentan lentes de arcilla.
- ⇒ *Segmento 7.* (de 5m a 15m) Conjunto de estratificación media a gruesa conformada por conglomerados de color gris claro a amarillentos, texturalmente están conformados por cantos, guijas, guijarros y gránulos embebidos en una matriz de arena gruesa. Localmente se presentan lentes arcillosos.

⇒ *Segmento 8.* (de 5 a 0,9m) Conjunto de estratificación media a gruesa conformada por conglomerados con intercalaciones de capas de arenas. Los conglomerados están conformados texturalmente por cantos, guijas, guijarros y gránulos embebidos en una matriz arenosa. La arena de color gris amarillento es blanda, friable, y conformada por cuarzo (30%), feldespatos (40%), y fragmentos de roca (30%). Localmente se presentan lentes arcillosos.

Figura 9. Segmentos 6, 7 Y 8



⇒ *Segmento 9.* De 0,9m a 0m Suelo Residual, se presentan los horizontes A y B del suelo suprayaciendo un depósito de material de relleno antrópico con un espesor de 0,05m. El horizonte A con un espesor de 0,3m de color gris oscuro a negruzco, bioturbado, con raicillas y restos de organismos, presenta una textura francoarenosa. El horizonte B con un espesor de 0,45m, está conformado por un material de color café oscuro a negruzco, de textura francoarenosa, y se observan algunos fragmentos de tipo gránulos.

6.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL POZO USCO-1

El geólogo Carlos Adán Rubio Luna, dueño de la empresa encargada de realizar el trabajo de perforación y completamiento: RA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS E.S.P. S.A., denomina al pozo ubicado cerca del campo de fútbol de la Universidad Surcolombiana como USCO-1, iniciando las actividades de perforación el 25 de abril de 2006 y finalizando el 12 de mayo del mismo año con un costo global de \$ 37.180.000.

El geólogo Rubio, quien a lo largo de años ha colaborado con la Facultad de Ingeniería, realizó un convenio de cooperación con la USCO aportando para la operación de perforación y completamiento la suma de \$21'000.000.

Con la presencia del Consejo Superior Universitario, la administración central e invitados especiales, el Pozo USCO 1 fue inaugurado oficialmente el 19 de Abril del 2006, generando expectativa ya que al destape de la válvula el pozo fue tipo artesiano.

El pozo fue entregado oficialmente por el Geólogo Carlos Adam Rubio y la Facultad de Ingeniería por medio del Profesor Luis Humberto Orduz, quien fue el interventor del Pozo USCO-1, solicitó a la administración de la Universidad Surcolombiana la construcción de la red para distribuir y aprovechar el agua de pozo.

Así también quedó estipulado que la Universidad Surcolombiana, debería tramitar ante la CAM el permiso de explotación y aprovechamiento del agua subterránea del pozo, ya que lo tramitado hasta ese momento por el Geólogo Rubio fue el permiso de exploración. Para el año 2008 se adecuó el pozo para irrigar el campo de fútbol y se instaló el sistema de riego diseñado por el ingeniero Miguel Cifuentes.

6.2.1 Completamiento del Pozo USCO-1.

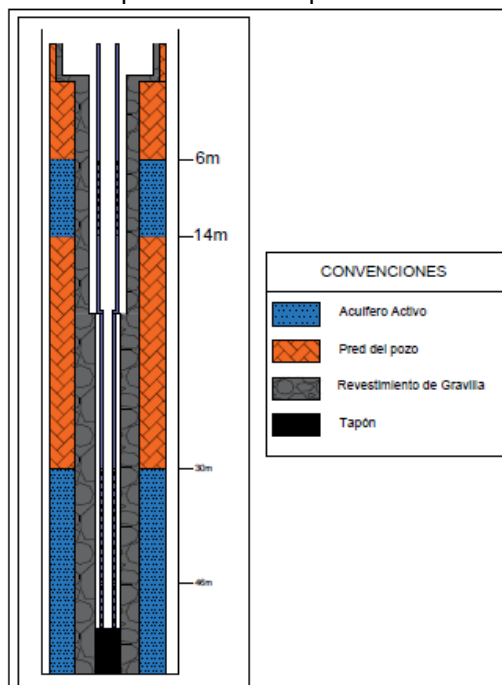
Este pozo cuenta con una profundidad de 47 metros y un diámetro de 20 cm aproximadamente y contiene 2 acuíferos activos entre los 6-14m, y 30-46m (como se observa en la Figura 7), dadas estas condiciones el proceso del completamiento del pozo se enfoca en proporcionarle estabilidad, aislando las zonas de pérdidas de circulación del fluido y formaciones con gradientes de

presión significativamente diferentes, para mantener el equilibrio y evitar que las formaciones sueltas se derrumben dentro del pozo

Fotografía 5. Tubería utilizada en la perforación del Pozo



Figura 10. Estructura del completamiento del pozo USCO-1 Vargas-Martínez, 2017



La configuración del completamiento del pozo fue la siguiente:

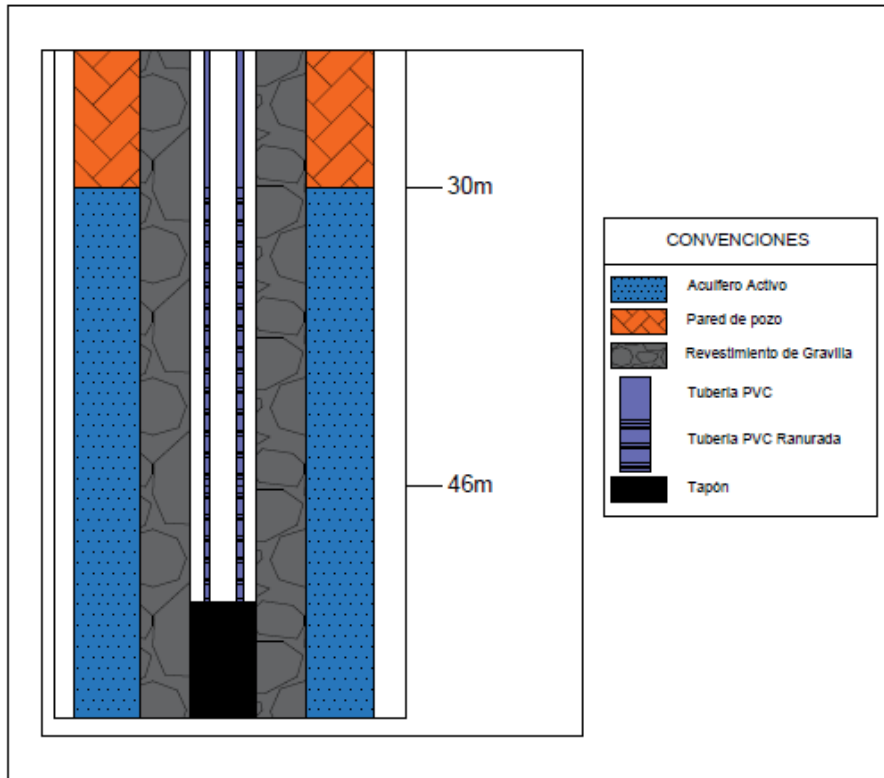
Como se observó en la Figura 7 que en la parte superficial se construyó una base de cemento de 15 cm de ancho con 50 cm de largo. Un revestimiento inicial de Gravilla desde la superficie hasta los 18m de profundidad por medio de una tubería de 6".

El tramo final es a partir de los 18m hasta los 42m, se disminuyó el diámetro del hueco a 4" proporcionando mayor grosor al empaque de grava. El fondo del pozo fue sellado con un tapón ciego, como se mostró en la Figura 7.

6.2.2 Tubería de producción.

Como se aprecia en la Figura 8 básicamente se utilizaron dos tipos de tuberías en la sarta de producción: tubería de PVC de 6" y 4", y tubería de PVC ranurada de 6" y 4". Estas últimas fueron situadas en las zonas de los acuíferos activos para facilitar el drenaje del líquido por medio de una bomba hidráulica (Jacuzzi – Ref.: AP-4008).

Figura 11. Estructura del fondo del pozo USCO-1 Vargas-Martínez, 2017



6.2.3 Mantenimiento general del Pozo USCO 1 año 2016.

La Facultad de Ingeniería por intermedio del Museo Geológico y del Petróleo, solicitó en varias ocasiones la adecuación de la infraestructura del pozo para que el agua producida pudiera ser distribuida a los diferentes servicios de la sede central de la Universidad Surcolombiana, igualmente se había solicitado el mantenimiento del pozo y su legalización ante la CAM.

En el año 2015 la Universidad Surcolombiana saca a concurso de méritos público para el mantenimiento del pozo USCO-1, en la cual se presentaron las empresas RA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS E.S.P. S.A. De propiedad del Geólogo Carlos Adán Luna quien fue la persona que perforo el pozo en el año 2006, también se presentó la empresa INGENIERÍA AGUAS Y POZOS S.A.S.

La Facultad de Ingeniería por intermedio del Museo recomendó adjudicar el contrato al Geólogo Rubio por las siguientes razones:

- ⇒ Fue la persona que perforo el pozo en el año 2006, instalo todas las facilidades de completamiento, como también ocasionalmente visitaba el pozo para realizar el monitoreo y aforo del pozo.

⇒ La cotización y el presupuesto presentado por el Geólogo Rubio fue menor a la otra propuesta.

La oficina de contratación adjudico finalmente el contrato a la empresa INGENIERÍA AGUAS Y POZOS S.A.S, nombrando supervisora a una funcionaria adscrita a la división de Servicios Generales, quien bajo el criterio de la Facultad de Ingeniería, es una persona que no estaba capacitada técnicamente para desarrollar esta interventoría.

Finalizando el año 2015 se realizó un contrato entre la Universidad Surcolombiana y la empresa INGENIERÍA AGUAS Y POZOS S.A.S. con Nit. No. 900.118.431-4, para efectuar un mantenimiento al pozo, e instalar la estación de bombeo, ubicado en la cancha de futbol de la Sede Central de la Universidad Surcolombiana.

INGEAGUAS Y POZOS S.A.S., presta sus servicios de Ingeniería Hidráulica y Electromecánica en estaciones de bombeo en pozos profundos para realizar el mantenimiento al pozo USCO-1 y la instalación de una estación de bombeo, entre otros, por un valor total de \$33'994.220 en un plazo de un (1) mes y diez (10) días.

Lo primero que se realizó fue un mantenimiento convencional Pozo profundo, con su respectiva metodología. Luego se instaló un equipo sumergible a una profundidad estimada de 12 metros para medir datos de caudal, descarga y recuperación de los niveles cuando se apagan los equipos, con el fin de realizar la interpretación en modelos matemáticos y geológicos. Se identificaron los Niveles Estáticos y Dinámicos del pozo, los cuales estaban ubicados a una profundidad de 4.8 m y 7.88m respectivamente.

Tabla 6. Descripción de los gastos de la perforación

Nº	ITEM	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1.	Servicio perforación.		
1.1.	Servicio equipo.	\$ 13.000.000	
1.2.	Personal de oper., aceites, grasas, comb., repuestos, manten. y seguros.	\$ 7.000.000	
1.3.	Sondeo y prueba.	\$ 1.000.000	
VALOR TOTAL ITEM 1:			\$ 21.000.000
2.	Costos directos.		
2.1.	Materiales para el pozo.		
2.1.1.	Caneca 50 galones para conductor.	\$ 20.000	
2.1.2.	50 mt tubería: 15 mt lisa y 35 mt a ranurar.	\$ 2.400.000	
2.1.3.	Cabezal de pozo.	\$ 100.000	

2.1.4.	Broca de 8 1/2", de 12 1/4", de 17 1/4" (Intangible).	\$ 6.000.000	
2.1.5.	5500 lb grava (tamaño por definir) 110 Sx de 50 lb.	\$ 660.000	
2.1.6.	20 Sx cemento.	\$ 200.000	
2.1.7.	Bomba subsuelo.	\$ 3.800.000	
	Valor total ítem 2.1.	\$ 13.180.000	
2.2.	Acondicionamiento de superficie.		
2.2.1.	Encerramiento del área.	\$ 800.000	
2.2.2.	50 mt tub. 2", 50 mt 3" y enterrada acondic. a red de 3" existente y tanques.	\$ 500.000	
2.2.3.	Válvulas y conexiones sistema agua control.	\$ 400.000	
2.2.4.	Red sistemas eléctricos, controles.	\$ 300.000	
	Valor total ítem 2.2.	\$ 2.000.000	
2.3.	Otros costos.		
2.3.1.	Permiso CAM, licencias, aforos, visitas, transportes.	\$ 1.000.000	
	Valor total ítem 2.3.	\$ 1.000.000	
VALOR TOTAL ITEM 2:			\$ 16.180.000
COSTO TOTAL DEL POZO:			\$ 37.180.000



Por convenio de Cooperación entre la USCO y el Geólogo Carlos Rubio. No es un desembolso real.



Desembolso en efectivo de la USCO \$16.180.000.



Desembolso tangible. Uso de las brocas: \$6.000.000.

Posteriormente se instala el equipo nuevo de bombeo sumergible, el cual está conformado por una bomba sumergible ALTAMIRA modelo KOR 4.5-8, acoplada a motor FRANKLIN ELECTRI de 5 HP trifásico, 3.5 KW, 3.450 RPM, 230 V, equipo totalmente en acero inoxidable.

Finalizando el contrato celebrado entre la Universidad Surcolombiana y la empresa INGEAGUAS Y POZOS S.A.S, la parte contratada muestra unas conclusiones de las cuales se resaltan:

⇒ "NO HAY CLARIDAD EN LA PROFUNDIDAD REAL DEL POZO Y SEGÚN LO OBSERVADO ESTE SISTEMA TRABAJA COMO UN ALJIBE Y NO COMO POZO PROFUNDO"

Con base a esta afirmación la Facultad de Ingeniería por intermedio del Museo Geológico y del Petróleo, manifiesta que el pozo fue perforado y completado a los 47 metros de profundidad y la bomba auto sumergible fue instalada a los 16 metros y simplemente se tenía que limpiar el pozo por si existían derrumbes, de todas maneras, el pozo se encontraba produciendo agua, es factible que al extraer la bomba haya derrumbado el pozo.

⇒ “En la construcción del pozo no se realizaron los registros del pozo (con sondas de Potencial Espontáneo (SP), Resistividad y Rayos Gamma (GR)). Estos registros se realizan en el pozo antes de entubar el pozo utilizando una sonda eléctrica para establecer parámetros como la resistividad de las capas (R), el potencial espontáneo (SP) que nos indica en que intervalos específicos están los acuíferos y Rayos Gamma (GR) para determinar la ocurrencia de arcillas.

El hecho de colocar los filtros a criterio del perforador permite que, si los filtros no se colocan frente a los acuíferos, lo que penetra al pozo son arenas y arcillas o limos, los cuales provocan el desgaste de las partes que conforman la bomba electrosumergible.”

Esta consideración es falsa, debido a que, en la finalización del pozo, si se realizó la toma de los registros eléctricos, pero además con el registro del loggin al detalle se determinaron durante la perforación claramente los acuíferos.

6.3 COSTOS DE LA PERFORACION AÑO 2006

El costo de la perforación del Pozo Usco-1 fue de **\$ 37.180.000** aunque se desembolsó realmente tan solo la suma de \$16.180.000, relativamente bajo por convenios establecidos. El servicio del equipo se canceló con un acuerdo de cooperación mutua con el geólogo Carlos Rubio, con carácter educativo y capacitación a estudiantes, donde se incluyó el manejo de algunas brocas y materiales existentes en el programa como comodato, equivalentes al servicio del equipo.

7 ANÁLISIS CALIDAD DEL AGUA POZO USCO-1

Para la identificación del análisis de la calidad del agua y su aptitud para el Pozo de Agua USCO-1, fueron consultados los resultados de los diferentes análisis fisicoquímicos realizados al agua proveniente del Pozo de agua subterránea USCO-1 en los años 2006, 2009, 2014 y 2016. Los parámetros para determinar el análisis de calidad de agua se obtuvieron del Laboratorio de Aguas de la Universidad Surcolombiana, adicional a ello del Laboratorio de Aguas y Alimentos “AGUATEKNICA LTDA”, y del Laboratorio de Análisis Ambiental y Geoquímica “ANTEK S.A.” para el año 2014.

Así como la comparación de los resultados obtenidos de cada método clasificándolos según las normas Riverside (Richards, 1954) y FAO (Ayers y Westcott, 1985), los límites permisibles que recomienda la Organización Mundial de la Salud, el decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura Colombiano en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y el decreto 475 de 1998 de la Presidencia de la República de Colombia por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable y el RAS 2000.

7.1 RESULTADOS Y ANÁLISIS

El estudio de la calidad del agua es un aspecto esencial en la gestión de los recursos hídricos subterráneos; asunto que plantea un análisis complejo que no sólo afecte al estudio de los parámetros fisicoquímicos del agua, sino que también debe enfocarse desde un punto de vista más general, teniendo en cuenta el origen, características y posibles usos del agua. De aquí que la tendencia actual se dirija a diferenciar distintas calidades del agua subterránea atendiendo a sus posibles usos, abastecimiento humano, riego, industria, etc.

7.2 ESTUDIOS DEL POZO USCO-1

7.2.1 Identificación Hidrogeológica del Pozo USCO-1.

El Pozo de agua denominado USCO-1, según los estudios realizados por el Museo Geológico y del Petróleo, se establece como un ACUÍFERO confinado de la formación Gigante medio (NgQgi) y acuíferos libres de las terrazas del río Magdalena.

7.3 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO POZO USCO-1

Recolectadas las muestras del Pozo de Agua subterráneo USCO-1 y evaluadas por los laboratorios a mencionar, se determinaron parámetros que intervienen en la clasificación del agua para usos apropiados e integrales en el Campus y Ecosistema de la Universidad Surcolombiana.

Los parámetros para determinar el análisis de calidad de agua se obtuvieron del Laboratorio de Aguas de la Universidad Surcolombiana de los años 2006, 2009 y 2014, adicional a ello del Laboratorio de Aguas y Alimentos “AGUATEKNICA LTDA” y del Laboratorio de Análisis Ambiental y Geoquímica “ANTEK S.A.” para el año 2014.

7.3.1 Resultados de los Análisis Fisicoquímicos entregados por los Laboratorios.

En la tabla 12 se relacionan los resultados obtenidos para el año 2006 (Ver Anexo D), para el año 2009 (Ver Anexo E) y para el año 2014 (Ver Anexo F) de los parámetros Fisicoquímicos que fueron medidos en el Laboratorios de Aguas de la Universidad Surcolombiana; el Análisis de Sodio (Ver Anexo G) por el Laboratorio de Aguas y Alimentos “AGUATEKNICA LTDA” y el Análisis de Potasio (Ver Anexo H) por el Laboratorio de Análisis Ambiental y Geoquímica “ANTEK S.A.”.

Tabla 7. Análisis Fisicoquímico años 2006 hasta 2016

Parámetro	Unidades	Resultados				Dec. 1594/84 Art. 39	Dec. 475/98
		2006	2009	2014	2016		
Ph	Unidades	7.0	8.02	7.6	7.8	6.5 - 9	6.5 - 9
Temperatura	°C	28.0	27.0	25.0	28.0	-	-
Conductividad	μS/cm	340.0	329	335	340.0	336-	50 - 1000
Color	UPC	5.0	5	5	4.5	10.0	< 15
Color	PtCO		5		5		
Turbiedad	NTU	2.0	4.5	4.5	5	-	< 5
Cloruros	mg/l Cl ⁻	1.0	ND		1.0	250.0	250
Alcalinidad	mg/l CaCO ₃	128.0	140		130.0	132.7	100
Dureza	mg/l CaCO ₃	188.0	110	96.4	140	-	160
Calcio	mg/l Ca	70.5		59.6	60.0	-	60
Hierro	mg/l Fe	0.13			0.12	-	0.3
Hierro Total	mg/l Fe		0.14		0.10		
Nitratos	mg/l NO ₃	ND	0.11		0.10	10.0	10.0

Nitritos	mg/l NO ₂	ND				1.0	0.1
Oxígeno disuelto	mg/l O ₂	2.9			3.0	-	-
Fosfatos	mg/l P	0.05			0.02	-	-
Fosfatos	mg/l PO ₄		0.15		0.12		
Sulfatos	mg/l SO ₄		7.27				
Sólidos suspendidos	mg/l		12	11			
Sólidos disueltos	mg/l		250		248		
Sólidos sedimentables	mg/l		2	2	2		
Sólidos totales	mg/l		262		260		
Magnesio	mg/l CaCO ₃			36.8	36.0		
Bicarbonatos	mg/l CaCO ₃			32	33.0		
Carbonatos	mg/l CaCO ₃			0.0			
Sodio	mg/l			9.5			
Potasio	mg/l			4.93			

ND: No determinado o detectado

Fuente: Recopilación del Autor

7.3.2 Resultados de los Parámetros para Análisis de Calidad.

PH: el PH como parámetro de análisis de calidad del agua indica la condición ácida o alcalina de la solución. En este caso se tienen valores de pH= 7.0 hasta 8.02 el cual indica que el comportamiento del agua del pozo subterráneo es de neutro a alcalino. A su vez se observan los parámetros para los diferentes niveles de calidad establecidos en el RAS de acuerdo con el grado de polución de la fuente, si tenemos contaminación del agua producida por residuos de procesos industriales o biológicos, tendríamos una fuente aceptable debido a que en este los valores varían de 6.0 – 8.5.

Adicional para los criterios de calidad según la destinación del recurso (Decreto 1594 de 1984), se puede definir como agua para consumo humano y doméstico según el art. 38 (Rangos de 5.0 - 9.0) requiriendo un tratamiento convencional; según el art. 39 (Rangos de 6.5 – 8.5) requieren únicamente desinfección y que según el decreto 475 de 1998 y la resolución 2115 del 2007 la clasifica como agua segura, potable para el consumo humano según sus rangos de PH (6.5 – 9.0); el art. 40 uso agrícola (Rangos de 4.5 – 9.0), art. 41 uso pecuario no determina rango, y uso recreativo contacto primario art. 42 y art 43 contacto secundario (Rangos de 5.0 – 9.0). en conclusión, podemos determinar:

PH: mide la alcalinidad o acidez del agua (escala). Se recomienda la medida “in situ”.

⇒ PH = Valores de 0-14 PH 0-7 ácidas, PH 7-14 básicas.

- ⇒ En general, el pH de las aguas no presenta grandes variaciones y está alrededor de la neutralidad. En la Reglamentación técnica Sanitaria (RTS), se establece el rango entre 6,5 y 9,2 de PH para aguas de consumo y como nivel de calidad PH de entre 7 y 8.

Como se puede observar en las muestras tomadas en los diferentes años, la medida evaluada para los niveles de PH está dentro de la reglamentación establecida para el rango de consumo con un valor entre 7 y 8.2 ambas se encuentran dentro de la reglamentación establecida para el rango de consumo.

- ⇒ *Temperatura.* El parámetro de Temperatura no presenta normatividad para determinar rangos óptimos en cuanto análisis de calidad del agua, pero se determinó un valor promedio para este parámetro de $T=27^{\circ}\text{C}$.

- ⇒ *Alcalinidad.* Los resultados obtenidos para la alcalinidad total del agua arrojaron en promedio para tres análisis un contenido de 132 mg/L CaCO_3 , según la clasificación Kevern 1989, el muestreo mantiene un rango bajo de alcalinidad. Según (Rojas, 2007), es importante para determinar la capacidad de mantener procesos biológicos. Para la mayoría de las aguas naturales y sobre todo aquellas que poseen valores altos de alcalinidad, resisten mejor los cambios drásticos de pH propicios para el desarrollo de la biótica acuática.

Según la Resolución 2115 del 2007, el agua del Pozo USCO-1, sirve para consumo humano debido a que la resolución maneja un rango de 200 CaCO_3 y el resultado obtenido es inferior en este parámetro. (132.7 mg/L CaCO_3)

- ⇒ *Conductividad.* Capacidad de un material o de una disolución para transportar la corriente eléctrica. La conductividad de un agua depende de la concentración y la naturaleza de los iones disueltos en ella, así como de la temperatura. Normalmente un aumento de sales supone un aumento de conductividad. Las aguas de pozos sobreexplotados, de terrenos salinizados o de vertidos industriales suelen presentar alta conductividad.

En la RST se establece como valor máximo de conductividad 1.500 S/cm y como valor guía 400 S/cm. Según la conductividad podemos determinar los siguientes niveles de mineralización de las aguas potables:

Tabla 8. Parámetros de referencia de la RST.

Muy débil	por debajo de los 100 S/cm
Débil:	100-300 S/cm
Media:	300-700 S/cm
Alta:	700-1500 S/cm
Excesiva:	superior a 1500 S/cm

Este parámetro reporta para el pozo USCO 1, valores medios, lo que implica que el agua en las cuatro épocas analizadas posee pocos iones disueltos que proporcionen la capacidad de conducir electricidad, esto significa que estas fuentes de agua poseen poca contaminación de iones metálicos que puedan alterar la calidad del agua.

Por ello estos valores permiten clasificar el agua del pozo USCO-1 según el decreto 475 de 1998 como agua potable (50 – 1000 μ S/cm), agua segura (< 1500 μ S/cm) y la resolución 2115 del 2007 permite la clasificación como agua para el consumo humano (< 1000 μ S/cm) puesto que el resultado obtenido es de 336 μ S/cm.

⇒ *Dureza Total*. La dureza total es calculada como la suma de las concentraciones de iones calcio y magnesio en el agua, expresados como carbonato de calcio. La dureza de un agua puede ser temporal o permanente.

La dureza temporal, también llamada dureza de carbonatos, es producida por la presencia de bicarbonatos de calcio y magnesio. Ese tipo de dureza resiste a la acción de los jabones y genera incrustaciones. Se denomina temporal porque los bicarbonatos, por la acción del calor, se descomponen en gas carbónico, agua y carbonatos insolubles que se precipitan.

La dureza permanente, también llamada dureza de no carbonatos, se debe a la presencia de sulfatos, cloruros y nitratos de calcio y magnesio, resiste también a la acción de los jabones, pero no genera incrustaciones por ser sus sales muy solubles en el agua. No se descompone por la acción del calor.

⇒ Se establece un valor para dureza total la concentración de 500 mg/l en términos de CaCO_3 como el valor máximo permitido para agua potable.

Este parámetro reporta valores muy por debajo de la concentración permitida de 500 mg/l en términos de CaCO_3 como el valor máximo permitido para agua potable. Como lo demuestran los datos obtenidos en los años de muestreo del pozo USCO-1.

Tabla 9. Comparación de la dureza en los diferentes años

AÑO	DUREZA
2006	188
2009	110
2014	96.4
2016	140
PROMEDIO	136.4

⇒ *Turbidez*. Es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra. La turbiedad en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia.

La reglamentación española fija como límite máximo 6 UNT y como índice de calidad 1 UNT.

Como se puede observar en las muestras tomadas para los años 2006, 2009, 2014 y 2016, la medida evaluada para los niveles de turbidez es baja

(promedio de 4 UNT) y está dentro de los límites de la reglamentación establecida para el rango de consumo con límite máximo 6 UNT.

Los valores registrados para este parámetro describen la presencia de pocas partículas en suspensión presentes en el agua puesto que de un resultado de 2.0 NTU pasamos a obtener un valor de 4.5 NTU. Esto de acuerdo al grado de polución indica que la fuente pasa a ser regular (Rangos de 2 – 40); aunque según la OMS (Organización Mundial para la Salud), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU, y estará idealmente por debajo de 1 NTU. Adicional a ello este valor permite clasificarla según el decreto 475 de 1998 como agua potable (< 5), agua segura (< 5) y la resolución 2115 del 2007 no permite la clasificación como agua para el consumo humano (2) puesto que el resultado obtenido es de 4.5.

⇒ *Cloruros*. Es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra. La turbiedad en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia.

La portaría nº 2.914/2011 del Ministerio de Salud establece la concentración de 250 mg/l como el valor máximo permitido para el agua potable. Los métodos convencionales de tratamiento de agua no remueven cloruros. Se puede hacer su remoción por ósmosis inversa o electrólisis (intercambio de iones).

Tabla 10. Concentración de Cloruros

AÑO	CLORUROS
2006	1
2009	ND
2014	ND
2016	1
PROMEDIO	1

Este parámetro reporta valores muy por debajo de lo que dicta La portaría nº 2.914/2011 del Ministerio de Salud establece la concentración de 250 mg/l como el valor máximo permitido para el agua potable. Con valores de 1 en las muestras tomadas para el año 2006 y 2016.

⇒ *Nitratos*. sales del ácido nítrico HNO_3 . Representan el mayor estado de oxidación del nitrógeno.

De forma natural aparecen en las aguas por solubilización de las rocas. Su valor no suele superar los 5mg/l. Pero también aparecen por oxidación de compuestos orgánicos nitrogenados. Pueden proceder de abonos y aguas residuales y entonces se alcanzan valores muchos mayores de concentración.

⇒ Son nutrientes de organismos autótrofos fotosintéticos y su aporte favorece el desarrollo de algas y provocan eutrofización del agua. En concentraciones altas provocan sabores desagradables en el agua. También pueden ser reducidos a nitritos y producir metahemoglobinemia.

⇒ También se pueden combinar con aminas secundarias de origen alimenticio y producir nitrosaminas muchas de ellas cancerígenas.

⇒ El nivel guía de concentración de NO_3^- es de 25mg/l y el máximo 50mg/l.

Este parámetro reporta valores muy por debajo de la concentración permitida de NO_3^- es de 25mg/l y el máximo 50mg/l. Como lo demuestran los datos obtenidos en los dos años de muestreo y análisis de este parámetro; para el año 2009 se reporta una concentración de 0.11 mg/l y para el año 2016 de 0.10 mg/l.

Hierro: es una sustancia no deseable en el agua.

⇒ La RTS establece como nivel guía 5 mg/l y un máximo admisible de 20 mg/l.

⇒ Niveles altos de hierro producen sabores metálicos en el agua, producen incrustaciones en la red, da compuestos coloreados con el cloro y además produce manchas en la ropa al lavarla. Pero no son perjudiciales para la salud.

Este parámetro reporta valores muy por debajo de la concentración La RTS establece como nivel guía 5 mg/l y un máximo admisible de 20 mg/l. Como lo demuestran los datos obtenidos en los dos años de muestreo y análisis de este parámetro; para el año 2009: .se reporta una concentración de 0.41 mg/l y para el año 2016 de .010 mg/l.

Resultados de Cationes y aniones: En todas las aguas y en toda solución existe un equilibrio entre cationes y aniones. Esto no significa que la suma de las concentraciones de todos los cationes y todos los aniones expresados en mg/l sumen cantidades iguales, lo que debe dar sumas iguales es la concentración de cationes y aniones expresados en equivalentes, esto sí garantiza la electroneutralidad que es un requisito indispensable en toda solución que contiene partículas cargadas (Tabla 13).

Tabla 11. Valores de Cationes y Aniones

POZO SUBTERRÁNEO				
ELEMENTO	PESO ATÓMICO	VALENCIA	PARAMETRO mg/L	PARAMETRO mEq/L
CATIONES				
Calcio	40.078	2	59.6	2.974
Sodio	22.989	1	9.5	0.413
Magnesio	24.305	2	36.8	3.028
Potasio	39.098	1	4.93	0.126
ANIONES				
Cloruro	35.453	1	ND	ND
Sulfatos	96.063	2	7.27	0.151
Bicarbonatos	61.015	1	32	0.524
Carbonatos	60.015	2	0	0
OTROS				
Nitratos	62.05	1	0.11	0.0017

Fuente. Cálculos realizados por el Autor.

El efecto de las sales solubles del agua para riego se debe a que una vez en el suelo se concentra como consecuencia de la evaporación y transpiración, con lo que aumenta la salinidad y ocasiona que para las plantas sea más difícil absorber el agua afectando el cultivo. Se pueden determinar mediante el cálculo y la medición de índices como la Conductividad Eléctrica, Salinidad Efectiva y Salinidad Potencial.

Relación de absorción de sodio (RAS): Con los resultados obtenidos de Sodio 0.413 mEq/L, Calcio 2.974 mEq/L y magnesio 3.028 mEq/L remplazamos en la Ecuación 1 de la página 31, para obtener el resultado para la RAS; con este valor se clasifica la muestra según los criterios de la tabla 9 de página 54 del presente

proyecto, la cual nos arroja una clasificación de **Buena**, no se posee ninguna restricción para el uso de esta agua.

Carbonato de sodio residual (CSR): Según la Ecuación 24, el resultado para el carbonato de sodio residual es -5.478 mEq/L. Este valor clasifica la muestra como buena (ver Tabla 13), indicando que no hay peligrosidad del sodio una vez que han reaccionado los cationes calcio y magnesio con los aniones carbonato y bicarbonato no existiendo acción degradante del agua.

$$CSR = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

7.4 CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SEGÚN LA NORMA RIVERSIDE

Con el resultado de la conductividad eléctrica del análisis de laboratorio y con la Relación de Absorción de Sodio RAS, la cual fue calculada y con el diagrama de clasificación según la norma (Figura 1), se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 12. Clasificación según la Norma Riverside

MUESTRA	RAS	CE (μS/cm)	CLASIFICACION DEL AGUA
Pozo USCO-1	0.24	329	C2S1

El agua del pozo subterránea se clasifica según la norma Riverside como C2S1, determinando que la clase **Clase C2:** Es Agua de Salinidad Media, puede ser utilizada en riego siempre y cuando exista un grado moderado de lavado. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad, aunque sin necesidad de prácticas especiales de control de salinidad; y su **Clase S1:** Es Agua baja en sodio, puede utilizarse para el riego en la mayoría de los suelos con pocas probabilidades de alcanzar los niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

7.5 AFORO DEL POZO USCO-1 2017

El aforo es la medición del volumen del agua en un tiempo determinado lo mismo que decir que es el caudal que pasa por una sección de un curso de agua, para este proyecto fueron realizados tres aforos por el método volumétrico el cual consiste en tomar el tiempo que demora en llenar un recipiente de volumen conocido. Posteriormente se divide el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos obteniéndose el caudal en l/s

En la tabla 13 se muestran los aforos realizados durante los diferentes años y en los cuales el Museo Geológico tiene registro .

1. Para el año 2006 a la finalización del pozo se realizó una prueba de bombeo al pozo el cual inicialmente se caracterizó por ser de tipo artesiano se denominó tiempo 1 y el cual tuvo un valor de 8.2 litros por segundo (l/s). a los tres días de completado el pozo se realizó un segundo aforo dando como resultado un valor de 9.3 l/s, al mes de instalado el pozo el Museo Geológico realizo un tercer aforo (tiempo 3) dando un caudal de 8.1 l/s.
2. En el año 2014 se tiene el registro de aforos de la manguera de conducción de riego de la cancha de futbol realizado para el proyecto de grado EVALUACIÓN HIDRÁULICA, ESTIMACIÓN DE REQUERIMIENTOS HIDRÁULICOS, Y DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE OPERACIÓN ACTUAL CON FINES DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN LA CANCHA DE FUTBOL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA y el cual dio un valor de 7.25 l/s.
3. En el año 2015 la Universidad Surcolombiana otorga el contrato a la empresa INGENIERIA AGUAS Y POZOS S.A.S los cuales en su informe final presentan resultados de una prueba de bombeo se efectuó en horas de la mañana del 11 de diciembre del 2015 y que además muestran que el pozo presenta una profundidad de 18 metros.
4. En el año 2017 para el proyecto de grado presente se realizaron tres aforos por el método volumétrico con intervalos de 4 horas cada uno estos datos se presentan en la tabla 13.

Tabla 13. Datos de los aforos

AÑO	TIEMPO 1	TIEMPO 2	TIEMPO 3
2006	8.2 l/s	9.3 l/s	8.1 l/s
2014	7.25 l/s	N.D	N.D
2015	5.4 l/s	N.D	N.D
2017	6.08 l/s	6.25 l/s	5.61 l/s

N.D: No hay datos.

Se concluye que el pozo perdió caudal y en el mantenimiento realizado fue derrumbado.

Fotografía 6. Aforos año 2017 tiempo 1



Fotografía 7. Tiempo 3



7.6 ADECUACIONES Y TRAMITE DE SOLICITUD DE CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS CAM POZO USCO PLANTA CENTRAL

El Museo Geológico y del Petróleo y en especial la ejecutora de este proyecto después de revisar detalladamente la documentación final de la empresa contratista para la adecuación del pozo USCO-1 considera que técnicamente no se realizaron bien las labores de mantenimiento y el pozo se perdió en profundidad de los 47 metros iniciales a los 18 metros actuales.

Así también se considera grave que la empresa contratista no haya tenido en cuenta en qué estado se encuentra el pozo con respecto a la legalidad con la licencia que otorga la CAM, para este trabajo se consultó con la Corporación Autónoma del Alto Magdalena CAM sobre el estado legal del pozo para finalmente enterarnos de que el pozo tan solo tenía licencia de exploración otorgada en el año 2006 y que cubría la perforación y completamiento del pozo.

A partir de ese momento la Universidad Surcolombiana debió haber solicitado y cumplido con los términos exigidos para que se le otorgara la concesión de explotación del agua subterránea del pozo USCO-1. Ante esto se solicitó una cotización en el año 2017 a la empresa R.A EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS E.S.P. S.A de propiedad del Geólogo Carlos Adán Rubio Luna y quien fue quien perforo el pozo USCO-1 en el año 2006 cuyos costos y el ítem de implementos necesarios para la solicitud de la concepción

Tabla 14. Ítem necesarios y costos para el trámite de la concesión de explotación del pozo USCO-1

ITEM	UNID	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Retiro y colocación del equipo de bombeo.	Global	1	2.200.000	2.200.000
Compra e instalación de tubería ¾" para toma de niveles exigidos por la corporación CAM.	ML	34	100.000	100.000
Compra e instalación de contador cheques y llaves requeridos por la corporación CAM y el sistema.	Global	1	1.130.000	1.300.000

Prueba de bombeo, análisis de agua e informe para la solicitud del trámite concesión ante la corporación CAM (no se incluye el costo del trámite a cancelar a la corporación CAM).	Global	1	3.500.000	3.500.000
TOTAL				7.100.000
IVA 19%				1.349.000

8 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

El mapa de unidades hidrogeológicas presentes en la zona de estudio representa las diferentes formaciones que se pueden clasificar como acuíferas y no acuíferas aflorantes en la zona objeto de estudio. Estas unidades se pueden componer de una o varias formaciones geológicas de acuerdo con sus características físicas, capacidad de almacenamiento y transmisión de agua dentro de estas, para tal efecto se han agrupado en dos (2) categorías principales que dependen del tipo de porosidad de las rocas, de la ocurrencia o no de aguas subterráneas y del valor de la capacidad específica. Estas categorías se definen como: sedimentos y rocas y con flujo intergranular; rocas con flujos a través de fracturas. Para el área de estudio, se determinaron tres (3) unidades hidrogeológicas clasificadas de acuerdo con la metodología de las zonas hidrogeológicas homogéneas de Colombia utilizada por INGEOMINAS, hoy Servicio Geológico Colombiano (SGC), deducidas del reconocimiento geológico e hidrogeológico en el área de influencia y del inventario de las fuentes de agua subterránea existentes. La definición de éstas se soporta en conceptos de permeabilidad e impermeabilidad de acuerdo con las características litoestratigráficas de cada formación geológica:

Tabla 15. Clasificación general de las unidades hidrogeológicas en el área de estudio

CONVENCIONES	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	CAPACIDAD ESPECÍFICA PROMEDIO (l/s/m)
A1	Acuíferos continuos de extensión regional, de muy alta productividad, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados y de ambiente fluvial. Acuíferos libres y confinados con agua generalmente de buena calidad química.	Muy Alta Mayor de 5.0
A2	Acuíferos continuos de extensión regional, de alta productividad, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados y rocas sedimentarias neógenas poco consolidadas de ambiente fluvial, y volcánico. Acuíferos libres y confinados con agua de buena calidad química.	Alta Entre 2.0 y 5.0

A3	Acuíferos continuos de extensión regional de mediana productividad, conformados por sedimentos cuaternarios no rocas sedimentarias neógena poco ambiente fluvial y coluviales Acuíferos generalmente confinados con agua de buena calidad química.	Media Entre 1.0 y 2.0
------------------	---	----------------------------------

9 CONCLUSIONES

1. Fue realizada la caracterización Geológica e hidrogeológica del campus universitario sede Central Universidad Surcolombiana.
2. Dentro del área del campus universitario fueron cartografiadas las formaciones geológicas correspondientes al miembro medio de la formación Gigante y a los depósitos cuaternarios representados por las terrazas aluviales del Río Magdalena.
3. Fue realizada la cartografía hidrogeológica del campus universitario determinando las tres unidades de acuerdo al tipo de acuífero presente.
4. La unidad hidrogeológica A1 correspondiente litológicamente a la formación Gigante medio y representada en el área por acuíferos confinados.
5. La unidad hidrogeología A2 corresponde litológicamente a los niveles bajos de terrazas del Río Magdalena (T3m y T2m) que hidrológicamente corresponden a acuíferos libres y semiconfinados.
6. La unidad hidrogeología A3 corresponde litológicamente al nivel medio (Tm2) de terrazas del Río Magdalena (T3m y T2m) que hidrológicamente corresponden a acuíferos a acuíferos semiconfinados y colgados.
7. Fue realizado el levantamiento litoestratigráfico del Pozo USCO-1 con base en los ripios de perforación almacenados por el Museo.
8. El Pozo USCO-1 perforado en el año 2006 a una profundidad de 47 metros fue de tipo artesiano.
9. En el completamiento del Pozo se preseleccionaron dos sectores para la producción de agua.
10. El acuífero 1 de tipo confinado con un espesor real de 17 metros entre los 47 metros y 30 corresponde litológicamente a conglomerados de la formación Gigante Medio.

11. El acuífero 2 de tipo semiconfinado con un espesor real de 7 metros entre los 13 metros y 6 metros corresponde litológicamente a niveles de conglomerados, areniscas de los depósitos de terrazas del Río Magdalena.
12. La empresa INGEAGUAS Y POZOS S.A.S, contratada por la Universidad Surcolombiana realiza el mantenimiento al Pozo USCO-1 del año 2015. para realizar el mantenimiento y la instalación de la unidad de bombeo por un valor total de \$33´994.220.
13. En este contrato se instaló la bomba electrosumergible a los 12 metros de profundidad para medir datos de caudal, descarga y recuperación de los niveles cuando se apagan los equipos, con el fin de realizar la interpretación en modelos matemáticos y geológicos, identificando los Niveles Estáticos y Dinámicos del pozo, ubicados a una profundidad de 4.8 m y 7.88m respectivamente.
14. De acuerdo con las informaciones de la empresa contratista el Pozo se encuentra derrumbado después de los 12 metros.
15. Para los autores de este trabajo el Pozo fue dañado y por esto se recomienda su mantenimiento y completamiento.
16. De acuerdo con las características fisicoquímicas el recurso hídrico del Pozo USCO-1, la aptitud determinó una destinación para uso doméstico, agrícola, pecuario y recreacional.
17. Se clasifica como agua potable, segura para los anteriores usos, con salinidad media, pero sin necesidad de prácticas especiales de control, baja en sodio con pocas probabilidades de alcanzar los niveles peligrosos de sodio intercambiable y sin peligro de desplazamiento del calcio y del magnesio por el sodio.
18. La calidad del agua del Pozo USCO-1, se califica como aceptable, se determina que para consumo humano es segura aplicándole un tratamiento que integre desinfección más estabilización por la presencia de pocas partículas en suspensión.
19. No hubo cambios significativos en los resultados de los parámetros estudiados entre muestreos para los diferentes años. Esto puede deberse a las

condiciones similares de precipitación en el área de estudio y a que el agua en el subsuelo es menos susceptible a variaciones temporales de calidad en comparación con el agua superficial. A su vez la poca degradación de la calidad del agua del Pozo USCO-1 en el área de estudio, se cree que es influenciada por factores externos a las características propias del acuífero y a condiciones de los sistemas de extracción, distribución y almacenamiento del agua del Pozo.

10 RECOMENDACIONES

1. Realizar la implementación del uso del recurso hídrico subterráneo en la sede central de la Universidad Surcolombiana, logrará minimizar costos en el consumo de agua potable procedente del acueducto de Neiva teniendo en cuenta la alta inversión que realizan las Empresas Públicas en el tratamiento de potabilidad del agua del río Las Ceibas (Inversión 2014).
2. Una de las intenciones de este proyecto es la de lograr una mejor concepción y presentación del Campus Universitario, al recuperar los espacios ecológicos por supuesto incluyendo la conservación de las diferentes especies animales y vegetales, mediante el mejoramiento y buen estado de conservación de zonas verdes, jardines, y áreas que circundan la institución, utilizando y aprovechando al máximo las aguas subterráneas existentes en las instalaciones Universitarias con el fin de que el compromiso educativo de la Universidad Surcolombiana sea articulado a la misión y a los propósitos institucionales. Una forma de lograrlo sería mediante campañas de sensibilización desarrolladas al interior de la institución que lleguen a toda la Comunidad Universitaria.
3. Se recomienda que la Institución implemente el Diseño de la Red de distribución del agua del Pozo USCO-1, para su aprovechamiento y usos en la Sede Central de la Universidad Surcolombiana de acuerdo a las características determinadas por el estudio de Calidad y Aptitud del Recurso Hídrico Subterráneo Existente en el Campus Universitario, y así minimizar el consumo y costos por servicio de suministro de agua potable proveniente del acueducto de Neiva, que en el momento es utilizada en el aseo general de la planta física de la Sede Central que incluye el uso de baterías sanitarias para un número considerable de estudiantes de las jornadas diurna y nocturna (se muestra el número de estudiantes durante los años 2013, 2014, 2015, 2016, y 2017), sin contabilizar el número de docentes y personal administrativo que atienden estas jornadas; de la misma forma el riego diario de la cancha de fútbol, demás zonas verdes y riego de jardines en general de la Sede Central. Ver tabla 1 pág. 21
4. Se recomienda con carácter urgente tramitar ante la CAM la concesión de aguas subterráneas del pozo USCO-1.

BIBLIOGRAFIA

A. MARTÍNEZ Y B. COLLDEFORNS (1998): Método interactivo para la enseñanza de la cartografía geológica. Rev. Asoc. Esp. Enseñanza Cien. Tierra. 6, 3: 270-278.

AGUAS SUBTERRANEas. Ibsen Zambrano, Hugo. Editorial Surcolombiana. 1988.

BACCARO, K.; Degorgue, M.; Lucca, M.; Picone, L.; Zamuner, E.; Andreoli, Y. 2006. Calidad de Agua Para Consumo Humano y Para Riego en Muestras del Cinturón Hortícola de Mar del Plata. RIA, 35 (3): 95–110. INTA, Argentina. Disponible en: URL: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210571.pdf> [Consultado: Julio 20 de 2014]

BÁEZ, A. 1999. Efecto de la calidad del agua de riego sobre las propiedades del suelo. INTA Balcarce. 53 pp.

BELTRAN, N. & GALLO, J. 1968. The Geology of the Neiva Sub-basin, upper Magdalena basin, southern portion. – IX Annual Field Conference, Colombian Society of Petroleum Geologist and Geophysicists. Reprinted in: Geological Field Trips Colombia 1959-1978, Geotec Ltda. Ed., 1980, p. 253-275, Bogotá.

BUTLER, KIM. ROBERT 1983. Andean type Foreland deformation: Structural development of the Neiva Basin, Upper Magdalena Valley, Colombia. (Volumes I and II).

Capítulo III. Índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial. Investigación en H₂O, calidad de agua. Disponible en: URL: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf [Consultado: Julio 20 de 2014]

Capítulo IV. La calidad del agua para consumo humano en Colombia. Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente. Contraloría General de la República. 2014. Disponible en: URL: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/AVA_II-SEM-2014/Unidad_1/s.f._Estado_de_los_recursos_naturales_y_del_ambiente.pdf [Consultado: Julio 20 de 2014]

CIAMA, Conferencia internacional sobre el agua y el medio ambiente: cuestiones de desarrollo para el siglo 21, 26-31 enero de 1992, Dublin, Irlanda: la declaración

de Dublin e informe de la conferencia. Disponible en: URL: <http://es.ircwash.org/resources/conferencia-internacional-sobre-el-agua-y-el-medio-ambiente-cuestiones-de-desarrollo-para> [Consultado: Julio 13 de 2014]

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C.: Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010. 124 p

COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Decreto 2269 (16, noviembre, 1993). Por el cual se organiza el sistema de normalización, certificación y metrología. Bogotá D.C.: El Ministerio, 1993. 18 p.

Decreto 1594 de 1984. Junio 26 de 1984. En cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Diario Oficial N°. 36700. Ministerio de agricultura, República de Colombia.

Decreto 475 de 1998. Marzo 10 de 1998. Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable. Diario oficial. Año CXXXIII. N°. 43259. 16 de marzo, 1998. Pág. 43. República de Colombia.

DOUCHAFOUR, P. 1984. Edafogénesis y clasificación. Barcelona: Masson, 450 pp.

EEA, 1999. European Environmental Agency, 'Ground water quality and quantity in Europe', June 1999.

Estado de la vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en Colombia 2012. Subsistema de Información para la Vigilancia del Agua para Consumo Humano SIVICAP Web. Decreto 1575 de 2007. ISSN: 2322-9497. Octubre de 2013. Disponible en: URL: <http://www.ins.gov.co/sivicap/Normatividad/Informe%20Vigilancia%20Calidad%20Agua%20a%C3%B1o%202012.pdf> [Consultado: Julio 20 de 2014]

ETAYO-SERNA, F. 1994. Epilogo: A modo de Historia geológica del Cretácico del valle Superior del Magdalena, Estudios Geológicos del Valle Superior del Magdalena, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Capítulo XX.

ETAYO-SERNA, F. 1994. Epilogo: A modo de Historia geológica del Cretácico del valle Superior del Magdalena, Estudios Geológicos del Valle Superior del Magdalena, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Capítulo XX.

FAO. 1985. Water quality for agriculture, irrigation and drainage. Technical paper N° 29. Rome, Italy.

FLOREZ, M. y CARRILLO, G. 1994. Estratigrafía de la Sucesión Litológica Basal del Cretácico en el valle Superior del Magdalena. Estudios Geológicos del Valle Superior del Magdalena, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Capítulo II, 26p

GUERRERO, J. 1993. Magnetostratigraphy of the upper part of the Honda Group and Neiva Formation. Miocene Uplift of the Colombian Andes. Thesis PhD. Duke Univ., 108 p.

IDEAM, 2010. Estudio Nacional del Agua 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C. Disponible en: URL: <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=874&conID=910> [Consultado: Julio 13 de 2014]

INGEOMINAS, 2004. Programa de exploración de aguas subterráneas. Instituto Colombiano de geología y minería. República de Colombia. Bogotá D.C., diciembre de 2004. Disponible en: URL: <http://www.sgc.gov.co/getattachment/92fd1dc3-e4a6-4450-96b5-b19abf276144/Programa-exploracion-aguas-subterraneas.aspx> [Consultado: Julio 13 de 2014]

INTERPREX LTD. 1996. Programa de interpretación de Sondeos Eléctricos Verticales, Resixp- Plus versión 2.0.

ITC, 1992. Physical Properties of Rocks, International Institute for Aerospace Surveys and Earth Sciences, Delft, The Netherlands.

JAMRAH, A., A. Al-Futaisi, N. Rajmohan, & S. Al-Yaroubi. 2008. Assessment of groundwater vulnerability in the coastal region of Oman using DRASTIC index method in GIS environment. Environmental Monitoring and Assessment 147: 125-138.

LA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS. Pimienta Jean, Editores técnicos asociados, s.a. Barcelona. España 1973. Capítulo IX.

MOYA T., J. 2009. Riego localizado y fertirrigación. 4a edición Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.

OLAYA, Alfredo SANCHEZ, Mario, editores. Del Macizo Colombiano al desierto de la Tatacoa: la ruta del río Magdalena en el Huila. Neiva: Universidad Surcolombiana, 2005a. 524 p.

PALACIOS, V.O. & Aceves, N.E., Instructivo para el muestreo, registro de datos e interpretación de la calidad del agua para riego agrícola. Colegio de Postgraduados. Chapingo – México; 1970.

PATÍÑO POSSE, Miguel. 1999. Derecho Ambiental Colombiano. Editorial Legis; primera edición; Bogotá. p. 135.

PIZARRO, F. 1985. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Agrícola Española, S.A., 542 pp.

POLANIA, Magdalena. Principios Básicos de Geología aplicado a Petróleos. Publicaciones Especiales. Museo Geológico Petrolero. Universidad Surcolombiana.

RAMÍREZ, A. y Viña, G., 1998. Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de Análisis, BP Exploration - Univ. Jorge Tadeo Lozano, Santafé de Bogotá.

RAMÍREZ, A., 1999. Ecología aplicada. Diseño y análisis estadístico, Univ. Jorge Tadeo Lozano, Santafé de Bogotá.

RAMÍREZ, A., Restrepo, R. y Viña, G., 1997. Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación, Ciencia, Tecnología y Futuro, 1 (3):135 - 153.

RAMÍREZ, A., Restrepo, R., Cardeñosa, M. 1999. Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. Formulación. Ciencia tecnología y futuro 1 (5): 89-99.

RICHARDS, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agricultural Handbook 60, 160 pp.

ROJAS PUENTES, J. (2007). Fundamentos de Calidad del Agua. Neiva-Huila: Facultad de Ingeniería.

ROJAS, J. Y otros. 2000. Evaluación del recurso hídrico y de la estructura y función del ecosistema acuático del Alto Magdalena en el Huila. Universidad Surcolombiana.

SIAC, 2009. Sistema de Información Ambiental de Colombia. Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible. Bogotá D.C., 2009. Disponible en: URL: https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=860&conID=1373#_ftnref2 [Consultado: Julio 13 de 2014]

SUÁREZ, D.L. 1981. Relationship between pH and SAR and an alternative method of estimating SAR of soil or drainage water. Soil Science Society American Journal 45:469 – 475.

UMAÑA, E; Mendoza, J. 2000. Caracterización biofísica de la subcuenca Coco - Somoto. Documento informe final del estudio. Alcaldía municipal de Somoto. 69 p.

Universidad del Valle. 2006. Marcos legales e institucionales en Colombia y su impacto sobre mus. CPWF-MUS Working Paper. Colombia: Instituto Cinara, Universidad del Valle. Disponible en: URL: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/21976> [Consultado: Julio 13 de 2014]

VAN DER WIEL, A. M. 1991. Uplift and volcanism of the SE Colombian Andes in relation to Neogene sedimentation in the Upper Magdalena Valley. Tesis PhD, Agriculture Univ. Wageningen. Amsterdam. The Netherlands.

VARGAS CUERVO R, LAMILLA GALINDO J,. Reconocimiento Geológico de la cobertura Productiva de la Subcuenca de Neiva Huila Colombia Field Tripa PETROMINERALES 2010.

VARGAS CUERVO R., Estratigrafía del jurásico de la región Surcolombiana. Universidad Surcolombiana. 12010.

VARGAS CUERVO R., Geomorfología y riesgos Geológicos de la Ciudad de Neiva. Revista Ingeniería y Región. Facultad de Ingeniería 2001.

VARGAS CUERVO R., POLANIA MARTINEZ M. Geología de la Zona Norte del Huila y el Desierto de la Tatacoa. Publicación especial Facultad de Ingeniería, Instituto de Ensayos e Investigaciones IDEI. Universidad Surcolombiana. Postgrado en Ambiental Universidad Nacional de Colombia. Seccional Medellín.

VARGAS CUERVO R., Proyecto de exploración aurífera en el Departamento del Huila. ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA 2006.

VARGAS CUERVO R., Proyecto de integración cartográfica de la geología de la cordillera central y occidental de Colombia aplicada a la exploración aurífera, GEOTEC LTDA. ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA 11

VARGAS R, 2016 Caracterización Geológica De Las Formaciones Productoras De Aguas Subterráneas De La Subcuenca De Neiva-Huila-Colombia. Usra

VARGAS, C. Roberto. Geología del Petróleo. Universidad Surcolombiana. 1999.

VARGAS, C. Roberto. Geología Física para Ingenieros, Texto Guía. Universidad Surcolombiana. 1999.

VARGAS, C. Roberto. Guías de laboratorio Geología General- Universidad Surcolombiana. 1988-1999.

VARGAS, C. Roberto. Petrología Sedimentaria. Universidad Surcolombiana.

Vargas, C; R. 2003. Yacimientos minerales del departamento del Huila. Artículo científico. Universidad Surcolombiana. Disponible en: URL: <http://ingenieria.usco.edu.co/museo/images/GeoEconomicaHuila.pdf> [Consultado: Julio 16 de 2014]

VARGAS, Palencia, Chavarro 2013 Correlacion Petrofísica en Superficie con Subsuelo de Formaciones Productoras Subcuenca De Neiva.”

VARGAS, R. Localización y estudio geológico de dos áreas para la construcción de piscinas de almacenamiento y tratamiento de residuos aceitosos. Guamoco Ltda – ATP Ingeniería, marzo del 2001.

VARGAS, R., Diagnóstico Ambiental de Alternativas para el Proyecto Industrial Minero de la fábrica de ladrillos Ceraminsa S.A. Universidad Surcolombiana mayo 1995.

VARGAS, R., Dirección Administrativa del curso de extensión” Evaluación de Impacto Ambiental”. Instituto de Ensayos e Investigaciones de Ingeniería IDEI. Universidad Surcolombiana. Neiva, Huila. julio 1996.

VARGAS, R., Documento De Evaluación Y Manejo Ambiental Proyecto Exploración: Mina “La Camelia” Sotomayor Nariño. BARRO BLANCO S.A Noviembre 1997

VARGAS, R., Geomorfología y Amenazas Geológicas del municipio de Neiva. INGENIERIA Y REGION Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Surcolombiana 2001.

VARGAS, R., Plan de Manejo Ambiental Proyecto Exploración Aurífera de la: Mina “La Gualquiria I.” Samaniego Nariño. BARRO BLANCO S.A Noviembre 1997

VARGAS, R., Plan de Manejo Ambiental Proyecto Exploración Aurífera de la: Mina “La Gualquiria II” Samaniego Nariño. BARRO BLANCO S.A Noviembre 1997

VARGAS, R., Plan de Manejo Ambiental, proyecto de exploración Aurífera de la Mina La Golondrina Risaralda. Sotomayor Nariño. BARRO BLANCO S.A Octubre 1997.

VARGAS, R., POLANIA, M. Seminario sobre Mitigación de Amenazas Geológicas, Museo Geológico Facultad de Ingeniería Universidad Surcolombiana 1996.

VARGAS, Roberto y POLANIA, Magdalena. Memorias del Curso sobre Piedras Semipreciosas. 1995. Universidad Surcolombiana.

PÁGINAS ELECTRÓNICAS

www.ecn.purdue.edu

www.soiltest.com

www.water.usgs.gov

www.aguanuestra.com

ANEXOS

Anexo A. Estudio y obras de captación de aguas subterráneas

CARLOS ADÁN RUBIO LUNA
ESTUDIOS Y OBRAS DE CAPTACIÓN
DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Neiva, enero 12 de 2006

Ingeniero
EDUARDO PASTRANA BONILLA
DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA
Ciudad

Referencia: "Perforación pozo de agua USCO – 1".

Cordial saludo.

La iniciación de la construcción del pozo de la referencia se ha demorado por las siguientes razones:

Trámite de permiso ante la CAM. Con fecha de diciembre 20 del 2005, se presentó el permiso correspondiente; la Entidad emitió el Auto de Apertura el 23 de diciembre y el Sr. Rector se notificó el 29 del mismo mes, el día 6 de enero de 2006 se consigno el valor incluido en el ARTICULO SEGUNDO para cubrir los costos de servicio de evaluación y seguimiento de licencias ambientales y otros de la CAM.

Hace falta para concluir el procedimiento la visita del funcionario al sitio donde se va a construir la obra, la cual se realizará este sábado 14 de enero y que la institución entregue la Resolución.

Estudio de geoelectrica y de facilidades del Proyecto. La geoelectrica es un método de exploración del subsuelo, incluso muy utilizada para exploración petrolera por países como Rusia, exploración geotérmica en Italia, y exploración de agua subterránea a nivel mundial, especialmente por su alta resolución. Se hicieron los estudios requeridos a partir del 28 de diciembre con la ejecución de 4 sondeos geoelectricos.

Las conclusiones de dichos estudios fueron:

1. Los resultados de los sondeos indican que existe un nivel desde 4 metros hasta los 25 metros aproximadamente que por su resistividad, comprendida entre 45 y 55 ohm-m, contienen cantidades explotables de agua que podrían suplir las necesidades de la universidad. Adicionalmente, su relación hidráulica con los ríos Magdalena y Las Ceibas

Calle 25ª No. 8ªw-34 Tel. 6757395 Barrio Villa del Río – Neiva – Colombia
Cel. 315 338 5290

CARLOS ADÁN RUBIO LUNA

**ESTUDIOS Y OBRAS DE CAPTACIÓN
DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

hacen del pozo que se construya un sitio de inducción de agua subterránea y que el volumen construido en el acuífero sea inagotable.

2. Aunque la capa 2 llega aproximadamente hasta los 25 metros, se llevará la perforación hasta los 50 m con el fin de alcanzar unidades subyacentes que contribuyan a la producción.
3. En los resultados de la geoelectrica existe discrepancia de una capa con valores de resistividad bajos del orden de los 13 ohm-m, y que corresponde al nivel superior de la cancha de fútbol, cuyo tratamiento orgánico y la disposición de filtros para el drenaje de aguas lluvias origina la reducción en esta propiedad. Esta resistividad de la capa superficial indica también una capa de baja capacidad portante, que sometida al peso de 25 toneladas del camión podría verse perjudicada; por lo cual consideramos más factible romper el muro exterior de la universidad y entrar el equipo por detrás de esta que utilizar las vías de acceso y la pista de atletismo.

De esta forma, el proyecto se podrá iniciar dentro de 15 días, tiempo en el cual la cam podrá adelantar el trámite y nosotros podremos adecuar la locación para evitar mayores perjuicios a las instalaciones de la universidad.

Solicitamos también su intervención para tener celaduría en el lugar indicado durante el tiempo que dure el proyecto, cuya fecha de inicio estará condicionada en la resolución que emitirá la cam en los próximos días.

Atentamente,



CARLOS ADÁN RUBIO LUNA

Geólogo, Matrícula 169 Consejo Profesional de Geología
Especialista en Aguas Subterráneas

Copia: Interventor, Ing. Luis Humberto Orduz

Geo. Roberto Vargas Cuervo

Ing. Armando Torrente

Calle 25p No. 82w-34 Tel. 8757395 Barrio Villa del Río – Neiva – Colombia
Cel. 315 338 5290

Anexo B. Informe final de Interventoría al Pozo Agua USCO-1

Neiva, 14 de junio de 2006

Ingeniero
EDUARDO PASTRANA BONILLA
Decano Facultad de Ingeniería

REF: Informe final Interventoria Pozo Agua USCO 1

Cordial saludo.

Me permito informar que el desarrollo y perforación del Pozo en referencia se ha desarrollado de la siguiente manera:

1. Actividades de perforación
Inicio de perforación Abril 25 de 2006
Finalización de perforación Mayo 12 de 2006.
El pozo se alcanzo una profundidad de 47 mts con broca de 8 1/2".

Intervalos perforados	0-14 mts conglomerado
	14-46 mts arenisco
	46-47 mts arcilla
Completamiento	0-6 mts tubería PVC 6"
	6-12 mts tubería PVC 6" ranurada
	12-18 mts tubería PVC 6"
	18-30 mts tubería PVC 4"
	30-39 mts tubería PVC 4" ranurada
	39-42 mts PVC 4" con tapon ciego al final

Acuíferos activos 6-14 mts y 30-46 mts
Empaquetamiento con grava el anular desde 6-42 mts, bolsillo de grava desde 42 a 47 mts
Cementación 0-6 mts anular y se instalo tubo de 6" metálico de acero de 60 cm alto.
Base cemento 15 cm. 50 cm de ancho.
Prueba de campo da 5.5 litros por segundo por segundo de agua, instalada la tubería ranurada la producción es de 3.5 LPS
El equipo se retiro del pozo el
La pared se reconstruyó a sus condiciones iniciales
Resultados de la pruebas del laboratorio de agua anexas según informe del Ing. Jaime Rojas

Queda pendiente la solicitud de permiso de explotación de agua a la CAM una vez se defina su uso

2. Opciones de acondicionamiento en superficie para captar el agua del pozo.
En la propuesta original se propone conectar el agua en tubería de 2" desde el pozo con 50 mts de tubería de 2" a la línea de distribución existente de la red de 3", en la realidad se

Calb A.

requieren 183 mts de 3" y accesorios, según cotización anexa de PERFORADORA FLOREZANO, a un costo de \$ 2.479.120, mas los costos del sistema eléctrico, redes y control \$ 6.000.000, planteados en el informe del Ing. Rubio

Se han realizado consultas sobre la forma de distribución del agua y el resumen de las propuestas es la siguiente, según informe del ingeniero Rubio, perforador del pozo:

- a. Aprovechar el agua en flujo artesiano a un tanque y bombearlo al sistema mediante bomba. Al efecto la limitante es que el bombeo depende de la capacidad del tanque construido. Costo estimado \$ 13.200.000
- b. Bombear agua desde el pozo al sistema. El problema es la limitación del caudal por la bomba para eventualidad de suministrar mas agua del pozo, que lo puede dar pero la bomba lo impide. Costo estimado \$ 14.600.000
- c. Instalar Bomba sumergible para caudal entre 7 ó 14 LPS. Es el mayor costo pero la Universidad tendría agua suficiente para suministrar a la red Urbana del acueducto de los barrios aledaños, en caso de Contingencia por agua en Neiva. Aunque su costo es mayor tiene un impacto social importante para la Univesidad. Costo para 7 LPS \$16.000.000, Para 14 LPS 20.500.000

3. Ajuste al proyecto original del anexo del Convenio "Perforacion del Pozo de Agua Usco-1"

Según el Proyecto su costo es de 36.180.000 de los cuales la USCO en el convenio reconoce la suma de \$ 16.180.000, debido el tipo de trabajo hay que considerar los siguientes valores:

- a. En A. Servicio de Perforación \$ 21.000.000:
En el literal a. Servicios equipo \$ 13.000.000, se debe establecer concretamente con que materiales y la forma de compensación por este valor en brocas, motores, ect. y la forma de hacerla.
En el literal c. Sondeo y Prueba \$ 1.000.000. Valor no cancelado, que se incluyo en el convenio pero no se considero su desembolso. (El sondeo tiene que ver con las pruebas realizadas de cinco (5) sondeos Geoelectricos verticales y el informe enviado a la CAM.
- b. En B. Costos directos \$ 15.180.000.
En el " 50 mts de tubería", dada las expectativas del pozo de mayor volumen y caudal, fue necesario redefinir el uso de tubería de 4" y 6" a mayor costo por la ranurada de la Tubería, considerando la *Nota Aclaratoria* de la propuesta, con un costo adicional de \$ 1.200.000. El Costo total del numeral "a. Materiales para el Pozo" por \$ 12.180.000, tiene un error aritmético, ya que da \$ 13.180.000, que descontando 6.000.000 de broca da \$ 7.180.000; sumando con el item A. b. \$ 7.000.000, B. b. \$ 2.000.000 y B. c. \$ 1.000.000 da el valor de \$ 17.180.000; que difiere en la cifra establecida en el Convenio de \$ 16.180.000.

Por lo tanto recomiendo reconocer la suma de \$ 3.200.000, correspondientes a la diferencia de \$ 1.000.000 mencionada y la de \$ 1.000.000 por sondeo y \$ 1.200.000 por ranurada de tubería.

En tales consideraciones la liquidación a la fecha es como sigue:

- a. Falta instalar la bomba de subsuelo \$ 3.800.000

b. Acondicionamiento en superficie \$ 2.000.000

c. Ajuste según lo expuesto \$ 3.200.000

Total en poder del contratista \$ 2.600.000

3. Considerar que dadas las expectativas del pozo, porque el equipo duro una semana adicional en la locación en Stand By, aprovechado por docentes y estudiantes de las Universidad Surcolombiana, Cooperativa y Corhuila, como de otros actores de la Surcolombiana, sugiero reconocer una suma por tal concepto que establezcan los directivos.

Atentamente,


Luis Humberto Orduz
Interventor

Anexo C. Análisis Fisicoquímico año 2006



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Aguas



Solicitante: Luis H. Ordaz (USCO)

Municipio: Neiva (H)

Análisis Solicitado: FQ (X) BT ()

Fecha de Recibo: 08.05.06

Clase de Muestra: Agua pozo

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

Parámetros	Unidades	MI	Dec.1594/84 Art 39	Dec. 475/98
pH	Unidades	7,0	6,5 - 9	6,5 - 9
Temperatura	°C	28,0	-	-
Conductividad	µS/cm	340,0	-	50 - 1000
Color	UPC	5,0	10,0	< 15
Turbiedad	NTU	2,0	-	< 5
Cloruros	mg/l Cl ⁻	1,0	250,0	250
Alcalinidad	mg/l CaCO ₃	128,0	-	100
Dureza	mg/l CaCO ₃	188,0	-	160
Calcio	mg/l Ca	70,5	-	60
Hierro	mg/l Fe	0,13	-	0,3
Nitratos	mg/l NO ₃	ND	10,0	10,0
Nitritos	mg/l NO ₂	ND	1,0	0,1
Oxígeno Disuelto	mg/l O ₂	2,9	-	-
Fosfatos	mg/l P	0,05	-	-

MI: Agua pozo

ND: no determinado

FQ: Fisicoquímico

BT: Bacteriológico

OBSERVACIONES:

- 1). En términos generales, se puede decir que es un agua de buena calidad desde el punto de vista de parámetros organolépticos y fisicoquímicos, tal como se aprecia en la comparación que se hace de los resultados con la normatividad.
- 2). Esta agua puede ser utilizada sin ningún problema para consumo humano de manera indirecta, es decir para aseo, baños, riego de jardines entre otros.
- 3). En el caso de quererse utilizar como agua para consumo directo es decir como bebida, debe en primera instancia protegerse desde el punto de vista microbiológico mediante la adición de un biocida (Cloro, Bromo, Yodo, Ozono) y además realizar un análisis fisicoquímico completo que incluya todos los parámetros de interés sanitario (Metales, Plaguicidas, Fenoles, etc) reglamentados en los decretos 1594/84 y 475/98.

JAIME ROJAS PUENTES
Coordinador Laboratorio

Laboratorio de Aguas - Facultad de Ingeniería
E-mail: laboratoriodeaguas@usm.edu.co Tel. 875 47 53 Ext. 284

Anexo D. Análisis Físicoquímico año 2009



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE AGUAS



Hoja 1 de 1

Solicitante: **Hugo Ernesto Perdomo**

Municipio: **Neiva – Huila**

Fecha de recibo: **Octubre 27 de 2009.**

Fuente: **Pozo USCO-1. Agua Subterránea**

Fecha de entrega: **Octubre 28 de 2009.**

ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO NºLab. 0080
pH	Unidades	8.02
Temperatura	°C	27
Color	PtCo	5
Turbiedad	NTU	4.5
Conductividad	µS/cm	329
Alcalinidad	mg/l CaCO ₃	140
Dureza	mg/l CaCO ₃	110
Hierro Total	mg/l Fe	0.14
Cloruros	mg/l Cl	ND
Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	7.27
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	0.11
Fosfatos	mg/l PO ₄	0.15
Sólidos suspendidos	mg/l	12
Sólidos disueltos	mg/l	250
Sólidos Sedimentables	ml/l	2
Sólidos Totales	mg/l	262

ND: No detectado

➤ Muestra tomada por el laboratorio.

JAIME ROJAS PUENTES
Coordinador Laboratorio de Aguas.

LABORATORIO DE AGUAS - FACULTAD DE INGENIERIA - U. SURCOLOMBIANA
e-mail: laboratoriodeaguas@usco.edu.co - Tels. 8754753 ext. 284 y 8758775

Anexo E. Análisis Fisicoquímico año 2014

**Universidad Surcolombiana**
- USCO -
NIT 891.180.084-2

FECHA: Abril 26/2014.

PARA: FABIAN A. BARRERA.
JOHN EDUARDO RAMOS. ESTUDIANTES DE ING. AGRÍCOLA.

REFERENCIA: RESULTADOS DE LABORATORIO
MUESTRA DE AGUA POZO - USCO

PROYECTO: EVALUACIÓN HIDRÁULICA Y ESTIMACIÓN DE
REQUERIMIENTOS HÍDRICOS Y DETERMINACIÓN DEL
SISTEMA DE OPERACIÓN ACTUAL CON FINES DE OPTIMIZA-
CIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASERPIOS EN
LA CAJENA DE FUTBOL DE LA USCO.

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS:

$T = 25^{\circ}\text{C}$

DUREZA = 96.4 mg/l CaCO_3

CALCIO = 59.6 mg/l CaCO_3 .

ALCALINIDAD TOTAL 32 mg/l CaCO_3

CARBONATOS 0.0

BICARBONATOS 32 mg/l CaCO_3 .

JAIRLE ROPAS
COORDINADOR LAB. AGUAS
USCO.



Avenida Pastrana Borrero - Carrera 1a. A.A. 385 y 974 - PBX 8754753 - Fax 8758890 - 8759124 - 8752374 - 8752436
Carrera 5 No. 23 - 40 - Edificio de Postgrados - PBX 8753686
www.usco.edu.co
NEIVA - HUILA

Anexo F. Análisis de Sodio

Resultado MC479-14



AQUATEKNICA LTDA
NIT. 900.127.870-6
Laboratorio de Aguas y Alimentos
Autorizado por el Ministerio de Salud y Protección Social Según Resolución No 431/2012

RESULTADOS DE LABORATORIO				
INFORMACION DEL CLIENTE				
CLIENTE: JHON EDUAR RAMOS				
NUMERO DE IDENTIFICACION: 1,075,238,476				
CIUDAD: NEIVA				
EMAIL: jramos26@hotmail.com				
INFORMACION GENERAL				
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: MC479 - 14				
TIPO DE ANÁLISIS SOLICITADO: FISICOQUÍMICO				
TIPO DE MUESTRA: AGUA SUBTERRANEA				
PUNTO DE MUESTREO: POZO 1 UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA				
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: jueves, 06 de marzo de 2014				
HORA DE TOMA DE MUESTRA: 09:40 a.m.				
FECHA DE ENTREGA AL LABORATORIO: jueves, 06 de marzo de 2014				
HORA DE ENTREGA AL LABORATORIO: 10:15 a.m.				
RESPONSABLE DEL MUESTREO: ESTUDIANTE: FABIAN BARRERA				
RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICO				
PARAMETRO ANALIZADO	RESULTADO	UNIDADES	METODO	ANALISTA
SODIO	8,5	mg/L	ELECTRODO SELECTIVO	William C.

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DE AQUATEKNICA LTDA. ESTE RESULTADO ES VÁLIDO ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE PARA LOS ELEMENTOS ENSAYADOS IDENTIFICADOS.


DORA PATRICIA LOSADA
GERENTE - MICROBIOLOGA


Aquatecnica Ltda
NIT. 900.127.870-6


WILLIAM CASTRO
ING. QUIMICO

ELABORÓ: ING. DIEGO OLIVEROS VARRAZA

Calle 23 N° 5A - 5B Barrio Sevilla teléfono: 8741229 celulares: 3117357573 - 3203383021 aquatecnica@gmail.com Neiva - Huila

Anexo G. Análisis de Potasio




REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-2527-14

Bogotá D.C., Marzo 29 de 2014 Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE		IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	
FUNDACIÓN DESARROLLO DE LAS INGENIERÍAS Y LAS CIENCIAS DE LA SALUD PARA LA PROTECCIÓN DEL AMBIENTE OSCAR GUTIERREZ OLIVERA AV 26 No 27 - PISO 100 CONJUNTO SANTALUCIA 074648 fundi@antek.com		PRODUCTO: AGUA SUBTERRÁNEA MUESTRO A CARGO DE: CLIENTE PROCEDIMIENTO DE MUESTRO: N.E. PLAN DE MUESTRO ANTEK No.: N.E. IDENTIFICACIÓN DE MONITOREO: N.E. NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS: 1 LUGAR DE MUESTRO: NEIVA - NEIVA TIPO DE MUESTRO: N.E.	
FECHA DE MUESTRO: 2014-03-18		FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: 2014-03-19	
FECHA DE ANÁLISIS: 2014-03-19 AL 2014-03-20			

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	POZO SUBTERRANEO MUESTRA #1	LÍMITES DECRETO 1860 DE 2012 DE SALUD Y MIN. DE AGRICULTURA		
					Art. 30	Art. 32	Art. 46
POTASIO	mg/L	E.E.A.	ISM 311-B	ANTEK 02293	4,03	N.E.	N.E.

N.E.: NO ESTABLECIDA; NO APLICA. E.E.A.: ESPECTROMETRIA DE EMISIÓN ATÓMICA

METODO DE ANÁLISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22nd EDITION 2012, APHA, AWWA, WEF.

RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTO O COMO CERTIFICADO DE SALUD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE

AUTORIZADO

AUTORIZO

LUIS ARTURO SUSPES
Dirección Técnica y Laboratorio

AUTORIZADO

AUTORIZADO



Calle 25B No. 85B - 54, Bogotá, D.C. - Colombia. PBX (57) 1 - 295 2333

anteksa@anteksa.com - reportes@anteksa.com - www.anteksa.com

RT-A-10-01 V.2

Anexo H. Temperatura mensual en el municipio de Neiva

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES														SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL	
VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA (oC)															
FECHA DE PROCESO : 2013/05/21								ESTACION : 21115020 APTO BENITO SALAS							
LATITUD 0256 N		TIPO EST SS		DEPTO HUILA		FECHA-INSTALACION 1930-ENE									
LONGITUD 7517 W		ENTIDAD 01 IDEAM		MUNICIPIO NEIVA		FECHA-SUSPENSION									
ELEVACION 0439 m.s.n.m		REGIONAL 04 HUILA-CAQUET		CORRIENTE LAS CEIBAS											

A#0	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL

1993	2	01	27.4	27.5 3	26.3	27.2	27.0	28.1	27.7	29.1	28.9	27.8	26.3	26.9	27.5 3
1994	2	01	26.7	27.1	26.4	26.9	27.0	27.6	28.0	28.5	29.0	27.1	26.4	27.3	27.3
1995	2	01	29.0	28.8	27.3	27.2	27.3	27.9	28.0	28.4	29.7	27.7	26.7	26.4	27.9
1996	2	01	26.8	26.3	26.8	27.5	27.2	27.3	27.4	28.5	29.3	27.1	27.1	26.8	27.3
1997	2	01	26.5	27.9	28.4	27.4	28.0	27.8	28.4	29.6	30.1	29.7	28.3	28.8	28.4
1998	1	01	30.2 3	30.8	28.8	28.3	28.2	28.5	28.1	28.9	29.3	29.0	26.7	26.7	28.6 3
1999	1	01	26.9	26.3	27.4	27.0	26.9	27.1	28.0	28.9	27.4	26.5	26.5	26.6	27.1
2000	1	01	27.2	26.6	26.4	26.2	26.5	27.4	28.2	28.6	27.8	28.0	27.1	27.0	27.3
2001	1	01	27.7	28.9	27.6	28.2	27.8	27.9	28.4	29.4	29.0 3	29.8	27.1	27.0	28.2 3
2002	1	01	28.7 3	28.6	28.4	27.2	27.4	27.0	28.2	29.2	29.5	29.1	27.7	28.1	28.3 3
2003	1	01	29.1	29.2	28.1	27.2	28.4	28.0	28.7	29.9	29.2	28.1	26.8 3	27.3	28.3 3
2004	1	01	28.1 3	28.5	29.2	27.3	27.6	28.4	28.1	29.4	29.2	27.7	26.8	27.1	28.1 3
2005	1	01	27.8	28.2	27.9	28.0	27.3	28.6	28.7	29.5 3	29.3	27.2	27.0	26.6	28.0 3
2006	1	01	27.1	28.1	26.9	26.8	28.3	27.7	28.4	29.4	29.6	28.4	26.5	26.9	27.8
2007	1	01	28.8	29.3	28.0	26.9	27.1	26.8	28.8	28.2	29.5	27.0	26.6	26.4	27.8
2008	1	01	27.0	27.4	26.6	26.4	26.5	27.0	27.7	27.8	27.7	26.8	26.0	26.7	27.0
2009	1	01	27.0	27.3	26.4	26.9	27.4	28.1	28.5	29.0	29.9	28.7	27.8	28.2	27.9
2010	1	01	29.8	30.5	29.4	28.3	27.8	26.8	27.1	28.8 3	27.8	27.1	25.9	25.9	27.9 3
2011	1	01	27.6	26.8	26.4	26.3	26.8	26.9	27.6	29.2	28.8	27.4	26.6	26.6	27.3
2012	1	01	27.3	28.0	27.4	26.8	28.2	29.1	28.7	29.1	29.9	28.0	27.0	26.8	28.0
MEDIOS			27.8	28.1	27.5	27.2	27.4	27.7	28.1	29.0	29.0	27.9	26.8	27.0	27.8
MAXIMOS			30.2	30.8	29.4	28.3	28.4	29.1	28.8	29.9	30.1	29.8	28.3	28.8	30.8
MINIMOS			26.5	26.3	26.3	26.2	26.5	26.8	27.1	27.8	27.4	26.5	25.9	25.9	25.9

Tabla 16. Costos del servicio de acueducto sede central Año 2011

Usco Sede Central										
Periodo	Periodo Facturado	Factura de Servicio N°	N° de Medidor	Consumo (m3)	Concepto de Acueducto	Concepto de Alcantarillado	Generador de Aseo m³	Tarifa	Subsidio/Contribución	Total
N°1	12/11/2010 01/11/2011	10620775	2224775	5124	\$ 4.704.671,41	\$ 4.653.887,71	5954	\$ 1.518.948,11	0	\$ 10.877.510,00
N°2	01/12/2011 02/10/2011	10604700	2224775	5132	\$ 4.712.010,37	\$ 4.661.145,63	59,54	\$ 1.518.948,11	0	\$ 10.892.110,00
N°3	02/11/2011 03/12/2011	10689051	2224775	5138	\$ 4.717.514,59	\$ 4.666.589,07	59,54	\$ 1.499.138,60	0	\$ 10.883.240,00
N°4	03/13/2011 04/13/2011	10773651	2224775	5132	\$ 4.712.010,37	\$ 4.661.145,63	59,54	\$ 1.499.138,60	0	\$ 10.872.300,00
N°5	04/14/2011 05/14/2011	10858605	2224775	5129	\$ 4.709.258,26	\$ 4.658.423,91	59,54	\$ 1.543.729,58	0	\$ 10.911.410,00
N°6	05/15/2011 06/14/2011	10971505	2224775	5129	\$ 4.709.258,26	\$ 4.658.423,91	59,54	\$ 1.526.971,00	0	\$ 10.914.650,00
N°7	06/15/2011 07/15/2011	11056904	2224775	5130	\$ 4.710.175,63	\$ 4.659.331,15	59,54	\$ 1.550.705,57	0	\$ 10.920.220,00
N°8	07/16/2011 08/16/2011	11142502	2224775	5131	\$ 4.863.358,64	\$ 4.810.898,39	59,54	\$ 1.526.621,56	0	\$ 11.220.880,00
N°9	08/17/2011 09/16/2011	11228332	2224775	5131	\$ 4.863.358,64	\$ 4.810.898,39	59,54	\$ 1.556.253,39	0	\$ 11.230.510,00
N°10	09/17/2011 10/17/2011	11314391	2224775	5130	\$ 4.862.411,62	\$ 4.809.961,82	59,54	\$ 1.560.572,90	0	\$ 11.232.940,00
N°11	10/18/2011 11/17/2011	11400586	2224775	5130	\$ 4.862.411,62	\$ 4.809.961,82	59,54	\$ 1.563.335,50	0	\$ 22.551.760,00
N°12	11/18/2011 12/15/2011	11487029	2224775	5130	\$ 4.862.411,62	\$ 4.809.961,82	59,54	\$ 1.457.803,40	0	\$ 11.296.430,00
TOTAL										\$ 109.955.770
										\$ 11.318.820
										\$ 11.296.430
										\$ 132.571.020

Fuente: Área de Contabilidad Universidad Surcolombiana.

Tabla 17. Costos del servicio de acueducto sede central Año 2012

Periodo	Usco Sede Central									Total	
	Periodo Facturado	Factura de Servicio N°	N° de Medidor	Consumo (m3)	Concepto de Acueducto	Concepto de Alcantarillado	Generador de Aseo m ³	Tarifa	Subsidio/Contribución		
Nº 1	12/16/2011 01/16/2012	11573753	2224775	5130	\$ 4.862.411,62	\$ 4.809.961,82	59,54	\$ 1.680.896,82	0	\$ 11.353.270,00	
Nº 2	01/17/2012 02/16/2012	11660779	2224775	5130	\$ 4.862.411,62	\$ 4.809.961,82	59,54	\$ 1.640.490,70	0	\$ 11.312.860,00	
Nº 3	02/17/2012 03/16/2012	11748124	2224775	5130	\$ 4.862.411,62	\$ 4.809.961,82	59,54	\$ 1.533.901,96	0	\$ 11.206.270,00	\$ 33.872.400
Nº 4	03/17/2012 04/16/2012	11835730	2224775	5130	\$ 4.862.411,62	\$ 4.809.961,82	59,54	\$ 1.640.987,55	0	\$ 22.602.550,00	\$ 11.396.280
Nº 5	04/17/2012 05/16/2012	11923545	2224775	5130	\$ 4.862.411,62	\$ 4.809.961,82	59,54	\$ 1.590.670,62	0	\$ 11.263.040,00	
Nº 6	05/17/2012 06/16/2012	12011704	2224775	5130	\$ 4.862.411,62	\$ 4.809.961,82	59,54	\$ 1.647.002,18	0	\$ 11.319.370,00	
Nº 7	06/17/2012 07/16/2012	12100199	2224775	5130	\$ 5.018.802,14	\$ 5.220.785,12	59,54	\$ 1.606.795,61	0	\$ 11.846.390,00	
Nº 8	07/17/2012 08/16/2012	12189048	2224775	5130	\$ 5.018.802,14	\$ 5.220.785,12	59,54	\$ 1.668.193,12	0	\$ 11.907.780,00	
Nº 9	08/17/2012 09/17/2012	12278237	2224775	5130	\$ 5.018.802,14	\$ 5.220.785,12	59,54	\$ 1.718.951,24	0	\$ 11.958.540,00	
Nº 10	09/18/2012 10/16/2012	12367633	2224775	5130	\$ 5.013.774,74	\$ 4.959.719,42	59,54	\$ 1.556.068,71	0	\$ 10.731.280,00	
Nº 11	10/17/2012 11/16/2012	12457330	2224775	5130	\$ 5.013.774,74	\$ 4.959.719,42	59,54	\$ 1.658.992,61	0	\$ 11.632.480,00	
Nº 12	11/17/2012 12/18/2012	12547238	2224775	5130	\$ 5.013.774,74	\$ 4.959.719,42	59,54	\$ 1.707.360,08	0	\$ 11.680.850,00	
TOTAL										\$ 137.608.410	

Fuente: Área de Contabilidad Universidad Surcolombiana.

Tabla 18. Costos del Servicio de Acueducto Edificio de Economía 2015 - 2017

DATOS DEL CONTADOR			Ubicado en Economía		
N° DE MEDIDOR					
N° CUENTA CONTRATO					
			20100410		
	año 2017		año 2018		
MES	m3	valor pago	MES	m3	valor pago
OCT	27113	\$ 55.890.120,00	ENE	174	\$ 405.502,00
NOV	211				
DIC	141	\$ 2.683.037,00			

Fuente: Registros Oficina de Gestión Ambiental

Tabla 19. Costos del Servicio de Acueducto Sede Central 2015 - 2017

DATOS DEL CONTADOR UBICADO CERCA A LA FACULTAD DE ARTES						
N° DE MEDIDOR				2224775		
N° CUENTA CONTRATO				20100400		
	2015		2016		2017	
	m3	valor pago	m3	valor pago	m3	valor pago
ENE	5130	\$ 10.332.490	5130	\$ 11.017.040	5130	\$ 10.272.580,00
FEB	5130	\$ 10.660.050	5130	\$ 11.017.040	5130	\$ 10.486.680,16
MAR	5130	\$ 10.660.050	5130	\$ 11.017.040	5130	\$ 10.786.660,16
ABR	5130	\$ 10.660.050	5130	\$ 11.454.660	5130	\$ 10.586.680,16
MAY	5130	\$ 10.660.050	5130	\$ 11.454.660	5130	\$ 10.586.677,00
JUN	5130	\$ 10.660.050	5130	\$ 11.454.660	5130	\$ 10.586.677,00
JUL	5130	\$ 10.660.050	5130	\$ 11.545.660	5130	\$ 10.586.674,00
AGO	5130	\$ 10.660.050	5130	\$ 11.828.840	5130	\$ 10.586.677,00
SEP	5130	\$ 11.017.040	5130	\$ 10.272.580	5130	\$ 10.586.678,00
OCT	5130	\$ 11.017.040	5130	\$ 10.272.580	5130	\$ 10.586.677,00
NOV	5130	\$ 11.107.040	5130	\$ 10.272.580	5130	\$ 10.586.678,00
DIC	5130	\$ 11.107.040	5130	\$ 10.272.580	3325	\$ 6.866.861,00

Fuente: Registros Oficina Gestión Ambiental

Anexo I. Registros fotográficos pozo USCO-1

Fotografía 8. Tubería para el pozo USCO-1



Fotografía 9. Equipo de Perforación



Fotografía 10. Inicios de la Perforación



REGISTROS FOTOGRAFICOS RIEGO DE JARDINES

Fotografía 11. Riego Jardines y zonas verdes con agua potable, Sede Central



Fotografía 12. (Continuación) Riego Jardines y zonas verdes con agua potable



Fotografía 13. (Continuación) Riego Jardines y zonas verdes con agua potable



REGISTROS FOTOGRAFICOS PRACTICAS MAESTRIA

Fotografía 14. (Continuación) Riego Jardines y zonas verdes con agua potable



Fotografía 15. (Continuación) Práctica, visita al Municipio de Colombia - Huila: reconocimiento e identificación de Ecosistemas estratégicos



Fotografía 16. (Continuación) Práctica, visita al Municipio de Colombia- Huila. (Planeando el desarrollo del trabajo resultado de la visita)



Fotografía 17. (Continuación) Práctica, visita al Municipio de Colombia - Huila. Ecosistemas y culturas de zonas áridas y semiáridas (Bosques Espinosos)



Fotografía 18. (Continuación) Práctica, visita al Municipio de Colombia - Huila. Reconocimiento, características panorámicas del área de la ciudad capital – sistemas dinámicos, naturales y culturales



Fotografía 19. (Continuación) Práctica visita al Municipio de Colombia Huila



Fotografía 20. Práctica, Visita Parque Nacional Cueva de los Guacharos



Fotografía 21. (Continuación) Práctica: Visita Parque Nacional Cueva de los Guacharos



Fotografía 22. (Continuación) Práctica: Visita Cueva de los Guacharos – Majestuosa entrada



Fotografía 23. Práctica Geología, Manejo de GPS y observación de erosiones



Fotografía 24. (Continuación), Práctica Geología – Mina de Mármol, Observación y análisis de conformación de rocas, Santa María - Huila



Fotografía 25. Práctica Inventario de Macroinvertebrados Acuáticos Hemimetábolos, Limnología y recursos Hidrobiológicos en la Quebrada La Viciosa, y observación de Sistemas Dinámicos Naturales – Guadalupe (Huila)



Fotografía 26. (Continuación) Práctica: Inventario de Macroinvertebrados Acuáticos Hemimetábolos en la quebrada La Viciosa, y observación de los Sistemas dinámicos Naturales, Guadalupe Huila)



Fotografía 27. (Continuación) Práctica: Inventario de Macroinvertebrados Acuáticos Hemimetábolos en la Laguna Guapotón, y observación de Sistemas Dinámicos Naturales – Guadalupe - Huila



Fotografía 28. (continuación) Práctica Inventario de Macroinvertebrados Acuáticos Hemimetábolos en la Laguna de Guapotón, y observación de Sistemas Dinámicos Naturales – Guadalupe (Huila)



Fotografía 29. Práctica: Visita Parque Nacional Natural, Sede de la Reserva Forestal Protectora Tarpeya



Fotografía 30.
(Continuación)



Fotografía 31.
(Continuación)



Fotografía 32.
(Continuación)



Práctica: Trabajo de Caracterización Florística en la Reserva Forestal Protectora Tarpeya,
Parque Nacional Natural, Íquira - Huila

Fotografía 33. Práctica: Visita al Laboratorio de Medicina Genómica – Genética de la Conservación, Facultad de Salud, Universidad Surcolombiana, Neiva-Huila



Fotografía 34. Práctica: Visita al Laboratorio de Medicina Genómica – Observación de Procedimiento ADN

