

MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL AREA DEL BATALLON DE  
INGENIERO MANUEL ALBERTO MURILLO GONZALEZ No. 10 DE  
VALLEDUPAR, CESAR.

HUGO ANDRES CUELLAR DELGADO

FUNDACION UNIVERSITARIA DEL AREA ANDINA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA GEOLOGICA  
VALLEDUPAR  
2018

MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL AREA DEL BATALLON DE  
INGENIERO MANUEL ALBERTO MURILLO GONZALEZ NUMERO 10 DE  
VALLEDUPAR, CESAR

HUGO ANDRES CUELLAR DELGADO

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Geólogo

Director del trabajo:  
FABIO ENRIQUE CARRILLO BOLAÑO  
Ingeniero geólogo

FUNDACION UNIVERSITARIA DEL AREA ANDINA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA GEOLOGICA  
VALLEDUPAR  
2018

Nota de aceptación

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Presidente del Jurado

\_\_\_\_\_  
Jurado

\_\_\_\_\_  
Jurado

Valledupar, 12 de Junio del 2018

## DEDICATORIA

Este proyecto es dedicado principalmente a Dios, a mi familia y en especial a mis papas que con sus esfuerzos y dedicaciones pude salir adelante con mis estudios universitarios, quienes me brindaron ese apoyo para cumplir cada meta propuesta. A los profesores que colocaron su granito de arena para enriquecer este proyecto con cada una de sus ideas.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Batallón de ingenieros por brindarme la confianza de realizar mis prácticas profesionales, así mismo agradezco al sub Teniente Santiago Díaz jefe de sección técnica y al Teniente ambientalista Yeimer Stiven Arévalo García quienes fueron guías y apoyo para el desarrollo de estas prácticas.

Al asesor temático ingeniero geólogo Fabio Enrique Carrillo Bolaño por la dedicación en este proyecto e ingeniero geólogo Jaime Segundo Manjarrez por brindarme las asesorías correspondiente al tema asignado.

Al señor Antonio García quien me colaboro amablemente con la realización de los ensayos de laboratorios.

A mi familia en especial para mis papas que gracias a ellos pude realizar mis estudios universitarios, fueron los que me brindaron la oportunidad de ser alguien con sus apoyos incondicionales.

A la Fundación Universitaria Del Área Andina por contar con buenos docentes que me acompañaron a lo largo de mi carrera para hacer de mí un profesional responsable e íntegro, que me ayudaron mucho al crecimiento profesional y a mi desarrollo personal.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	2
1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA .....	2
1.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA.....	2
1.2 ASPECTOS ESTRATÉGICOS.....	2
1.2.1 Misión.....	2
1.2.2 Visión .....	2
1.2.3 Políticas de la empresa .....	3
1.3 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS.....	3
1.4 FUNCIONES DE LA EMPRESA.....	3
1.5 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL .....	4
1.6 DEPENDENCIA EN LA QUE SE REALIZO LA PRACTICA.....	6
1.7 INFORME DE GESTIÓN.....	6
1.7.1 Mantenimiento preventivo de vías terciarias ubicado en el corregimiento de Casacará, municipio de Agustín Codazzi – Cesar .....	7
1.7.2 Clasificación de tipos de suelo para la optimización del mantenimiento preventivo de las vías terciarias que se ejecutó en el corregimiento De Casacará, municipio de Agustín Codazzi – Cesar .....	8
1.7.3 Estudio por inestabilidad de taludes en el área del Batallón de Ingenieros No. 10 de Valledupar, Cesar.....	9
1.7.4 Estudio de riesgo por inundación por las 3 acequias en el área del Batallón de Ingenieros No. 10.....	11

1.8 LOGROS ALCANZADOS.....	14
CAPITULO II.....	15
2. PROYECTO.....	15
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
2.3 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA.....	16
2.4 OBJETIVOS.....	16
2.4.1 Objetivo General.....	16
2.4.2 Objetivos Específicos.....	17
CAPITULO III.....	18
3. MARCO DE REFERENCIA.....	18
3.1 MARCO DE ANTECEDENTES.....	18
3.2 MARCO TEÓRICO.....	20
3.2.1 HEC-RAS.....	21
3.2.2 ArcGIS.....	22
3.2.3 ENVIROINSITE.....	22
3.2.4 SONDEO ELECTRICO VERTICAL.....	22
CAPITULO IV.....	24
4. GENERALIDADES.....	24
4.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	24
4.2 ACCESIBILIDAD.....	25
4.3 GEOLOGÍA REGIONAL.....	26
4.3.1 Riolita de Golero (Jg).....	26

4.3.2	Batolitos de Pueblo Bello y Patillal (Jbbp-cm).....	28
4.3.3	Ignimbrita de Los Clavos (Jlc) .....	28
4.3.4	Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla) .....	29
4.3.5	Terrazas aluviales (Qt) .....	29
4.4	GEOMORFOLOGÍA .....	30
4.5	VEGETACIÓN Y CLIMA .....	30
4.6	HIDROGRAFÍA.....	34
CAPITULO V.....		36
5.	METODOLOGÍA .....	36
5.1	FASE DOCUMENTAL: RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL .....	36
5.2	FASE DE CAMPO: ACTIVIDADES DE CAMPO .....	37
5.3	FASE DE LABORATORIO: PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION.....	39
5.4	FASE INFORMATIVA: FINAL DEL PROYECTO.....	40
5.5	CRONOGRAMA.....	42
CAPITULO VI.....		43
6.	RESULTADOS.....	43
6.1	GEOLOGÍA LOCAL.....	43
6.1.1	Andesitas .....	45
6.1.2	Riolitas .....	45
6.1.3	Sienita .....	45
6.1.4	Sienogranito.....	46

6.1.5	Cuarzosienita .....	46
6.1.6	Granodiorita .....	46
6.1.7	Llanura aluvial.....	47
6.2	PROSPECCION GEOFISICA .....	52
6.2.1	Interpretación y Análisis.....	55
6.3	CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA.....	58
6.4	MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL .....	59
6.4.1	Grupo de Sedimentos y Rocas Porosas con Importancia Hidrogeológica Relativa Grande a Muy pequeñas. ....	64
6.4.2	Grupo de Rocas Masivas con Importancia Hidrogeológica Nula o muy Pequeña. ....	65
7.	LOGROS ALCANZADOS .....	66
8.	IMPACTOS PERCIBIDOS POR EL ESTUDIANTE.....	67
9.	LIMITACIONES.....	67
	CONCLUSIONES.....	68
	RECOMENDACIONES.....	69
	REFERENCIAS .....	70
	ANEXOS .....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura organizacional y del Batallón de Ingenieros No. 10 “General Manuel Alberto Murillo”.....	5
Figura 2. Mantenimiento preventivo sobre la vía en el corregimiento de Casacará.	8
Figura 3. Ejecución de ensayos de granulometría e índice de plasticidad para determinar la clasificación de suelos.....	9
Figura 4. Mapa de amenaza por movimiento en masa.....	10
Figura 5. Sección transversal de la acequia 2 en el Batallón de Ingenieros No. 10 .....	12
Figura 6. . Localización geográfica del área de estudio.....	24
Figura 7. Accesibilidad al Batallón de Ingenieros No. 10.....	25
Figura 8. Mapa geológico regional 1:100000 plancha 27 y dentro de ella el área de estudio. ....	27
Figura 9. Mapa Geomorfología Local. Escala 1:15000.....	31
Figura 10. Subunidades geomorfológicas adyacentes al área del Batallón de Ingenieros .....	32
Figura 11. Mapa bioclimático del departamento del Cesar.....	33
Figura 12. Mapa hidrográfico de la cuenca del río Guatapurí y dentro de ella el área de estudio .....	35
Figura 13. Diagrama de flujo metodológico de exploración y evaluación de aguas subterráneas.....	38
Figura 14. Equipo de resistividad MINISTING IP .....	39
Figura 15. Diagrama de flujo metodológico resumido para la construcción del Modelo Hidrogeológico Conceptual.....	41
Figura 16. Mapa Geológico Local. Escala 1:15.000. 16km <sup>2</sup> .....	44
Figura 17. Muestras representativas de cada litología (a) Andesita. (b) Riolita. (c) Sienita. (d) Sienogranito. (e) Cuarzosienita. (f) Granodiorita .....	47

Figura 18. Imagen Satelital de Inventario de Puntos disponible en base de datos de Corpocesar. ....49

Figura 19. Mapa de Inventario de Agua Subterránea superpuesto sobre el mapa geológico.....50

Figura 20. Toma de Datos en Campo del Inventario de Agua Subterránea en propiedad la Fregadera .....51

Figura 21. Toma de Datos en Campo del Inventario de Agua Subterránea en propiedad Buenos Aires .....51

Figura 22. Toma de Datos en Campo del Inventario de Agua Subterránea en propiedad la Moneda .....51

Figura 23. Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) con AB de 450m ejecutado en el Batallón de Ingenieros No. 10 .....53

Figura 24. Distribución de electrodos para el método de Schlumberger. ....54

Figura 25. Clasificación de resistividad en diferentes tipos de rocas .....55

Figura 26. Interpretación de las resistividades obtenidas por SEV con un AB de 450m realizado en el Batallón de Ingenieros No. 10 .....57

Figura 27. Modelo Digital del Terreno para la delimitación de la cuenca del río Guatapurí.....59

Figura 28. Modelo Hidrogeológico Conceptual que expresa como se distribuye y fluye el agua por el subsuelo del Batallón de Ingenieros No. 10. ....62

Figura 29. Sección transversal del Modelo Hidrogeológico Conceptual.....63

Figura 30. Estructura de explotación de agua subterránea tipo Aljibe .....69

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de las acequias que cruzan sobre el área del Batallón de Ingenieros No. 10 .....	12
Tabla 2. Logros alcanzados en el desarrollo de las prácticas. ....	14
Tabla 3. Cronograma de actividades en el periodo de realización del proyecto. ...	42
Tabla 4. Coordenadas geográficas de la línea del Sondeo Eléctrico Vertical. ....	52
Tabla 5. Característica hidrogeológica del Grupo de Sedimentos y Rocas Porosas con Importancia Hidrogeológica Relativa Grande a Muy pequeñas .....	64
Tabla 6. Característica hidrogeológica del Grupo de Rocas Masivas con importancia Nula o muy Pequeña .....	65
Tabla 7. Logros alcanzados en la realización del proyecto .....	66

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis granulométrico a 3 muestras de suelo obtenida de la cantera .....	74
Anexo 2. Resultados de la clasificación RMR de Bieniawski (1989) de los macizos rocosos adyacentes al Batallón de Ingenieros No. 10 .....	77
Anexo 3. Inventario aleatorio de 16 Aljibes en la zona de estudio. ....	78

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación está basada en las prácticas empresariales realizadas en el Batallón de Ingenieros No. 10 “General Manuel Alberto Murillo”, llevadas a cabo entre el 04 de septiembre del 2017 y el 04 de enero del 2018 en el Comando 10 de Ingenieros a cargo del Teniente Santiago Díaz Usma.

En ese sentido el presente informe se constituye en una importante y fundamental herramienta, pues contiene las actividades realizadas y funciones desempeñadas que han favorecido el cumplimiento de los objetivos y resultados planteados a partir de las necesidades del Batallón de Ingenieros No. 10.

Como aporte a esta organización militar, se plantearon medidas para contribuir a la demanda del recurso hídrico en el Batallón de Ingenieros No. 10, por medio de la construcción de un modelo Hidrogeológico Conceptual de la hidrodinámica subterránea y superficial del área del batallón, para determinar diferentes puntos potenciales para la captación de agua, con mejor calidad y permitirle tener su propio recurso de captación de aguas.

Para llevar a cabo el modelo hidrogeológico conceptual se partió de la metodología general para la exploración y evaluación de aguas subterráneas definida por el Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS) en el 2004, actual Servicio Geológico Colombiano (SGC). Se realizó un SEV como método geoelectrico para determinar la constitución y posición de los sedimentos, rocas y aguas subterránea, utilizando el comportamiento de la resistividad eléctrica a través de la profundidad con el fin de brindar una alternativa de punto captación de este recurso para el personal que habita el batallón.

## CAPITULO I

### 1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

A continuación, se presenta una introducción de la entidad donde se llevaron a cabo las prácticas empresariales. Se resumen la reseña histórica, aspecto estratégico, portafolio de servicios, funciones, estructura organizacional, dependencia donde se realizó las prácticas, informe de gestión y por ultimo logros alcanzados.

#### 1.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA

El 20 de abril del 2001 con un total de 1.200 hombres, el Ministro de Defensa Nacional, activó el Batallón de Ingenieros Número 10 de movilidad, contramovilidad y supervivencia General Manuel Alberto Murillo. Esta unidad militar ha traído para los departamentos de Cesar y La Guajira más progreso y desarrollo. El batallón está ubicado en el kilómetro 3 vía a Patillal en la cabecera municipal de Valledupar. El representante y comandante de esta unidad es el Teniente Coronel Herbert Augusto Blanco Ruiz.

#### 1.2 ASPECTOS ESTRATÉGICOS

##### 1.2.1 Misión

El Batallón de Ingenieros No. 10 General Manuel Alberto Murillo realiza trabajos generales de ingenieros para apoyar el desarrollo militar, asesora en los temas relacionados con la participación, planeación, ejecución y liquidación de los proyectos de infraestructura civil y militar, respondiendo por la ejecución de los proyectos en la parte técnica, administrativa y financiera.

##### 1.2.2 Visión

El Batallón de Ingenieros No. 10 General Manuel Alberto Murillo se proyecta como una unidad organizada, instruida, entrenada, equipada, dotada y capacitada para el desarrollo de operaciones militares suministrada apoyo de movilidad,

contramovilidad y supervivencia mediante trabajos generales de ingenieros contribuyendo en la recuperación, consolidación de la paz y seguridad democrática, enmarcando todas sus actuaciones en el respeto de los derechos humanos, derecho internacional humanitario cumpliendo la función constitucional mediante la aplicación de la transparencia en su área operacional.

### 1.2.3 Políticas de la empresa

Realizar tareas de movilidad supervivencia y trabajos generales de ingenieros para apoyar el desarrollo nacional. En megaproyectos, vías, puentes y pozos. Relacionado en la parte de ingenieros.

## 1.3 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

El Batallón de Ingeniero Numero 10, como dependencia del ejército nacional de Colombia tiene asignada funciones de adoptar planes de programa y proyectos con fines de impulsar al desarrollo nacional para el servicio de toda la comunidad, están capacitados en cualquier emergencia de obras civiles, ambientales y prevención de desastres, para llevar a zonas vulnerables o asoladas por los grupos armados al margen de la ley para traer progreso a los pueblos, veredas y corregimientos de Colombia. Los ingenieros militares del ejército se proyectarán en corto tiempo como la empresa de construcción de vías secundarias y terciarias más grande del país, utilizando sus herramientas y recursos para lograr el éxito y asumir el liderazgo nacional.

## 1.4 FUNCIONES DE LA EMPRESA

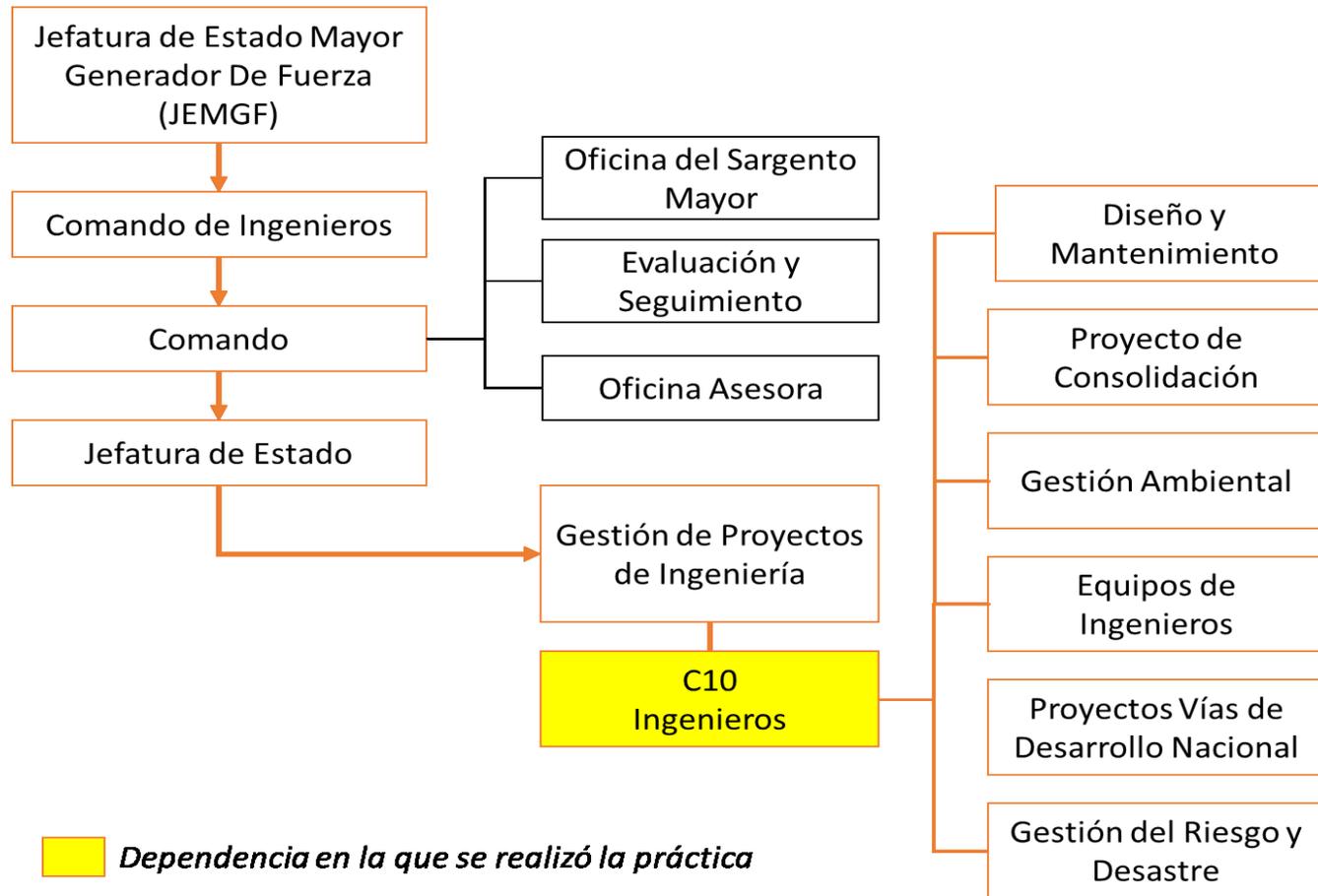
- Coordinar, dirigir y ejecutar actividades de carácter técnico, atender y culminar proyectos de obras en todo el territorio nacional.
- Organizar, participar y difundir las actividades de la rama de la ingeniería militar.

- Innovar, estudiar, crear y desarrollar nuevas tácticas para la construcción de un futuro.
- Fortalecer el nivel profesional del personal por medio del mejoramiento de los procesos de educación, instrucción, entrenamiento y capacitación en general.
- Capacitar a la población del Batallón sobre el tema de riesgo geológico.
- Llevar a cabo simulacros con la comunidad en tema de prevención y desastre.
- Funciones que le sean asignadas por las autoridades competentes y surjan de la naturaleza del cargo.
- Promover la realización de estudios, investigaciones y actualizaciones de información sobre la parte ambiental.

#### 1.5 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

En la figura 1 se muestra la estructura organizacional del Batallón de Ingenieros No. 10 “General Manuel Alberto Murillo” y se especifica en color amarillo la dependencia en la que se realizó la práctica.

Figura 1. Estructura organizacional y del Batallón de Ingenieros No. 10 “General Manuel Alberto Murillo”.



Fuente: INGENIEROS MILITARES DE COLOMBIA “COING.”

## 1.6 DEPENDENCIA EN LA QUE SE REALIZO LA PRACTICA.

Las prácticas empresariales se realizaron en el Batallón de Ingenieros No. 10 Manuel Alberto Murillo González de Valledupar departamento del Cesar, que se encuentra a cargo del Teniente Coronel Herbert Augusto Blanco Ruiz y fue creado para desarrollar eficientemente trabajos de ingeniería que permitan la consolidación de las áreas apartadas del territorio nacional, y de esta manera ejecutar proyectos con beneficio a las comunidades más vulnerables del país. Así brindar un crecimiento económico, social a las comunidades.

En el periodo de las prácticas, se participó con el equipo de ingenieros encargados de los proyectos. Inicialmente, se llevaron a cabo trabajos de mantenimiento preventivo a vías terciarias y se realizaron planes de riesgo por amenazas de inundación e inestabilidad de taludes en municipios del departamento del Cesar. Se logró cumplir con los objetivos propuestos de cada proyecto y así solventar las necesidades de comunidades aledañas al área de influencia de los proyectos.

Adicionalmente se hicieron actividades de capacitaciones ambientales, seguridad industrial y de desastre naturales, en convenio con la gobernación del Cesar, con el objetivo de formar grupos capacitados en cada tema.

## 1.7 INFORME DE GESTIÓN

Dentro del Batallón de Ingenieros las funciones que fueron asignadas iban de la mano con ingenieros civiles y ambientales de la empresa. Entre estas funciones estaban:

- Apoyar a ingenieros civiles en el área de geotecnia para trabajos de mantenimientos preventivos sobre vías, realizar muestreos y ensayos de laboratorio para determinar granulometría e índice plástico a muestras obtenidas de la cantera donde se captó el material para relleno.

- Ejecutar plan de riesgo por inestabilidad de taludes e inundación para el batallón, realizar los estudios correspondientes y así brindar recomendaciones y conclusiones en el parte de riesgo. Se dará una breve introducción de cada proyecto y actividades realizadas.

#### 1.7.1 Mantenimiento preventivo de vías terciarias ubicado en el corregimiento de Casacará, municipio de Agustín Codazzi – Cesar

El objetivo de este proyecto es contribuir con desarrollo agropecuario y ganadero de esta región del Cesar, mejorando las condiciones de las vías terciarias, donde un gran número de personas del corregimiento de Casacará serán beneficiadas. El tiempo de ejecución de este trabajo fue de 20 días en un trayecto de 18 km, como se evidencia en la figura 2. Todo esto fue posible gracias al convenio entre la gobernación del Cesar, alcaldía de Codazzi y el Batallón de Ingeniero No. 10.

Entre otras las funciones asignadas fueron:

- Revisar y tomar medidas en la topografía de la zona.
- Clasificar el tipo de material que se utiliza para la vía mediante granulometría.
- Tomar evidencia del avance cada día.
- Resolver problemas donde se presente inundación de la vía.
- Brindar soluciones si la vía presenta deslizamientos.
- Realizar informe y presentación para la entrega final del proyecto.

Figura 2. Mantenimiento preventivo sobre la vía en el corregimiento de Casacará



Fuente: Autor

#### 1.7.2 Clasificación de tipos de suelo para la optimización del mantenimiento preventivo de las vías terciarias que se ejecutó en el corregimiento De Casacará, municipio de Agustín Codazzi – Cesar

El objetivo de este proyecto fue analizar y clasificar el tipo material que se obtuvo de las canteras para la optimización de las vías terciarias, buscando la calidad de suelo con las características necesarias para una buena compactación del material, como son las arenas y gravas. Se realizaron análisis de granulometría e índice de plasticidad. Estos ensayos arrojando que las muestras obtenidas variaban entre arenas y gravas como se muestra en el Anexo 1, por lo que el resultado obtenido fue de gran satisfacción ya que se cumplió con la característica para la obra del mantenimiento preventivo. El tiempo estimado para la clasificación de los tipos de suelos fue de 5 días. Estos ensayos se llevaron a cabo en los laboratorios de la Fundación Universitaria del Área Andina como evidencia la figura 3.

Entre otras las funciones asignadas fueron:

- Tomar muestras en la cantera en 3 puntos diferentes.
- Realizar la clasificación del suelo por medio de análisis granulométrico.
- Determinar la cantidad de plasticidad que presenta el material de relleno por medio de ensayos de límites de Atterberg.
- Desarrollar el informe de cada laboratorio.
- Socializar con el jefe de obra el tipo de material.

Figura 3. Ejecución de ensayos de granulometría e índice de plasticidad para determinar la clasificación de suelos



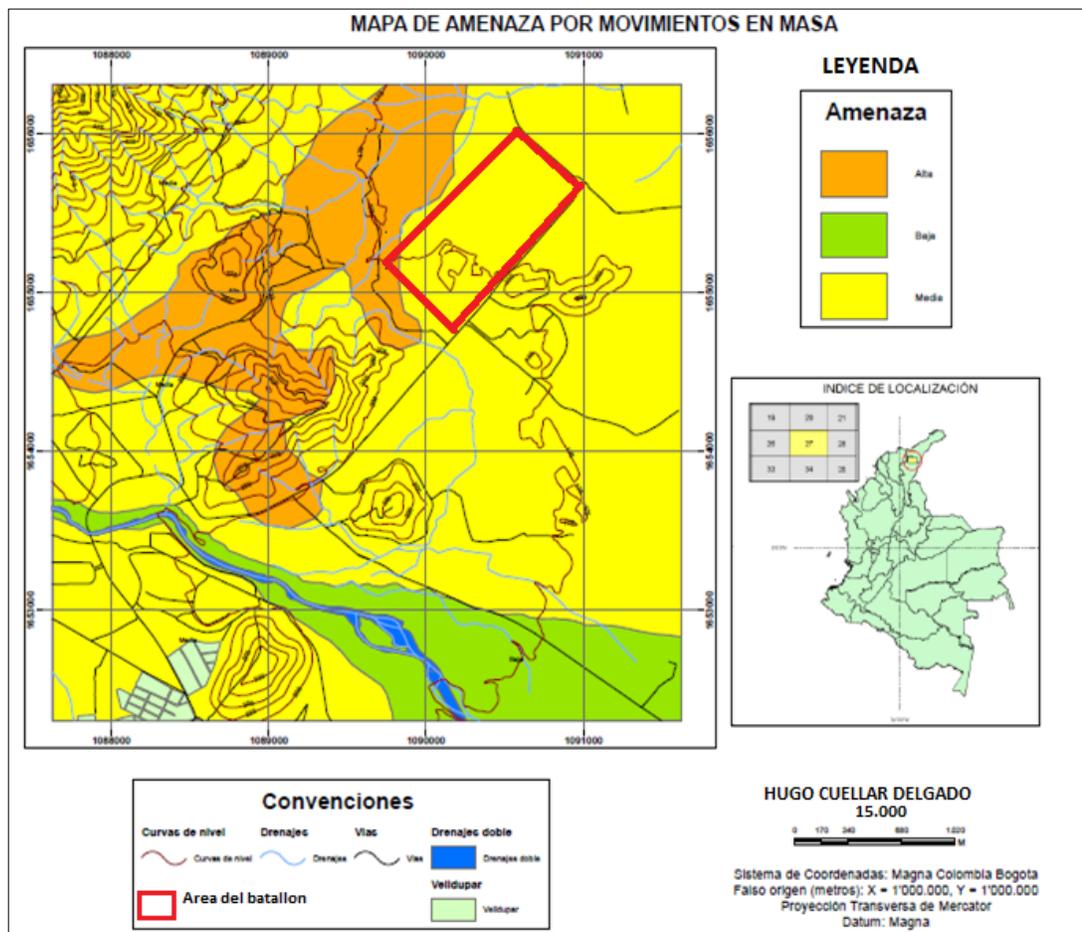
Fuentes: Autor.

### 1.7.3 Estudio por inestabilidad de taludes en el área del Batallón de Ingenieros No. 10 de Valledupar, Cesar

Se realizó un reconocimiento por los alrededores del cerro Santo Eccehomo que interviene con el Batallón de Ingenieros No. 10, con el fin de analizar geomecánicamente, según la clasificación de macizos rocosos de Bieniawski (1989), los taludes adyacentes al área de estudio para así determinar la calidad del macizo, fracturamiento y el rango de meteorización para brindar una mejor

seguridad en la parte de riesgo geológico a esta institución que habitan un promedio entre 1.500 hombres. El tiempo de ejecución de este proyecto fue de 60 días. Se llevaron a cabo análisis de RQD para determinar la calidad de la roca, determinación de los parámetros de resistencia del macizo rocoso de acuerdo al criterio de rotura generalizado de Hoek-Brown y MohrCoulomb en el software RocLab teniendo como base los resultados de los ensayos de carga puntual; y análisis cinemático de discontinuidades en el software Dips. Se construyó el mapa de amenazas por movimiento de masa, escala 1: 15.000 como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Mapa de amenaza por movimiento en masa.



Fuente: Autor

Entre otras las funciones asignadas fueron:

- Identificar los taludes que se encuentren afectados en el área
- Clasificar geomecánicamente los taludes de acuerdo al método RMR de Bieniawski (1989)
- Elaborar un mapa de amenaza
- Entregar informe final del trabajo
- Sustentar a los ingenieros del Batallón
- Brindar recomendaciones sobre cada talud estudiado.

#### 1.7.4 Estudio de riesgo por inundación por las 3 acequias en el área del Batallón de Ingenieros No. 10

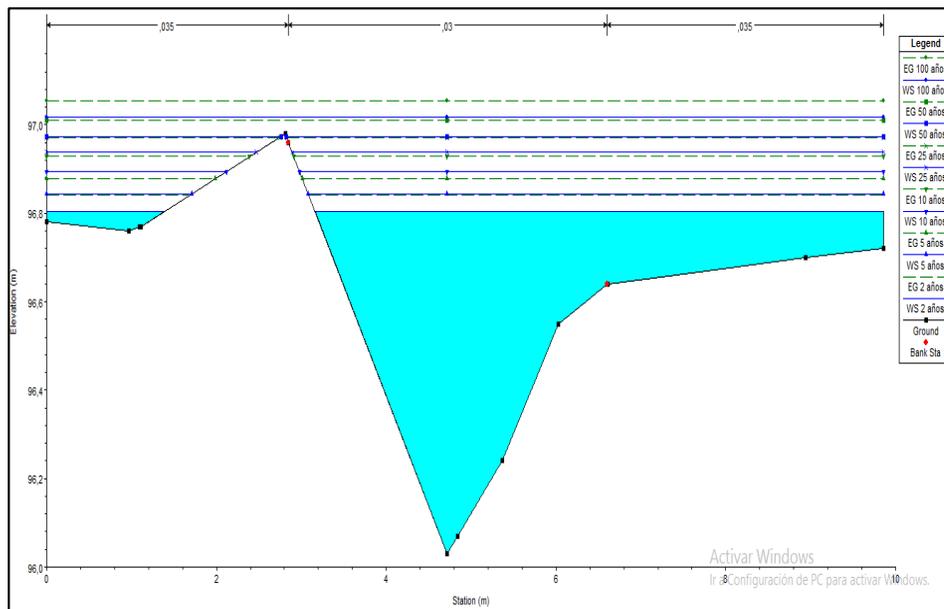
Este estudio se realizó con el fin de determinar los posibles riesgos de inundación del Batallón de Ingenieros. Para este trabajo se tomaron datos de caudal, ancho de las 3 acequias que lo atraviesan como se muestra en la tabla 1, también se tomaron información de espejo de agua, pendiente, velocidad, tipo de flujo y pH del agua, y se utilizó el software HEC-RAS para realizar secciones transversales ofreciéndonos la simulación de los puntos tomados en campo para analizar las posibles inundaciones. Un ejemplo de esta sección transversal se realizó a la acequia 2 con los datos obtenidos (ver tabla 1) como se puede observar en la figura 5. Luego se realizó una escala de tiempo de posibles inundaciones tomando datos del IDEAM que nos ayudaron a determinar a futuro a 5, 10, 15 y 20 años la probabilidad del riesgo por inundación del área. El tiempo de ejecución de este proyecto fue por 15 días. El resultado obtenido nos ayudó a determinar en una escala de tiempo las posibles inundaciones que pueden ocurrir a un futuro en la zona mencionada.

Tabla 1. Caracterización de las acequias que cruzan sobre el área del Batallón de Ingenieros No. 10

CARACTERIZACION									
No.	Nombre	Q.Total (m3/s)	Ancho superficial T (m)	Espejo de Agua (m)	NA máximo (m)	Pendiente (m/m)	Velocidad (m/s)	PH del agua	Tipo de Flujo
1	Acequia 1	0.16	0.64	2,38	0,42	0,015980	0.93	7.2	subcritico
2	Acequia 2	0.47	1.94	5,58	0,51	0,005173	0.58	6.7	subcritico
3	Acequia 3	0.308	2.3	4,43	0,48	0,007923	0.45	6.5	subcritico

Fuente: Autor

Figura 5. Sección transversal de la acequia 2 en el Batallón de Ingenieros No. 10



Fuentes: Autor

Entre otras las funciones asignadas fueron:

- Determinar los riesgos por inundación
- Toma de datos en campo
- Determinar el caudal de cada acequia correspondiente
- Análisis de posibles escenarios de inundación mediante la simulación en el software HEC-RAS
- Entregar informe final del estudio de inundación.
- Sustentar a los ingenieros del Batallón el estudio.

## 1.8 LOGROS ALCANZADOS

Los logros alcanzados en el Batallón de Ingenieros No. 10, dentro del marco de las funciones asignadas y el tiempo de ejecución de las mismas, se observan en la tabla 2 de la siguiente manera:

Tabla 2. Logros alcanzados en el desarrollo de las prácticas.

Logros alcanzados	Porcentaje	Tiempo de ejecución (días)
Mantenimiento preventivo de vías terciarias en el corregimiento de Casacará, municipio de Agustín Codazzi – Cesar.	100%	20
Clasificación de tipos de suelo para la optimización del mantenimiento preventivo de las vías terciarias que se ejecutó en el corregimiento de Casacará, municipio de Agustín Codazzi – Cesar.	75%	15
Estudio por inestabilidad de taludes en el área del Batallón de Ingenieros No. 10 de Valledupar, Cesar.	100%	60
Estudio de riesgo por inundación por acequias en el área del Batallón De Ingenieros No. 10.	100%	15

## CAPITULO II

### 2. PROYECTO

TITULO: MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL AREA DEL BATALLÓN DE INGENIERO MANUEL ALBERTO MURILLO GONZÁLEZ No. 10 DE VALLEDUPAR, CESAR.

#### 2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Batallón de Ingeniero No. 10 “General Manuel Alberto Murillo” (BIMUR), ubicado a 3 km al norte de la ciudad de Valledupar – Cesar, con una población de 1.500 personas aproximadamente, cuenta con una problemática visible, como es el suministro de agua potable. La captación del recurso hídrico es tomada del río Guatapurí donde se desprende una acequia con dirección a las instalaciones de la planta de tratamiento del batallón. En épocas de verano estas acequias sufren la disminución de su nivel de agua en la zona y la temporada de invierno por las cantidades de lluvias, las limitaciones están ligadas a la alta turbiedad con que llega al punto de captación. La situación está dada debido que el agua utilizada para el consumo y demás actividades del batallón es tomada de la acequia que sale del cauce de río Guatapurí, importante afluente de la ciudad de Valledupar y sus alrededores, posteriormente es tratada en una pequeña planta potabilizadora para su aprovechamiento.

En épocas de invierno al subir el cauce del río trae consigo gran cantidad de materiales particulado, coloidal y orgánicos, causando así un agua turbia muy contaminada difícil de tratar por la planta utilizada por el Batallón de Ingeniero, en tanto esta problemática los lleva a quedarse sin el recurso para suplir de las necesidades básicas hasta que pase la época de invierno. Por otro lado, la situación

en época de verano se presenta escasez del agua para el abastecimiento y suministro de las necesidades de los integrantes del batallón.

## 2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué alternativas de punto de captaciones se pueden determinar de acuerdo a las condiciones del potencial hídrico subterráneo establecido a partir de un modelo hidrogeológico conceptual planteado para el área de estudio?

## 2.3 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

Teniendo en cuenta la problemática expuesta por el Batallón de Ingeniero No. 10 “General Manuel Alberto Murillo” (BIMUR), frente al no abastecimiento óptimo de agua en las temporada de invierno y verano, se plantea la construcción de un modelo hidrogeológico conceptual que permita establecer el comportamiento del recurso hídrico subterráneo en el área y así tener una idea clara sobre posibles alternativas para la captación del suministro de agua potable requerido por esta institución. Es importante el diseño del modelo hidrogeológico para identificar el comportamiento del recurso hídrico en el sector para obtener los puntos más factibles de captación.

## 2.4 OBJETIVOS

### 2.4.1 Objetivo General

Construir un modelo hidrogeológico conceptual en el área del Batallón de Ingenieros No. 10 “General Manuel Alberto Murillo” de Valledupar, Cesar.

#### 2.4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la hidrología e hidrogeología del área de estudio con la información existente, verificando el estado actual de las captaciones, con el fin de conocer la infiltración potencial y el comportamiento temporal del acuífero.
- Proponer con ayuda de métodos de exploración geofísica, un modelo hidrogeológico conceptual para el área del Batallón de Ingenieros No. 10 de Valledupar, Cesar.
- Sugerir posibles alternativas de puntos de captación, según las condiciones del potencial hídrico subterráneo establecido en el modelo hidrogeológico conceptual planteado para el área de estudio.

## CAPITULO III

### 3. MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo se abordarán temas relacionados con modelos hidrogeológicos conceptuales previamente realizados que servirán como base para este trabajo, además de los conceptos más relevantes de las ciencias y métodos empleados en el desarrollo del proyecto.

#### 3.1 MARCO DE ANTECEDENTES

Los siguientes son proyectos desarrollados para la realización de un modelo hidrogeológico conceptual que servirán como bases y referencias al momento de la planeación, ejecución e interpretación de resultados.

- *“Modelo hidrogeológico conceptual a partir de información secundaria, en los alrededores del centro urbano del municipio de Chiquinquirá”*. Este estudio se enfocó en la determinación de la potencialidad de recarga de agua a los acuíferos, al mismo tiempo se cuantificó la cantidad de recurso hídrico disponible como recarga potencial hacia los acuíferos, el cual servirá para subsanar los déficits acaecidos por temporadas de sequías. Este estudio tuvo como principal línea de investigación la Hidrogeología, además del saneamiento básico, teniendo en cuenta que los resultados pueden ayudar a definir zonas de prospectividad de aguas subterráneas [1].

- *“Modelo hidrogeológico conceptual de la mina de sal de Nemocón, contrato de concesión HIQO – 01”*. El estudio se enfocó en la exploración de aguas subterráneas, se constituye entonces, en la presentación del modelo hidrogeológico

---

[1] MELO, Perdomo; MANUALE, Victor; ROJAS LEGUIZAMÓN, Carlos Arturo. Modelo hidrogeológico conceptual a partir de información secundaria, en los alrededores del centro urbano del municipio de Chiquinquirá. 2017.

conceptual de la zona, donde se presentan todos los componentes que intervienen en el ciclo del agua y su incidencia en el domo salino y las labores subterráneas. Brinda una clara idea de las condiciones geológicas, hidrológicas e hidrogeológicas en las que se encuentra la zona, permita comprender la dinámica del flujo de agua tanto subterránea como superficial [2].

- *“Construcción de un modelo hidrogeológico conceptual del acuífero del río Risaralda fase 1”*, (Paredes, 2013). Este estudio se enfoca en el conocimiento de las fuentes hídricas subterráneas de los acuíferos Santágueda – Kilómetro41 y río Grande de La Magdalena, con el objeto de esbozar un modelo hidrológico y de esta forma construir el Plan de Manejo Ambiental que permita gestionar eficientemente el recurso en estas zonas estratégicas del departamento de Caldas [3].

- *“Construcción preliminar del modelo hidrogeológico conceptual del acuífero asociado a la quebrada Manizales a partir de información secundaria”*, (Gallego, 2016). Se pretende dar sostenibilidad al recurso, teniendo en cuenta que toda su gestión deriva del ciclo hidrológico y a la vez, que este se encuentra influenciado por diferentes componentes naturales y antrópicos. Aborda el manejo del agua como una estrategia de carácter fundamental, desde una perspectiva ambiental e integral que recoja la diversidad regional y las potencialidades de actores e instituciones que puedan participar en pro del recurso hídrico. Tiene un enfoque muy importante el cual se basa en correlacionar la información hidrogeológica secundaria existente para la construcción del modelo. Formula estrategias para la

---

[2] BERNAL, M., & YULEIMI, M. Modelo hidrogeológico conceptual de la mina de sal de Nemocón, Contrato de Concesión HIQO-01. 2016.

[3] CORPOCALDAS – UTP. Informe Final del Proyecto “Construcción de un Modelo Hidrogeológico Conceptual del acuífero del río Risaralda Fase I”. Contrato 242 del 2013.

articulación del modelo hidrogeológico a los instrumentos de planificación del recurso hídrico [4].

- “*Modelo hidrogeológico conceptual y matemático para el municipio de Castilla La Nueva, ubicado en el departamento del Meta*”, (Martínez, 2018). Este estudio contiene información para desarrollar un modelo hidrogeológico conceptual y matemático del municipio de Castilla La Nueva, ubicado en el departamento del Meta. El trabajo se elaboró con base a la construcción y elaboración de modelos hidrogeológicos. El capítulo se desarrolló con base en la metodología utilizada en el estudio nacional del agua 2014, que contiene la evaluación geológica, geofísica, hidrogeológica e hidrología del área en estudio [5].

### 3.2 MARCO TEÓRICO

Un modelo hidrogeológico conceptual se genera a partir de la combinación de modelos hidrogeológicos, hidrológicos, hidráulicos y geoquímicos. Para este proyecto se llevaron a cabo los 3 primeros modelos respectivamente y no se pudo llevar el modelo geoquímico debido a falta de datos e información. Para entrar en contexto, un modelo hidrogeológico son representaciones físicas o numéricas de un sistema hidrogeológico real, que permiten observar a escala el comportamiento hidrogeológico de un acuífero como herramienta de investigación hidrogeológica la cual se fundamenta con información proveniente de campo y laboratorio [6]. Lo conceptual es una representación gráfica del sistema de flujo del agua subterránea

---

[4] GALLEGO SUARÉZ, Margarita María. Construcción preliminar del modelo hidrogeológico conceptual asociado a la Quebrada Manizales. 2016.

[5] MARTÍNEZ RINCON, Carlos Mario. Modelo hidrogeológico conceptual y matemático para el municipio de Castilla la Nueva ubicado en el departamento del Meta. 2018.

[6] CÓRDOBA MELGAREJO, Damián Ferney., MEFFE, Raffaella., & MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, Virtudes. Metodología para el desarrollo de un modelo hidrogeológico mediante herramientas de Información Geográfica. 2013.

que se realiza incorporando toda la información geológica e hidrogeológica disponible en un simple esquema del modelo a realizar [7]. Con esta previsualización se logra identificar el sistema de flujo característico, el cual es esencial para entender el movimiento del agua a través del sistema hidrogeológico. Es importante tener presente las técnicas que se utilizaron para ordenar el desarrollo del proyecto como la cartografía, caracterización de aguas superficiales, mapas de la zona, inventarios, características hidráulicas y delimitación de la cuenca. Las herramientas que se usaron para los siguientes trabajos son el software HEC-RAS, ArcGIS y ENVIROINSITE. Para la parte de campo se realizó el método sondeo eléctrico vertical (SEV).

### 3.2.1 HEC-RAS

(Hydrological Engineering Center – River Analysis System): Este software permite al usuario realizar un flujo continuo unidimensional, cálculos de flujo inestable de una y dos dimensiones, cálculos de transporte de sedimentos, lecho móvil y modelado de la temperatura del agua y calidad del agua. Es un programa de modelización hidráulica unidimensional compuesto por 4 tipos de análisis en ríos:

- Modelización de flujo en régimen permanente
- Modelización de flujo en régimen no permanente
- Modelización del transporte de sedimentos
- Análisis de calidad de aguas

---

[7] ANDERSON M.P., WOESSNER W.W. Applied groundwater modelling simulation of flow and advective transport. Ed. Academic press, San Diego, California. 1992.

Nos permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua por lo que su objetivo principal es realizar estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables [8].

### 3.2.2 ArcGIS

Es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Cómo la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistema de información geográfica (SIG). Nos permite realizar mapas, compilar información geográfica, crear bases de datos etc.

### 3.2.3 ENVIROINSITE

Es una herramienta para uso interno en HydroAnalysis, la reacción de los clientes y otros consultores dejó en claro la necesidad de una herramienta de análisis de datos completos y ajustada a las necesidades de los científicos e ingeniero ambientales que trabajan en proyectos hidrogeológicos. Nos permite cargar toda la información capturada tanto en oficina como en campo y se construyen los mapas temáticos pertinentes (Climatológicos, Dirección de Flujo, Modelos Geofísicos, Características Hidráulicas, etc.), para construir el Modelo Hidrogeológico Conceptual, del cual parte la elaboración del Modelo Numérico.

### 3.2.4 SONDEO ELECTRICO VERTICAL

Es una prueba que se usa para conocer la distribución de resistividad del suelo. Dadas las propiedades eléctricas de los materiales que constituyen del subsuelo, esta manifiesta un determinado comportamiento ante el paso de corrientes eléctricas. Dicho comportamiento se manifiesta en líneas de campo o flujo eléctrico constante para materiales homogéneos, por ellos cuando los valores y

---

[8] RINCÓN, J.; LEÓN, J.; GRATEROL, J. Comparative analysis of the HEC-RAS and BRI-STARS models in the hydraulic evaluation of bridges considering the fixed bed. Revista Ingenieria UC, 2015, vol. 22, no 3, p. 41-51.

características de este campo varían, indican un cambio de materiales o una discontinuidad dentro de un mismo depósito.

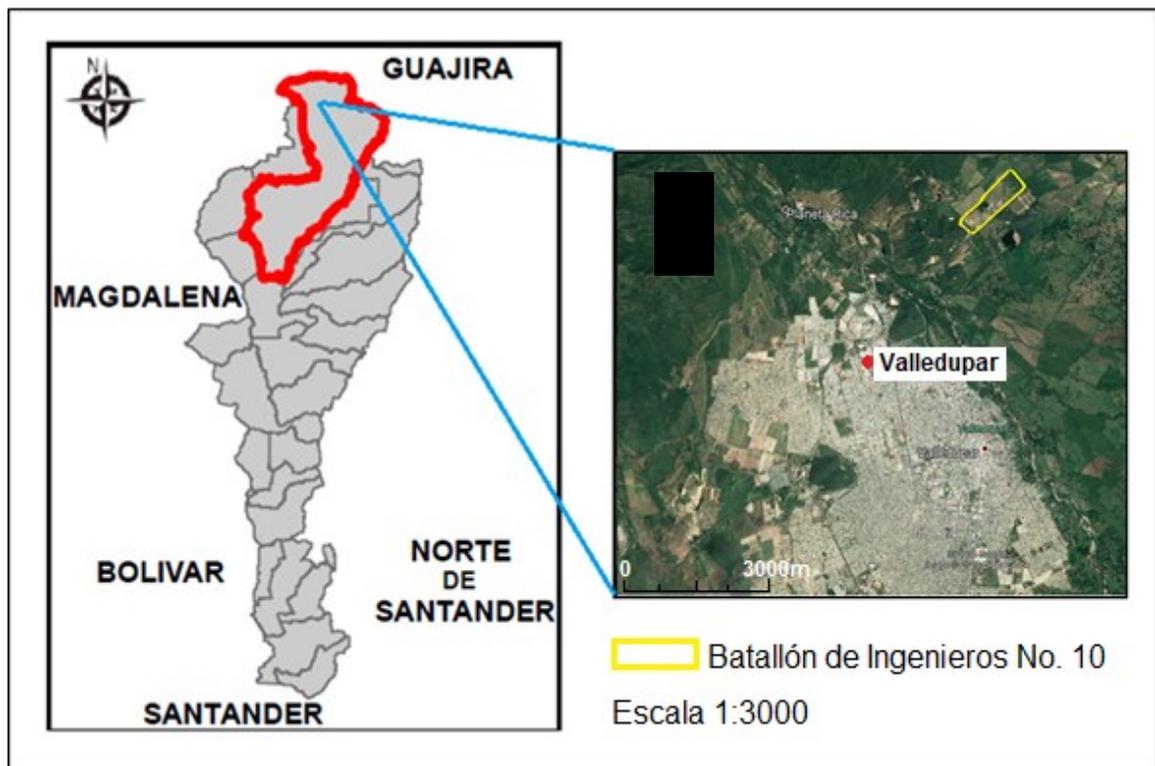
## CAPITULO IV

### 4. GENERALIDADES

#### 4.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El Batallón de Ingenieros No. 10. (BIMUR) presenta un área 64.5 hectárea con un perímetro 3.82 km<sup>2</sup> se encuentra ubicado en la ciudad de Valledupar, departamento del Cesar. Limitado al norte con el corregimiento de Patillal, al sur con la ciudad de Valledupar, al este con los corregimientos de Los Corazones, Guacoche y Las Raíces, al oeste con el piedemonte de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) como se muestra en la figura 6.

Figura 6. . Localización geográfica del área de estudio

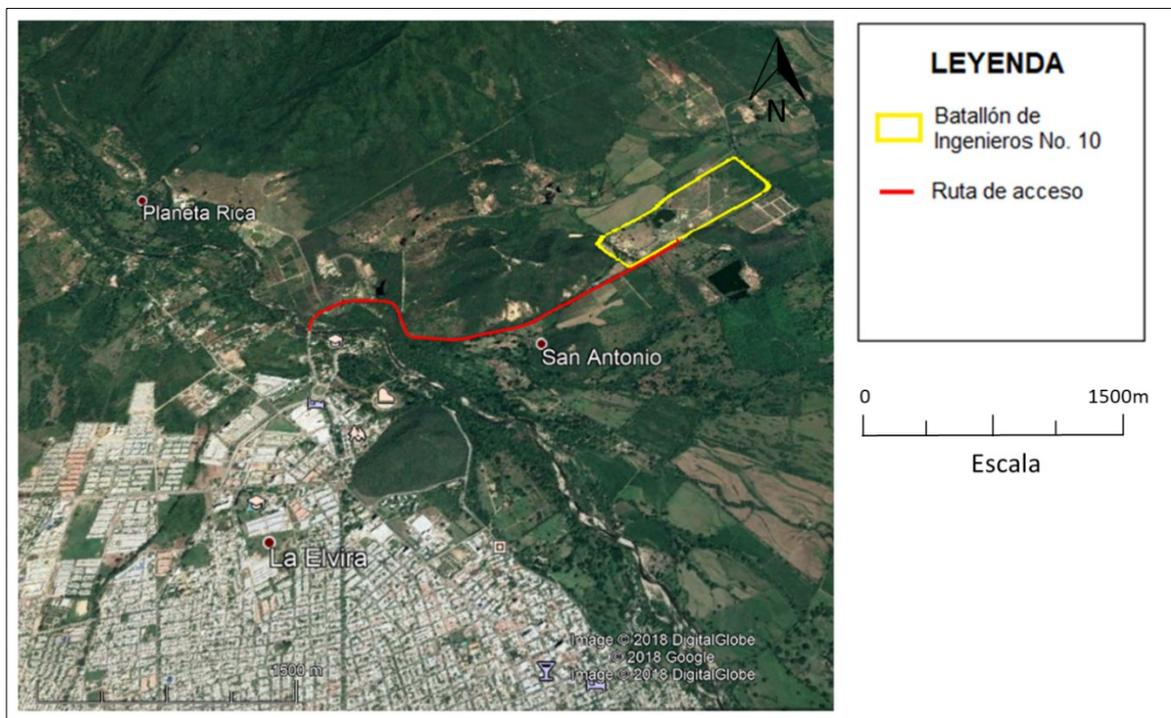


Fuente: Tomado del IGAC y modificado por el autor.

#### 4.2 ACCESIBILIDAD

Para acceder a la zona de estudio, se debe tomar la vía que de la ciudad de Valledupar conduce al corregimiento de Patillal. Aproximadamente a 3 kilómetros del puente del Río Guatapurí. El Batallón de Ingenieros No. 10 está localizado a margen izquierdo en dirección hacia el corregimiento mencionado. La figura 7 muestra la vía de acceso al área de estudio.

Figura 7. Accesibilidad al Batallón de Ingenieros No. 10



Fuente: Autor

### 4.3 GEOLOGÍA REGIONAL

En el departamento del Cesar afloran rocas Metamórficas, ígneas y sedimentarias, cuyas edades varían desde el precámbrico hasta el reciente según Arias & Morales [9], y presentan tres regiones con característica geológica diferentes que son la región de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), la Serranía del Perijá (SP) y la región Norte de la Cordillera Oriental (CO). Las terrazas, los depósitos de pendientes y los aluviones reciente son comunes en las 3 regiones. Según Tschanz & otros [10] pertenecen al Jurásico Superior la unidad Riolita de Golero y el Jurásico Medio y Superior la unidad Ignimbrita de Los Clavos, que aflora en el Rio los Clavos y hace presencia en las colinas cercanas a la zona urbana de Valledupar. La tercera unidad hace referencia a la gran presencia de intrusión de las facies cuarzo monzonitas y facies granítica de edad jurásico inferior de la unidad Batolito de Pueblo Bello y Patillal que aflora en la región. Por ultimo hace presencia lo más reciente que pertenece al cuaternario representado en terrazas aluviales y aluviales recientes. La figura 8 muestra las unidades geológicas adyacentes al área de estudio las cuales serán descritas brevemente.

#### 4.3.1 Riolita de Golero (Jg)

La unidad “Riolita de Golero” (Jg) corresponde a una sucesión de rocas volcánicas de composición ácida (riolitas y dacitas) que presentan texturas porfiríticas, porfiroafaníticas y afaníticas y fragmentos piroclásticos y cristales de feldespato potásico, cuarzo y plagioclasas en una matriz vítrea de color marrón, rojo, gris y

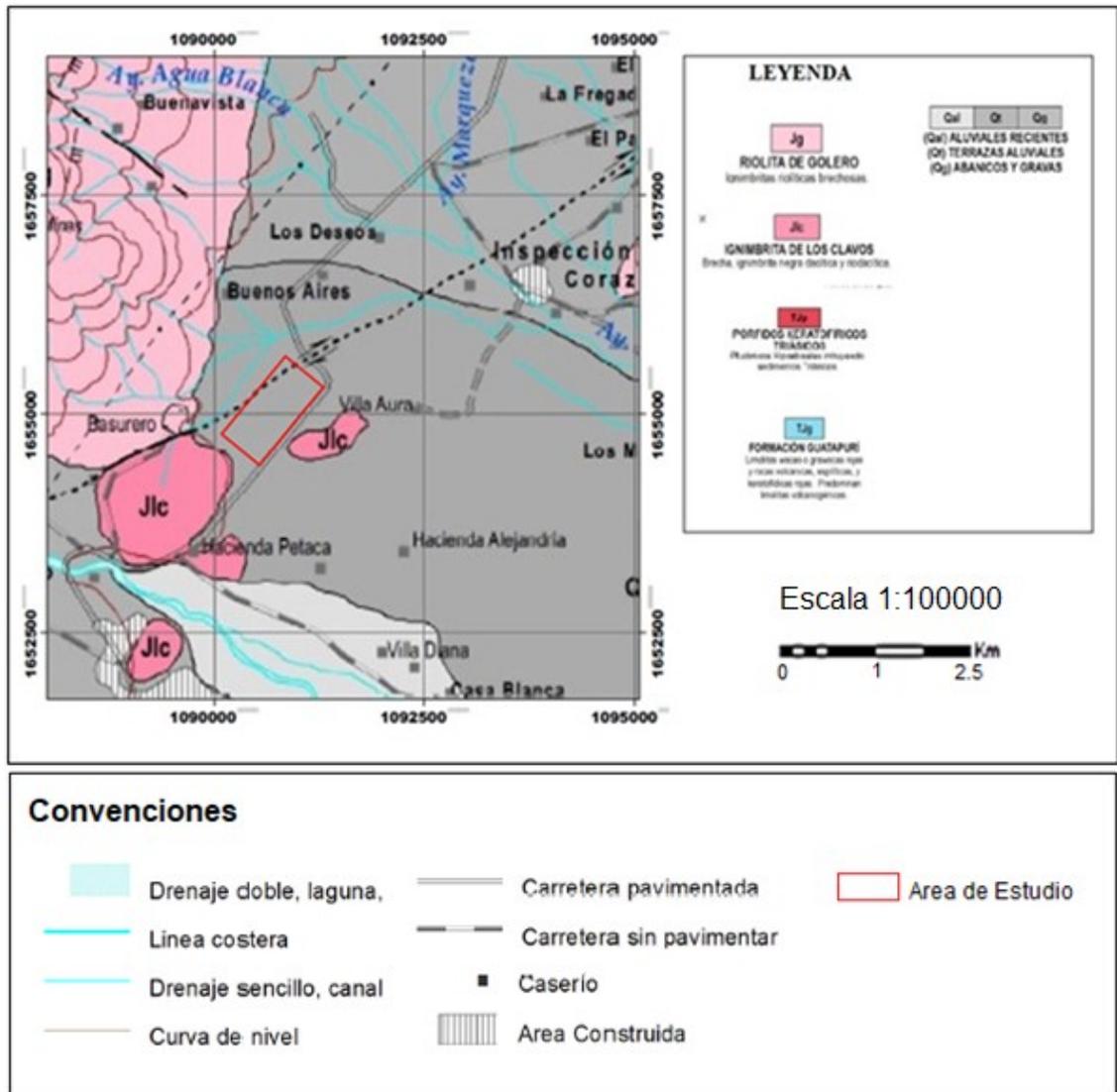
---

[9] ARIAS, A., & MORALES, C. J. Mapa Geológico Generalizado del Departamento del Cesar. Memoria explicativa. Escala 1:250.000. 1999 p. 15.

[10] TSCHANZ ET AL. Geologic Evolution of the Sierra Nevada de Santa Marta, Northeastern Colombia. Escala 1:100.000. Ingeominas. 1974 p. 275.

verde según Colmenares et al [11], quien utilizó este término para designar estas rocas volcánicas.

Figura 8. Mapa geológico regional 1:100000 plancha 27 y dentro de ella el área de estudio.



Fuente: Tomado y modificado de plancha 27 del Servicio Geológico Colombiano (2007)

[11] COLMENARES, F., MESA, A., RONCACIO, J., ARCINIEGAS, E., PEDRAZA, P., CARDONA, A., VARGAS, A. Geología de las planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33, 34 y 40. Proyecto: "Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta". Ingeominas, Bogotá. 2007 p 202.

#### 4.3.2 Batolitos de Pueblo Bello y Patillal (Jpbb-cm)

El Batolito de Pueblo Bello y Patillal se extienden como un cinturón discontinuo con orientación SW – NE, más o menos paralelo al valle de los ríos Cesar y Ranchería. Colmenares et al [12] reconoció tres facies en cada uno de los batolitos: Facies Cuarzomonzonita (Jcm), Facies Granito (Jg) y Facies Granito Granofírico (Jgr); la primera corresponde a la facie con mayor representación en la zona de estudio, que corresponde a la principal facie plutónica, conformada por rocas intrusivas de color rosado, de grano medio a grueso, con textura holocristalina.

#### 4.3.3 Ignimbrita de Los Clavos (Jlc)

La “Ignimbrita de Los Clavos” (Jlc) corresponde a la secuencia de rocas volcanoclástica (tobas e ignimbritas) de composición félsica a intermedia (traquítica a andesítica), con color característico gris a gris verdoso y por presentar fragmentos líticos vulcanoclásticas (tobas e ignimbritas de la misma litología de la unidad) y cristales de plagioclasa en una matriz vítrea a microcristalina con fragmentos finos de plagioclasa, que cubre los intrusivos de edad Jurásica, en los sectores sur y oriental de la SNSM (Tschanz et al., 1969). Su génesis es conjunto de rocas que conforman esta unidad, se acumularon por procesos eruptivos piroclásticos que incluyen brechas e ignimbritas en su parte basal además de ignimbritas, tobas y rocas volcánicas asociadas en el resto de la secuencia. Tschanz et al, (1974), mencionan la posibilidad de que la “Ignimbrita de Los Clavos” se haya formado por vesiculación de la parte superior del Batolito de Pueblo Bello y Patillal (Jpbb-cm) [13].

---

[12] Ibid., p. 147

[13] Ibid., p. 188

#### 4.3.4 Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla)

Son depósitos que se encuentra en los valles intermontañoso de los ríos mayores y que no tienen contacto directo con los sedimentos que conforman la planicie del cesar. En su mayor parte corresponden acumulación en áreas pequeñas y delgados espesores que se han depositados en el fondo de los valles profundo de algunos ríos, quebradas y sabanas donde de manera transitoria divagan y pierden energía dichas corrientes. En el piedemonte de la SNSM, los constituyentes son bloques, gravas, cantos, arenas, limos y en ocasiones arcillas. Proviene de todo tipo de roca. Su componente son subredondeados a redondeados y a veces angulares, cuando no han sido transportados por grandes distancias y que son aportes súbitos de deslizamiento locales [14].

#### 4.3.5 Terrazas aluviales (Qt)

Se dan por la presencia de todos los sedimentos depositado de las partes altas a las partes más plana de la zona con una gran ayuda del río Guatapurí que arrastra material y es de gran influencia para formar las terrazas aluviales alrededor del río [15]. Se encuentra un alto porcentaje de las terrazas aluviales, cabe destacar que en el límite de extensión que se hizo la revisión geológica se encuentra el abanico aluvial perteneciente a la parte Norte de Valledupar, observado en visitas a campo e imágenes satelitales de Google Earth.

---

[14] ARIAS, A., & MORALES, C. J. Mapa Geológico Generalizado del Departamento del Cesar. Memoria explicativa. Escala 1:250.000. 1999 p. 49.

[15] COLMENARES, F., MESA, A., RONCACIO, J., ARCINIEGAS, E., PEDRAZA, P., CARDONA, A., VARGAS, A. Geología de la planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33, 34 y 40. Proyecto: "Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta". Ingeominas, Bogotá. 2007 p 305.

#### 4.4 GEOMORFOLOGÍA

Adyacente al área de estudio se encontraron cinco unidades geomorfológicas (Cerro estructural, Cerro remanente, Glacis de acumulación, Llanura de inundación y Abanico aluvial), figura 9. asociadas a tres ambientes morfogenéticos denudacional, estructural y fluvial, donde los ambientes denudacional y estructural, conforman el sistema orogénico SNSM en su vertiente central, mientras que el sistema fluvial se encuentra el sistema Cuenca del Cesar Ranchería, que hace parte del sistema de Valles intercordilleros [16]. La zona presenta pendientes altas medias y bajas con algunas laderas escarpadas, material desprendido por pequeños deslizamientos que son provocados por procesos antrópicos o por erosión, colinas con un relieve sub redondeado en las partes altas con vegetación espesa, en lo más bajo donde se deposita el cuaternario se forman terrazas aluviales y aluviales recientes, que es la zona donde se encuentra ubicada la población del Batallón de Ingenieros N°10 (BIMUR) ver figura 10.

#### 4.5 VEGETACIÓN Y CLIMA

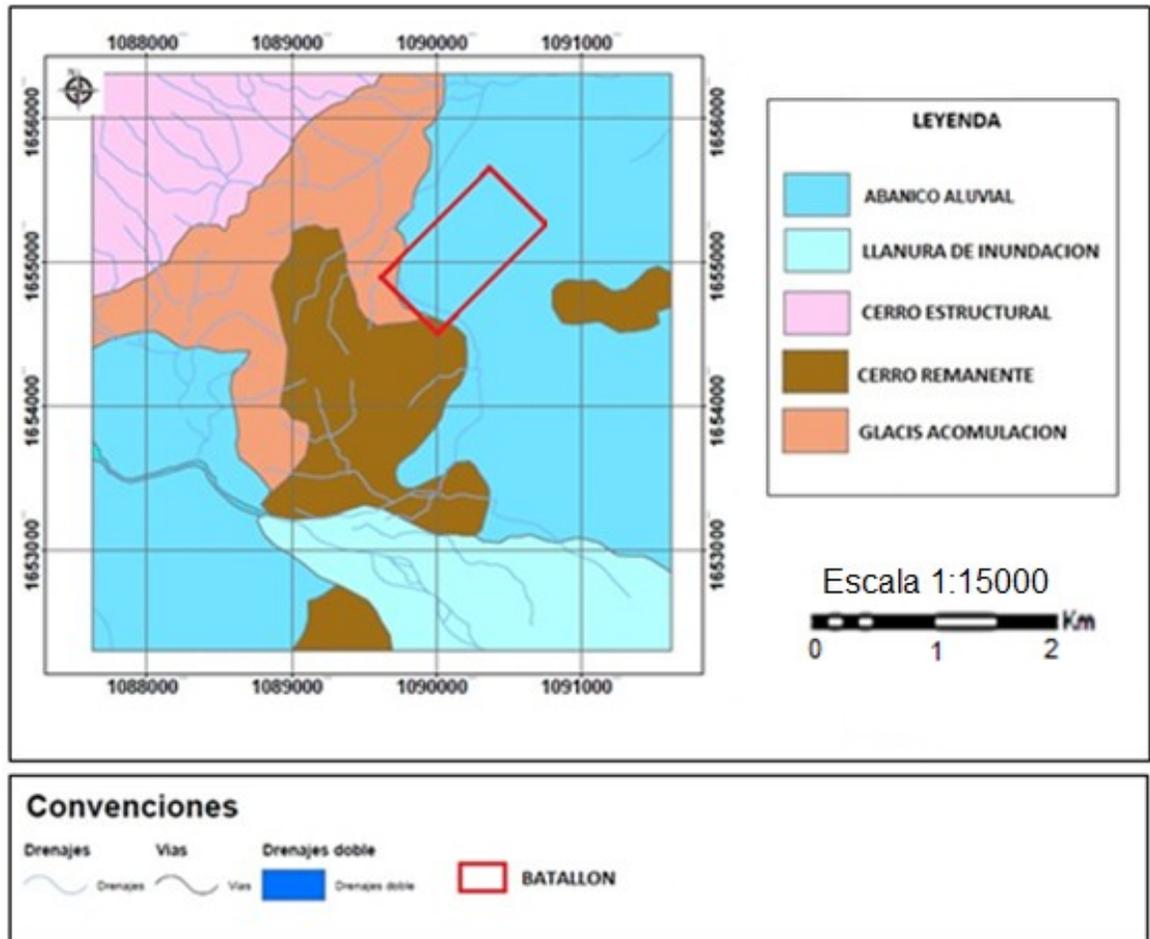
La vegetación en las partes bajas del valle del río Cesar pertenece a la clasificación climática Bosque Seco Tropical con piso bioclimático Ecuatorial como representa el mapa bioclimático de Valledupar en la figura 11, estando cubierto por un bosque claro muy intervenido donde se alternan árboles dispersos y pastos artificiales para el sostenimiento de la importante cabaña bovina existente en sus campos. Hacia las partes altas las montañas presentan una tonalidad verde muy fuerte indicio de abundante vegetación. En lo referente al clima se considera cálido–templado con una temperatura media anual es de 28,4°C, con mínimas y máximas de 22°C y 34°C

---

[16] SGC – EAFIT. Memoria Explicativa Mapa Geomorfológico Aplicado a Movimientos en Masa Escala 1:100.000, Plancha 27 - Valledupar. Convenio Especial De Cooperación No. 035 De 2013. 2015 p 46.

respectivamente. Particularmente la ciudad es considerada como una de las más arborizadas del país [17].

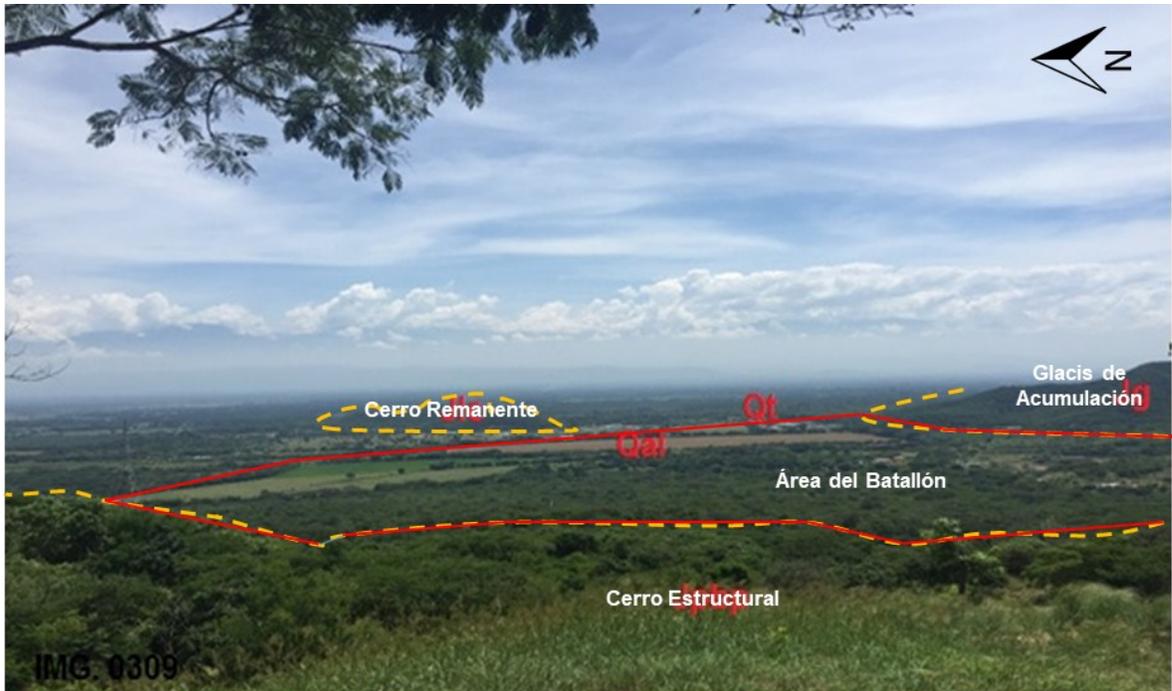
Figura 9. Mapa Geomorfología Local. Escala 1:15000



Fuente: Realizado por el autor en ArcGis, tomando como base los estándares del SGC (2015)

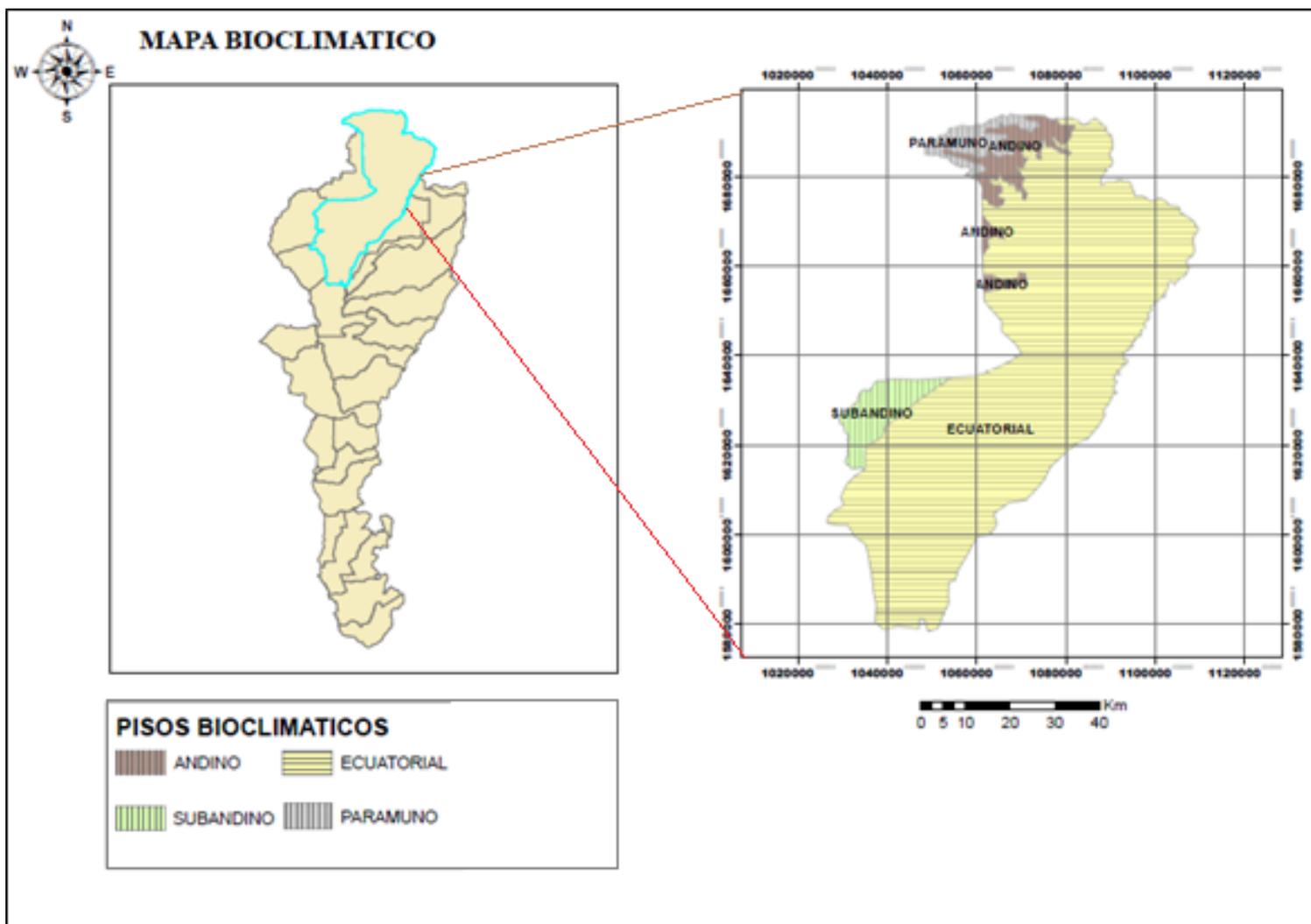
[17] Contraloría Municipal de Valledupar. INFORME DEL ESTADO DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR. 2012. Recuperado de: [http://www.contraloriavalledupar.gov.co/CMV/DescargasCMV/Informes\\_Macro/INFORME\\_AMBIENTAL\\_2011\\_MUNICIPIO\\_DE\\_VALLEDUPAR.pdf](http://www.contraloriavalledupar.gov.co/CMV/DescargasCMV/Informes_Macro/INFORME_AMBIENTAL_2011_MUNICIPIO_DE_VALLEDUPAR.pdf)

Figura 10. Subunidades geomorfológicas adyacentes al área del Batallón de Ingenieros



Fuente: Autor

Figura 11. Mapa bioclimático del departamento del Cesar



Fuente: IDEAM (2007) modificado por autor.

#### 4.6 HIDROGRAFÍA

El territorio del municipio de Valledupar es regado por los ríos Cesar, Badillo, Guatapurí, Cesarito, Rio Seco, Diluvio y Mariangola, donde el Valle del río Cesar cubre la mayor parte de la superficie del municipio [18]. Una parte del área de estudio se encuentra sobre la cuenca hidrográfica media del río Guatapurí como puede observarse en la figura 12, y la subcuenca del arroyo Capitanejo.

El río Guatapurí nace en la vertiente sur-oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta, en la laguna Curigua, presenta todos los climas, desde el nivel hasta el cálido seco, en razón a que su altura máxima se ubica en cercanía a los picos Bolívar y Colónal (aproximadamente 5.400 msnm), y desemboca en el río Cesar sobre los 150 msnm. En su recorrido recibe las aguas de los ríos Capitanejo, Donachui, Curiba y Los Mangos. Este sistema lacustre es alimentado por el deshielo de los glaciares de la Sierra Nevada [19].

La subcuenca del río Guatapurí se caracteriza por su alta torrencialidad y por sus pronunciadas pendientes. La permeabilidad del material parental varía a lo largo de la misma. En la subcuenca alta, el substrato se compone de depósitos morrénicos de origen glacial con alta permeabilidad; la parte media de la subcuenca posee rocas cristalinas metamórficas, caracterizadas por su baja permeabilidad y en la zona baja, predominan los depósitos aluviales de alta permeabilidad [20].

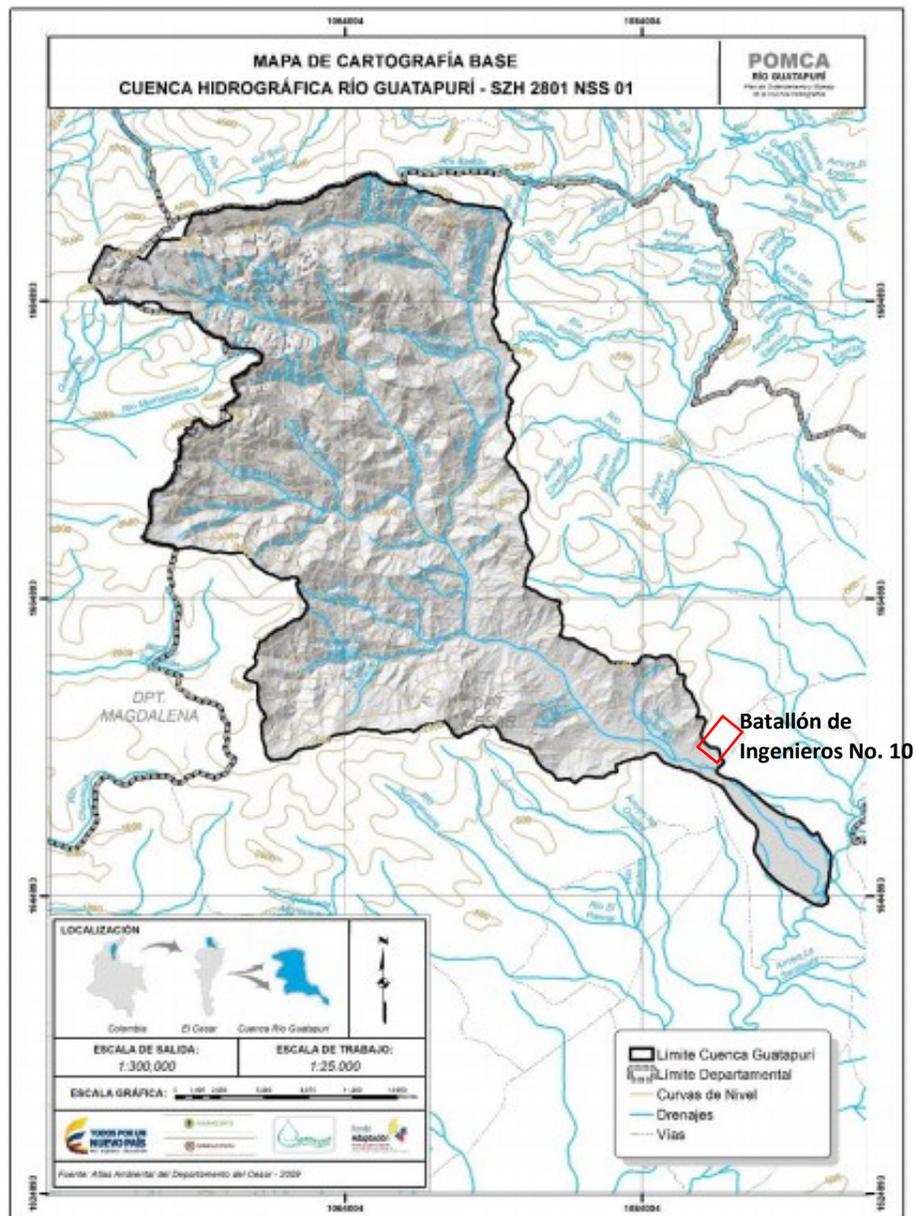
---

[18] Informe Ambiental municipio de Valledupar vigencia 2015. Contraloría Municipal de Valledupar. 2013 p 39.

[19] CORPOCESAR. Elaboración del POMCA del río Guatapurí – Cesar. Fase de Aprestamiento. Contrato de Consultoría No. 19-6-0145-0-2015. 2016 p 251.

[20] Ibid., p. 251.

Figura 12. Mapa hidrográfico de la cuenca del río Guatapurí y dentro de ella el área de estudio



Fuente: Tomado de Corpoesar [21]

[21] CORPOCESAR. Elaboración del POMCA del río Guatapurí – Cesar. Fase de Aprestamiento. Contrato de Consultoría No. 19-6-0145-0-2015. 2016 p 162.

## CAPITULO V

### 5. METODOLOGÍA

Para elaborar el modelo hidrogeológico conceptual del área de estudio, se partió de la metodología general para la exploración y evaluación de aguas subterráneas como se observa en la figura 13 definida por el Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS en el 2004 [22] actual Servicio Geológico Colombiano SGC, exceptuando las perforaciones exploratorias, caracterización geoquímica, evaluación de vulnerabilidad y modelo matemático, esto debido al enfoque del proyecto.

En búsqueda de alcanzar los objetivos planteados en este proyecto se implementará una estrategia metodológica con un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo) y diseño experimental descriptivo. Esta metodología se encuentra seccionada por tres (3) fases descritas a continuación.

#### 5.1 FASE DOCUMENTAL: RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

Se realizó una revisión, recopilación, adquisición y análisis de informaciones secundarias y cartográficas (planchas topográficas y geológicas, fotografías aéreas, inventario de puntos de agua, perforaciones, estudios geológicos, hidrogeológicos y geofísicos) obtenidas de entes estatales o empresas privadas (IDEAM, Corpocesar, IGAC, SGC).

Para el reconocimiento geológico por medio de fotointerpretación se tomaron como base las planchas topográficas 27 IIIB y 27 IVA del IGAC a escala 1:25.000, la plancha geológica 27 escala 1:100000 del SGC y fotografías aéreas de los vuelos

---

[22] INGEOMINAS, Programas De Exploración de Aguas Subterráneas. Bogotá DC. Diciembre de 2004.

(C-2435-11 y C-2435-12) del IGAC. Se realizó un muestreo de tipo aleatorio simple teniendo en cuenta vías y drenajes donde los afloramientos quedan mejor expuestos donde se obtendrán muestras de un puño de mano, para así alimentar el mapa de litologías alrededor del área del Batallón de Ingenieros. Para el reconocimiento hidrogeológico se consultó en la base de datos de Corposesar los inventarios de puntos de captación de aguas subterráneas alrededor del área del Batallón de Ingenieros. Se realizó un muestreo no probabilístico intencional con el fin de tomar de estos puntos datos de profundidad, diámetro, y observaciones generales. Con base en toda esta información se procede a ir a campo a obtener información geológica más detallada, apoyada de estudios geofísicos, que será descrita en la siguiente fase.

## 5.2 FASE DE CAMPO: ACTIVIDADES DE CAMPO

Con la información preliminar se estableció las siguientes actividades de campo:

**Cartografía Geológica:** Reconocimiento de las diferentes litologías aflorantes in situ a través de distintos transeptos planificados, donde se obtuvo nueve (9) muestras de roca del tamaño de un puño de mano. Las muestras obtenidas se clasificaron litológicamente según el triángulo QAPF de Streckeisen [23] para rocas volcánicas y plutónicas, que servirán para elaborar el mapa de litologías a escala 1:15.000.

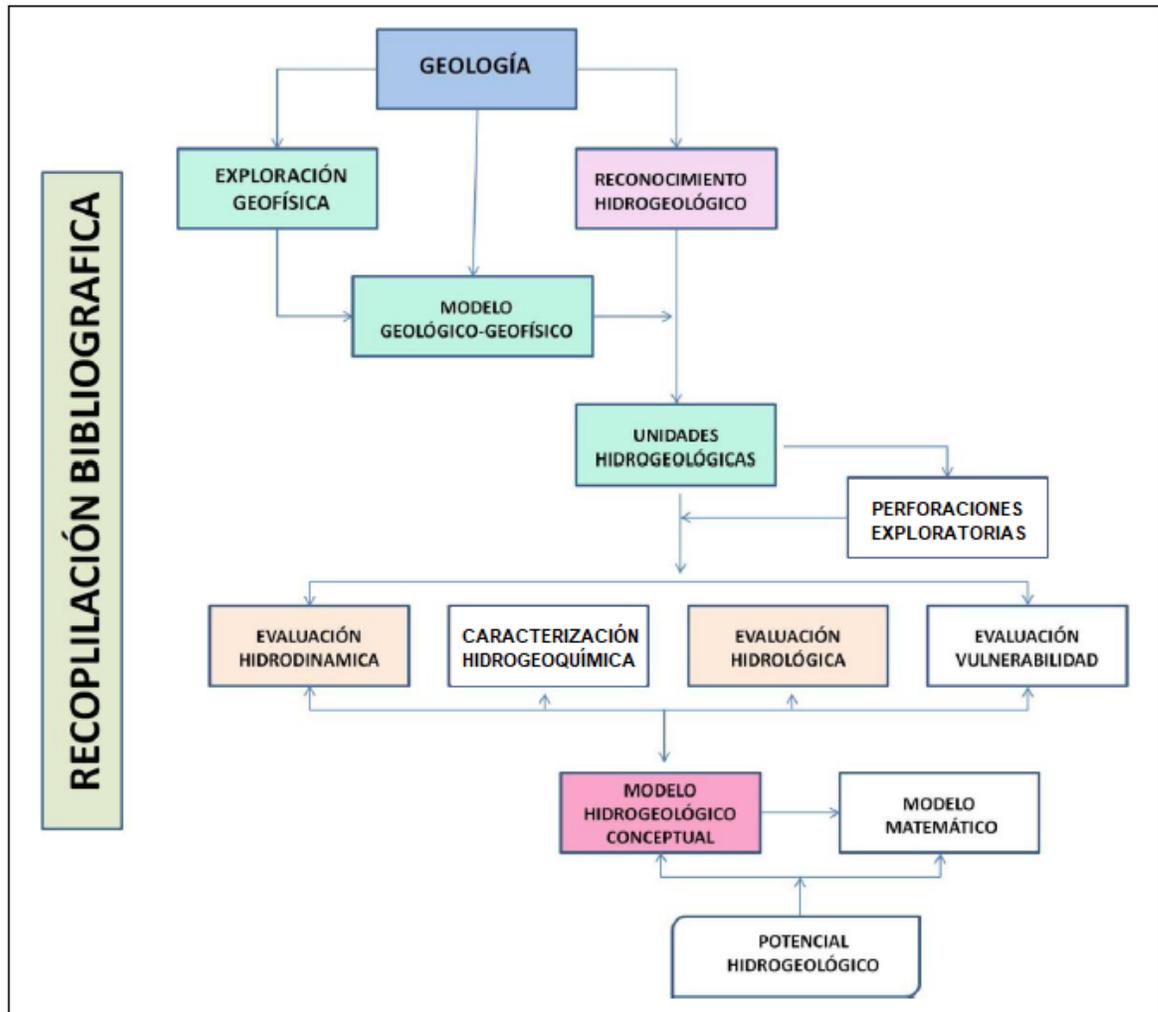
**Exploración Geofísica:** Se llevó a cabo el método de exploración geofísica Sondeo Eléctrico Vertical, con el fin de caracterizar los sedimentos cuaternarios. El sondeo geoelectrico se realizó con un equipo de resistividad MINISTING IP (figura 14), que cuenta con su respectivo certificado de calibración, y es un equipo medidor de resistividad del subsuelo con almacenamiento de lecturas en memoria en forma automática con ciclo de medida definidos por el usuario. Con este equipo se pudo

---

[23] STRECKEISEN, A. To each plutonic rock its proper name. Earth Science reviews, 1976, vol. 12, no 1, p. 1-33.

medir la resistividad del subsuelo interpretando a profundidad cuales son las condiciones del subsuelo.

Figura 13. Diagrama de flujo metodológico de exploración y evaluación de aguas subterráneas



Fuente: Tomado y modificado de INGEOMINAS [24].

[24] INGEOMINAS, Programas De Exploración de Aguas Subterráneas. Bogotá DC. Diciembre de 2004 p. 12.

Figura 14. Equipo de resistividad MINISTING IP



Fuente: Autor

### 5.3 FASE DE LABORATORIO: PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION

**Geología:** Se caracterizaron petrográficamente las rocas aflorantes alrededor del área de estudio y posteriormente se elaboró el mapa litológico a escala 1:15000.

**Geofísica:** Se interpretó el SEV realizado en el software Ipi2win, el cual arrojó la curva de resistividades hasta una profundidad de 144m.

**Hidrología:** Se evaluaron las condiciones meteorológicas e hidrológicas, donde se definió la subcuenta o microcuenca de recarga al acuífero con apoyo de SIG (ArcGis), y reconocimiento de la dirección de flujo de las aguas superficiales.

**Hidrogeología:** Se caracterizaron las unidades hidrogeológicas apoyadas en el inventario de puntos de agua divididos en manantiales, aljibes, pozos y humedales, corrientes y cuerpos de agua.

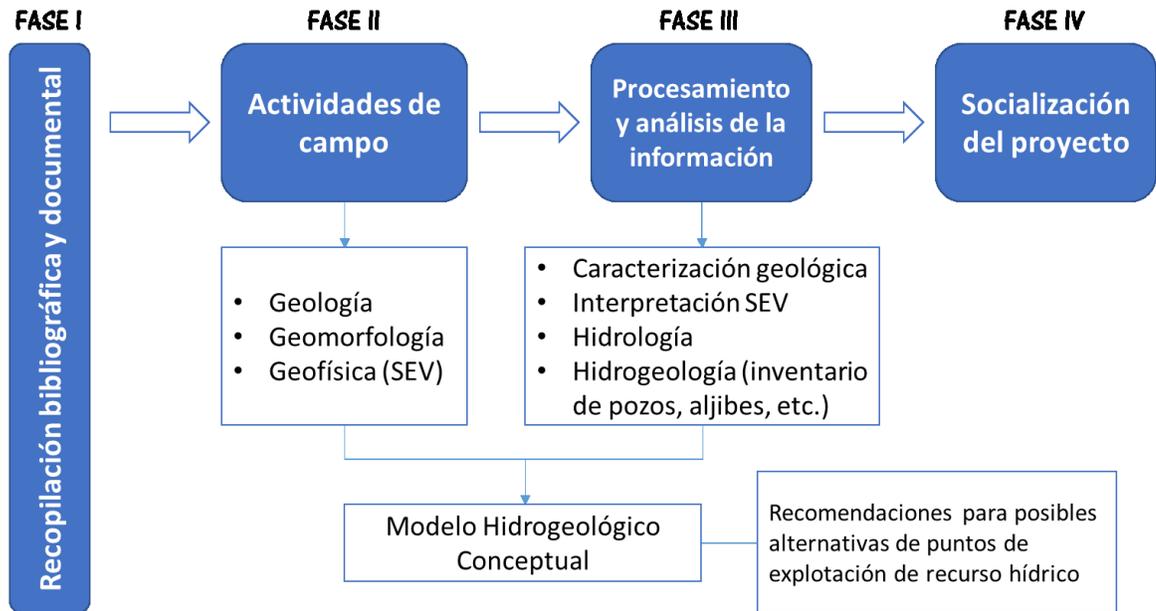
Para la construcción del modelo hidrogeológico conceptual se integraron los parámetros anteriormente mencionados donde la geología permitirá relacionar las formaciones que por sus propiedades y estructuras geológicas favorables permitirán almacenar aguas subterráneas. Los resultados de la geofísica correlacionados con la geología, nos contribuirá a determinar la presencia y geometría de los acuíferos, estimación del nivel de la profundidad del agua subterránea y espesores de zonas saturadas y no saturadas. La información hidrológica nos servirá para identificar posibles fuentes y zonas de recarga y descarga de aguas subterráneas. Finalmente se identificaron y se caracterizaron las unidades hidrogeológicas de acuerdo con sus posibilidades de almacenar y transmitir agua.

Dependiendo del resultado del modelo hidrogeológico se hará la recomendación de puntos de bombeo, teniéndose en cuenta condiciones como infiltración, recarga, flujo.

#### 5.4 FASE INFORMATIVA: FINAL DEL PROYECTO.

Socialización del proyecto donde se plasmará toda la información obtenida durante la investigación, tiene como finalidad exponer todo lo relacionado con el desarrollo del proyecto para llegar a unas conclusiones y recomendaciones finales. La figura 15 muestra un diagrama de flujo metodológico resumiendo todas las actividades por fase para la construcción del modelo.

Figura 15. Diagrama de flujo metodológico resumido para la construcción del Modelo Hidrogeológico Conceptual



Fuente: Autor

### 5.5 CRONOGRAMA

Tabla 3. Cronograma de actividades en el periodo de realización del proyecto.

ACTIVIDADES	PERÍODO:															
	MES: NOVIEMBRE.				MES: DICIEMBRE.				MES: ENERO.				MES: FEBRERO.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SEMANTAS:	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Presentación de la propuesta investigativa																
Recopilación Bibliográfica																
Actividades de campo																

ACTIVIDADES	PERÍODO:															
	MES: MARZO.				MES: ABRIL.				MES: MAYO.				MES: JUNIO.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SEMANTAS:	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Interpretación y análisis de la información																
Finalización del proyecto																

## CAPITULO VI

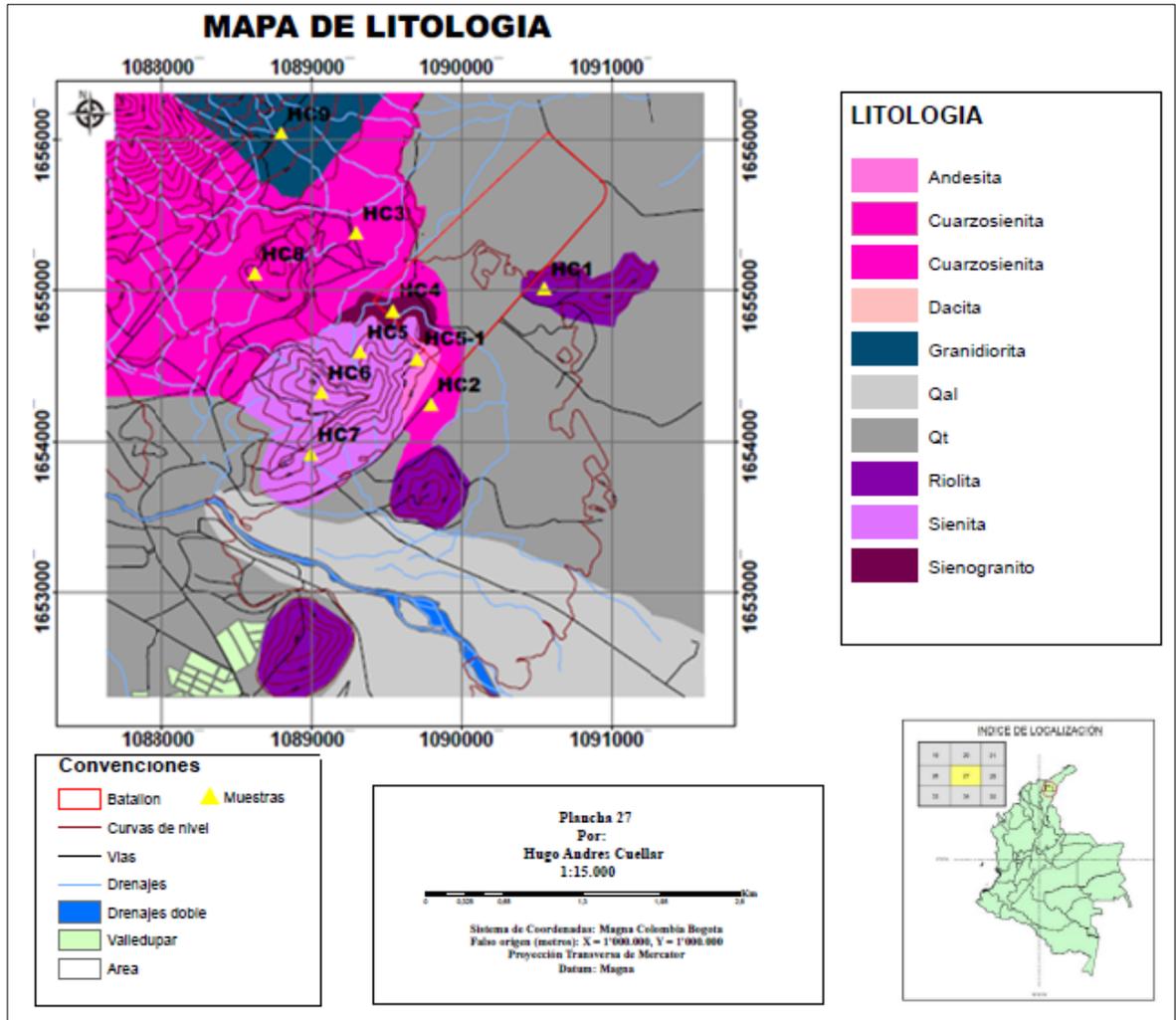
### 6. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la geología local, hidrogeología (inventario de aguas subterráneas), interpretación y análisis de la prospección geofísica y caracterización hidrológica de la cuenca del río Guatapurí y arroyo Capitanejo para alimentar el modelo hidrogeológico conceptual.

#### 6.1 GEOLOGÍA LOCAL

La cartografía local de la zona en un área de 16 km<sup>2</sup> a escala 1:15.000 se realiza, con base a la topografía de las planchas 27 IIIB y 27 IVA del IGAC. Se obtuvo la clasificación de 9 muestras seleccionadas aleatoriamente en afloramientos, se llevaron al laboratorio para obtener el análisis petrográfico de cada muestra que nos ayudaron a interpretar la geología del área. Para la clasificación de rocas plutónicas y volcánicas se tomó como base el diagrama QAPF de Streckeisen (1976), donde se determinaron rocas volcánicas de composición intermedia, como riolitas de la formación Riolita de Golero y andesitas de la formación Ignimbrita de Los Clavos. Cabe destacar que la mayoría de muestras fueron rocas ígneas plutónicas (intrusiva), con una textura fanerítica de composición intermedia pertenecientes al Batolito de Pueblo Bello y Patillal. Por ultimo hace presencia lo más reciente que pertenece al cuaternario representado en terrazas aluviales y aluviales recientes cubriendo gran parte del mapa de estudio. En el área de estudio se encuentran aflorando las siguientes litologías y el muestreo realizado como se aprecia en la figura 15.

Figura 16. Mapa Geológico Local. Escala 1:15.000. 16km<sup>2</sup>



Fuente: Realizado por el autor en ArcGis.

### 6.1.1 Andesitas

Rocas ígnea extrusivas de composición intermedia de textura afanítica hialocristalina, con distribución equigranular de forma subhedral, presenta minerales leucocratos como cuarzo con un 15%, feldespato de 23% a 5% y plagioclasas un 55 %, y minerales melanocratos como biotitas, anfíboles con un índice de color del 7%, y minerales accesorio como pirita. Se encuentra con oxidaciones en sus extremos. (fig. 16a) Clasificación según Streckeisen (1976).

### 6.1.2 Riolitas

Rocas ígnea extrusivas de composición intermedia de textura afanítica hialocristalina con una distribución equigranular de forma subhedral, presenta minerales leucocratos como cuarzo con un 25%, feldespato de 45% y plagioclasas un 20%, y minerales melanocratos como biotitas, anfíboles con un índice de color del 10%, y minerales accesorio como pirita. (fig. 16b) Clasificación según Streckeisen (1976).

### 6.1.3 Sienita

Rocas ígnea plutónicas (intrusiva), con una textura fanerítica de composición intermedia, presenta gran cantidad de cristales, mayor del 90%, holocristalina con distribución en el tamaño inequigranular bimodal, la forma de los cristales anhedral. La muestra es de tonalidad rosado, compuesta de minerales leucocratos como cuarzo con un 5%, plagioclasas 25% y feldespato 65% y minerales bien formados como hornblendas, la biotita bien formada algunas se encuentran alteradas por bornita por un proceso de oxidación, la muestra en algunos lados presenta pirolusita. (fig. 16c) Clasificación según Streckeisen (1976).

#### 6.1.4 Sienogranito

Roca ígnea plutónica (intrusiva), con textura fanerítica de composición intermedia, presenta gran cantidad de cristales, mayor del 90%, holocristalina con distribución en el tamaño inequigranular bimodal, la forma de los cristales anhedral. Algunas muestras son de tonalidad rosado pardusco está compuesta de minerales leucocratos como cuarzo con un 25%, plagioclasas 20% y feldespato 50% y minerales melanocratos como biotita, anfíboles con un índice de color del 5%, minerales accesorios como moscovita. (fig. 16d) Clasificación según Streckeisen (1976).

#### 6.1.5 Cuarzosienita

Roca ígnea plutónica (intrusiva), con textura fanerítica de composición intermedia, presenta gran cantidad de cristales, mayor del 90%, holocristalina con distribución en el tamaño inequigranular, la forma de los cristales anhedral. La muestra es de tonalidad rosado amarillento opaco está compuesta de minerales leucocratos como cuarzo con un 15%, plagioclasas 20% y feldespato 55% y minerales melanocratos como biotita, anfíboles con un índice de color del 10%. (fig. 16e) Clasificación según Streckeisen (1976).

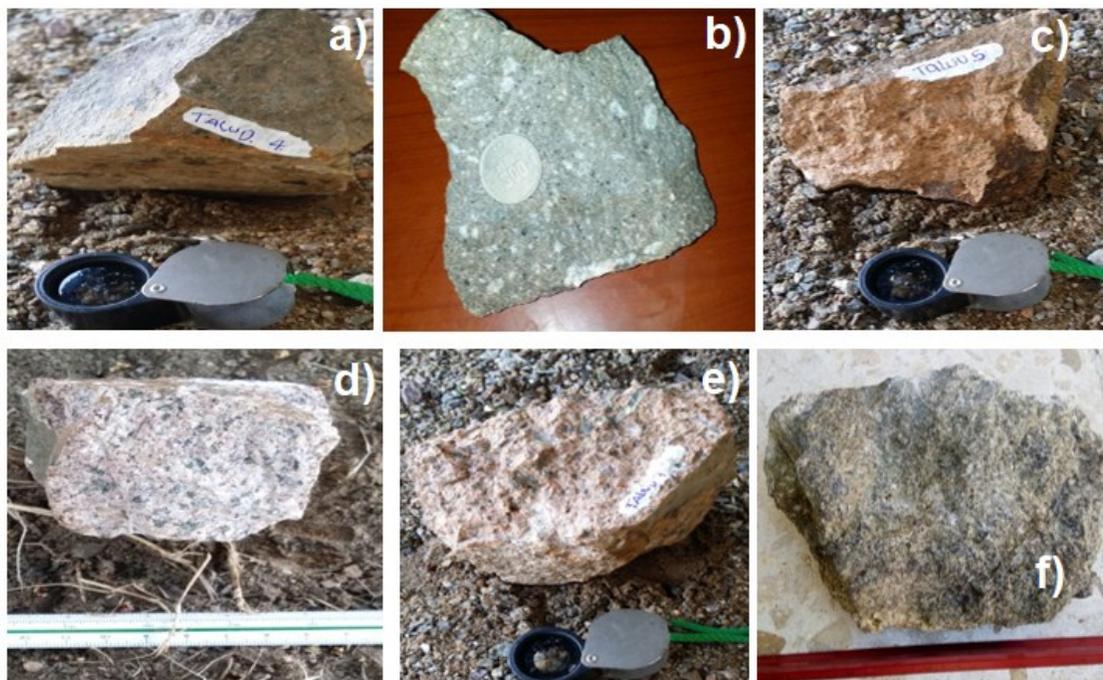
#### 6.1.6 Granodiorita

Roca ígnea plutónica (intrusiva), con textura fanerítica de composición intermedia, holocristalina con distribución en el tamaño inequigranular bimodal. La muestra es de tonalidad rosado Claro con tonalidad grises, está compuesta de minerales leucocratos como cuarzo con un 25%, plagioclasas 45% y feldespato 15% y minerales melanocratos como biotita, anfíboles con un índice de color del 15%. (fig. 16f) Clasificación según Streckeisen (1976).

### 6.1.7 Llanura aluvial

En el piedemonte de la SNSM, los constituyentes son bloques, gravas, cantos, arenas, limos y en ocasiones arcillas. Proviene de todo tipo de roca. Su componente son subredondeados a redondeados y a veces angulares, cuando no han sido transportados por grandes distancias y que son aportes súbitos de deslizamiento locales. La figura 15 se observa una extensión mayor de la unidad de terrazas aluviales y aluviales recientes en la cartografía realizada en la zona a escala 1:15.000.

Figura 17. Muestras representativas de cada litología (a) Andesita. (b) Riolita. (c) Sienita. (d) Sienogranito. (e) Cuarzosienita. (f) Granodiorita

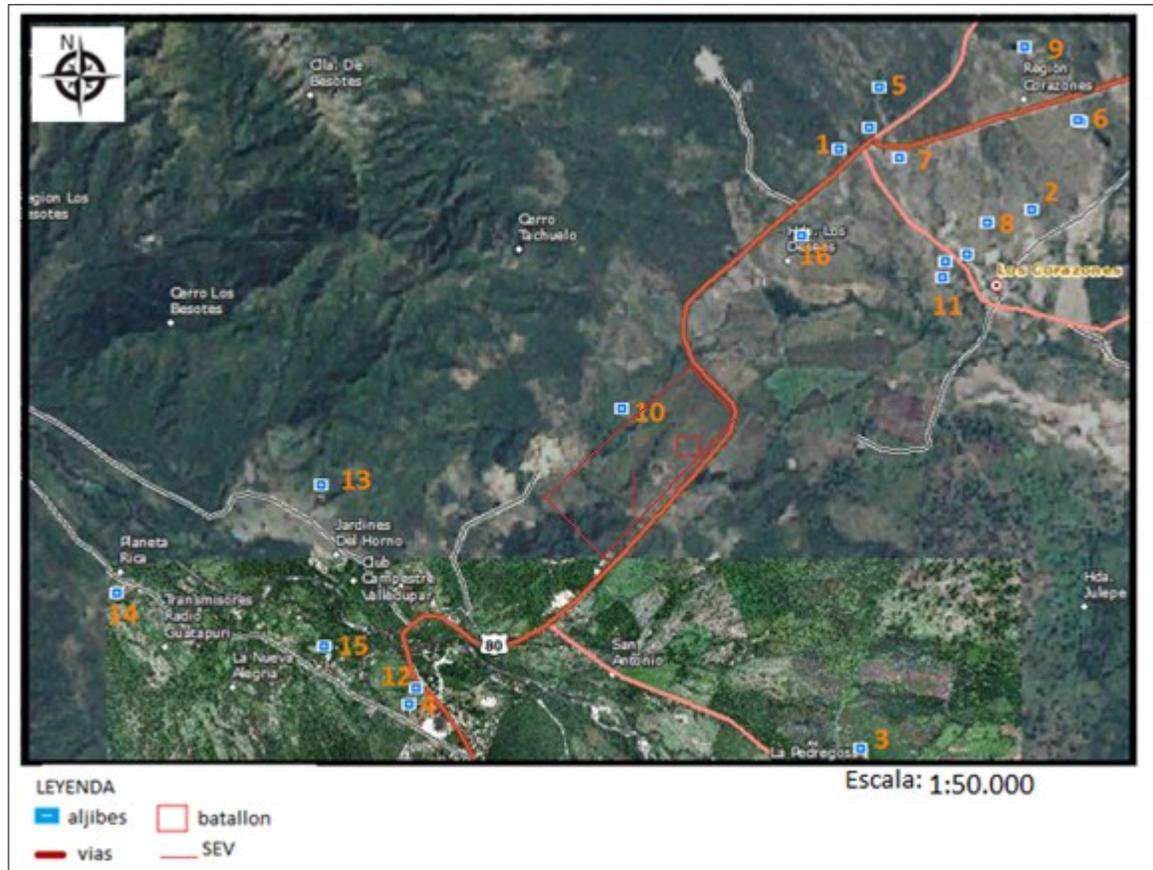


Fuente: Autor basado en Streckeisen (1976)

## 6.2 INVENTARIO DE AGUA SUBTERRÁNEA.

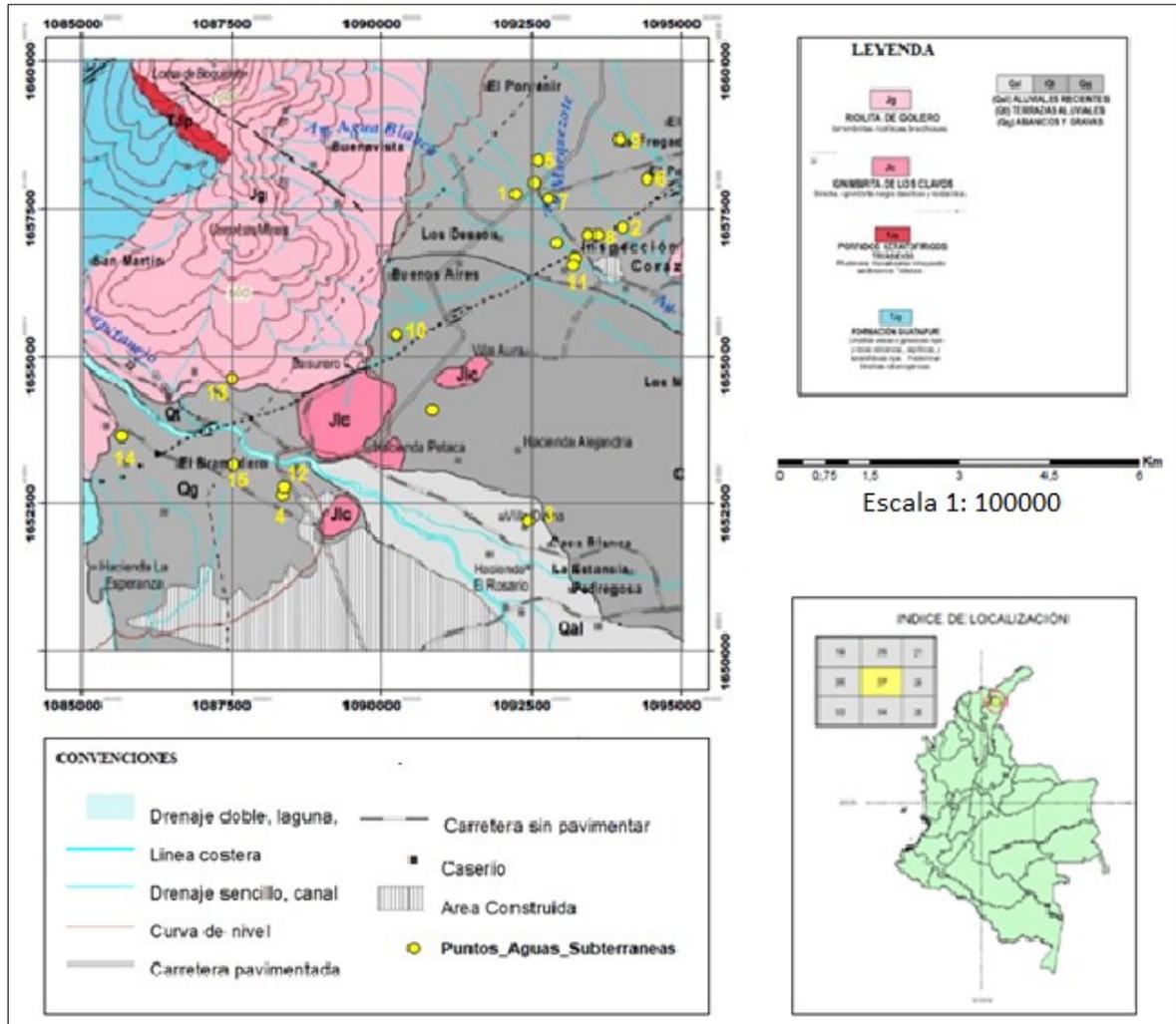
Se realizó un inventario de puntos de aguas en los alrededores del área de estudio para determinar los puntos existentes de agua subterránea como se aprecia en la figura 17. Se pudo observar que el método tipo aljibe en la zona es muy utilizada para la captación de agua subterránea como fuente de abastecimiento o para irrigación de cultivos. Se tomaron algunos datos por muestreo no probabilístico intencional en los puntos donde hay captaciones de agua subterránea disponibles según SIG – Corpocesar (figura 18). Se tomaron datos de profundidad, diámetro, caudales y observaciones como evidencian las figuras 19, 20, y 21 donde un 98% en el área son aljibes, que son excavación manual de gran diámetro que alcanza el nivel freático y se profundizan para acumular el agua subterránea que está disponible para ser bombeados. Los datos recolectados del inventario para mayor ampliación pueden verificarse en el anexo 3.

Figura 18. Imagen Satelital de Inventario de Puntos disponible en base de datos de Corpocesar.



Fuente: SIG-Corpocesar

Figura 19. Mapa de Inventario de Agua Subterránea superpuesto sobre el mapa geológico



Fuente: Corpocesar y Plancha 27 SGC (2007) escala 1:100000

Figura 20. Toma de Datos en Campo del Inventario de Agua Subterránea en propiedad la Fregadera



Figura 21. Toma de Datos en Campo del Inventario de Agua Subterránea en propiedad Buenos Aires



Figura 22. Toma de Datos en Campo del Inventario de Agua Subterránea en propiedad la Moneda



Fuentes: Autor

### 6.3 PROSPECCION GEOFISICA

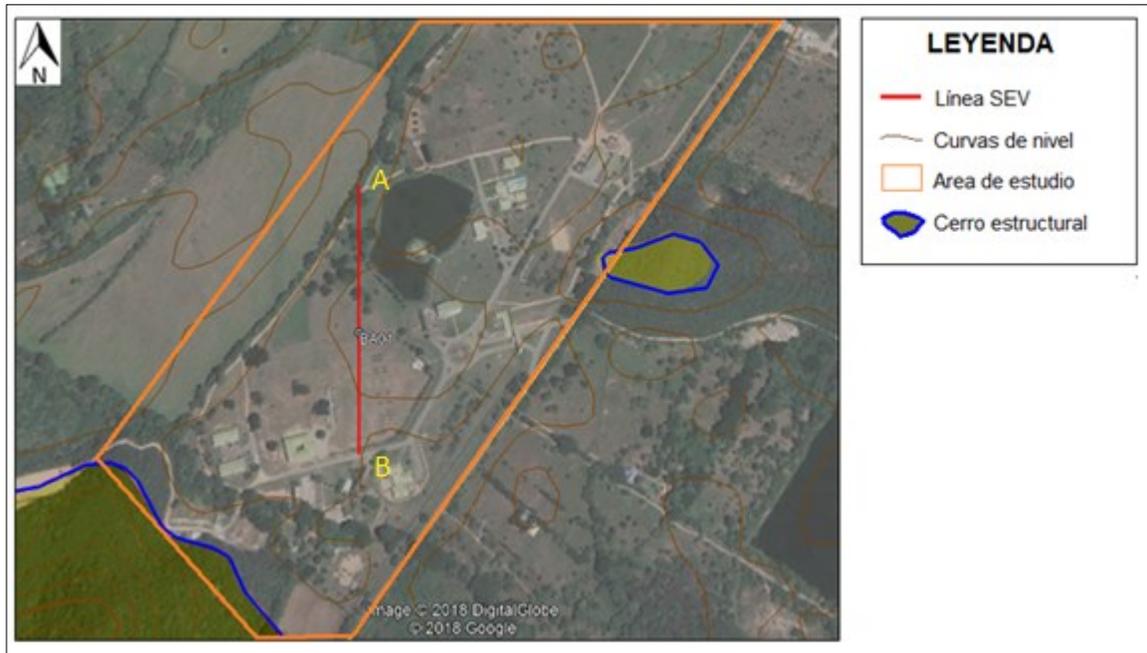
Existen diferentes métodos eléctricos para estudiar el subsuelo (SEV, Tomografía Eléctrica y Polarización Inducida), para este estudio, se necesita conocer las resistividades del suelo para definir la litología con sus diferentes valores resistivos y espesores. Se opta por realizar un Sondeo Eléctrico Vertical (SEV), descartando así la Tomografía Eléctrica y Polarización Inducida, ya que la finalidad de estos dos últimos, además de identificar litología y espesores, es de determinar de manera lateral los cambios en la estructura geológica y polarización de materiales en el subsuelo, siendo más costoso que el SEV, Por lo económico y porque cumple el requerimiento que se necesita se opta el Sondeo Eléctrico Vertical.

El resultado de la interpretación del SEV se integra con la geología del área de estudio asociándola con los diferentes materiales y sus propiedades correspondientes, donde dicha integración nos proporciona los cortes geoelectricos donde se puede determinar además de las litologías, espesores y el nivel freático. Se ejecutó 1 SEV con una longitud de AB de 450 m (figura 22), mediante el cual se construye el modelo Geoelectrico del subsuelo, para la identificación de los materiales objetivos. Se realizó en este punto, por las característica favorable que presenta el suelo y la topografía, perteneciente a aluviales recientes y terrazas aluviales.

Tabla 4. Coordenadas geográficas de la línea del Sondeo Eléctrico Vertical.

Coordenadas Geográficas UTM			
No.	Línea SEV	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
1	BA01	10.514749°	73251441°

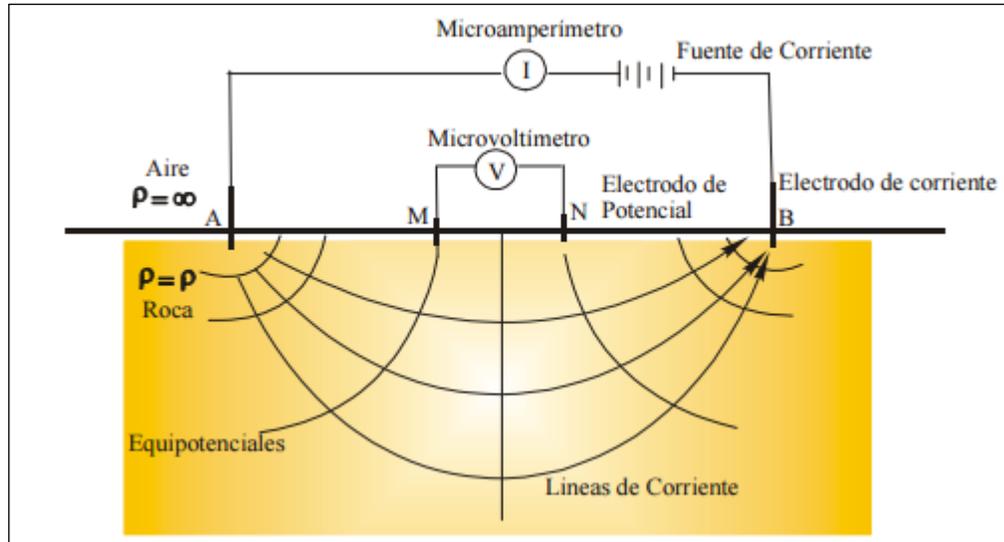
Figura 23. Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) con AB de 450m ejecutado en el Batallón de Ingenieros No. 10



Fuente: Modificado por el autor.

El método Geoeléctrico, consiste en inyectar una corriente eléctrica en el terreno y observar la respuesta resistiva al paso de la corriente, de los diferentes materiales presentes en el subsuelo. Para lo anterior se utiliza un dispositivo desarrollado por Schlumberger y que lleva su mismo nombre y en el cual mediante 4 electrodos, distribuidos simétricamente, dos situado en los extremos por donde se inyecta la corriente y dos en el centro de los anteriores por donde se mide la caída de voltaje que se da al paso por las rocas debido a su resistividad (figura. 23).

Figura 24. Distribución de electrodos para el método de Schlumberger.

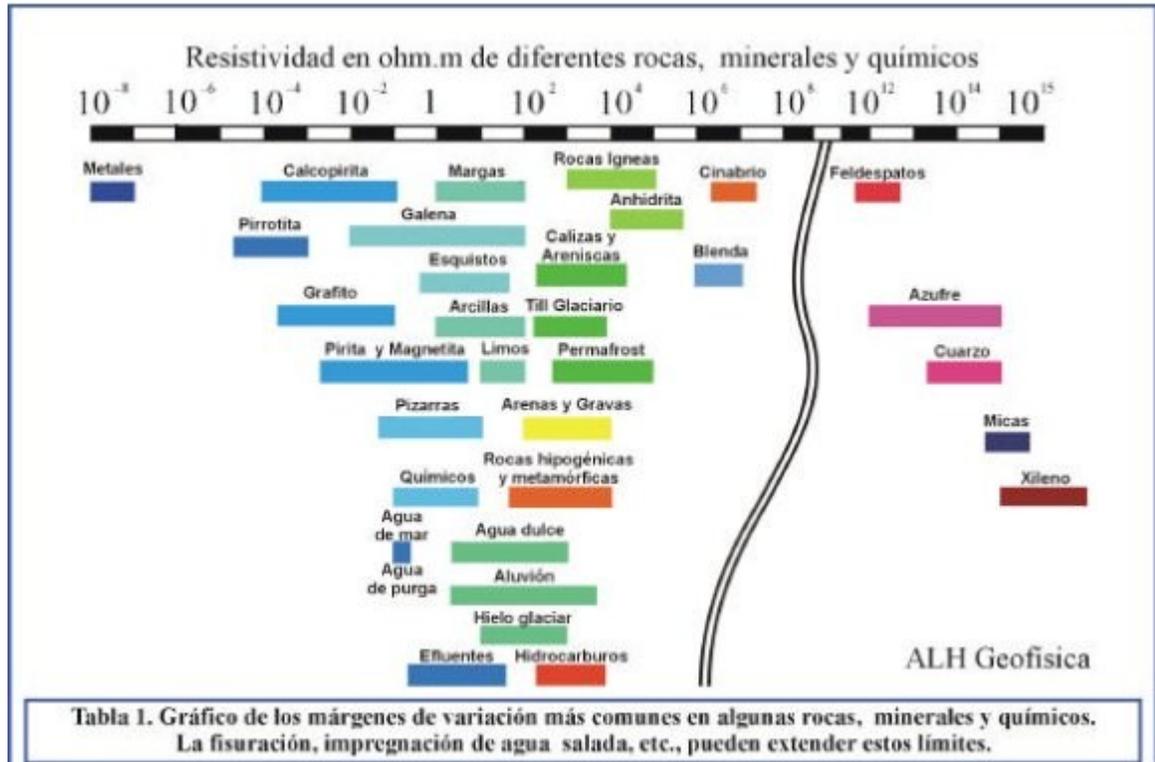


Fuente: Schlumberger

Con la información recolectada en campo de Voltaje y Corriente asociados a una distribución simétrica, de los electrodos, impuesta por el método se obtienen las curvas de Resistividad Aparente en Ohmios  $-m$ , contra profundidad. Lo anterior, sumado a la información geológica, geomorfológica del área, además de la experticia del profesional y de softwares adecuados se interpreta dichas curvas y se obtienen modelos Geoeléctrico, de distribución en profundidad del espesor y resistividad de las capas detectadas, en cada punto.

El desarrollo de este método ha identificado las respuestas de diferentes tipos de rocas los cuales se han tabulado y se adaptan a cada investigación específica (figura 24).

Figura 25. Clasificación de resistividad en diferentes tipos de rocas



Fuente: Modificado de López (2004)

### 6.3.1 Interpretación y Análisis

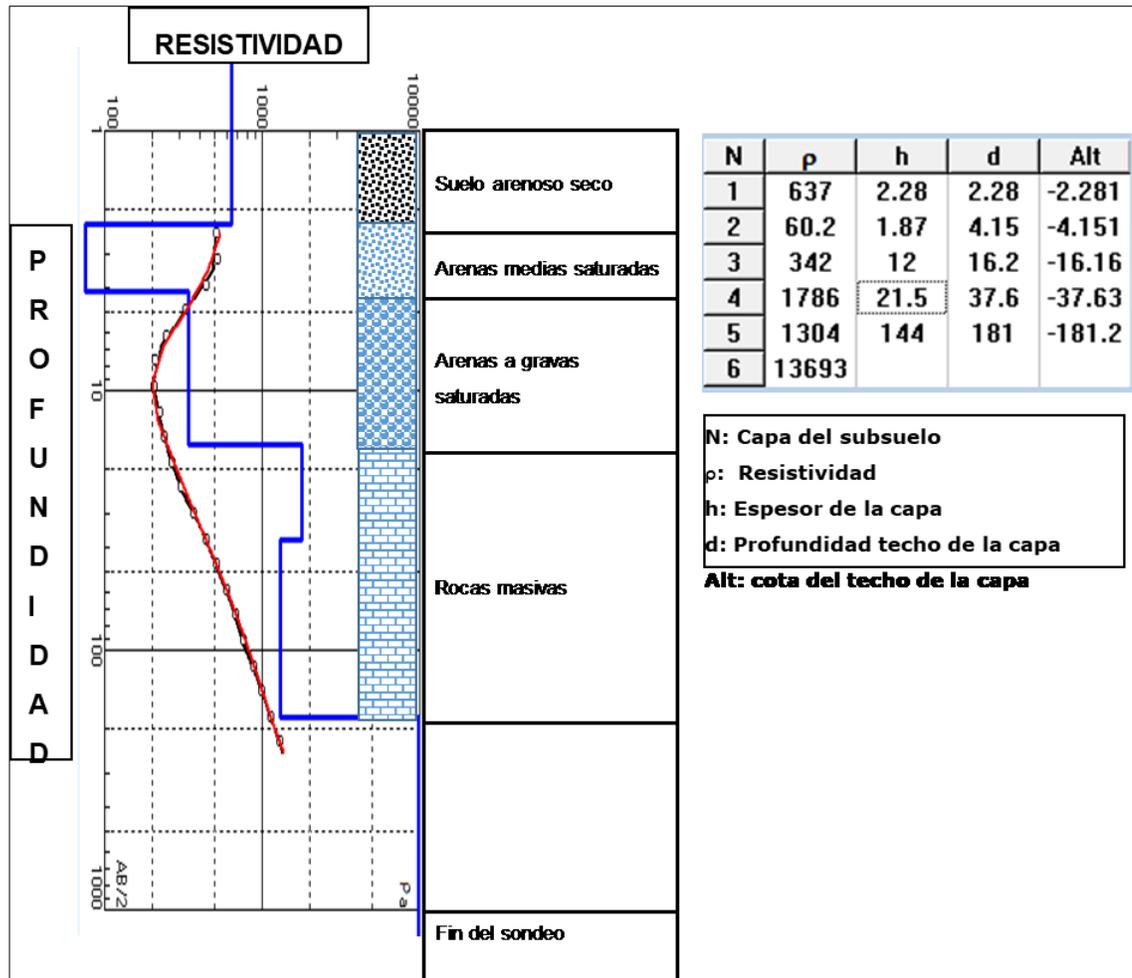
El modelo Geoeléctrico señala sedimentos con resistividades entre 60 y los 2000 Ohm-m.

La litología del área está relacionada con los sedimentos cuaternarios recientes y suprayaciendo estos a las rocas plutónicas y volcánicas de las formaciones aflorantes en las zonas de topografía elevada.

Alrededor del sondeo ejecutado, se observan una litología de arenas media a gruesa entre los 0 y los 16 m con saturación a partir de los 4 m como se muestra en la figura 25.

En el área de estudio aproximadamente a los 20 metros se determinó la presencia de rocas masivas con resistividades altas por encima de los 1700 ohm-m, estos materiales compactos tienen mayores resistividades por la pobre distribución de poros. (Figura 24) Por encima de esta unidad se presenta una gradación de arenas a gravas entre los 18 - 4 metros pertenecientes a la unidad de terrazas aluviales y aluviales reciente con valores de resistividad en un rango de 300 - 500 ohm-m lo que indica que esta capa presenta características resistivas y litológicas apropiadas a la acumulación de agua como se observa en la figura 25, por lo que se puede considerar la existencia del acuífero principal a la profundidad mencionada. Desde los 4 a 2.28 metros la unidad arenas medias saturada maneja una resistividad entre los 500 - 600 ohm-m. A partir de esta unidad las condiciones de resistividad señalan mayor de 600 ohm-m lo que nos está indicando la presencia de un suelo arenoso seco.

Figura 26. Interpretación de las resistividades obtenidas por SEV con un AB de 450m realizado en el Batallón de Ingenieros No. 10



Fuente: Autor

#### 6.4 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

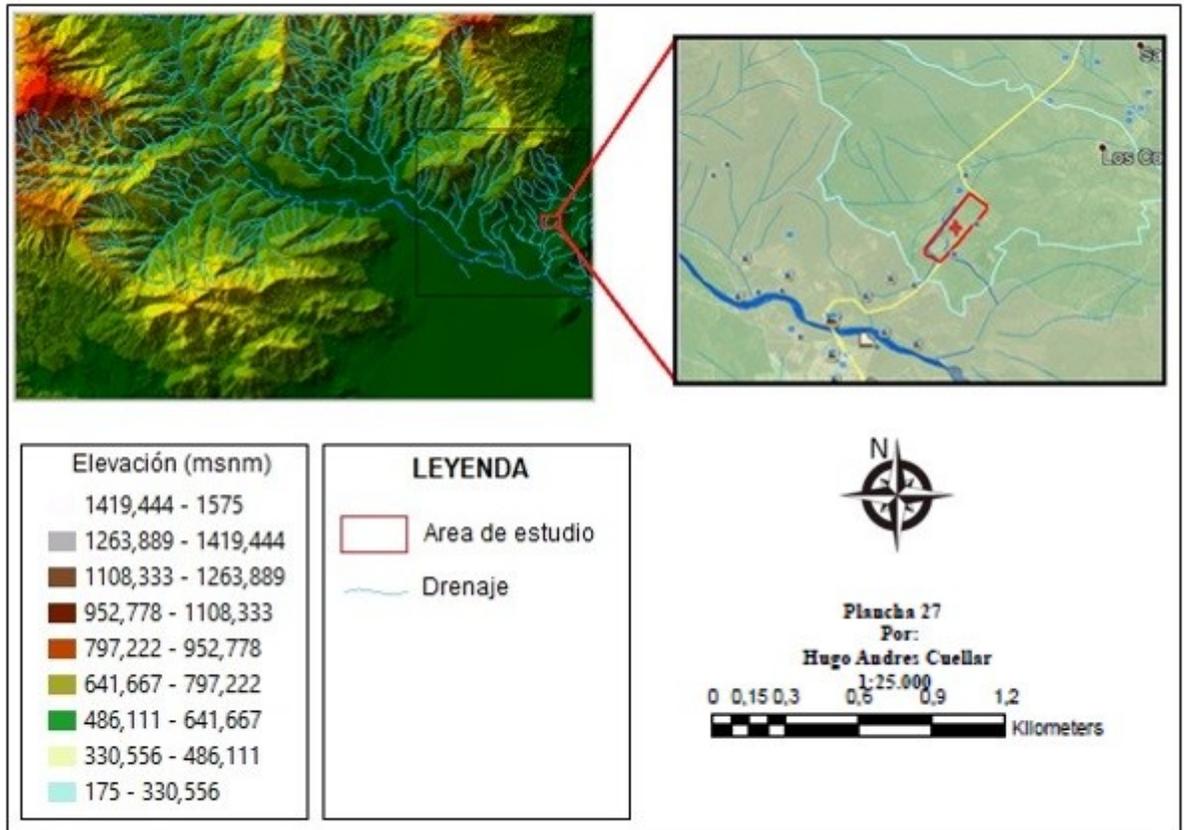
Se realizó una caracterización hidrogeológica para determinar la posible recarga que alimenta a los acuíferos en la zona de estudio. Se procedió a definir la subcuenca o microcuenca presente, que son afluentes superficial que alimenta el ciclo del agua en la zona.

La delimitación de cuencas se realizó en el software ARCGIS 10.3, empleando el modelo digital del terreno con base a la elevación, pendientes y la herramienta Hydrology delimita por toda la colina de la cuenca (figura 26). Como resultado se tiene que la zona de estudio se encuentra en inmediaciones de la sub-cuenca del Rio Guatapurí y micro-cuenca del arroyo Capitanejo. Esta micro cuenca cubre un alto porcentaje de la zona el flujo de agua se da en dirección noreste a suroeste.

El rio Guatapurí desemboca en el rio Cesar perteneciente a la cuenca del Cesar. Nace en la laguna Curigua, en la SNSM, a 4400 msnm y desemboca en la margen derecha del río Cesar, cerca de Valledupar. Esta rio pasa por un costado del área de estudio siendo una posible fuente de infiltración. Es un drenaje de tipo intermitente, que genera escasez en épocas de sequía e inundaciones en épocas de alta precipitación.

El arroyo Capitanejo afluente del rio Guatapurí, se encuentra ubicado a 5 km al norte de la ciudad de Valledupar. Tiene una extensión de 169 hectárea y su capacidad en volumen es de 37.1 millones de metro cúbicos, nace en el costado norte del cerro la popa y desemboca en el rio Guatapurí. La sub-cuenca del rio está representada en 86.694 hectáreas. Este arroyo es el influente y cercano a la zona de estudio, se refleja unos cambios de dirección por proceso de dominio estructural.

Figura 27. Modelo Digital del Terreno para la delimitación de la cuenca del río Guatapurí



Fuente: Modificado por autor en ArcGis.

## 6.5 MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL

Todo los datos recolectados fueron introducido en el software Enviroinsite, generando un modelo hidrogeológico conceptual que incluye el comportamiento de los acuíferos, delimitación de unidades hidrogeológicas de acuerdo con sus posibilidades de almacenar y transmitir agua, características estas que nos permite determinar la recarga de los acuíferos, condiciones del flujo de las aguas subterráneas y su relación con los componentes del ciclo hidrológico y eventualmente isotópicas y delimitación de zonas de recarga. Sintetiza las condiciones básicas del estado y dinámica de las aguas subterránea en el subsuelo

y sus relaciones con los cuerpos de agua superficial que son de gran importancia para la recarga de los acuíferos y los aportes atmosféricos. Se realiza con base en el análisis e interpretación de información geológica, geofísica, hidrológica, hidráulica, permitiendo tener una visión del comportamiento de los sistemas acuíferos del área dada a la escala deseada. El modelo hidrogeológico conceptual nos ayuda a dar otra alternativa del aprovechamiento del agua subterránea a un futuro para esta institución.

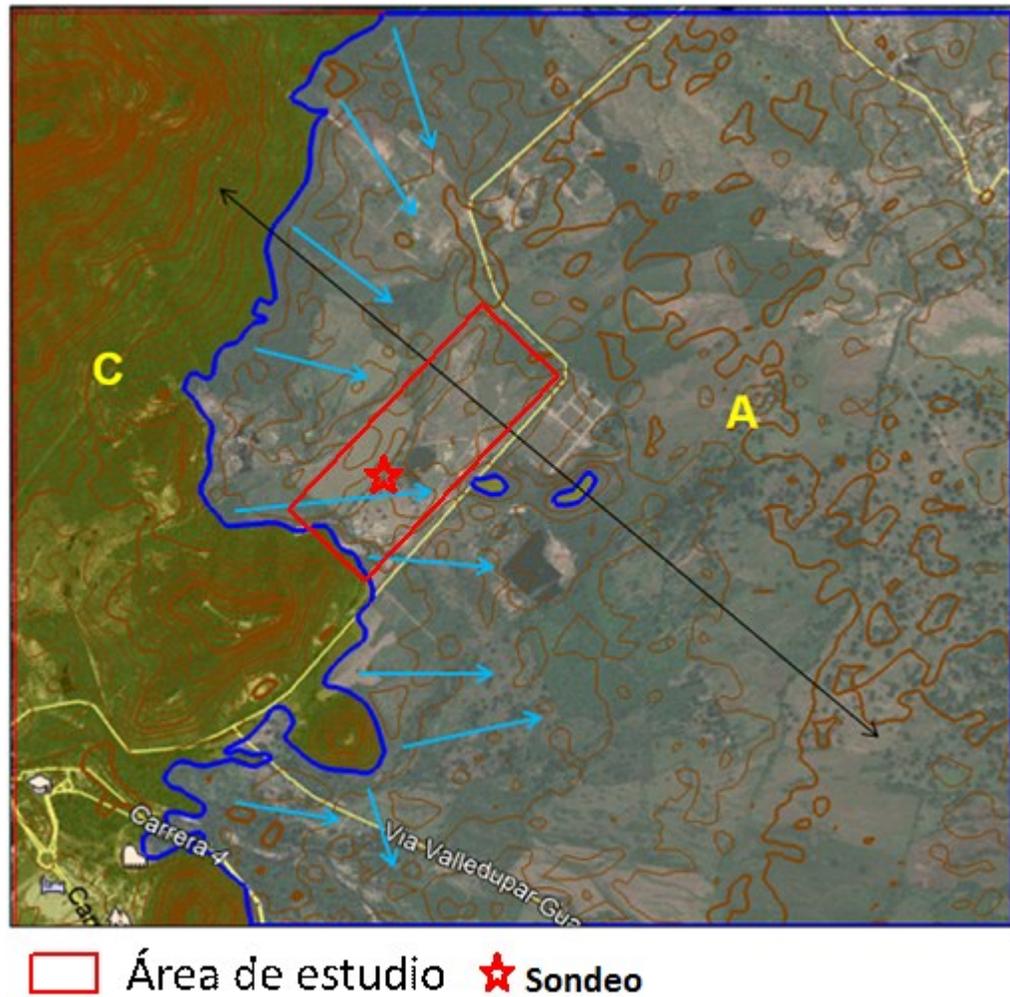
Es importante anotar que el alcance del modelo propuesto es de carácter esquemático, teniendo en cuenta el objetivo de la investigación no rigurosa de las labores desempeñadas durante la práctica empresarial y que existen algunos parámetros técnico científicos, no disponibles como los hidroquímicos, indispensables para el seguimiento de la fuente de recarga de los acuíferos, igualmente las condiciones litológicas subterráneas solo se apoyan en el estudio geofísico presentado. No existe información bibliográfica pertinente relacionada con perforación de pozos profundos en la zona, los cuales entregarían información de las condiciones hidráulicas de los acuíferos presentes. Aun así dicho esquema no deja de ser valioso e importante en el aporte de información guía para la eventual toma de decisiones del Batallón de Ingenieros No.10, referente a la fuente de suministro de agua potable para sus instalaciones.

A manera de resumen final se esboza el modelo Hidrogeológico Conceptual como se observa en la figura 27, que expresa como se distribuye y fluye el agua por el subsuelo, agrupando áreas en unidades con características Geológicas, Geomorfológicas, Geoeléctrica y de Calidad de Aguas similares, soportado en lo propuesto por los proyectos de “Evaluación de las Aguas subterráneas en el Departamento del Cesar”, al igual que lo desarrollado durante el proyecto “Aprovechamiento y Protección Integral Del Agua Subterránea en las Ecorregiones de los Valles de los Ríos Cesar y Magdalena”.

Metodológicamente, se evaluó, la Piezometría, a través de los inventarios de puntos de agua antes mencionados, para determinar la evolución, concentración o eliminación de los puntos de explotación, de acuerdo con los acuíferos presentes. Geomorfológicamente en el área se presentan dos zonas: La zona plana correspondiente a la llanura aluvial de las corrientes menores y las terrazas aluviales del Río Guatapurí y la zona elevada relacionada con las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta origen de la escorrentía que se distribuye aguas abajo sobre la geofoma anterior.

La geología corresponde a rocas ígneas plutónicas y extrusivas localizadas al oeste de la zona de estudio y algunos cerros aislados que afloran en la zona central no cubiertos por el cuaternario, que se extiende en el resto del área. Dichas rocas no representan zonas de potencial almacenamiento dado su carácter masivo y cementado, con baja porosidad secundaria efectiva.

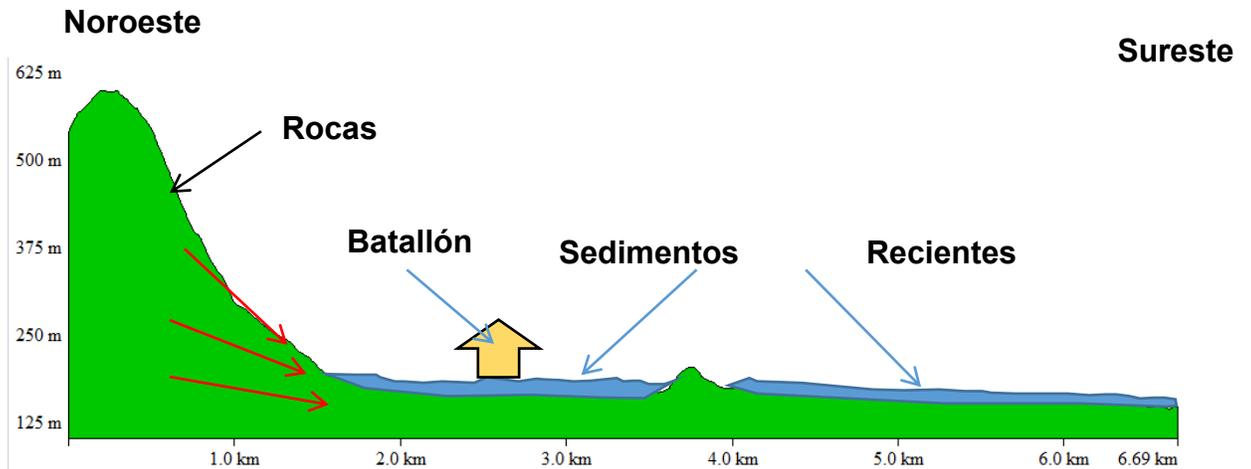
Figura 28. Modelo Hidrogeológico Conceptual que expresa como se distribuye y fluye el agua por el subsuelo del Batallón de Ingenieros No. 10.



Fuente: Autor Modificado de Google Earth.

La dirección de flujo es Noroeste – Sureste, adquiriendo carga hidráulica en las cotas elevadas de los macizos ígneos presentes e internándose en el subsuelo, a lo largo y ancho de los sedimentos cuaternarios y con tope basal las rocas plutónicas cubiertas, generando acuíferos libres regionales de poco espesor como se puede ver en la figura 28.

Figura 29. Sección transversal del Modelo Hidrogeológico Conceptual



Fuente: Autor

Agrupando por zonas de acuerdo con los parámetros anteriores y siguiendo esencialmente las directrices planteadas por la UNESCO (1989), para la cartografía del Mapa Hidrogeológico de Sur América, se definen dos Subprovincias Hidrogeológicas [25].

- Sierra Nevada de Santa Marta, donde se incluyen los secuencia de rocas metamórficas Mesozoicas con protolitos vulcano-sedimentarios
- Planicie del Cesar, comprende los sedimentos cuaternarios aluviales de granulometría gruesa y de forma aislada rocas sedimentarias de grano fino a grueso del terciario y rocas vulcano clásticas y flujos volcánicos del Triásico Jurásico.

El área se ha subdividido en dos grandes grupos hidrogeológico: “Grupo de Sedimentos y Rocas Porosas con Importancia Hidrogeológica Relativa Grande a

[25] CORPOCESAR – IDEAM. Aprovechamiento y Protección Integral del Agua Subterránea en las Ecorregiones de los Valles del río Cesar y Magdalena Departamento del Cesar. 2006

Muy pequeñas” y “Grupo de Rocas Masivas con Importancia Hidrogeológica Nula o muy Pequeña”.

6.5.1 Grupo de Sedimentos y Rocas Porosas con Importancia Hidrogeológica Relativa Grande a Muy pequeñas.

Corresponden las rocas aflorantes de las formaciones recientes, referentes a la llanura y terrazas aluviales de las corrientes menores y del río Guatapurí, que se depositaron durante el cuaternario sobre una paleo topografía controlada estructuralmente lo que le imprimió la variación lateral de facies. Son acuíferos libres, locales de poco espesor con caudales menores a los 4 l/s. Las características de este grupo se describen en la tabla 4.

Tabla 5. Característica hidrogeológica del Grupo de Sedimentos y Rocas Porosas con Importancia Hidrogeológica Relativa Grande a Muy pequeñas

	<b>CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS</b>	<b>CAPACIDAD ESPECÍFICA PROMEDIO (l/s/m)</b>
<b>A.</b>	<b><i>Sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular</i></b>	
	Acuíferos discontinuos de extensión local, de baja productividad, conformados por sedimentos cuaternarios y rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas de ambiente aluvial lacustre, coluvial, eólico y marino marginal. Acuíferos libres y confinados. Con aguas de regular calidad química para consumo humano.	Baja Entre 0.05 y 1.0

6.5.2 Grupo de Rocas Masivas con Importancia Hidrogeológica Nula o muy Pequeña.

Agrupar a las rocas ígneas plutónicas y extrusivas, aflorantes en la zona oeste. El inventario no arroja explotación en este grupo hidrogeológico. Las características de este grupo se describen en la tabla 5.

Tabla 6. Característica hidrogeológica del Grupo de Rocas Masivas con importancia Nula o muy Pequeña

	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	CAPACIDAD ESPECÍFICA PROMEDIO (l/s/m)
<b>C.</b>	<b><i>Sedimentos y rocas con limitado a ningún recurso de agua subterránea</i></b>	
	Complejo de rocas ígneo - metamórficas con muy baja a ninguna productividad, muy compactas y en ocasiones fracturadas, terciarias a precámbricas. Con frecuencia se encuentran fuentes termales asociadas a la tectónica.	Muy baja a ninguna Menor de 0.05

## 7. LOGROS ALCANZADOS

Los logros alcanzados en el proyecto realizado en las prácticas empresariales en el Batallón de Ingenieros No. 10, dentro del marco de las funciones asignadas y el tiempo de ejecución de las mismas, se observan en la tabla 7 de la siguiente manera:

Tabla 7. Logros alcanzados en la realización del proyecto

Objetivos		Porcentajes
<b>Objetivo General</b>	Diseñar un modelo hidrogeológico conceptual para el área del Batallón de ingeniero No 10 de Valledupar – cesar	100%
<b>Objetivos específicos</b>	Analizar información referente a informes técnicos sobre hidrogeología y niveles históricos de aguas superficiales del área propuesta.	90%
	Evaluar la Hidrología del área de estudio con la información existente, verificando el estado actual de las captaciones, con el fin de conocer la infiltración potencial y el comportamiento temporal del Acuífero.	90%
	Proponer con ayuda de métodos de exploración geofísica, un modelo hidrogeológico conceptual para el área del Batallón de ingenieros número 10 de Valledupar cesar.	100%

## 8. IMPACTOS PERCIBIDOS POR EL ESTUDIANTE

Fueron de gran importancia los aportes y beneficio que se recibió como practicante del Batallón de Ingeniero No 10 (BIMUR), se logró cumplir con las metas propuestas gracias al equipo de trabajo, a nivel personal fue de gran ayuda, se trabajó en equipo cada problemática que se presentaba, se aprendió de las personas encargadas como darle o brindar una solución a un problema de trabajo, ayudó mucho en la parte de motivación de trabajar por las comunidad más vulnerables, en la parte académica se pudo afianzar y compartir conocimiento adquiridos en la universidad en donde gracias a esto hoy soy mejor persona y profesional, en el ámbito laborar fue de gran aporte, se cumplió con las actividades que asignaban a diario. Se realizó La opción de grado titulada MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL AREA DEL BATALLON DE INGENIERO MANUEL ALBERTO MURILLO GONZALEZ NUMERO 10 DE VALLEDUPAR, CESAR. Agradecido con esta entidad porque brindo el espacio para crecer, y dar los primeros paso a la vida profesional.

## 9. LIMITACIONES

Fueron pocos los imprevistos presentado en el desarrollo de las prácticas, pero gracias a la ayuda del equipo de trabajo se solucionaron a tiempo, en campo se presentaron imprevisto como daños del banco de maquinaria, esto fue algo que se logró solucionar, adicionalmente se tuvieron algunos atraso en información requerida para el proyecto de grado que no era suministrada por la Corporación Autónoma del Cesar (CORPOCESAR) que obligo a basarse en otros proyectos investigativo de esta índole.

## CONCLUSIONES

La litología del área está relacionada con los sedimentos cuaternarios recientes de composición arenosa de tamaño de grano medio a grueso o infrayaciendo estos, las rocas plutónicas de la unidad Batolito de Pueblo Bello y rocas volcánicas de las unidades Riolita de Golero e Ignimbrita de Los Clavos que corresponden a las formaciones aflorantes en las zonas de topografía elevada.

El Sondeo Eléctrico Vertical determinó una secuencia de sedimentos con resistividades entre 60 y los 20000 Ohm-m. Constituido por una litología de arenas media a gruesa entre los 0 y los 16 m con saturación a partir de los 4 m. siendo el área donde se realizó el sondeo el más factible para la construcción de una estructura de explotación de agua subterránea tipo Aljibe.

El Modelo Hidrogeológico Conceptual del área muestra que la dirección de flujo es Noroeste – Sureste, adquiriendo carga hidráulica en las cotas elevadas de los macizos ígneos presentes e internándose en el subsuelo, a lo largo y ancho de los sedimentos cuaternarios y con tope basal las rocas plutónicas cubiertas, generando acuíferos libres regionales de poco espesor.

Se identificaron dos grandes grupos hidrogeológico, uno con Importancia Hidrogeológica Relativa Grande a Muy pequeñas, correspondientes a los sedimentos cuaternarios recientes con acuíferos libres locales de poco espesor, con caudales menores a los 4 l/s y otro Grupo de Rocas Masivas con Importancia Hidrogeológica Nula o muy Pequeña correspondiente a las rocas plutónicas y volcánicas.

## RECOMENDACIONES

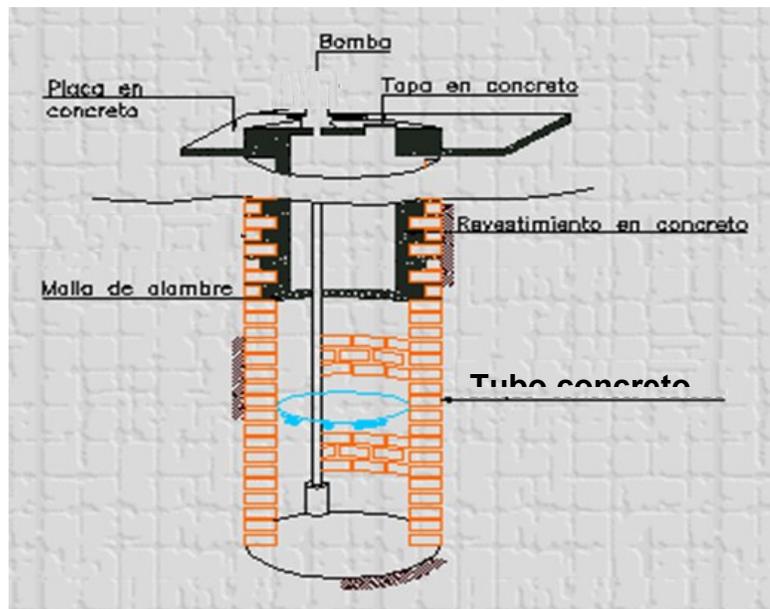
Se sugiere como elemento complementario para el suministro de agua potable requerido para el uso de las instalaciones del Batallón de Ingeniero, construir para las aguas superficiales una planta de tratamiento de carácter secundario para la eliminación de los sólidos en suspensión, con una trampa a la entrada del suministro en las instalaciones, sobre la acequia que conduce el recurso hasta el punto de distribución interna.

Como elemento adicional es factible construir una estructura de explotación de agua subterránea. El punto donde se realizó el sondeo presenta las características para la construcción tipo Aljibe como se evidencia en la figura 29, que es un pozo de gran diámetro de poca profundidad, con las siguientes características.

Diámetro: 1m

Profundidad: 18 m

Figura 30. Estructura de explotación de agua subterránea tipo Aljibe



Fuente: Autor

## REFERENCIAS

- [1] MELO, Perdomo; MANUALE, Victor; ROJAS LEGUIZAMÓN, Carlos Arturo. Modelo hidrogeológico conceptual a partir de información secundaria, en los alrededores del centro urbano del municipio de Chiquinquirá. 2017.
- [2] BERNAL, M., & YULEIMI, M. Modelo hidrogeológico conceptual de la mina de sal de Nemocón, Contrato de Concesión HIQO-01. 2016.
- [3] CORPOCALDAS – UTP. Informe Final del Proyecto “Construcción de un Modelo Hidrogeológico Conceptual del acuífero del río Risaralda Fase I”. Contrato 242 del 2013.
- [4] GALLEGO SUARÉZ, Margarita María. Construcción preliminar del modelo hidrogeológico conceptual asociado a la Quebrada Manizales. 2016.
- [5] MARTÍNEZ RINCON, Carlos Mario. Modelo hidrogeológico conceptual y matemático para el municipio de Castilla la Nueva ubicado en el departamento del Meta. 2018.
- [6] CÓRDOBA MELGAREJO, Damián Ferney., MEFFE, Raffaella., & MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, Virtudes. Metodología para el desarrollo de un modelo hidrogeológico mediante herramientas de Información Geográfica. 2013.
- [7] ANDERSON M.P., WOESSNER W.W. Applied groundwater modelling simulation of flow and adactive transport. Ed. Academic press, San Diego, California. 1992.

[8] RINCÓN, J.; LEÓN, J.; GRATEROL, J. Comparative analysis of the HEC-RAS and BRI-STARS models in the hydraulic evaluation of bridges considering the fixed bed. Revista Ingeniería UC, 2015, vol. 22, no 3, p. 41-51.

[9] ARIAS, A., & MORALES, C. J. Mapa Geológico Generalizado del Departamento del Cesar. Memoria explicativa. Escala 1:250.000. 1999 p. 15.

[10] TSCHANZ ET AL. Geologic Evolution of the Sierra Nevada de Santa Marta, Northeastern Colombia. Escala 1:100.000. Ingeominas. 1974 p. 275.

[11] COLMENARES, F., MESA, A., RONCACIO, J., ARCINIEGAS, E., PEDRAZA, P., CARDONA, A., VARGAS, A. Geología de la planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33, 34 y 40. Proyecto: "Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta". Ingeominas, Bogotá. 2007 p 202.

[12] Ibid., p. 147

[13] Ibid., p. 188

[14] ARIAS, A., & MORALES, C. J. Mapa Geológico Generalizado del Departamento del Cesar. Memoria explicativa. Escala 1:250.000. 1999 p. 49.

[15] COLMENARES, F., MESA, A., RONCACIO, J., ARCINIEGAS, E., PEDRAZA, P., CARDONA, A., VARGAS, A. Geología de la planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33, 34 y 40. Proyecto: "Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta". Ingeominas, Bogotá. 2007 p 305.

[16] SGC – EAFIT. Memoria Explicativa Mapa Geomorfológico Aplicado a Movimientos en Masa Escala 1:100.000, Plancha 27 - Valledupar. Convenio Especial De Cooperación No. 035 De 2013. 2015 p 46.

[17] Contraloría Municipal de Valledupar. INFORME DEL ESTADO DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR. 2012. Recuperado de:

[http://www.contraloriavalledupar.gov.co/CMV/DescargasCMV/Informes\\_Macro/INFORME\\_AMBIENTAL\\_2011\\_MUNICIPIO\\_DE\\_VALLEDUPAR.pdf](http://www.contraloriavalledupar.gov.co/CMV/DescargasCMV/Informes_Macro/INFORME_AMBIENTAL_2011_MUNICIPIO_DE_VALLEDUPAR.pdf)

[18] Informe Ambiental municipio de Valledupar vigencia 2015. Contraloría Municipal de Valledupar. 2013 p 39.

[19] [20] CORPOCESAR. Elaboración del POMCA del río Guatapurí – Cesar. Fase de Aprestamiento. Contrato de Consultoría No. 19-6-0145-0-2015. 2016 p 251.

[21] CORPOCESAR. Elaboración del POMCA del río Guatapurí – Cesar. Fase de Aprestamiento. Contrato de Consultoría No. 19-6-0145-0-2015. 2016 p 162.

[22] INGEOMINAS, Programas De Exploración de Aguas Subterráneas. Bogotá DC. Diciembre de 2004.

[23] STRECKEISEN, A. To each plutonic rock its proper name. Earth-science reviews, 1976, vol. 12, no 1, p. 1-33.

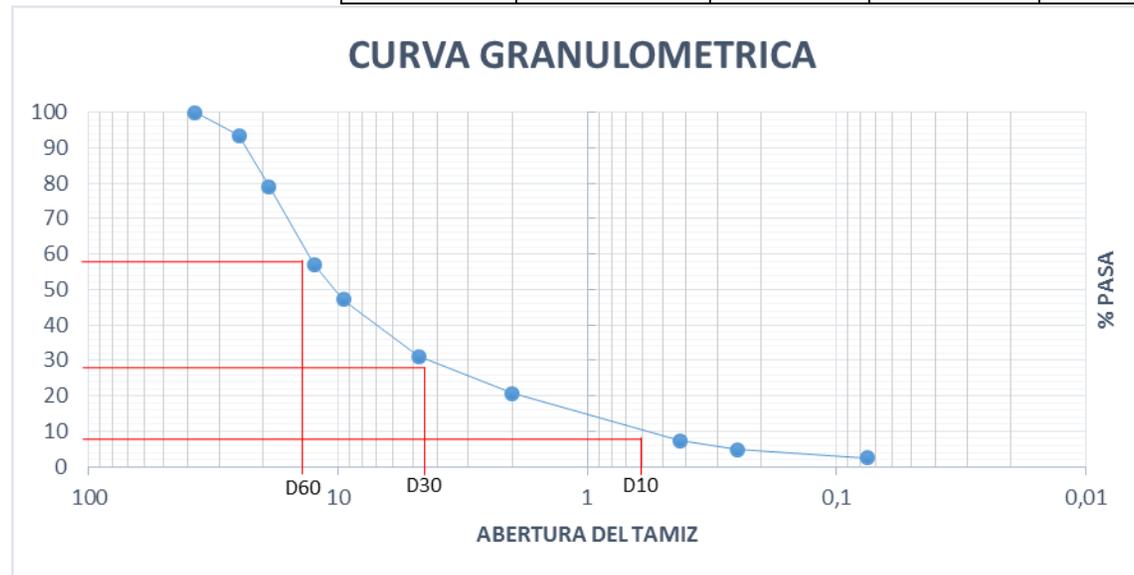
[24] INGEOMINAS, Programas De Exploración de Aguas Subterráneas. Bogotá DC. Diciembre de 2004 p. 12.

[25] CORPOCESAR – IDEAM. Aprovechamiento y Protección Integral del Agua Subterránea en las Ecorregiones de los Valles del río Cesar y Magdalena Departamento del Cesar. 2006.

## ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis granulométrico a 3 muestras de suelo obtenida de la cantera

Tamiz	Abertura (mm)	W Ret.	W Acum. Ret.	% Ret.	% Ret. Acum.	% Pasa	% Error
1 1/2	37,5	0	0,0	0	0	100	2%
1	25	95,2	95,2	6,538	6,538	93,462	
3/4	19	210,3	305,5	14,443	20,981	79,019	
1/2	12,5	320	625,5	21,977	42,957	57,043	
3/8	9,5	143,1	768,6	9,828	52,785	47,215	
N4	4,75	235	1003,6	16,139	68,924	31,076	
10	2	152,1	1155,7	10,446	79,370	20,630	
40	0,425	193,2	1348,9	13,268	92,638	7,362	
60	0,25	36,5	1385,4	2,507	95,145	4,855	
200	0,075	34,1	1419,5	2,342	97,486	2,514	
P/200		36,3	1455,8	2,493	99,979	0,021	
TOTAL		1455,8		99,979			



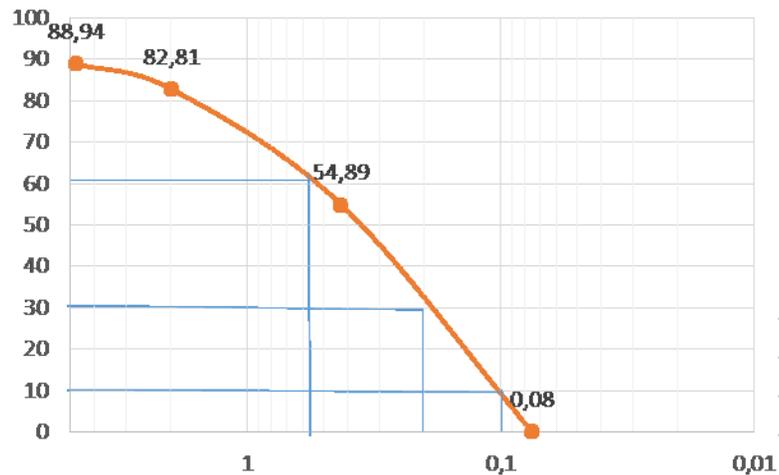
D60	14,1
D30	4,387
D10	0,572

Coefficiente de uniformidad $C_u = D_{60}/D_{10}$	24,650
Coefficiente de curvatura $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60})$	2,386

% Gravas	68,924	
% Arenas	23,714	99,979
% Finos	7,342	

Tamiz	Abertura (mm)	wret	%w Ret. Acum.	% Ret.	% Ret. Acum.	% Pasa	% Error
1	25	0	0	0	0	100	0%
3/4	19	0	0	0	0	100	
1/2	12,5	15,5	15,5	2,34	2,34	97,66	
3/8	9,5	15,5	31	2,34	4,68	95,32	
N4	4,75	42,2	73,2	6,37	11,06	88,94	
10	2	40,6	113,8	6,13	17,19	82,81	
40	0,425	184,9	298,7	27,93	45,11	54,89	
200	0,075	362,9	661,6	54,81	99,92	0,08	
P/200		0,5	662,1	0,08	100,00	0,00	
TOTAL		662,1		100,00			

Curva granulometrica

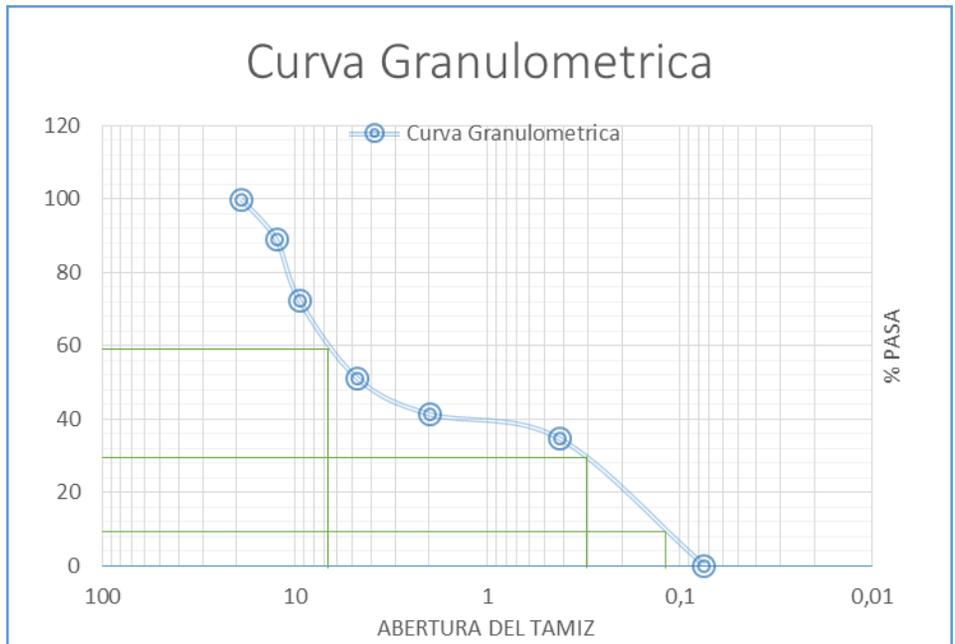


% Gravas	10,98	
% Arenas	81,94	100%
% Finos	7,08	

—●— Curva granulometrica	D10	0,115
	D30	0,17
	D60	15,68

Coeficiente de uniformidad $C_u = D_{60}/D_{10}$		135,4
Coeficiente de curvatura $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60})$		0,0159

Tamiz	Abertura (mm)	W Ret.	W Acum. Ret.	% Ret.	% Ret. Acum.	% Pasa	% Error
3/4	19	0	0	0,0	0,0	100	0%
1/2	12,5	31,1	31,1	11,0	11,00	89,0	
3/8	9,5	46,5	77,6	16,5	27,46	72,5	
N4	4,75	60,3	137,9	21,3	48,80	51,2	
10	2	27,8	165,7	9,8	58,63	41,4	
40	0,425	18,5	184,2	6,5	65,18	34,8	
200	0,075	97,7	281,9	34,6	99,75	0,2	
P/200		0,7	282,6	0,2	100	0,0	
TOTAL		282,6		100,00			



D60	6,1
D30	0,31
D10	0,12

% Gravas	48,80
<b>% Arenas</b>	<b>50,955</b>
% Finos	0,248

Anexo 2. Resultados de la clasificación RMR de Bieniawski (1989) de los macizos rocosos adyacentes al Batallón de Ingenieros No. 10

Clasificación geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)									
Parámetros de clasificación									
1	Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	> 10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple (MPa)		
		Compresión simple	> 250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	< 1
		Puntuación	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90 %-100 %	75 %-90 %	50 %-75 %	25 %-50 %	< 25 %		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Separación entre diaclasas		> 2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	0,06-0,2 m	< 0,06 m		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m		
		Puntuación	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1-1,0 mm	1-5 mm	> 5 mm		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min		
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5		
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
		Puntuación	15	10	7	4	0		
Corrección por la orientación de las discontinuidades									
Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables			
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12			
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25			
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60			
Clasificación									
Clase	I	II	III	IV	V				
Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala				
Puntuación	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20				

Anexo 3. Inventario aleatorio de 16 Aljibes en la zona de estudio.

Clase de punto	ALJIBE 1
Fecha	2006
Nom Propietario	JESUS NAMEN
Nom Predio	LA FREGADERA
Longitud	1093943
Latitud	1658690
HM	0,6
Profundidad	16,4
Diámetro	1,6
Tipo Revestimiento	ANILLADO
Material	CEMENTO
Met Exploración	MOTOBOMBA
Energía	COMBUSTIBLE
Uso	GANADERIA
Mat de Medida	SONDA ELECT
Temperatura	30,9
Observación	ACTIVO 2000 L. Cada 3 días

Clase de punto	ALJIBE 2
Fecha	2006
Nom Propietario	FREDY PEREZ
Nom Predio	LA MONEDA
Longitud	1092512
Latitud	1657955
HM	0,75
Profundidad	21,1
Diámetro	1,5
Tipo	
Revestimiento	ANILLADO
Material	CEMENTO
Met Exploración	MOTOBOMBA
Energía	CONBUSTIBLE
Uso	ABASTECIMIENTO DOMET
Mat de Medida	SONDA ELECT
Temperatura	31,7
Observación	DOS PULGADAS POR 2H

Clase de punto	ALJIBE 3
Fecha	2007
Nom Propietario	ALBERTO NEIRA
Nom Predio	BUENOS AIRES
Longitud	1092429
Latitud	1652253
HM	1
Profundidad	6,46
Diámetro	1,2
Tipo Revestimiento	ANILLADO
Material	CEMENTO
Met Exploración	MOTOBOMBA
Energía	ELECTRICA
Uso	AGRICULTURA
Mat de Medida	SONDA ELECT
Temperatura	29,5
Observación	ACTIVO 3000 L. día por medio.

Clase de punto	ALJIBE 4
Fecha	2004
Nom Propietario	GIMNASIO
Nom Predio	GIMNASIO DEL NORTE
Longitud	1088280
Latitud	1652664
HM	0,6
Profundidad	10,62
Diámetro	1,5
Tipo Revestimiento	ANILLADO
Material	CEMENTO
Met Exploración	MOTOBOMBA
Energía	ELECTRICA
Uso	ABAS DOMESTICO
Mat de Medida	SONDA ELECT
Observación	ACTIVO

Clase de punto	ALJIBE 5
Fecha	2006
Nom Propietario	DANIEL DAZA
Nom Predio	EL PARAISO
Longitud	1094447
Latitud	1658001
HM	0,61
Profundidad	10,31
Diámetro	1,5
Tipo Revestimiento	ANILLADO
Material	CEMENTO
Met Exploración	ND
Energía	ND
Uso	ABANDONADO
Mat de Medida	SONDA ELECT
Temperatura	31,3
observación	sellado

Clase de punto	ALJIBE 6
Fecha	2006
Nom Propietario	DANIEL DAZA
Nom Predio	EL PARAISO
Longitud	1094428
Latitud	1658024
HM	0,53
Profundidad	21,49
Diámetro	1,3
Tipo Revestimiento	ANILLADO
Material	CEMENTO
Met Exploración	MOTOBOMBA
Energía	CONBUSTIBLE
Uso	LO NECE DE LA FINCA
Mat de Medida	SONDA ELECT
Temperatura	30,8
observación	ACTIVO
	LLENAN UNA POZA

Clase de punto	ALJIBE 7
Fecha	2006
Nom Propietario	Efraín gneco solano
Nom Predio	kun kunun seimake
Longitud	1092236
Latitud	1657754
HM	0,19
Profundidad	15,23
Diámetro	1,41
Tipo Revestimiento	ANILLADO
Material	CEMENTO
Met Exploración	MOTOBOMBA
Energía	ELECTRICA
Uso	GANADERIA IRRIGACION
Mat de Medida	SONDA ELECT
Temperatura	31
observación	BOMBA DAÑADA LO BOMBEAN MANUAL
	2 VECES AL DIA

Clase	ALJIBE 8
Fecha	2006
Nom Propietario	RUBEN ADOLFO
Nom Predio	VILLADANIELA
Longitud	1092600
Latitud	1658323
HM	0,44
Profundidad	14,26
Diámetro	1,4
Tipo Revestimiento	ANILLADO
Material	CEMENTO
Met Exploración	BALDEADO
Energía	MANUAL
Uso	ABASTECIMIENTO DOMET
Mat de Medida	SONDA ELECT T. 29.4
OBSERVACION	ESTA ANILLAD LOS PRM 6m

Clase de punto	ALJIBE 9
Fecha	2006
Nom Propietario	ANTONIO DIAZ
Nom Predio	NO
Longitud	1090236
Latitud	1655377
HM	0,46
Profundidad	20
Diámetro	1
Tipo Revestimiento	HUECO ABIERTO
Material	ND
Uso	CULTIVOS
observación	ABANDONADO

Clase de punto	ALJIBE 10
Fecha	2004
Nom Propietario	JAIRO SIABETH
Nom Predio	VILLA CLAUDY
Longitud	1085593
Latitud	1653680
HM	0,6
Profundidad	17,23
Diámetro	1,5
Tipo Revestimiento	ANILLADO
Material	CEMENTO
Met Exploración	MOTOBOMBA
Energía	CONBUSTIBLE
Uso	ABAS DOMESTI
Mat de Medida	SONDA ELECT
Temperatura	28,5
observación	ACTIVO 1 METRO C.

Clase de punto	ALJIBE 11
Fecha	2006
Nom Propietario	ND
Nom Predio	Y DE LOS CORAZONES
Longitud	1092780
Latitud	1657672
HM	0
Profundidad	13,34
Diámetro	1
Tipo Revestimiento	ANILLADO
Material	CEMENTO
Met Exploración	ND
Energía	ND
Uso	ABANDONADO
Mat de Medida	SONDA ELECT
Temperatura	30
observación	Abandonado

Clase de punto	ALJIBE 12
Fecha	2004
Nom Propietario	GIMNASIO DEL NORTE
Nom Predio	GIMNASIO DEL NORTE
Longitud	1088346
Latitud	1652810
HM	0,5
Profundidad	6,12
Diámetro	1,09
Tipo Revestimiento	ANILLADO
Material	CEMENTO
Met Exploración	MOLINO
Energía	
Uso	IRRIGACION
Mat de Medida	SONDA ELECT
Temperatura	28,9
observación	ACTIVO

Clase de punto	ALJIBE 13
Fecha	2005
<u>Nom Propietario</u>	RICARDO GTRZ
<u>Nom Predio</u>	VILLA CLAUDIA
Longitud	1087464
Latitud	1654674
HM	0,26
Profundidad	5,96
Diámetro	1,35
Tipo Revestimiento	ANILLADO
Material	CEMENTO
<u>Met Exploración</u>	ND
Energía	ND
Uso	DOMESTICO
Mat de Medida	SONDA ELECT
Temperatura	ND
observación	SECO,ABADONADO

Clase de punto	ALJIBE 14
Fecha	2006
<u>Nom Propietario</u>	JOSE R VANEGAS
<u>Nom Predio</u>	LA SOLUCION
Longitud	1091885
Latitud	1656955
HM	1,03
Profundidad	13,73
Diámetro	1,1
Tipo Revestimiento	ANILLADO
Material	CEMENTO
<u>Met Exploración</u>	BOMBA
Energía	ELECTRICA
Uso	ABAS DOMESTICO
Mat de Medida	SONDA ELECT
Temperatura	30
observación	ACTIVO 3 HORAS $\frac{1}{2}$ Pulg.

Clase de punto	ALJIBE 15
Fecha	2004
<u>Nom Propietario</u>	COMFACESAR
<u>Nom Predio</u>	LA PEDREGOSA
Longitud	1087500
Latitud	1653193
HM	1
Profundidad	13,32
Diámetro	1,2
Tipo Revestimiento	ANILLADO
Material	CEMENTO
<u>Met Exploración</u>	MOTOBOMBA
Energía	ELECTRICA
Uso	RECREATIVO
Mat de Medida	SONDA ELECT
Temperatura	26,7
observación	ACTIVO

Clase de punto	ALJIBE 16
Fecha	2004
<u>Nom Propietario</u>	GUILLERMOCASTRO
<u>Nom Predio</u>	CASA BLANCA
Longitud	1092949
Latitud	1651957
HM	0,93
Profundidad	4
Diámetro	1,6
Tipo Revestimiento	ANILLADO
Material	CEMENTO
<u>Met Exploración</u>	MOTOBOMBA
Energía	ELECTRICA
Uso	GANADERIA
Mat de Medida	SONDA ELECT
Temperatura	29,5
observación	ACTIVO 1 hora todos los días.